

ESTUDO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS INTERNAS QUE INFLUENCIAM NO CONFORTO TÉRMICO E NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES

Wagner Augusto Andreasi¹ & Jucimeire Neves da Silva²

¹Professor da UFMS, Departamento de Estruturas e Construção Civil; e-mail: andreasi@dec.ufms.br

²Aluna do Curso de Engenharia Civil da UFMS, bolsistas de Iniciação Científica - Convênio ECV943/03-Petrobrás/ Procel/ FUFMS.

Resumo: Durante seis dias foram monitoradas as variáveis climáticas do restaurante universitário (RU) da UFMS, sendo que em três dias monitorou-se o refeitório e os outros três a cozinha. Para este monitoramento utilizou-se o confortímetro BABUC para coleta dos dados internos e para coletar os dados externos foram utilizados sensores eletrônicos HOBO® H8 Pro Series. Os dados coletados a cada 15 minutos pelo BABUC foram dispostos em uma planilha no excel e desta foram elaborados gráficos para melhor visualização. Os dados coletados pelo HOBO®, também coletados a cada 15 minutos, foram processados pelo programa BoxCar for Windows 4.3 da empresa norte americana OnSet Computer Corporation e estes por sua vez forneceram outros gráficos. Dos dados coletados verificou-se que no refeitório a temperatura radiante média era maior que a temperatura do ar interno e a temperatura do ar externo era muito próxima às outras duas. No entanto, na cozinha o que se observou foi que a temperatura radiante média era menor que a temperatura do ar interno e a temperatura externa possuía uma diferença média de aproximadamente 2,5°C da temperatura do ar interna, enquanto que no refeitório a diferença média ficou entre 0,2 e 1,0°C. A diferença entre os dois ambientes, que compõem a mesma edificação é devido a diferença das características construtivas que serão apresentados mais adiante. Este trabalho oportuniza o estudo dos materiais e suas propriedades térmicas, assim como sua influência no desempenho térmico de uma edificação e no conforto térmico de seus usuários.

Palavras-chave: Desempenho térmico, Conforto térmico, Eficiência Energética.

INTRODUÇÃO

LAMBERTS et al (1997) definem “conforto térmico como sendo um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Para RORIZ (1996) o conceito de conforto térmico envolve aspectos fisiológicos e psicológicos. Para o aspecto fisiológico um ambiente é considerado confortável quando o mesmo oferece condições térmicas que permitam a manutenção da temperatura interna do corpo sem serem

acionadas os mecanismos de termorregulação do organismo. Já para os aspectos psicológicos são mais complexos porque são relacionados às sensações humanas de calor e frio.

As variáveis de conforto térmico dependem da atividade física (metabolismo), da resistência térmica oferecida pela vestimenta e dos parâmetros ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar).

KWOK e CHUN (2003) analisando escolas no Japão que utilizavam estratégias diferentes para se alcançar o conforto, sendo que uma utilizava ar condicionado enquanto a outra adotava ventilação natural, observaram que em ambos os casos os ocupantes sentiam-se confortáveis. Mas os dados obtidos através de medições tanto nas salas com ventilação natural quanto nas salas com ar condicionado indicavam que o clima interno estava fora dos limites de conforto, isto é, mesmo que os dados apontem desconforto os seus ocupantes podem se sentir confortáveis. Os ocupantes das salas com ar condicionado usavam jaquetas ou roupas similares dentro da sala e quando saíam retiravam, assim explica-se porque os ocupantes destas salas sentiam confortáveis e não sentiam frio. E ainda que é impossível que todos se sintam confortáveis e para estes o desconforto pode ter sido provocado, no caso da sala com ventilação natural, pelo uniforme adotado pela escola que era 0,08 clo mais elevado que a vestimenta utilizada pelos alunos da outra escola.

NICOL e HUMPHREYS (2002) dizem que as pessoas têm uma tendência natural de se adaptar as mudanças ambientais que ocorre no local em que se encontram, isto é, se as condições do ambiente se alteram as pessoas reagem de tal forma que o conforto se restabeleça, portanto é importante que os ocupantes de um ambiente tenham controle sobre as estratégias de conforto adotadas na edificação (janelas, ventiladores, sistemas de aquecimento ou refrigeração, cortinas e sistema de iluminação artificial) para que a intensidade com que ela atua seja correspondente à necessidade do ocupante do ambiente.

Desempenho térmico de uma edificação pode ser entendido como sendo a resposta, em termos de conforto, que o ambiente construído oferece às condições de clima existentes na localidade. Essa resposta depende de alguns fatores como inércia térmica do envelope (paredes e teto), orientação das paredes e janelas, área de aberturas (ventilação), cor externa das paredes e do telhado. Se esses fatores forem bem estudados e empregados poderá ser obtido um melhor desempenho térmico.

Desempenho térmico de uma edificação pode ainda ser entendido como sendo o resultado da interação que se estabelece entre a edificação e o ambiente térmico a que a mesma está submetida, ao qual AKUTSU e LOPES (1988) denominam de condições de

exposição, classificadas como: condições climáticas, condições de implantação e condições de uso da edificação.

Para AKUTSU (1988) avaliar desempenho térmico de uma edificação significa verificar se o ambiente interno atende ou não a um conjunto de requisitos pré-fixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto térmico.

Para ALUCCI et al (1988) o que determina o desempenho térmico de uma edificação é a interação de um conjunto de variáveis, que são: as condições de exposição às quais está submetido o edifício, as propriedades térmicas dos materiais e componentes empregados na construção, a implantação do edifício no terreno e as relações geométricas adotadas no dimensionamento dos ambientes.

KRUGER (2002) afirma que “a área de investigação de conforto e de desempenho térmico em edificações envolve o estudo dos processos térmicos que ocorrem no interior de edificações” e ainda que quando se há conhecimento desses estudos o engenheiro, arquiteto ou projetista pode intervir diretamente no consumo de energia elétrica despendido para a utilização de ar-condicionado na edificação antes iniciar seu uso.

Os processos térmicos no interior de uma edificação dependem das propriedades (absortividade, refletividade, transmissividade, transmitância térmica) dos materiais que constituem o envelope. O envelope possui partes opacas e partes transparentes a diferença entre os dois tipos de envelope está na capacidade que cada um possui de absorver, refletir e transmitir calor para o ambiente interno. Através dos envelopes há trocas de calor entre o ambiente interno e o externo, isto é, através deles ocorre a transmissão de calor. RORIZ (1996) define calor como uma forma de energia e que se manifesta de duas maneiras uma "no interior dos corpos como vibração dos átomos em torno de suas posições médias" e a outra "no espaço como radiação". Diz ainda que a temperatura de um corpo "é a medida de seu estado térmico", ou ainda, "um indicador do calor presente nesse corpo".

Segundo INCROPERA (1992) transferência de calor é “o trânsito de energia provocado por uma diferença de temperatura” e também que o sentido do fluxo de calor vai da região de maior temperatura para a região de menor temperatura.

Existem três tipos de processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

A condução é a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas menos energéticas da mesma. Este processo ocorre em sólidos, líquidos e gases, mas como nos fluidos há processos convectivos estes anulam o processo

inicial, então a condução refere-se aos sólidos visto que ele se dá sem a movimentação das moléculas que é a condição inicial para que haja o processo.

A convecção é a transferência de calor que ocorrerá entre uma superfície e um fluido em movimento, quando estiverem em temperaturas diferentes. Por exemplo, uma parede e o ar. Imaginemos que a temperatura da parede (TB) esteja maior que a temperatura do ar (TA). A molécula do ar (A) que está próxima à parede irá trocar energia com a molécula mais externa da parede (B), quando a molécula do ar alcançar uma certa temperatura ela irá subir porque as moléculas de gás quando tem sua temperatura elevada a sua densidade ficar menor, isto é, fica mais leve e por isso ela sobe e outra molécula (D) ocupa o seu lugar voltando a realizar o mesmo processo.

A radiação térmica é definida por como sendo “a energia emitida pela matéria que estiver numa temperatura finita”. Essa radiação pode ser transmitida tanto pelos corpos sólidos como pelos fluidos. Essa forma de transferência de calor não necessita de um meio material para ocorrer como no caso da condução e convecção, pois a energia do campo da radiação é transportada por ondas eletromagnéticas.

Em uma edificação a maior parte da transmissão de calor ocorre através das paredes, da cobertura e das janelas.

Como é através da cobertura das edificações que ocorre a entrada de uma parcela considerável de calor e os processos de transmissão deste se dão principalmente pela radiação térmica e pela convecção, ARMELIN e CHERRY (2004) estudaram a influência da adoção do sistema que utiliza uma manta de subcobertura de base de alumínio (instalada entre as telhas de cobertura e a estrutura, geralmente de madeira). Este material é utilizado devido a sua alta refletividade e sua baixa emissividade, isto é, mesmo que aquecida ela, a manta, transmite pouco calor para o ambiente interno. As medidas de temperatura foram tomadas na superfície superior das telhas, no interior do ambiente e nas faces superior e inferior da placa de fundo do aparato. Foram analisadas situações distintas como a situação com e sem barreira de radiação podendo variar também o nível de ventilação e ainda cor e tipos de telhas. Comparando os dados que foram obtidos através do experimento chegaram à conclusão de que há cerca de 80% de redução do fluxo de calor quando se deixa de utilizar a cobertura sem barreira e sem ventilação para utilizar cobertura com barreira e ventilação.

Sabe-se que as cores diferem na quantidade de radiação solar refletida e/ou absorvida, portanto a quantidade de calor que cada cor absorve ou reflete é diferente e quanto mais escura ela for maior é a quantidade de calor absorvida. GRANJA e LABAKI (2003) avaliaram o efeito térmico que o emprego de cores na superfície externa do telhado provocam,

utilizaram duas cores: o branco e o cinza. Aliaram a utilização de cores, a dois sistemas de telhado com resistência térmica diferentes (5 e 40 cm de espessura), e como esperado, através do telhado de cor branco obteve-se o menor fluxo de calor. A maior diferença de fluxo de calor entre um telhado claro e um telhado escuro se dá quanto menor é a espessura do telhado, isto é, as cores dão maior contribuição quanto menor for a densidade do telhado. Conclui-se então que, quando se eleva a inércia do telhado (aumento da espessura) esta se torna a maior responsável pela diminuição do fluxo de calor.

Segundo PRADO e FERREIRA (2005) o albedo ou refletância (razão entre a quantidade de radiação solar refletida por uma superfície e a quantidade total que ela recebe) exerce influência sobre o ganho térmico na superfície de materiais que recebem incidência de radiação solar. Como em uma edificação a região que mais recebe radiação solar é a cobertura estes autores fizeram uma análise dos materiais mais utilizados para cobertura no Brasil: cerâmica vermelha e branca, fibrocimento sem asbesto (amianto), cobertura de alumínio, cobertura de aço inoxidável, metal revestido de alumínio e zinco, metal termo-acústico que pode ser alumínio, verde e branco e cerâmicas coloridas com e sem resina. De acordo com os autores o desempenho térmico destes materiais é caracterizado pela temperatura de superfície que o material pode alcançar e pela emitância do material que é responsável pelo calor transferido para o ambiente interno. Verificaram que superfícies que possuem o albedo e a emitância elevados permanecem mais frias quando expostas à radiação solar porque absorvem pouca radiação e emitem a radiação mais térmica ao espaço, transmitindo, portanto pouco calor para o ambiente interno. Dos materiais por eles pesquisados as cerâmicas vermelha e branca foram os únicos que apresentaram temperaturas de superfície mais baixas que a temperatura do ar. Os materiais metálicos, apesar de possuírem albedos semelhantes ao do material cerâmico, obtiveram temperaturas de superfície bem mais elevado devido à baixa emitância dos materiais metálicos não revestidos que emitem pouca radiação térmica sendo as perdas por convecção não suficiente para refrigerá-los. Portanto devido ao albedo e à emissividade as cerâmicas vermelha e branca podem ser considerados “materiais frescos” enquanto que os materiais metálicos devido à emissividade não podem ser classificados de tal forma (fresco). Concluíram, portanto que a emissividade é importante para a temperatura de superfície e ainda que a eficiência do albedo (ou refletância) e da emissividade dos materiais são parâmetros que podem ser adotados pelos fabricantes dos materiais usados em telhas da cobertura.

WONG et al (2003) estudaram os benefícios térmicos que a adoção de tetos-jardim oferecem, sendo o objetivo principal analisar os impactos térmicos, direto e indireto, que esta

estratégia provoca num ambiente tropical. Queriam verificar através de medições: a redução de temperatura da superfície causada pelas diferentes plantas com diferentes índices de área de folhas, a redução de ganho de calor causado pelas plantas e a variação das variáveis ambientais causada pelas plantas sobre o telhado. Mediram temperaturas da superfície em diferentes pontos. Observaram que quando se utiliza o sombreamento das plantas ou coloca-se uma camada de terra, a temperatura da superfície da cobertura (laje) é menor do que se nada tivesse sobre ela. Sendo que a maior diferença está quando se opta pelo sombreamento das plantas e quanto mais densa é a folhagem da vegetação melhor é o resultado, oferecendo proteção do sol o dia inteiro. O calor transferido através da cobertura sem nada, foi grande se comparado com o que foi transferido pelo telhado com terra ou com vegetação. As plantas irradiam e refletem menor radiação do sol minimizando, portanto a temperatura radiante, sendo esse fato verificado através de leituras feitas pelo termômetro de globo.

O objetivo deste trabalho é analisar a interatividade entre um ambiente construído e o clima da capital do Mato Grosso do Sul que ainda é um assunto pouco explorado em nossa capital. Optou-se em um ambiente que ficasse localizado no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

De acordo com a PLANURB (2004) o clima de Campo Grande situa-se entre sub-tipo mesotérmico úmido sem estiagem, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, tendo o mês mais seco mais de 30 mm de chuvas e o sub-tipo tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A maior parte da chuva que precipita, cerca de 75%, ocorre entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. Junho, julho e agosto são os meses com menor incidência de chuva. A predominância dos ventos em Campo Grande é na direção leste, mas há uma frequência significativa nas direções norte e nordeste, nas outras direções os ventos ocorrem com menor intensidade.

O local escolhido como objeto de estudo foi o Restaurante Universitário. O restaurante data de 1969, e foi projetado pelo arquiteto Armênio Iranick Arakelian. Com área interna de aproximadamente 620 m², sendo que o refeitório tem 378 m² aproximadamente. Esta edificação é basicamente em estrutura de concreto armado e alvenaria, com cobertura de telha de fibrocimento, esquadrias de ferro com vidro transparente liso, o refeitório possui janelas grandes, enquanto que na cozinha as aberturas das janelas são bem menores, a cozinha é azulejada e com forro de EPS. O restaurante está localizado ao lado do parque aquático da universidade e próxima da mata que circunvizinha um lago denominado Lago do Amor.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo está baseado em dados coletados em campo. Foi utilizado para coletar as variáveis climáticas internas o confortímetro BABUC e para coletar os dados externos foram utilizados sensores eletrônicos HOBO® H8 Pro Series.

Os dados coletados a cada 15 minutos pelo BABUC foram dispostos em uma planilha no excel e desta foram elaborados gráficos para melhor visualização. Os dados coletados pelo HOBO®, também coletados a cada 15 minutos, foram processados pelo programa BoxCar for Windows 4.3 da empresa norte americana OnSet Computer Corporation e estes por sua vez forneceram outros gráficos.

O confortímetro BABUC é composto por vários sensores. Estes sensores foram postos na altura em que as pessoas exerciam a atividade principal do ambiente, no refeitório a atividade realizada é a alimentação (sentados) e a altura do tórax das pessoas estão por volta dos 0,90m, enquanto que na cozinha a atividade realizada é feita em pé, o BABUC foi colocado com uma altura de aproximadamente de 1,20m. No refeitório o Babuc foi colocado aproximadamente no meio do salão.



FIGURA 1: Posicionamento do BABUC na cozinha



FIGURA 2: Posicionamento do BABUC no refeitório

Portanto, as variáveis coletadas para a análise foram: temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa do ar e velocidade do ar no interior do restaurante e no exterior a temperatura do ar e a umidade relativa. Para cada um dos ambientes foram coletados dados durante três dias. Monitoramos o refeitório, onde são servidas as refeições aos acadêmicos e funcionários, e a cozinha em dias diferentes. Ambos foram monitorados durante três dias consecutivos, do dia 31/03 a 02/04 no refeitório e do dia 14/04 a 16/04 na cozinha, no ano de 2004 (dois mil e quatro). Procuramos monitorar o restaurante nos horários de maior utilização, isto é, na hora de almoço. Os horários de observação estão na tabela abaixo:

Dias	Horários
31/03/04	10:30h -13:00h
01/04/04	09:45h -13:00h
02/04/04	10:30h -13:00h
14/04/04	10:20h -13:00h
15/04/04	10:10h -13:00h
16/04/04	10:00h -13:00h

A temperatura radiante média foi obtida através de cálculo utilizando a equação fornecida pela ISO 7726. A ISO 7726 fornece duas equações, uma de convecção natural e outra de convecção forçada, tendo como principais variáveis: temperatura de bulbo seco e temperatura do globo. Foi utilizada a equação para convecção natural. Segue-se a Equação utilizada:

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 \sqrt[4]{|t_g - t_a|} \cdot (t_g - t_a)} - 273$$

Onde:

t_g é a temperatura do globo (°C)

t_a é a temperatura do ar (°C) (temperatura de bulbo seco)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos 1, 2 e 3 expressam as temperaturas: do ar interno, radiante média e externa ao refeitório. Neles podemos observar que ao longo do dia a temperatura do ar aumenta, com exceção do segundo dia (01/04/04) devido à precipitação de uma chuva que ocorreu durante o período de observação.

Durante todos os dias de observação nota-se que a temperatura radiante média é maior que a temperatura do ar interno. A cobertura recebe incidência de radiação solar direta, enquanto que os fechamentos laterais não, devido aos protetores solares (brises) que a edificação possui. A cobertura torna-se, portanto, a principal fonte de energia radiante do ambiente aqui estudado. Assim foi dado maior ênfase para a temperatura radiante média por ela ter sido maior que a temperatura do ar interno em todos os dias observado, como já citado anteriormente.

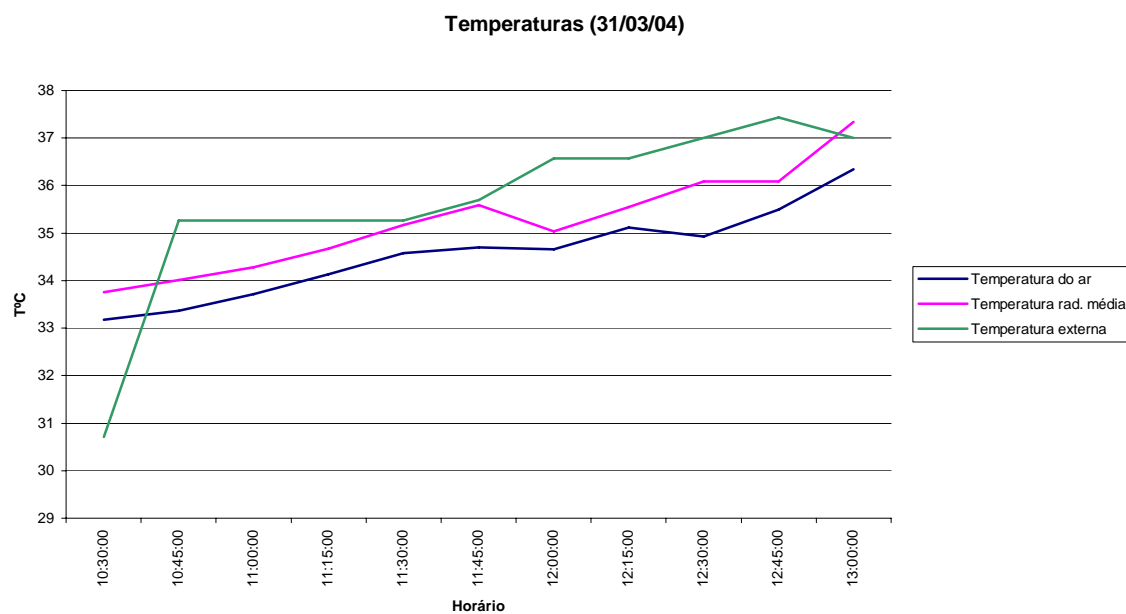


GRÁFICO 1: Temperaturas do refeitório (31/03/2004)

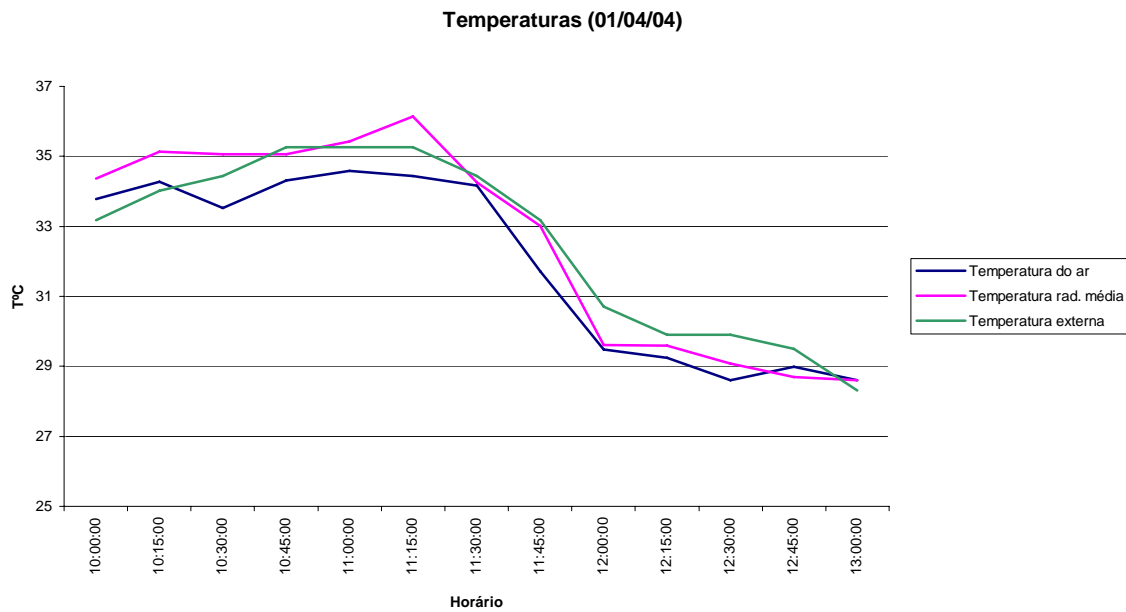


GRÁFICO 2: Temperaturas do refeitório (01/04/2004)

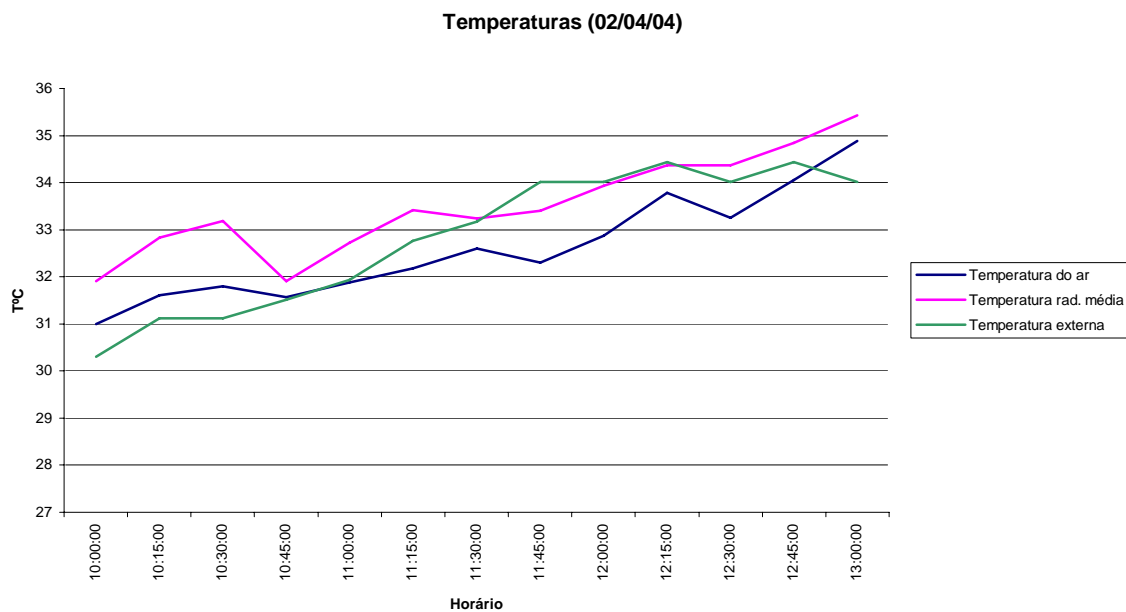


GRÁFICO 3: Temperaturas do refeitório (02/04/2004)

A cobertura recebe radiação solar direta, fazendo sua temperatura se elevar. Uma vez a temperatura mais elevada, através da convecção, a cobertura realiza troca de calor com o ar interno do refeitório elevando, portanto a temperatura do ar interno. Todo corpo emite energia

calorífica sob a forma de radiações, a quantidade depende da natureza e da temperatura do corpo segundo COSTA (1974). Assim sendo, quanto maior for a temperatura da cobertura maior será a energia calorífica que este estará emitindo para o ambiente interno.

Quando houve a precipitação da chuva a temperatura da cobertura diminuiu, logo a radiação térmica que este liberava, para o interior do refeitório, acaba diminuindo também, tornando a temperatura radiante média menor. Então se conseguirmos diminuir a radiação solar que a cobertura absorve a sua temperatura será menor e conseqüentemente a temperatura média radiante também. Esta energia é em maior ou menor grau absorvido pela cobertura, em função do seu coeficiente de absorção à radiação solar. A absorção é uma característica superficial do material e varia com a sua cor e brilho. Quanto mais escura for a superfície, mais radiação solar será absorvida e transmitida para o interior do edifício.

A radiação solar ao atingir a superfície do telhado terá uma parcela absorvida e outra parcela refletida, a quantidade absorvida e refletida dependerá da refletividade e da absorvidade do material. Estas duas características variam de um material para o outro, por exemplo, o telhado do RU é de cimento amianto, este material possui a absorvidade de 0,8, isto significa que 80% da energia incidente no material de cimento amianto é absorvida, enquanto que os 20% restantes são refletidos.

As telhas no restaurante, devido ao tempo, possuem uma coloração escura, e como já sabemos as cores escuras absorvem mais energia calorífica, tornando, portanto as cores claras mais recomendáveis para as coberturas.

Nos gráficos 1, 2 e 3 podemos observar que a temperatura interna do refeitório se aproxima e muito da temperatura externa. Logo o isolamento que o envelope do refeitório deveria oferecer em relação ao calor oriundo do ambiente externo não é muito satisfatório, tornando-o pouco eficiente. Daí a necessidade de modificar algumas características do ambiente buscando amenizar os problemas mais expressivos.

A cozinha também foi monitorada, principalmente por possuir características diferentes em relação ao refeitório, como, por exemplo, o fato de possuir forro de EPS e ser um ambiente com o número de aberturas para ventilação menores. Os gráficos que representam as temperaturas do cozinha são os que seguem:

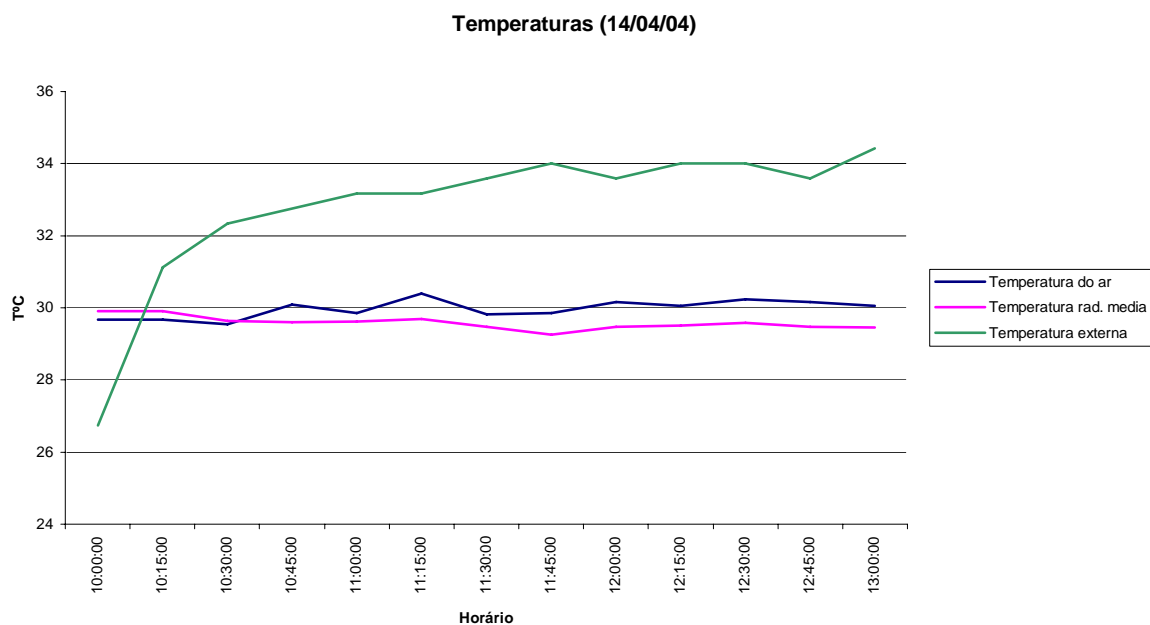


GRÁFICO 4: Temperaturas da cozinha (14/04/2004)

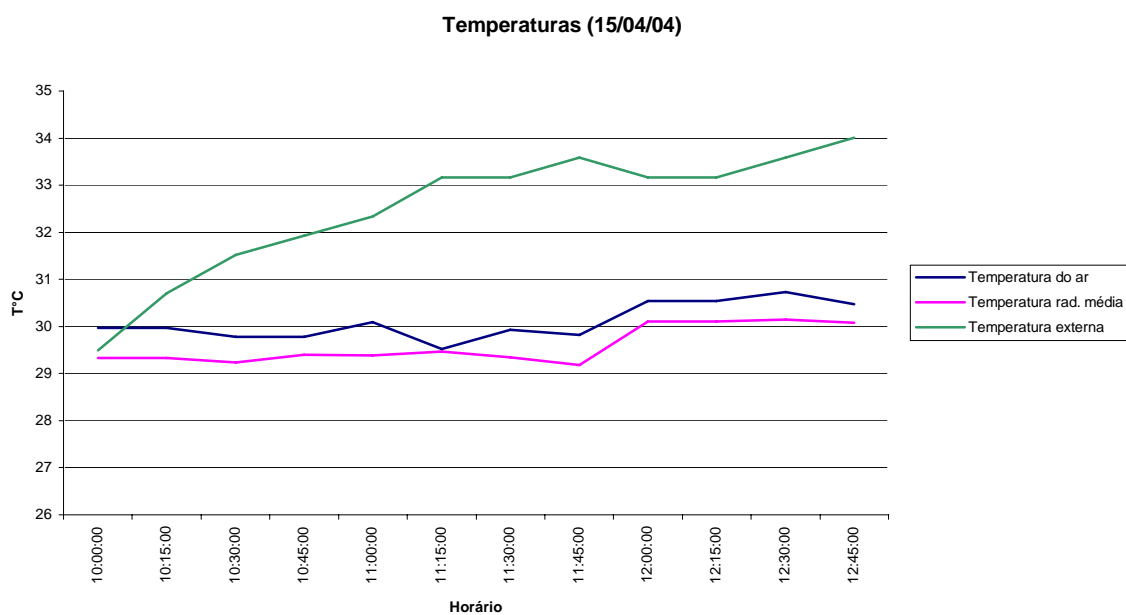


GRÁFICO 5: Temperaturas da cozinha (15/04/2004)

Como houve uma falha na configuração do sensor que monitorava a temperatura e a umidade do ar externo, este não armazenou algum dado do dia 16/06/2004, portanto não serão apresentados os dados internos deste dia.

O horário de observação da cozinha foi o mesmo do refeitório, isto é, das 10h às 13h. Nós utilizaremos estes dados para comparar as características do refeitório com as características da cozinha. Se a nossa intenção for avaliar o desempenho da cozinha, o horário de observação teria que ser um pouco maior porque as atividades da cozinha iniciam-se mais cedo e terminam mais tarde que as atividades do refeitório.

Ao se observar os gráficos 1, 2 e 3 verifica-se que a diferença média entre a temperatura do ar externo e a temperatura do ar interno está entre 0,2 e 1,0°C aproximadamente enquanto que na cozinha (gráficos 4 e 5) essa diferença média é 2,5°C aproximadamente. A conclusão que se pode chegar é que a diferença entre as temperaturas externas e internas é maior na cozinha devido, principalmente, ao forro de EPS (Poliestireno Expandido). O EPS é um plástico celular rígido polimerizado e expandido com o gás pentano. Uma peça de EPS é constituído de 98% de ar e 2% de poliestireno e a condutividade térmica deste material é de 0,035 W/m.K enquanto que o do amianto é de 0,65 W/m.K, isto é, a telha de cimento amianto em contato direto com o ambiente interno transmitirá uma quantidade maior de calor para este ambiente que o EPS.

Não discutiremos neste trabalho sobre a umidade relativa do ar porque a principal influência desta variável está sobre as sensações térmicas que não é o nosso foco.

Quanto à velocidade do ar verifica-se que no refeitório a velocidade do ar é maior que na cozinha, como já dito anteriormente, porque as aberturas para ventilação do refeitório são maiores que as da cozinha. Temos representado nos gráficos 7 e 8 o comportamento da velocidade do ar interno, no refeitório e na cozinha, respectivamente. Como nos outros dias o comportamento foi semelhante optou-se em apresentar apenas estes dois gráficos, pois através deles é possível apresentar as principais características da velocidade nos dois ambientes.

Comparando as amplitudes das temperaturas internas dos dois ambientes e a velocidade do ar vemos que mesmo a velocidade do ar sendo maior no refeitório a temperatura do ar interna é mais elevada que a temperatura do ar interna da cozinha, isto é, a velocidade mais elevada não é suficiente para fazer a circulação do ar, renovando-o e diminuindo a sua temperatura, portanto a ventilação sozinha não é suficiente para fornecer uma temperatura mais agradável.

No refeitório a ventilação é cruzada, as janelas de entrada e saída do ar estão na mesma altura e possuem as mesmas dimensões. Próximo à cobertura existem pequenas janelas, mas elas nunca são abertas. Como o vento atravessa o refeitório sem atingir as partes mais altas do mesmo o ar mais quente permanece no ambiente, próximo ao telhado aquecendo-se ainda mais, devido a cobertura por estar com temperatura elevada. Abrindo-se

as janelas superiores será propiciado que haja uma renovação do ar mais próximo à cobertura diminuindo portanto a temperatura do ar.

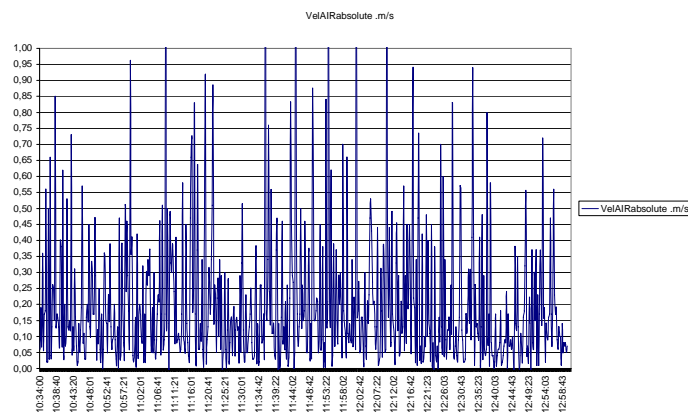


GRÁFICO 6: Velocidade do ar interno no refeitório (31/03/2004)

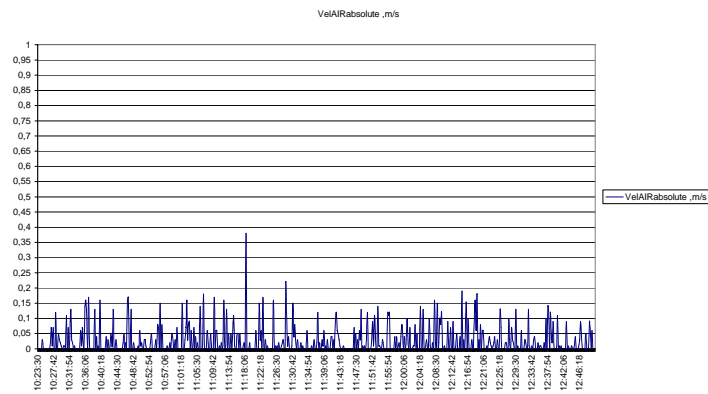


GRÁFICO 7: Velocidade do ar interno na cozinha (14/04/2004)

CONCLUSÕES

As características construtivas do refeitório fazem com que sua temperatura interna praticamente se iguale a temperatura do ambiente externo, quando o envelope deveria promover uma temperatura menor. Portanto para que um desempenho melhor da edificação seja conseguido será necessário adotar alguma modificação no ambiente construído.

No refeitório a cobertura é de cimento amianto, sem forro, como o telhado absorve aproximadamente 80% da energia incidente na cobertura (para telhas novas), e este transmite para o ambiente interno, seja por convecção ou radiação, o que se poderia fazer é diminuir a quantidade de energia que as telhas absorvem modificando a cor das telhas pintando-as com uma cor clara ou modificando as telhas por outras como, por exemplo, as telhas de cerâmicas vermelha ou branca que apresentam temperaturas de superfície mais baixas que a temperatura do ar.

Ao se comparar a temperatura radiante média do refeitório, assim como a temperatura do ar, com as da cozinha, verificou-se que estas variáveis são menores na cozinha, atribuindo-se este acontecimento ao fato de a cozinha possuir forro de EPS. Portanto, outra sugestão seria a colocação de algum tipo de forro, como, por exemplo, de EPS, madeira ou PVC, para que este se torne uma barreira para a radiação, principalmente.

O horário de observação da cozinha foi o mesmo do refeitório, isto é, das 10h às 13h. Estes dados foram utilizados para comparar as características do refeitório com as características da cozinha. Se a nossa intenção for avaliar o desempenho da cozinha, o horário de observação teria que ser um pouco maior porque as atividades da cozinha iniciam-se mais cedo e terminam mais tarde que as atividades do refeitório.

A principal consideração aqui feita é que a temperatura radiante é a principal vilã e que seu maior contribuinte é a cobertura. Para um próximo trabalho pode ser feito a medição de quanto a cobertura contribui e quais as soluções possíveis e mais apropriadas.

REFERÊNCIAS

ALUCCI, M. P.; AKUTSU, M.; CARNEIRO, C. DE M. *Geometria dos ambientes: Um dos fatores determinantes do desempenho térmico das edificações*. Tecnologia de edificações/Projeto de divulgação Tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini: Instituto de pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

AKUTSU, M. *Avaliação de desempenho térmico de edificações: a necessidade de revisão normativa*. Tecnologia de edificações/Projeto de divulgação Tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini: Instituto de pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

AKUTSU, M.; LOPES, D. *Simulação do desempenho térmico de edificações*. Tecnologia de edificações/Projeto de divulgação Tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini: Instituto de pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

ARMELIN, H. S.; CHERRY, N. *Avaliação do uso e desempenho de barreiras de radiação Térmica na construção civil*. Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil. Vol. 1, n. 1, p. 79-82, Maio 2004.

COSTA, E. C. da. *Física aplicada à construção; Conforto Térmico*. 3ª ed. São Paulo, Blücher. 1974.

GRANJA, A. D.; LABAKI, L.C. *Influence of external surface colour on the periodic heat flow through a flat solid roof with variable thermal resistance*. International Journal of Energy Research. V.27, p. 771-779. 2003.

INCROPERA, F. P.; WITT, D. P. de.; *Fundamentos de transferência de calor e massa*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan. 1992. 455pp.

KRÜGER, E.; *Experimentos simples na área de conforto e desempenho*. Abenge-Revista de Ensino de Engenharia. v.21 p.43-47, 2002.

KWOK, A. G.; CHUN, C. *Thermal comfort in Japanese schools*. Solar Energy. v.74, p. 245-252, 2003.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F. O. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, PW Editores, 1997. 190pp.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. *Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings*. Energy and Buildings. v.34, p.563-572, 2002.

PLANURB. *Perfil socioeconômico de Campo Grande* – Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. Campo Grande. 2004.

PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. *Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials*. Energy and Building. v. 37, p. 295-300, 2005.

RORIZ, M. *Conforto térmico em edificações: um modelo matemático e uma aplicação*. São Paulo, 1996.

WONG, N. H.; CHEN, Y.; ONG, C. L.; SIA, A. *Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment*. Building and Environment. v.38 p.261-270, 2003.