



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LETÍCIA MARIA DANTAS DA SILVA

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CALOR E CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DO
NATAL/RN A PARTIR DE DADOS DO INMET**

CARAÚBAS

2023

LETÍCIA MARIA DANTAS DA SILVA

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CALOR E CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DO
NATAL/RN A PARTIR DE DADOS DO INMET**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^ª. Esp. Geovanna Paulina Dantas Maia.

CARAÚBAS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS586 Silva, Letícia Maria Dantas da.
a Análise do índice de calor e conforto térmico
na cidade do Natal/RN a partir de dados do INMET
/ Letícia Maria Dantas da Silva. - 2023.
41 f. : il.

Orientadora: Geovanna Paulina Dantas Maia.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. clima. 2. microclima. 3. semiárido. I.
Maia, Geovanna Paulina Dantas, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LETÍCIA MARIA DANTAS DA SILVA

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CALOR E CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DO
NATAL/RN A PARTIR DE DADOS DO INMET**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 28/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Esp. Geovanna Paulina Dantas Maia (UFERSA)
Presidente

 Documento assinado digitalmente
MARIA DO SOCORRO MEDEIROS DE SOUZA
Data: 18/10/2023 13:16:14-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof^a. Me. Maria do Socorro Medeiros de Souza (UFERSA)
Membro Examinador

Prof^a. Dr^a. Rejane Ramos Dantas (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por me dar força e coragem para perseguir meus sonhos e por deixar orgulhosos aqueles que sempre me ajudaram e apoiaram para ter sucesso na minha vida pessoal e profissional.

Obrigada a todos os meus amigos de coração que me deram forças e me fizeram sorrir nos momentos difíceis que nunca imaginei que ia superar. Obrigada ao meu amor por todo o apoio e parceria, às minhas mães que estão sempre me ajudando a conseguir meu diploma e o meu sucesso futuro, gratidão ao meu pai por também ajudar e estar presente.

Agradeço à minha orientadora que conduziu meu trabalho com paciência e dedicação, sempre disposta a compartilhar seu rico conhecimento e a me ajudar quando eu me encontrava no escuro. Por fim, gostaria de agradecer a todos aqueles que direta ou indiretamente estiveram envolvidos no desenvolvimento deste trabalho de investigação e enriqueceram o meu processo de aprendizagem.

“Se você tem um sonho, apenas acredite.”

(Justin Bieber)

RESUMO

A região Nordeste do Brasil é uma das mais vulneráveis às mudanças climáticas, dentre elas, a previsão de aumento de temperatura, redução de chuvas, intensificação de eventos extremos, com isso, a presente pesquisa tem como objetivo analisar os índices de calor, de conforto térmico, de temperatura e umidade no município do Natal/RN a partir de dados do INMET, tendo em vista que o conhecimento sobre o conforto térmico permite compreender e avaliar as condições ambientais enfrentadas pela população, especialmente em relação à sensação de calor e ao equilíbrio térmico necessário para um ambiente saudável e confortável. Para isso, é necessário calcular os índices de calor, desconforto térmico e de temperatura e umidade mensais ao longo de um período de 10 anos. Realiza-se, então, uma pesquisa com os valores de temperatura máxima, umidade relativa do ar e precipitação que foram coletados no formato de médias mensais. Em seguida foram organizados em uma planilha para que fosse possível calcular as suas médias anuais. Desse modo, foi possível calcular os IC, IDT e ITU registrados nos anos de 2008 a 2018, resultando nos valores de 65,3°C, 28,3°C e 28,9°C, respectivamente. O que impõe a constatação de que com base nesses resultados encontrados e com a teoria envolvida, no período de estudo, a cidade do Natal possui os índices de calor de extremo perigo, é desconfortável termicamente e o de temperatura e umidade é extremamente desconfortável para toda a população da cidade.

Palavras-chave: clima; microclima; semiárido.

ABSTRACT

The Northeast region of Brazil is one of the most vulnerable areas to climate change, including predictions of rising temperatures, reduced rainfall, and intensified extreme events. Therefore, the present research aims to analyze heat indices, thermal comfort, temperature, and humidity in the city of Natal, RN, based on data from INMET. This is crucial because understanding thermal comfort helps to assess the environmental conditions faced by the population, especially in terms of heat perception and the necessary thermal equilibrium for a healthy and comfortable environment. To achieve this, it is necessary to calculate heat indices, thermal discomfort, and monthly temperature and humidity over a 10-year period. A research was conducted using data for maximum temperature, relative humidity, and precipitation collected in the form of monthly averages. These data were then organized into a spreadsheet to calculate their annual averages. In this way, the Heat Index (IC), Discomfort Index (IDT), and Temperature and Humidity Index (ITU) for the years 2008 to 2018 were calculated, resulting in values of 65.3°C, 28.3°C, and 28.9°C, respectively. This leads to the conclusion that based on these findings and the associated theory, during the study period, the city of Natal experiences extreme heat conditions, thermal discomfort, and extremely uncomfortable temperature and humidity for its entire population.

Keywords: climate; microclimate; semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pluviômetro	20
Figura 2 – Pluviógrafo.....	20
Figura 3 – Mapa do Natal/RN	23
Figura 4 – Mapa das estações do INMET	24
Figura 5 – Exemplo de uma estação convencional do INMET	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de alerta e possíveis sintomas fisiológicos às pessoas, de acordo com o Índice de Calor, adaptação de National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA	26
Quadro 2 – Nível de Desconforto Térmico em função do Índice de Desconforto Térmico (IDT)	27
Quadro 3 – Nível de conforto térmico em função do ITU	27
Quadro 4 – Comparação das médias dos índices com os Quadros	35

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de calor
IDT	Índice de desconforto térmico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITU	Índice de temperatura e umidade (ITU)
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PMM	Precipitação Máxima Média
RN	Rio Grande do Norte
T	Temperatura
TMM	Temperatura Máxima Média
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UR	Umidade Relativa
URM	Umidade Relativa Média

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
3.1 Microclima.....	16
3.2 Temperatura.....	17
3.3 Precipitação.....	17
3.3.1 Formas de precipitação	18
3.3.2 Grandezas de precipitação	19
3.3.3 Medidas de precipitação	19
3.4 Umidade	21
3.5 Conforto térmico	21
3.6 Índice de calor e de temperatura e umidade	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 Caracterização do local de estudo.....	23
4.2 Banco de dados.....	23
4.3 Fórmulas e informações para alcançar os dados para análise.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
ANEXO I.....	41

1 INTRODUÇÃO

O livro de Bill Gates intitulado "Como evitar um desastre climático" aborda o tema das mudanças climáticas e como enfrentar essa crise global. As mudanças climáticas representam uma urgência global que impacta toda a humanidade, à medida que o tempo avança, as ramificações se agravam ainda mais. O autor argumenta que precisamos reduzir nossas emissões de gases de efeito estufa para zero líquido até 2050, e isso exige uma transformação completa em nossas estruturas físicas e econômicas. As complexidades da crise climática exigem abordagens múltiplas, não havendo uma solução única e milagrosa (Gates, 2021).

De acordo com o relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2021), a região Nordeste do Brasil é uma das mais vulneráveis às mudanças climáticas, dentre elas, a previsão de aumento de temperatura, redução de chuvas, intensificação de eventos extremos, tais como, secas e enchentes. Além disso, segundo Marengo *et al.* (2018), a seca nessa região tem intensificado nas últimas décadas devido ao aumento da temperatura média, estando atrelada de forma direta ao desmatamento e aumento da emissão de gases do efeito estufa.

O conforto térmico é um aspecto fundamental para a qualidade de vida das pessoas, sendo definido por Frota (2006) como um estado de contentamento físico e mental que ocorre quando o corpo é exposto a um ambiente térmico que não requer quaisquer efeitos termorreguladores. Além do mais, o autor afirma que, para que aconteça um conforto térmico em um ambiente é necessário que ocorra um equilíbrio entre a produção de calor pelo corpo humano e a perda de calor para o ambiente.

A temperatura do ar é um dos principais fatores que influenciam o conforto térmico, e a faixa de temperatura ideal pode variar de acordo com as características dos indivíduos e do ambiente. Segundo Frota (2006), a temperatura do ar é o fator mais importante para o conforto térmico em ambientes naturalmente ventilados. No entanto, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar também devem ser consideradas, uma vez que influenciam a capacidade do corpo humano de dissipar calor.

De acordo com o relatório do IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2018), é previsto que as mudanças climáticas vão ocasionar uma elevação na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como ondas de calor, secas e enchentes, afetando a saúde e o bem-estar humano.

O objetivo deste estudo consiste em analisar o comportamento dos índices de calor (IC), desconforto térmico (IDT) e o de temperatura e umidade (ITU), a partir de dados fornecidos

pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizados pela plataforma do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no período de 2008 a 2018.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar os índices de calor e desconforto térmico mensais através de cálculos ao longo de um período de 10 anos para a cidade do Natal, no Rio Grande do Norte. Para isso, serão utilizados os métodos de Steadman para o índice de calor, Thom para o desconforto térmico e o índice de temperatura e umidade.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar os índices mensais utilizando os métodos estudados;
- Analisar qual ano apresentou melhores e piores condições de conforto e desconforto térmico para o município em análise;
- Realizar um comparativo dos resultados mensais ao longo do período em estudo, analisando as variações e tendências dos índices indicados ao longo do tempo.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Microclima

A classificação climática de Köppen (1948) descreve três tipos principais de climas semiáridos: BShw, com uma curta estação chuvosa de verão, com precipitação concentrada em dezembro e janeiro; BShw', com curtas estações chuvosas de verão e outono e mais precipitação em março e abril, e estações chuvosas curtas de outono e inverno, BShs' com precipitação concentrada em maio e junho. O município do Natal possui um clima tropical úmido, classificado como clima tropical semiárido (do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen). Isso significa que a cidade tende a ter temperaturas quentes ao longo do ano, com uma estação chuvosa e uma estação seca bem definidas.

Segundo Mendonça e Danni-oliveira (2007), o microclima é definido como uma escala de menor abrangência, variando de alguns metros a cerca de 10 km. Esse fenômeno está associado a elementos geográficos de pequena dimensão, como edificações, bosques, vias urbanas e residências. Em suma, o microclima é identificado como a escala mais diminuta e detalhada, englobando espaços de pequena extensão, como os encontrados em um bosque. Lamberts *et al.* (2016) menciona que,

[...] no microclima são observadas as alterações locais na radiação solar, temperatura do ar, umidade e vento. [...] Já o microclima está diretamente relacionado à escala da edificação e de seu entorno imediato, sendo influenciado pelas consequências das outras escalas climáticas e também pela interferência direta na propriedade onde se encontra a edificação.

O clima exerce uma influência significativa sobre a cultura e as preferências térmicas de grupos de pessoas, bem como no planejamento das edificações onde vivem. Embora os mecanismos fundamentais da interação humana com o ambiente térmico possam permanecer constantes independentemente do clima, as pessoas são afetadas de diversas formas pelo clima de sua região habitacional, e essas influências se acumulam para moldar a resposta individual ao ambiente térmico interno (Roaf *et al.*, 2009).

Nesse contexto, Xavier (2017) descreve sobre a importância da presença de vegetação para ajudar a proporcionar um microclima que proporcione um conforto térmico em locais de clima tropical úmido. Em concordância, Dacanal, Labaki e Silva (2010) afirmam que:

O interior de fragmentos florestais, caracterizado pela vegetação densa e estratificada, apresenta temperatura mais baixa, umidade relativa do ar mais alta e velocidade do ar com baixa amplitude, possuindo estabilidade ao longo do dia, propiciando um microclima que contribui para o conforto térmico, especialmente em locais de clima tropical úmido.

3.2 Temperatura

Segundo Torres e Machado (2012 apud Vianello e Alves, 1991, p. 92), define calor como uma manifestação de energia que pode ser transmitida de um sistema para outro, sem envolver a transferência de matéria e sem a realização de trabalho mecânico. Conforme descrito por Ayoade (2003, p. 50), a temperatura pode ser conceituada em relação ao movimento das moléculas, onde um movimento mais rápido corresponde a uma temperatura mais elevada. Ayoade também afirma que a temperatura é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra, fluindo naturalmente de um corpo com temperatura mais alta para um com temperatura mais baixa.

De acordo com Lamberts *et al.* (2016), a temperatura é a variável de maior influência no contexto do conforto térmico. O mesmo enfatizou que,

[...] A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos outros mecanismos termorreguladores. O calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e suas perdas são menores quando a temperatura do ar está alta ou maiores quando a temperatura está mais baixa.

Portanto, pode-se inferir que a temperatura é capaz de provocar diversas respostas no corpo humano, devido ao funcionamento do mecanismo de termorregulação. Reforçando esse entendimento, Lamberts *et al.* (2016) acrescenta que no verão, devido à alta temperatura ambiente, a dissipação do calor torna-se difícil, ocorrendo a vasodilatação. Isso aumenta o volume sanguíneo, aumenta a frequência cardíaca e provocando a transpiração. Enquanto no período frio ocorre vasoconstrição em razão da dificuldade para manter o calor, provocando a diminuição do volume de sangue e do ritmo cardíaco.

Outra definição importante sobre a temperatura do ar que Lamberts *et al.* (2016) enfatizou no seu estudo detalha que quando a radiação solar atinge o solo é absorvida em parte e transformada em calor.

A temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios do sol, pois o ar é transparente a todos os comprimentos de ondas eletromagnéticas. O processo ocorre indiretamente: a radiação solar atinge o solo onde é absorvida em parte e transformada em calor. Portanto, a temperatura do solo aumenta e, por convecção, aquece o ar.

3.3 Precipitação

O estudo de Torres e Machado (2012) define precipitação como o resultado de um estado avançado de condensação. Segundo Soares e Batista (2004), isso ocorre quando a

gravidade supera as forças que mantêm a umidade em suspensão, de modo que a umidade chega ao solo na forma líquida (chuva ou garoa/chuvisco) ou na forma sólida (granizo e neve).

3.3.1 Formas de precipitação

De acordo com Barry e Chorley (2009) a rigor, precipitação refere-se a todas as formas de água líquida e congelada. Ao examinar o conteúdo relacionado à climatologia sistemática, conforme apresentado por Pinto (2007), identificam-se três principais categorias de formas de precipitação, a saber:

- **Frontais ou ciclônicas:** Essas precipitações se originam da interação entre massas de ar quente e frio. Em regiões de baixa pressão, onde há convergência atmosférica, o ar quente e úmido é forçado para cima, resultando na condensação do vapor d'água e, conseqüentemente, em chuvas intensas e persistentes. Geralmente, têm uma duração média de 6 a 12 horas, mas podem se estender conforme a intensidade das frentes atmosféricas ou a sucessão delas. Essas chuvas ocorrem principalmente durante os períodos de outono e inverno e podem levar a inundações em áreas de grandes bacias hidrográficas.
- **Orográficas:** Chuvas relacionadas a regiões montanhosas ou obstáculos geográficos que forçam o ar quente e úmido a elevar-se verticalmente (ascender). A magnitude do impacto das montanhas na precipitação varia de acordo com o tamanho das montanhas e sua orientação em relação aos ventos que carregam a umidade. As encostas voltadas para o vento (barlavento) geralmente recebem mais umidade, enquanto as encostas opostas (sotavento) ficam na sombra da chuva.
- **Convectivas:** São resultado da ascensão do ar devido às variações de temperatura entre camadas adjacentes da atmosfera. Essas chuvas podem causar inundações em pequenas bacias hidrográficas. São tipicamente associadas a nuvens do tipo cúmulos e cumulonimbus e caracterizam-se por sua intensidade e curta duração, muitas vezes acompanhadas de trovoadas. Geralmente, se concentram em áreas relativamente pequenas, abrangendo de 20 a 50 km², e têm uma duração média que varia de meia hora a uma hora. Tendem a ser mais frequentes nas regiões equatoriais e durante o verão das áreas continentais localizadas nos trópicos, uma vez que estão associadas ao aquecimento intenso da superfície.

3.3.2 Grandezas de precipitação

A coleta de dados meteorológicos em geral fornece informações sobre a quantidade, duração e frequência da precipitação, permitindo assim a análise de outras características associadas a ela. Neste contexto, Barry e Chorley (2009) descreveram algumas características, assim como Collischon e Dornelles (2015) que também apresentaram outras características relevantes, sendo elas:

- **Intensidade da chuva:** A taxa de precipitação, calculada como a quantidade de chuva por unidade de tempo (mm/h), é de suma importância para hidrólogos e engenheiros hidráulicos envolvidos na previsão e prevenção de inundações, assim como para conservacionistas que se ocupam com a erosão do solo. É essencial manter registros detalhados das taxas de precipitação (conhecidas como hietogramas) para avaliar a intensidade, a qual varia consideravelmente com o intervalo de tempo escolhido (Barry e Chorley, 2009).
- **Duração:** O intervalo de tempo em que a chuva acontece, geralmente é quantificado em minutos ou horas (Collischon e Dornelles, 2015).
- **Frequência de tempestade de chuvas:** É fundamental compreender o intervalo de tempo médio em que podemos antecipar a ocorrência de uma determinada quantidade ou intensidade de chuva, o qual é referido como intervalo de recorrência ou tempo de retorno (Barry e Chorley, 2009).
- **Altura Pluviométrica:** A precipitação média é a medida da média da quantidade de água que cai sobre uma região, considerando-a plana e impermeável. A unidade de medida padrão é o milímetro de chuva, o qual representa a quantidade de água equivalente a um litro distribuído em um metro quadrado (Collischon e Dornelles, 2015).

3.3.3 Medidas de precipitação

A medição da precipitação é realizada por meio de dois instrumentos, um deles é conhecido como pluviômetro (Figura 1), o qual consiste em um tubo cilíndrico equipado com um funil para minimizar as perdas por evaporação e normalmente posicionado no solo (Barry e Chorley, 2009). Rotineiramente, são realizadas leituras diárias nos pluviômetros, e o volume

coletado é transferido para um recipiente graduado, possibilitando a interpretação dos dados em milímetros de chuva (Araújo, 2017).

O outro instrumento é o pluviógrafo (Figura 2) que é um aparelho automatizado capaz de registrar a intensidade da chuva, ou seja, a altura de chuva precipitado com relação ao tempo. Esse aparelho gera um gráfico chamado de pluviograma, tendo no eixo horizontal o tempo e no vertical a precipitação (Araújo, 2017).

Figura 1: Pluviômetro.

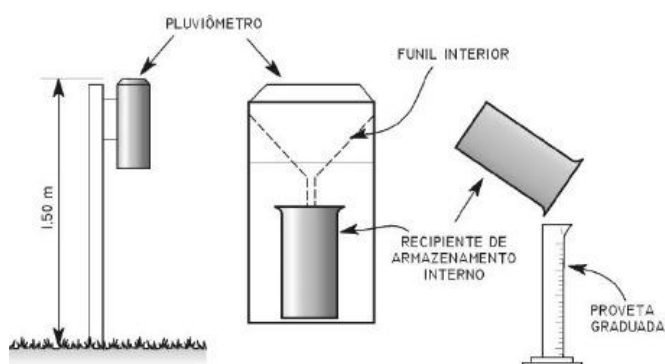


Figura 3.3: Características de um pluviômetro.

Fonte: <https://xdocz.com.br/doc/cap-5-precipitaaopdf-283qg3le64o6>.

Figura 2: Pluviógrafo.



Fonte: <https://www.rumtor.com/pluviografog.html>.

3.4 Umidade

Segundo Torres e Machado (2012), a umidade do ar é o termo usado para indicar a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera, sendo produzida pela evaporação da água das superfícies terrestres e aquáticas e pela evapotranspiração de plantas e animais, por esse motivo depende do calor e, logicamente, requer que a água evapore. Diz-se que o ar está saturado quando atinge a máxima concentração de vapor de água que pode conter. Tubelis e Nascimento (1984) afirmam que:

Geralmente, o ar encontra-se com uma concentração de vapor de água menor que a de saturação. A relação porcentual entre a concentração de vapor de água existente no ar e a concentração de saturação (concentração máxima), na pressão e temperatura em que o ar se encontra, é definida como Umidade Relativa do Ar.

A umidade do ar é controlada pela vegetação e pelo ciclo hidrológico. O padrão de chuvas, juntamente com a presença de lagos, rios e mares, regula a umidade por meio da evaporação, enquanto a vegetação desempenha um papel na umidade do ar através do processo de evapotranspiração. Além disso, outros fatores que podem afetar a umidade atmosférica incluem a topografia e o desenvolvimento urbano (Lamberts *et al.*, 2016).

3.5 Conforto térmico

Como caracteriza Lamberts *et al.* (2016), o termo "conforto térmico" descreve o estado psicológico que reflete a aprovação ou satisfação do indivíduo em relação ao ambiente térmico ao seu redor. Desse modo, quando o equilíbrio térmico é instável, ou seja, quando há diferença entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente, surge o desconforto por calor ou frio, causando insatisfação. O autor expõe também os principais fatores que podem causar o desconforto térmico: diferenças de temperatura no sentido vertical (entre os pés e a cabeça), campo assimétrico radiante, resfriamento convectivo local (draft ou correntes de ar frias), e contato com pisos frios ou quentes.

Segundo Oke (1987), o processo de urbanização altera as propriedades superficiais e atmosféricas de uma certa área, alterando as propriedades radiativas, térmicas, de umidade e aerodinâmicas, levando a deslocamentos do equilíbrio solar e hidrológico natural. Dos efeitos desse processo de urbanização, alterando o clima, surge o chamado clima urbano. De acordo com Back e Oliveira (2010), esse processo também acarreta alterações nos regimes de precipitação, alterações na ventilação e na umidade e, em última análise, desconforto térmico e até danos ao equilíbrio térmico em maior escala.

As mudanças elevam a temperatura, o que gera um fenômeno muito comum em áreas urbanas e de enorme impacto, que é a ilha de calor (Ayoade, 2011). As ilhas de calor surgem devido às características dos materiais presentes nas áreas urbanas, que têm maior capacidade de absorção térmica e retêm calor em comparação com os materiais naturais encontrados nas áreas rurais. Isso ocorre em conjunto com a impermeabilização do solo, a redução da cobertura vegetal, alterações nos padrões de vento e o aumento das emissões de poluentes na atmosfera, como observado por Lombardo (1985) e Gartland (2010). Essa fenomenologia, frequentemente, resulta em desconforto e impactos na saúde da população, além de aumentar o consumo de energia e contribuir para a poluição atmosférica, como destacado por Gartland (2010).

3.6 Índice de calor e de temperatura e umidade

O conforto térmico é um aspecto essencial para o bem-estar das pessoas em diversos ambientes, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais. Segundo Frota (2006), o conforto térmico está relacionado à sensação de conforto proporcionada pela temperatura, umidade e ventilação do ambiente.

O IC, abordado por Frota (2006), é uma medida que leva em consideração a temperatura do ar e a umidade relativa para avaliar a sensação térmica das pessoas. Também conhecido como índice de temperatura efetiva, é amplamente utilizado para quantificar o desconforto térmico causado pela combinação de calor e umidade. Essa medida é particularmente relevante em climas tropicais, onde a umidade pode acentuar a sensação de desconforto térmico.

Diversos índices podem ser utilizados para analisar o conforto ou desconforto térmico, um deles é o ITU. Neste caso, a adequação do ambiente pode ser analisada ou avaliada em conjunto com os efeitos da temperatura e umidade do ar (Buffington *et al.* 1977). Esse índice considera a temperatura do ar e a umidade relativa do ar separadamente, permitindo uma análise mais detalhada das condições ambientais (Silva *et al.*, 2009).

Frota (2006) destacou que o conforto térmico não se limita apenas à temperatura e umidade do ambiente, mas também inclui a ventilação adequada. A circulação de ar é fundamental para dissipar o calor do corpo humano e contribuir para a sensação de conforto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local de estudo

O local de estudo escolhido foi a cidade do Natal, que é a capital do estado do Rio Grande do Norte, localizado na região Nordeste do Brasil. Suas coordenadas geográficas são 5.7936° S, 35.1989° W. Isso significa que a cidade está localizada a 5,79 graus de latitude sul e 35,19 graus de longitude oeste em relação ao Meridiano de Greenwich. A cidade tem uma área total de 167,401 km², sua delimitação está expressa na Figura 3. A população é de aproximadamente 751.300 habitantes (IBGE, 2021).

A cidade é limitada pelo Oceano Atlântico a leste, pelos municípios de Parnamirim e São Gonçalo do Amarante ao sul, pelos municípios de Extremoz e Ceará-Mirim ao norte e pelo município de Macaíba ao oeste. Natal tem um clima tropical quente e úmido, com temperaturas médias anuais entre 24°C e 28°C. A época mais chuvosa do ano é entre abril e agosto, enquanto que a época mais seca é entre setembro a março (GeoNatal, 2010).

Figura 3: Mapa do Natal/RN.



Fonte: Google Maps (2023).

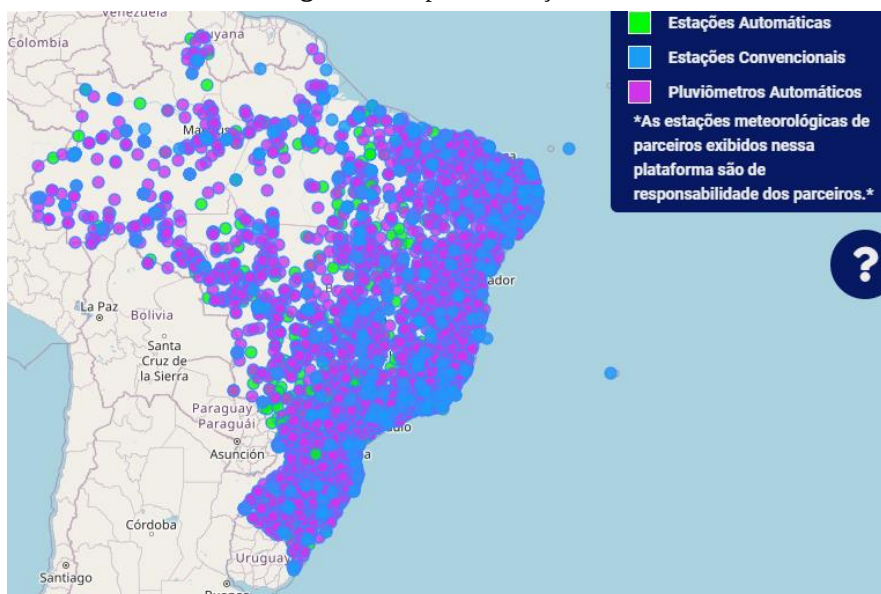
4.2 Banco de dados

Para a realização deste trabalho, utilizou-se dados provenientes do banco de dados das estações convencionais do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Especificamente, foram selecionados dados do município do Natal dos anos 2008 a 2018.

O Instituto Nacional de Meteorologia é um dos centros de pesquisa climática, dessa forma, entende-se que sua missão é levar informações e dados meteorológicos a todos os brasileiros. O sistema de coleta e distribuição de dados meteorológicos do Instituto com monitoramento de variáveis como temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras, está equipado com estações de sondagem de alta altitude (radiossondas), estações meteorológicas de superfície operadas manualmente e a maior rede de postos automáticos da América do Sul.

A partir dos dados históricos obtidos no site do INMET (Figura 2), por meio da estação convencional do código 82598, que tem aparência semelhante a estação mostrado na Figura 5, pode-se analisar as variáveis climáticas, incluindo temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados obtidos foram inseridos em uma planilha eletrônica para calcular os Índices de Calor (IC), Desconforto Térmico (IDT), Temperatura e Umidade (ITU).

Figura 4: Mapa das estações do INMET.



Fonte: <https://mapas.inmet.gov.br/>.

Figura 5: Exemplo de uma estação convencional do INMET.



Fonte: Bruna Sampaio do Amaral (Observadora da ECP de Passo Fundo/RS, 2021).

4.3 Fórmulas e informações para alcançar os dados para análise

Para realizar o cálculo do índice de calor, foi aplicada a metodologia determinada por Steadman (1979), em que o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa do ar, resultando na sensação que é sentida pelo organismo. A fórmula é representada pela equação abaixo:

$$(1) \dots \quad \text{IC} = -42,379 + 2,04901523 * T + 1014333127 * \text{UR} - 0,22475541 * T * \text{UR} - 0,00683783 * T^2 - 0,05481717 * \text{UR}^2 + 0,00122874 * T^2 * \text{UR} + 0,00085282 * T * \text{UR}^2 - 0,00000199 * T^2 * \text{UR}^2.$$

Em que:

IC – é o índice de calor (°C);

T – Temperatura máxima do ar (°C);

UR – Umidade Relativa do ar (%).

Com base nos resultados obtidos pela equação, é possível analisar conforme escala demonstrada pelo quadro abaixo.

Quadro 1: Níveis de alerta e possíveis sintomas fisiológicos às pessoas, de acordo com o Índice de Calor, adaptação de National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA.

Índice de Calor	Nível de Perigo	Síndrome de Calor
IC < 27 °C	Ausência de Alerta	-----
27 – 32 °C	Atenção	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
32 – 41 °C	Muito cuidado	Possibilidade de câimbras, esgotamento insolação para exposições prolongadas.
41 – 54 °C	Perigo	Câimbras, insolação e esgotamento prováveis. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas.
IC > 54° C	Extremo Perigo	Insolação e Acidente vascular cerebral (AVC) eminente.

Fonte: Steadman (1979).

Para realizar o cálculo do Índice de Desconforto Térmico (IDT), foi introduzida a equação determinada por Thom (1959), segundo Monteiro & Alucci (2005), em que o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa do ar. A fórmula é representada pela equação abaixo:

$$(2) \dots \quad \text{IDT} = T - (0,55 - 0,0055 * \text{UR}) * (T - 14,5)$$

Em que:

IDT – É o Índice de Desconforto Térmico (°C);

T – Temperatura máxima do ar (°C);

UR – Umidade Relativa do ar (%).

Ao obter o resultado do IDT, analisa-se o quadro 2 para que saiba qual o nível de Desconforto.

Quadro 2: Nível de Desconforto Térmico em função do Índice de Desconforto Térmico.

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

Fonte: Silva *et al.* (2009).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é empregado para mensurar o grau de desconforto térmico em ambientes urbanos. ITU é um índice que estima a carga térmica experimentada pelo corpo humano em ambientes quentes e úmidos (Frota, 2006). Para avaliar o nível de conforto térmico com base nos valores de ITU, é possível consultar o Quadro 3. A Equação 3 descrita por Thom (1959), que expressa o cálculo do índice de temperatura e umidade em °C, leva em consideração a temperatura do ar em °C (T_{ar}) e a umidade relativa do ar em % (UR).

$$(3) \dots \quad ITU = 0,8 * T_{ar} + \frac{(UR * T_{ar})}{500}$$

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

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

Fonte: Silva *et al.* (2009).

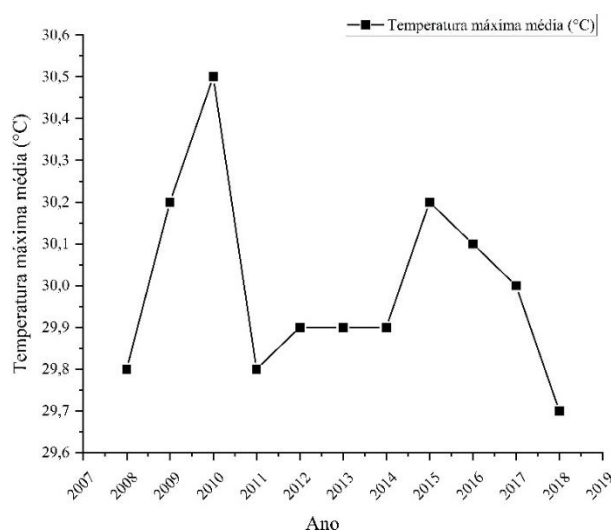
Dos valores de temperatura máxima, umidade relativa do ar e precipitação foram coletados no INMET, no formato de médias mensais. Em seguida foram organizados em uma planilha para que fosse possível calcular as suas médias anuais. Com a ajuda da planilha Excel, foi possível calcular os IC, IDT e ITU. Finalmente, pode-se utilizar essas informações para gerar gráficos que permitiram avaliar as variações de temperatura máxima média (TMM),

umidade relativa máxima média (URM), precipitação máxima média (PMM), IC, IDT e ITU ao longo de um período de 10 anos de observação, com o auxílio das vastas informações disponibilizadas pelo BEMET.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados estatísticos, foi viável gerar 7 gráficos para analisar e comparar as interações entre as variáveis e os índices calculados. Portanto, é possível elaborar as conclusões finais comparando os resultados encontrados com os quadros do IC, IDT e ITU citados anteriormente.

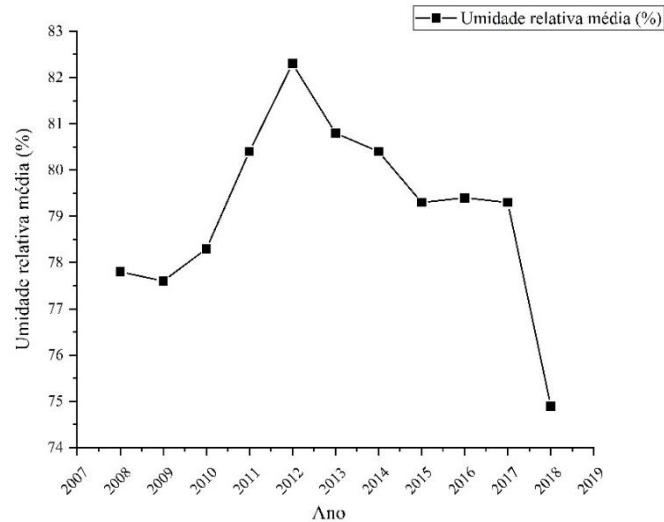
Gráfico 1: Comparação da temperatura máxima média no intervalo de 2008 a 2018.



Fonte: Autoria própria (2023).

Neste Gráfico 1, foi possível perceber um aumento de 0,7°C de 2008 a 2010, após isso, em 2011 notou-se uma queda de 0,7°C e a TMM de 29,9°C se mostra constante até 2017. A temperatura máxima registrada nesse estudo foi de 30,5°C em 2010 e a menor foi de 29,7°C em 2018.

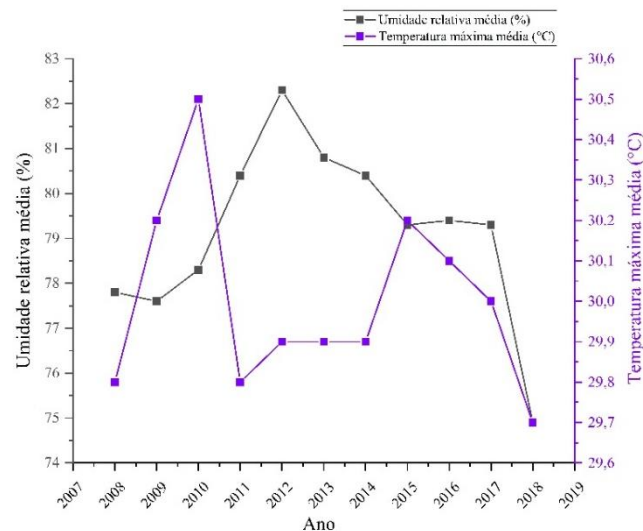
Segundo Duarte (2015), a configuração das cidades conduz a alta elevação das temperaturas devido à atenuação do arrefecimento evaporativo, à reabsorção da radiação refletida nas superfícies verticais dos edifícios/cânions urbanos, à baixa refletividade das superfícies e à transferência antropogênica de calor, e a vegetação pode ajudar a reduzir os dois primeiros fatores.

Gráfico 2: Comparação da umidade relativa média durante 2008 a 2018.

Fonte: Autoria própria (2023).

No Gráfico 2, é notório que a umidade teve altas anualmente no período de 2009 até 2012. Ocorreu uma queda na umidade em 2018. A URM foi em 2013 de 80,8% e sua mínima em 2018 de 74,9%.

Lamberts *et al.* (2016) mencionou que a umidade é caracterizada pela quantidade de vapor d'água contido no ar úmido em relação à quantidade de vapor d'água contido no ar saturado em determinadas temperaturas e pressões. Esse vapor é formado pela evaporação da água, processo que envolve a passagem do estado líquido para o gasoso sem alterar sua temperatura.

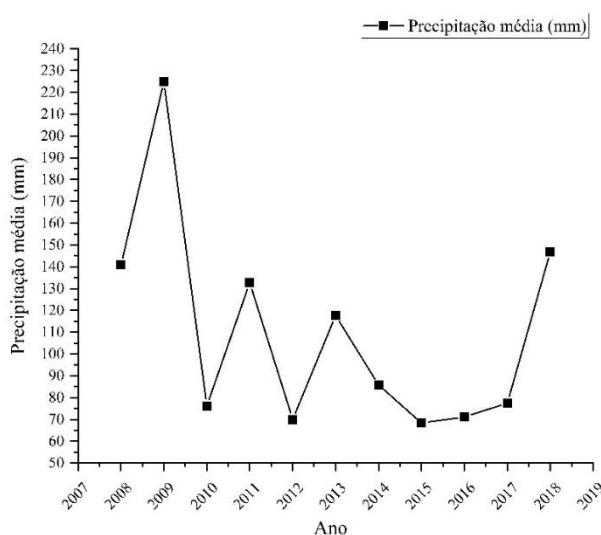
Gráfico 3: Relação entre a temperatura máxima média e a umidade relativa média nos anos de 2008 a 2018.

Fonte: Autoria própria (2023).

A relação entre TMM e URM se destaca no Gráfico 3, evidenciando relação inversa que ocorreu entre esses dois elementos durante alguns anos conforme os dados estudados e apresentados no gráfico já mencionado anteriormente. Nota-se que, em 2015 e 2018, essa relação não se mostrou estritamente inversa, mas houve uma aproximação e isso mostra que essas medidas não são inversamente proporcionais, mas deixa claro que uma pode influenciar a outra.

À medida que a temperatura ambiente aumenta, as perdas por convecção e radiação tornam-se mais difíceis e os organismos aumentam a sua eliminação por evaporação. Quanto maior a UR, menos eficiente é a remoção de calor evaporativo (Lamberts, 2016). No ano de 2018, houve uma queda nas medidas, sendo 4,4% na umidade relativa e 0,3°C na temperatura, quando comparadas com a média de 2017.

Gráfico 4: Comparação da precipitação média durante 2008 a 2018.



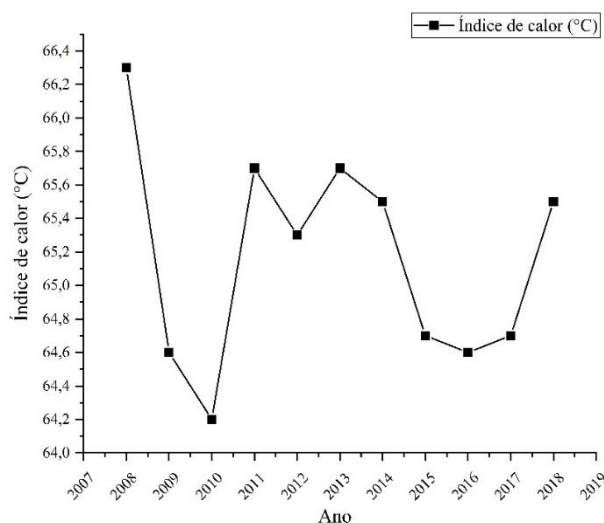
Fonte: Autoria própria (2023).

Como visto no Gráfico 4, em 2009 ocorreu a precipitação média máxima de 224,9 mm e o ponto mínimo foi em 2015 de 64,4 mm. Também é importante destacar que após 2009 observou-se uma queda de 148,7 mm na precipitação média total de 2010. É notório que com o passar dos anos a precipitação ficou oscilando em baixas e altas nas médias anuais.

No Brasil, raramente ocorre outras formas de precipitação diferente, a mais estudada são as chuvas, que muitas vezes quando são frequentemente intensas causam inundações e danos sociais (Araújo, 2017). A formação das chuvas está ligada a concentração de saturação, que é a quantidade máxima de vapor de água que pode ser contida no ar. Essa concentração de

saturação varia com a temperatura, aumentando com a elevação da temperatura do ar (Collischon; Dornelles, 2015).

Gráfico 5: Resultados do Índice de Calor nos anos de 2008 a 2018 da cidade do Natal.

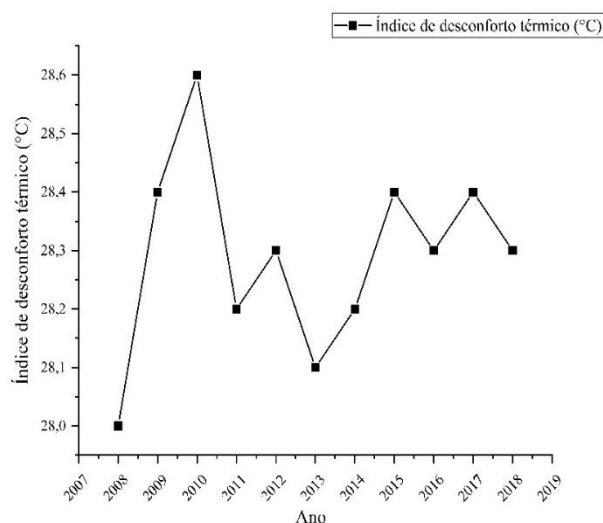


Fonte: Autoria própria (2023).

Observou-se que no Gráfico 5 de 2008 para 2009 apresentou a maior queda nesse índice que foi equivalente a $1,7^{\circ}\text{C}$, já em 2010 para 2011 obteve-se o maior aumento de $1,5^{\circ}\text{C}$ nesses anos de estudo. A maior média foi em 2008 no valor de $66,3^{\circ}\text{C}$, e sua mínima foi de $64,2^{\circ}\text{C}$ em 2010.

Segundo Steadman (1979), o IC leva em consideração os valores subjetivos de quanto calor se sente quando submetidos a situações em que as temperaturas estão elevadas, com indivíduo à sombra e em condições de vento fraco, levando em consideração, na modelagem da equação, diversos fatores, como: dimensões humanas, área de radiação efetiva da pele, pressão de vapor, velocidade eficaz do vento e radiação.

Gráfico 6: Resultados das médias anuais do Índice de Desconforto Térmico nos anos de 2008 a 2018.

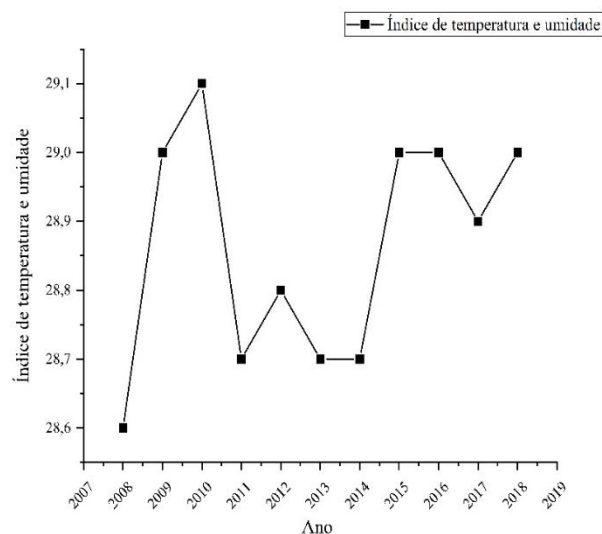


Fonte: Autoria própria (2023).

Nos três primeiros anos de estudo observados no Gráfico 6, o desconforto obteve-se um aumento de 0,6°C, em 2011 observou-se uma queda de 0,4°C na média anual. De 2015 a 2018 as médias oscilaram em queda e aumento de 0,1°C por ano. A sua média máxima foi em 2010 com 28,6°C e sua mínima foi de 28°C em 2008.

O Índice de Desconforto Térmico incorpora, em seus cálculos, tanto a umidade relativa do ar quanto a temperatura, juntamente com os IC e ITU, levando em conta as variáveis de temperatura e umidade relativa do ar (Din *et al.*, 2014). Esse índice pode ser utilizado como parâmetro para avaliar se um determinado ambiente proporciona conforto térmico para a população, da mesma forma que os outros índices também podem ser empregados para essa finalidade (Cavalcante, Anjos, Figueredo, Souza & Nogueira, 2017).

Gráfico 7: Relação das médias do Índice de Temperatura e Umidade nos anos de 2008 a 2018.



Fonte: Autoria própria (2023).

É notório que no Gráfico 7 aconteceu um aumento de $0,5^{\circ}\text{C}$ nos anos de 2008 a 2010, no ano posterior observou-se uma queda de $0,4^{\circ}\text{C}$ na média anual em relação ao ano anterior. Após uma queda em 2013, o valor desse índice permaneceu o mesmo em 2014, já em 2015 ocorreu um aumento nesse valor, equivalente a $0,3^{\circ}\text{C}$ que permaneceu igual em 2016. O valor máximo da média anual do índice de temperatura e umidade foi de $29,1^{\circ}\text{C}$ e sua mínima observada nesse estudo foi de $28,6^{\circ}\text{C}$.

O Índice de Temperatura e Umidade é considerado um bom indicador na análise do conforto térmico (Azevedo *et al.*, 2005). Este índice é amplamente utilizado porque se refere apenas a informações climáticas, facilmente encontradas em estações meteorológicas (Oliveira, Junior, Ferreira, Carvalho & Silva, 2006).

Quadro 4: Comparação das médias dos índices com os Quadros.

Ano	IC (°C)	IDT (°C)	ITU (°C)
2008	66,3	28	28,6
2009	64,6	28,4	29
2010	64,2	28,6	29,1
2011	65,7	28,2	28,7
2012	65,3	28,3	28,8
2013	65,7	28,1	28,7
2014	65,5	28,2	28,7
2015	64,7	28,4	29
2016	64,6	28,3	29
2017	64,7	28,4	28,9
2018	65,5	28,3	29
Média total dos anos	65,3	28,3	28,9
Comparação com os Quadros	Quadro 1 - Extremo perigo	Quadro 2 - Desconfortável	Quadro 3 - Extremamente desconfortável

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com o Quadro 4, foi possível notar que a média dos anos estudados do IC é considerada de extremo perigo, podendo causar insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC) nos habitantes da cidade. O valor da média do IDT é equivalente a 28,3°C, esse valor é considerado desconfortável. O valor das médias anuais do ITU foi de 28,9°C, que de acordo com o Quadro 3 é considerado extremamente desconfortável para a população do Natal.

6 CONCLUSÃO

No município do Natal/RN, os valores das médias do IC, IDT e ITU registrados nos anos de 2008 a 2018 foram de 65,3°C, 28,3°C e 28,9°C, respectivamente. IC é considerada de extremo perigo, podendo causar insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC) nos habitantes da cidade. O valor da média do IDT é equivalente a 28,3°C, que é considerado desconfortável. Por fim, o valor do ITU foi de 28,9°C, sendo considerado extremamente desconfortável para a população do Natal.

Com base nos resultados encontrados e com a teoria envolvida, nos anos de 2008 a 2018, Natal é de extremo perigo no índice de calor, desconfortável termicamente e o índice de temperatura e umidade é extremamente desconfortável para toda a população da cidade. Por fim, é indicado a realização de mais estudos com dados dos próximos anos, para poder fazer mais comparações das possíveis evoluções dos índices apresentados nessa monografia. Além do mais, é sugerido a realização de estudos semelhantes em outras cidades do estado.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Arthur Rafael Medeiros de. **Desenvolvimento e calibração de um pluviógrafo**. 2017. Monografia – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera, tempo e clima**. Bookman: Grupo A, 2009. E-book. ISBN 9788565837392. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837392/>. Acesso em: 03 set. 2023.
- BACK, Á. J.; OLIVEIRA, T. de S. **A urbanização e as modificações do clima**. In: GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. dos (Org.). *Cidade e meio ambiente: estudos interdisciplinares*. Criciúma, SC: Ed. UNESC, 2010. p. 207-228.
- BUNFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. **Black globe-humidity confort index for dairy cows**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1977. 19p. (paper 77-4517).
- COLLISCHON, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.
- CAVALCANTE, F. M. S., DOS ANJOS, I. B. M., FIGUEREDO, M. L., DE SOUZA, V. A., NOGUEIRA, V. F. B. (2017). **Análise do Índice de Calor e Desconforto Térmico na cidade de Caicó-RN**. II Congresso Internacional da diversidade do semiárido, Campina Grande, PB, Brasil.
- DACANAL, C.; LABAKI, L.C.; SILVA, T. M. L. **Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, abr./jun. 2010.
- DUARTE, D. H. S. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano**: contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2015. 167f. Tese (Livre Docência – Departamento de Tecnologia) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2015.

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

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GATES, Bill. **Como evitar um desastre climático**: As soluções que temos e as inovações necessárias. Companhia das Letras, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/natal/panorama>. Acesso em: 2 ago. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados históricos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 1 ago. 2023.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change**, 2018.

KÖPPEN, Wladimir. **Climatologia. México**: Fundo de Cultura Econômica, 1948.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A.; CARLO, J.; BATISTA, J.; MARINOSKI, D.; NARANJO, A.; DUARTE, V. **Desempenho térmico de edificações**. 2016. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2023.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

MARENGO, J.A., *et al.* **Changes in climate and land use over the Amazon region**: current and future variability and trends. Nature Climate Change, 2018.

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

OLIVEIRA, L. M., JUNIOR, Y. T., FERREIRA, E., CARVALHO, L. G. D., & SILVA, M. P. D. (2006). **Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano**. Engenharia Agrícola, 26(3), 823-831.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2.ed. London: Routledge, 2002, c 1987.

PINTO, Josefa Eliane Santana de Siqueira. **Climatologia sistemática**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL. **Natal Zoneamento Ambiental. Natal**: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo e Departamento de Informação, Pesquisa e Estatística, 2010. Disponível em: https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/GeoNatal_2010.pdf. Acesso em: 05 de ago. 2023.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Relatório Nacional de Mudanças Climáticas**. 2021.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. **A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro**: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. Sociedade e Território, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

ROAF, S; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Bookman: Grupo A, 2009. E-book. ISBN 9788577804900. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577804900/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P.V.; Brito, R.S.; CAMPOS; J.H.B.C. (2009). **Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil**. *Environ Monit Assess*. DOI 10.1007/s10661-008-0726-3. ambientes abertos na cidade do recife. Revista de Geografia (UFPE), v.28, n.1, p93-109, 2011.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: UFPR. 2004.

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

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

TORRES, Fillipe Tamiozzo P.; MACHADO, Pedro José de O. **Introdução à Climatologia**. Geographica: Cengage Learning Brasil, 2012. E-book. ISBN 9788522112609. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522112609/>. Acesso em: 02 set. 2023.

TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel. 1984.

VIANELLO, R. L.; ALVES, R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1991.

XAVIER, Tatiana Camello. **A influência da arborização no microclima urbano**: um estudo aplicado à cidade de Vitória, ES. 2017. Disponível em: <https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/dissertacao - tatiana c xavier.pdf>>.

Acesso em: 29 ago. 2023.

ANEXO I**Tabela 1:** Médias dos 10 anos de estudo.

Ano	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
2008	29,8	77,8	140,8
2009	30,2	77,6	224,9
2010	30,5	78,3	76,2
2011	29,8	80,4	132,8
2012	29,9	82,3	70
2013	29,9	80,8	117,7
2014	29,9	80,4	85,8
2015	30,2	79,3	68,4
2016	30,1	79,4	71,2
2017	30	79,3	77,5
2018	29,7	74,9	146,9
Média total dos anos	30	79,6	83,2

Fonte: Autoria própria (2023).