

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO CONFORTO TÉRMICO EM CAICÓ (RN), BRASIL

**Maria do Socorro Medeiros de Souza¹, Ana Vitória Benevides Câmara², Daniel
Fernandes da Silva³, João Luis Medeiros de Souza Filho⁴, Ernandes Medeiros Rufino
de Sousa⁵, Sofia Medeiros Rufino de Sousa⁶**

¹ PROFESSOR DA UFERSA – Caraúbas, RN, Brasil (socorro08@ufersa.edu.br)

^{2,3,4,5,6} Estudante da UFERSA– Caraúbas, RN, Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar o índice de sensação térmica no município de Caicó, no estado do Rio Grande do Norte, a partir de dados históricos de temperatura máxima do ar e umidade relativa, referentes aos anos de 2019 e 2020. As informações utilizadas foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Palavras-chave: Clima; Temperatura; Calor; Umidade; Tempo

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, especialmente quando ocorre de forma rápida e desordenada, pode provocar impactos significativos nas condições climáticas locais. A urbanização contribui para alterações no microclima das cidades por meio de ações como desmatamento, impermeabilização do solo e redução da cobertura vegetal, fatores que favorecem o aumento da temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa. Essas mudanças intensificam a ocorrência de ilhas de calor e de períodos de calor extremo, afetando diretamente o conforto térmico da população. Nesse contexto, o planejamento urbano adequado torna-se fundamental para minimizar a sobrecarga térmica nas áreas urbanizadas.

A relação entre o homem e o clima nas cidades é mútua. Desde o século XX, o avanço do processo de urbanização tem modificado significativamente o ambiente urbano, alterando a estrutura das cidades e, sobretudo, a temperatura do ar, o que resulta no aumento do desconforto térmico para seus habitantes. Assim, ferramentas que permitam avaliar as condições térmicas do ambiente são essenciais para compreender seus efeitos sobre o organismo humano e subsidiar estratégias de adaptação e mitigação.

Entre essas ferramentas, destaca-se o Índice de Calor (IC), amplamente utilizado para classificar as sensações térmicas percebidas pelo corpo humano. Proposto por Steadman (1979), o IC considera fatores

como temperatura do ar, umidade, radiação, velocidade do vento e características fisiológicas, os quais influenciam diretamente a percepção térmica. Elementos como a radiação solar e a velocidade do vento interferem na evaporação do suor e, consequentemente, na capacidade do organismo de dissipar calor.

Outro indicador importante é o Índice de Desconforto Térmico (IDT), modelo matemático proposto por Thom (1959), que relaciona principalmente a temperatura do ar e a umidade relativa, sendo uma ferramenta relevante para a avaliação das condições térmicas em ambientes internos e externos.

A análise do conforto térmico possui grande relevância para a saúde pública, pois o desconforto térmico pode afetar diretamente o bem-estar da população. A partir desses índices, é possível propor medidas preventivas e corretivas, como políticas de arborização urbana, criação de áreas verdes e estratégias de adaptação que reduzam os efeitos do calor excessivo nas cidades.

Dessa forma, entre os principais índices utilizados na avaliação do conforto térmico destacam-se o Índice de Calor (IC), o Índice de Desconforto Térmico (IDT) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que consideram a interação entre temperatura do ar, umidade relativa, vento e radiação na determinação da sensação térmica.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Caicó está situado no interior do estado do Rio Grande do Norte, entre as coordenadas geográficas 06°27'19" S de latitude e 37°05'23" W de longitude. Limita-se a oeste com o estado da Paraíba e com o município de Jardim de Piranhas, e a leste com São Fernando e novamente com Jardim de Piranhas. A Figura 1 apresenta a localização do município por meio de imagem de satélite.

Caicó possui área territorial de 1.227,35 km², correspondente a aproximadamente 2,32% da superfície estadual. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada no Censo de 2017 foi de 67.377 habitantes. A vegetação predominante é a Caatinga, caracterizada por espécies adaptadas à seca, com árvores de porte retorcido e elevada resistência às condições de aridez.



Figura 1. Localização do município de Caicó-RN.

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados climatológicos referentes aos anos de 2019 e 2020, obtidos por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme ilustrado na Figura 2. Foram consideradas, como variáveis principais, a temperatura máxima do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%), por serem parâmetros fundamentais na avaliação das condições térmicas e da sensação de conforto humano.

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.

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 - 41 °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)



Figura 2. Estação de meteorológica de Apodi – RN.

A metodologia de Steadman (1979) foi empregada para calcular o índice de calor, conforme descrito pela Equação 1. O cálculo do Índice de Calor (IC) é obtido a partir da temperatura máxima diária (T), medida em graus Celsius (°C), e da umidade relativa do ar (UR), expressa em porcentagem (%), utilizando-se a temperatura do bulbo seco. A fórmula para o cálculo é apresentada abaixo na Equação 1:

$$IC = -42.379 + 2,04901523.T + 10.14333127.UR - 0.22475541.T.UR - 0.00683783.T^2 - 0.05481717.UR^2 +$$

$$0.0122874.T^2.UR + 0.00085282.T.UR^2 - 0.00000199.T^2UR^2 \dots\dots\dots(1)$$

A determinação do índice de calor foi realizada seguindo a metodologia proposta por Steadman (1979). O cálculo do índice leva em consideração a temperatura máxima e a umidade relativa do ar, e resulta em uma sensação térmica percebida pelo organismo, como apresentado no Quadro 1.

Para o cálculo do Índice de Desconforto Térmico (IDT), utilizou-se a metodologia proposta por Thom (1959), que leva em consideração a temperatura máxima e a umidade relativa do ar. O cálculo do índice é representado pela Equação 2, na qual o IDT é expresso em graus Celsius (°C), enquanto a temperatura (T) é medida em graus Celsius (°C), e a umidade relativa do ar (UR) é expressa em porcentagem (%). A fórmula utilizada é apresentada abaixo:

Equação 2: F

$$IDT = T - (0.55 - 0.0055 * UR). (T - 14.5) \dots\dots\dots(2)$$

A partir dos valores de referência do Índice de Desconforto Térmico (IDT), torna-se possível identificar o nível de desconforto, conforme apresentado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2. Nível de Desconforto Térmico em função do IDT.

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

Fonte: Silva et al.(2009).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é empregado com o intuito de mensurar o desconforto em ambientes urbanos. O quadro 3 apresenta os valores de referência para o conforto térmico de acordo com os índices de ITU. A equação 3, que expressa o cálculo do índice de desconforto térmico em °C, é dada pela fórmula na qual ITU é o índice de desconforto térmico em °C, Tar é a temperatura do ar em °C e UR é a umidade relativa do ar em %.

Equação 3:

$$ITU = 0.8 * T_{ar} + \frac{U_R * T_{ar}}{500}$$

Quadro 3. Nível de conforto térmico em função do ITU.

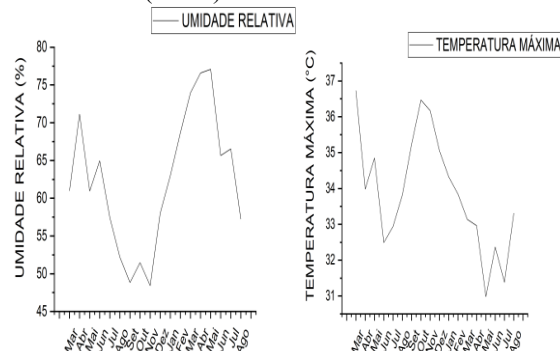
Nível de conforto	ITU
Confortável	42<ITU<24
Levemente desconfortável	24<ITU<26
Extremamente desconfortável	ITU>26
Nível de conforto	ITU
Confortável	42<ITU<24
Levemente desconfortável	24<ITU<26
Extremamente desconfortável	ITU>26

Fonte: Silva et al.(2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados estatísticos, foi possível gerar gráficos para avaliar as variações de temperatura, umidade relativa do ar, índice de calor, índice de desconforto térmico e índice de temperatura e umidade. Durante o período de observação, que ocorreu entre março de 2019 e agosto de 2020, as estações registraram uma vasta extensão de informações, o que nos permitiu uma análise mais profunda das oscilações desses parâmetros.

Gráfico1. Comportamento mensal da média da Temperatura máxima média (TMM) e Umidade relativa do ar (URM).



No Gráfico 1, é possível observar a variação da TMM durante o período de estudo na cidade de Caicó - RN. O mês de março de 2019 registrou o maior valor de TMM, que foi de 36,73°C, enquanto em agosto de 2019 a temperatura mínima foi de 31,31°C. A URM apresentou seu maior valor em maio de 2019, com 77,08%, e o menor valor em novembro de 2020, com 48,42%. A temperatura média final registrada foi de 33,89°C.

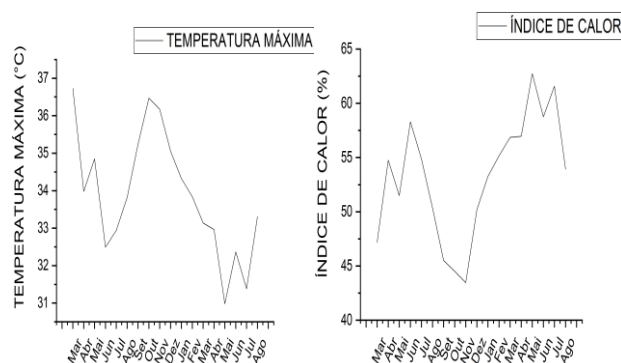
Durante o verão, os valores de temperatura do ar são superiores e os valores de umidade relativa são inferiores. No período de inverno, esses valores se invertem, apresentando temperaturas mais amenas e maiores níveis de umidade relativa. Dessa forma, é possível observar que a temperatura do ar e a umidade relativa apresentam uma relação oposta, com

temperaturas elevadas no verão e temperaturas mais amenas no inverno.

Esses resultados corroboram com os achados de Neves et al. (2012). No entanto, é importante destacar que, mesmo que haja uma relação de proporcionalidade entre a temperatura e a umidade, Sardo et al. (2013) afirmam que pode haver situações em que ocorram temperaturas elevadas em determinados momentos do dia.

fisiológicas como obesidade, idade, condições médicas como hipertensão ou o uso de determinados medicamentos que são capazes de interferir na capacidade do corpo de regular a temperatura corporal, tudo isso podem aumentar ainda mais os níveis de desconforto, tornando-os mais elevados do que os estimados por meio do cálculo do IC (Nóbrega et al., 2011).

Gráfico 2. Comportamento mensal da média do Índice de calor (IC) e Temperatura máxima do ar (TMM).



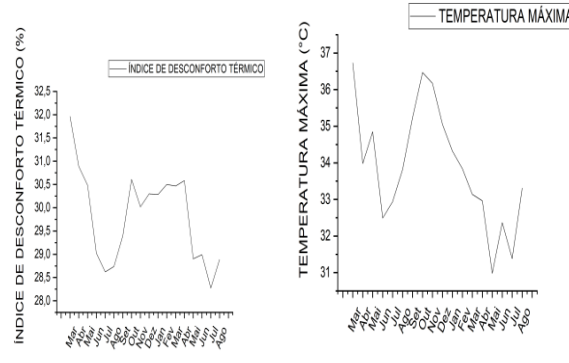
Por meio do Gráfico 2, pode-se observar que os índices do Índice de Calor (IC) variaram entre 43,47°C e 56,96°C. Os valores médios das temperaturas variaram de 30,98°C a 36,73°C. Durante o período analisado, o menor valor de IC foi de 43,47°C e o valor máximo foi de 62,74°C.

Ao analisar o quadro 1, que apresenta os níveis de alerta e possíveis sintomas no corpo humano em relação ao alto grau de calor, verificamos que o IC do município de Caicó-RN apresenta riscos à saúde humana, variando desde o menor valor de IC calculado (43,73°C), classificado como nível de perigo com riscos à saúde humana, como esgotamento, insolação e possibilidade de AVC, até o seu maior valor (62,74°C), classificado como extremo perigo, podendo causar insolação e uma maior probabilidade de Acidente Vascular Cerebral (AVC), principalmente em pessoas predispostas.

Já os valores da sensação térmica, apresentados no Gráfico 2, indicam uma média superior a 50,00°C. Segundo Santos et al. (2015), o fenômeno de onda de calor é decorrente de taxas de temperaturas altas, trazendo algumas consequências, como um maior desconforto térmico, além de várias síndromes mostradas no quadro 1.

É importante destacar que a análise do conforto térmico está diretamente relacionada a outros fatores além dos climáticos, nos quais as condições

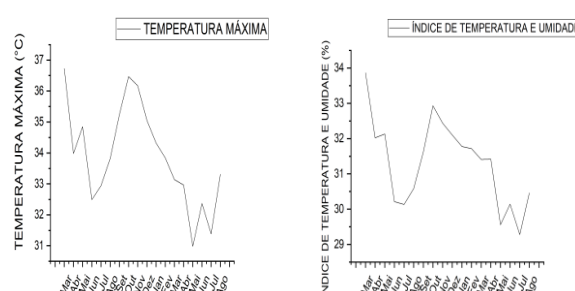
Gráfico 3. Comportamento mensal da média do Índice de desconforto térmico (IDT) e a Temperatura máxima do ar (TMM).



A partir do Gráfico 3, é possível observar que a temperatura média durante o período foi de 33,89°C. Em 2019, o valor máximo do IDT foi registrado em março, com 31,96°C, um valor considerado desconfortável em comparação com o Quadro 2. Já o valor mínimo de IDT em 2019 foi registrado em julho, com 28,27°C. Com base nesses dados, é evidente que mesmo os valores mais baixos de IDT no período ainda são considerados desconfortáveis para a população de Caicó-RN.

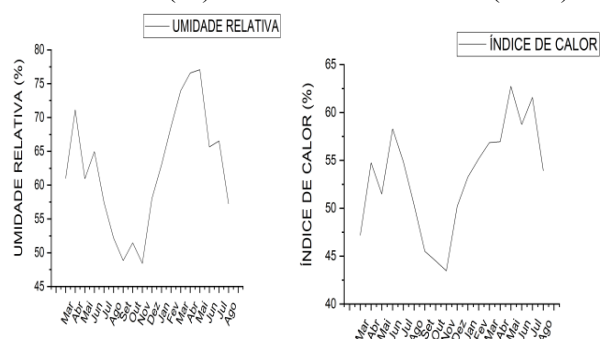
De acordo com Silva et al. (2009), o Índice de Desconforto Térmico (IDT) está diretamente relacionado ao nível de conforto térmico. Os autores estabelecem que $IDT < 26,4$ é parcialmente confortável, enquanto $IDT > 26,5$ é considerado desconfortável.

Gráfico 4. Comportamento mensal da média do Índice de temperatura e umidade (ITU) e temperatura máxima do ar (TMM).



Com base na análise do Gráfico 4, verificou-se que o valor mais baixo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) durante o período estudado, foi encontrado em 2019 e foi de 29,56°C registrado em julho, por outro lado, o valor mais alto encontrado também no mesmo ano foi de 33,86°C, registrado em março. A comparação dos valores do ITU, que variam do menor para o maior, em relação com a análise do quadro 3 apresentada sobre o ITU para a população de Caicó-RN, foram observados valores considerados extremamente desconfortáveis, os quais representam diversos riscos e comprometem a qualidade de vida dos moradores do município potiguar.

Gráfico 5. Comportamento mensal da média do Índice de calor (IC) e umidade Relativa do ar (URM).

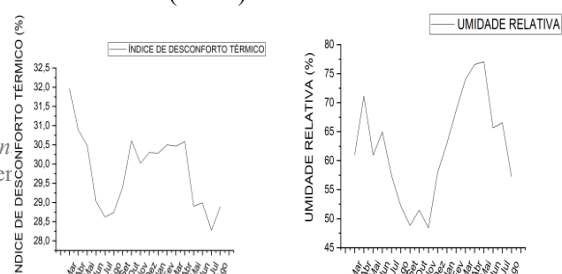


De acordo com o Gráfico 5, que apresenta os valores da sensação térmica registrados através do Índice de Calor (IC), pode-se observar que a média mensal para todos os meses em estudo está acima de 50,00 °C. Esse resultado é bastante preocupante, pois denota um nível de alerta perigoso e indica a possibilidade de ocorrer fadiga, sonolência, esgotamento e até mesmo dano cerebral, caso haja excessiva exposição por parte da população da região do Caicó-RN.

Além disso, a curva da temperatura não apresenta um padrão contínuo, havendo um aumento no período com um valor médio de 33,89°C. Essas condições são extremamente relevantes, visto que em ambientes com elevada umidade relativa do ar, podem ser prejudiciais ao ser humano, causando desconforto. De acordo com Costa et al. (2010), quando a temperatura está em torno de 26°C e a umidade do ar entre 65% e 68%, já é possível observar situações de desconforto.

Portanto, é fundamental que as autoridades da região do Caicó-RN estejam atentas a esses dados, adotando medidas para minimizar os impactos na saúde e no bem-estar da população.

Gráfico 6. Comportamento mensal da média do Índice de desconforto térmico (IDT) e umidade Relativa do ar (URM).



Durante o período do estudo, verificou-se que o valor médio do Índice de Desconforto Térmico (IDT) foi de 29,83°C. Foi observado que o menor valor do IDT registrado em 2019 e 2020 foi de 28,62°C e 28,27°C, respectivamente, apresentando uma diferença de 0,35°C. Em relação ao intervalo de tempo analisado, os valores do IDT variaram de 28,27°C a 31,96°C.

A temperatura média foi de 33,89°C, principalmente já as grandes altas de temperaturas foram nos meses de março, outubro, novembro e dezembro todas registradas no ano de 2019 e apresentando valor superior a 35°C e o valor de máximo de 36,73°C em março de 2019, como está apresentado na parte Temperatura máxima média (TMM) no gráfico 1.

As condições de temperaturas altas podem ter efeitos significativos no organismo humano. Quando exposto a temperaturas elevadas, o corpo aumenta seu metabolismo celular como uma forma de se adaptar ao ambiente, resultando em uma maior produção de calor interno. Essa elevação na temperatura corporal pode desencadear uma série de sintomas, como intensa sudorese e alterações na respiração e na frequência cardíaca. É importante notar que, em casos extremos, a exposição prolongada a temperaturas elevadas pode levar a condições de exaustão térmica, insolação e até mesmo a morte. Por isso, é fundamental que sejam tomadas medidas preventivas para evitar a exposição excessiva ao calor, especialmente em ambientes de trabalho e atividades físicas intensas sob o sol escaldante.

A explicação para o aumento das temperaturas registradas pode estar associada aos efeitos da urbanização intensa que tem modificado a paisagem natural dos pontos de medição. Esse fenômeno é preocupante, pois é projetado que os períodos chuvosos das próximas décadas serão cada vez mais quentes e secos, o que poderá causar fortes impactos adversos em diversos setores, como saúde, economia e meio ambiente. Além disso, essa tendência potencialmente aumentará a intensidade das ilhas de calor e do Índice de Desconforto Térmico (IDT), como apontado por Santos (2017).

CONCLUSÃO

Diante dos fatos apresentados, concluímos diante do período estudado (2019-2020), que o município de Caicó-RN apresentou um elevado IC, IDT e ITU, esses valores são extremamente elevados principalmente pela falta de invernos regulares, com a



alta desses índices podendo esta relacionados com diversos problemas de saúde desenvolvido pela população na época, caracterizando assim o município potiguar de Caicó-RN como uma cidade desconfortável termicamente.

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

INMET. **Dados históricos.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CAVALCANTE, F. M. S.; BRUNO, I.; FIGUEREDO, M. L. **Análise Do Índice De Calor e Desconforto Térmico Na Cidade De Caicó-RN.** n. 83, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Apodi. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/caico.html> . Acessado em: 22 de março de 2023

SANTOS, A. R. DOS. Capítulo 4 Precipitação Atmosférica. p. 30–49, [s.d.]. SANTOS, J. B. DOS et al. **Análise Temporal da Sensação Térmica nas Cidades de Patos e São Gonçalo (Sousa), Paraíba, Brasil.** s.n, 2015.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; ARAUJO, L. E.; LIMA, E. R. V.; COSTA, A. D. L. **Análise Das Condições Do Conforto Térmico Em Ambiente Urbano: Estudo De Caso Em CampusUniversitário.** **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 336-353, 2011.

SANTOS, A, C.E. **Clima urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo na cidade de BayeuxParaíba: subsídio ao planejamento e a gestão ambiental.** Dissertação de mestrado. p.135,2017.

SARDO, J. & PITZ, J. W. et al. **Análise Do Índice De Sensação Térmica Para A Cidade De Rio Do Sul/SC.** Enciclopédia Biosfera, **Centro Científico Conhecer.** Goiânia. 2013. v.9, n.17; p. 154.

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. ambientes abertos na cidade do recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.28, n.1, p93-109, 2011.

STEADMAN, R.G. The Assessment of Sultriness: Part I: A Temperature Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. **J. Appl. Meteor.,** 18: 861-884, 1979.

THOM, E.C. The Discomfort Index. **Weatherwise,** Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.