

MAPEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

MAPPING OF THERMAL COMFORT IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE

Raila Mariz Faria

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, mestranda do Programa de Pós Graduação em Geografia.
Rua Joaquim Gregório, 296 - Penedo, Caicó - RN, 59300-000
railafaria@gmail.com

Rebecca Luna Lucena

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia.
Rua Joaquim Gregório, 296 - Penedo, Caicó - RN, 59300-000
rebeccaosvaldo@yahoo.com.br

Sara Fernandes Flor de Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia.
Rua Joaquim Gregório, 296 - Penedo, Caicó - RN, 59300-000
sara.flor@ufrn.br

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo principal fornecer um diagnóstico térmico do estado do Rio Grande do Norte (RN) com base nos dados climáticos de 1981 à 2010, por meio da aplicação dos índices bioclimáticos de conforto térmico: Índice de Desconforto - ID, Temperatura Efetiva - TE e Temperatura Efetiva em função do vento - TEv. Com os resultados dos cálculos dos índices foram realizadas análises espaciais por meio de técnicas de Geoprocessamento como IDW e álgebra de mapas, no Software livre Qgis, aplicando o gradiente adiabático de temperatura numa proporção de 0,6°C/100m. Baseando-se nas normais climatológicas (estações operantes), identificou-se desconforto térmico em todos os meses do ano para todo o estado do RN, de acordo com resultados dos índices ID e TE. Já considerando os resultados dos índices de conforto térmico ID, TE e TEv, sob a relação da altitude x temperatura, não foi identificado desconforto térmico nas áreas do estado situadas em altitude acima dos 400 metros. Ao considerar na metodologia da álgebra de mapas o gradiente vertical de temperatura, o ID identifica que nas áreas elevadas topograficamente do estado não há desconforto, além de não homogeneizar essas áreas com o entorno, fato esse que não acontece com o TE que possui uma grande amplitude entre as classes de classificação.

Palavras chave: índices de conforto térmico humano, sensação térmica, álgebra de mapas, normais climatológicas.

RESUMEN

El objetivo principal de este artículo es proporcionar un diagnóstico térmico del estado de Rio Grande do Norte (RN) basado en datos climáticos de 1981 a 2010, mediante la aplicación de índices bioclimáticos de comodidad térmica: Índice de Comodidad - IC, Temperatura Efectiva - TE y Temperatura Efectiva en función del viento - TEv. Con los resultados de los cálculos del índice se realizaron análisis espaciales utilizando técnicas SIG como IDW y álgebra de mapas, utilizando el software libre Qgis, aplicando el gradiente adiabático de temperatura en una proporción de 0,6°C/100m. Con base en las normales climatológicas (temporadas de funcionamiento), se identificó el malestar térmico en todos los meses del año según los resultados de los índices IC y TE para todo el estado de RN. Considerando los resultados de los índices de confort térmico IC, TE y TEv, bajo la relación altitud x temperatura, no se identificó malestar térmico en las zonas del estado, ubicadas en altitudes superiores a los 400 metros. Al considerar el gradiente vertical de temperatura en la metodología del álgebra de mapas, el IC identifica que en las zonas topográficamente altas del estado no existe malestar, además de no homogeneizar estas zonas con el entorno, hecho que no ocurre con el TE que tiene una amplia gama entre las clases de clasificación.

Palabras-clave: índices de confort térmico humano, sensación térmica, álgebra de mapas, normales climatológicas.

1. Introdução

O ser humano depende do clima em todos os seus aspectos, para alimentação, atividades econômicas, conforto, lazer, e o mesmo influencia a cultura, o modo de vestir, os hábitos diários e sazonais de uma determinada população. Além disso, os estados diários do tempo e o clima são

capazes de interferir no desempenho físico e mental, bem como na saúde da população (ARAGÃO, 2009; SETTE; RIBEIRO 2011). Logo, as características do tempo e do clima influenciam direta e indiretamente a vida humana em todos os seus feitios, daí a importância de seu conhecimento.

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é aquela que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais. A mesma desempenha papel fundamental no ambiente que influencia os animais, as plantas e o próprio ser humano e, desse modo, seu conhecimento se torna fundamental nos estudos de planejamento e gestão em ambientes rurais e urbanos (MEDEIROS et al, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2006).

Sendo influenciada pelos fatores geográficos, altitude e latitude, a temperatura do ar decresce a uma taxa de 1° C/100m, considerando o ar seco. Porém, conforme afirma Santos et al (2013):

Como o ar ascendente esfria, a umidade relativa aumenta à medida que a temperatura do ar se aproxima da temperatura de ponto do orvalho, chegando a 100%. A maior elevação resulta em condensação, com formação de nuvem, e o calor latente é liberado dentro da parcela de ar ascendente. Devido ao calor acrescido durante a condensação, há compensação de parte do resfriamento devido a expansão; o ar não mais esfria a uma taxa adiabática seca, mas a uma taxa menor denominada taxa adiabática úmida. (p.4)

Mesmo havendo variação na taxa adiabática úmida, é considerado que com a elevação topográfica a temperatura decresce numa proporção média de aproximadamente 1° C/180m ou 0,6 °C/100m (DIAS; ANDRADE-NETO; MILTÃO 2007; SANTOS et al 2013; FRITZSONS; MANTOVANI; WREGE, 2016). Assim, nos trópicos, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981).

Ab Saber (2003) e Conti (2011) destacam que a região do Semiárido nordestino com seus ~ 900 mil km² localizados entre 0° e 18° de latitude sul, está suscetível a elevadas temperaturas e severas secas, estas últimas relacionadas sobretudo às oscilações da Zona de Convergência Intertropical e a influência do fenômeno El Niño.

O estado do Rio Grande do Norte, localizado entre 4° e 7° de latitude sul, quase que totalmente inserido no Semiárido brasileiro (cerca de 93% do território), está exposto a altos valores anuais de insolação e ao fenômeno da seca, duas condições que interferem no bem estar e na

qualidade de vida da população norte-rio-grandense (LIMA et al 2011; SILVA e LÚCIO, 2015, SILVA et al, 2018). Nessa região, as elevadas temperaturas são responsáveis por condições de desconforto humano que podem ser agravadas pelo uso do solo inapropriado (LUCENA et al, 2016).

Lamberts (2016) conceitua conforto térmico humano enquanto estado mental que expressa satisfação da pessoa com o ambiente térmico que a circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto causada pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável. Quando a temperatura do ar e umidade são elevadas, os seres humanos estão expostos a uma situação de estresse térmico (GOBO et al, 2015). O calor e o frio extremos, podem ter efeito na saúde dos seres humanos, principalmente nos idosos (GOLDEN, et al 2008). Os estudos de conforto térmico são essenciais ao bem estar da população (FROTA; SCHIFFER, 2003), principalmente em regiões quentes de baixas latitudes, como o semiárido brasileiro, especificamente o estado do Rio Grande do Norte. Dessa forma, fornecer informações sobre conforto térmico é fundamental na identificação das áreas mais ou menos confortáveis, localizando-as e mapeando-as para fins de informação à população norte-rio-grandense. É importante ressaltar que os estudos de conforto térmico ainda são insuficientes, mesmo em uma região naturalmente quente como o Semiárido brasileiro. Lucena et al (2016) destacam que na climatologia do Semiárido a questão hídrica e pluviométrica foi historicamente mais abordada, deixando-se de lado questões relevantes como o conforto térmico e a sensação térmica humana em uma área onde predominam altas temperaturas basicamente todos os dias do ano.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo principal fornecer um diagnóstico térmico do estado do Rio Grande do Norte, utilizando dados climatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET para aplicação de índices bioclimáticos de conforto térmico humano, quais sejam: o Índice de Desconforto - ID (MATZARAKIS; MAYER, 1991), o Índice de Temperatura Efetiva - TE (BLAZEJCZYK et al, 2012) e o Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento - TEv (SUPING et al, 1992). Mediante os resultados dos índices, serão gerados mapas e gráficos acerca do conforto térmico com auxílio de técnicas de geoprocessamento, expondo o nível de conforto/desconforto térmico ao qual a população do Rio Grande do Norte está exposta e sua distribuição geográfica.

2. Materiais e métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O Estado do Rio Grande do Norte está localizado no Brasil, na Região Nordeste, limitado pelos paralelos de 4° 49 '53 e 6° 58' 57 de latitude sul e pelos meridianos de 34° 58 '03 e 38° 36' 12 de longitude oeste. Limitando-se com o Oceano Atlântico a norte e a leste e com os estados da Paraíba a sul e do Ceará a oeste, respectivamente (Figura 1).

O Rio Grande do Norte abrange uma área de 52.797 km², população estimada de 3.168.027 de habitantes e densidade demográfica de 59,99 hab/km², conforme dados do Censo de 2010 (IBGE, 2021). Na delimitação do Semiárido vigente, de acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (Resolução 115 de 23/11/2017), dos 167 municípios do Rio Grande do Norte, 147 estão inseridos no semiárido brasileiro (Figura 1), atendendo aos critérios estabelecidos por essa superintendência, o que corresponde a 93% de seu território (SUDENE, 2017).



Figura 1. Mapa de localização dos municípios que fazem parte do semiárido brasileiro no Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

O estado do RN apresenta uma grande variedade de formas de relevo, esculpidas em sedimentos da Bacia Potiguar e terrenos mais antigos do Embasamento Cristalino (DANTAS; FERREIRA, 2010). Basicamente todo o estado, com exceção do Litoral Leste, está inserido no domínio morfoclimático da Caatinga, caracterizado pelo clima semiárido, apresentando solos rasos

e pedregosos e corpos hídricos intermitentes (AB'SÁBER, 2003; NUNES 2006; LUCENA et al 2018).

2.2. Coleta de dados climáticos

Os processos metodológicos se deram inicialmente com a coleta de dados climatológicos no BDMEP (Banco de dados do INMET), da normal climatológica de (1981-2010), referentes às estações climatológicas operantes no Rio Grande do Norte (Figura 2). Um ponto que merece ser destacado é a diminuição dos dados climatológicos disponibilizados pelo INMET na nova normal climatológica de 1991-2020. No RN, apenas dados de quatro municípios potiguares estão disponíveis, Natal e Ceará Mirim no litoral leste, porção mais úmida do estado e Caicó e Cruzeta na região central no domínio do clima semiárido, desfavorecendo uma boa espacialização geográfica desses dados no estado. Enquanto a normal anterior, de 1981-2010, disponibiliza dados de oito municípios (Figura 2) distribuídos nas mesorregiões geográficas do Leste Potiguar (Natal e Ceará-Mirim), do Oeste Potiguar (Apodi e Mossoró) e Central Potiguar (Caicó, Cruzeta, Florânia e Macau), fato esse mencionado que justifica o uso da normal climatológica de 1981-2010 nesse trabalho.

Os dados coletados das estações climatológicas são referentes às temperaturas médias compensadas (°C), a umidade relativa do ar (%) e a velocidade do vento (m/s).

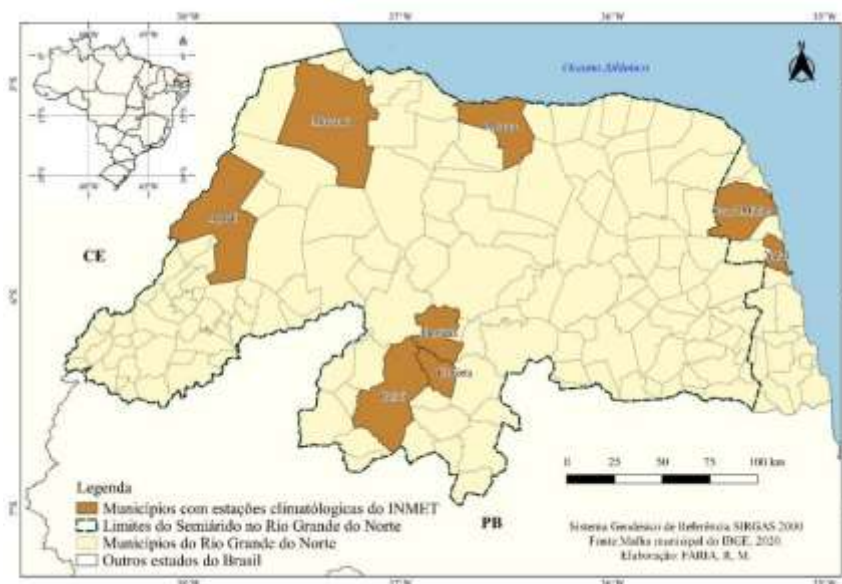


Figura 2. Mapa de localização dos municípios com estações climatológicas do INMET operantes no Rio Grande do Norte, período de 1981-2010. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

2.3. Aplicação de Índices bioclimáticos

Logo após a coleta e organização dos dados de temperatura do ar, de umidade relativa do ar e velocidade do vento, os valores foram submetidos aos cálculos dos Índices de Desconforto Térmico Humano ID, TE e TEv, no software Excel. Os índices bioclimáticos são instrumentos importantes na elaboração técnicas de controle do ambiente, pois permitem a identificação de variáveis do meio que devem ser modificadas ou aproveitadas para se alcançarem as condições de conforto desejadas para a população (ROMERO, 2013). Os índices aplicados nesta pesquisa são reconhecidos cientificamente e já foram utilizados em outras pesquisas no semiárido e no Brasil, como podem ser vistos nos trabalhos de Santos (2015), Gobo et al (2015), França (2015), Lucena (2016), Fante, Dubreuil e Sant'Anna Neto (2017), Medeiros (2019), Falcão et al (2020), Faria, Lucena e Souza (2021).

O primeiro índice aplicado foi o Índice de Desconforto Térmico (ID), que utiliza como variáveis meteorológicas a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, proposto por Thom em 1959, conforme a equação 1.

$$\text{Índice de Desconforto Térmico (ID):} \quad (1)$$
$$T - 0.55 (1 - 0.01UR) (T - 14.5)$$

Onde: ID é o Índice de Desconforto em (°C); T é a temperatura do bulbo seco (°C); e UR é a umidade relativa (%). Assim, têm-se os valores do Índice de Desconforto Térmico (ID) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação do nível de conforto humano segundo valores de Índice de Desconforto (ID).

ID (°C)	Nível de desconforto térmico
ID < 21,0	Não há desconforto
21,0 ≤ ID < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
24,0 ≤ ID < 27,0	Aprox. 50% da população sente desconforto
27 ≤ ID < 29,0	A maioria da população sente desconforto
29,0 ≤ ID < 32,0	Todas as pessoas sentem estresse severo
ID ≥ 32,0	Estado de emergência severo

Fonte: Matzarakis & Mayer, 1991.

O segundo índice aplicado foi a Temperatura Efetiva, proposto inicialmente por Houghton e Yaglou (1923) com o objetivo de fornecer um método para determinar os efeitos relativos da influência da temperatura e umidade do ar no conforto térmico. O TE considera as mesmas variáveis do ID, temperatura do ar e umidade relativa do ar, conforme demonstra a equação 2.

$$\text{Índice de Temperatura Efetiva:} \quad (2)$$

$$(TE) = T - 0,4 (T - 10) (1 - UR/100)$$

Onde: T é a temperatura do ar (°C); UR a umidade relativa (%), resultados esses classificados de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Sensação térmica conforme os valores de Temperatura Efetiva (TE).

TE (°C)	Descrição da sensação humana
>30	Muito quente
24 – 30	Moderadamente quente
12 – 24	Agradável (neutro)
6 – 12	Fresco
0 – 6	Muito fresco
-12 – 0	Frio
-24 – -12	Muito frio
-30 – -24	Perigo de congelamento (início)
<-30	Perigo de congelamento (alto)

Fonte: Blazejczyk et al (2012).

O último índice aplicado foi a Temperatura Efetiva em função do Vento (TEv), desenvolvido por Missenard (1937), que utiliza as variáveis temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade do vento, conforme a equação 3.

$$\text{Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento - TEv:} \quad (3)$$

$$TEv = 37 - (37 - T) / [0,68 - 0,0014UR + 1 / (1,76 + 1,4v0,75)] - 0,29T(1 - UR/100)$$

Onde: TEv é temperatura efetiva como função do vento; T é a temperatura do bulbo seco (°C); UR é a umidade relativa (%) e v é a velocidade do vento (m/s), de acordo com a classificação da tabela 3.

Tabela 3. Sensação térmica segundo os valores de Temperatura Efetiva em função do vento - TEv e seu grau de estresse fisiológico.

TEv (°C)	Sensação Térmica	Grau de estresse fisiológico
TEv < 5	Muito Frio (MMFF)	Extremo estresse ao frio
5 ≤ TEv < 10	Frio (FF)	Extremo estresse ao frio

$10 \leq TE_v < 13$	Moderadamente Frio (MFF)	Tiritar
$13 \leq TE_v < 16$	Ligeiramente Frio (LFF)	Resfriamento do corpo
$16 \leq TE_v < 19$	Pouco Frio (PFF)	Ligeiro resfriamento do corpo
$19 \leq TE_v < 22$	Ligeiramente Fresco (LF)	Vasoconstrição
$22 \leq TE_v < 25$	Confortável (C)	Neutralidade térmica
$25 \leq TE_v < 28$	Ligeiramente Quente (LQ)	Ligeiro suor; vasodilatação

Fonte: Suping et al, 1992.

2.4. Geoprocessamento

O Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais (PINA; SANTOS, 2000). Na produção dos mapas se fez necessário o uso de técnicas de interpolação espacial de Ponderação do Inverso das Distâncias (IDW), com objetivo de espacializar geograficamente os resultados de conforto térmico. Mitas e Mitasova (1999) afirmam que este IDW é um dos métodos mais simples e disponíveis, e consiste na suposição de que o valor em um ponto não amostrado pode ser aproximado como uma média ponderada de valores em pontos dentro de uma certa distância de corte, ou de um determinado número dos pontos mais próximos.

Um problema evidente na distribuição das estações meteorológicas do INMET no estado do Rio Grande do Norte é que nenhuma das estações está localizada em área de altitude superior a 325 m de altitude. Desse modo optou-se em realizar uma metodologia que considere o fator geográfico altitude e sua relação com a temperatura na elaboração dos mapas de conforto térmico, sendo considerada a alteração de 0,6 °C para cada 100 m de altitude, considerando o valor médio do gradiente vertical de temperatura (DIAS; ANDRADE-NETO; MILTÃO 2007; SANTOS et al 2013).

Para a elaboração dessa metodologia utilizou-se inicialmente o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Rio Grande do Norte disponibilizado pelo Inpe Topodata (Figura 3), com a altitude variando de 0 a 853 metros.

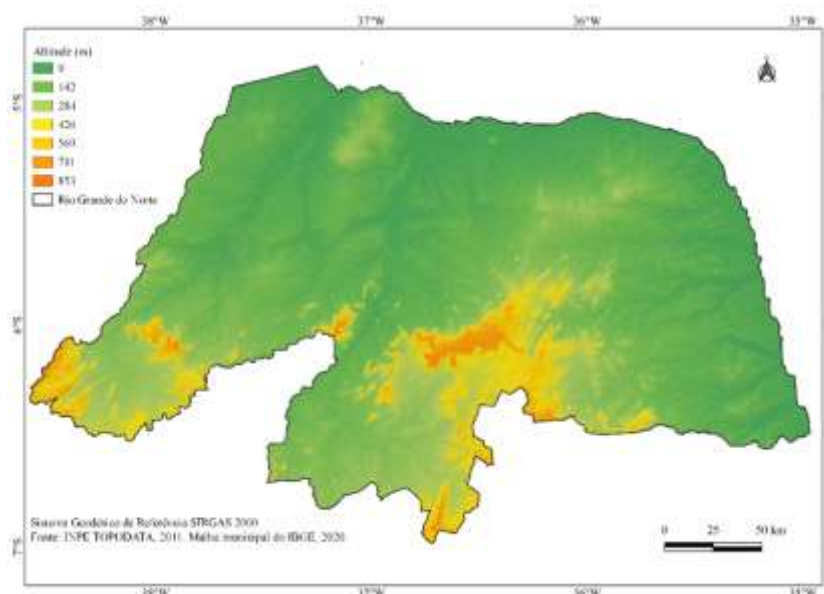


Figura 3. Mapa Hipsométrico do Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

O coeficiente de altitude foi gerado com base na alteração de $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura do ar para cada 100 m de altitude (OMETO, 1981), gerando 9 classes de gradiente vertical variando de 0°C a $4,8^{\circ}\text{C}$, conforme pode ser visto na figura 4.

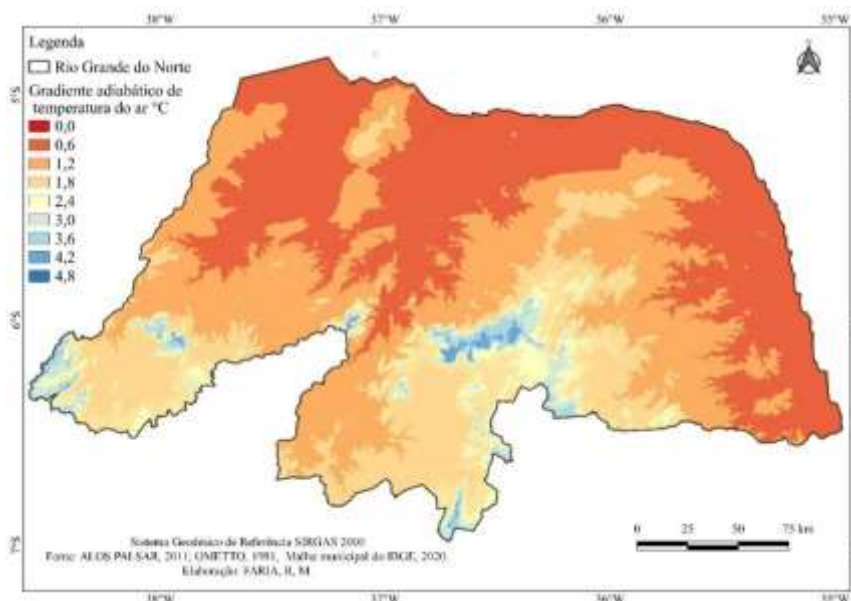


Figura 4. Mapa de gradiente adiabático de temperatura no Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

Mediante a geração do coeficiente de altitude, realizou-se a álgebra de mapas na calculadora raster do Software Qgis. A técnica de álgebra de mapas foi proposta por Tomlin (1990), com objetivo de indicar um conjunto de procedimentos de análise espacial em geoprocessamento que gera novos dados a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas, sendo estes abordados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos dos mapas (BARBOSA et al, 1998). A equação realizada na calculadora raster do QGIS consiste inicialmente em calcular a variável temperatura do ar considerando a altitude e o gradiente adiabático de temperatura (Figuras 3 e 4), para posteriormente aplicar os índices bioclimáticos ID, TE e TEv, resultando assim nos mapas de conforto térmico humano do estado do Rio Grande do Norte.

3. Resultados

3.1. Conforto térmico no RN

As normais climatológicas indicam as características médias do clima em uma localidade com base em dados históricos observados em períodos de 30 anos (VAREJÃO-SILVA 2006; TORRES; MACHADO, 2011). De acordo com os dados da normal climatológica de 1981-2010, o estado do Rio Grande do Norte apresenta temperatura média do ar anual superior aos 27 °C, caracterizando-se como uma região naturalmente quente, inserida no domínio do semiárido brasileiro.

Inicialmente são apresentados os resultados dos índices de conforto térmico humano ID, TE, TEv para o estado do RN (Figuras 5, 7 e 9), sem considerar a relação altitude x temperatura. Os gráficos representados nas figuras 6, 8 e 10, mostram a distribuição mensal dos índices supracitados.

O índice de desconforto (ID) revela que, para a média anual, “50% da população sente desconforto térmico”, com exceção do município de Florânia, onde “menos de 50% da população sente desconforto térmico devido ao calor” (Figura 5). A estação de Florânia está localizada em uma porção mais elevada que as demais estações, com altitude de 326 m. É provável que essa condição altimétrica tenha alocado Florânia em uma outra classe de conforto térmico humano.

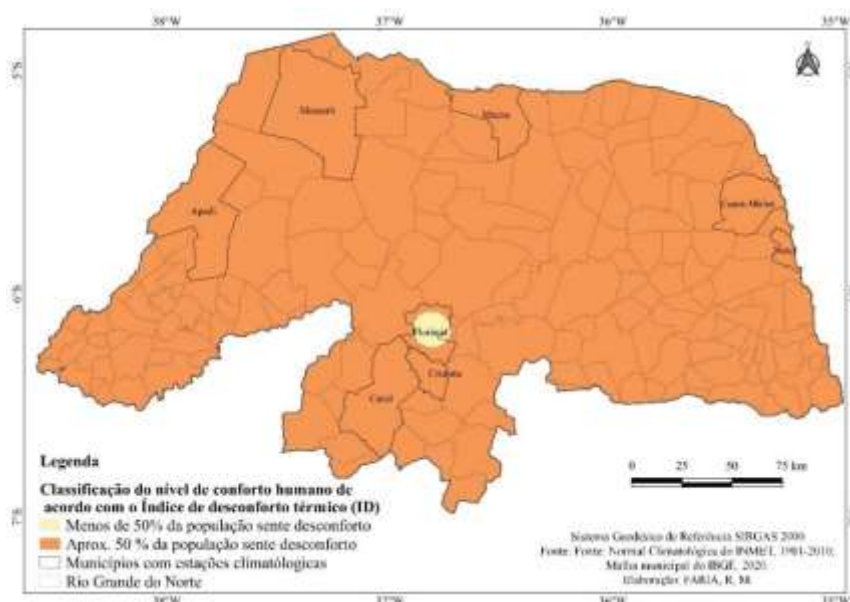


Figura 5. Mapa da distribuição do conforto térmico médio anual no Rio Grande do Norte, segundo o ID. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

O gráfico da figura 6 apresenta a média mensal da série histórica por município, mostrando que “aproximadamente 50 % da população sente desconforto” térmico em quase todos os meses do ano. O período do inverno apresenta-se como uma exceção, onde nos municípios de Florânia, Cruzeta, Ceará-Mirim e Natal, “menos de 50% da população sente desconforto” térmico, com $ID \leq 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

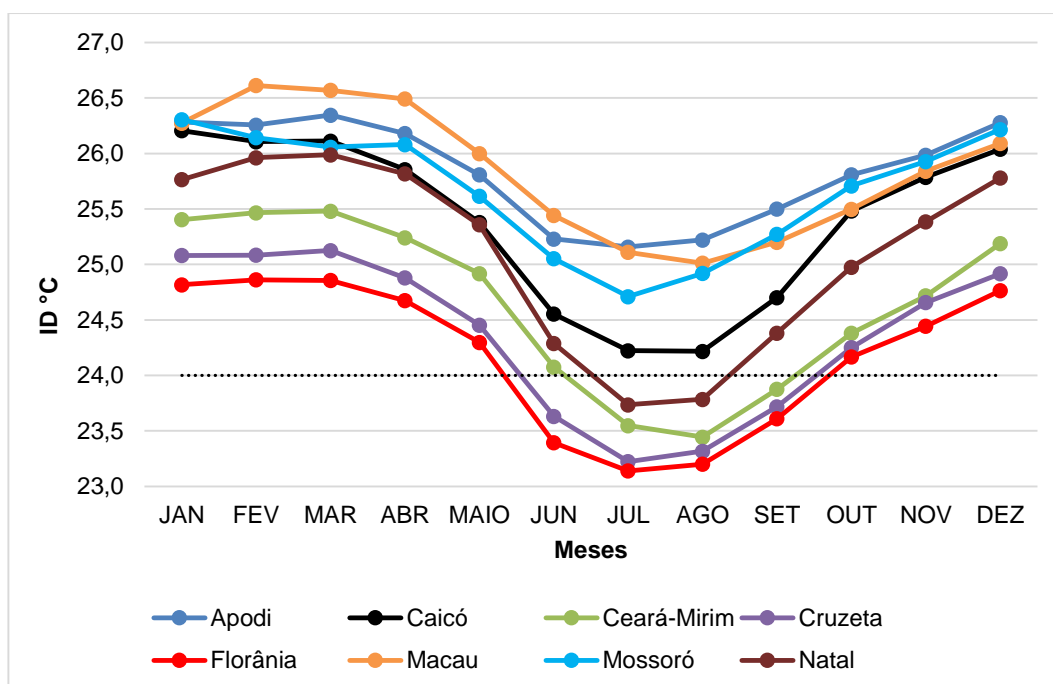


Figura 6. Valores médios mensais de Desconforto Térmico (ID) de acordo com a normal climatológica (1981-2010).
Fonte: INMET.

De acordo com esse índice bioclimático, as áreas do Rio Grande do Norte que apresentam maior desconforto térmico correspondem a porção do centro-oeste do estado, com valores superiores a 25,1°C (ID) nos municípios de Apodi, Macau e Mossoró, sendo estes considerados os mais desconfortáveis em função do calor.

A figura 7 revela a classificação climática para o RN, quando aplicado o índice de Temperatura Efetiva (TE), expondo que a sensação térmica sentida pela população é de “moderadamente quente” o ano todo, com exceção do município de Florânia, onde a sensação térmica média anual é “agradável”, possivelmente devido ao fator altitude. Os resultados encontrados com o índice de TE apresentam forte semelhança ao ID (Figura 5). Destacam-se os municípios de Apodi e Macau como sendo os mais desconfortáveis.

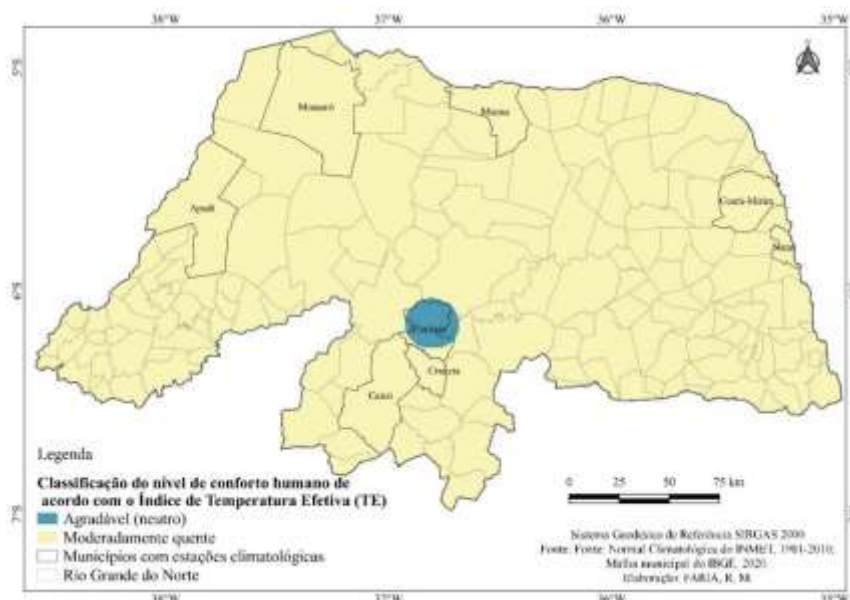


Figura 7. Mapa da distribuição da Temperatura Efetiva média anual no Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

O índice Temperatura Efetiva demonstra que a sensação térmica sentida nos municípios (Figura 8), em quase todos os meses do ano é “modernamente quente”, tendo seu ápice nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Porém, no período do inverno, especificamente nos meses de junho, julho, agosto e setembro, nos municípios de Florânia, Cruzeta, Ceará-Mirim e Natal a sensação térmica é “agradável” (neutro), com $TE \leq 24 \text{ }^\circ\text{C}$.

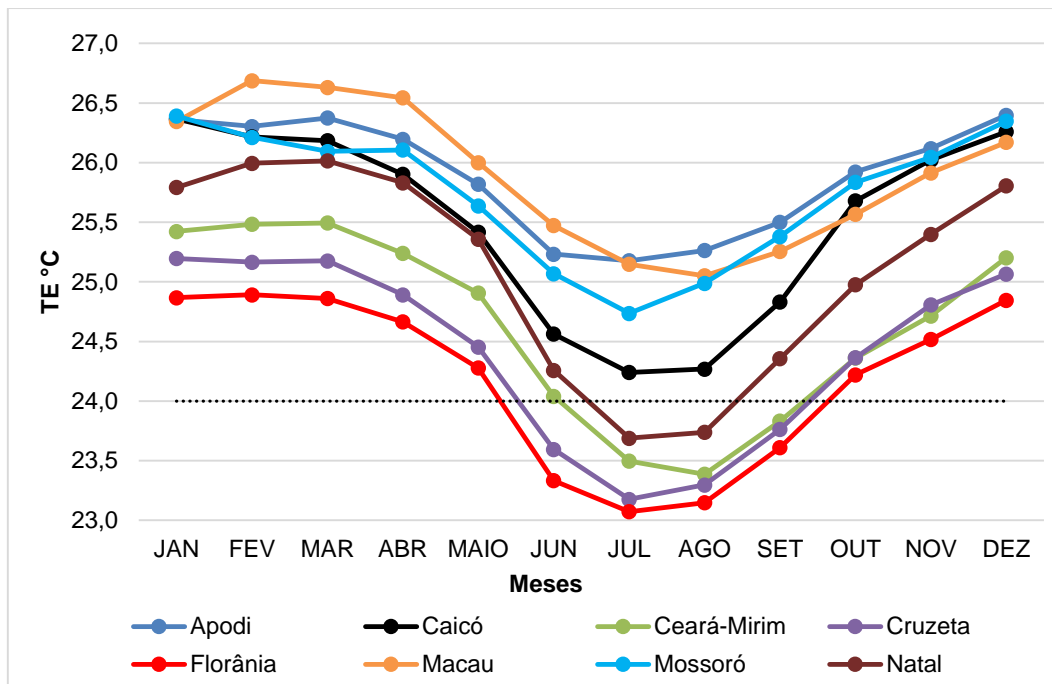


Figura 8. Valores médios mensais de Temperatura Efetiva de acordo com a normal climatológica (1981-2010). **Fonte:** INMET.

O índice de Temperatura Efetiva em função do Vento (TEv) apresentou que a sensação térmica anual na maior parte do estado foi de “ligeiramente fresco” (~ 80%, do RN), com destaque para a região do litoral leste nos municípios de Natal e Ceará Mirim. Já a classificação de sensação “confortável” (neutralidade térmica), com TEv de 22 °C à 25 °C, apareceu no município de Caicó e em Apodi e Mossoró, na mesorregião do Oeste potiguar, correspondendo a 20% da área do RN, como pode ser visto na figura 9.

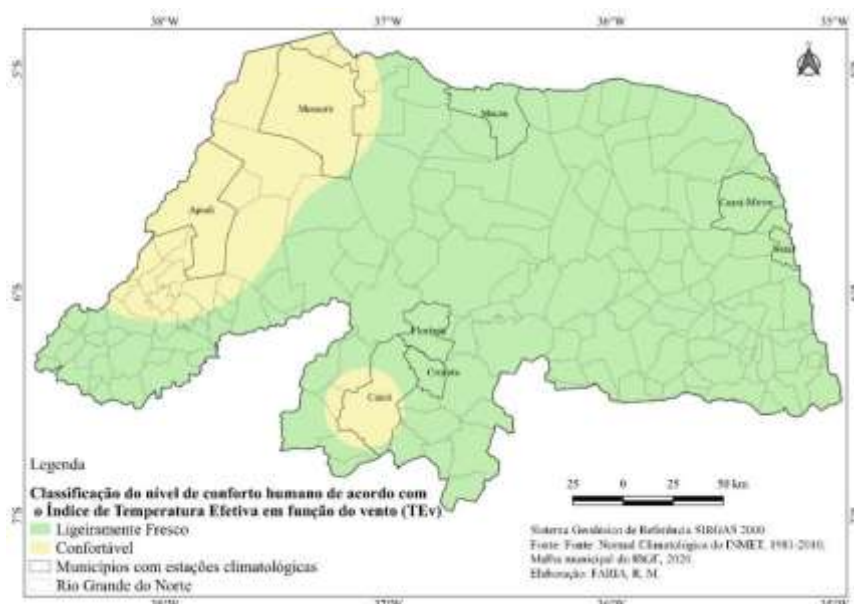


Figura 9. Mapa da distribuição do valor médio anual da Temperatura efetiva em função do vento no estado do Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

A figura 10 revela os valores mensais de TEv, mostrando resultado distinto dos índices anteriores, classificando os municípios em questão entre “pouco frio” a “confortável”. Merece destaque o município de Natal por apresentar sensação térmica mais amena que os demais em todos os meses do ano, variando de “pouco frio” (julho a setembro) à “ligeiramente fresco” no restante dos meses (outubro a junho), com TEv ≤ 22 °C. Já os municípios de Caicó, Apodi e Mossoró obtiveram resultado que reflete em temperaturas mais elevadas, com sensação térmica variando de “ligeiramente fresco” (julho a agosto) à “confortável” no restante dos meses do ano (setembro a junho).

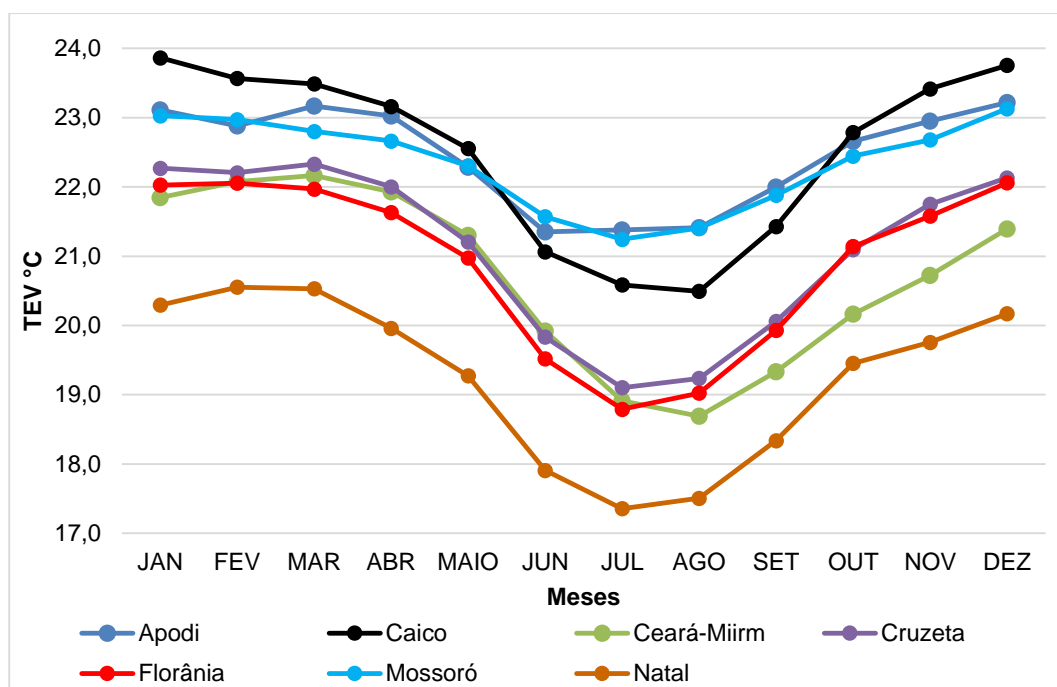


Figura 10. Valores médios mensais da Temperatura Efetiva em função do vento de acordo com a normal climatológica (1981-2010). **Fonte:** INMET

No estado do RN a maior parte da população sente desconforto térmico (calor) de acordo com os índices de Desconforto e Temperatura Efetiva, principalmente no trimestre de novembro, dezembro e janeiro, coincidindo com a estação do verão austral. Lucena et al (2021) realizaram um estudo de conforto térmico na região Seridó, destacando o predomínio de altas temperaturas diárias, mensais e anuais, com médias superiores aos 26 °C, que contribuem para o desconforto térmico na região em praticamente todos os meses do ano.

Já ao considerar a variável vento, o índice de Temperatura Efetiva em função do Vento ameniza a sensação térmica provocada pelo calor, classificando o estado como ligeiramente fresco (inverno) à confortável (primavera, verão e outono).

Santos (2015), Lucena (2016), Barbosa (2019), Medeiros et al (2019) e Faria, Lucena e Souza (2021), realizaram estudos sobre conforto térmico em locais do semiárido brasileiro, encontrando resultados semelhantes, onde a maior parte da população sente desconforto térmico em quase todos os meses do ano, sendo exposta a altas temperaturas que podem ocasionar fadiga, esgotamento e insolação nos casos de exposição prolongada. Esses estudos também apontam que apesar da baixa latitude, no período correspondente ao inverno austral, o semiárido brasileiro

apresenta temperaturas mais amenas e condições de conforto térmico mais favoráveis ao bem estar, mesmo nas áreas baixas da depressão sertaneja.

3.2. Conforto térmico no RN considerando a altitude

A relação direta da altitude com a temperatura do ar é extremamente importante para as regiões tropicais e subtropicais, especialmente na região semiárida onde uma diferença altimétrica de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação nativa e, por consequência na adaptação dos seres vivos como um todo, especialmente os seres humanos em sua aptidão para vários sistemas de uso da terra (FRITZSONS; MANTOVANI; WREGGE, 2017, LUCENA et al 2022). Mediante a importância da relação direta da altitude com a temperatura, se fez oportuno gerar resultados dos índices de conforto térmico considerando essa relação. As figuras 11, 12 e 13 evidenciam os resultados dos índices de conforto térmico ID, TE e TEv, respectivamente, considerando a relação altitude x temperatura para as devidas classificações climáticas.

O índice de desconforto térmico (ID), representado na figura 11, revela três classes de conforto térmico humano. A primeira, representada no mapa pela cor azul, aponta que “não há desconforto térmico” nas áreas onde o ID é inferior a 21 °C, correspondendo a uma área de aproximadamente 4% do estado do RN, que coincide com as cotas elevadas topograficamente do Planalto da Borborema e Planaltos Cristalinos Residuais e Estruturais (AB’SABER, 2003). Destacando nessa classe as formações da Serra de Santana e da Serra da Formiga, os afloramentos do Planalto da Borborema e a formação Serra de João do Vale e Serra do Martins.

A segunda classe, representada em amarelo, onde o ID é superior a 21 °C e inferior a 24 °C, indica que “menos de 50% da população sente desconforto” térmico. Essa classe representa cerca de 26% do estado, abarcando basicamente todo o agreste potiguar.

A terceira classe, representada em laranja na figura 11, com intervalo de 24 °C - 25,8 °C, aponta que “aproximadamente 50% da população sente desconforto” térmico e a mesma corresponde a maior parte do estado, ~ 70%, distribuída nas áreas da depressão sertaneja correspondentes às planícies da Bacia do Rio Piranhas-Açu e do Rio Mossoró-Apodi, no litoral leste e agreste, áreas essas onde a cota altimétrica não ultrapassa os 300 m de altitude.

Em comparação com o resultado do ID apresentado na figura 5 e no canto superior direito da figura 11, sem considerar o fator geográfico altitude, é perceptível o surgimento do intervalo de uma nova classe climática onde “não há desconforto térmico para a população”, coincidindo justamente com as áreas mais elevadas do estado. Da mesma forma, a classe onde “menos de 50% da população sente desconforto” aumenta sua dimensão espacial para além do município de Florânia, como se pode comparar nos mapas presentes na figura 11.

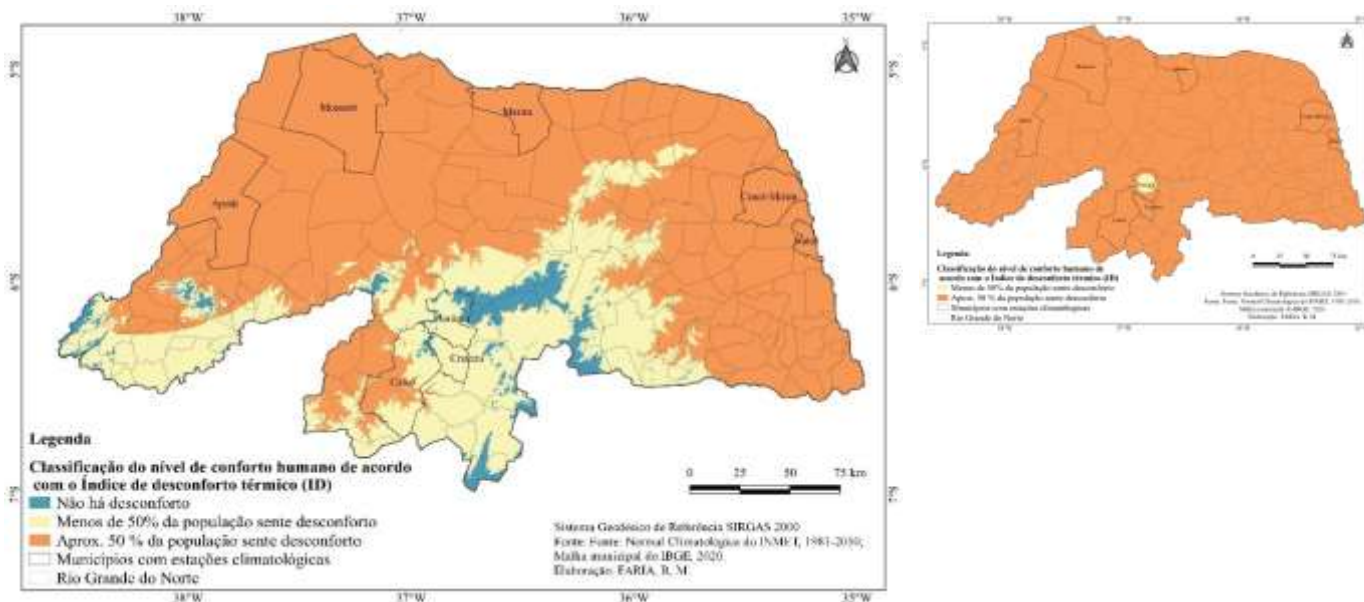


Figura 11. Mapa do conforto térmico humano anual para o RN considerando a relação altitude x temperatura, a partir do ID. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

Esses novos polígonos seriam áreas impossíveis de serem mapeadas sem considerar a relação altitude x temperatura (através do geoprocessamento), já que nenhuma estação climatológica do INMET operante no RN está localizada a uma cota altimétrica superior a 325 m.

O índice de Temperatura Efetiva quando aplicado considerando a relação altitude x temperatura, revelou apenas duas classes climáticas conforme o mapa da figura 12: a classe “agradável” (neutro), representada em azul no mapa, ocupando a maior porção do estado 63% (somente ocupada pelo município de Florânia sem considerar a altitude), e a classe “moderadamente quente”, representada em amarelo, abarcando 37% do estado. No intervalo acima de 24 °C (TE), classificado como sensação “moderadamente quente”, o polígono diminuiu

consideravelmente, aparecendo apenas em parte do agreste, no litoral leste e setentrional e áreas de depressão na porção oeste e na porção norte do estado (Figura 12).

Cabe destacar que o índice TE apresentou uma certa homogeneidade, devido a amplitude extensa em seu intervalo de classe de 12°C até 24°C, não destacando as áreas superiores a 500m de altitude conforme destacou o ID, anteriormente mencionado.

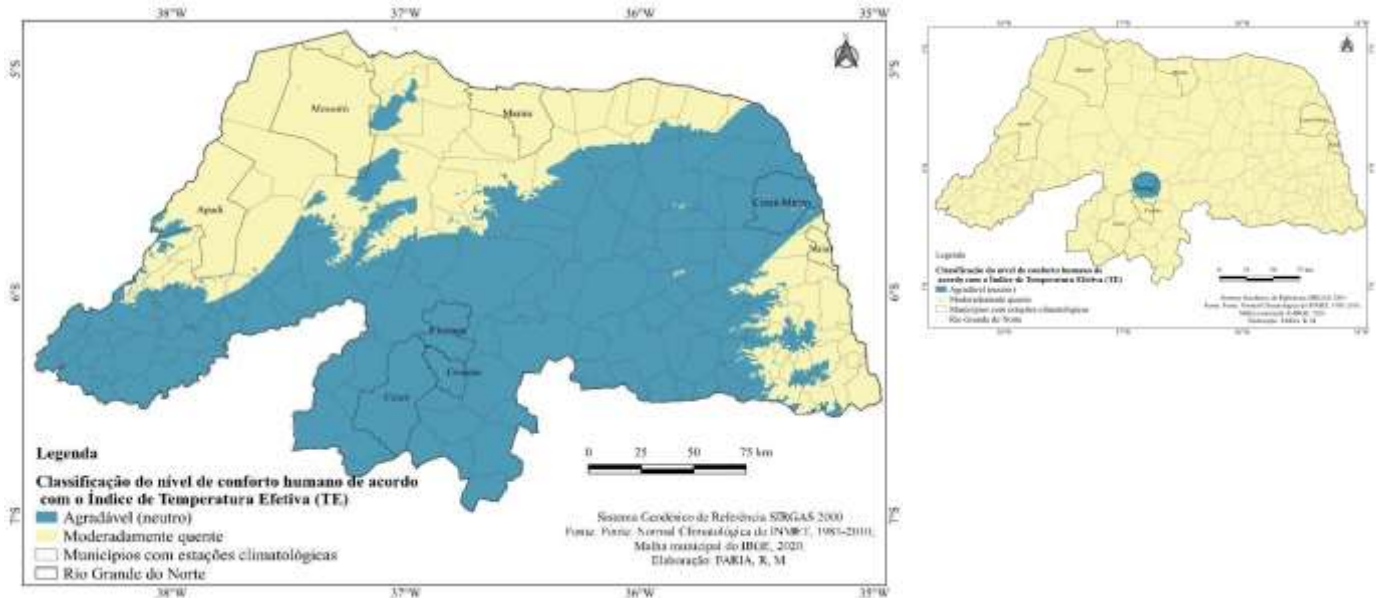


Figura 12. Mapa da Temperatura efetiva média anual no RN, considerando a relação altitude x temperatura. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

O Índice de Temperatura Efetiva em Função do Vento (Tev) apresentou os seguintes resultados conforme o mapa da figura 13: a sensação térmica de “pouco frio” corresponde a 10% do estado, representando as áreas elevadas topograficamente, em média aquelas acima dos 550 m de altitude bem como áreas sujeitas aos ventos de leste como parte do agreste e litoral leste, incluindo o município de Natal. Já a classe de sensação térmica “ligeiramente fresco”, compreende a maior porção do estado com cerca de 82%; e por fim, a classe “confortável” aparece em 8% do estado nas áreas que correspondem aos municípios Mossoró e Apodi especificamente da planície da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, noroeste do estado.

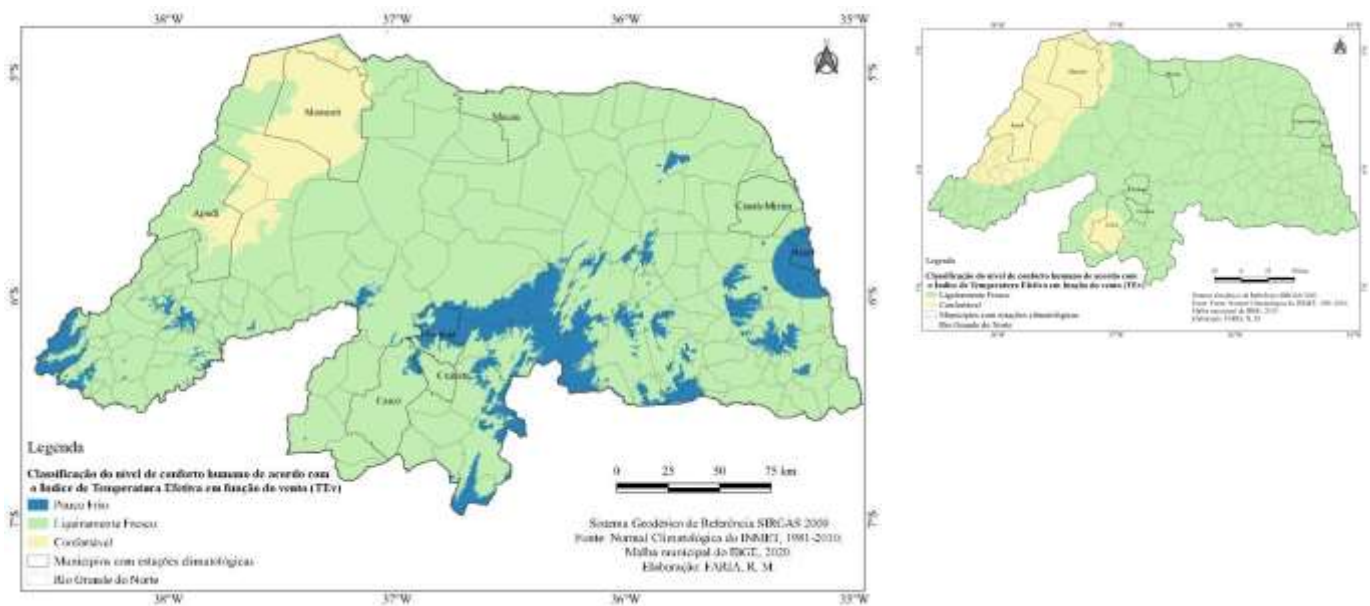


Figura 13. Mapa da Temperatura Efetiva em função do Vento média anual para o RN, considerando a relação altitude x temperatura. **Fonte:** elaborado pelas autoras, 2022.

Os resultados considerando o gradiente vertical de temperatura foram importantes na aplicação dos índices climáticos de conforto térmico, revelando a influência do relevo e sua altimetria na temperatura do ar, no clima e na sensação térmica humana. Conforme Medonça e Danni-Oliveira (2007) descrevem que o relevo é um fator que diversifica os padrões climatológicos em razão da variação de altitude, forma e orientação, ao considerar dois locais no globo com mesma latitude, porém com altitudes diferentes, aquele mais elevado terá a temperatura do ar diminuída em média 0,6 °C para cada 100 m do local mais baixo. A metodologia considerando a relação mencionada se mostrou eficiente com auxílios de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Câmara e Medeiros (1998) afirmam que em países com grande dimensão territorial como o Brasil, existe uma carência de informações ambientais dificultando a tomada de decisões de planejamento, tornando o geoprocessamento e suas técnicas uma alternativa viável de custo relativamente baixo e informações precisas.

No semiárido brasileiro, as áreas elevadas topograficamente merecem atenção e melhor monitoramento, pois as mesmas funcionam como verdadeiros “oásis”, apresentando características climáticas, sejam térmicas, higrométricas, e outras, distintas da depressão sertaneja (AB’SABER, 2003, MEDEIROS, 2016, LUCENA et al 2022). Assim, a partir da inclusão do fator altitude, a

resposta climática é nitidamente expressa por seus valores higrotérmicos, que dentre outros aspectos, influenciam no conforto térmico humano e bem estar da população.

Com relação aos diferentes índices bioclimáticos aplicados, aquele que representou melhor os resultados para o estado do Rio Grande do Norte foi o ID, conseguindo identificar as regiões elevadas topograficamente, trazendo também nomenclatura das classes condizentes com a sensação térmica sentida nas zonas intertropicais (BARBIRATO et al, 2007). O TE apresentou resultados semelhantes ao ID, principalmente quando considerados os valores médios mensais para os municípios em apreço. Já o TEv, em termos de espacialização, apresentou resultado satisfatório, o problema está na nomenclatura das classes. A definição climática de “pouco frio” a “confortável”, não parece representar fidedignamente a realidade climática de um estado onde predominam elevadas temperaturas anuais.

Estudos sobre conforto e sensação térmica realizados no Semiárido brasileiro, têm identificado o predomínio de situação de desconforto em face do calor, durante quase todo o ano (BEZERRA, LEITÃO e AZEVEDO, 2013; LUCENA 2016; MEDEIROS et al 2019; ARAÚJO, SARAIVA e GRÍGIO, 2020; FARIA, LUCENA e SOUZA, 2021), com destaque para valores de alto desconforto no período da tarde (FALCÃO et al 2020; LUCENA, CABRAL-JUNIOR, STEINKE, 2020). As pesquisas supracitadas corroboram com os resultados encontrados neste trabalho quanto à sazonalidade, onde o maior desconforto é sentido durante as estações da primavera, verão e outono é uma situação mais amena predomina somente nos meses de inverno, entre junho e setembro.

Os municípios de Mossoró, Macau, Apodi e Caicó se mostraram como os mais desconfortáveis devido ao calor, e Florânia como o menos desconfortável, dentre os municípios pertencentes à rede de estações do INMET. As áreas serranas, com destaque para a Serra de Santana, Martins e João do Vale aparecem como as áreas menos desconfortáveis do estado e o município de Natal apresenta conforto quando adicionado o elemento vento x altitude.

4. Considerações finais

O Estado do Rio Grande do Norte possui um clima naturalmente quente, com sensação térmica predominante “moderadamente quente” onde “50% da população sente desconforto” basicamente durante todos os meses do ano, segundo os resultados do Índice de Desconforto

térmico (ID) e de Temperatura Efetiva (TE). Já o índice de Temperatura Efetiva em função do Vento (TEv), trouxe resultados distintos dos demais índices para todo o estado do RN, classificando-o “pouco frio”, “ligeiramente fresco” e “confortável”, considerando valores mensais e anuais.

As áreas em exceção, onde não há sensação térmica quente em basicamente todo o ano, foram as áreas mais elevadas do estado, identificadas por meio de técnicas de geoprocessamento considerando a relação do coeficiente de altitude x temperatura, por meio do gradiente vertical adiabático de temperatura. As mesmas não apresentaram resultados de “desconforto térmico” quando aplicados os índices ID e TE e TEV.

Ao considerar o gradiente vertical de temperatura, o ID foi o índice que apresentou os melhores resultados, identificando que nas áreas elevadas topograficamente do estado não há desconforto térmico em basicamente todos os meses do ano.

Os municípios de Mossoró, Macau, Apodi e Caicó se mostraram como os mais desconfortáveis devido ao calor. As áreas serranas, com destaque para a Serra de Santana, Martins e João do Vale aparecem como as áreas menos desconfortáveis do estado, fato que atesta a importância das áreas de altitude no contexto do conforto térmico humano no Semiárido brasileiro.

Referências

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ARAGÃO, M. J. **História do clima**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

ARAÚJO, A. da M.; SARAIVA, A. L. B. da C.; GRÍGIO, A. M. Conforto térmico humano: um estudo de caso em três praças públicas do bairro centro, Mossoró (RN). **Revista GeoInterações**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 31–50, 2020. Disponível em: <http://periodicos.apps.uern.br/index.php/RGI/article/view/1080>. Acesso em: 16 de jun. 2022.

ASHRAE Handbook—Fundamentals. **Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Inc**, 2009.

BARBIRATO, G. M et al. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007, 164 p.

BARBOSA, C.C.F et al. “Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9, 1998, Salvador. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1998. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.08.11.17/doc/7_166o.pdf. Acesso em: 02 de out. 2022.

BARBOZA, E. N. et al. Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Conforto Térmico (IDT) E Índice de Temperatura d Umidade (ITU) Na Cidade de Iguatu/CE a partir de dados históricos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 38-44, 2019. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7434?articlesBySameAuthorPage=8>. Acesso em: 03 de set. 2022.

BEZERRA, P. T. C; LEITÃO, M. M. V. B. R; AZEVEDO, P. V. Ilhas de Calor e Desconforto Térmico no Semiárido Brasileiro: Estudo de Caso na Cidade de Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 427-441, nov. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233001>. Acesso em: 3 de set. 2022.

BLAZEJCZYK, K; E et al. Comparison of UTCI to selected thermal indices. **International Journal of Biometeorology**. v.56: p.515–535, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-011-0453-2>. Acesso em: 08 de jun. 2022

CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, Eduardo D.; SANO, Edson E. **Sistemas de informações Geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p. 3-11.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 3 ed. Atual, São Paulo. 2011.

DANTAS, M. E; FERREIRA, R. V. Relevô do estado do Rio Grande do Norte. Pfaltzgraff PAS, Torre FSM org. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. 1ed. Rio de Janeiro, Brasil. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 79-91, 2010.

DIAS, A. A. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; MILTÃO, M. S. R. A atmosfera terrestre: composição e estrutura. **Caderno de Física da UEFS**. 05 (01 e 02): 21-40, 2007.

FALCÃO, S. M. P.; GONDRA, A. P. X.; GABRIEL, F. A.; HOLANDA, R. M. Percepção do conforto térmico no Semiárido pernambucano: Estudo piloto nos municípios de Petrolina e Serra Talhada. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.7, p.775-786, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0059>

FANTE, K. P.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto tropical, Presidente Prudente/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 21, dez. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/53839>. Acesso em: 10 de set. 2022.

FARIA, R. M.; LUCENA, R. L.; SOUZA, S. F Mapeamento da sensação térmica e aridez no estado do Rio Grande do Norte na década de 2011-2020. **Anais do XIV ENANPEGE...** Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA132_ID353016112021191338.pdf. Acesso em: 11 de set. 2022.

FRANÇA, M. S. et al. Estimativa de índices de conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 55, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/28833>. Acesso em: 03 de set. 2022.

FRITZSONS, E; MANTOVANI, L. E; DE AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao Zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 49-64, out. 2008. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/39471#:~:text=Resumo,de%20esp%C3%A9cies%20para%20cultivo%20agr%C3%ADcola>. Acesso em: 21 de jul. 2022.

FRITZSONS, Elenice; EDUARDO MANTOVANI, Luiz; SILVEIRA WREGE, Marcos. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 18, oct. 2016. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/39471>>. Acesso em: 16 dec. 2022. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.39471>.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 6. Ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GOBO, J. P et al. Estudo de zoneamento do conforto térmico humano para o Rio Grande do sul: A inserção de anos-padrão como proposta metodológica. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 37, n. 4, pág. 451-470.set./dez, 2015. Disponível: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546194037.pdf>. Acesso em: 27 de jul; 2022.

GOLDEN, J. S., D. HARTZ, A. BRAZEL, G. LUBER, P; PHELAN, A.;biometeorology study of climate and heatrelated morbidity in Phoenix from 2001 to 2006. **International Journal of Biometeorology**, v.52, n.6, p.471–480. 2008.

HOUGHTON, F. C.; YAGLOU, C. P. Determining equal comfort lines, **J Am Soc Heat Engrs**, v. 29, p. 165-176, 1923

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. BDMET (Banco de Dados Meteorológicos)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. **In: Tempo e clima no Brasil**. Cavalcanti, I. F. de A. (Org). São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. 2014.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico em edificações**. 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 2 out de 2021.

LIMA, R.C.C.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A.M.P. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. (Ed). Instituto Nacional do Semiárido - INSA, Campina Grande, 209 p, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-do-insa/desertificacao/desertificacao-e-mudancas-climaticas-no-semiarido-brasileiro.pdf>. Acesso em: 2 de ago. 2022.

LUCENA, R. L. Análise climatológica do município de Caicó/RN: subsídios à avaliação do conforto humano. **(TESE)** Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. 152 p. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/23004>. Acesso em: 3 de ago. 2022

LUCENA, R.L.; CABRAL JUNIOR, J.B.; STEINKE, E.T. Comportamento hidroclimatológico do estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó. **Revista Brasileira de Meteorologia**. n 33: 485-496, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/hM4VVRd9BhRNdPFJFRMr3Dq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 de jul de 2022.

LUCENA, R. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; STEINKE, E. T. Índices de (des) conforto humano em um município de clima semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 13, n. 07, p. 3287-3303, dez. 2020. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3287-3303>.

LUCENA, R. L *et al.* Temperatura e sensação térmica na depressão sertaneja: análise da região do Seridó no semiárido brasileiro. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 12, p. 85-97, 2021. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/6712/3385>. Acesso em: 11 de ago. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 de jun. 2022.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. **Atmospheric Environment**. v.25b. n.2: p.203– 211, 1991.

MEDEIROS, S.S *et al.* Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas e máximas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 247 – 255. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/sPnLvL87bFJ58b4yfYjxjDh/#:~:text=Na%20maior%20parte%20da%20regi%C3%A3o,norte%20do%20estado%20da%20Bahia>. Acesso em: 26 de maio 2022.

MEDEIROS, J.F. de. Da Análise Geossistêmica à Serra dos Martins: Contribuição Teórico Metodológica aos Brejos de Altitude. Rio Grande do Norte: **Tese**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/22696>. Acesso em: 13 de ago. 2022.

MEDEIROS, A. I. V *et al.* A influência do uso do solo no conforto humano: Uma perspectiva urbana e rural em Caicó, município de clima semiárido quente do Nordeste Brasileiro. In: Fabiane dos Santos. (Org.). **Geografia no Século XXI - Volume 3**. 1ed. Belo Horizonte: 2019, v. 3, p. 124-130. Disponível em: <https://poisson.com.br/2018/produto/geografia-no-seculo-xxi-volume-3/>. Acesso em: 03 de maio 2022.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, M. Climatologia: **Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MISSENARD. **L'Homme et le climat**. Paris. 1937.

MITAS, L., MITASOVA, H. Spatial Interpolation. In: **P.Longley, M.F. Goodchild, D.J**, 1999. Disponível em: http://fatra.cnr.ncsu.edu/~hmitaso/gmslab/papers/mitas_mitasova_1999_2005.pdf. Acesso em: 05 de maio 2022.

MONTEIRO, C.A.F. & MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 2006.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ed. **Agronômica Ceres**. 1981. 129-132 p.

PINA, M. F; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde**. Brasília: OPAS, 2000. 122 p

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013. 128p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **A Gênese da Climatologia no Brasil O Despertar De Uma Ciência**, 2003.

SANTOS, E. *et al.* A seca no Nordeste no de 2012: Relato sobre a sstiação na Região e o exemplo de prática de convivência com o Semiárido no Distrito de Iguaçú/Canindé-Ce. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 819 -, 6

out. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2436>.
05 de maio 2022.

SANTOS, Ariane F. dos, ASSIREU, A. T., Homailson L. Passos, MATTOS, J. G. Z. de, SCHMENGLER, M. **Estabilidade Atmosférica e Desenvolvimento de Nuvens**. São José dos Campos, BR: INPE, 2013.

SANTOS, J. B. Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca – Alagoas, utilizando software matla. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 7, n. 5, p. 939-948, jan. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233398>. Acesso em: 6 de jun. 2022.

SETTE, D. M., RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v 6 n 2. p 37-51, 2011.

SILVA, B. K. N.; LUCIO, P. S. Characterization of risk/exposure to climate extremes for the Brazilian Northeast—case study: Rio Grande do Norte. **Theor Appl Climatol**. 122:59–67, 2015.

Silva, A, M *et al*. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Jornal de Análise Ambiental e Progrss**, 2 (4), 377-384, 2017. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1420>
Acesso em: 29 de jun. 2022.

SILVA, P. E; ANDRADE, L. de M. B.; REIS, G. S. dos. Regiões pluviométricas e saúde no Rio Grande do Norte. *Confins - Revista franco-brasileira de geografia*. N 34, P 1-19, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12855>. Acesso em: 18 de jul. 2022.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do semiárido**. Recife: Sudene, 2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 13 de maio 2022.

SUPING, Z., GUANGLIN, M., YANWEN, W., Ji, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and os meteorotropic affects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**. v.36, 1992.

THOM, E.C. **Disconfort index Londres: Weatherwise**. p. 57 – 61, 1959.

TOMLIN, D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. Prentice Hall, New York, 1990.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 280p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: INMET, 2006.