

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO EM SALAS DE AULA NO ALTO SERTÃO PARAÍBANO – IFPB/CAJAZEIRAS

HIRLEY PINHEIRO DE SOUZA^{1*}, RAFAEL PONCE DE LEON AMORIM²,
HAYANNE MACÊDO DE MELLO³

¹Estudante de Engenharia Civil – IFCE, Fortaleza-CE, hirley.pinheiro@gmail.com

²Ms. Engenharia Urbana – IFPB, Prof. Efetivo, IFPB, Cajazeiras-PB, faelponce@hotmail.com;

³Estudante de Engenharia Civil – IFPB, Cajazeiras-PB, hayanne.ip@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Avaliações de desempenho térmico em edificações existentes são requeridas para diagnosticar as condições ambientais oferecidas aos usuários, identificar deficiências para, em seguida, propor a adoção de soluções de adequação. Inicialmente, buscou-se analisar as condições climáticas locais a partir do ano climático de referência – TRY, calculadas a partir da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na cidade de São Gonçalo-PB, a 30 km do local de análise. Em seguida, foi realizada a caracterização física dos blocos de sala de aula, do IFPB campus Cajazeiras, assim como o monitoramento de quatro salas de aula representativas das duas tipologias existentes, no período de 11 a 24 de outubro de 2016. Verificou-se que, com o auxílio dos aparelhos condicionadores de ar, as salas de aula avaliadas registraram valores de temperatura do ar dentro da zona de conforto térmico nos horários de aula, porém, os valores referentes à umidade relativa do ar foram preocupantes, estando sempre inferiores ao valor limite de 60% recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho térmico, Conforto térmico, Consumo energético.

EVALUATION OF THERMAL PERFORMANCE IN CLASSROOMS IN THE HIGH BACKWOODS PARAÍBANO - IFPB / CAJAZEIRAS

ABSTRACT: *The search for greater efficiency in the thermal performance of buildings in hot climate places aims to improve living conditions so as to mitigate extreme climatic conditions and to reduce energy consumption with artificial air conditioning. In this sense, thermal comfort evaluations aim to diagnose the environmental conditions offered to users in order to identify existing problems, and propose solutions for them. These evaluations are even more important in school environments, where this influence becomes more considerable due to the direct contribution of the thermal environment in the delicate teaching-learning relationship. This research is a study carried out in the city of Cajazeiras, located in Paraíba, it evaluated the thermal performance of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras campus classrooms. First of all, it tried to analyze local climatic conditions based on the test reference year - TRY calculated on the Instituto Nacional de Meteorologia meteorological station, located in São Gonçalo city / PB, 30km from Cajazeiras. Then, we described the physical characteristics of the classroom blocks, as well as the monitoring of four classrooms, which represented the two existing typologies, from October 11 to 24, 2016. It was found that the classrooms kept the temperature values within the zone of thermal comfort during class times, with the aid of the air conditioner. However, relative air humidity values were lower than the 60% limit suggested by the World Health Organization.*

KEYWORDS: *Thermal performance, Thermal comfort, Energy consumption.*

INTRODUÇÃO

Em ambientes escolares, diversos fatores externos podem influenciar o desempenho acadêmico dos estudantes e assim interferir na delicada relação de ensino-aprendizagem.

O ambiente higrotérmico é um destes fatores. A norma norte-americana ASHRAE Standard 55-2010 define o conforto térmico como a condição mental que expressa à satisfação com o ambiente térmico. Compreende-se, assim, que se trata de uma sensação, sendo a sua percepção influenciada não apenas por fatores físicos e fisiológicos, mas também psicológicos. Em geral, a avaliação de conforto térmico ocorre baseada em modelos teóricos que, a partir de condições presumidas de umidade e velocidade do ar, taxa metabólica e isolamento de vestimenta, estabelece uma faixa de temperatura na qual o usuário deverá experimentar condições de aceitabilidade térmica.

A norma ASHRAE Standard 55-2010 apresenta duas metodologias para avaliação do ambiente térmico, sendo a primeira baseada no modelo proposto por Fanger (1970), para ambientes climatizados, e a segunda baseada na teoria do conforto térmico adaptativo, para ambientes naturalmente ventilados, onde a capacidade de aclimação assim como a de adequação física dos usuários ao ambiente térmico são consideradas. Com a aplicação desses índices, torna-se possível a avaliação de ambientes térmicos que visam à satisfação dos usuários e à eficiência do consumo energético. Quanto às análises de umidade relativa do ar, é importante ressaltar que os métodos existentes de avaliação de conforto térmico adotam os valores de umidade do ar apenas como parâmetro para as trocas térmicas, não considerando as implicações na saúde humana. Para a presente pesquisa, devido aos baixos valores de umidade do ar característicos da região em estudo, adotou-se a tabela proposta pelo Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) da Prefeitura Municipal de São Paulo, que estabelece uma classificação dos estados de criticidade. A presente pesquisa avaliou o desempenho térmico de quatro salas de aula do IFPB, Campus Cajazeiras, representativas das duas tipologias construtivas existentes, a partir da caracterização física e do monitoramento de temperatura e umidade do ar desses ambientes, no período de 11 a 24 de outubro de 2016. Simultaneamente, também foram analisadas as condições climáticas da cidade de Cajazeiras nos horários de aula, durante todo o ano por meio da análise do ano climático de referência.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em três etapas sequenciais. Inicialmente, foram realizadas a caracterização climática da cidade de Cajazeiras e a caracterização física dos blocos de sala de aula do IFPB, Campus Cajazeiras. Para a caracterização climática, utilizou-se o *software* Climate Consultant 6.0, adotando-se, como base de dados, o ano climático de referência – TRY, calculado por RORIZ (2012), a partir dos dados climáticos obtidos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizada no município de São Gonçalo-PB, acerca de 35km da cidade de Cajazeiras-PB. Na caracterização física dos blocos de sala de aula, procedeu-se ao levantamento físico das edificações, com a caracterização das envoltórias e o dimensionamento das salas de aula. Em seguida, buscou-se a identificação dos horários de incidência direta da radiação solar no ambiente interno, através da aplicação de métodos gráficos de geometria da insolação descritos por FROTA (2004). Na etapa final, foi realizado o monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar, no período de 11 a 24 de outubro de 2016, em intervalos de 60 minutos, em quatro salas de aulas, e do ambiente externo, utilizando-se registradores de temperatura e umidade relativa do ar, marca: ONSET, modelo: HOBO U12. Por fim, os dados foram tabulados e analisados em planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

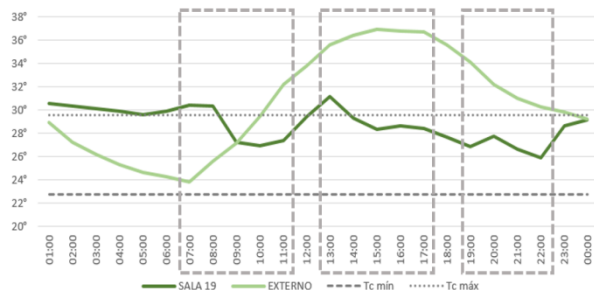
Caracterização física das salas de aula

O Campus Cajazeiras do IFPB é composto, predominantemente, por edifícios térreos (B1), sendo apenas o bloco administrativo e o novo bloco de salas de aulas (B2) com 2 e 3 pavimentos, respectivamente. Todos os blocos foram posicionados longitudinalmente no eixo NE-SO, conforme pode ser observado na Figura 1. Conseqüentemente, as fachadas com maior dimensão, e onde estão localizadas as aberturas, foram orientadas para o sudeste, o que resultou na maior incidência de radiação solar sob as edificações, e, por sua vez, maior acúmulo de energia térmica.

Simultaneamente, também foram realizados registros de temperatura e umidade do ar no ambiente externo. Apesar da escolha das salas de aulas ter sido baseada na semelhança entre os horários de ocupação, constatou-se a inconstância dos dados obtidos devido à diversidade existente na dinâmica das aulas, tais como atraso em seu início, acionamento intermitente dos aparelhos condicionadores de ar, constante acionamento de portas e janelas. Dessa forma, para a demonstração do desempenho térmico, optou-se por apresentar uma única análise em um dia letivo representativo do conjunto analisado. Definiu-se a sala 19, localizada no terceiro pavimento da tipologia B2, como objeto dessa avaliação, por representar a sala com maior carga térmica externa, e o dia 20 de outubro de 2016, por ter sido observada a ocupação da sala nos três turnos, além do acionamento do condicionador de ar em todos os horários. Na figura 4, é possível visualizar a variação de temperatura do ar na sala 19 e no ambiente externo. Verifica-se que, nos primeiros horários do dia, enquanto ocorre uma redução acentuada da temperatura no ambiente externo, devido à perda de calor para a atmosfera e à ausência de radiação solar, a temperatura do ar no interior da sala 19 registra pouca redução, resultante da inexistência de ventilação noturna e da retenção do calor pela massa da edificação que permanece com todas as aberturas fechadas, reduzindo o potencial de troca de calor com o ambiente externo.

Com isso, no início da manhã, a temperatura interna da sala de aula é cerca de 6°C superior à temperatura externa, resultando no aumento da carga térmica necessária para resfriamento artificial. O acionamento do aparelho condicionador de ar ocorre inicialmente às 8h00, quando se observa-, então, a imediata redução na temperatura do ar, mantendo-a dentro da zona de conforto. No intervalo, entre o turno da manhã e o turno da tarde, o equipamento é desligado e a temperatura alcança o valor mais alto observado no conjunto de dados, cerca de 31°C às 13h00, ainda assim, cerca de 4°C inferior à temperatura registrada no ambiente externo, 35°C. Novamente, com o acionamento do ar condicionado no período da tarde, a temperatura do ar é resfriada e mantida em aproximadamente 28°C, cerca de 9°C abaixo da temperatura externa do ar. Por fim, durante o turno da noite, o acionamento do aparelho de ar condicionado possibilita a manutenção da temperatura do ar dentro da zona de conforto térmico, chegando a registrar 26°C. Observa-se que a temperatura do ar do ambiente interno permanece inferior à do ambiente externo até o final do período de aula.

Figura 4. Comparativo entre a variação de temperatura do ar na sala 19 e no ambiente externo no dia 20 de outubro de 2016



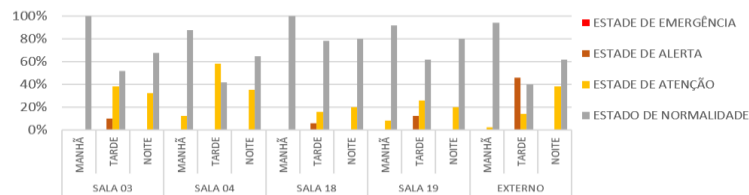
Pode-se citar o potencial do resfriamento noturno, que, com a simples abertura das esquadrias durante a noite, promoveria a ventilação cruzada, resultando na diminuição da temperatura do ar por método passivo e, sendo assim, contribuiria com uma significativa redução no consumo de energia elétrica, garantindo também a sensação de conforto térmico aos alunos, desde o horário de entrada em sala de aula no período da manhã, além da melhoria da qualidade do ar interno.

Análise da umidade relativa do ar nas salas de aula

Nesta análise, foram considerados todos os registros obtidos, nos três turnos de aula, nas quatro salas monitoradas, assim como os dados coletados no ambiente externo, no período de 11 a 24 de outubro de 2016. Devido aos baixos índices de umidade relativa do ar registrados, em geral inferiores ao valor limite de 60% recomendado pela Organização Mundial da Saúde, optou-se por adotar uma escala com critérios que considerassem a influência da umidade relativa do ar na saúde humana e não apenas para a sensação de conforto térmico. Sendo assim, os dados foram tabulados de acordo com a classificação proposta pelo Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) da Prefeitura Municipal de São Paulo

(PMSP). Na Figura 5, é possível verificar que, durante o período da manhã, a umidade relativa do ar foi mantida dentro do estado de normalidade, ou seja, superior a 30%. Nos turnos da tarde e da noite observam-se valores preocupantes, com boa parte do tempo dentro do estado de atenção, faixa entre 21 e 30% de UR. Entre as salas avaliadas, destaca-se a sala 4, que registrou 58% dos horários da tarde nessa situação. Outro ponto que chama a atenção é a ocorrência de registro de umidade do ar dentro da faixa referente ao estado de alerta, que varia de 12% a 20%, valores alarmantes, visto que se trata de um ambiente de ensino-aprendizagem. Sugere-se, então, a adoção imediata de aparelhos umidificadores de ar em complemento ao sistema de refrigeração do ar, que manterá o índice de umidade relativa do ar dentro dos padrões aceitáveis, além de contribuir indiretamente com a redução da temperatura do ar, devido ao fenômeno conhecido por resfriamento evaporativo.

Figura 5. Percentual de ocorrência de umidade relativa do ar nas diferentes faixas dos estados de criticidade



CONCLUSÃO

Nas salas de aulas avaliadas, percebeu-se que as condições de conforto térmico propiciadas pelas edificações em conjunto com os sistemas artificiais de condicionamento de ar são adequadas durante os três turnos, porém ajustes devem ser realizados visando à melhoria do ambiente higrotérmico e à redução do consumo de energia elétrica. Sendo assim, algumas estratégias de adequação do edifício ao clima devem ser avaliadas, tais como o uso de elementos complementares de proteção solar nas aberturas, a adoção da ventilação noturna e a adoção de umidificadores de ar, visando à melhoria do ambiente higrotérmico e do desempenho térmico e energético das edificações.

REFERÊNCIAS

ANSI/ASHRAE Standard 55R (2010) **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA, 2010.

CGE. Centro de Referenciamento de Emergência. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. O efeito da utilização de ventiladores de teto no conforto térmico em salas de aulas com condicionamento híbrido em um local de clima quente e úmido. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 189-202, 2013.

FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244p.

FROTA, A. B. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

GOOGLE MAPS. [Vista superior do campus Cajazeiras do IFPB]. [2016]. Disponível em: <<http://www.googlemaps.com.br/>>. Acesso em: 20. nov. 2016.

RORIZ, M. **Base de dados climáticos de 411 municípios brasileiros**, 2012. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br/download_6.html>. Acesso em: 01. jun. 2016. PARAÍBA.