

## ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO DISCOMFORT INDEX NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB, 2008 A 2020

Bhrenda Mayhara da Silva Santos <sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

Em seu livro "The Climate of London", publicado no início do século XIX, Luke Howard, considerado por muitos um pioneiro da meteorologia e do clima urbano, traz observações sobre como o clima nas áreas centrais de Londres estariam mais quentes se comparadas a sua periferia. No Brasil, a temática teve maior relevância a partir da década de 1970 com a obra Teoria Clima Urbano, publicada pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1976). É nessa teoria que o conforto Térmico se insere.

Sendo um dos canais de percepção do Sistema Clima Urbano (S.C.U), o conforto térmico é definido como um estado de espírito que reflete satisfação com as condições térmicas do ambiente no qual o indivíduo está inserido. Essa definição é uma das mais aceitas pelos pesquisadores do tema e foi proposta pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, 2013).

Situações de desconforto térmico são geradas por diversos fatores, como: a falta de ventilação, falta ou excesso de umidade, materiais usados nas construções que absorvem muita radiação, temperaturas baixas ou elevadas, retirada da cobertura vegetal, entre outros. Para que o conforto térmico seja estudado de maneira correta é preciso atentar-se a sua subjetividade. O conforto térmico sofre variação a depender de idade; sexo; etnia; peso; atividade física exercida e cobertura da pele (PÉTALAS, 2015). Existem inúmeros índices utilizados na medição de conforto/desconforto térmico humano e que são escolhidos a partir da realidade climática encontrada na área de estudo e do objetivo do pesquisador.

Apresentado por Thom e posteriormente adaptado por Gilles (1990) o *Discomfort Index*, índice aplicado na presente pesquisa, é um dos mais utilizados nos trabalhos relacionados a conforto térmico, principalmente no ramo da climatologia geográfica brasileira, uma vez que utiliza apenas dois valores de variáveis ambientais: temperatura do ar e umidade relativa do ar.

A presente pesquisa tem como objetivo maior de verificar a variação temporal do Índice *Discomfort Index* (DI) na cidade de João Pessoa/PB no período de 2008 a 2020; i.) criar o banco de dados do DI com as informações das variáveis meteorológicas temperatura do ar e umidade relativa do ar; ii.) classificar e analisar os valores do DI quanto às suas zonas de conforto e

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de **Geografia** da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, [bmss@academico.ufpb.br](mailto:bmss@academico.ufpb.br);

desconforto e iii.) estabelecer um ranking com os dez maiores episódios horários de desconforto para o calor na cidade de João Pessoa. O trabalho torna-se relevante pela possibilidade de ampliar os estudos acerca do Clima Urbano na cidade de João Pessoa e subsidiar futuras pesquisas na área.

A cidade de João Pessoa está localizada na costa leste do nordeste, sendo a capital do estado da Paraíba com população estimada de 825.796 mil habitantes (IBGE, 2021).

Em termos climáticos, João Pessoa é uma cidade quente e úmida e o seu clima é classificado como Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2009). A temperatura do ar máxima anual, segundo a normal climatológica 1991-2020 é de 30,2°C; a média corresponde a 27,0°C; e a mínima 23,9° C. A umidade relativa do ar 76,2%; pluviosidade anual média de 1837,4mm (INMET, 2022) e a média anual do conforto térmico na cidade é 24,8°C DI.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizados levantamentos exploratórios das séries temporais à nível horário das variáveis meteorológicas, temperatura do ar e umidade relativa do ar no período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2020. As séries temporais foram adquiridas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET) no seguinte endereço: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. As séries são oriundas da Estação Meteorológica Automática A320 do INMET, localizada no Campus I da Universidade Federal da Paraíba em João Pessoa/PB (Figura 2). A escolha do período de análise da pesquisa justifica-se em função do início do funcionamento da EMA/INMET João Pessoa que data do dia 20/07/2007.

Em continuidade, foram aplicados recursos estatísticos através do uso Software Microsoft Excel para a criação de base de dados a partir do índice criado por Thom (1959) Discomfort Index exposto através da equação  $DI = Td - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot RH) \cdot (Td - 14,5)$  em que Td corresponde a Temperatura do bulbo seco e RH corresponde a umidade relativa do ar.

Ainda no mesmo software, foram criadas tabelas de médias para verificar sua oscilação ao longo dos horários, dias, meses e anos estudados, o que permitiu analisar com detalhe todos os episódios de desconforto encontrados na série.

A escolha do índice foi realizada por ele ser o mais utilizado nos estudos da climatologia geográfica e por mostrar resultados satisfatórios nas referências levantadas. A presente pesquisa teve grande aparato metodológico no estudo de Silva e Souza (2017), no qual o Discomfort

Index precisou ser adaptado para a realidade climática da área de estudo. No trabalho de Silva e Souza (2017) foram analisados outros índices, mas ao final, o Discomfort Index foi escolhido por compreender melhor a dinâmica do clima da cidade de Palmas-TO. Essa adaptação do índice precisou ser feita porque a realidade climática em que originalmente foi pautado (AYOADE, 1986) não condiz com o clima que seria trabalhado. Visto que a referida pesquisa possui grande aparato metodológico na mesma realizada na cidade de Palmas-TO, o mesmo procedimento teve de ser realizado para a pesquisa em tela, pois na cidade de João Pessoa não seriam encontrados valores de desconforto para o frio, em virtude das suas condições de clima equatorial de baixa latitude.

Cabe destacar, que os dados seriam divididos em seis classes, mas por ser inviável aplicá-las a área de estudo, as zonas de conforto/desconforto foram reduzidas para apenas 2: conforto e desconforto para o calor. Onde valores encontrados entre 18,9°C ID e 25,6°C DI são considerados dentro classe conforto e valores acima de >25,6°C DI são considerados desconforto para o calor.

Posteriormente, foi realizada a contagem de horários que se enquadravam na zona de conforto, os que se enquadravam na zona de desconforto e quantos por cento esses horários somavam ao final de cada mês e ano. Também foram feitos gráficos para obter um panorama da variação do DI ao longo dos anos, com valores absolutos e mensais, junto com as variáveis temperatura e umidade e tabelas de valores máximos encontrados. Na sequência foi criado um ranking dez maiores valores de desconforto térmico da série, os quais serão denominados nesta pesquisa como episódios.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Seguindo a metodologia proposta por Silva e Souza (2017) e utilizando os dados da estação escolhida, os 95.420 dados calculados resultaram na frequência relativa dos intervalos de classe propostos na pesquisa. Nenhum episódio foi encontrado na zona de desconforto para frio e apenas 28,24% da série estudada foi classificada em desconforto para o calor. Houve uma predominância de anos considerados confortáveis.

Com base nos dados vemos que a área de estudo possui mais anos, segundo a classificação adaptada de Thom, dentro da zona de Conforto. Ao todo foram encontrados 68.469 horários que se enquadravam ainda nos limites de conforto térmico e o ano de 2018 foi o ano mais confortável do período analisado, com frequência de 79,3% eventos de conforto. Percebe-se que em todos os anos analisados a frequência relativa de Conforto foi superior a frequência de eventos de desconforto térmico. Ao todo, foram encontrados 26.951 horários que foram

classificados como dentro da zona de desconforto térmico. O ano de 2020 destaca-se como sendo o mais desconfortável da série por apresentar mais de 40% dos horários acima do limite do que ainda é configurado como conforto térmico.

Com base nas médias anuais (grande escala), vemos que não há muita variação do DI. As maiores médias foram encontradas nos anos de 2010 e 2020, que foram dois dos anos de ocorrência dos eventos mais fortes de desconforto para o calor na cidade de João Pessoa com média de 25,1°C ID 25,0°C ID, respectivamente. Apesar de também possuir média elevada, o ano de 2012 não foi contabilizado em razão do seu número de falhas.

Observa-se que em relação às médias mensais, o ano de 2020 registrou quatro meses classificados, segundo as zonas definidas por Thom, como desconfortável para o calor, seguido pelo ano de 2010. Em termos de frequência de valores médios mensais  $> 25,6^{\circ}\text{C}$ , o mês de março destaca-se como o mês mais desconfortável da série.

O ano de 2012 encontra-se quase por completo sem valores, com exceção dos meses de janeiro, fevereiro e dezembro. Nota-se que há um aumento no valor do índice nos meses de verão na cidade de João Pessoa e uma ligeira queda nos valores situados nos meses de inverno. Nos meses de março e abril são registrados os maiores quantitativos. Em junho, julho e agosto têm-se os menores valores e a partir de setembro os valores do índice voltaram a subir. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos para outras localidades (SILVA, 2018; BEZERRA, 2019; SILVA; SOUZA, 2018).

Pode-se perceber um aumento nos valores de DI a partir das 7h, na qual os valores do índice vão aumentando até atingir o pico entre às 12h e 13h e a partir das 15h começam decrescer. No período noturno, os valores do DI são menores que no período diurno, mas é possível verificar que continuam elevados, mesmo dentro da zona de conforto. Isso se dá por causa dos materiais utilizados nas construções de casas, edifícios, entre outros, que armazenam radiação durante o dia e a liberam no horário da noite. No período da madrugada os valores permanecem estáveis e diminuem por volta das 4h e 5h, onde geralmente são registradas as temperaturas mínimas diárias.

Tratando-se de valores absolutos do DI, abril é o mês mais desconfortável nos anos estudados. Abril está inserido como o mês inicial da quadra chuvosa em João Pessoa, o que pode explicar o porquê de encontrar-se inserido na faixa de desconforto para o calor, já que é neste mês onde se está saindo da estação quente e “seca” da cidade com temperaturas elevadas e entrando na estação úmida em que acontecem os maiores índices pluviométricos.

A área de estudo tem grande potencial para episódios de desconforto ao calor, pois como está inserida próximo a linha do Equador e por causa do efeito da maritimidade, a temperatura

na cidade é quase sempre elevada, assim como a umidade. Quando há um índice elevado de umidade, evapotranspiração do indivíduo, isto é, o mecanismo de termorregulação da pele, através da evaporação (suor), fica comprometido, pois o ambiente não reconhece essa umidade que o corpo está devolvendo. Essa alta umidade alinhada às altas temperaturas geram um extremo desconforto térmico na população, como evidenciado em estudo para a cidade de Santarém/PA (MANDÚ et al. 2020).

A partir do quadro síntese dos dez maiores valores episódios do DI (quadro 1) é possível observar algumas situações no comportamento da variável DI, como: o horário das 12h aparece em quase todos os maiores episódios de desconforto para o calor na série escolhida, isso se dá porque é nesse horário em que acontece a maior incidência de radiação solar na localização da área de estudo. Apenas um episódio do ranking encontra-se no horário das 9h, em que percebe-se que a temperatura e a umidade estavam elevadas em seus valores máximos e médios aquele dia. Outro ponto interessante para observar é que os episódios concentram-se nos últimos sete anos da série e isso pode ser um indicio que o clima de João Pessoa está ficando mais desconfortável ao longo dos anos, assim como já eram as previsões para as cidades do Nordeste nos relatórios do IPCC AR5 E AR6, respectivamente (IPCC 2014, 2021).

RANKING	EPISÓDIO	DI	HORA	ANO	VALORES MÉDIOS			TEMPERATURA C°			UMIDADE RELATIVA %		
					MÊS	DIA	HORA	MÉD	MÁX	MÍN	DIA	MÁX	MÍN
1º	06/04/2020	29,1	12H	25	25,8	26,8	26,5	28,9	33	26,4	75	89	60
2º	29/02/2020	28,7	12H	25	26,1	26,5	26,5	28,5	32,1	24,5	75	92	61
3º	17/04/2019	28,7	09H	24,8	25,6	25,9	26	27,6	32	24,4	78	91	65
4º	12/03/2019	28,6	10H	24,8	25,8	26,7	26,4	27,2	29,9	25,1	83	92	75
5º	02/04/2010	28,6	12H	25,1	25,9	26,9	26,2	29,2	32,7	27,2	72	82	59
6º	19/05/2020	28,5	12H	25	25	26	26,5	27,5	31,8	24,5	81	93	65
7º	10/04/2015	28,4	10H	24,9	25,9	27,2	26,1	29,8	31,5	26,5	70	91	58
8º	10/04/2016	28,4	9H	25	25,6	25,8	26,3	27,5	31,1	24,1	78	93	59
9º	22/03/2010	28,4	12H	25,1	26,1	26,6	26,2	28,9	32,1	27,3	72	80	62
10º	13/02/2016	28,3	13H	25	25,6	26,3	26,4	28,1	32,1	24,1	76	90	61

Quadro 1 – Quadro síntese dos dez maiores episódios encontrados na série 2008-2020. Fonte: INMET (2020) Organização: Bhreenda Mayhara da Silva Santos, 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados da presente pesquisa, a população residente na cidade de João Pessoa, no período estudado (2008- 2020), presenciou eventos de desconforto para o calor, especialmente nos meses do verão a outono. Apesar da média anual dos valores de *Discomfort Index* ser de 24,8 °C, classificado ainda inserido na zona de conforto, é preciso observar a

variação a nível horário para se ter um panorama mais assertivo do comportamento do índice na área de estudo, bem como a identificação dos sistemas atuantes produtores dos eventos de desconforto térmico na cidade.

O horário das 12h foi o mais representativo como sendo desconfortável no período de 2008 a 2020, podendo ser explicado pela latitude em que João Pessoa encontra-se, uma vez que é nesse horário em que há maior incidência de radiação solar.

O mês de abril foi considerado o mais desconfortável de toda a série. Abril é um mês de transição entre os meses mais quentes e os meses mais chuvosos. Assim, o mês de abril apresenta elevadas temperaturas e altos índices de umidade relativa. Por fim, torna-se necessário estudos mais aprofundados, se possível com estudos envolvendo questionários aplicados com a população para de fato validar o estudo e investigar as possíveis causas para o desconforto térmico em cidades de clima tropical de baixa latitude.

## REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 20 de ago. de 2022.

AYOADE, Johnson Olaniyi. Introdução à climatologia para os trópicos. 4. ed. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA, 2013.

BARROS, Juliana Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, v. 8, n. 16, p. 255 a 261-255 a 261, 2009.

CASTELHANO, Francisco Jablinski. **O clima e as cidades**. InterSaberes. Curitiba, 2020.

DA SILVA MACIEL, Leandro Leite; DO NASCIMENTO, Robson Bezerra; ZANELLA, Maria Elisa. Clima urbano e sensação térmica- o caso dos terminais de ônibus de Fortaleza. **Revista geonorte**, v. 3, n. 9, p. 207–219-207–219, 2012.

DA SILVA, Liliâne Flávia Guimarães; DE SOUSA, Lucas Barbosa. Seleção de anos-padrão para análise rítmica em estudos de conforto térmico: uma proposta de

“Confortogramas” a partir de índices. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.

DOS SANTOS, G. P., Oliveira, L. L., da Silva, J. A. C., da Costa Barreto, N. D. J., & Almeida, R. M. Desconforto térmico durante a estação seca em uma cidade de Clima Tropical Chuvoso na Amazônia. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 169-179, 2018.

FERREIRA, Jhônatas Silva. Teoria e método em climatologia. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 766–773-766–773, 2012.

FROTA, Anésia Barros. Manual de conforto térmico. Studio Nobel, 2006.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor,

E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

LAMBERTS, Roberto et al. Conforto e stress térmico. LabEEEE, UFSC, 2011.

MANDÚ, Tiago Bentes et al. Efeito do conforto térmico na ocorrência de doenças cardiovasculares em diferentes grupos etários em Santarém-PA. RECIMA21-**Revista Científica Multidisciplinar**-ISSN 2675-6218, 2(4), e24249-e24249.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. A climatologia geográfica no Brasil e a proposta de um novo paradigma, p. 61-153, 2015.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *Climatologia*, n. 1, p. 1-21, 1971.

MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa. Escolha de anos-padrão para o estudo do conforto térmico em Fortaleza, CE: verificação de critérios. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, edição Especial 2, p. 547-560, 2012.

MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa. Escolha de “anos-padrão” para o estudo do conforto térmico em Fortaleza. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 547–560- 547–560, 2012.

MOURA, Marcelo de Oliveira. O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 7, n. 13, p. 156, 2008.

PETALAS, Kety Vasconcelos. Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE. 2015. 272 p. Tese\_ **Revista Brasileira de Climatologia**\_ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica) Ano 13 – Vol. 20 – JAN/JUL 2017 70

SANTOS, Joel Silva dos et al. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida (Thermal Urban Field and its Relation to the Use and Land Cover in a Humid Tropical City). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 540-557, nov. 2012. ISSN 1984-2295. Disponível em:  
<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232851/26843>>. Acesso em: 24 fev. 2023.  
doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232851>

SORRE, Max. (1934): Introduction-Livre Premier: Climatophysique e Climatochimie. In PIERRY, or., *Traité de Climatologie Biologique et Médicale*. Tome I – 1-9p