XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Investigação do conforto térmico no semiárido brasileiro: um olhar para residências geminadas

Thermal comfort investigation in the brazilian semi-arid: an outlook to rowhouses

Gustavo Gregório Gouveia
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | gusthgr@gmail.com
Solange Maria Leder
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | solangeleder@yahoo.com.br

Resumo

Neste artigo o conforto térmico de uma edificação geminada foi analisado para identificar especificidades dessa tipologia arquitetônica na adequação ao clima semiárido. A casa em estudo está localizada em Juazeiro do Norte/CE. A análise foi realizada a partir de dados coletados em medições de variáveis ambientais no interior da edificação e o cálculo dos índices PMV/PPD e adaptativo (ASHRAE 55). Os resultados obtidos no modelo PMV/PPD identificam conforto térmico em 19,3% das horas, enquanto no modelo adaptativo o conforto é atingido em até 91,27% das horas, sendo a ventilação natural necessária para o conforto térmico na tipologia em estudo.

Palavras-chave: Conforto térmico. Edificação geminada. Índices de conforto. Habitação.

Abstract

In this paper the thermal comfort of a rowhouse was analysed aiming to identify specificities of this architectural typology regarding its adaptation to the semi-arid climate. The studied house is located in Juazeiro do Norte/CE. The analysis was carried out from data collected by measurements of weather variables inside the building and the calculation of PMV/PPD and adaptive (ASHRAE 55) indexes. The PMV/PPD model identified thermal comfort in 19,3% of the hours, while in the adaptive model comfort was reached in up to 91,27% of the hours, therefore natural ventilation is needed to reach thermal comfort in the studied typology.

Keywords: Thermal comfort. Rowhouse. Comfort indexes. Housing.

Como citar:
GOUVEIA, G; LEDER, M. Investigação do conforto térmico no semiárido brasileiro: um olhar para residências geminadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

Edifícios não adaptados às especificidades do clima podem trazer desconforto para seus ocupantes, além de maior consumo de energia. Assim, em regiões cujo clima é rigoroso, especialmente em alguns meses do ano, a necessidade de adequar as edificações ao clima é imperativa, como é o caso do semiárido brasileiro.

O semiárido brasileiro abrange uma área de 1,03 milhão de km² e abriga uma população de 27 milhões de habitantes [1]. Verifica-se, em parte das cidades da região, a prática da geminação das edificações, especialmente em bairros centrais, em que a paisagem urbana é caracterizada por sequências de casas sem recuos laterais [2].

As edificações geminadas da região semiárida do Brasil caracterizam-se pelo compartilhamento da parede lateral e, em alguns casos, a cobertura - única e contínua, agregando unidades distintas. Outras características são: ausência de recuos laterais, lotes estreitos e profundos. Suas fachadas são compostas de porta, janela e platibanda [2] ou, em alguns casos, a garagem para abrigar os veículos em uma adaptação contemporânea. Dessa forma o lote é ocupado até o seu limite, criando um conjunto de fachadas alinhadas [2] (Figura 1).

Figura 1: Residências geminadas em Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Google Street View

No entanto, não há muita certeza acerca da adequação dessas edificações ao clima semiárido, que pode ser rigoroso em algumas épocas do ano e horas do dia, apresentando níveis elevados de temperatura e baixa umidade, situação que demanda atenção especial ao desempenho térmico das edificações.

As diretrizes para a obtenção de conforto térmico nesse clima envolvem a utilização de soluções como a proteção contra a radiação solar direta e o aproveitamento adequado da ventilação natural [3] [4]. A performance da ventilação natural resulta do desenho apropriado das aberturas do edifício, que devem considerar a influência das condições do local e seu microclima [5]. Entretanto, as casas geminadas permitem aberturas apenas nas suas fachadas frontal e posterior (quando existe um espaço aberto no fim do lote), o que dificulta a criação de um sistema para ventilar o edifício naturalmente (Figura 2).

Figura 2: Benefícios e prejuízos da presença de recuos laterais ao desempenho térmico.



Fonte: autor.

No contexto brasileiro, há poucas pesquisas realizadas sobre conforto térmico e desempenho energético nas edificações geminadas em climas de perfil quente e seco, havendo assim, grande necessidade de investigar a influência desse clima nessa tipologia e como essas edificações podem promover condições mais adequadas de conforto térmico para os seus habitantes.

O presente estudo propõe a obtenção de um diagnóstico acerca das condições de conforto térmico durante o período em que foram realizadas medições em uma edificação geminada localizada na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará. Após a medição das variáveis ambientais obtidas "in loco", a análise de conforto se deu em duas etapas, a partir da aplicação de dois procedimentos de avaliação presentes na ASHRAE 55, norma publicada pela associação estadunidense ASHRAE. Na primeira etapa do trabalho, foi aplicado o modelo de análise que utiliza os índices PMV/PPD, também conhecido como modelo analítico. A segunda etapa da análise utilizou o modelo adaptativo da ASHRAE 55, que correlaciona os valores da temperatura do ar externo à temperatura operativa do ar no interior dos ambientes analisados [6].

REFERENCIAL TEÓRICO

O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O semiárido brasileiro é distinto em relação às demais regiões semiáridas do mundo, destacando-se como a região semiárida mais populosa do mundo. Metade dos estados do nordeste do Brasil possui ao menos 85% do seu território no clima semiárido [6]. O clima semiárido é marcado pelos altos índices de temperatura e baixos índices pluviométricos durante o período mais seco, com precipitação irregular no território e concentrada em alguns meses do ano [1].

O município de Juazeiro do Norte, Ceará, onde foi realizado este estudo, está inserido na região semiárida do nordeste brasileiro. A uma altitude média de 377,3m, o seu clima é classificado como Tropical Quente Semiárido, apresentando uma temperatura do ar média de 24° a 26°C, com período chuvoso de janeiro a maio e pluviosidade de 925,1mm anuais [8].

PMV/PPD

Existem diversas variáveis que influenciam na sensação térmica dos usuários presentes no interior de uma determinada edificação, sendo algumas delas ambientais, que serão comuns a todos os usuários, e também variáveis pessoais, como a atividade e a vestimenta daquele usuário [9]. Por este motivo, a percepção térmica de cada pessoa

no ambiente ocorre de maneira distinta, o que torna imprevisível se um determinado ambiente térmico será confortável ou não para todos os seus usuários.

Partindo desse pressuposto, o PMV – Predicted Mean Vote é um índice de conforto térmico que "representa as sensações térmicas médias das pessoas submetidas a determinadas condições ambientais e individuais, através de uma escala quantitativa da sensação de calor e frio" [9]. Essa escala classifica a sensação térmica do muito frio (-3) ao mais quente (+3), sendo o voto "0" a neutralidade térmica. A ASHRAE 55 delimita que valores de PMV entre -0,5 e +0,5 são considerados confortáveis pelos usuários [6].

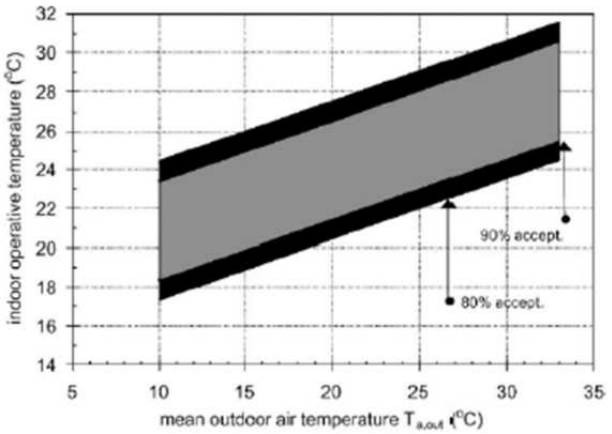
O PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied, representa a porcentagem de pessoas insatisfeitas com aquele ambiente térmico, e seu valor pode ser calculado em função do PMV [6], permitindo prever um ambiente térmico confortável para uma maioria dos usuários.

MODELO ADAPTATIVO DA ASHRAE 55

Pessoas que vivem ou trabalham em edifícios ventilados naturalmente possuem uma maior capacidade de adaptação às variações de temperatura interna de acordo com as temperaturas externas, resultando em uma maior aceitabilidade do ambiente térmico [10]. O modelo adaptativo aborda a relação entre a temperatura de conforto interna e a temperatura do ar externo em ambientes ventilados naturalmente [10]. Dessa forma, o uso do modelo adaptativo é adequado a edificações ventiladas naturalmente.

Para que um ambiente seja considerado aceitável no modelo adaptativo a sua temperatura operativa deve estar dentro do intervalo estabelecido por equações que delimitam uma faixa de temperatura operativa aceitável para até 80% ou 90% dos usuários daquele ambiente térmico (Figura 3) [6].

Figura 3: Zona de temperatura operativa aceitável em edifícios ventilados naturalmente.



Fonte: ASHRAE Standard 55 (2020) [6]

METODOLOGIA

Este estudo propõe uma avaliação de conforto térmico no interior de uma residência geminada em clima semiárido. A residência, que é habitada apenas durante alguns meses do ano, esteve desocupada durante a realização das medições de variáveis ambientais internas, portanto não houve interferências no ambiente térmico decorrentes da presença ou atividade humana. Pelo mesmo motivo, também não houve a abertura das esquadrias localizadas nas fachadas, o que reduziu a possibilidade de ventilação natural no interior da edificação. Foi estabelecido como condicionante da pesquisa identificar a condição da edificação sem a presença de usuários, informação considerada relevante especialmente para a continuação da pesquisa nas etapas posteriores.

A circulação de ar reduzida no ambiente interno justifica a avaliação utilizando o modelo estático, considerando a adequação deste modelo à espaços não ventilados naturalmente. Já o modelo adaptativo prevê que o edifício deve ser ventilado naturalmente para a delimitação da sua zona de conforto, assim, decidiu-se então realizar uma segunda avaliação utilizando o modelo adaptativo da ASHRAE 55, ao supor que, caso a edificação estivesse ocupada, a circulação do ar registrada no seu interior teria um valor mais considerável devido a abertura das janelas para a ventilação. Portanto, para a aplicação dos modelos de análise neste estudo foi necessária a suposição de cenários fictícios em que a habitação estaria ocupada e as esquadrias seriam abertas, promovendo a circulação do ar.

Destaca-se que este artigo é a primeira parte de uma pesquisa em desenvolvimento, que em suas etapas subsequentes irá analisar a edificação em estudo através de simulação computacional, com a investigação de distintos cenários e configurações de ocupação. Essa primeira fase também fornece subsídios para a calibração do modelo virtual da edificação em estudo. A pesquisa se desenvolve no contexto de uma dissertação de mestrado.

ETAPAS METODOLÓGICAS

(1) Definição do objeto de estudo e a realização de levantamento da residência escolhida;

(2) Realização de medições de variáveis ambientais de ambiente interno da residência analisada utilizando estação microclimática Sensu;

(3) Aplicação de modelo analítico de avaliação utilizando os índices de conforto PMV e PPD;

(4) Aplicação de modelo adaptativo de avaliação utilizando a zona de aceitabilidade da temperatura operativa interna;

(5) Análise dos resultados;

OBJETO DE ESTUDO

Para essa avaliação, utilizou-se uma edificação existente na cidade de Juazeiro do Norte (Figura 4). A residência possui 4,90m de largura por 16,30m em sua área

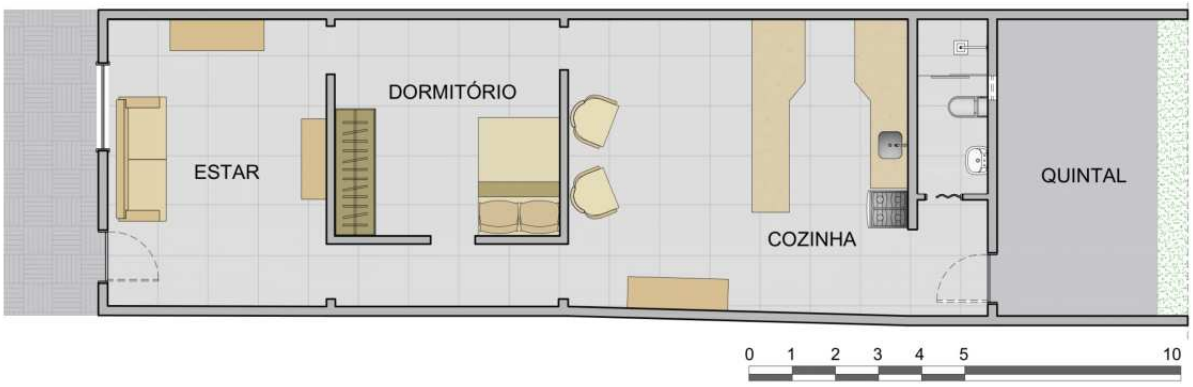
construída, em seu interior possui um dormitório, localizado entre a sala da entrada e a sala de jantar e cozinha. Aos fundos do lote há também um espaço aberto. Vale ressaltar que o dormitório não possui portas, fator que influencia na circulação do ar no interior da residência. O contato do interior com o meio externo se dá pelas aberturas localizadas nas fachadas frontal e posterior (voltada para o quintal), não existindo nenhum outro tipo de abertura (Figura 5).

Figura 4: Fachada frontal da residência analisada neste trabalho (centro da imagem).



Fonte: Google Street View.

Figura 5: Planta-baixa da residência analisada.



Fonte: autor.

MEDIÇÕES DE VARIÁVEIS

Para o cálculo dos índices utilizados neste estudo, foram colhidos dados sobre determinadas variáveis ambientais do interior da edificação utilizando a estação microclimática Sensu, desenvolvida pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas da Universidade Federal de Santa Catarina e disponibilizada para este estudo pelo Laboratório de Conforto da Universidade Federal da Paraíba. O aparelho possui sensores que registraram valores da temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e a velocidade do ar interno do ambiente em que foi instalado.

A estação foi posicionada no centro do dormitório da residência, recolhendo dados por minuto das variáveis citadas do dia 26/01/2022, às 14:00, até o dia 07/02/2022 às 18:00, totalizando mais de 12 dias completos de medições (Figura 6). Como resultado,

o aparelho gerou planilhas com valores que foram aplicados no cálculo dos índices (Figuras 7 e 9).

Os dados climáticos do ambiente externo do município durante o mesmo período também foram coletados no website da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica [11], que disponibilizou dados de temperatura, umidade, direção e velocidade dos ventos, dentre outras variáveis climáticas coletadas em sensores localizados no Aeroporto Regional do Cariri, localizado em Juazeiro do Norte, a 3,5km do local do estudo (Figuras 8 e 9).

Figura 6: Registro das medições realizadas utilizando a estação microclimática Sensu.



Fonte: autor.

Figura 7: Quadro-resumo dos dados coletados nas medições.

Data	T. máx (°C)	T. mín (°C)	T. média (°C)	T. globo máx. (°C)	T. globo mín (°C)	T. globo média (°C)	U.R. máx. (%)	U.R. mín. (%)	U.R média (%)
26/01/22	31.75	30.04	31.13	32.18	29.76	31.24	61.26	57.91	59.13
27/01/22	30.53	28.66	29.51	30.92	28.51	29.5	67.58	61.74	64.45
28/01/22	29.18	27.43	28.33	29.56	27.27	28.34	69.64	65.52	68.13
29/01/22	28.56	27.26	28.03	28.72	27.17	27.91	70.59	67.86	69.28
30/01/22	29.66	27.22	28.37	30.05	27.07	28.4	71.87	64.69	68.64
31/01/22	31.32	27.64	29.14	31.3	27.33	29.12	68.13	48.45	63.41
01/02/22	31.11	28.52	29.76	31.5	28.36	29.83	67.66	60.64	64.12
02/02/22	31.53	28.89	30.13	31.89	28.7	30.17	65.41	58.41	62.57
03/02/22	31.88	29.18	30.45	32.22	28.88	30.48	64.24	58.61	61.86
04/02/22	31.42	29.27	30.35	31.72	29.17	30.32	67.15	61.57	64.49
05/02/22	30.72	28.98	29.92	31.02	28.72	29.86	69.09	65.58	67.17
06/02/22	30.71	28.84	29.72	31.01	28.7	29.71	69.03	65.18	67.27
07/02/22	31.37	28.86	29.85	31.63	28.7	29.88	69.76	63.07	67.07

Fonte: autor.

Figura 8: Quadro-resumo dos dados coletados no Aeroporto de Juazeiro do Norte.

Data	T. máx. (°C)	T. min. (°C)	T. média (°C)	U.R. máx. (%)	U.R. min. (%)	U.R. média (%)
26/01/22	33	22	28.2	94	49	64.7
27/01/22	32	21	25.04	100	49	79.14
28/01/22	30	21	24.6	100	55	80.52
29/01/22	28	22	24.52	94	66	83.85
30/01/22	31	23	26.38	94	46	73.8
31/01/22	32	21	26.23	100	46	72.09
01/02/22	32	22	26.71	94	52	72.57
02/02/22	32	23	26.95	89	46	71.89
03/02/22	32	25	29.42	89	52	63.71
04/02/22	32	23	27.71	94	49	72.52
05/02/22	31	22	26.5	100	55	79.31
06/02/22	30	23	26.71	94	59	79.14
07/02/22	32	23	27.56	94	52	75.75

Fonte: Redemet (2022) [11].

Figura 9: Quadro resumo dos dados climáticos.

	T. ar interno (°C)	T. globo (°C)	T. ar externo (°C)	U.R. interna (%)	U.R. externa (%)
Média	29.51	29.51	26.48	65.46	75.33
Mediana	29.49	29.37	26.5	66.04	74
Amplitude	4.66	5.15	12	23.42	54
Desvio padrão	1.128	1.27	3.506	3.488	15.91

Fonte: autor, Redemet (2022) [11].

ANÁLISE SEGUNDO O MODELO PMV/PPD

O cálculo do PMV envolve em sua equação valores correspondentes às variáveis climáticas temperatura do ar interno, umidade relativa, temperatura de globo e velocidade do ar interno, além das variáveis individuais metabolismo (met), que irá variar de acordo com a atividade exercida, e o nível de isolamento da vestimenta (clo) [6].

A casa utilizada como objeto de estudo nesta pesquisa estava desocupada durante a realização das medições das variáveis, portanto, foi necessário criar um modelo fictício no qual a casa seria ocupada por um homem que durante o dia estaria utilizando um conjunto de roupas leves como vestimenta, como é comum na região durante a época do ano em que as medições foram feitas, que corresponde ao verão brasileiro, sendo elas: cueca, camiseta de manga curta, shorts e sandálias, totalizando 0,24 clo de isolamento térmico (Tabela 1).

Para a definição dos valores de atividade metabólica, foi estabelecido que esse usuário estaria dormindo entre as 22:00 e 06:00 e permaneceu em estado de atividade sedentária durante o restante do dia (Tabela 2).

Tabela 1: Valores de isolamento (clo) das peças individuais de vestimenta.

Peça de roupa	Isolamento da vestimenta (clo)
Cueca	0,03
Camiseta de mangas curtas	0,15
Shorts	0,06

Fonte: autor, utilizando dados da ISO 7730 [10].

Tabela 2: Valores adotados neste estudo para as variáveis atividade (met) e vestimenta (clo).

Hora	Atividade	Met	W/m²	Vestimenta	Clo
06:00 – 22:00	Sedentário	1,2	70	Roupas leves	0,24
22:00 – 06:00	Deitado	0,8	46	Roupas leves	0,24

Fonte: autor, utilizando dados da ISO 7730 [10].

O cálculo dos índices PMV e PPD foi realizado através de modelo computacional utilizando a ferramenta CBE Thermal Comfort Tool, desenvolvida pela Universidade de Berkeley, Estados Unidos, e disponível em seu website [13].

Decidiu-se utilizar para o cálculo dos índices os valores colhidos nas medições a cada hora do dia 26/01/2022, às 14:00, até o dia 07/02/2022 às 18:00, totalizando 293 valores horários de PMV e PPD. As medições registraram o mesmo valor de velocidade do ar durante todo o período (0,03m/s), sendo esse valor único aplicado em todos os cálculos no modelo PMV/PPD.

ANÁLISE SEGUNDO O MODELO ADAPTATIVO

A aplicação do modelo adaptativo envolve a definição de uma faixa de temperatura operativa considerada aceitável pelos usuários do ambiente analisado. O modelo adaptativo é adequado para ambientes ventilados naturalmente, contudo, a edificação em estudo encontrava-se com as aberturas fechadas, posto que as medições foram continuamente realizadas com a habitação desocupada. Assim, a ventilação medida apresentou valores baixos. Portanto, ao realizar o cálculo do modelo adaptativo na edificação em estudo, optou-se pode adotar possíveis cenários de ventilação natural. Um dos cenários – velocidade de 0,3 m/s, teve como base uma investigação recente realizada em edifícios escolares localizados no semiárido paraibano, cujos resultados destacam velocidade do ar entre 0,2 e 0,5m/s [14]. O estudo contempla grande diversidade de ambientes, tipos de aberturas e orientações. Dessa forma, adotou-se a faixa proposta pela ASHRAE 55 para a velocidade do ar de 0,3m/s, considerando esse valor uma média dos valores registrados no estudo utilizado como referência [14], assim como, entendendo que essa velocidade do ar seria possivelmente atingida na habitação em estudo caso as janelas estivessem abertas.

Um segundo cenário foi definido considerando a possibilidade de uso de ventilação mecânica. Ainda que haja consumo de energia, a demanda energética da ventilação mecânica é inferior àquela de sistemas de condicionamento artificial. Além de permitir a troca térmica entre os ambientes internos e externo. Nesse caso, foi definido o valor de 0,6 m/s, disponibilizado pela ferramenta utilizada no cálculo dos índices [13].

Vale ressaltar que os valores de velocidade do ar escolhidos em ambos os cenários correspondem às possibilidades delimitadas pela ferramenta utilizada, que disponibiliza para a análise no modelo adaptativo apenas as velocidades de 0,3; 0,6 ou 0,9 m/s.

A partir do cálculo da temperatura operativa a cada hora durante o período em que foram realizadas as medições, aplicou-se a zona de conforto da ASHRAE 55 para ambos os cenários, permitindo verificar em quais horas durante o período analisado o conforto foi atingido para as duas velocidades do ar escolhidas.

RESULTADOS

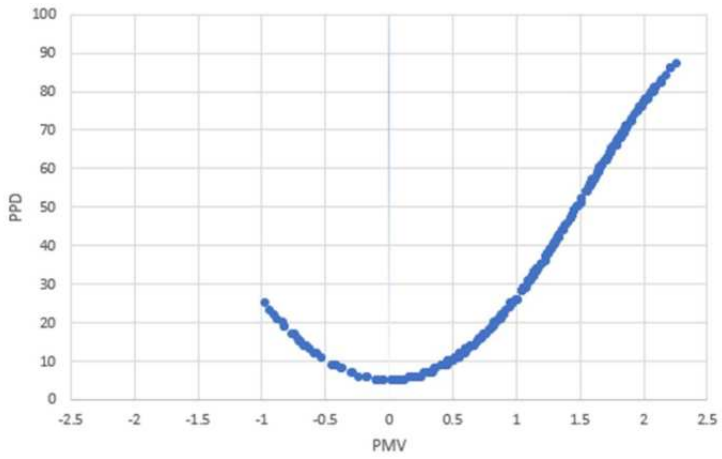
PMV/PPD

No modelo analítico define-se um intervalo no valor do PMV em que a edificação foi considerada confortável pelos seus usuários. A ASHRAE 55 adota como aceitável o intervalo entre -0.5 e +0.5 [6]. A aplicação dos 293 valores horários de PMV e PPD permitiu gerar um gráfico que apresenta a distribuição dos valores horários de PMV em função do PPD (Figura 10), e um gráfico que mostra a distribuição dos valores de PMV na linha do tempo em que as medições foram realizadas (Figura 11).

Considerando o intervalo de conforto adotado, verifica-se que, durante o período de realização das medições, o conforto térmico foi atingido em apenas 19,3% das horas. Registrou-se desconforto causado tanto pelo calor (74,2% das horas) quanto pelo frio (6,5%).

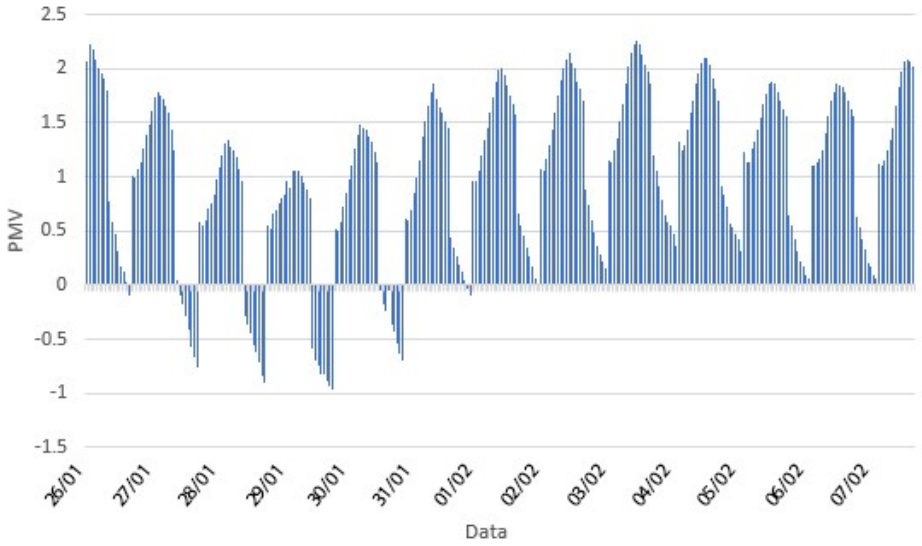
Observa-se que as horas em que o conforto foi atingido, assim como os momentos de desconforto causado pelo frio, ocorreram durante o intervalo de tempo em que o usuário estaria dormindo, quando ocorre a diminuição do valor do PMV devido a redução da taxa de atividade metabólica. Portanto, em um cenário onde não há o uso da ventilação natural, o usuário estaria em desconforto durante todas as horas em que permaneceria acordado, mesmo ao permanecer em atividade sedentária durante todo o dia, como previsto no modelo.

Figura 10: Distribuição do PMV em função do PPD.



Fonte: autor.

Figura 11: Distribuição do PMV na linha do tempo de realização das medições.



Fonte: autor.

O momento mais desconfortável por calor ocorreu às 16:00 do dia 03/02, em que o PMV registrado foi de 2.26, com 87% de usuários insatisfeitos. Já o momento mais desconfortável por frio ocorreu às 05:00 do dia 30/01, momento em que o PMV atingiu -0.97, com um total de 25% de usuários insatisfeitos pelo frio (Figura 12). Verifica-se também que a média dos valores do PMV mostra que há uma tendência para o desconforto por calor, com valores maiores médios ultrapassando o limite de +0,5 em onze dos doze dias analisados (Figura 12).

Figura 12: Resultados PMV: Quadro-resumo.

	mín.	máx.	média
26/01/22	0.59	2.41	1.81
27/01/22	-0.09	1.78	0.99
28/01/22	-0.76	1.34	0.51
29/01/22	-0.9	1.06	0.34
30/01/22	-0.97	1.49	0.5
31/01/22	-0.69	1.86	0.78
01/02/22	-0.1	2	1.11
02/02/22	0.02	2.14	1.24
03/02/22	0.16	2.26	1.38
04/02/22	0.47	2.1	1.38
05/02/22	0.31	1.88	1.21
06/02/22	0.07	1.87	1.12
07/02/22	0.07	2.09	1.18

Fonte: autor.

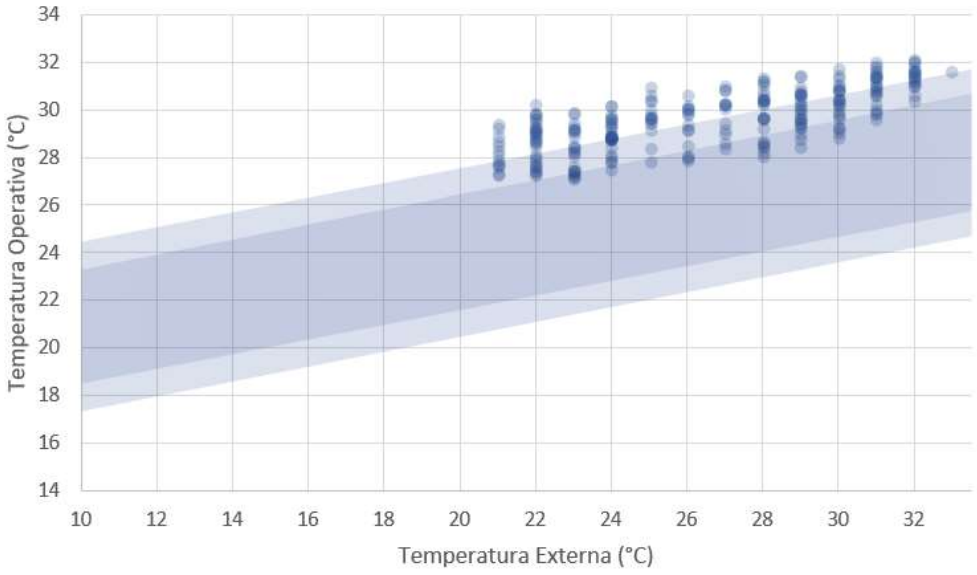
MODELO ADAPTATIVO

Verificou-se na análise com o modelo adaptativo que, no cenário 01, para uma velocidade do ar de 0,3m/s, 42,70% e 13,50% das horas estiveram dentro da zona de conforto para um limite de aceitabilidade de 80 e 90% dos usuários, respectivamente (Figura 13). Já no cenário 02, que considera o uso da ventilação mecânica ao aplicar uma velocidade do ar de 0,6m/s, verifica-se que 91,27% e 49,21% das horas estiveram

dentro da zona de conforto para o mesmo limite de aceitabilidade (Figura 14 e Tabela 3).

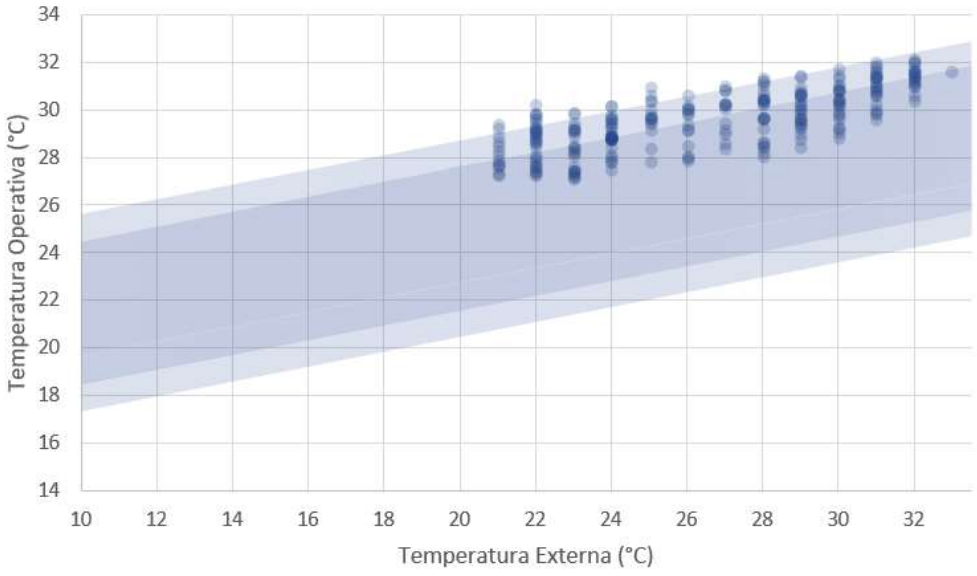
Os resultados apontam, portanto, uma incrementação considerável na aceitabilidade térmica com o aumento da velocidade do ar, o que também significa uma redução no estresse térmico dos usuários, especialmente durante a tarde, em que os valores de temperatura operativa atingem o seu valor máximo. Ao contrário do que ocorre no modelo PMV/PPD, não foi registrado desconforto causado pelo frio, estando todos os valores acima ou dentro do limite da zona de aceitabilidade. Os dados de temperatura operativa do ambiente interno registraram uma média de 29.51°C, com máximo de 32.09°C às 16:00 do dia 03/02, e mínimo de 27.11°C às 07:00 do dia 30/01 (Tabela 4).

Figura 13: Modelo adaptativo Cenário 01 - velocidade do ar 0,3m/s



Fonte: autor.

Figura 14: Modelo adaptativo Cenário 02 - velocidade do ar 0,6m/s.



Fonte: autor.

Tabela 3: Quantidade de horas em conforto.

Aceitabilidade	V.ar 0,3m/s	V.ar 0,6m/s
80%	42,07%	91,27%
90%	13,50%	49,21%

Fonte: autor.

Tabela 4: Quadro-resumo dos dados de temperatura operativa.

	Máxima	Mínima	Média	Mediana	Amplitude	Desvio padrão
TO	32.09	27.11	29.51	29.43	4.98	1.215

Fonte: autor.

CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo é realizar uma avaliação das condições de conforto térmico no interior de uma edificação geminada localizada em uma região de clima semiárido. O tipo arquitetônico geminado é uma solução recorrente no interior do Nordeste brasileiro. Assim, pretende-se investigar a adequação dessa solução arquitetônica ao clima local, especialmente em relação às condições de conforto térmico.

O modelo estático prevê a análise em um ambiente onde não há trocas térmicas entre o interior e o exterior da edificação, devendo ser mencionado o fato de que a edificação esteve desocupada durante o período de realização das medições, o que significa que as esquadrias em contato com o meio externo não foram abertas para a circulação da ventilação natural. Os resultados da análise PMV/PPD apontaram a existência de desconforto por calor durante 74,2% das horas em que as medições foram registradas, compreendendo todo o período em que o usuário estaria acordado (06:00 às 22:00). Ainda deve ser mencionado o fato de que, no cenário criado para a análise, considerou-se que o usuário estaria em atividade sedentária, permanecendo sentado durante todo o dia. Caso fosse previsto que esse usuário estaria realizando atividades rotineiras, que demandassem uma maior atividade metabólica, o desconforto por calor e estresse térmico também aumentariam, assim como os valores de PMV do modelo.

Já na análise segundo o modelo adaptativo os resultados apontaram que o conforto pôde ser atingido em até 42,07% das horas no Cenário 01, a uma velocidade do ar de 0,3m/s. Ao ser comparado com a análise do modelo estático, sem ventilação natural, nota-se que o modelo adaptativo apresenta horas em conforto durante o dia, o que não ocorre no cenário sem ventilação.

A importância do aproveitamento da ventilação natural para o clima analisado é evidente com os resultados obtidos no cálculo do modelo adaptativo considerando o Cenário 02, que prevê uma velocidade do ar de 0,6m/s obtida com o uso da ventilação mecânica. No Cenário 02 o conforto é atingido em até 91,27% das horas analisadas. Conclui-se que que preservar e incrementar as possibilidades de ventilação natural em edificações geminadas no clima semiárido é fundamental para a ampliação da quantidade de horas em conforto.

O presente estudo analisou a edificação apenas durante os 12 dias em que foram realizadas as medições in loco. Diante das especificidades do clima local, é fundamental que seja realizada uma análise que possa abranger todo o ano climático, o que permitirá conclusões mais precisas sobre o impacto desse clima nas edificações geminadas e no conforto térmico dos seus usuários. Essas questões serão abordadas com a continuação da pesquisa que, a partir de simulação computacional, permitirá ampliar a investigação para o periodo de um ano, tendo como base arquivo climático do local, simular o impacto da presença do usuário e, também, simular diferentes tipos de sistemas de ventilação natural passíveis de serem implantadas nessa tipologia de edificação.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Cnpq e as Pró-Reitorias de Pesquisa e de Pós-Graduação da Universidade Federal da Paraíba - PROPESQ/PRPG/UFPB. Os autores agradecem a bolsa CAPES, o financiamento do CNPQ, edital MCTIC/CNPq nº 28/2018-Universal/Faixa B, Processo: 434583/2018-9 e o financiamento obtido através da Chamada Produtividade PROPESQ/PRPG/UFPB Nº 03/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ASA – ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Semiárido – é no semiárido que a vida pulsa.** Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/semiarido. Acesso em 28 de maio de 2020.

[2] NASCIMENTO, T. **Casas e gentes:** modos de viver e morar em uma cidade do interior de Alagoas. 2015. 234 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2015.

[3] OLIVEIRA, P. **Influência dos elementos de envoltória no desempenho termo-energético de edifícios institucionais no clima tropical semiárido.** 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2017.

[4] ABNT. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações.** Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[5] OLIVEIRA, A. C. **A influência das recomendações do zoneamento bioclimático brasileiro no desempenho térmico da envoltória de edificações de interesse social nos municípios da Paraíba.** 2013. 234 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.

[6] ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2020.

[7] AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidade paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

[8] Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 Juazeiro do Norte.** Fortaleza, 2017.

[9] SANTOS, J. **O uso do PMV para avaliação do conforto térmico em edifício de escritório tipo plano aberto e sua viabilidade de aplicação em clima quente e úmido.** 2018. 123 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2018.

[10] RUPP, R.; GHISI, E. **Avaliação de modelos preditivos de conforto térmico em escritórios no clima subtropical brasileiro.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 91-107, abr./jun. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000200310. Acesso em 20 de maio de 2022.

[11] Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica – REDEMET. Disponível em: http://redemet.aer.mil.br. Acesso em 20 de maio de 2022.

[12] LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações.** 2005. 42p. Apostila Disciplina: ECV 5161. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

[13] CBE Thermal Comfort Tool: online tool for thermal comfort calculations and visualizations. SoftwareX 12, 100563. University of California. Berkeley, 2022. Disponível em: https://comfort.cbe.berkeley.edu/. Acesso em 20 de maio de 2022.

[14] MACEDO, P. **Ventilação natural em escolas na cidade de Campina Grande:** a influência da velocidade do ar na percepção e sensação de conforto térmico do usuário. 2021. 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2021.