



Modelos preditivos matemáticos aplicados no conforto térmico no município de Patos, PB

Predictive mathematical models applied to thermal comfort in the city of Patos, PB

Eliezio Nascimento Barboza¹, Francisco das Chagas Bezerra Neto², Adryele Gomes Maia³, Maria Raquel Leite Sampaio¹, Natália Cruz Crisostomo⁴, Daniel José Formiga Neves⁵ e Alan Vinicius de Araújo Batista⁶

¹Graduando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: eliezio10@gmail.com/ raquelsampaio110@gmail.com;

²Graduando em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa, Paraíba, Brasil. E-mail: chagasneto237@gmail.com;

³Graduada em Farmácia pela Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: adryelegm@gmail.com;

⁴Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: nathaliacruzcris@gmail.com;

⁵Graduado em Sistemas de Informações pela Faculdade Santa Maria em Recife-PE. E-mail: formiga.daniel@gmail.com;

⁶Tecnólogo em Mecatrônica Industrial. IFCE/E-mail: alan.vinicius@ifce.edu.br

RESUMO- O crescimento das cidades nas últimas décadas vem alterando os espaços geográficos, como consequência gerando um desequilíbrio no sistema terra-atmosfera a partir da modificação das variáveis climatológicas. Uma consequência notável desse desequilíbrio é o aumento do desconforto térmico nos grandes centros urbanos. Logo, se faz necessário compreender o conforto térmico nos municípios para corroborar para um planejamento urbano com intuito de oferecer uma melhor qualidade de vida para a população. Sendo assim, é nesse contexto caótico que este artigo se insere, com objetivo analisar os índices de calor (IC), de desconforto térmico (IDT) e temperatura e umidade (ITU) no município de Patos, localizado na região Centro-Oeste do Estado da Paraíba. Foram utilizados dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET das variáveis climatológicas: temperatura do ar e umidade relativa do ar do município em questão, de 2015 a 2019. Para os cálculos dos índices de calor e de desconforto térmico, foi aplicada a metodologia de Steadman (1979) e Thom (1959), respectivamente. Os índices foram calculados através do software Excel 2016. Deste modo, analisando os resultados, foi observado que durante o período de estudo da cidade de Patos, houve altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e valores de Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) que ultrapassam o recomendável para saúde humana segundo a literatura.

Palavras-chave: Urbanização. Climatologia Geográfica. Nordeste. Paraíba.

ABSTRACT - The increasing growth of cities in recent decades has been altering geographic spaces as a consequence generating an imbalance in the earth-atmosphere system from the modification of climatological variables related to thermal comfort Human. A remarkable consequence of this imbalance is the increase in thermal discomfort in large urban centers. Therefore, it is necessary to understand the thermal comfort in the municipalities to corroborate for an urban planning in order to offer a better quality of life for the population. Thus, it is in this chaotic context that this article is inserted, with the objective of analyzing the heat (CI), thermal discomfort (IDT) and temperature and humidity (UTI) indices in the municipality of Patos, located in the Midwest region of the State of Paraíba. Historical data from the National Institute of Meteorology - INMET of climatological variables were used: air temperature and relative air humidity of the municipality in question, from 2015 to 2019. For the calculations of heat and thermal discomfort indices, the Steadman (1979) and Thom (1959) methodology was applied, respectively. The indexes were calculated using excel 2016 software. Thus, analyzing the results, it was observed that during the study period of the city of Patos, there were high temperatures, low relative humidity and Heat Index (CI), Thermal Discomfort Index (IDT) and Temperature and Humidity Index (UTI) that exceed the recommended for human health according to the literature.

Keywords: Urbanization. Geographic Climatology. Northeast. Paraíba.

INTRODUÇÃO

As transformações nos espaços geográficos a partir do crescimento urbano e populacional geraram impactos negativos no microclima, causando desequilíbrio nas interações atmosfera-terra (FEITOSA et al., 2019). O processo de urbanização é baseado na ação de alterar os espaços geográficos (redução da arborização e impermeabilização do solo).

No Brasil, esse processo aconteceu no início do século XX, caracterizado como rápido, totalmente desordenado e interferindo no clima urbano. Com a impermeabilização do solo e retirada de árvores, tem como consequência as alterações nas variáveis climáticas, pois a substituição da cobertura vegetal pela aglomeração de edificações contribui para aumento da temperatura e radiação solar nesses ambientes, causando desconforto térmico na população e até mesmo problemas de saúde pública.

Esse crescimento desacelerado das cidades brasileiras pode alterar as condições climáticas pelas modificações das propriedades da cobertura do solo (SANTOS et al., 2012). Nas cidades, a cobertura vegetal tem como principal função diminuir o desconforto térmico, desempenhando também funções essenciais como elemento do espaço urbano, como: funções ornamentais, paisagísticas, controle de ruídos, o aumento da umidade do ar, a distribuição adequada dos ventos, filtragem da poluição atmosférica e modificação do microclima (OLIVEIRA et al., 2013).

A saúde e o bem-estar da população de uma cidade está diretamente relacionado com o clima urbano, sendo influenciada pelas variáveis climatológicas, como: intensidade da radiação solar, umidade relativa do ar e velocidades dos ventos (LEAL et al., 2017). Frota e Schiffer (2003) afirmam que as sensações de conforto térmico em ambientes externos é acontecem as trocas de calor entre o ambiente e os organismos se dão sem complicação, mas pode ser conturbado se as condições ambientais que estão relacionadas as trocas de energia podem ocasionar desconforto térmico, sendo necessário esforço dos organismos, resultando em uma sobrecarga.

A compreensão do conforto ambiental contribui com a qualidade de vida da população, agindo no comportamento das pessoas e em sua saúde. Logo, se faz necessário compreender o conforto térmico de uma cidade para um melhor planejamento ambiental e urbanístico, melhorando a qualidade de vida da população e amenização de diversos problemas de saúde, como: fadiga, esgotamento, insolação, insolação e AVC (CONCEIÇÃO; BITENCOURT, 2006).

Existem diversas normas que tratam do conforto térmico humano, a que melhor aborda o conceito é a Norma ISO 7330 (1994), onde conceitua o conforto térmico como uma condição em que o corpo humano expressa satisfação com o ambiente. Existem modelos preditivos matemáticos que quantificam o conforto térmico humano a partir das variáveis climatológicas: temperatura máxima (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade dos ventos (m/s). Os índices mais utilizados: Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

O Índice de Calor (IC) é proveniente do índice *humidex*, desenvolvido por Winterling (1978) e adaptado posteriormente por Steadman (1979). Esse índice representa a temperatura que os seres humanos sentem a partir da combinação da temperatura máxima (°C) com a umidade relativa média do ar (%) (COSTA, 2013). O IC foi elaborado por meio de valores subjetivos de quanto calor se sente quando em situações que as temperaturas estão elevadas, com indivíduo à sombra e em condições de vento fraco. Esse índice leva diversos fatores em sua equação, como: dimensões humanas, área de radiação efetiva da pele, pressão de vapor, velocidade eficaz do vento e radiação (STEADMAN, 1979).

Christopherson (2012) afirma que esse índice está em relação da temperatura e umidade, pois a baixa taxa de evaporação, no qual indica um resfriamento evaporativo menor da pele, resultando em um aumento no desconforto.

O Índice de Desconforto Térmico é um modelo matemático proposto por Thom (1959), citado por Monteiro e Alucci (2005). Esse índice é um modelo matemático empírico que é calculado através da umidade relativa do ar e a temperatura, como também o IC e o ITU, levando em considerações as variáveis temperatura e a umidade relativa do ar (DIN et al., 2014). Esses índices podem servir como parâmetros para determinar se um ambiente apresenta conforto térmico para a população (CAVALCANTE et al., 2017).

O município escolhido para esse estudo está localizado na mesorregião Sertão Paraibano, na região do Nordeste do Brasil, no Estado da Paraíba, mais especificamente no município de Patos, Paraíba. Esse estudo tem como objetivo analisar o comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar, Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) a partir de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

METODOLOGIA

Aspectos geográficos e ambientais do município de Patos, Paraíba.

A área de estudo é o município de Patos, Paraíba (Figura 1). O município está localizado na região Centro-Oeste do Estado da Paraíba, Mesorregião Sertão Paraibano e Microrregião Patos, encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas, limita-se ao norte com São José do Espinharas e São Mamede, leste com São Mamede, Quixaba e Cacimba de Areia, sul com Cacimba de Areia, São José do Bonfim e Mãe d'Água, e oeste, com Malta e Santa Teresinha (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS – MME, 2005).

A população da cidade de Patos é de 107.605 pessoas (IBGE, 2019), com área de unidade territorial de 473.056km² (IBGE, 2018) e PIB per capita de 15.882, 57 R\$ (IBGE, 2017). O município está inserido nas folhas Serra Negra do Norte (SB.24-Z-B-IV) e Patos (SB.24.Z-D-I), com sua sede situada à uma altitude média de 242 metros, com coordenadas geográficas de 689.994 EW e 9.223.246 NS (MME, 2005).

O clima de Patos de acordo com a classificação de Köppen é Quente e Úmido, localiza-se no Polígono das

Secas, com chuvas de verão e outono. A pluviometria média anual é de 715,3mm (Período 1911-1985) com 78% de seu total concentrando-se em 04 meses (MME, 2005). A vegetação é do tipo Caatinga (IBGE, 2019) e sua topografia revela cotas situadas entre 240 metros à 580

metros, com relevo predominantemente ondulado à suavemente ondulado, com declividade média à baixa (MME, 2005).

Figura 1: Localização da cidade de Patos, Paraíba através do *Google Maps*.



Fonte: Google Maps. Elaborado pelos autores.

Procedimentos de coletas de dados e cálculo dos Índices

Nesse estudo, foi utilizado dados históricos da temperatura do ar e umidade relativa do ar, dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino – BDMEP, relativo aos anos de 2015 a 2019. O intervalo de tempo escolhido para coleta de dados na estação foi 01/01/2015 a 01/01/2020, a estação encontra-se em operação, com identificação OMM:82791, com (latitude: -7,01°; longitude: -37,26°).

Após a coleta de dados, foi utilizado a metodologia de Steadman (1979) para o cálculo do Índice de Calor (Equação 1). A fórmula é representada pela equação abaixo, onde o IC é o Índice de Calor, o T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Equação 1:

$$IC = -42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * UR - 0,22475541 * T * UR - 6,83783 * 10^{-3} * (T)^2 - 5,481717 * 10^{-2} * (UR)^2 + 1,22874 * 10^{-3} * (T)^2 * UR + 8,5282 * 10^{-4} * T * (UR)^2 - 1,99 * 10 * (T)^2 * (UR)^2$$

Foi utilizado a metodologia de THOM (1959) *apud* Monteiro e Alucci (2005) para o cálculo do Índice de Desconforto Térmico – IDT (Equação 2) em que o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa do ar. A fórmula é representada pela equação abaixo, onde IDT é o índice de desconforto térmico, onde T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Equação 2:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 * UR) * (T - 14,5)$$

O Índice de Temperatura e Umidade – ITU (Equação 3) é utilizado para quantificar para quantificar

o “stress” em ambientes urbanos (BARBIRATO et al., 2007). A fórmula é representada pela equação abaixo,

onde ITU é o índice de desconforto térmico, onde T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Equação 3:

$$ITU = 0,8 * T + \frac{(UR * T)}{500}$$

Após feito a obtenção das variáveis climatológicas necessárias para os cálculos, os resultados obtidos foram tabulados e calculados utilizando-se o software Excel 2017, onde foi feito gráficos e tabelas para uma melhor visualização do comportamento das variáveis e índices relacionados ao conforto térmico humano.

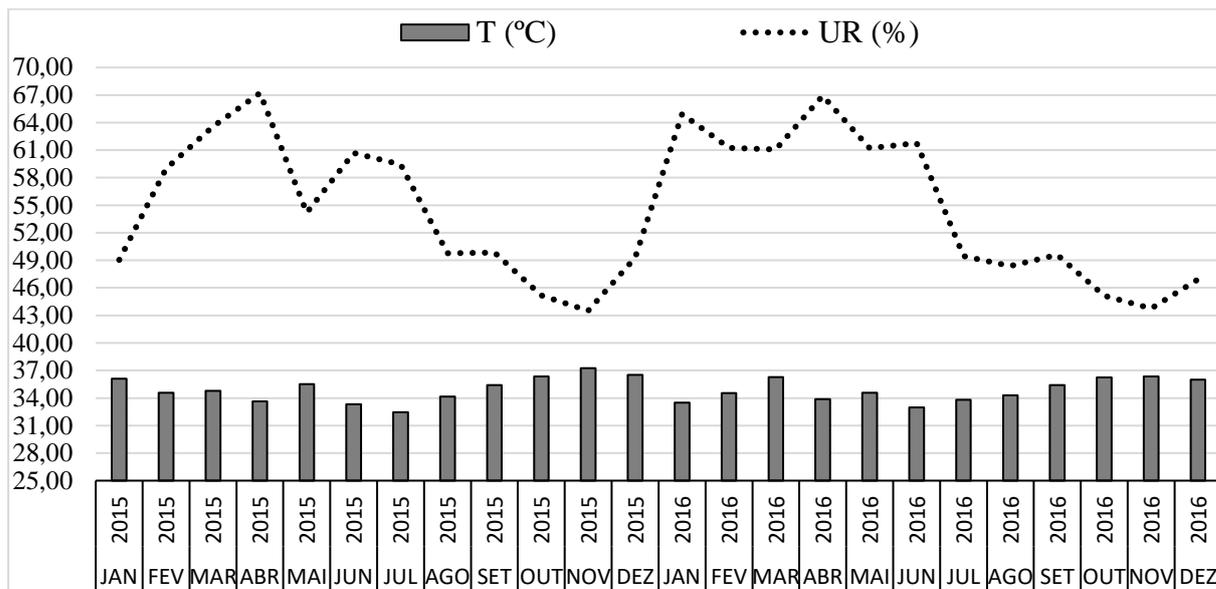
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da Temperatura e Umidade relativa do ar

No gráfico 1, nota-se que os meses mais quentes em 2015 e 2016 são outubro, novembro e dezembro. No ano de 2015, a temperatura no mês de outubro foi 36.34 °C, em novembro foi 37.26 °C e em dezembro foi 36.53 °C. Já no ano de 2016 o mês de outubro a temperatura foi 36.24, em novembro 36.36 °C e em dezembro 36.01 °C. Verifica-se que para os meses mais quentes do ano, o ano de 2015 a temperatura média dos meses mais quentes foi 36.71 °C em 2015 e 36.20 °C em 2016, com uma diferença razoavelmente alta de 0.51 °C, um valor considerável para análise do conforto térmico humano.

Nota-se que os meses com valores menores de temperaturas em 2015 são fevereiro, março, abril e julho, com 34.59, 34.77, 33.64 e 32.47 °C (gráfico 1). No ano de 2016 (gráfico 1), houve uma maior oscilação dos valores, com comportamento crescente de janeiro a março, com uma pequena queda de 36.89 para 33.89 °C. De abril para maio há um aumento de temperatura, atingindo 34.57 °C, há outra queda de temperatura no mês Julho e posteriormente a curva de temperatura é crescente até o mês de novembro, onde há outra queda no mês de dezembro.

Gráfico 1: Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2015 a 2016 da cidade de Patos, Paraíba.



Fonte: Autores, 2020.

Percebe-se pela análise do gráfico 1, a mudança de umidade relacionada com a mudança de temperatura. Nota-se que há um decréscimo de temperatura de janeiro até abril, isso ocasiona um aumento na umidade relativa do ar. Essa relação da temperatura com umidade é inversamente proporcional, pois quanto menor a temperatura, maior a umidade relativa do ar (PILLAR, 1995). Esse comportamento é idêntico nos meses de julho a novembro, onde há um aumento de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar. Esse comportamento é prejudicial ao conforto térmico, podendo causar problemas a saúde pública quando a temperatura sobe muito e a umidade cai.

No gráfico 2, nota-se que os meses mais quentes em 2017 e 2018 são janeiro, outubro, novembro, dezembro. No ano de 2017, a temperatura no mês de janeiro foi 36,56 °C, outubro foi 35,93 °C, em novembro

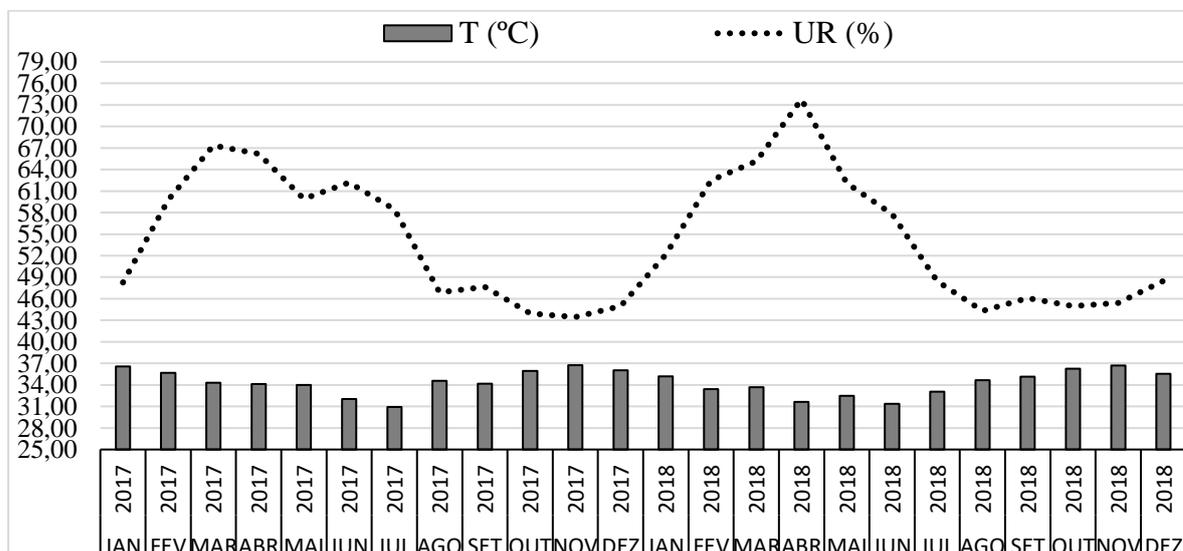
foi 36,73 °C, em dezembro foi 36,53 °C. Já no ano de 2018, os meses mais quentes foram: outubro, novembro e dezembro. O mês de outubro a temperatura foi 36,26 °C, em novembro 36,72 °C e em dezembro 35,56 °C.

Verifica-se que para os meses mais quentes do ano, o ano de 2017 a temperatura média dos meses mais quentes foi 36,23 °C e para 2018 36,18 °C, com uma diferença baixa de 0,05 °C.

Analisando a variável umidade no gráfico 2, o comportamento é similar ao gráfico de Patos do ano de 2015 a 2016, nota-se um aumento um decréscimo da temperatura nos primeiros meses e um aumento da umidade relativa do ar. O mesmo acontece no aumento de temperatura

Setembro a novembro, onde também a um decréscimo dos valores da umidade relativa do ar.

Gráfico 2: Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.

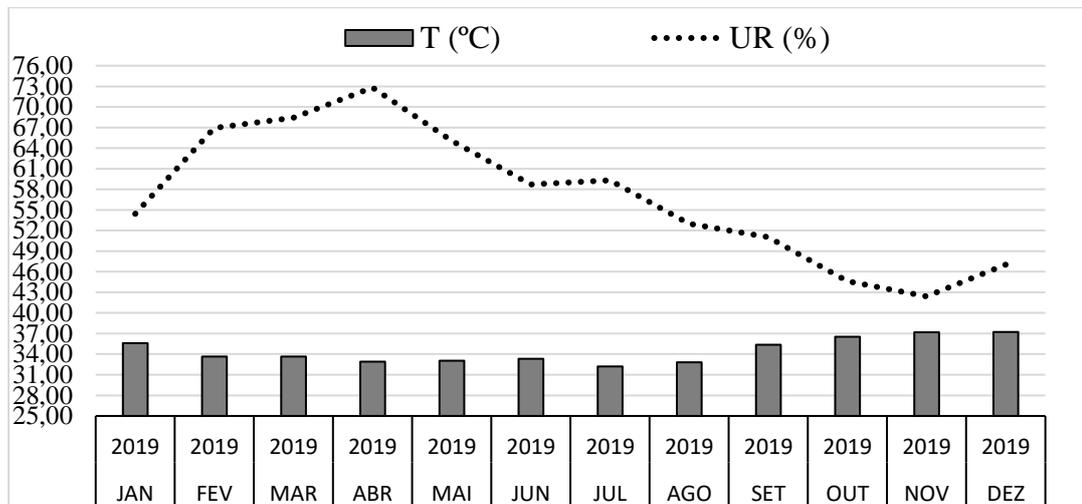


Fonte: Autores, 2020.

Analisando o gráfico 3, é notável que há um aumento de temperatura de janeiro a abril, consequentemente um aumento nos valores da umidade.

De setembro para novembro a temperatura é crescente, com decréscimo da umidade relativa do ar.

Gráfico 3: Variação da umidade relativa do ar e temperatura no ano de 2019 da cidade de Patos, Paraíba.

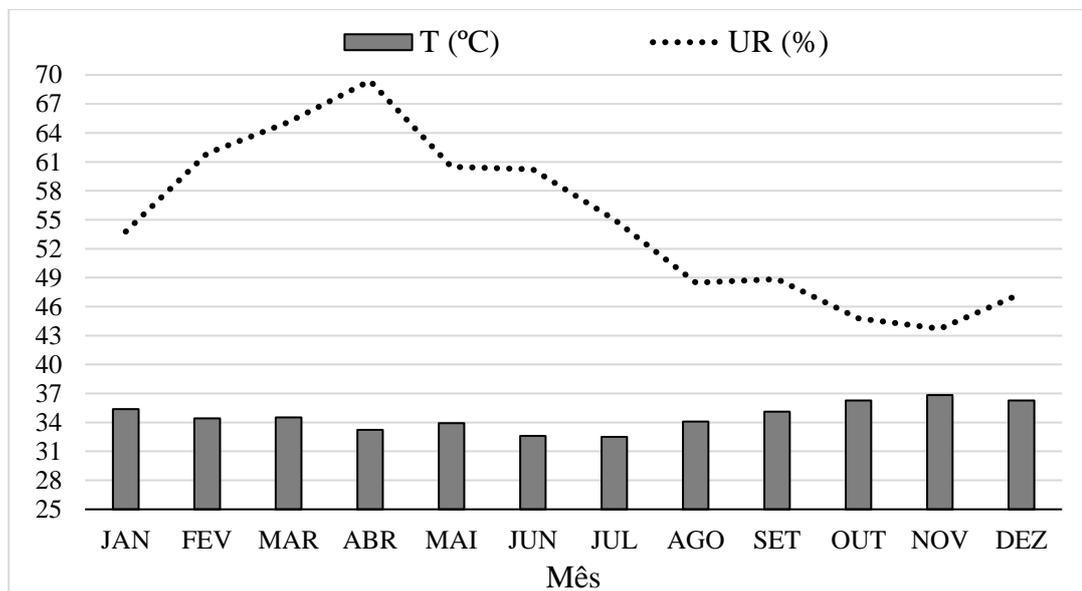


Fonte: Autores, 2020.

A partir da análise dos resultados, foi verificado que para o intervalo de tempo de estudo desse trabalho (2015-2019), os valores mais elevados de temperatura foram alcançados nos meses em ordem decrescente de

temperatura: novembro, dezembro, outubro e janeiro (gráfico 4) com 36.85, 36.27, 36.26 e 35.39 °C respectivamente.

Gráfico 4: Valores da umidade relativa do ar e temperatura no ano durante o intervalo de estudo da cidade de Patos, Paraíba.



Fonte: Autores, 2020.

O ano com valores mais elevados de temperatura (gráfico 5) foi 2015 com temperatura média de 35.01 °C, 2016 com 34.82 °C, em seguida 2017 com 34.59 °C, 2019 com 34.46 °C e 2018 com 34.1 °C. O município apresentou média de temperatura de 34.60 °C e 54.72% de umidade. O ano com maior umidade relativa do ar foi em 2019, com 56.98%. Esse valor “elevado” pode ser explicado pelo motivo que 2019 foi um ano com um dos menores valores de temperatura. O ano com menor valor de umidade relativa do ar foi em 2017, com 53.09%, isso

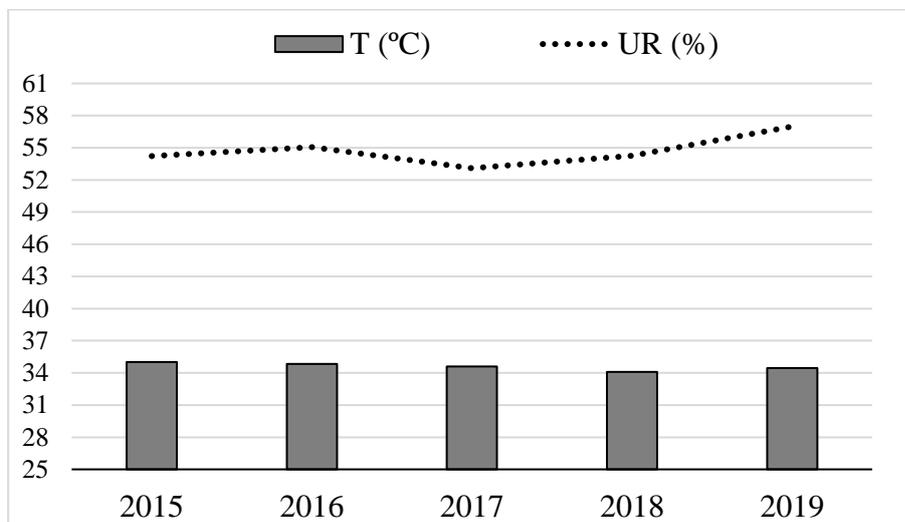
deve-se ao fato que 2017 foi um dos anos com maiores temperaturas. Os valores altos de temperatura do ar podem acarretar o aumento do metabolismo celular do organismo, como também a produção de calor, fazendo com que o organismo comece a apresentar problemas de saúde, como exemplo alteração na respiração e frequência cardíaca (SANTOS et al., 2015),

Nota-se que em todos os anos, a umidade relativa do ar esteve a baixo de 60%, valores a baixo de 60% não são recomendáveis a saúde humana (OMS,

2012), o valor de umidade relativa do ar ideal é acima de 60%, quando este valor está entre 60% e 30% é considerado como não recomendável a saúde, quando esse valor é reduzido a menos de 30% indica alerta de atenção

à emergência já que essa baixa umidade pode causar complicações alérgicas e respiratórias, sangramento nasal, ressecamento da pele e irritação dos olhos.

Gráfico 5: Valores da umidade relativa do ar e temperatura por ano durante o intervalo de estudo da cidade de Patos, Paraíba.



Fonte: Autores, 2020.

Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no município de Patos, Paraíba

Analisando o Gráfico 6, nota-se que os valores de sensação térmica, determinados pelo índice de calor, que

atingiu uma média de 42.375 °C (Tabela 1) para os anos de 2015 a 2016.

Tabela 1: Média dos valores da Umidade, Temperatura, IC, IDT e ITU de 2015 a 2019 da cidade de Patos, Paraíba.

ANO	T (°C)	UR (%)	IC (°C)	IDT	ITU
2015	35.01	54.23	42.42	29.58	31.79
2016	34.82	55.04	42.33	29.47	31.68
2017	34.59	53.09	41.33	29.14	31.39
2018	34.1	54.26	40.17	29.01	30.96
2019	34.46	56.98	42.08	29.44	31.47

Fonte: Autores, 2020.

De acordo com a Tabela 2, o município de Patos demonstrou entre 2015 a 2016 nível de perigo, com riscos à saúde humana, como esgotamento, insolação, possibilidade de AVC. Durante o intervalo de tempo de 2015 a 2016, os menores valores de IC ocorreram entre os

meses de junho a agosto. Em 2015, o maior valor de IC foi em março, com 44 °C e em 2016 foi no mês março também, com valor de 50°C. Valores altíssimos e de nível perigo (Tabela 2).

Tabela 2: Relação do IC com possíveis sintomas fisiológicos a população.

IC	Nível de perigo	Síndrome de calor
< 27 °C	Ausência	Ausência
27 - 32 °C	Atenção	Fadiga
32 - 41 °C	Muito cuidado	Esgotamento e insolação
41 - 54 °C	Perigo	Esgotamento, insolação, possibilidade de AVC
> 54 °C	Extremo perigo	Insolação e AVC eminente

Fonte: *National Weather Service Eather Forecast Office* – NOAA citado por Queiroga (2019).

Os valores mais altos do IDT em 2015 (gráfico 6) foram nos meses de abril e maio, com 31.44 e 30.21 °C, valores considerados como desconfortáveis (Tabela 3).

Em 2016 os valores mais altos do IDT foi abril a maio, com 31.65 e 30.29 °C, respectivamente. Valores esses considerados como desconfortável (Tabela 3). Os

valores mais baixos de IDT em 2015 foi nos meses de julho e agosto, com 28.46 e 28.72 °C.

Em 2016 os menores valores julho a agosto, com 28.43 e 28.68 °C. Até mesmo os menores valores de IDT nos anos de 2015 e 2016, são considerados como desconfortáveis para a população que reside em Patos.

Tabela 3: Nível de desconforto térmico em função do IDT.

IDT	Nível de desconforto
<14.9 °C	Desconfortável
15 - 19.9 °C	Confortável
20 - 26.4 °C	Conforto parcial
> 26.5 °C	Desconfortável

Fonte: Silva et al. (2009) citado por Cavalcante et al. (2017).

O valor mais alto do ITU em 2015 (gráfico 6) foi de 33.05 °C no mês novembro valor considerado como extremamente desconfortável (Tabela 4). Em 2016 (gráfico 6) foi de 33.46 °C no mês março, valor também considerado como extremamente desconfortável (Tabela 4).

Segundo Silva et al. (2009), há desconforto térmico para valores maiores que 26,5° C.

Nota-se uma tendência do índice de desconforto térmico no município de Patos, nesses dois anos analisados os meses com menores valores foram em julho e agosto, os maiores valores nesses dois anos foram de abril a maio.

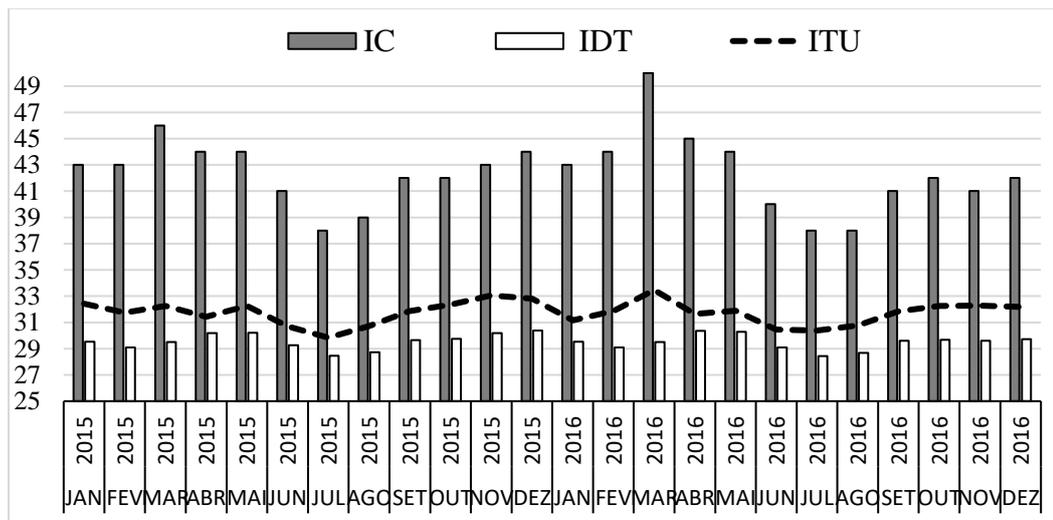
Tabela 4: Nível de conforto térmico em função do ITU.

ITU	Nível de Conforto
21 < ITU < 24	Confortável
24 < ITU < 26	Levemente desconfortável
ITU > 26	Extremamente desconfortável

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

O valor mais baixo de ITU em 2015 foi no de 29.84 °C, no mês de julho. Em 2016 o menor valor foi de 30.38 °C no mês de julho. Os menores valores de ITU nos dois é considerado como extremamente desconfortável, trazendo diversos risco e prometendo a qualidade de vida da população do município de Patos. Nota-se uma tendência do menor valor de ITU nesses dois anos, os menores valores desse índice foram obtidos no mês de julho.

Gráfico 6: Valores dos índices relacionados com o conforto térmico humano de 2015 a 2016 da cidade de Patos, Paraíba.



Fonte: Autores, 2020.

Analisando o Gráfico 7, nota-se que os valores de índice de calor, atingiu uma média de 40.75°C (Tabela 1) para os anos de 2017 a 2018. De acordo com a Tabela 2, o município de Patos demonstrou entre 2017 a 2018 nível de perigo, com riscos à saúde humana, como esgotamento, insolação, possibilidade de AVC. Durante esse intervalo de tempo, os menores valores de IC ocorreram entre os meses de abril a setembro. Em 2017, o maior valor de IC foi em fevereiro, com 47 °C e em 2018 foi no mês março, com valor de 43°C. Valores considerados como muito alto e de nível perigo (Tabela 2).

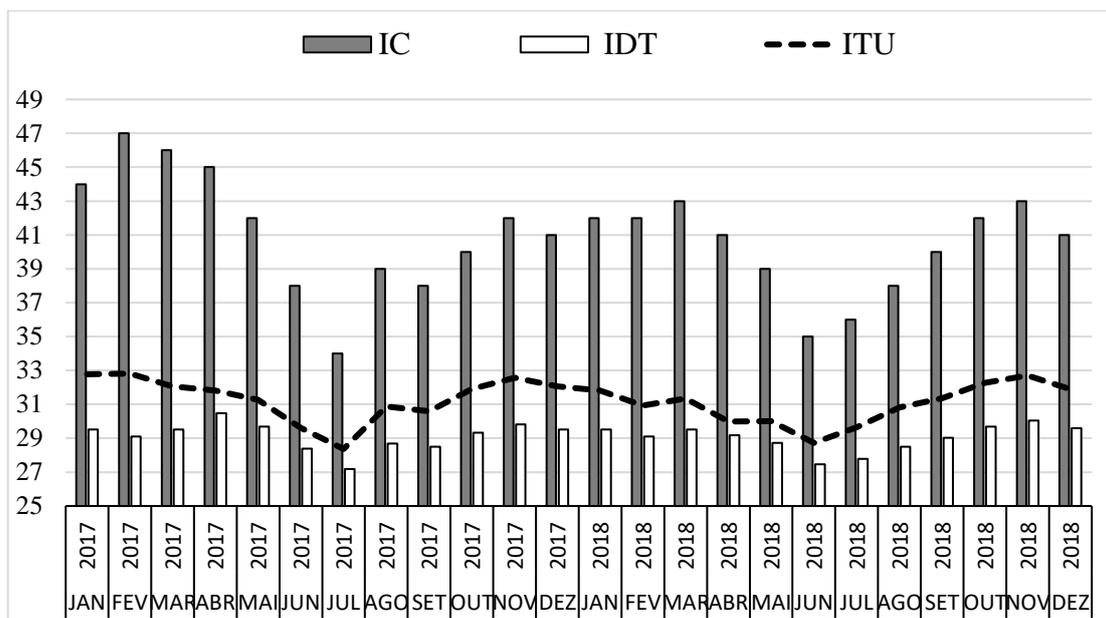
Os valores mais altos do IDT em 2017 (gráfico 7) foram nos meses de abril e novembro, com 30.48 e 29.82 °C, valores considerados como desconfortáveis (Tabela 3). Em 2018 os valores mais altos do IDT foram em outubro e novembro, com 29.68 e 30.05 °C, respectivamente. Valores considerados como desconfortável (Tabela 3).

Os valores mais baixos de IDT em 2017 foi nos meses de agosto a setembro, com 29.32 e 29.82 °C. Em 2018 os menores valores foram em junho a agosto, com 27.45, 27.79 e 28.5 °C. Os menores valores de IDT nos anos de 2017 e 2018, são considerados como desconfortáveis. Nota-se uma tendência do índice de desconforto térmico no município de Patos, nesses dois anos analisados, o mês de novembro está presente nos meses com maiores valores e o mês de agosto nos menores valores de IDT.

O valor mais alto do ITU em 2017 (gráfico 7) foi de 32.82 °C no mês fevereiro, valor considerado como extremamente desconfortável (Tabela 4). Em 2018 (gráfico 6) o maior valor foi de 32.71 °C no mês de novembro, valo também considerado como extremamente desconfortável (Tabela 4). O valor mais baixo de ITU em 2017 foi no de 28.36 °C, no mês de julho. Em 2018 o menor valor foi de 28.72 °C no mês de junho. Os menores

valores de ITU nos dois é considerado como extremamente desconfortável.

Gráfico 7: Valores dos índices relacionados com o conforto térmico humano de 2017 a 2018 da cidade de Patos, Paraíba.

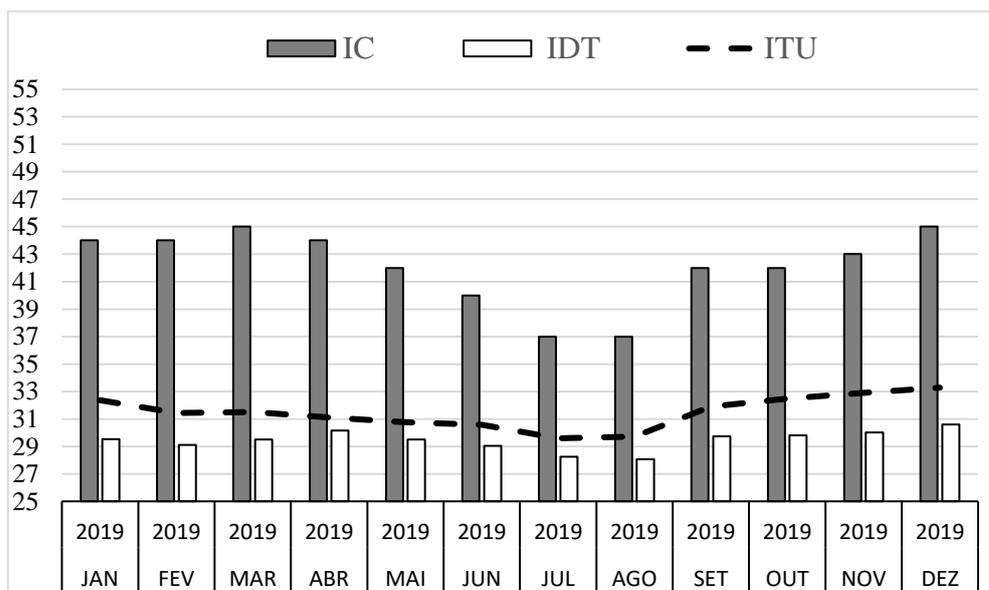


Fonte: Autores, 2020.

Analisando o Gráfico 8, nota-se que os valores de índice de calor, atingiu uma média de 42.08 °C (Tabela 1) no ano de 2019. De acordo com a Tabela 2, o município de Patos demonstrou em 2019 nível de perigo, com riscos à saúde humana, como esgotamento, insolação, possibilidade de AVC. Durante 2019, os menores valores de IC ocorreram entre os meses de julho e agosto. O maior valor de IC foi em dezembro, com 45 °C. Esse valor é considerado como perigoso a saúde humana e ao bem-estar da população (Tabela 2).

O valor mais alto do IDT em 2019 (gráfico 8) foi em dezembro, com valor de 30.60, valor considerado como desconfortável (Tabela 3). O valor mais baixo de IDT em 2019 foi em agosto, com 20.07 °C, esse valor é considerado como desconfortável. O valor mais alto do ITU em 2019 (gráfico 8) foi de 33.28 °C no mês de dezembro, valor considerado como extremamente desconfortável (Tabela 4). O menor valor de ITU foi 29.72 °C, no mês de agosto.

Gráfico 8: Valores dos índices relacionados com o conforto térmico humano no ano de 2019 na cidade de Patos, Paraíba.



Fonte: Autores, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de estudo (2015-2019), a população do município de Patos foi submetida a altas

temperaturas, baixos valores de umidade relativa do ar e altos valores de IC, IDT e ITU. Em todos os meses desse período de estudo, os resultados evidenciam que há alertas de perigo, podendo provocar na população problemas

graves de saúde, como: fadiga, insolação, esgotamento e possibilidade de AVC. O desconforto térmico pode variar em cada organismo, pois existem diferentes fatores que podem aumentar ou diminuir o desconforto, como: roupas, idade situação de saúde ou até mesmo sua rotina.

O município apresentou média de temperatura de 34.60 °C e 54.72% de umidade relativa do ar. A Temperatura é considerado como alta e a umidade é um valor baixo. Esses valores são considerados pela literatura como não recomendáveis, podendo causar diversos efeitos negativos a população, sendo caracterizado como desconfortável termicamente.

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.
- 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.
- CHRISTOPHERSON, Robert W. **Geossistemas-: Uma Introdução à Geografia Física**. Bookman Editora, 2012.
- CONCEIÇÃO, Renata Alice Fernandes; BITENCOURT, Daniel Pires. Análise de um período quente no estado de Santa Catarina através do cálculo do Índice de Calor. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. 2006.
- COSTA, Antônio Carlos Lôla da; MATTOS, Arthur. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Belém - PA**. 1998. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- DIN, Mohd Fadhil Md et al. Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. **Journal of thermal biology**, v. 41, p. 6-15, 2014.
- FEITOSA, Sônia Maria Ribeiro et al. Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina-Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2019.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. Studio Nobel, 1995.
- GOMES, Marcos Antônio Silvestre et al. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.
- IBGE. **Panorama da cidade de Patos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama>. Acesso em: 11 jan. 2019.
- INMET. **Dados históricos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdme> p. Acesso em: 01 jan. 2019.
- ISO. Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/39155.html>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- LEAL, L.R.; XAVIER, T.C.; FIALHO, E.S; PALAORO, L.B; OLIVEIRA, W.D; ALVAREZ, C.E. Análise de Índices de Conforto Térmico Urbano associados às Condições Sinóticas de Vitória (ES), Brasil. In: **II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana**, 2017.
- MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Marcia Peinado. Outdoor thermal comfort: numerical modeling approaches and new perspectives. **Proceedings of the PLEA 2005**, 2005.
- NÓBREGA, Ranyére Silva; VERÇOSA, Tiago. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 28, n. 1, p. 93-109, 2011.
- OLIVEIRA, Tiago Henrique et al. Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do processo de urbanização no município do Recife-PE utilizando o Índice de Vegetação Ajustado. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.
- 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.
- PILLAR, V. D. Clima e vegetação. **UFRGS, Departamento de Botânica**, 1995.
- 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, Keila Patrícia Cambraia et al. Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 23, p. 1-16, 2012.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CRPM. **Paraíba-Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Paraiba---Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-4610.html>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- STEADMAN, R.G. The Assessment of Sultriness: Part I: **A Temperature Humidity Index Based on Human**

Eliezio Nascimento Barboza et al.

Physiology and Clothing Science. J. Appl. Meteor., 18:
861-884, 1979.