



## VENTILAÇÃO NATURAL, CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO E TIPOLOGIA GEMINADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

NATURAL VENTILATION, ADAPTIVE THERMAL COMFORT  
AND ROWHOUSE TYPOLOGY IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

Gustavo Gregório Gouveia\*  
Solange Maria Leder†

### RESUMO

Neste estudo, analisou-se o conforto térmico em uma edificação geminada residencial localizada na região semiárida do Brasil, com o objetivo de identificar particularidades desta tipologia arquitetônica na adequação ao clima semiárido e a influência da ventilação natural no conforto térmico dos usuários da residência em estudo. O uso adequado da ventilação natural é fundamental para a redução do consumo de energia elétrica em edificações e a melhoria da sua eficiência energética, sendo uma estratégia passiva de conforto térmico com alto nível de eficiência e disponibilidade no território brasileiro. Construções geminadas são comuns em cidades do semiárido brasileiro, estando a casa em estudo localizada em Juazeiro do Norte/CE. A análise foi permitida através de dados coletados em medições de variáveis ambientais do interior da residência, utilizados para calcular o índice de conforto adaptativo da norma ASHRAE 55 aplicando os valores de velocidade do ar interno 0,3, 0,6 e 0,9 m/s. Os resultados obtidos indicam que ao aplicar o modelo adaptativo o conforto térmico pôde ser atingido nos três valores de velocidade do ar utilizados, com um expressivo aumento na quantidade de usuários em conforto ao se aumentar a velocidade do ar, chegando até a 99,20% de usuários em conforto a uma velocidade do ar de 0,9 m/s. Conclui-se que incrementar as possibilidades de uso da ventilação natural é necessário para que se possa melhorar os níveis de conforto térmico em edificações geminadas no semiárido, sendo o uso dessa estratégia passiva fundamental para a redução do consumo de energia elétrica nas edificações.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Edificação geminada; Índices de conforto; Habitação; Eficiência energética.

### ABSTRACT

In this paper the thermal comfort of a rowhouse located in the Brazilian semi-arid was analysed, aiming to identify particularities of this architectural typology regarding its adaptation to the semi-arid climate and the influence of natural ventilation for the thermal

\* Mestrando na Universidade Federal da Paraíba.

† Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal da Paraíba. Doutorado em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina.

comfort of the studied building's users. The appropriate use of natural ventilation is fundamental to reduce the building's energy consumption and improve its energy efficiency, as it is a passive thermal comfort strategy with high levels of efficiency and availability in the Brazilian territory. Rowhouse buildings are common in cities of the Brazilian semi-arid, being the studied house located in Juazeiro do Norte/CE. The analysis was carried out from data collected by measurements of weather variables of a room inside the building, used to calculate the ASHRAE 55 Standard adaptive comfort index applying air speed values of 0,3, 0,6 and 0,9 m/s. The results indicate that by applying the adaptive model, thermal comfort was reached in all three air speed values used, with an expressive increase of the amount of users in comfort when air speed is increased, reaching up to 99,20% of users in thermal comfort when the air speed is 0,9 m/s. Therefore, increasing the possibilities of using natural ventilation is needed to enhance the thermal comfort levels in rowhouse buildings located in the Brazilian semi-arid, and the use of this passive strategy is fundamental to reduce the buildings' electrical energy consumption.

**Keywords:** thermal comfort; twin building; Comfort indices; Bedroom; energy efficiency.

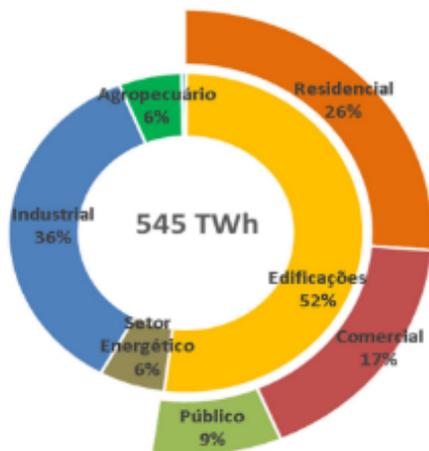
---

## INTRODUÇÃO

É cada vez mais presente no cenário da arquitetura brasileira a demanda por edificações adaptadas ao clima em que estão inseridas. Em regiões de clima rigoroso em determinadas épocas do ano, como é o caso do semiárido brasileiro, é necessária uma atenção especial à questão, visto que edificações não adaptadas às particularidades deste clima podem causar desconforto em seus usuários. Nesse caso, para mitigar os efeitos do clima e reduzir os níveis de desconforto, muitas vezes são utilizadas estratégias ativas de aquecimento ou resfriamento, que têm como consequência um aumento considerável no consumo de energia elétrica daquela edificação, como por exemplo o uso do ar condicionado em regiões mais quentes.

Em 2019, verificou-se que as edificações representaram 52% do consumo total de energia elétrica no Brasil, dentre edifícios comerciais, residenciais e do setor público (Figura 1). As residências representaram metade desse consumo, com a predominância de equipamentos elétricos, iluminação e o condicionamento do ar (ares-condicionados e ventiladores) como os maiores responsáveis por este consumo (Empresa de Pesquisa Energética, 2020b).

FIGURA 1 Consumo de energia elétrica no Brasil em 2019.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2020b

É fundamental reconhecer a importância da redução do consumo de energia elétrica das edificações para que se possa discutir o aumento da eficiência energética e a aplicação de políticas de sustentabilidade nas cidades brasileiras. Segundo Oliveira (2013), a relação entre a arquitetura e o consumo de energia passa a ser investigada de maneira mais aprofundada a partir da década de 1970, quando ocorre uma crise no fornecimento de energia global que intensifica a busca por alternativas mais sustentáveis e o aprimoramento de tecnologias que aumentem o desempenho termoenergético das edificações. É nesse contexto que são desenvolvidos diversos estudos de conforto térmico que, associados ao debate sobre eficiência no consumo de energia das edificações deram suporte à elaboração de normas técnicas sobre o desempenho térmico e eficiência energética de edificações em todo o mundo.

O semiárido brasileiro abrange um território de 1,03 milhão de km<sup>2</sup>, abrangendo uma população de 27 milhões de habitantes (ASA, 2017). Em muitas cidades da região é comum encontrar bairros marcados por uma paisagem urbana de construções geminadas, com fachadas alinhadas e sem recuos laterais. Uma edificação geminada é caracterizada pela ausência de recuos laterais entre a mesma e as construções adjacentes, ocorrendo o compartilhamento da parede

lateral e em alguns o telhado entre as edificações. Dessa forma o lote é ocupado até o seu limite (Figura 2).

FIGURA 2 Residências geminadas em Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Google Street View

Apesar da sua presença constante em cidades da região semiárida do Brasil, não há certeza acerca da adequação de edificações nessa tipologia ao clima local, que pode ser rigoroso durante a estação mais seca, apresentando níveis elevados de radiação solar, temperatura do ar e baixos níveis de umidade.

Para amenizar os efeitos do clima na edificação sem o aumento no consumo de energia elétrica, podem ser aplicadas estratégias passivas de conforto térmico. Dentre as mais eficientes estão a proteção contra a radiação solar direta e o uso da ventilação natural. “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” (OLIVEIRA, 2013). No entanto, as construções geminadas possuem aberturas apenas em suas fachadas frontal e posterior, o que dificulta a criação de um sistema para que o edifício possa ser ventilado naturalmente (Figura 3).

FIGURA 3 Benefícios e prejuízos da presença de recuos laterais ao desempenho térmico.



Fonte: autor.

Verifica-se uma relativa escassez de literatura e pesquisa científica voltadas ao estudo do conforto térmico e desempenho termoenergético em edificações no clima semiárido do Brasil. É preciso investigar de maneira mais aprofundada a influência desse clima nas edificações locais para que seja possível propor soluções que melhorem as condições de conforto e conseqüentemente representem a redução do consumo de energia elétrica para resfriamento nos meses mais quentes do ano.

O presente estudo propõe uma análise das condições de conforto térmico de uma edificação geminada ventilada naturalmente localizada em Juazeiro do Norte, Ceará, durante um período de 12 dias em que foram realizadas medições de suas variáveis ambientais. A análise de conforto se deu com a aplicação do procedimento de avaliação presente na norma ASHRAE 55 conhecido como modelo adaptativo, que analisa a sensação térmica de usuários de edifícios ventilados naturalmente através da correlação entre valores da temperatura do ar externo e a temperatura operativa do ar no interior dos ambientes analisados (ASHRAE, 2010).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### O semiárido brasileiro

A região semiárida do Brasil possui particularidades que a distingue em relação às demais regiões semiáridas do mundo, sendo a mais populosa dentre todas. Metade dos estados do nordeste do Brasil possui ao menos 85% do seu território no clima semiárido (AB'SÁBER, 2003). Este clima é marcado por altos índices de temperatura e baixos índices pluviométricos, com níveis de precipitação

altos em alguns meses do ano e muito baixos durante o período mais seco (ASA, 2017).

O município de Juazeiro do Norte, Ceará, onde foi realizado este estudo, localiza-se na região semiárida do nordeste brasileiro a uma altitude média de 377,3m. O seu clima é classificado como Tropical Quente Semiárido, com uma temperatura do ar média de 24° a 26°C e período chuvoso de janeiro a maio com pluviosidade de 925,1mm anuais (IPECE, 2017). Segundo Lima (2009), os altos índices de temperatura e baixos índices de umidade em alguns meses do ano podem trazer desconforto térmico aos usuários de edificações sem adaptações construtivas que atendam o ser humano no que diz respeito ao conforto ambiental.

### **Modelo adaptativo da ASHRAE 55**

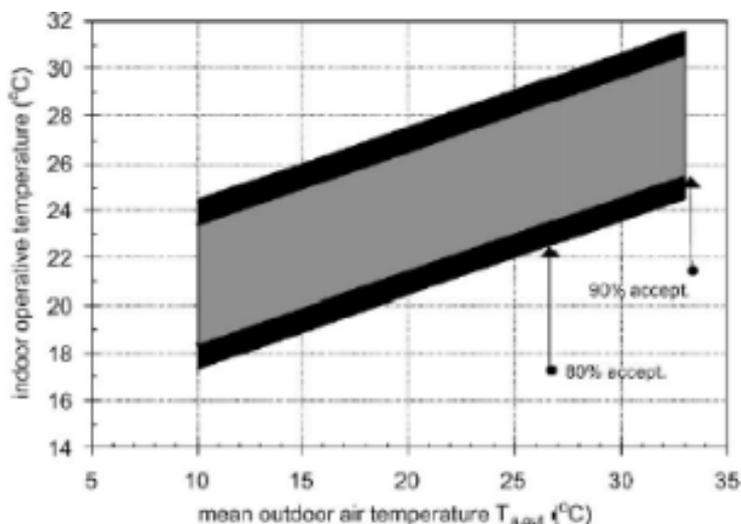
A percepção térmica dos usuários de edificações têm sido alvo de estudos no campo do conforto ambiental há décadas. Segundo Sousa (2018), na década de 1970, Ole Fanger elaborou estudos através de experimentos padronizados realizados em ambientes termicamente controlados que demonstraram a relação entre os conhecimentos fisiológicos do corpo humano e as teorias físicas da termodinâmica baseadas no balanço de calor. O modelo de Fanger demonstrou que a percepção térmica de uma pessoa em um determinado ambiente estaria definida por quatro fatores ambientais, sendo eles a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a umidade, e por dois fatores pessoais, a atividade metabólica e a vestimenta (LAMBERTS, 2011).

Os estudos de Fanger, no entanto, foram realizados em câmaras com condições climáticas controladas sem contato com o meio externo. Segundo De Dear e Brager (2003), estudos posteriores demonstraram que pessoas que vivem em edifícios ventilados naturalmente possuem uma maior capacidade de adaptação à variabilidade sazonal e diária, seja a partir do controle de fatores ambientais, com a abertura ou fechamento de janelas, por exemplo, ou a mudança na vestimenta de acordo com as condições da temperatura externa, o que resulta em um intervalo de aceitabilidade do ambiente térmico mais abrangente. Dessa forma, foi criado o procedimento de avaliação denominado modelo adaptativo, que aborda a relação entre a temperatura de conforto interna e a temperatura do ar externo em ambientes ventilados naturalmente (RUPP e GHISI, 2019).

A associação estadunidense American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) é uma referência internacional na elaboração de normas técnicas no campo do conforto ambiental e eficiência energética, com suas publicações servindo de modelo para estudos em todo o mundo. Na sua norma ASHRAE Standard 55 são contemplados diversos procedimentos de avaliação de conforto térmico, estando entre eles o modelo adaptativo. Segundo Torres (2015), a norma considera o princípio adaptativo com base na tolerância ao calor ou ao frio de acordo com o clima local a partir da temperatura média externa, apresentando limites de aceitabilidade para a temperatura operativa de ambientes naturalmente ventilados.

No modelo adaptativo, equações delimitam uma faixa de temperatura operativa que seria considerada aceitável para até 80% ou 90% dos usuários daquele ambiente térmico (Figura 4) (ASHRAE, 2010). Relacionando aos valores de temperatura do ar externo, delimita-se uma zona de aceitabilidade do ambiente térmico. Caso a temperatura operativa esteja dentro deste intervalo adotado como aceitável, o ambiente será considerado confortável por aquele usuário.

FIGURA 4 Zona de temperatura operativa aceitável em edifícios ventilados naturalmente.



Fonte: ASHRAE Standard 55 (2010)

## METODOLOGIA

O presente estudo propõe uma avaliação de conforto térmico adaptativo no interior de uma edificação geminada localizada no semiárido brasileiro através do cálculo do índice de conforto adaptativo da ASHRAE 55 utilizando dados coletados em medições de variáveis ambientais do interior da residência. Durante o período de medições, a casa esteve desocupada, não havendo interferências no ambiente térmico decorrentes da atividade humana. Pelo mesmo motivo, a circulação da ventilação natural no interior da edificação foi impedida, já que não houve a abertura das esquadrias localizadas nas fachadas. A velocidade do ar no interior da residência atingiu o valor máximo de 0,03 m/s durante o período registrado.

Supõe-se, no entanto, que caso a edificação estivesse ocupada, haveria a abertura constante das esquadrias para a circulação do ar, o que justifica a aplicação do modelo adaptativo de análise, que considera o uso da ventilação natural na delimitação da sua zona de aceitabilidade.

Vale ressaltar que, a análise proposta neste artigo faz parte de um estudo mais amplo que utiliza o mesmo objeto de estudo e os mesmos dados climáticos, sendo parte do desenvolvimento de uma dissertação de mestrado.

### Etapas metodológicas

1. Revisão de literatura;
2. Escolha da residência a ser analisada no estudo e realização de levantamento da mesma;
3. Realização de medições de variáveis ambientais de ambiente interno da residência analisada utilizando a estação microclimática Sensu;
4. Aplicação de modelo adaptativo de avaliação da ASHRAE 55;
5. Análise dos resultados;

### Objeto de estudo

Neste estudo utilizou-se uma residência localizada na Rua Marechal Dutra, nº 270, bairro Pio XII, na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará (Figura 5). Com 4,90m de largura por 16,30m de comprimento, possui apenas um dormitório

localizado entre a sala de entrada e a sala de jantar e cozinha, com um quintal aos fundos do lote. Seu único dormitório não possui portas, o que facilita a circulação do ar no interior. As únicas aberturas que promovem o contato entre o interior e exterior da edificação estão nas suas fachadas frontal e posterior (para o quintal), não havendo nenhum outro tipo de abertura (Figura 6).

FIGURA 5 Fachada frontal da residência analisada neste trabalho (centro da imagem).



Fonte: Google Street View.

FIGURA 6 Planta-baixa da residência analisada.



Fonte: autor.

## Medições de variáveis

O estudo utilizou dados sobre determinadas variáveis ambientais do interior da edificação utilizando a Estação Microclimática Sensus, desenvolvida pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas da Universidade Federal de Santa Catarina e disponibilizada para este estudo pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. O aparelho registra valores de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do ar dos ambientes em que é instalado.

A estação foi instalada no centro do dormitório da residência, coletando dados das variáveis mencionadas 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 7). Os dados foram então tratados para a sua aplicação no estudo (Tabelas 1 e 3).

Paralelamente, foram colhidos também os dados climáticos externos do município durante o mesmo período através do website da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica, que disponibiliza dados climáticos como temperatura, umidade e direção e velocidade dos ventos, coletados no Aeroporto Regional do Cariri, localizado também em Juazeiro do Norte, a 3,5km da residência estudada (Tabelas 2 e 3).

FIGURA 7 Registro das medições realizadas utilizando a estação microclimática Sensu.



Fonte: autor.

TABELA 1A 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

TABELA 1B 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 (%)
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.

TABELA 2A Quadro-resumo dos dados coletados no Aeroporto de Juazeiro do Norte.

Data	T. máx (°C)	T. mín (°C)	T. média (°C)	U.R. máx. (%)	U.R. mín. (%)	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

**TABELA 2B** Quadro-resumo dos dados coletados no Aeroporto de Juazeiro do Norte.

Data	T. máx (°C)	T. mín (°C)	T. média (°C)	U.R. máx. (%)	U.R. mín. (%)	U.R média (%)
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).

**TABELA 3** Quadro resumo dos dados climáticos.

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

**Fonte:** autor, Redemet (2022).

### **Análise de conforto adaptativo**

Segundo a norma ASHRAE 55 (2010), para a análise no modelo adaptativo é preciso definir duas faixas de temperatura operativa consideradas aceitáveis pelos usuários da edificação, sendo uma representativa da sensação térmica de 80% dos usuários, e outra referente à sensação térmica de 90% dos usuários. A velocidade do ar é a variável que define esse intervalo.

Para a análise utilizou-se a ferramenta CBE Thermal Comfort Tool, desenvolvida por técnicos da Universidade de Berkeley, Estados Unidos, e disponibilizada para uso público em seu website. A ferramenta dispõe para análise no modelo adaptativo da ASHRAE 55 três velocidades do ar distintas, sendo 0,3, 0,6 e 0,9 m/s. Neste estudo foram feitas três análises utilizando estes valores de

velocidade do ar disponíveis na ferramenta, considerando que, caso a edificação estivesse ocupada, a velocidade do ar poderia atingir valores consideráveis devido a abertura das esquadrias para ventilação. Verificou-se também no estudo de Macedo (2021) que em cidade do semiárido paraibano foram registradas velocidades do ar entre 0,2 e 0,5 m/s no interior de edificações analisadas.

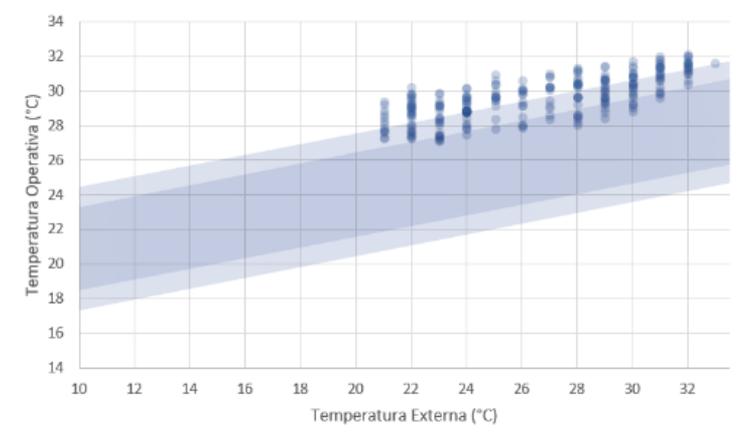
Realizou-se o cálculo dos valores de temperatura operativa para cada hora em que foram realizadas as medições, e após aplicar a zona de conforto adaptativo da ASHRAE 55 para cada velocidade do ar escolhida, foi possível verificar a quantidade de horas em conforto em cada cenário para 80% e 90% dos usuários.

## RESULTADOS

Os resultados da análise indicam que, para uma velocidade do ar de 0,3 m/s, estiveram dentro da zona de conforto 42,70% e 13,50% das horas para um limite de aceitabilidade de 80 e 90% dos usuários, respectivamente (Figura 8). Quando a velocidade do ar aplicada no modelo é de 0,6 m/s, verifica-se que 91,27% e 49,21% das horas estavam dentro da zona de conforto para o mesmo limite de aceitabilidade (Figura 9). Com uma velocidade do ar de 0,9 m/s, obtêm-se 99,20% das horas dentro da zona de conforto para 80% dos usuários e 80,15% para 90% dos usuários (Figura 10).

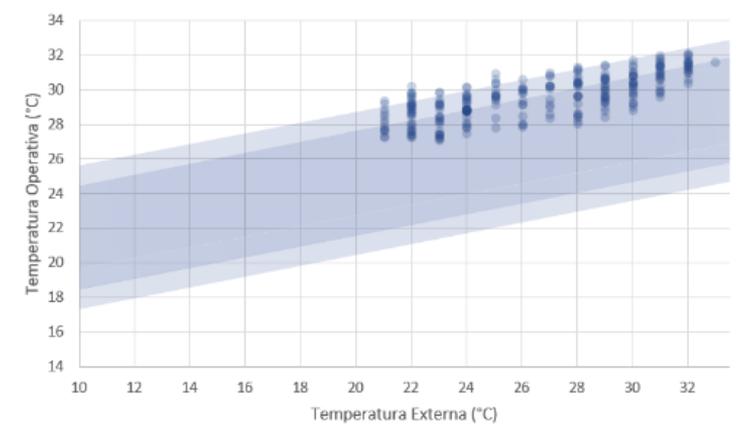
Os dados de temperatura operativa do ambiente interno apresentaram um valor máximo de 32,09°C às 16:00 do dia 03/02, e um valor mínimo de 27,11°C às 07:00 do dia 30/01, com uma média de 29,51°C para todos os dias (Tabela 8).

FIGURA 8 Modelo adaptativo - velocidade do ar 0,3 m/s



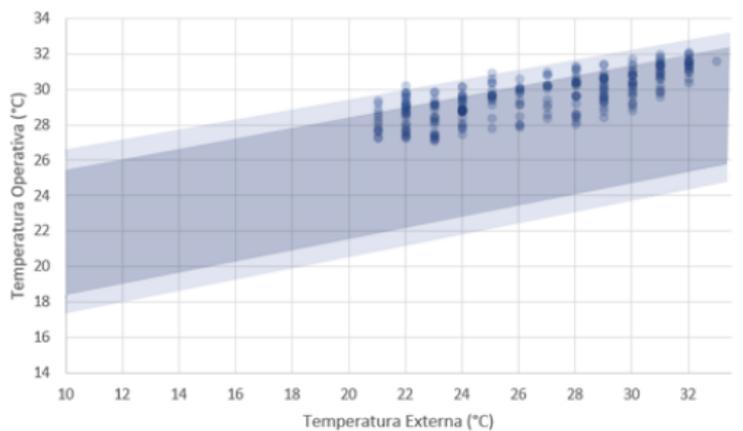
Fonte: autor.

FIGURA 9 Modelo adaptativo - velocidade do ar 0,6 m/s.



Fonte: autor.

FIGURA 10 Modelo adaptativo - velocidade do ar 0,9 m/s.



Fonte: autor.

TABELA 4 Quantidade de horas em conforto.

Aceitabilidade	V.ar 0,3 m/s	V.ar 0,6 m/s	V. ar 0,9 m/s
80%	42,07%	91,27%	99,20%
90%	13,50%	49,21%	80,15%

Fonte: autor.

TABELA 5 Quadro-resumo dos dados de temperatura operativa.

	Máxima	Mínima	Média	Mediana	Amplitude	Desvio padrão
<i>TO</i>	32.09	27.11	29.51	29.43	4.98	1.215

Fonte: autor.

## CONCLUSÕES

O objetivo principal deste estudo foi realizar uma avaliação de conforto térmico em uma edificação geminada localizada no clima semiárido brasileiro, sendo a tipologia geminada recorrente nessa região. Dessa forma, pôde-se analisar a adequação desse tipo arquitetônico ao clima local, bem como a influência do aumento nos valores da ventilação natural para a obtenção de conforto térmico.

Aplicando o procedimento de análise adaptativa da ASHRAE 55, verificou-se que os resultados apontaram um aumento considerável na quantidade de pessoas confortáveis no ambiente à medida que se aumentou o nível de velocidade do ar, com o conforto térmico sendo atingido em até 42,07% das horas para uma velocidade do ar de 0,3 m/s, em 91,27% das horas para uma velocidade do ar de 0,6 m/s e em até 99,20% das horas para uma velocidade do ar de 0,9 m/s.

Conclui-se então que o incremento na velocidade do ar em edificações geminadas no clima semiárido representa também o aumento na quantidade de pessoas em conforto, destacando-se a importância de incentivar o uso dessa estratégia passiva que possui grande disponibilidade no território brasileiro para a melhoria da eficiência energética dos edifícios, sendo fundamental incentivar o uso de soluções que possam promover a diminuição do consumo de energia elétrica das construções para uma efetiva aplicação de práticas sustentáveis na arquitetura.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidade paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- 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.
- ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2010.

- BRAGER, G.; DE DEAR, R. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings**: revision to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, v. 34, n. 6, p. 549–561, jul. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)
- 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.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE). (2020b). *Balanco Energético Nacional 2020: Ano Base 2019*. Rio de Janeiro: EPE
- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 Juazeiro do Norte**. Fortaleza, 2017.
- LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações**. 2005. 42p. Apostila Disciplina: ECV 5161. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- LIMA, M.; RIBEIRO, E. **Diretrizes urbanísticas e Construtivas para Cidades de clima semiárido**. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 1(4), 20–41. Campinas, nov. 2009. DOI: <http://doi.org/10.20396/parc.v1i4.8634499>. Acesso em 28 de maio de 2020.
- 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.
- 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.
- Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica — REDEMET. Disponível em: <http://redemet.aer.mil.br>. Acesso em 20 de maio de 2022.

- 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.
- TORRES, D. **Desempenho térmico de habitações populares em Alagoas**: alternativas para adequação climática. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2015.