

## **AValiação DO CONFORTO Térmico POR MEIO DE Índices BIOCLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE APODI-RN.**

**Daniel Fernandes da Silva<sup>1</sup>, Maria do Socorro Medeiros de Souza<sup>2</sup>, Ana Vitória Benevides Câmara<sup>3</sup>, Ernandes Medeiros Rufino de Sousa<sup>4</sup>, João Luis Medeiros de Souza Filho<sup>5</sup>, Sofia Medeiros Rufino de Sousa<sup>6</sup>**

<sup>1,3,4,5,6</sup>Estudante da UFERSA, Caraúbas, Brasil([daniel.silva45319@alunos.ufersa.edu.br](mailto:daniel.silva45319@alunos.ufersa.edu.br))

<sup>2</sup>PROFESSOR DA UFERSA – Caraúbas, RN, Brasil.

**Resumo:** O estudo analisou o conforto térmico em Apodi (2011–2012) a partir da temperatura do ar, umidade relativa e dos índices IC, IDT e ITU. Os resultados indicaram temperaturas elevadas associadas a valores altos desses índices, evidenciando desconforto térmico frequente, mais intenso nos meses mais quentes, e a presença de estresse térmico persistente na região

**Palavras-chave:** Temperatura; Umidade; Sensação térmica;

### **INTRODUÇÃO**

A contemporaneidade pode ser caracterizada, entre outros aspectos, pela globalização, pela intensificação da comunicação, pela busca por precisão e pela padronização de processos. Esses elementos estão fortemente presentes na arquitetura, na qual, em muitos projetos, questões como climatização e iluminação são solucionadas predominantemente por meio de sistemas mecânicos (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

O uso crescente de recursos artificiais nas edificações estimulou a preocupação com a eficiência energética, a qual, segundo De Dear et al. (2013), tende a orientar as pesquisas sobre conforto térmico nas próximas décadas.

O conforto térmico está diretamente relacionado ao bem-estar em ambientes internos e externos. Nos espaços internos, as condições térmicas são frequentemente modificadas por meios artificiais, como o uso de ar-condicionado em regiões quentes e aquecedores em regiões frias. O equilíbrio térmico do corpo humano depende da taxa metabólica, das trocas radiativas e convectivas com o ambiente e da perda de calor por evaporação da transpiração na superfície corporal (Barry; Chorley, 2009).

A umidade relativa do ar exerce influência significativa sobre a sensação térmica. Ambientes com temperaturas elevadas associadas a altos índices de umidade são percebidos como mais quentes do que indicam os valores reais de temperatura. Isso ocorre porque a grande quantidade de vapor d'água no ar dificulta a evaporação do suor, reduzindo o resfriamento evaporativo da pele e intensificando o desconforto térmico. Além disso, a velocidade do

vento também interfere na percepção térmica (Moraes, 2013).

O clima influencia o homem, assim como o homem interfere na dinâmica climática por meio de suas atividades. Embora a influência humana no clima em escala global ainda seja tema de debate científico, é consenso que as ações antrópicas modificam o clima em escala local, especialmente no ambiente urbano, onde a paisagem natural é intensamente transformada (Queiroga, 2019).

A análise do conforto térmico em ambientes externos contribui para a melhoria da qualidade dos espaços urbanos, influenciando o uso desses locais, o comportamento das pessoas e o planejamento de novas áreas, refletindo diretamente na qualidade de vida (Cavalcante et al., 2017).

Além disso, o estudo dos elementos naturais da paisagem fornece subsídios importantes para o planejamento urbano, o ordenamento territorial e a preservação de um meio ambiente equilibrado (Pereira; Nunes; Sousa, 2022).

O Índice de Calor (Heat Index) expressa a resposta do corpo humano à combinação entre temperatura do ar e umidade, indicando que, quando a taxa de evaporação é reduzida, o desconforto térmico aumenta, resultando na sensação de ambiente abafado (Christopherson, 2012).

Diversos autores destacam que a arborização urbana desempenha papel fundamental na estabilização climática, no embelezamento das cidades e na promoção do bem-estar psicológico e social. No entanto, sua implantação deve estar prevista no plano diretor ou em projetos específicos de arborização, para

que seus benefícios sejam plenamente aproveitados (Fernandes, 2014).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar os índices de conforto e desconforto térmico na cidade de Patos (PB), a partir de dados meteorológicos, considerando as condições climáticas predominantes ao longo dos dois anos e sua influência no desconforto térmico da população

## MATERIAL E MÉTODOS

O município apresenta clima semiárido do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com pluviosidade anual inferior a 800 mm e ocorrência de déficit hídrico durante a maior parte do ano. A temperatura máxima do ar varia entre 32 °C e 36 °C, enquanto a mínima oscila entre 21 °C e 23 °C. A umidade relativa do ar apresenta variação entre 43% e 76%, sendo os menores valores registrados nos meses de agosto e setembro, período caracterizado pela estiagem na região (IBGE, 2022).

O desenvolvimento da pesquisa compreendeu as etapas de levantamento, tratamento, análise e interpretação dos dados. As informações meteorológicas do município foram obtidas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à estação de Apodi (RN), assegurando a confiabilidade e a padronização das variáveis climáticas empregadas no estudo.

Neste trabalho, foram utilizados dados históricos de temperatura máxima do ar e umidade relativa média, referentes aos anos de 2011 e 2012, provenientes do banco de dados das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), aplicados à caracterização das condições térmicas do município.



Figura 1. Imagem do município de Apodi via satélite.

Fonte:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Apodi#Povoados>.

A partir dessas informações, foram calculados os índices de conforto térmico: Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Esses índices foram escolhidos por sua ampla aplicação em estudos

climatológicos e biometeorológicos, permitindo avaliar de forma integrada os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o organismo humano.



Figura 2. Estação meteorológica de Caicó-RN

**Quadro 1.** Níveis de alerta e possíveis sintomas fisiológicos às pessoas, de acordo com o Índice de Calor, adaptação de National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA (1991)

| Índice de Calor | Nível de perigo | Síndrome de calor                                                                                              |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IC < 27 °C      | Ausência        | Ausência                                                                                                       |
| 27 – 32 °C      | Atenção         | Fadiga                                                                                                         |
| 32 – 54 °C      | Muito cuidado   | Câimbras, esgotamento, insolação para exposições prolongadas.                                                  |
| 41 – 54 °C      | Perigo          | Câimbras, insolação e esgotamento prováveis. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas. |
| IC > 54 °C      | Extremo perigo  | Insolação e Acidente vascular cerebral (AVC) eminente.                                                         |

Fonte: Steadman (1979)

O Índice de Calor (**Equação 1**) foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Steadman (1979), sendo função da temperatura do ar e da umidade relativa, representando a sensação térmica percebida pelo corpo humano de acordo com o **Quadro 1**.

**Equação 1:**

$$IC = -42,379 + 2,04901523 \cdot T + 10,14333127 \cdot UR - 0,22475541 \cdot T \cdot UR - 0,00683783 \cdot T^2 - 0,05481717 \cdot UR^2 + 0,0122874 \cdot T^2 \cdot UR + 0,00085282 \cdot T \cdot UR^2 - 0,00000199 \cdot T^2 \cdot UR^2 \dots\dots\dots (1)$$

onde :Temperatura máxima (°C) e UR a umidade relativa (%).

**Quadro 2.** Nível de Desconforto Térmico em função do Índice de Desconforto Térmico

| IDT (°C)      | Nível de Desconforto Térmico |
|---------------|------------------------------|
| IDT < 14,9 °C | Desconfortável               |
| 15 – 19,9 °C  | Confortável                  |
| 20 – 26,4 °C  | Conforto parcial             |
| IDT > 26,5 °C | Desconfortável               |

Fonte: Silva et al.(2009)

O Índice de Desconforto Térmico (IDT) foi calculado conforme a metodologia proposta por Thom (1959), sendo expresso pela **Equação 2**, em que o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa. Com base nos valores de IDT, é possível identificar o nível de desconforto, utilizando o Quadro 2.

**Equação 2:**

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (T - 14,5) \dots\dots\dots (2)$$

Onde :T– temperatura máxima (°C) e UR a umidade relativa (%).

**Quadro 3.** Nível de conforto térmico em função do Índice de Temperatura e Umidade

| Nível de conforto           | ITU           |
|-----------------------------|---------------|
| Confortável                 | 42 < ITU < 24 |
| Levemente desconfortável    | 24 < ITU < 26 |
| Extremamente desconfortável | ITU > 26      |

Fonte: Silva et al.(2009)

Já o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado conforme metodologia adaptada de Silva et al. (2009), sendo determinado pela **Equação 3**. Com base nos resultados de ITU, é possível observar o nível de conforto térmico, de acordo com o Quadro 3.

**Equação 3:**

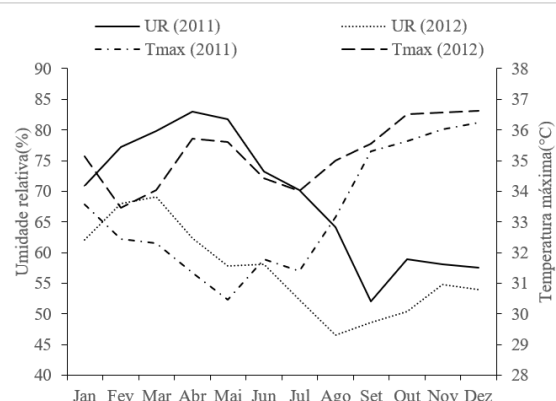
$$ITU = 0,8 \cdot T + (UR \cdot T) / 500$$

onde T– temperatura máxima (°C) e UR a umidade relativa (%).

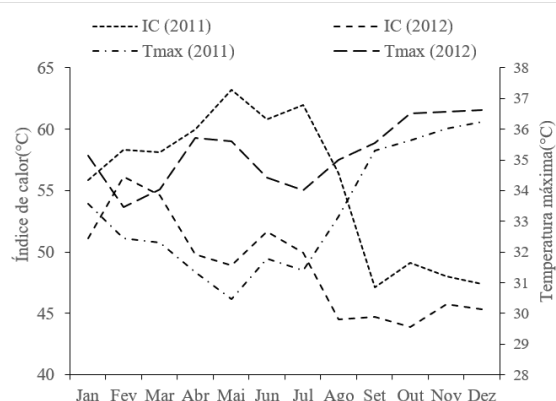
Os valores obtidos para os índices IC, IDT e ITU foram analisados mensalmente, permitindo avaliar as condições de conforto térmico ao longo dos anos de 2011 e 2012 no município de Apodi – RN.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos para o município de Apodi – RN evidenciam condições climáticas típicas de regiões semiáridas, caracterizadas por elevadas temperaturas e variações na umidade relativa do ar, influenciando diretamente os índices de conforto térmico

**Figura 1 –** Variação da temperatura média do ar e da umidade relativa no município de Apodi, 2011 e 2012.

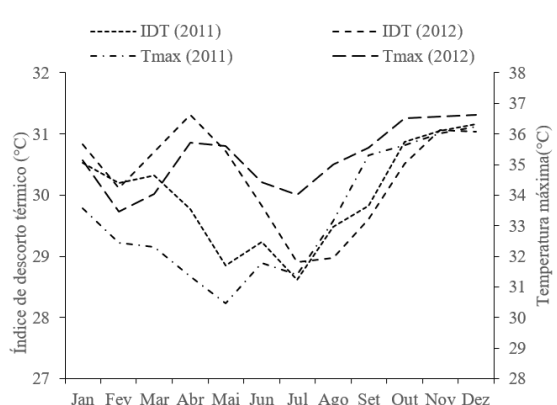
Observa-se aumento de 1,91 °C na temperatura média do ar de 2011 para 2012, com média geral de 34,27 °C no período. Em contrapartida, a umidade relativa apresentou redução acentuada em 2012 (11,88%), resultando em média de 62,95%. A combinação de temperaturas elevadas e menor umidade favorece a intensificação do desconforto térmico para a população.

**Figura 2 –** Comportamento do Índice de Calor (IC) e da temperatura média, 2011 e 2012.

Em 2011, o IC variou entre 47,15 °C e 63,21 °C, com média de 55,53 °C. Em 2012, os valores oscilaram entre 43,89 °C e 56,13 °C, com média de 48,86 °C. A média do período foi de 52,20 °C, enquanto as temperaturas médias variaram entre 30,45 °C e 36,63 °C. Esses valores caracterizam nível de perigo à saúde

humana, com riscos de câimbras, insolação e esgotamento em exposições prolongadas. De acordo com Santos et. al, (2015), essas são condições de temperaturas altas, que pode acarretar no aumento do metabolismo celular do organismo, como também a produção de calor, de modo que o organismo começa a apresentar sintomas como intensa sudorese, alteração na respiração e frequência cardíaca.

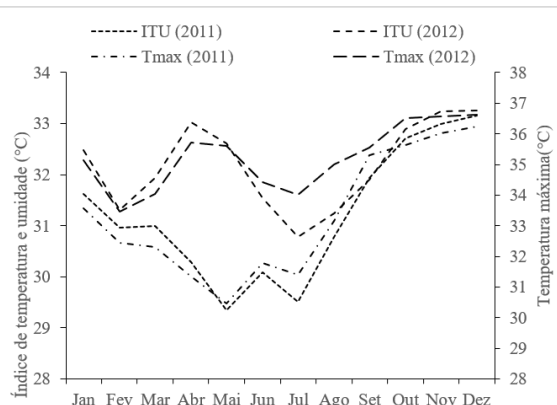
Figura 3 – Variação do Índice de Desconforto Térmico (IDT), 2011 e 2012.



A temperatura média do período foi de 34,27 °C. O maior valor do IDT ocorreu em dezembro de 2011 (31,16 °C), e o menor em julho de 2012 (28,90 °C). Mesmo os menores valores são classificados como desconfortáveis, indicando exposição contínua da população a condições térmicas desfavoráveis.

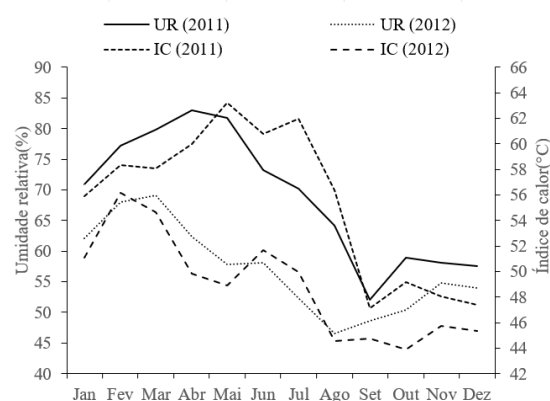
A ausência de superfícies líquidas e de áreas verdes, a reduz consideravelmente, aumentando assim, a sensação de desconforto térmico tais materiais apresentam alta condutividade térmica e capacidade calorífica, absorvendo e mantendo o calor no ambiente urbano (Dimoudi et al., 2013).

Figura 4 – Comportamento do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e da temperatura média mensal, 2011 e 2012.



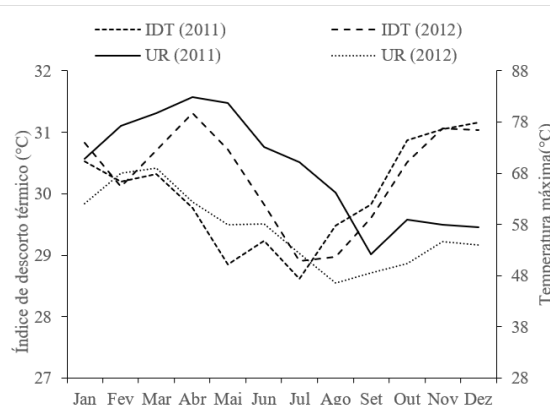
O menor valor do ITU foi registrado em maio de 2011 (29,35 °C), e o maior em dezembro de 2012 (33,26 °C). A distribuição dos valores evidencia comportamento semelhante ao da temperatura média mensal, demonstrando forte relação entre o aumento da temperatura e a elevação do ITU, reforçando o desconforto térmico no período.

Figura 5 – Sensação térmica pelo Índice de Calor (IC) e variação da umidade relativa, 2011 e 2012.



As médias do IC permaneceram acima de 52 °C nos anos analisados, caracterizando nível perigoso de exposição ao calor, com probabilidade de câimbras, insolação e esgotamento físico. A umidade relativa não apresentou padrão contínuo, e suas variações contribuíram para intensificar a sensação térmica.

Figura 6 – Relação entre o Índice de Desconforto Térmico (IDT) e a temperatura média mensal, 2011 e 2012.



O IDT apresentou média de 30,15 °C, variando entre 28,61 °C e 31,32 °C. A diferença entre os menores valores de 2011 (28,61 °C) e 2012 (28,90 °C) foi de 0,29 °C. A temperatura média foi de 35,22 °C, com picos superiores a 36 °C em outubro, novembro e dezembro de 2012, atingindo 36,63 °C em dezembro. Esses resultados confirmam a persistência de



condições térmicas desconfortáveis ao longo do período.

### CONCLUSÃO

Ao considerar as médias das médias das variáveis meteorológicas e dos índices bioclimáticos no município de Apodi, observa-se que a temperatura média do ar foi de 34,27 °C, enquanto a umidade relativa do ar apresentou média de 62,95%.

Em resposta a essas condições, o Índice de Calor (IC) registrou média de 52,20 °C, o Índice de Desconforto Térmico (IDT) apresentou média de 30,15 °C e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) alcançou média de 31,30 °C.

Esses valores consolidados evidenciam, de forma integrada, a predominância de condições persistentes de desconforto térmico e nível de perigo ao longo do período analisado.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA) e apoio à pesquisa o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela ajuda pela disponibilidade dos dados para o desenvolvimento desta pesquisa e autores.

### REFERÊNCIAS

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, weather and climate**. 9.ed.Routledge, 2009

BDMEP. Brasília, DF: INMET. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2026.

CAVALCANTE, F. et al. **Análise do índice de calor e desconforto térmico na cidade de CAICÓ-RN**. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO\\_EV074\\_MD1\\_SA4\\_ID811\\_02102017153617.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA4_ID811_02102017153617.pdf). Acesso em: 01 ago. 2022.

CHRISTOPHERSON, R. W. Geossistemas: Uma Introdução à Geografia Física. **Bookman Editora**, 2012. 752p.

DE DEAR, et al. Progress in thermal comfort research over the last twenty years. **Indoor Air**, v. 23, p. 442–461, 2013.

DIMOUNDI,A.;KANTZIOURA,A.;ZORAS,D.;PAL LAS,C.;KOSMOPOULOS,P.Investigation of urban microclimate parameters in urban center.**Energy and Buildings**.v.64, 2013, pg.1-9.

FERNANDES, Larissa Pivetta. **Avaliação do conforto térmico em espaços livres públicos: Estudo de caso no entorno de praças do município de Londrina, Paraná. Londrina**. 2014. Disponível em: [https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11900/2/LD\\_COEAM\\_2013\\_2\\_14.pdf](https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11900/2/LD_COEAM_2013_2_14.pdf). Acesso em: 04 mar. 2023.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. Cidades e Estados: Apodi (RN). Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2026.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 dez. 2025.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. **Eletrobrás/Procel**, v. 3, 2014.

MORAIS, J. D. M. **Análise exploratória de diferenças de conforto térmico entre dois padrões de ocupação urbana representados por ocupação espontânea e por ocupação planejada**. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

PEREIRA, P.B.; NUNES, H.K. de B.; SOUSA, A. da S. Caracterização Geoambiental do município de Caxias, Maranhão/Brasil. **Revista Geografia em Atos (Online)**, v.6, p. 1-19, 2022

QUEIROGA, D.Q. **O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Patos – PB**. Caraúbas. 2019.

SANTOS, J. B. et. Al. **Análise temporal da sensação térmica nas cidades de Patos e São Gonçalo (Sousa), Paraíba, Brasil**. Anais II WIASB. Editora Realize. 2015.

SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; Brito, R.S.; CAMPOS; J.H.B.C. (2009). **Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil**. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-008-0726-3.