



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÃO COMERCIAL NA CIDADE DE CUIABÁ

**Raquel M. Apolônio (1); Luciana G. Omar (1); Marta C. J. A. Nogueira (2); Bismark
C. Carvalho (2)**

(1) Mestrandas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental -
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

(2) Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental -
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: raquelmoussalem@hotmail.com, luomar@terra.com.br, mcjan@ufmt.br e bcc@ufmt.br

RESUMO

A concepção de projetos mais eficientes é um assunto que vem ganhando força, somado ao aperfeiçoamento do uso de materiais, equipamentos e recursos. A edificação comercial estudada, localizada em Cuiabá – MT, pautou pelo conforto ambiental, eficiência energética e respeito à natureza em suas instalações, utilizando estratégias bioclimáticas e materiais diferenciados que contribuíssem para a redução da carga térmica. Este trabalho descreve os aspectos considerados na especificação dos materiais, equipamentos e as estratégias empregadas e tem como objetivo avaliar o desempenho térmico da edificação, analisando a eficiência da envoltória através do monitoramento das temperaturas interna e externa, juntamente com a aplicação da NBR 15575 (ABNT, 2008). A partir da comparação entre as estratégias empregadas na edificação e seu desempenho térmico real, baseada nas medições *in loco*, este trabalho constatou que a envoltória não está adequada ao clima local e nem à função a qual se destina. Dessa forma, buscou-se propor recomendações de projeto, que podem vir a ser empregadas na edificação ou em edificações futuras na cidade ou em locais com condições climáticas semelhantes as do estudo.

Palavras-chave: desempenho térmico, materiais construtivos, eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Desempenho térmico de edificações

O consumo de energia elétrica brasileiro tem crescido de forma considerável nos últimos anos, sendo bastante significativa a parcela consumida nos edifícios, como por exemplo, por sistemas de condicionamento de ar em edificações comerciais. Atualmente, vem sendo demonstrada a necessidade de a produção e utilização dos edifícios serem adaptadas às novas situações derivadas das restrições energéticas atuais juntamente com a preocupação com a preservação do meio ambiente.

A NBR 15575 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (ABNT, 2008) tornou-se válida em maio de 2010, sendo a primeira norma do país a estabelecer parâmetros que permitem avaliar o desempenho de edificações. Embora aborde exclusivamente os edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, a expectativa é que também sirva como referencial para a construção de outros tipos de prédios e estimule a elaboração de normas específicas para eles.

Com a avaliação do comportamento térmico de materiais e dos fenômenos físicos decorrentes das estratégias aplicadas na envoltória, é possível uma melhor compreensão dos processos de transferência de energia que ocorrem na edificação.

Com o atual panorama da crise energética mundial, a preocupação com os aspectos ambientais e de sustentabilidade na sociedade em geral tem levado ao desenvolvimento de novas tecnologias construtivas com menor impacto ambiental. Em especial, os projetistas e fabricantes de materiais de construção civil têm buscado novas alternativas no que se refere ao desempenho térmico da envoltória para climas quentes (BUTTNER et al., 2009).

Tendo em vista as elevadas temperaturas da cidade de Cuiabá, a possibilidade de adequação das edificações ao clima deve ser uma das preocupações no projeto arquitetônico. Utilizando-se de propostas arquitetônicas adequadas, que equilibrem as variáveis custo e conforto térmico, se ganha em qualidade no ambiente construído e na satisfação de seus usuários.

Segundo Corbella et al. (2009) é possível se projetar, hoje, com a tecnologia disponível no Brasil, uma arquitetura bioclimática que funcione perfeitamente, integrada ao clima e à tradição local, e com baixo consumo de energia convencional.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo elencar os conceitos, materiais, equipamentos e estratégias bioclimáticas presentes na edificação comercial, bem como avaliar o desempenho térmico da edificação, buscando para tal, analisar a eficiência da envoltória através do monitoramento das temperaturas interna e externa e da aplicação da NBR 15575 (ABNT, 2008).

3 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação estudada neste trabalho é um empreendimento comercial com aproximadamente 3.000,00 m² de área construída, num terreno de 5.000,00 m², localizado em Cuiabá – MT. A cidade encontra-se na Zona Bioclimática 7, conforme a norma NBR 15220 (ABNT, 2005) – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local. O local de clima tropical apresenta como principais características: elevadas temperaturas durante o ano todo e dois períodos bem definidos: um seco, de abril a outubro, e um úmido, de novembro a março.

A edificação é composta por dois pavimentos. O térreo destina-se a instalação de uma padaria, confeitaria, lanchonete, loja de conveniência, sanitários, estoque, vestiários e sanitários para funcionários, casas de máquinas e ambientes de apoio. No piso superior está localizado o restaurante, cozinha, mirante com o moinho e administração, além dos ambientes de apoio, relativos a cada atividade (Figura 1).

Nos elementos de fechamento, cobertura e paredes, além da qualidade, estética e durabilidade, o conforto térmico associado à eficiência energética da construção foi também um critério importante na escolha dos materiais.

O telhado é composto por estrutura metálica, na qual foram fixados painéis de OSB, uma camada de polietileno, *Tyvek* e por fim as telhas do tipo *Singles*. Esses três elementos na cobertura apresentam elevada resistência à força dos ventos e baixa absorção de umidade. Ressalta-se que as telhas *Singles* são fabricadas com grãos de cerâmica pré-pintadas, em véu estrutural de fibra de vidro embebido em emulsão asfáltica, e não apresentam nenhum efeito danoso a saúde do ser humano e animais (TC SHINGLE DO BRASIL, 2009).



Figura 1- Foto aérea da edificação.

O *Tyvek* é um produto utilizado como uma subcobertura para telhados e revestimento para paredes externas, com a finalidade garantir a estanqueidade contra a umidade e isolar térmica e acusticamente os ambientes. É um material composto de 100% de fibras de polietileno, de alta densidade que não possuem aditivos, resinas ou corantes em sua composição.

Quanto ao OSB, devido a suas características mecânicas, é tratado como um painel estrutural. É composto de tiras de madeira 100% proveniente de reflorestamento, orientadas em três camadas perpendiculares, unidas com resina resistente às intempéries e prensadas sob alta temperatura, o que aumenta sua resistência mecânica, rigidez e estabilidade.

A cobertura da edificação apresenta uma inclinação acentuada, em torno de 50%, provida de mansardas. Na Figura 2 é possível observar as aberturas zenitais que permitem a entrada de iluminação natural no interior da edificação, reduzindo, dessa forma, a necessidade de iluminação artificial durante o dia e conseqüentemente, o consumo de energia.



Figura 2 - Vista interna do 1º pavimento

Para ajudar no desempenho térmico, outra estratégia utilizada é a instalação de exaustores elétricos em toda a extensão da cumeeira, auxiliando na retirada do ar quente da edificação. A idéia principal é utilizar sensores para medição de temperatura interna e externa e com o apoio da automação, trabalhar os exaustores em função dessas temperaturas, sempre de forma a favorecer a minimização da temperatura interna da edificação.

Quanto ao piso, o material do pavimento térreo é composto por painéis de forro minerais fabricados a partir de minérios na forma bruta (rocha), lã mineral, perlita, argila e aglomerados orgânicos. Estes materiais, quando associados, possuem boas qualidades construtivas, principalmente quanto à proteção ao fogo e acústica. Segundo a Knauf (2009) os forros fabricados são biossolúveis e não utilizam

materiais agressivos ao meio ambiente ou ao ser humano, tais como formaldeídos, amianto ou lãs de escórias de alto-fornos (KNAUF, 2009).

Para as paredes buscou-se a associação de materiais que apresentassem bom desempenho termo-acústico, resistência e baixa manutenção. Para tanto, o fechamento foi feito com blocos de sílico-calcáreo aliados à subcobertura de *Tyvek* e revestimento externo de *Siding* (Figura 3).

Os blocos de sílico-calcáreo são vazados e foram escolhidos devido ao melhor desempenho térmico com relação a outros materiais. De acordo com os dados técnicos, os blocos são 30% menos condutores de som do que os blocos cerâmicos convencionais e quanto ao isolamento térmico, os blocos apresentam baixa condutibilidade térmica (0,77 W/m.K). Esses valores correspondem a duas vezes menos que os blocos de concreto comum e uma vez e meia em relação aos blocos cerâmicos. Além disso, o elevado controle de qualidade no processo de fabricação garante dimensões e textura homogêneas, fato que permitiu reduzir a espessura dos revestimentos argamassados, podendo a pintura ser aplicada diretamente sobre a superfície (PRENSIL, 2009).

As paredes externas foram revestidas com *Siding* de PVC, um material reciclável e inerte, não causando danos à natureza (Figura 3). Trata-se de um sistema de revestimento vinílico de barras paralelas, uma alternativa econômica e racional para o revestimento de fachadas. É considerado econômico por reduzir as fases de acabamento, como pintura e também por dispensar maiores cuidados com manutenção. O material apresenta grande vida útil e baixa manutenção e devido ao conceito de modularidade, proporciona rapidez de montagem e racionalização da obra. Entre outras características, o *Siding* de PVC é um produto auto-extinguível (não propaga chamas) e possui elevada resistência química, elevada resistência à tração, uniformidade de materiais e de coloração e grande resistência aos raios ultravioleta. Por ser um material de grande flexibilidade, possui ainda um poder de absorção de impacto muito maior do que materiais como vidro e cerâmica. Seu tratamento superficial evita, também, a variação de cor ao longo do tempo.

Todas as esquadrias utilizadas na edificação são de PVC e dotadas de vidros duplos. O processo de produção de esquadrias de PVC é totalmente industrializado, resultando num produto de qualidade, resistência, durabilidade e um tempo de vida útil superior a 20 anos. O PVC é um bom isolante térmico, cerca de três vezes maior que o alumínio, contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica com refrigeração e condicionadores de ar. Além das propriedades benéficas das esquadrias de PVC, ainda podem ser citadas a facilidade de manutenção e limpeza, pois não sofrem corrosão e não necessitam de pintura, proporcionando economia e não emissão de poluentes.



(a)



(b)

Figura 3 - Revestimento externo com *Tyvek* (a) e *Siding* sobre o *Tyvek* (b)

Para o piso superior, o material escolhido foi a madeira teca. Este recobrimento, além de ser um bom isolante acústico, é originado de madeira de reflorestamento. Os pequenos tacos de madeira são feitos com o aproveitamento de sobras de cortes de madeira. Estes tacos foram fixados sobre a laje com um tipo de cola especial, importada, que não utiliza solvente em sua composição, dessa forma, não causa desconforto a quem faz a instalação e ainda, é altamente resistente à umidade.

Podem ser observadas na edificação soluções que visam minimizar o consumo de energia elétrica, a começar pela iluminação, pelos aparelhos condicionadores de ar e as câmaras frias. Em todos os casos

a opção foi por equipamentos que não utilizassem gases poluentes e que pudessem ser automatizados, evitando o desperdício de energia.

Os aparelhos condicionadores de ar a serem utilizados são do tipo VRF (Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável), um sistema de expansão direta com uma única condensadora e múltiplos estágios evaporadores, controlado por inversores de frequência. O sistema permite controlar a capacidade linear de zoneamento resultando no consumo proporcional a carga térmica e conseqüente redução do consumo de energia, pois áreas ociosas podem ser desligadas. Do ponto de vista de instalação, o sistema também apresenta algumas vantagens em relação aos convencionais, entre elas: não necessita de dutos o que diminui o risco de contaminação por fungos e por contaminação inter-ambiente contíguos; o sistema vem pronto para automação e cada usuário pode configurar o funcionamento do aparelho de acordo com a sua necessidade; maior conforto acústico com menor nível de ruído externo e interno; as unidades condensadoras e evaporas possuem dimensões compactas (MITSUBISHI, 2009).

O sistema de iluminação artificial foi projetado com lâmpadas fluorescentes de 32 W e reatores eletromagnéticos complementados com LEDs de potência elevada (diodos emissores de luz). Os LEDs constituem-se nos equipamentos de tecnologia mais avançada na atualidade. Dentre os benefícios desse produto estão a economia de energia de até 80% em comparação com uma lâmpada dicróica tradicional, com consumo de apenas 4 W e vida útil de 35 mil horas (PHILIPS, 2009).

A escolha dos LEDs, além da economia direta de energia elétrica, também se justifica pela possibilidade de controle via microcomputador. No caso dos LEDs utilizados na edificação, atração da edificação, a configuração do sistema de iluminação resulta em infinitas possibilidades de combinação, em termos de cores e formas.

Procurou-se empregar materiais elétricos de qualidade e durabilidade, garantindo um sistema elétrico mais eficiente.

4 METODOLOGIA

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória, a edificação foi monitorada durante 15 dias consecutivos na estação do outono, no período compreendido entre os dias 21 de abril e 05 de maio de 2010. Foram coletados simultaneamente dados internos e externos durante a fase não ocupada da edificação.

Para medição externa fez-se uso de uma estação meteorológica modelo Vantage Pro 2 Plus, da marca Davis Instruments, registrando dados de 30 em 30 minutos durante as 24 horas do dia e localizada de forma a receber insolação durante todo o dia.

O levantamento de dados climáticos internos (temperatura e umidade do ar) foi realizado com o sensor Termo-Higrômetro HT-4000. Ao todo foram utilizados 4 Termo-Higrômetros na edificação, monitorando simultaneamente os dados de temperatura e umidade do ar em ciclos de medição de 30 minutos durante as 24 horas do dia. Os sensores foram posicionados a uma altura de 1,70 m, para corresponder, segundo a norma ISO-7726 (1998), à temperatura no nível da cabeça do usuário que se encontra em pé (Figura 4).

Utilizou-se uma barreira de radiação com suporte de garrafa PET, para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar dos sensores, conforme Barbosa et al. (2008).

Com base nos dados coletados nos 15 dias de medição durante a estação do outono, fizeram-se médias horárias da temperatura e umidade para cada sensor, gerando uma curva de variação diária para cada ponto estudado. O mesmo foi feito para os dados externos. Foram gerados gráficos a partir das médias horárias para a análise do comportamento da edificação em cada ponto estudado.

O critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória foi a verificação do atendimento aos requisitos e critérios do Procedimento 1: simplificado, para fachadas e coberturas, recomendados pelas Partes 4 e 5 da NBR 15575 (ABNT, 2008), analisando a adequação da edificação ao clima local. Para tal, calcularam-se os valores de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005).

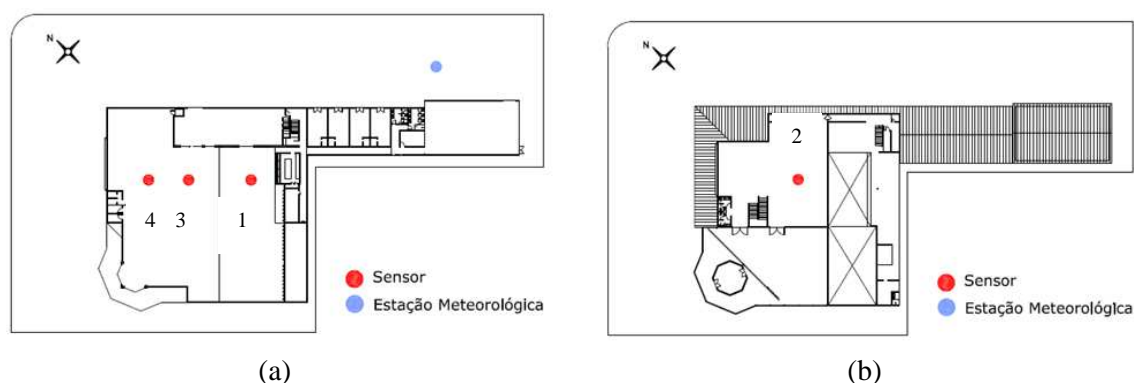


Figura 2- Posicionamento dos equipamentos de medição no Pavimento térreo (a) e Posicionamento dos equipamentos de medição no Pavimento superior (b)

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

A maior temperatura horária média externa foi de $34,14^{\circ}\text{C}$ às 15 horas e a menor de $24,85^{\circ}\text{C}$ às 6 horas da manhã, acarretando uma amplitude térmica de $9,29^{\circ}\text{C}$.

O sensor 1 foi localizado no térreo para propiciar a análise da influência do pé-direito duplo na temperatura e umidade no nível do usuário no interior da edificação (Figura 04). É possível notar no gráfico das médias horárias para esse ponto, que até aproximadamente às 9 horas da manhã a temperatura interna é maior do que a temperatura externa (Gráfico 1). Das 9 horas às 16 horas aproximadamente a temperatura interna passa a ser menor do que a externa. A partir das 16 horas, a temperatura externa passa a ser novamente menor do que a temperatura interna da edificação.

A maior temperatura horária média do sensor 1 para o período de estudo é de $33,69^{\circ}\text{C}$, às 14:30 horas. A menor temperatura é de $26,79^{\circ}\text{C}$ às 6:00 horas da manhã. A amplitude térmica registrada neste ponto é de $6,9^{\circ}\text{C}$. O amortecimento térmico apresenta valor de $2,39^{\circ}\text{C}$.

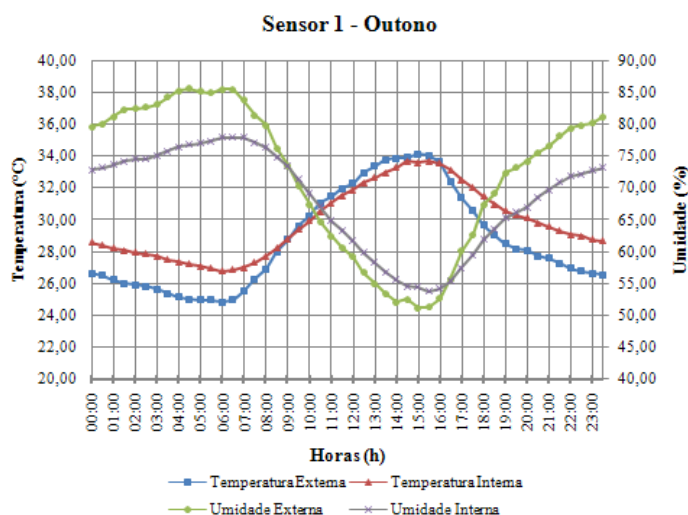


Gráfico 1 – Temperaturas médias horárias para o sensor 1

O sensor 2 está localizado no pavimento superior, possibilitando a análise de um ponto no qual a temperatura e umidade sofrem influência da cobertura e das paredes externas voltadas para a orientação nordeste e noroeste. No Gráfico 2 nota-se que a temperatura interna é maior que a temperatura externa em todas as horas do dia.

A maior temperatura horária média do sensor 2 para o período de estudo é de $36,86^{\circ}\text{C}$, às 15 horas. A menor temperatura é de $27,38^{\circ}\text{C}$ às 6:00 horas da manhã. A amplitude térmica nesse ponto é de $9,48^{\circ}\text{C}$ e o amortecimento térmico atinge o valor negativo de $-0,19^{\circ}\text{C}$. A temperatura máxima interna é $2,72^{\circ}\text{C}$ maior que a temperatura máxima externa.

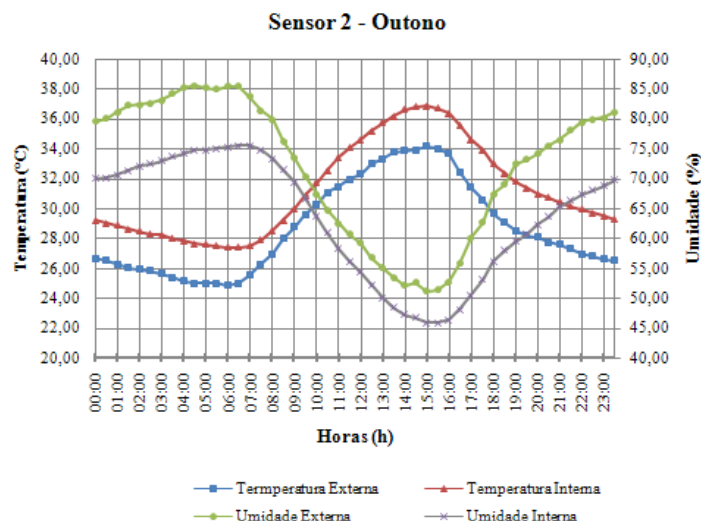


Gráfico 2 – Temperaturas médias horárias para o sensor 2

O sensor 3 foi localizado no térreo (no alinhamento vertical do sensor 2) para propiciar a análise da temperatura e umidade no nível do usuário bem como a influência da laje nos valores de temperatura e umidade. A maior temperatura horária média do sensor 3 para o período de estudo é de 33,29°C, às 16:00 horas. A menor temperatura é de 27,11°C às 6:00 horas da manhã (Gráfico 3). Dessa forma, a amplitude térmica no ponto é de 6,18°C. O amortecimento térmico apresenta valor de 3,08°C.

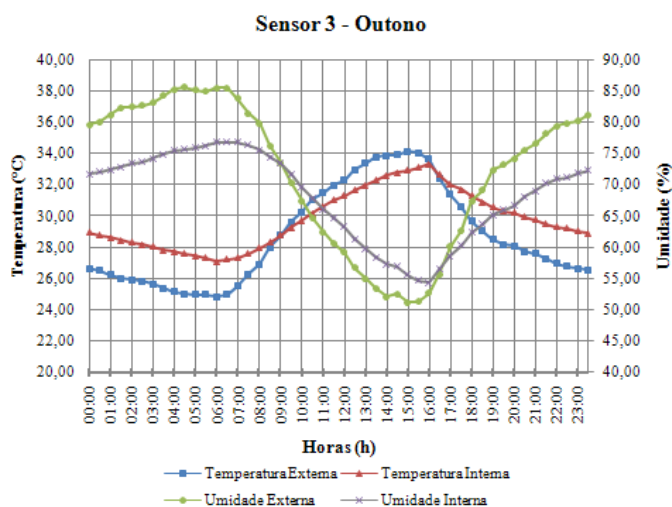


Gráfico 3 – Temperaturas médias horárias para o sensor 3

O sensor 4 está localizado no térreo próximo às paredes externas orientadas para nordeste e noroeste. A maior temperatura horária média do sensor 4 para o período de estudo é de 33,91°C, às 15:00 horas. A menor temperatura é de 26,75°C às 6:00 horas da manhã. A amplitude térmica neste ponto é de 7,16°C e o amortecimento térmico apresenta valor de 2,13°C.

É possível notar que os valores de temperatura média horária para os sensores 1, 3 e 4 apresentam comportamento bastante semelhante. Já os valores apresentados pelo sensor 2 se destacam dos demais devido às maiores temperaturas ao longo das 24 horas do dia.

Analisando o amortecimento na edificação, nota-se que os pontos localizados no térreo (correspondentes aos sensores 1, 3 e 4), apresentam amortecimento negativo em relação às temperaturas mínimas e amortecimento positivo, porém pequeno, em relação às temperaturas máximas. Já para o Sensor 2, o Gráfico 2 indica que o amortecimento em relação às temperaturas máximas atinge sempre valores negativos, ou seja, o calor do meio externo é intensificado no interior da edificação.

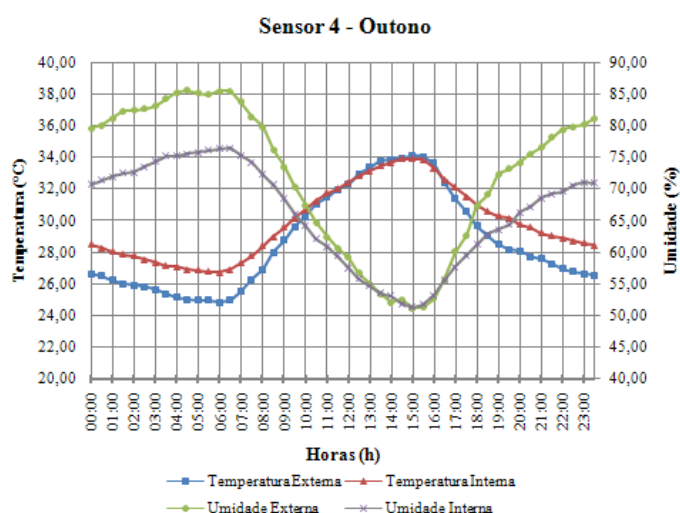


Gráfico 4 – Temperaturas médias horárias para o sensor 4

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2008), para a zona bioclimática 7, onde se localiza a edificação, as paredes externas devem apresentar absorptância $\alpha \leq 0,6$, transmitância $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{.K}$ e capacidade térmica $\geq 130 \text{ KJ/m}^2\text{.K}$ para se atingir o nível mínimo de desempenho. Já a cobertura deve apresentar absorptância $\alpha \leq 0,4$, transmitância $U \leq 2,7 \text{ W/m}^2\text{.K}$ e capacidade térmica $\geq 150 \text{ KJ/m}^2\text{.K}$.

A Tabela 1 apresenta os valores da absorptância, transmitância térmica e capacidade térmica calculados para as paredes e cobertura da edificação.

Tabela 1 – Valores de absorptância, transmitância e capacidade térmica da edificação

Componente	Absorptância	Transmitância ($\text{W/m}^2\text{.K}$)	Capacidade ($\text{KJ/m}^2\text{.K}$)
Paredes externas	0,30	0,80 $\text{W/m}^2\text{K}$	116,35
Cobertura	0,87	3,13 $\text{W/m}^2\text{K}$	24,00

É possível notar que apenas a absorptância e a transmitância térmica das paredes externas apresentam valores conforme os recomendados pela NBR 15575 (ABNT, 2008). Os valores da capacidade térmica das paredes externas e da cobertura são menores do que o mínimo recomendado e os valores de absorptância e transmitância térmica da cobertura são maiores que o máximo exigido.

Com base nessas análises é possível afirmar que o desempenho térmico da edificação é inadequado para a cidade de Cuiabá no período de outono, principalmente devido às elevadas temperaturas registradas no interior, ao baixo amortecimento térmico e por não atender às recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2008) no que se refere à cobertura e paredes externas.

A edificação apresenta pequena inércia térmica, uma vez que sua temperatura interna possui grande amplitude de variação, acompanhando por vezes simultaneamente a variação da temperatura externa. Este é um dos pontos negativos no caso em estudo, pois de acordo com Corbella et al. (2009) a inércia térmica exerce uma benéfica influência reguladora, ainda que num clima tropical. A disposição de determinados materiais tanto no envelope quanto nas divisões internas regula as flutuações de temperatura ajudando o conforto ambiental.

Acredita-se que a cobertura de telha asfáltica seja a grande vilã no comportamento da edificação, uma vez que a cobertura é o principal componente responsável pelo aumento da carga térmica no ambiente construído, representando a maior área exposta ao meio exterior durante o maior período ao longo do dia, principalmente em edificações predominantemente horizontais, como no caso abordado.

Como afirma ABRAPEX (2007), nos casos de edificações térreas, 70% das trocas de calor ocorrem através do telhado. Assim sendo, tem-se a cobertura como o maior responsável pelas trocas de calor nos edifícios de um ou dois pavimentos, devendo-se sempre, prever isolamento da mesma, seja para melhoria das condições de conforto térmico ou por questões de minimização do consumo de energia elétrica.

No estudo de Buttner et al. (2009), no qual avaliou-se o desempenho de componentes de cobertura e subcobertura por meio de simulações computacionais para a cidade de Cuiabá, observou-se que a telha asfáltica escura obteve o pior desempenho em comparação com a telha orgânica, telha metálica com forro de PVC e a telha térmica, acarretando numa maior carga térmica diária de resfriamento em qualquer época do ano.

Um dos pontos negativos da cobertura é a cor da telha asfáltica marrom. A absorvância é um fator determinante nas temperaturas que ocorrem em qualquer superfície exposta ao sol, sendo necessária a utilização de cores claras para uma menor absorção da energia radiante incidente, a fim de melhorar o desempenho térmico da edificação e reduzir conseqüentemente, a carga interna de resfriamento.

Ainda de acordo com Buttner et al. (2009), a temperatura do ar interno e a carga interna de resfriamento são mais elevados quanto maior a área de cobertura em relação às vedações verticais. Dessa forma, é possível inferir que a grande área de cobertura (1.978,00 m² de projeção e 3.077,25 m² de cobertura) e sua inclinação elevada de 50% influenciam significativamente no desempenho térmico, uma vez que expõem ainda mais a edificação à insolação.

Devido à massa térmica das paredes da edificação apresentarem elevada resistência térmica, a radiação incidente demora para atravessar a parede, atrasando o fluxo de calor por um período, porém quando esse fluxo atravessa a parede posteriormente, é acumulado no interior da edificação e não consegue ser dissipado, devido à ausência de ventilação (as janelas encontram-se fechadas). Esse fato também influencia negativamente no desempenho térmico do caso em estudo.

Uma alternativa para melhorar o desempenho térmico da edificação seria pintar a telha asfáltica de uma cor mais clara, minimizando a absorção da radiação incidente, porém isso prejudicaria a estética proposta pela edificação.

A utilização de uma barreira radiante (lâmina reflexiva) como subcobertura, é uma opção para a redução das temperaturas internas, porém sua instalação no caso em estudo seria mais onerosa do que outras soluções existentes.

Outras opções para minimizar a carga térmica e reduzir o consumo de energia, removendo o excesso de calor no interior da edificação, seriam o sombreamento ou o resfriamento evaporativo. Dentre as duas opções, a que melhor se enquadra no caso em estudo, devido à maior facilidade de instalação e execução, sem prejudicar a estética proposta é o resfriamento evaporativo.

Segundo os estudos de Buttner et al. (2009) para Cuiabá, percebe-se que a estratégia de resfriamento evaporativo é capaz de reduzir significativamente a carga térmica no interior da edificação. Quanto pior o desempenho da cobertura, maior será a melhoria alcançada e quanto menor a umidade relativa do ar e mais elevada a temperatura do ar, maior a redução da carga térmica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É sabido que a edificação contará com a refrigeração artificial durante o seu funcionamento e avaliar o desempenho térmico ainda em fase de não ocupação, possibilitou a constatação de que a envoltória não está adequada ao clima local e nem à função a qual se destina, visto às altas temperaturas encontradas no interior da edificação. Além disso, a cobertura não apresenta os valores de absorvância, transmitância e capacidade térmica recomendados pela NBR 15575 (ABNT, 2008) e as paredes externas apresentam capacidade térmica inferior ao valor mínimo recomendado.

Percebe-se que o consumo de energia para a refrigeração da carga térmica (sem levar em consideração a carga térmica gerada no interior da edificação pelos equipamentos e usuários) por meio dos condicionadores de ar será bem maior do que se tivessem sido tomadas precauções com relação à cobertura e envoltória como um todo, ainda em fase de projeto.

Vale ressaltar que apesar da preocupação e investimento em materiais visando o conforto térmico e eficiência energética na edificação, a mesma não se encontra adequada ao clima tropical onde se encontra, apresentando um projeto arquitetônico e materiais energeticamente não compatíveis com a realidade regional.

Sabendo que a inércia térmica está relacionada com a difusividade (como se difunde a energia térmica) e a efusividade (o quanto se absorve e restitui de energia térmica) dos materiais utilizados na edificação, se fazem necessários maiores estudos a respeito das propriedades desses materiais para

uma melhor compreensão do comportamento da edificação e do desempenho térmico desses materiais para a cidade de Cuiabá/MT.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Método de cálculo de características térmicas de elementos e componentes de edificações, 2005.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares e de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (Parte 1: Requisitos gerais), 2008.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. **Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações**. In: AMBIENTE CONSTRUÍDO, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 117-136, out./dez, 2008.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Reuso de água**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_reuso.asp>. Acesso em: 19 jul. 2009.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 308p.

ECOFILTROS. **Filtros ecológicos**. Disponível em: <<http://www.ecofiltros.com>> Acesso em: 23 jul. 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 7726. Thermal Environments—Instruments and Methods for measuring physical Quantities. International Organization for Standardization, 1998.

KNAUF AMF. **Forro mineral**. Disponível em: <http://www.amf-brasil.com.br/homes.php?id=38>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

MITSUBISHI. **Mitsubishi ar condicionado**. Disponível em: <<http://www.mitsubishiarcondicionado.com/ar.htm>>. Acesso em: 24 jul. 2009.

PHILIPS. **Soluções Philips em iluminação com LEDs**. Disponível em: <<http://www.luzphilips.com>>. Acesso em: 25 jul. 2009.

PRENSIL S.A. **Blocos de sílico calcareo**. Disponível em: <<http://www.prensil.com.br/prensil2009/>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

TYVEK. **Tyvek**. Disponível em: <<http://www.tyvek.com.br/>>. Acesso em: 23 de jul. 2009.

TC SINGLE DO BRASIL. **Telhas single**. Disponível em: <<http://www.tcshingle.com.br>>. Acesso em: 23 de jul. 2009.

8 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES pela bolsa de mestrado.