

EFEITOS DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS NO CONFORTO TÉRMICO URBANO EM CAICÓ

**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, Alice Medeiros da Silva⁶**

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 determinar o índice de conforto térmico na cidade de Patos-PB, utilizando dados históricos de temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar de 2017 e 2018, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

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

INTRODUÇÃO

A sensação de conforto térmico é associada ao ritmo de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, ocorre em diferentes tipos de espaços e provocadas por diversos parâmetros que influenciam na temperatura, como construções, fatores climáticos e presença de vegetação, que podem tornar os ambientes inadequados ou não ao ser (Carfan et al., 2010).

Um conceito que vem sendo estudado para classificar sensações térmicas que organismo sente, é o índice de calor. Segundo Santos et. al, (2015), esse índice é utilizado em casos de localidades que existam temperaturas elevadas, e exposição a lugares abertos. Nas cidades, o homem tem influência mútua com o clima. O ambiente urbano vem sendo modificado com o acelerado crescimento das cidades por meio do processo de urbanização que se consolidou a partir do século XX, alterando assim, a estrutura das cidades e principalmente a temperatura do ar e aumentando o desconforto térmico para as pessoas que nelas vivem. Santos et al. (2011) ressaltaram que em países tropicais, como no caso do Brasil, a discussão sobre o bem-estar dos cidadãos no que diz respeito ao conforto térmico é extremamente importante, principalmente em cidades interioranas, onde um adequado planejamento urbano pode minimizar o “stress térmico”. Leal (2012) justificou que o planejamento das florestas urbanas, contemplando a criação de parques, bosques e arborização de ruas, são as medidas mais eficientes para promover mudanças, principalmente no microclima urbano.

O Índice de Calor foi uma relação criada em 1979 por R. G. Steadman, onde associa valores de temperatura e umidade relativa do ar para determinar uma temperatura aparente, representando a sensação térmica sentida pelo organismo. O índice é indicado para regiões cujas temperaturas sejam elevadas, contendo o indivíduo analisado estando na sombra e a condições de vento fraco. (Santos et al., 2015).

Queiroga (2019) afirma que a compreensão do conforto térmico pode contribuir com a qualidade a saúde da população, exercendo no comportamento das pessoas e o planejamento de espaços urbanos.

Em dias quentes e úmidos a sensação térmica irá proporcionar situações mais desagradáveis ao corpo humano, provocando fadiga e outra série de preocupações para com a população (Nóbrega e Lemos, 2011). A temperatura aparente ou índice de calor são quantificados para se obter a sensação de conforto relacionados com temperatura do ar e umidade relativa. Este índice resulta em um sistema de alerta para a população, mostrando o nível de perigo que pode oferecer a mesma.

Dessa forma, a análise do conforto da cidade pode contribuir com a saúde pública e corroborar com novas políticas públicas quanto a projeto de arborização das cidades, a partir de um planejamento ambiental e urbanístico. Para tal compreensão, há alguns índices que calculam o quanto a população pode sofrer com o desconforto térmico, os principais são: Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

O objetivo do presente trabalho foi analisar os índices de conforto térmico na cidade de Apodi (RN) nos anos

de 2017 a 2018 utilizando dados históricos obtidos junto ao INMET.

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

A área de estudo compreende o município de Patos, localizado na região Centro-Oeste do estado da Paraíba, inserido na Mesorregião do Sertão Paraibano e na Microrregião de Patos. O município apresenta clima semiárido, caracterizado por condições quentes e secas ao longo do ano. Encontra-se na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas e limita-se ao norte com São José do Espinharas e São Mamede; a leste com São Mamede, Quixaba e Cacimba de Areia; ao sul com Cacimba de Areia, São José do Bonfim e Mãe d'Água; e a oeste com Malta e Santa Teresinha, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Segundo o IBGE, a população de Patos é de 107.605 habitantes (2019). O município possui área territorial de 473,056 km² (2018) e PIB per capita de R\$ 15.882,57 (2017).

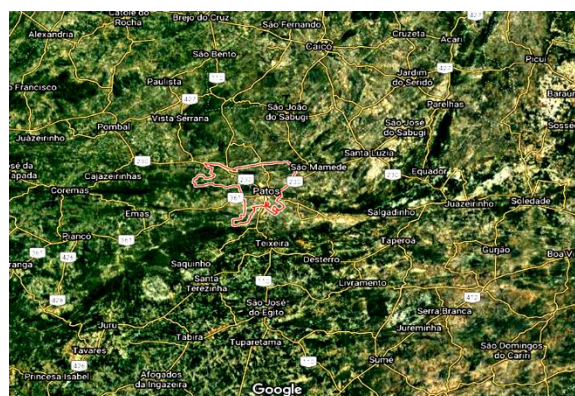


Figura 1. Localização do município de Patos-PB.

Neste estudo, foram utilizados dados históricos de temperatura do ar e umidade relativa provenientes das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) (Figura 2).

O período analisado compreendeu de 01/01/2017 a 31/12/2018. A estação meteorológica utilizada encontra-se em operação, com identificação OMM 82791, localizada nas coordenadas geográficas latitude $-7,01^{\circ}$ e longitude $-37,26^{\circ}$.



Figura 2. Estação meteorológica de Patos-PB.

Através dos dados históricos obtidos, das variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa do ar. Com esses dados, foram calculados o IC, IDT e ITU. Foi utilizado a metodologia de Steadman (1979), para cálculo do índice de calor (Equação 1). A fórmula é representada abaixo, em que IC é o Índice de Calor (°C), T é a temperatura máxima diária, sendo a temperatura do bulbo seco em (°C) e UR é a umidade relativa do ar em %.

Equação 1:

$$IC = -42.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot UR - 0.22475541 \cdot T \cdot UR - 0.00683783 \cdot T^2 - 0.05481717 \cdot UR^2 + 0.0122874 \cdot T^2 \cdot UR + 0.00085282 \cdot T \cdot UR^2 - 0.00000199 \cdot T^2 \cdot UR^2 \dots (1)$$

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

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)

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:

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

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:

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

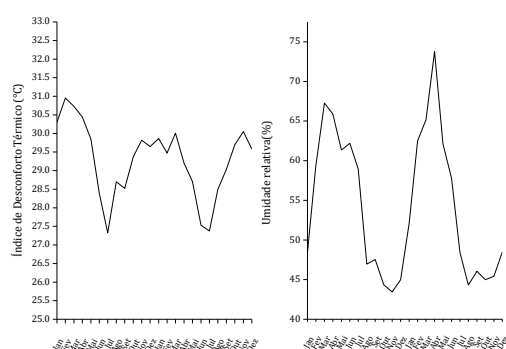
onde T= temperatura máxima (°C) e UR a umidade relativa (%).

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 2017 e 2018 no município de Caicó – RN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados foi possível fazer os gráficos, para avaliar as variações de temperatura máxima, umidade relativa, precipitações, Índice desconforto térmico Índice de temperatura e umidade e Índice de calor durante o período para o intervalo de tempo de estudo nos meses de 2017 a 2018 de observações,

Gráfico 1. Valores do Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Umidade relativa média (URM) das médias mensais dos anos 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.



Analisando, os valores mais altos do IDT em 2017(Gráfico 1) foram nos meses de fevereiro e setembro ,com 32.43 e 31.64°C, valores considerados como desconfortáveis(Quadro2).Em 2018 os valores mais alto do IDT foram em novembro e dezembro, com 31.29 e 31.25 °C, respectivamente. Valores considerados como desconfortáveis quando (Quadro 2).

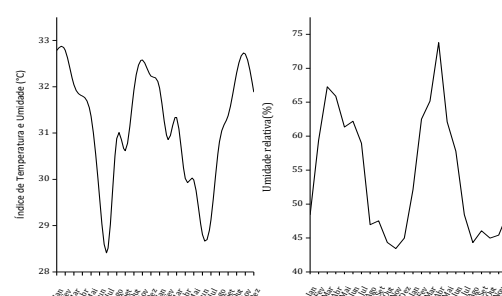
Para os valores considerados mais baixos de IDT em 2017 foram nos meses de julho e agosto, com 28.03 e 28.89°C (Quadro 2). Em 2018 foram os meses de IDT abaixo julho e agosto os menores valores foram 29.25 e 29.07°C, respectivamente. Todos considerando desconfortáveis conforme mostra no Quadro 2.

A cidade de Patos-PB, apresentou maior índice de URM de 73.77% no mês de abril de 2018 (Gráfico 1),

observa-se que o menor valor em estudo foi 43.45% no mês de novembro de 2017.

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.

Gráfico 2. Valores do Índice de temperatura e umidade (ITU) e Umidade relativa média (URM) das médias mensais dos anos 2017a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.

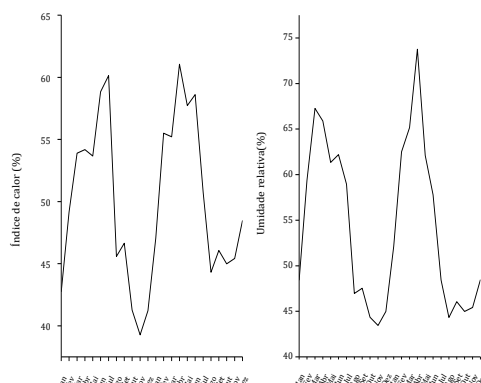


Por meio do gráfico 2, percebe que os valores mensais do ITU no período de 2017 a 2018, mostra o comportamento dos valores foram variando de 29.02 e 33.5°C, quando comparamos com o quadro 3, classificados como “extremamente desconfortável”

Observando o gráfico 2, percebe-se que valores URM do ano de 2018, obteve maior valor no mês de abril com 73.77%. Nas médias dos meses da URM foi possível constatar, utilizando o gráfico 2, que depender apenas da umidade relativa o município não atingiu o estado de alerta, pois a menor média mensal de umidade relativa foi maior que 43%, ocorrida em novembro de 2017.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o nível ideal de umidade gira entre 40% e 70%, e quando se encontra abaixo de 30% é considerada como situação de alerta e os prejuízos para a saúde se tornam mais claros.

Gráfico 3. Valores do Índice calor(IC) e Umidade relativa média (URM) das média mensais dos anos 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.

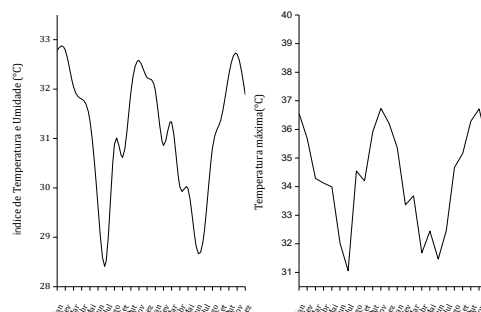


Fazendo uma comparação entre IC em relação , a curva da média de Índice de calor e URM é muito similares as curva (gráfico 3), devido a Equação 1, mostrar que a umidade relativa do ar é diretamente proporcional ao Índice de Calor é importante trazer o conceito dado por Cavalcante et. Al. (2017), onde diz que a temperatura é o inverso da umidade relativa.

Segundo Cavalcante et al. (2017) o índice de calor está relacionado com níveis de alerta diversos sintomas fisiológicos, com IC menor que 27°C, não há nenhum risco; com IC de 27 a 32°C, risco de atenção; com IC de 32 a 41.1°C, muito cuidado; com IC de 41.1 a 54°C há perigo; com IC maior que 54°C há extremo perigo, com possibilidade de insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC).

Logo, em todos os anos de todos de estudo, os valores desses índices de calor apresentaram como péssimo a qualidade e vida. Portanto, a cobertura vegetal é um dos principais elementos atenuadores dessa problemática e ainda pode colaborar com o conforto térmico, com uma função essencial na qualidade de vida da população, agindo na amenização da temperatura das cidades, diminuindo e com isso o Índice de Calor.

Gráfico 4. Valores do Índice de Temperatura e Umidade(ITU) e temperatura máxima (TMM) das média mensais dos anos 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.

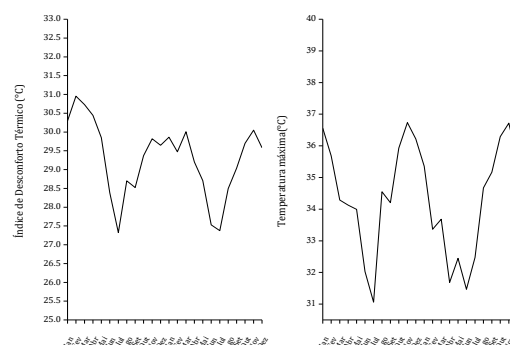


Como se observa (Gráfico 3), a relação da temperatura em relação ao Índice de Temperatura e Umidade(ITU) durante ao ano de 2017 a 2018.

É visto que, os valores menores das médias dos meses de temperatura máxima foram registrados em 2017 (31.06°C) a 2018 (31.47°C), houve uma diferença de 0.41°C. Em 2018 os maiores valores (Gráfico 3) ,encontraram as TMM foram no mês de novembro em 2017 e 2018 (36.73°C e 36.72°C), respectivamente.

O valor mais baixo de ITU, em 2017 foi de 29.02 °C no mês de julho. Em 2018 o menor valor foi de 30.24°C no mês de agosto. O maior valor encontrado de ITU no período foi de 33.53°, conforme o quadro 3. Os valores no período são considerados extremamente perigoso a saúde da população na qualidade de vida no município de Patos –PB.

Gráfico 5. Valores do Índice de Desconforto Térmico(IDT) e temperatura máxima (TMM) média dos mensais dos 2017a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.



Por meio dos dados do Gráfico 5, durante todo o intervalo de tempo estudado, a população do município de Patos-PB , esteve exposta a um

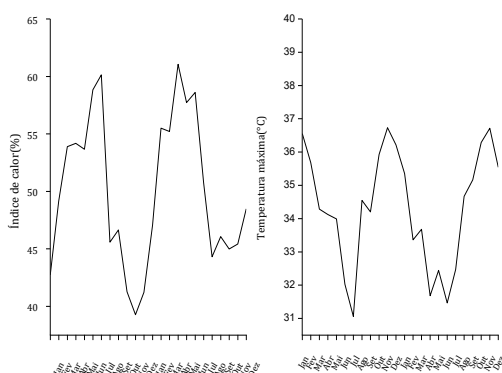


“desconforto” térmico”. No comportamento das curvas, o que demonstra uma relação entre o Índice Desconforto Térmico e sua temperatura.

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 e alteração na respiração e frequência cardíaca.

Segundo Silva et al. (2009), se o índice de desconforto térmico (IDT) foi maior ou igual a 26,5 °C, já é considerado um nível desconfortável, e o menor valor obtido foi de 28,9 °C.

Gráfico 6. Valores do Índice de Calor(IC) e temperatura máxima (TMM) das média dos mensais dos 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.



Observando o gráfico 6, percebe que os valores, determinados pela relação da TMM ao índice de calor (IC), durante aos períodos do 2017 a 2018. É visto que, o menor valor da média do mês de TMM foi registrado com 31,06°C (julho de 2017) e 31,47°C em junho de 2018. A média do anual de 2017 (34,62°C), 2018 de 34,07°C e o valor médio no intervalo (2017 a 2018) foi de 34,34°C.

Os valores da sensação térmica, registrados através do Índice de Calor (IC) e apresentados (gráfico 6), aponta uma média acima dos 45 °C para todos os anos de estudo, conforme o quadro 1,denotando o perigoso nível de alerta e a possibilidade de fadiga, sonolência, esgotamento e dano cerebral, caso ocorra excessiva exposição por parte da população da região. As curvas do comportamento dos índices não mostram um padrão contínuo, ocorrendo um aumento de temperaturas máximas médias nos anos de estudo de 34,34 °C e o índice de calor no período de 53,67°C.

CONCLUSÃO

O município de Patos-PB apresentou IC, IDT e ITU de 53,67°C, 30,52°C e 31,38 °C, respectivamente. Esses valores são considerados de alta magnitude, podendo está relacionados com diversos problemas de saúde, sendo caracterizado como ambiente 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

BARBIRATO, Gianna Melo; DE SOUZA, Léa Cristina Lucas; TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos.** UFAL, 2007.

CARFAN, A. C.; GALVANI, E.; NERY, J. T. O efeito do sombreamento no conforto térmico. Estudo de caso: cidade de São Paulo. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra**, 2010.

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.

IBGE. **Panorma da cidade de Patos.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/cpb/patos/panorama>. Acesso em: 01 jan. 2019.

INMET. **Dados históricos.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 27 fev. 2019.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. DA S. **O Microclima e O (Des) Conforto Térmico Em Ambientes Abertos Na Cidade Do Recife.** n. 1, p. 93–109, 2011.

OMS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Actas Oficiales de La OMS.** Disponível em: <http://www.who.int/library/collections/historical/es>. Acesso em: 14 ago. 2019.



QUEIROGA, Daniel Queiroga et al. **Índice de calor e desconforto térmico humano nas condições de ambiente natural em Patos, PB, Brasil.** 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.

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 Campus Universitário. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 336-353, 2011.

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.

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.ERÊNCIAS