XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ESTUDO DE CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA VENTILADAS NATURALMENTE NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO

Jullyanne Ferreira de Souza (1); Mayara Cynthia Brasileiro (2); Lumy Noda (3); Solange Maria Leder (4).

(1) Designer de Interiores, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU / UFPB, jullyannefe@gmail.com; (2) Arquiteta, Doutoranda do PPGAU / UFPB, frogoyo@hotmail.com; (3) Arquiteta, Doutoranda do PPGAU / UFPB, lumynoda@gmail.com; (4) PhD, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFPB, solangeleder@yahoo.com.br.

RESUMO

É importante entender os fatores que influenciam o conforto dos estudantes em salas de aula, uma vez que, nesses ambientes os usuários desenvolvem processos cognitivos. Diante das poucas pesquisas sobre o conforto térmico de crianças no Nordeste brasileiro, o presente estudo analisa a percepção e sensação de conforto térmico em escolas da Rede Municipal de João Pessoa – PB, tendo como participantes 129 estudantes do ensino fundamental na faixa etária de 8 a 11 anos. A metodologia da pesquisa consistiu na medição das variáveis ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar e umidade relativa) simultânea à aplicação de questionários. A pesquisa em campo, realizada durante o mês de agosto de 2018, abrangeu duas escolas municipais e salas de aula cuja ventilação natural era a estratégia adotada para o conforto térmico dos usuários. Sobre os resultados, verificou-se a temperatura média do ar nos ambientes internos em 28,78°C, condição na qual 45,53% dos estudantes apontaram desconforto por calor. Por outro lado, aqueles que indicaram neutralidade térmica (31,71%) encontravam-se sob condições térmicas no intervalo de 27,10°C até 30,00°C – demonstrando que paralelamente há uma tolerância por temperatura mais elevadas. O estudo destaca a divergência dos votos reais dos estudantes em comparação com o Modelo Adaptativo da ASHRAE, e ainda, a ocorrência de diferentes votos de sensação térmica das crianças nas mesmas faixas de temperatura do ar.

Palavras-chave: ventilação natural, conforto térmico, percepção de crianças, escolas.

ABSTRACT

It is important to understand the factors that influence students' comfort inside classrooms, as in these environments users develop many cognitive processes. Since there is a small amount of research on the topic of children's discomfort in the Northeast of Brazil, the present study analyzes the perception and sensation of thermal comfort in municipal schools in the city of João Pessoa, Paraíba, having had as participants 129 primary school students aged between 8 and 11 years old. The research's methodology consisted in measuring environmental variables (air temperature, average radiating temperature, relative air humidity, air speed), while applying questionnaires to the children. The field research, carried out in August 2018, covered two municipal schools and classrooms in which the natural ventilation was the adopted strategy to achieve users thermal comfort. Regarding the results, on one hand, we observed the average temperature of 28,78°C, a condition in which 45,53% of the students reporting discomforted by heat. On the other hand, the students which reported thermal neutrality (31, 71%) were placed in thermal conditions ranging from 27,10°C and 30,00°C – demonstrating that, concurrently, there is a tolerance for higher temperatures. The study emphasizes the divergence between the real votes of the students in comparison with the Adaptive Model of ASHRAE, and also, the occurrence of different votes of thermal sensation in the same air temperature ranges.

Keywords: natural ventilation, thermal comfort, children's perception, schools.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, em razão da necessidade de serem adotadas ações para economia de recursos energéticos, a quantidade de pesquisas relativas ao conforto térmico aumentou exponencialmente (DE DEAR et al., 2013). Entretanto, a maior parte desses estudos são realizados em ambientes de escritório com usuários adultos, sendo considerada inadequada a extrapolação dos resultados para os usuários de pouca idade (TELI et al., 2012; YUN et al., 2014; MONTAZAMI et al., 2017). Assim, este artigo se propõe a analisar a sensação e percepção térmica de crianças em ambientes educacionais públicos ventilados naturalmente no clima quente e úmido.

Segundo Dalvite et al. (2007) um ambiente educacional adequado ultrapassa aspectos dimensionais e econômicos, sendo necessária a contemplação das sensações humanas, a fim de alcançar o bem-estar dos usuários. Para Nogueira et al. (2012), a desvalorização do desempenho térmico nas escolas públicas compromete as condições de conforto térmico; o ensino e a aprendizagem; a saúde física e psicológica dos seus ocupantes; além de promover um elevado consumo energético. Ambientes de ensino – independente da faixa etária dos estudantes – têm em sua condição ambiental térmica, uma relação causal com o desempenho e/ou produtividade dos alunos, como pôde ser observado por De Brito et al. (2019), De Brito e Silva (2017) e Torres (2016). Portanto, além da adequação dos espaços para a realização das atividades educacionais, é imprescindível que esses sejam projetados para promover o conforto térmico dos seus ocupantes.

Em pesquisa conduzida em instituições de ensino superior no município de Belo Horizonte / MG (MARÇAL et al.,2018), 70% dos estudantes relataram que o conforto térmico influenciou na atividade de estudo, sendo o desconforto térmico um promotor da falta de atenção e impaciência; e 80% consideraram necessário o uso de equipamentos artificiais para melhorar as condições ambientais térmicas das salas de aula. Ao estudar o conforto térmico com crianças na faixa etária de 4 a 5 anos em jardins de infância, Fabbri (2013) observou que as crianças compreendem o conceito do conforto térmico e conseguem discernir as condições térmicas ambientais percebidas e preferidas. Ao verificar que a escala confortável do PMV foi maior do que a de um adulto, a pesquisadora reiterou a inadequabilidade do modelo PMV clássico para aquela faixa etária em razão das diferenças metabólicas e posturais, indicando a necessidade do desenvolvimento de modelos adaptativos considerando aspectos psicopedagógicos.

Além do metabolismo, o tipo de roupa utilizada e as atividades realizadas pelas crianças serem distintas do contexto dos adultos; as crianças possuem uma menor oportunidade adaptativa (TELI et al., 2012; YUN et al., 2014; MONTAZAMI et al., 2017). Estudos desenvolvidos com o intuito de analisar as oportunidades adaptativas em ambientes escolares demonstram que a interferência do usuário (estudante) dentro do ambiente é mínima, sendo desencadeada através de estímulos e muitas vezes oriundas do professor (BERNARDI, 2001). Além da pressão social envolvida neste processo, muitas vezes a importância da manipulação de esquadrias, brises, cortinas e outros dispositivos são desprezados pelos estudantes (BERNARDI, 2001).

Para De Dear et al. (2018) e Xavier (2000), é questionável a aplicabilidade de índices de conforto térmico como sendo universais, desconsiderando questões como o público que frequenta o espaço, o clima local, o tipo de condicionamento ambiental (se ventilada naturalmente ou condicionada artificialmente) e as atividades a serem realizadas. Neste entendimento, Teli et al. (2012) verificaram que a temperatura de conforto adaptativo é 2°C menor para crianças em relação a adultos; já Yun et al. (2014) e Montazami et al. (2017) apontaram que esta diferença chega a 3°C.

Considerando que pesquisas de conforto térmico com crianças no Nordeste brasileiro ainda são escassas, esta pesquisa procura contribuir com estudos sobre a temática.

2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é relacionar as variáveis ambientais térmicas com sensações e preferências térmicas, de crianças na faixa etária de 8 a 11 anos, em salas de aulas ventiladas naturalmente no clima quente e úmido.

3. MÉTODO

O método adotado para esta pesquisa caracteriza-se, primordialmente, pela simultaneidade da medição das variáveis térmicas ambientais com a aplicação de questionários sobre a sensação e preferência térmica dos ocupantes dos ambientes investigados na pesquisa de campo.

Os procedimentos metodológicos são do tipo indutivo experimental e observacional em conjunto com o método dedutivo computacional. A mesma pode ser dividida em três etapas metodológicas: I) Delimitação da população, amostra, escolha dos objetos empíricos, formulação dos questionários, calibração dos equipamentos e estudo piloto; II) Pesquisa de campo, caracterizado pela coleta de dados quantitativos e

qualitativos, através dos equipamentos, questionários e observações *in loco*; III) Tabulação dos dados (Excel), análises descritivas e inferenciais.

3.1. Caracterização da amostra e objeto de estudo

O recorte espacial deste estudo, conduzido em região de clima quente e úmido, foi delimitado pelo município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, latitude -7.10° e longitude -34.8°. De acordo com as normais climatológicas do INMET 1981-2010, a cidade de João Pessoa apresentou temperatura máxima mensal de 30,9 °C (março) e mínima mensal de 21,8 °C (julho e agosto). A umidade relativa do ar compensada anual de foi de 75,9%; precipitação acumulada mensal máxima de 355,2 mm no mês de junho com precipitação anual de 1914 mm; intensidade do vento mensal entre 2,9 m/s e 3,7m/s e anual de 3,3 m/s (INMET, 2018).

Para delimitação da amostra, foram selecionadas escolas municipais na cidade de João Pessoa nas quais lecionam turmas do terceiro ao quinto ano do ensino fundamental. A cidade conta com 90 escolas de nível fundamental na rede Municipal, e quase que sua totalidade integra programa de instalação de sistema de climatização artificial em suas salas de aula (PMJP, 2018). Dentre aquelas que ainda não possuem ar-condicionado e fazem uso da ventilação natural ou de ventiladores, para este estudo foram selecionadas duas escolas municipais: **Escola A** – Leônidas Santiago e **Escola B** – Francisco Edwar; localizadas em bairros vizinhos (Figura 1) e com tipologia arquitetônica similar. A população da pesquisa consiste em 129 crianças na faixa etária entre 8 e 11 anos, que utilizam no período letivo salas de aula naturalmente ventiladas, no contexto do clima quente e úmido.

3.2. Medição das variáveis ambientais térmicas

Foram monitoradas e registradas as variáveis temperatura de globo, temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco e velocidade do ar; utilizando-se dois medidores de stress térmico TGD-300 / Instrutherm e um termo anemômetro Tafr 180 / Instrutherm (Tabela 1).

Para a coleta dos dados pressupôs-se que os ambientes eram homogêneos, assim, optou-se por instalar os equipamentos em áreas centrais nas salas de aula, posicionados na altura correspondente à cabeça e ao abdômen das crianças. Como o mobiliário das salas de aulas possuía ergonomia para adultos, observou-se que não existia diferença representativa entre a altura do abdômen de um adulto e de uma criança; já em relação à altura da cabeça, foi considerada como similar. Deste modo, os equipamentos foram instalados a altura de 0,60 m para o abdômen e 1,1 m para a cabeça, conforme o prescrito na norma ISO 7726:1998. Após período de estabilização, o monitoramento das variáveis em cada ambiente teve duração de 15 minutos, com registros a cada minuto.

Os equipamentos utilizados foram calibrados através do método de comparação com outros equipamentos com certificação de calibração. Os testes foram conduzidos no Laboratório de Conforto Ambiental – LabCon UFPB, procedidos pela calibração a partir de equações com diferentes linhas de tendência, e em seguida calculado o coeficiente de determinação. O modelo escolhido para calibração foi de regressão linear, no qual obteve-se o menor erro médio.

Tabela 1 – Instrumentação utilizada, faixa de precisão e incertezas da Instrumentação

EQUIPAMENTO	VARIÁVEL	FAIXA DE MEDIÇÃO	PRECISÃO	TEMPO DE RESPOSTA
Medidor de stress térmico - TGD 300	Temperatura do ar	-5 a +60°C	± 0,5°C	1 segundo
	Umidade Relativa (UR)	0 a 85%	-	1 segundo
	Temperatura de globo	-5 a +60°C	± 0,5°C	1 segundo
Termo anemômetro TARF 180	Velocidade do ar	0,2 a 20m/s	± 3% + 1 dígito	0,8 segundo

3.3. Aplicação de questionários

O questionário aplicado entre os estudantes foi elaborado através da colaboração de profissionais distintos, incluindo designer, arquiteto e urbanista, pedagogo e psicólogo. O processo construtivo desta ferramenta também contou com testes pilotos e entrevistas não estruturadas com os alunos, a fim de compreender o que estes entendiam do mesmo. Observou-se que o uso de cores nas respostas facilitava a compreensão das crianças e incitava o seu interesse.

O questionário utilizado foi composto de três perguntas, sendo duas delas baseadas no questionário da ASHARE (2017), adotando a escala de 07 pontos (Tabela 2), entretanto, com adaptação do enunciado e das respostas para o público alvo. O primeiro questionamento se referia a sensação térmica: "*Sobre calor ou frio, como você está se sentindo agora?*"; enquanto o segundo traduzia a preferência térmica: "*Sobre calor ou frio, como você gostaria de estar se sentindo agora?*". A terceira pergunta que complementa o questionário

se refere a preferência das crianças quanto a ambientes condicionados artificialmente ou ventilados naturalmente: "*Você prefere ambientes com ou sem ar condicionado?*".

Tabela 2 - Descrições e escalas da ASHRAE 55 2017

Descrição da ASHRAE	Equivalência numérica	Sensação Térmica (descrição adaptada)	Preferência Térmica (descrição adaptada)	Cor referência
Quente	3	*Muito quente*	*Bem mais quente*	
Aquecido	2	*Quente*	*Mais quente*	
Levemente aquecido	1	*Um pouquinho quente*	*Um pouquinho mais quente*	
Neutro	0	*Bem, nem com calor, nem com frio*	*Assim, nem mais quente nem mais frio*	
Levemente resfriado	-1	*Um pouquinho frio*	*Um pouquinho mais frio*	
Resfriado	-2	*Frio*	*Mais frio*	
Frio	-3	*Muito frio*	*Bem mais frio*	

A execução da pesquisa em campo foi precedida pela aprovação do projeto de pesquisa e questionário pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba; pela autorização da Secretaria de Educação do município de João Pessoa; e anuência das gestões administrativas de cada escola. Durante a pesquisa em campo, na entrega dos questionários, era explicado aos estudantes brevemente o contexto e os procedimentos da pesquisa, e em seguida, sequencialmente, cada pergunta do questionário – a medida em que respondiam. Quando os alunos apresentavam dúvidas, estes eram assessorados individualmente.

3.4. Análises dos dados

Os dados foram tabulados e analisados em planilhas eletrônicas Excel. As análises dos resultados foram realizadas a partir da comparação dos dados das variáveis ambientais térmicas coletadas (variáveis independentes) e as respostas dos questionários aplicados (variáveis dependentes).

O modelo preditor de conforto térmico utilizado nestas análises foi o adaptativo da ASHRAE (2017), considerando que o mesmo é indicado para ambientes ventilados naturalmente. O seu cálculo foi efetuado através da ferramenta online *CBE - Thermal Comfort Tool* (TYLER et al. 2017).

4. RESULTADOS

A pesquisa de campo ocorreu no período de inverno, nos dias 08 e 24 de agosto de 2018, nos períodos letivos das escolas nos turnos manhã e tarde. Somaram-se seis salas de aulas monitoradas, nas quais se obteve um total de 141 questionários aplicados, dos quais 19 foram descartados por possuírem respondentes além da faixa etária de 08 a 11 anos, constituindo 129 questionários válidos.

4.1. Caracterização das escolas

As escolas municipais onde o estudo foi desenvolvido estão localizadas numa região central de João Pessoa, em bairros vizinhos e imediatamente ao lado do maciço vegetal do Jardim Botânico do município (Figura 01). As duas escolas caracterizam-se pela tipologia arquitetônica horizontal, com um pavimento e blocos independentes de salas de aula com cobertura em duas águas com telha cerâmica.



Figura 1 – Localização das escolas A e B no município de João Pessoa – PB.

As quatro salas de aula monitoradas na escola A – Leônidas Santiago (Figuras 2 e 4) possuem área entre 44 e 51m², teto inclinado com laje, pé direito médio de 2,70m, com aberturas voltadas para orientação distinta (Leste / Oeste). Já as duas salas da escola B – Francisco Edwar (Figuras 3 e 5), com esquadrias voltadas para orientação leste, possuem área de 49,60m², cobertura inclinada sem forro e pé direito médio de 2,80m.

Nas duas escolas as salas são constituídas por alvenaria com revestimento interno cerâmico em meia parede; revestimento externo em pintura na cor branca; esquadrias em madeira (com folhas móveis e venezianas fixas); e ocupação média de 24 alunos por sala. Embora os ambientes analisados possuíssem

ventiladores, percebeu-se que o principal sistema de ventilação adotado era o natural, por meio da ventilação cruzada através das esquadrias (operáveis pelos professores e alunos), e em algumas salas, em conjunto com cobogós nas alvenarias opostas às esquadrias. Os beirais das coberturas constituem as únicas proteções externas das esquadrias nas edificações, que minimizam a radiação direta nas salas de aula durante período letivo.



Figura 2 – Planta baixa da Escola A - Leônidas Santiago (PMJP, 2018, adaptado pelos autores).



Figura 3 – Planta baixa da Escola B - Francisco Edwar (PMJP, 2018, adaptado pelos autores).



Figura 4 – Salas de aula da Escola A.



Figura 5 – Salas de aula da Escola B.

4.2. Caracterização dos ocupantes

A partir das respostas obtidas nos questionários aplicados e anotações paralelas durante pesquisa em campo, pôde-se traçar o perfil da amostra dos ocupantes. Dentre as crianças participantes, 48,36% são do gênero feminino e 51,64% do gênero masculino. A faixa etária predominante é de 9 anos, com 44,26% dos os respondentes, seguido pela faixa etária de 10 anos (30,33%), 8 anos (22,13%) e 11 anos (3,28%).

As atividades que as crianças estavam realizando antes e durante o período da aplicação da pesquisa eram de leitura e escrita com taxa metabólica de 1,0 met (ASHRAE 55-2017). Em relação à vestimenta, todas as crianças estavam usando a camisa do uniforme, porém com variações nas demais peças, tendo sido observado o de calça, bermuda, sandália e tênis, resultando em valores da resistência térmica que oscilaram entre 0,35clo e 0,50clo.

4.3. Variáveis ambientais

As medições das variáveis ambientais nas salas de aula ocorreram durante período nos quais as crianças estivessem em horário de aula, nos turnos da manhã (entre 07:30h e 08:30h) e da tarde (entre 14:00h e 16:00h). Em razão dos turnos nos quais são lecionadas as turmas de nível fundamental, na escola A as medições ocorreram no período da tarde e na escola B no período da manhã, totalizando seis salas de aulas monitoradas. Adicionalmente, procedeu-se à verificação dos registros da temperatura no ambiente externo nos mesmos horários das medições internas, disponibilizado pelo INMET (2018). A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos das variáveis ambientais monitoradas durante a pesquisa em campo.

Tabela 3 – Condições ambientais do conjunto das salas de aula durante período da pesquisa em campo.

	Temperatura do ar - TBS (°C)			**TEMP. EXT.**	**UMID. REL.**	**VEL. AR**
	H = 0,6m	**H= 1,1m**	**MÉDIA**	**(°C)**	**(RH%)**	**MÉDIA (m/s)**
MÉDIA	29,08	28,48	28,78	26,4	68,04	0,200
MÁXIMA	30,63	29,62	30,00	27,30	78,65	0,520

MÍNIMA	27,26	26,90	27,10	24,80	62,42	0,000
D. P.	1,18	1,15	1,15	0,96	6,40	0,151

Na Figura 6, ao se sobrepor os resultados da temperatura do ar (eixo y – lado esquerdo) e velocidade do ar (eixo y – lado direito) por medição/estudante (eixo x), podem ser observadas as diferenças nas condições ambientais entre as escolas em razão do turno no qual foi realizada a medição: à tarde na escola A e pela manhã na Escola B. Soma-se como possível razão para a diferença observada, questões construtivas das edificações: enquanto a escola A possui laje sob a cobertura, a escola B possui estrutura do telhado em madeira e telhas cerâmica sem forro. Sobre os resultados da temperatura do ar no ambiente interno percebe-se uma diferença média de 0,6°C entre as alturas que correspondem ao abdome (h = 0,60m) e cabeça (h = 1,1 m) do aluno na posição sentado. Ao analisar o valor médio da temperatura do ar nas duas alturas, percebe-se que, enquanto esta variável ficou em torno dos 27°C na escola B, na escola A chegou a atingir a temperatura de 30°C. Em todas as salas de aula monitoradas os valores registrados da temperatura do ar foram superiores à temperatura do ar no ambiente externo, atingindo até 2,6 graus de diferença .

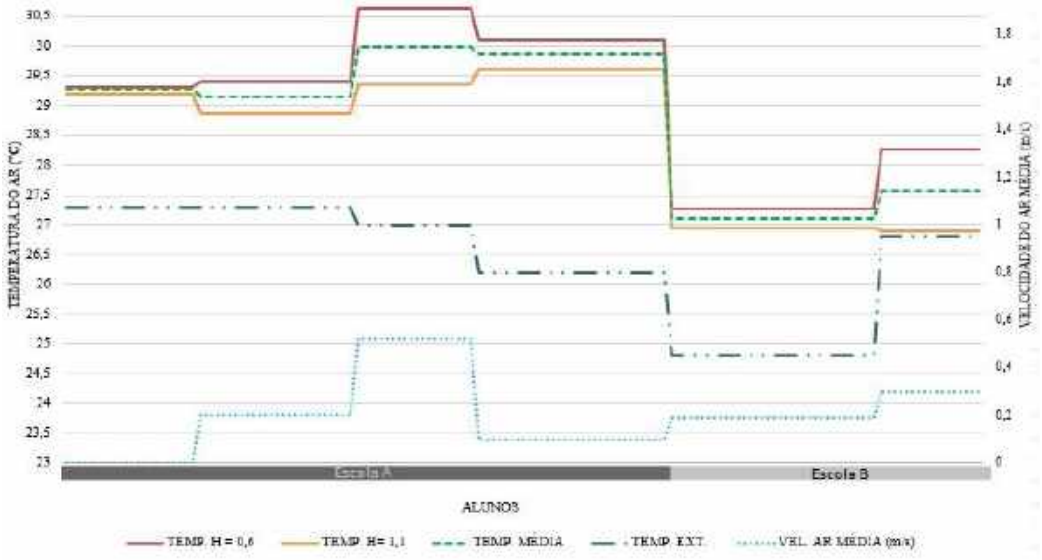

Figura 6 – Variáveis ambientais (temperatura do ar e velocidade do ar) nas escolas A e B.

Em relação à velocidade do ar dentro das salas de aula, a ventilação era praticamente imperceptível, sendo em média 0,2 m/s, enquanto que a umidade relativa média foi de 68,04%. Em apenas uma das salas monitoradas, cuja temperatura do ar interno atingiu 30,5°C, percebeu-se o uso de ventiladores, resultando na velocidade média do ar de aproximadamente 0,5m/s.

4.4. Votos de Sensação e Preferência térmica

De acordo com as respostas sobre a sensação térmica (Figura 7), enquanto o total de 31,71% das crianças relataram estar se sentindo '*bem, nem com calor, nem com frio*' (voto 0) no momento das medições, uma quantidade considerável delas (45,53%), sentiu algum desconforto por calor, sendo a sensação de '*pouco calor'*, a segunda mais votada na escala de sensação térmica, indicando que a maioria das crianças não estava se sentindo confortável no momento das medições ('*um pouquinho quente*': 20,33%; '*quente*': 8,94% e '*muito quente'*: 16,26%). Simultaneamente, 22,77% das crianças indicaram os diferentes níveis de sensação relacionada ao frio.

Relacionando com os resultados da preferência térmica dos respondentes embora 31,71% das crianças tenha apontado a condição de neutralidade térmica no voto de sensação térmica, uma porcentagem inferior (27,64%) afirmou que não gostaria de mudanças no ambiente térmico quando perguntados sobre a preferência térmica ('*permanecer como estavam*' - voto 0), conforme Figura 8. Além disso, apesar 45,53% das crianças ter indicado desconforto relacionado ao calor, uma quantidade maior (47,97%) respondeu que gostaria de estar '*um pouquinho mais frio*' (-1), *'mais frio'* (-2) e *'bem mais frio'* (-3), demonstrando a preferência dos alunos por ambientes mais resfriados do que as condições térmicas ambientais no momento do estudo.

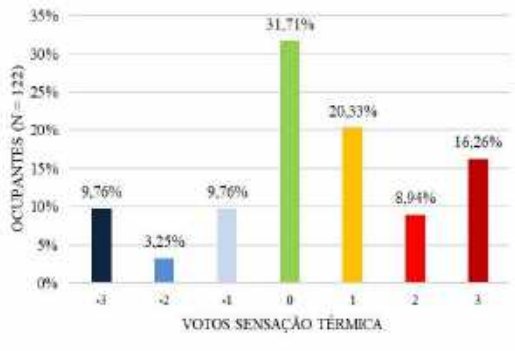

Figura 7 – Votos sensação térmica (n=129).

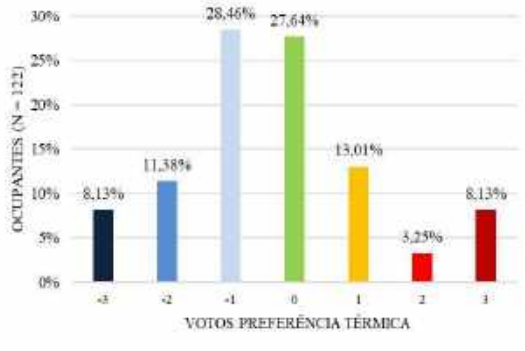

Figura 8 - Votos preferência térmica (n=129)

Distinguindo-se os votos de sensação e preferência térmica por gênero, os resultados indicam que as crianças do gênero feminino possuem uma leve tendência em sentir mais frio (Figura 9), enquanto que na preferência térmica (Figura 10), os alunos do gênero masculino tendem a preferir ambientes mais resfriados e do gênero feminino preferir ambientes mais aquecidos. Ressalta-se que esta diferença é tênue, sendo necessário um aprofundamento da análise para fins conclusivos.



Figura 9 – Percentual de votos sensação térmica, por gênero.



Figura 10 - Percentual de votos preferência térmica, por gênero.

Na sobreposição dos resultados da temperatura do ar (eixo y – lado esquerdo) com os votos de sensação térmica dos respondentes (eixo y – lado direito) por medição/estudante (eixo x), Figura 11, notam-se as diferenças por escola e os votos predominantes por faixas de temperatura: nas condições ambientais com temperaturas entre 30°C e 30,5°C percebe-se uma concentração equilibrada dos votos relacionados às sensações de calor (1, 2 e 3), enquanto que nas faixas de temperatura do ar entre 27°C e 28,5°C ocorrem votos de sensação térmica relacionada ao frio – muito embora os resultados de movimento do ar nessas condições não ultrapasse 0,4m/s (Figura 6). Os votos de neutralidade ocorreram, primordialmente, no intervalo de temperatura do ar entre 27°C e 29,5°C.

No que diz respeito ao movimento do ar nas salas de aula monitoradas, à exceção do ambiente cuja temperatura atingiu 30,5°C (e a velocidade média do ar atingiu 0,52m/s), a partir da Figura 12, percebe-se que as situações em que a velocidade do ar atingiu 0,2m/s e 0,3m/s, concentram os votos relacionados à sensação de frio (-1; -2 e -3), demonstrando a influência da velocidade do ar nos votos de sensação térmica das crianças. Sobre a situação no ambiente que apresentou temperatura interna de 30,5°C e velocidade média do ar de 0,52m/s, destaca-se que foi o único ambiente que fazia uso de ventiladores no momento da pesquisa; e, apesar da ventilação ser uma estratégia no clima quente e úmido para promover o conforto térmico quando a temperatura interna se torna elevada (FROTA e SCHIFFER, 2001), os votos relacionados ao desconforto por calor nesse ambiente demonstram que, sob aquela temperatura, o movimento do ar não foi suficiente para promover o conforto térmico.

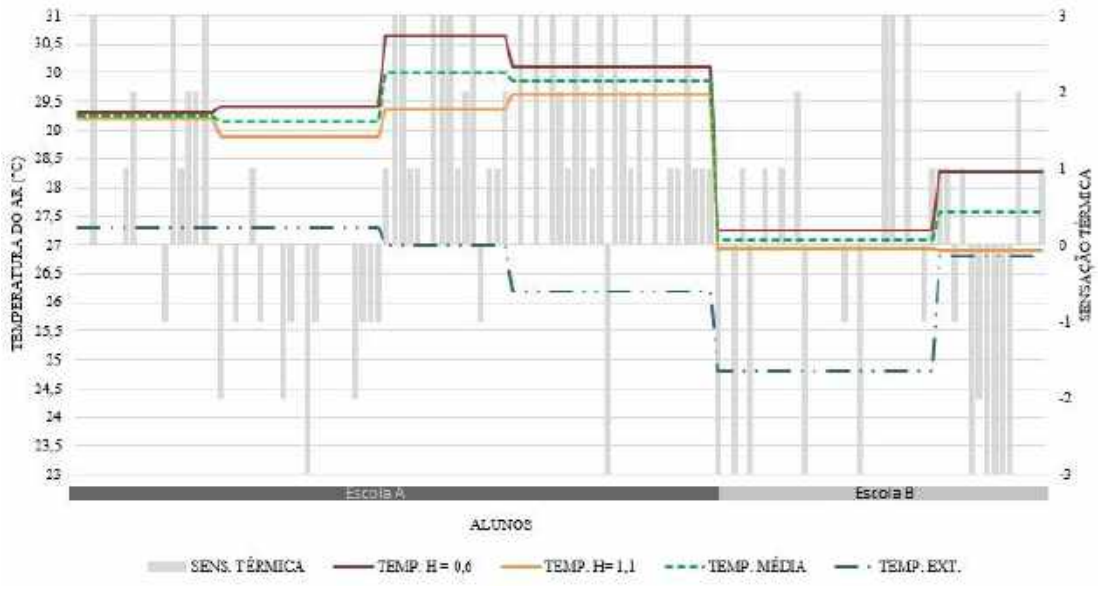

Figura 11 - Resultados da temperatura do ar e votos de sensação térmica dos respondentes.

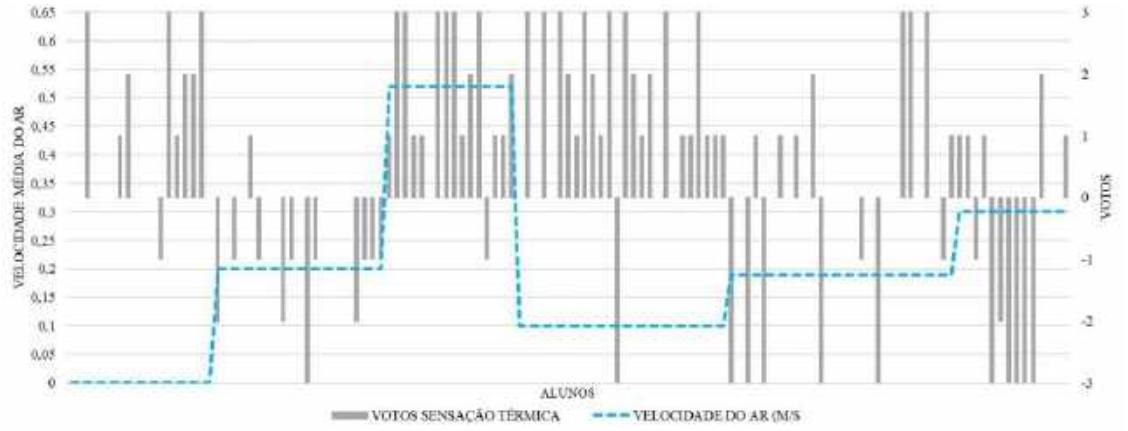

Figura 12 – Resultados da velocidade do ar e votos de sensação térmica dos respondentes.

Relacionando os votos de sensação térmica com os registros da temperatura do ar (média das altura de 0,60 m e 1,10m), no gráfico Boxplot (Figura 13) é possível identificar que os votos 0 (‘*bem, nem com calor, nem com frio*’) e 1 (‘*um pouquinho quente’*) apresentaram uma maior variabilidade das condições de temperatura do ar, com limite inferior em 27,10°C e limite superior em 30°C, o que representa que os estudantes apresentaram uma tolerância às temperaturas mais elevadas. A condição de neutralidade ocorreu na temperatura média de 28,52°C e mediana 29,15°C. Dos resultados é possível verificar o fato de ocorrerem diferentes votos nas mesmas faixas de temperatura do ar, entretanto destaca-se que estes dados não foram correlacionados com o isolamento da vestimenta ou outras variáveis que possam influenciar a percepção térmica.

Ao se relacionar a temperatura com os votos de preferência térmica (Figura 13), verifica-se igualmente uma maior variabilidade na temperatura do ar relacionada aos votos 0 (‘*permanecer como estavam’)*, cuja média foi 28,80°C e mediana 29,15°C. Ainda sobre a preferência térmica, adicionalmente os estudantes opinaram sobre a utilização de ar-condicionado para promover conforto térmico nas salas de aula - embora se tratasse de um item indisponível no ambiente onde estudam. Além de usar as salas de aulas medidas, as crianças também têm acesso ao laboratório de informática. A sala do laboratório é climatizada, porém elas não fizeram uso desta no dia de medição.

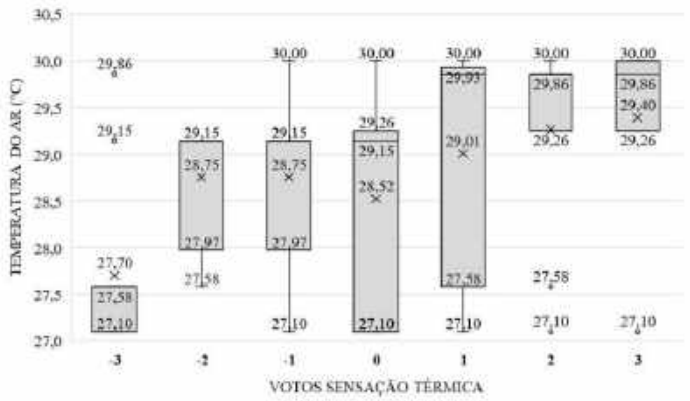

Figura 13 – Boxplot relação votos de sensação térmica com temperatura do ar.

Das respostas, 84,43% disseram preferir ambientes com ar condicionado quando comparados ao naturalmente ventilados, o que pode indicar que no entendimento e experiência dos respondentes, o uso dos aparelhos é necessário para o alcance do conforto térmico. Essa preferência pode ter refletido nos votos relacionados ao desejo dos alunos pelo ambiente mais resfriado (votos -1; -2 e -3), que somaram 47,97% das crianças participantes do estudo.

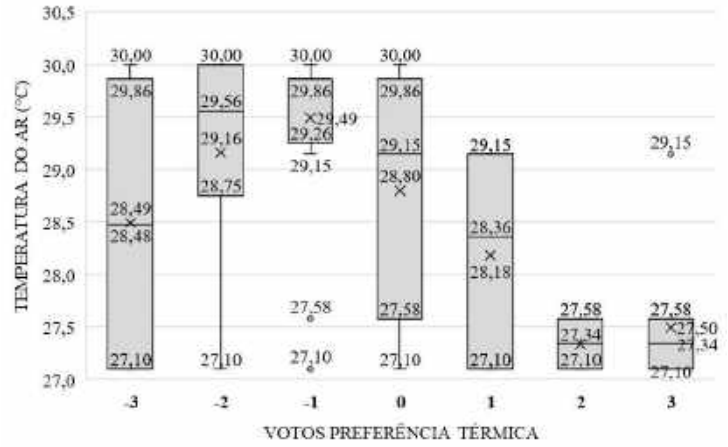

Figura 14 – Boxplot relação votos de preferência térmica com temperatura do ar.

4.5. Modelo adaptativo

Adicionalmente, no que tange à sensação térmica, foram comparados os resultados do Modelo Adaptativo (ASHRAE, 2017) com os votos reais dos estudantes. Considerando o percentual de 80% de aceitabilidade, a partir das condições ambientais registradas nos ambientes, de acordo com o Modelo, apenas uma sala de aula teria as condições ambientais como desconfortável, classificada como muito quente – no entanto, apenas 31,45% dos afirmaram estar em conforto. Já para 90% de aceitabilidade, quatro salas de aulas analisadas tiveram o status de desconfortáveis (muito quentes). Essas quatro salas são da escola A, onde foram registradas as maiores temperaturas do ar (TBS) e a maior parte dos votos de desconforto por calor. Pelo modelo adaptativo, as salas de aulas da escola B, foram consideradas confortáveis com 80% ou 90% de aceitabilidade, porém 35,71% dos alunos as considerou confortáveis, 33,33% desconfortáveis por frio e 30,95% desconfortáveis por calor.

5. CONCLUSÕES

É inegável a importância da realização de estudos de campo de conforto térmico para compreender a opinião do usuário e relacionar com variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico dos mesmos. Os estudos em ambientes reais podem auxiliar no entendimento da percepção humana em relação ao ambiente térmico e no desempenho térmico dos edifícios, e isso não é diferente com crianças que também podem fornecer informações confiáveis.

Sobre os resultados, nas condições ambientais das salas de aula monitoradas, cuja temperatura média foi de 28,78°C, observou-se o total de 45,53% de crianças relatando desconforto por calor. Algumas salas chegaram a atingir a temperatura de 30,5°C – condição na qual nem mesmo a ventilação mecânica do ventilador mitigou o desconforto por calor. Por outro lado, aqueles que indicaram neutralidade térmica

(31,71%) encontravam-se sob condições térmicas no intervalo de 27,10°C até 30,00°C – demonstrando que paralelamente há uma tolerância por temperatura mais elevadas. Ainda sobre o percentual de desconforto, embora 45,53% das crianças tenham apontado o calor como motivo, um percentual maior (47,97%) indicou a preferência por ambiente mais resfriado, o que vai ao encontro do relato de 84,43% das crianças pela da preferência por ambientes com ar-condicionado, quando comparado ao naturalmente ventilado. Ainda que a maioria das crianças tenham indicado desconforto por calor, uma quantidade considerável delas (22,77%) votaram nos diferentes níveis de sensação relacionada ao frio.

O presente estudo destaca a divergência dos resultados dos votos reais dos estudantes em comparação com o Modelo Adaptativo da ASHRAE; ainda, a ocorrência de diferentes votos de sensação térmica das crianças nas mesmas faixas de temperatura do ar – entretanto esses dados não foram correlacionados com o outras variáveis que possam influenciar na percepção térmica das crianças participantes do estudo. Esse fato, por sua vez, evidencia um cenário propício a estudos mais aprofundados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. **ANSI/ASHARE Standard 55-2017**: Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineers, Inc. Atlanta, EUA. ISSN 1041-2336, 2017.

BERNARDI, N. **Avaliação de interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas - SP.** 2001. 127p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP.

DALVITE, et al. Análise do Conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Disc. Scientia**. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007. ISSN 1676-5001

DE DEAR, R.J. et al. Progress in thermal comfort research over the last twenty years. Singapura: **Indoor Air**. 23: 442-461 p. Abril de 2013.

DE DEAR, R.; KIM, J.; PARKINSON, T. Residential adaptive comfort in a humid subtropical climate – Sydney Australia. **Energy and Buildings**, 158, pp 1296-1305, 2018.

DE BRITO, F.B. et al. **Study of globe temperature relative to air temperature during cognitive activities in information technology laboratories**. **Work**, 1–18, doi:10.3233/wor-192877, 2019.

DE BRITO; SILVA. Características térmicas em ambientes de ensino. **Editora UFPB**. ISBN 978-85-237-1201-3, 2017.

FABBRI, K. **Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. Building and Environment**, 68, 202–214.doi: 10.1016/j.buildenv.2013.07.002, 2013.

FROTA, A.; SCHIFFER, S. Manual de conforto bioclimático. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. INMET, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Brasília, 2018.

ISO 7726. Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. **ISO 7726:1998**, second edition, Suiça, 1998.

MARÇAL, V. G. et al. **Relevância e percepção do conforto térmico no processo de aprendizagem em sala de aula.** Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, maio/ago. 2018.

MONTAZAMI, A. et al. **Developing an algorithm to illustrate the likelihood of the dissatisfaction rate with relation to the indoor temperature in naturally ventilated classrooms**. Building and Environment, *111, 61–71, 2017*.doi: 10.1016/j.buildenv.2016.10.009, 2017.

NOGUEIRA et al. CONFORTO TÉRMICO NA ESCOLA PÚBLICA EM CUIABÁ-MT: ESTUDO DE CASO. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S.l.], v. 14, set. 2012. ISSN 1517-1256.

PMJP. Prefeitura Municipal De João Pessoa. Informações da Secretaria de Educação e Cultura. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/sedec/>. Acesso em: mar, 2018.

TELI, D., JENTSCH, M.F. AND JAMES, P.A. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, 53, 166–182, 2012. doi:10.1016/jenbuild.2012.06.022, 2012.

HOYT Tyler, Schiavon Stefano, Piccioli Alberto, Cheung Toby, Moon Dustin, and Steinfeld Kyle, 2017, **CBE Thermal Comfort Tool.** Center for the Built Environment, University of California Berkeley.Disponível em: http://comfort.cbe.berkeley.edu/. Acesso em: jul, 2019.

TORRES, M.G.L. **Conforto térmico e desempenho nos ambientes de ensino com inovações tecnológicas – estudo de multicascos no nordeste brasileiro**. João Pessoa, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba.

XAVIER, A.P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividade sedentária – Teoria física aliada a estudos de campo**. Florianópolis, 2000. 251 pag. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Agradecimento ao apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do edital do edital MCTIC/CNPq Nº 28/2018 - Universal/Faixa B (Processo: 434583/2018-9).