

Avaliação de desempenho térmico em salas de aula no Alto Sertão da Paraíba – estudo de caso no IFPB, Campus Cajazeiras

Rafael Ponce de Leon Amorim^[1], Hayanne Macêdo de Mello^[2], Hirley Pinheiro de Souza^[3]

[1] faelponce@hotmail.com. [2] hayanne.ip@gmail.com. [3] hirley.pinheiro@gmail.com.

RESUMO

A busca por maior eficiência no desempenho térmico de edificações em regiões de clima quente e seco visa à melhoria das condições de habitabilidade, atenuando os extremos climáticos assim como a redução do consumo energético com condicionamento artificial do ar. Neste sentido, 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. Essas avaliações, tornam-se ainda mais importantes em ambientes escolares, pois o ambiente térmico influencia diretamente na relação de ensino-aprendizagem. A presente pesquisa refere-se a um estudo realizado na cidade de Cajazeiras, localizada no alto sertão paraibano, que avaliou o desempenho térmico das salas de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. 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 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.

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.*

1 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 higrótérmico é um destes fatores. A temperatura do ar altera a capacidade de concentração dos usuários, levando à redução da produtividade em situações de desconforto, seja para o calor ou para o frio. Por sua vez, a baixa umidade relativa do ar pode ocasionar o ressecamento dos olhos e mucosas, possibilitando até mesmo o surgimento e ou agravamento de problemas respiratórios existentes.

A norma norte-americana ASHRAE Standard 55-2010 define o conforto térmico como a condição mental que expressa a 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.

Como exemplo de avaliação de ambientes, destaca-se o estudo de Vechio, Cândido e Lamberts (2013), que avaliou o efeito da utilização de ventiladores de teto em conjunto com os aparelhos condicionadores de ar, na sensação de conforto térmico em salas de aulas. Nessa pesquisa, os alunos tinham liberdade para acionar tanto os aparelhos condicionadores de ar quanto os ventiladores, quando considerassem necessário, sem intervenção dos pesquisadores. Esse estudo demonstrou a eficiência da utilização de temperaturas de *setpoints* mais elevadas em conjun-

to com a ventilação mecânica ($V_{ar} > 0,90$ m/s), para o alcance do conforto térmico.

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 referentes a valores inferiores a 30%, são eles: estado de atenção, entre 21% e 30%; estado de alerta, entre 12% e 20%; e estado de emergência, com valores inferiores a 12%.

Dessa forma, as avaliações higrótérmicas em ambientes educacionais são importantes por proporcionar um diagnóstico das condições de conforto térmico propiciadas a alunos e professores, podendo-se, a posteriori, identificarem-se as deficiências existentes nas edificações, e, conseqüentemente, estabelecerem-se diretrizes para futuros projetos de adequação e reforma (*retrofit*).

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.

Espera-se que este estudo possa contribuir para a proposição de melhorias, em futuros projetos de intervenção que busquem reduzir o ganho térmico do edifício, aumentando a sensação de conforto térmico dos estudantes e reduzindo o consumo de energia elétrica.

2 Materiais 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.

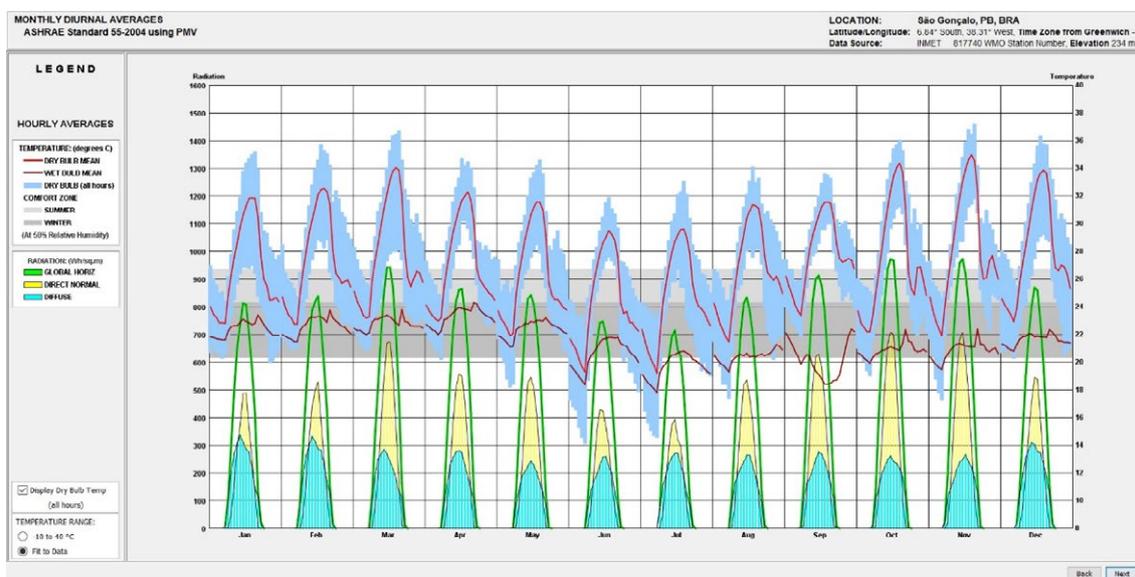
3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização climática do local de estudo

Localizada no sertão da Paraíba (06° 53' S) e com altitude de 295 m, a cidade de Cajazeiras, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizada pelo clima semiárido quente, com elevada temperatura do ar e baixo índice anual de precipitação. Por sua vez, a NBR 15220, classifica esta região como pertencente à Zona Bioclimática Brasileira 07 – ZBB 07, referente ao clima quente e seco.

Visando compreender o comportamento climático anual nesta área, foi elaborado o gráfico da Figura 1 com auxílio do *software* Climate Consultant 6.0, a partir dos dados climáticos de Roriz (2012), obtidos na estação meteorológica localizada no município de São Gonçalo-PB.

Figura 1 – Análise das condições climáticas locais calculadas a partir do ano climático de referência registrado na estação meteorológica de São Gonçalo/PB



Fonte: Autoria própria, elaborado a partir do *software* Climate Consultant 6.0 (2014).

Neste gráfico, é possível observar o índice de radiação solar, durante os diferentes meses do ano, assim como a variação de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, além de duas faixas em cinza, referentes à zona de conforto térmico (inverno e verão) calculada com base na norma ASHRAE Standard 55-2010.

Verifica-se uma grande amplitude térmica diária característica do clima semiárido quente, devido à baixa umidade relativa do ar, aos altos índices de radiação solar e aos baixos índices de nebulosidade, resultando em valores de temperaturas do ar acima da zona de conforto térmico em todos os meses do ano.

O período mais crítico de desconforto térmico para o calor tem início no mês de outubro e se estende até o mês de março. O período mais ameno ocorre nos meses de inverno – junho e julho. Ressalta-se que as temperaturas registradas dentro da zona de desconforto para o frio, além de facilmente atenuadas pelo uso de vestimentas e do controle das aberturas das edificações, não interferem no objeto de análise, pois apenas ocorrem no período da noite, fora dos horários de aula, entre 22h00 e 6h00.

Após a análise geral dos dados de temperatura e umidade do ar, optou-se por agrupar os dados nos diferentes turnos de aula, manhã (7h00 às 11h00), tarde (13h00 às 17h00) e noite (19h00 às 22h00), durante todo o ano, plotados sobre a carta bioclimática, com auxílio do *software* Climate Consultant 6.0.

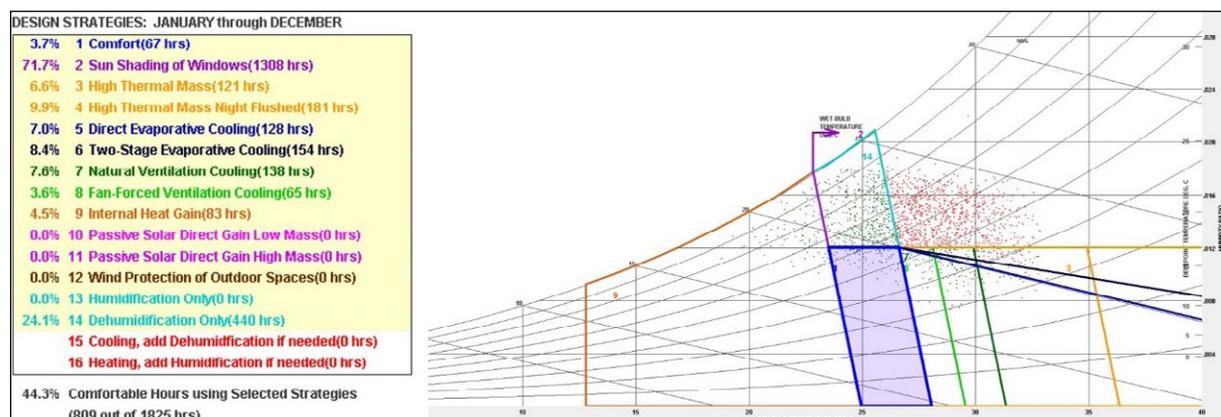
Durante o período da manhã, conforme pode ser visualizado na Figura 2, é possível propiciar conforto térmico em 44.3% dos horários avaliados, quando adotadas as seguintes estratégias bioclimáticas: sombreamento das aberturas, emprego de massa térmica e resfriamento evaporativo.

Nos demais horários, faz-se necessário o emprego de aparelhos condicionadores de ar para resfriamento. Destaca-se que, apesar de não serem suficientes para possibilitar a sensação de conforto térmico em todos os horários, a adoção das soluções bioclimáticas de projeto diminui o ganho térmico das edificações, reduzindo a demanda sobre o consumo de eletricidade para refrigeração artificial do ar.

No período da tarde, com o acúmulo de calor nas superfícies da edificação e de seu entorno imediato, durante a manhã, somada a permanência da incidência de radiação solar, ocorre o aumento da temperatura do ar até as 15h, resultando em um ambiente térmico ainda mais severo, com apenas 32.9% dos horários analisados constando dentro da zona de conforto térmico.

Ressalta-se que, quando considerados apenas os meses de verão, o percentual de horários dentro da zona de conforto térmico é ainda mais severo, inferior a 10%, mesmo considerando a adoção das estratégias bioclimáticas.

Figura 2 – Registros de temperatura e umidade do ar, no período da manhã (7:00 às 9:00) plotados na carta bioclimática



Fonte: Autoria própria, elaborado a partir do *software* Climate Consultant 6.0 (2016).

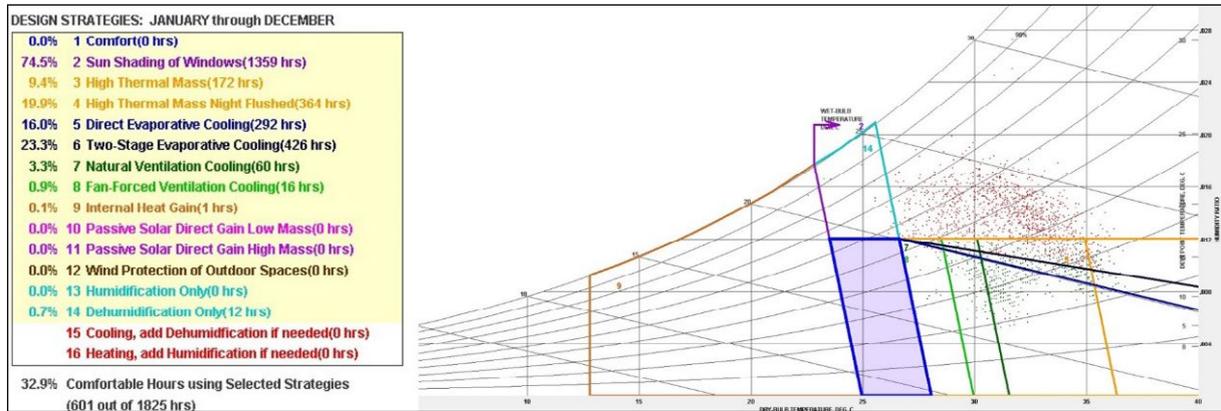
Por fim, no período da noite, com a ausência da incidência de radiação solar e a consequente redução da temperatura do ar e das superfícies do entorno, o percentual de horas dentro da zona de conforto térmico alcança 69.3% dos horários analisados.

Para que este resultado seja alcançado, é necessário que o calor acumulado na envoltória da edificação, durante o dia, não seja transferido para o ambiente interno, pois a temperatura radiante das superfícies internas deve ser mantida próxima à

temperatura do ar, daí a importância do emprego de paredes pesadas na envoltória.

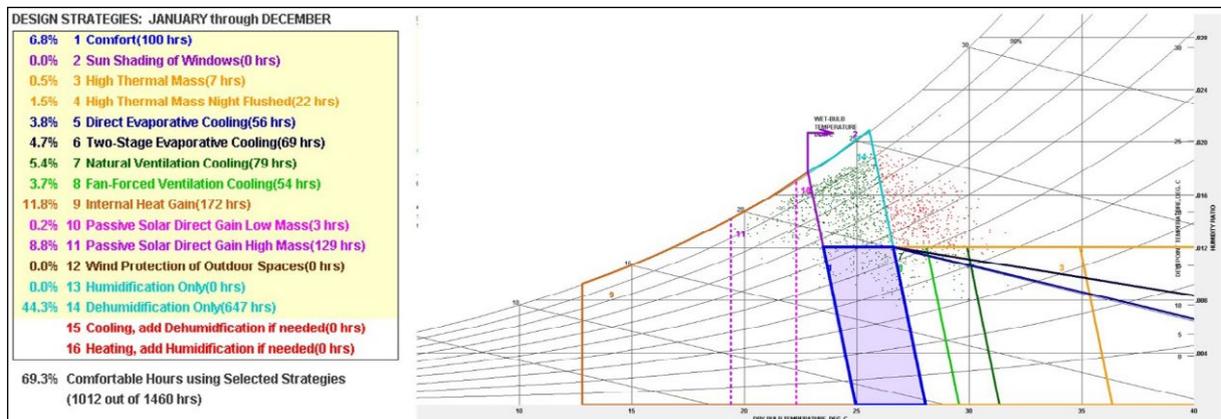
Diante do exposto, conclui-se que, com a adoção de estratégias bioclimáticas de projeto, pode-se reduzir a demanda pelo sistema de condicionamento artificial do ar, tornando-o desnecessário durante boa parte dos turnos de aula, assim como reduzindo a carga térmica nos horários em que este sistema se faz indispensável.

Figura 3 – Registros de temperatura e umidade do ar, no período da tarde (13h00 às 17h00) plotados na carta bioclimática



Fonte: Autoria própria, elaborado a partir do software Climate Consultant 6.0 (2016).

Figura 4 – Registros de temperatura e umidade do ar, no período da manhã (19h00 às 2h00) plotados na carta bioclimática



Fonte: Autoria própria, elaborado a partir do software Climate Consultant 6.0 (2016).

É importante ressaltar que os valores adotados para análise de conforto térmico pelo *software* em uso tem como referência a norma ASHRAE Standard 55-2010, a qual, para esse tipo de análise, desconsidera a contribuição da aclimação dos usuários. Sendo assim, acredita-se que, em um cenário real, seria possível a aceitação de ambientes com temperaturas mais elevadas, maiores índices de umidade relativa do ar, além da possibilidade do emprego de velocidades do ar mais elevadas, conforme apontado por Vechio, Cândido e Lamberts (2013), ampliando-se, assim, a zona aceitável de conforto térmico.

3.2 Caracterização física das salas de aula

Construído na década de 90 do século passado, 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 5. 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.

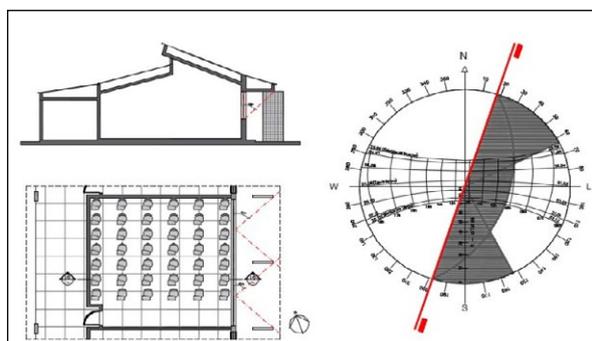
Figura 5 – Vista superior do campus Cajazeiras do IFPB, destacando os blocos de sala de aula em análise



Fonte: Google Earth (2016).

As quatro salas de aula avaliadas são representativas das duas tipologias existentes. A primeira tipologia refere-se às salas de aulas contidas nos blocos originais do período de implantação do Campus – B1, compostas por edificações térreas, construídas com tijolos cerâmicos de 8 furos com revestimento cerâmico e estrutura em concreto. A cobertura é de duas águas desencontradas, composta por laje maciça de concreto inclinada recoberta por telha cerâmica. Na fachada noroeste, existe um corredor de acesso – que também tem a função de proteção solar –, enquanto a fachada sudeste é protegida por marquise contínua ($\alpha = 48^\circ$) e por brises verticais ($\beta = 47^\circ$), como pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6 – Planta Baixa, Corte e máscara de sombra da sala de aula representativa da tipologia B1



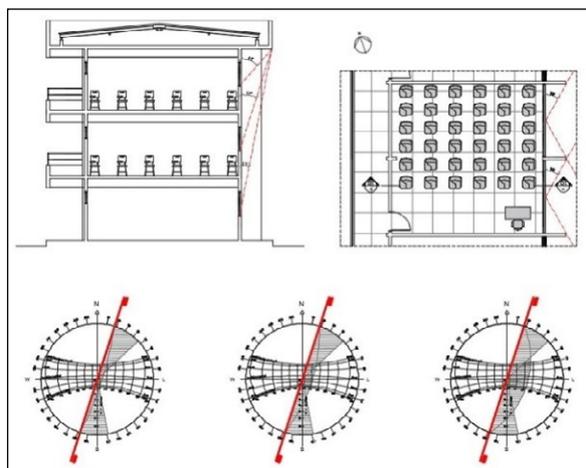
Fonte: Autoria própria (2016).

A segunda tipologia representa as salas de aulas contidas no bloco novo – B2, composto por um edifício único de três pavimentos, concebido em alvenaria de

tijolos cerâmicos de 8 furos e estrutura em concreto, com cobertura em laje mista plana recoberta por telha de fibrocimento. O beiral da edificação projeta diferentes ângulos de sombra em cada pavimento, com variação de α entre 11° e 41° , enquanto os brises verticais possuem ângulos fixos de sombreamento $\beta = 29^\circ$.

Verifica-se nas máscaras de sombras contidas na Figura 6 e na Figura 7 a dificuldade de sombreamento, com elementos arquitetônicos, das aberturas orientadas ao sudeste, devido a dois fatores: 1) o ângulo de incidência da radiação estar quase perpendicular à fachada no início da manhã, o que torna os elementos horizontais de sombreamento pouco eficientes; 2) haver pouca eficiência dos elementos verticais.

Figura 7 – Planta Baixa, Corte e máscara de sombra da sala de aula representativa da tipologia B2

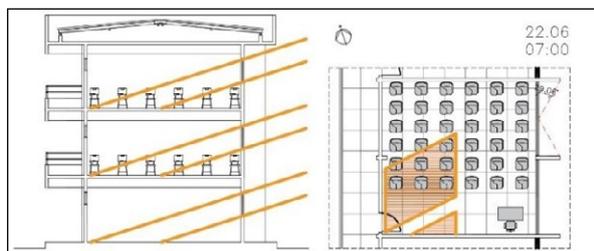


Fonte: Autoria própria (2016).

Na Figura 8, verifica-se a incidência da radiação solar no interior da sala de aula do B2 às 7h00 do solstício de inverno, referente ao início do período de aulas da manhã. Pode-se observar que ocorre incidência direta de radiação solar em boa parte das carteiras escolares, promovendo desconforto térmico aos usuários devido ao ganho térmico por radiação.

A incidência de radiação no interior da sala ocorre até as 9h00, aproximadamente, e retorna após as 16h00, refletindo-se nas janelas altas da fachada noroeste, originando também ofuscamento e aumento do consumo energético para refrigeração devido ao aumento do ganho térmico.

Figura 8 – Mancha solar no interior da sala de aula do B2 às 7h00 do solstício de inverno



Fonte: Autoria própria (2016).

3.3 Análise da temperatura do ar nas salas de aulas

Nesta etapa, foi realizado o monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar em quatro salas de aulas, sendo duas representativas para cada tipologia, no período de 11 a 24 de outubro de 2016. 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 intermi-

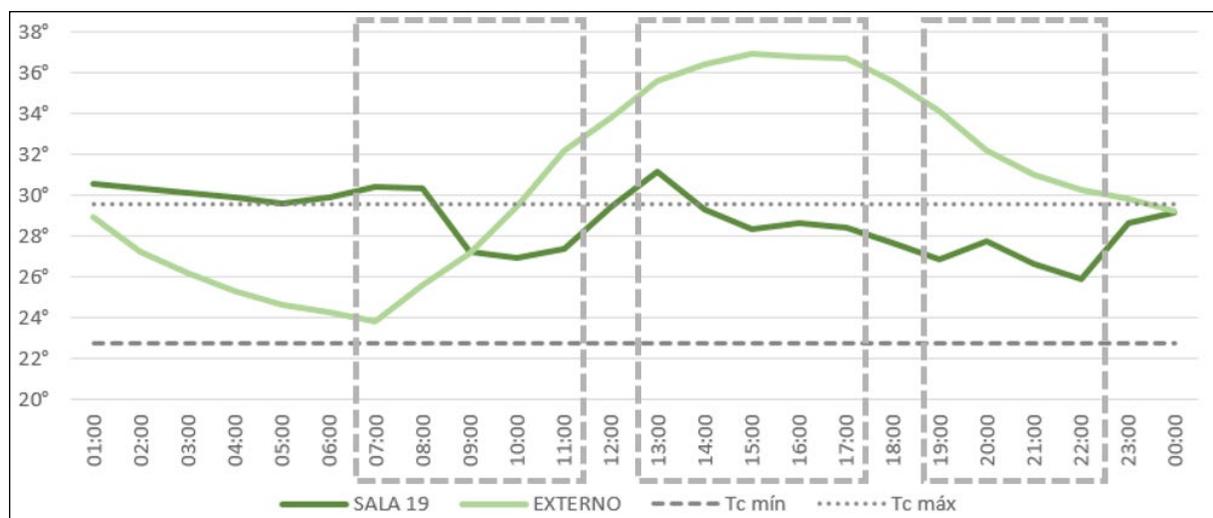
tente dos aparelhos condicionadores de ar, constante acionamento de portas e janelas.

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.

No gráfico da Figura 9, 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.

Figura 9 – Comparativo entre a variação de temperatura do ar na sala 19 e no ambiente externo no dia 20 de outubro de 2016



Fonte: Autoria própria (2016).

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.

Estes dados se tornam relevantes na medida em que sugerem estratégias para a melhoria do desempenho térmico do edifício. Como exemplo, 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.

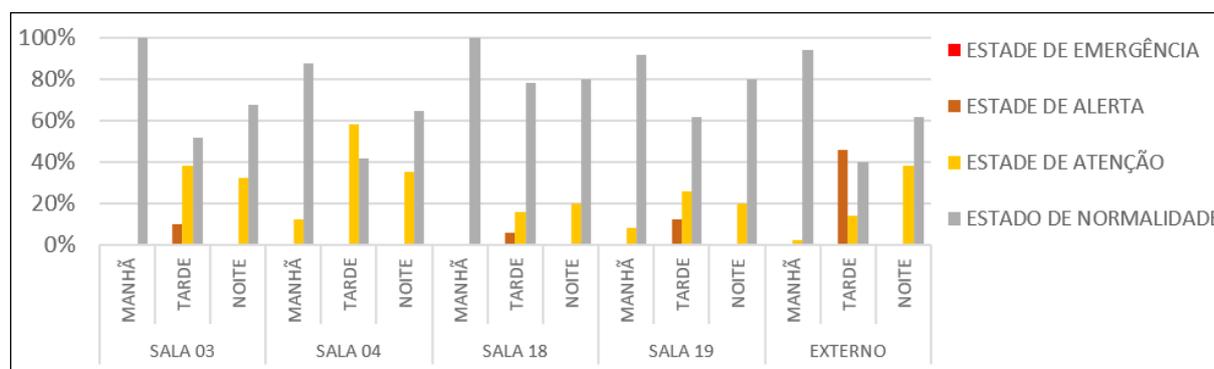
3.4 Análise da umidade relativa do ar nas salas de aula

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 10, 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.

Figura 10 – Percentual de ocorrência de umidade relativa do ar nas diferentes faixas dos estados de criticidade



Fonte: Autoria própria (2016).

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.

Ao observar os valores de umidade relativa do ar registrados, constata-se a necessidade de intervenção nos ambientes avaliados, pois, como é sabido, o

baixo índice de umidade relativa do ar contribui com o agravamento dos problemas alérgicos e respiratórios, com o ressecamento da pele e das mucosas, além de promover a irritação dos olhos, afetando diretamente o desempenho dos alunos e, especialmente, dos professores, devido à natureza da atividade exercida.

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.

4 Conclusão

A avaliação do ambiente higrotérmico em ambientes escolares torna-se de extrema importância devido à sua influência direta na relação ensino-aprendizagem. Dessa forma, mais estudos deveriam ser realizados e discutidos no meio acadêmico. A inexistência de uma normativa brasileira de conforto térmico atualizada dificulta, entretanto, tal prática.

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.

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antonio Augusto; GOULART, Solange. Conforto e stress térmico. LabEEE, UFSC, 2011.

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.