ESTUDO DE CONFORTO TÉRMICO E SUAS VARIAÇÕES NA CIDADE APODI – RN, BRASIL.

Pedro Lucas Vieira Danta[1], Saulo de Tasso Veras Filho[2], Letícia Maria Dantas da Silva[3], Ana Paula Dutra Ferreira[4], Maria do Socorro Medeiros de Souza[5], João Luís Medeiros de Souza [6]

[1,2,3,4,5]Estudante de graduação da UFERSA – Caraúbas, RN, Brasil(pedro.dantas@alunos.ufersa.edu.br)
[6]Estudante do IFRN, São Gonçalo de Amarante, RN, Brasil

Resumo: O objetivo deste estudo é analisar o índice de calor de Apodi-RN a partir de dados entre a temperatura máxima média e a umidade relativa do ar nos anos 2017 e 2018, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

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

INTRODUÇÃO

O clima afeta tanto as pessoas quanto as pessoas afetam o clima, o desempenho é um papel importante na dinâmica do clima devido às suas diversas atividade. Se a sociedade obtiver sua parcela de ação climática direta, então. Em geral, esse efeito é muito debatido entre os cientistas juntamente com a alegação de que os humanos são capazes de mudar o clima em larga escala local. Uma das áreas mais afetadas por esta atividade humana são as cidades, sabendo que o ambiente urbano está sujeito a práticas de alteração da paisagem causado.

À medida que a urbanização avança em ritmo acelerado, Fatores que causam mudanças na população e na atmosfera. estas alterações são derivadas de atividades antropogênicas, como: Afeta a transmissão de radiação e adiciona núcleos de condensação ao ar. aumento da precipitação total, atividade industrial excessiva; desmatamento de vegetação nativa, etc.

O clima da cidade domina, assim como o interior dos edifícios afeta o conforto térmico humano. Conforto humano em espaço aberto pode ser influenciado por vários parâmetros, incluindo clima e atividade. Muitos estudos de conforto térmico são realizados no ambiente. O interior dos edifícios projetado principalmente por arquitetos, padrões e abordagens não pode ser usado para avaliar o estado de conforto em ambientes externos. Como em condições internas. Bem, principalmente. As condições externas não atendem às condições definidas na zona de conforto. Porque é confortável dentro de casa e em um ambiente aberto, as respostas fisiológicas e do usuário são claramente diferentes das condições meteorológicas sazonais.

Nessa direção, Monteiro (2008) identificou aspectos microclimáticos.Representa uma situação na interação calor-umidade entre o indivíduo e o ambiente. O ambiente e quatro parâmetros climáticos determinam a interação: Temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e radiação térmica.

Analisando e compreendendo o conforto térmico em ambientes externos ajudando a melhorar a qualidade criando efeitos positivos entre os usos. Ação pública e novo ordenamento do território e qualidade de vida. Cuidados para proporcionar um ambiente produtivo para humano. As áreas de estudo estão localizadas nas seguintes áreas onde registra as temperaturas mais altas quase o ano todo.

A sensação de conforto térmico está relacionada a troca de calor entre o corpo humano e o ambiente, que ocorre em diferentes tipos de ambientes e é impulsionado por diversos parâmetros que influenciam a temperatura, como edificações, fatores climáticos e presença de vegetação. Que pode ou não criar um ambiente inadequado para humano.

Um conceito estudado para classificar a sensação de calor sentida pelo corpo é o índice de calor, e de acordo com o índice, está relacionado à temperatura máxima e umidade relativa do ar. Este índice é usado quando exposto a altas temperaturas e espaços abertos.

A cidade de Apodi-RN é uma cidade de área territorial de 1.602,477 km^2. Com toda essa área territorial há uma população estimada de 35.904 pessoas, Apodi-RN vem com um ótimo desenvolvimento ao longo de todo o ano, trouxe uma escola técnica que traz mais interesse para os estudantes de lá e região, assim, aumentando mais o índice de pessoas na cidade, em tempos chuvosos traz uma umidade relativa considerável deixando a população mais confortável, com ajuda da barragem,

Apodi-RN não se torna uma cidade com temperatura desagradáveis trazendo um desconforto térmico para a população.

No entanto, essas condições nem sempre são possíveis. Santos *et al*. (2011) Em países tropicais como o Brasil, em termos de conforto térmico, o bem-estar humano é excelente. Isto é particularmente importante nas cidades do interior, o planejamento urbano pode reduzir o "estresse térmico". É necessário compromisso para um planejamento bem sucedido para poder reestabelecer um clima melhor. Assim, é exigido hábitos saudáveis e uma consciência ecológica.

O objetivo desse estudo é analisar o comportamento do índice de calor (IC), do índice de conforto térmico (IDT) e do índice de temperatura e umidade (ITU), utilizando dados históricos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizados pela plataforma BDMEP, no período de 2017 e 2018.

MATERIAL E MÉTODOS

O Município de Apodi - RN está situado no interior do estado do Rio Grande do Norte com coordenadas geográficas entre a latitude 05° 39' 01" sul e a longitude 37° 47' 56" oeste, na fronteira oeste do estado. Ceará, Severiano Melo, Itaú. A Estação Automática Sul do INMET faz divisa com os municípios de Umarizal, Itaú e Severiano Melo. Na região Norte, os governadores Dix-Sept Rosado do Ceará e Felipe Guerra.

Na **Figura 1** é possível ver nota a localização da cidade, via satélite. Possui uma área de 1.549.40 km^2, equivalente a 2.92% da superfície estadual, onde está sua população de acordo com o IBGE (Senso de 2017) de 36.323 habitantes. Sua vegetação predominante é a caatinga, caracterizada de árvores contorcidas que apresentam grande resistência à seca.

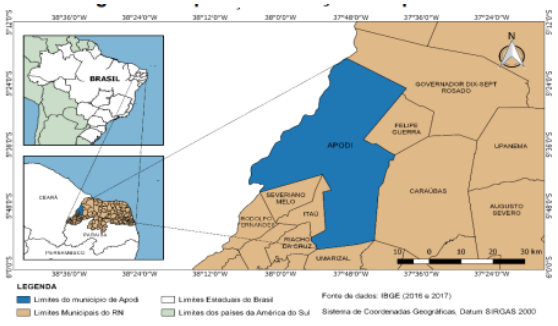


Figura 1. Localização do município de Apodi-RN.

Os dados do banco de dados da estação automática são necessários para isso. INMET (Instituto nacional de meteorologia), foram escolhidos os anos o de 2017 a 2018. Usando dados históricos obtidos, variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa do ar. Com esses dados, foram calculados o IC, IDT e ITU.

Tabela 1. Nível de alerta em humanos e possíveis sintomas fisiológicos de acordo com o Índice de Calor, adaptação de National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA (1991).

Índice de Calor	**Nível de Perigo**	**Síndrome de Calor**
IC < 27 °C	Ausência 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.



Figura 2. Estação de meteorológica de Apodi – RN.

Foi utilizado a método de Steadman (1979), para calcular o índice de calor (Equação 1). A fórmula que representada pela equação 1, em que IC é o Índice de Calor(°C), T é a temperatura máxima diária, sendo a temperatura do bulbo seco em (°C) e UR é a umidade relativa do ar em %.

Equação 1:

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

Para determinar o índice de calor foi usado o método proposto por Steadman (1979), no qual o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa do ar resultando na sensação que o corpo recebe de acordo com tabela 1.

O método de Thom (1959) foi utilizado para calcular o índice de desconforto térmico (IDT) a partir da equação 2, onde o índice era função da temperatura máxima e humidade relativa do ar. A fórmula mostrada abaixo, onde IDT é o Índice de Desconforto Térmico (°C), T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa em %.

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

De consonância com o valor de referência do IDT, o grau de desconforto pode ser determinado de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Nível de Desconforto Térmico em função do IDT.

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 a l. (2009).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é usado para medir a pressão em ambientes urbanos. Os níveis de referência de conforto térmico em função dos valores de ITU são apresentados na Tabela 3. Na fórmula da Equação 3, ITU é o índice de desconforto térmico em °C, T_{ar} é a temperatura do ar em °C e UR é o ar. humidade relativa %.

Equação 3:

$$ITU = 0.8 * T_{ar} + \frac{U_R * T_{ar}}{500} \quad .....(3)$$

Tabela 3. Nível de conforto térmico em função do ITU.

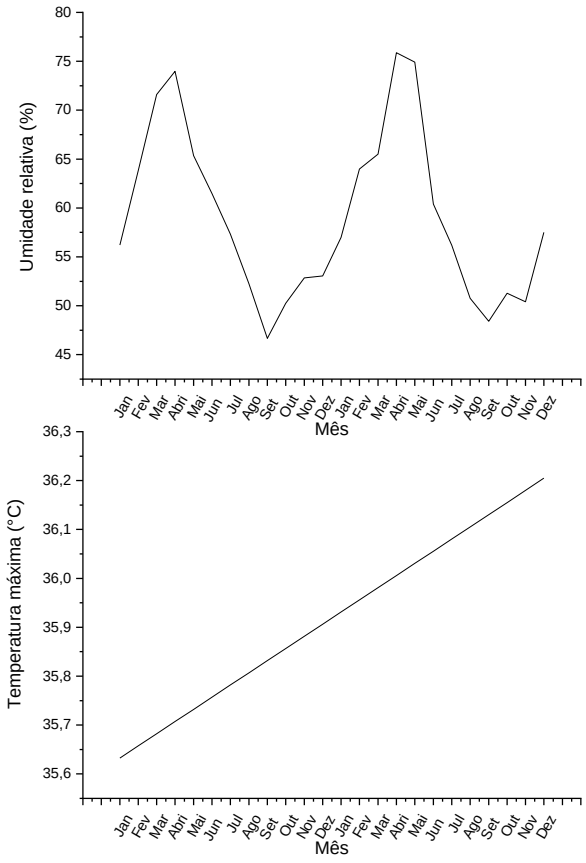
Nível de conforto	**ITU**
Confortável	42<ITU<24
Levemente desconfortável	24<ITU<26
Extremamente desconfortável	ITU>26
Nível de conforto	ITU
Confortável	42<ITU<24
Levemente desconfortável	24<ITU<26
Extremamente desconfortável	ITU>26

Fonte: Silva et a l.(2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados estatísticos obtidos, foram gerados gráficos para avaliar as variações de temperatura, umidade relativa, Índice de Calor, Índice de Desconforto Térmico e Índice de Temperatura e Umidade. Devido à grande quantidade de informações fornecidas pelas estações monitoradas durante o período de observação, que se estendeu de 2017 e 2018, foi possível realizar uma análise mais detalhada das flutuações desses parâmetros.

Gráfico 1. Comportamento da média por mês da Umidade relativa do ar (URM) e Temperatura máxima média (TMM).



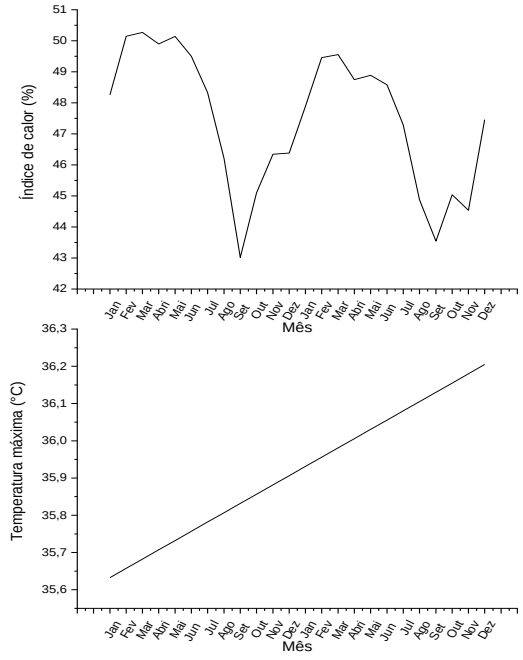
A cidade de Apodi – RN, no Gráfico 1, apresenta a relação da variação TMM durante o período de estudo teve maior valor de TMM foi de 36.20°C no mês de dezembro (2018) e 35.63°C menor valor em janeiro (2017). A URM obteve o maior valor em abril de 2018 com 75,88% e o menor de 46.68% em novembro (2018).

Nos anos (2017 e 2018), a temperatura aumentou mais, indicando maiores valores de temperatura e menores valores de umidade relativa no verão, sendo que esses valores se alteraram no período de inverno. Portanto, pode-se observar que a temperatura e a umidade relativa são inversamente proporcionais à alta temperatura no verão e à temperatura moderada

no inverno. Estes resultados corroboram com o de Neves et al., (2012).

Observe que, embora a temperatura e a umidade tenham uma relação proporcional, é afirmado por Sardo et. al (2013). Pode haver condições de alta temperatura em determinados momentos do dia.

Gráfico 2. Comportamento mensal da média do Índice de calor (IC) e Temperatura máxima do ar (TMM).



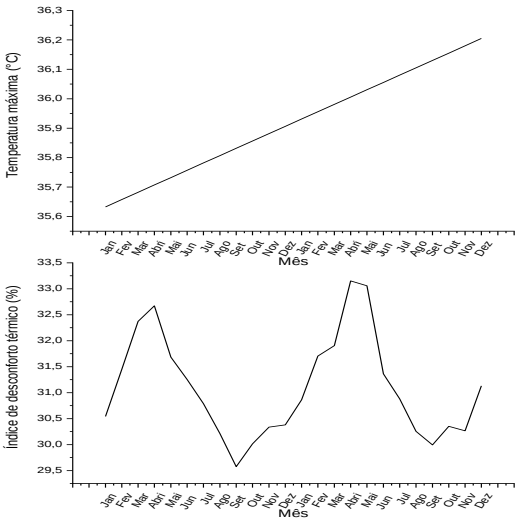
Através do **Gráfico 2**, é possível observa que os índices do IC estiveram no intervalo 43.02 e 50. 27°.Os valores de médios das temperaturas variaram entre 35.63°C a 36,20°C. Durante o período, o menor valor de IC foi de 43.02°C e 50.27°C é o valor de máximo.

Uma análise comparativa do município de Apodi - RN mostra a diferença entre risco e níveis de risco para a saúde humana como fadiga, insolação, possível AVC como mostrado na **Tabela 1**.

Os valores de sensação térmica apresentados na Figura 2 representam uma temperatura média superior a 35,92°C segundo Santos et al. (2015), o fenômeno das ondas de calor progrediu em alta temperatura, resultando em vários resultados, como aumento do desconforto por calor, além das várias síndromes mostradas na Tabela 1.

Também é importante ressaltar que a análise do conforto térmico está diretamente relacionada a outros fatores além do clima e que as condições fisiológicas podem levar a níveis de desconforto maiores do que aqueles calculados pelos cálculos do IC Nobrega et al. (2011).

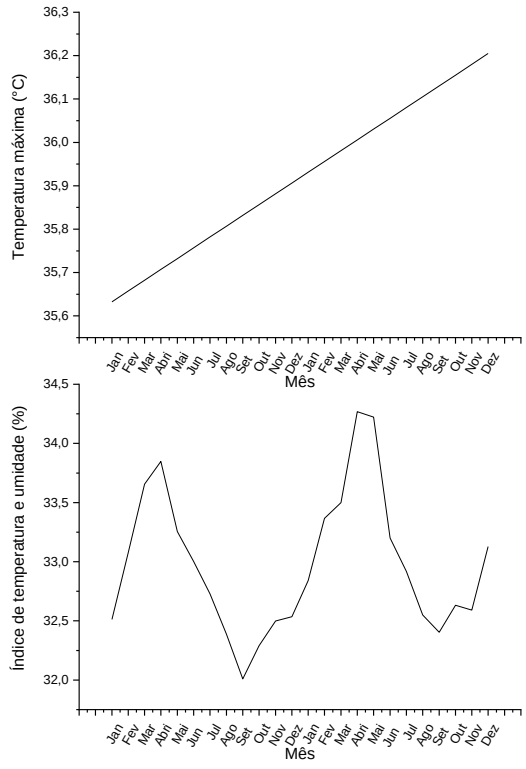
Gráfico 3. Comportamento mensal da média do Índice de desconforto térmico (IDT) e Temperatura máxima do ar (TMM).

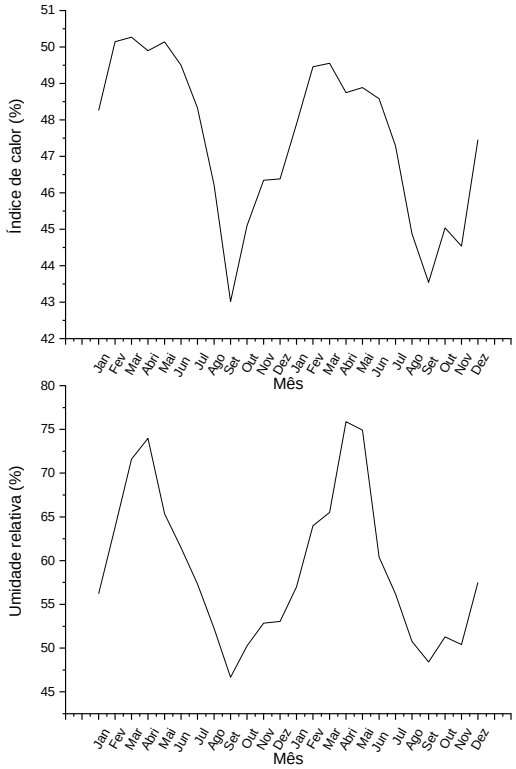


O **Gráfico 3** mostra uma temperatura média de 35,6°C durante esse período. O maior valor de IDT em 2017 é de 32,67 °C em abril, o que é considerado inconveniente em comparação com a **Tabela 2**, e o menor valor de IDT em 2018 é de 29,99 °C em novembro. Mesmo os menores valores de IDT nesse período são considerados inconvenientes para os moradores residentes no município de Apodi – RN.

Silva et al. (2009) relaciona o Índice de Desconforto Térmico (IDT) com o nível de conforto térmico. Segundo os autores, IDT<14.9 é desconfortável; 15.0 <IDT<19.9 é confortável; 20.0 <IDT>26.4 é parcialmente confortável e IDT >26.5 é desconfortável.

Gráfico 4. Comportamento mensal da média do Índice de temperatura e umidade (ITU) e Temperatura máxima do ar (TMM).





Conforme análise do Gráfico 4, o menor valor de ITU em novembro de 2017 foi de 32,01°C. Em abril, e em 2017ª a maior detecção foi de 33,85°C. Compare os valores de ITU mais baixos e mais altos encontrados durante o estudo de caso com a análise na Tabela 3.

Como você pode ver, a distribuição e o comportamento do TMM e dos índices de temperatura e umidade no estudo são muito semelhantes.

Quanto à ITU na população de Apodi-RN, ela é considerada altamente inconveniente e apresenta múltiplos riscos afetando a qualidade de vida da população.

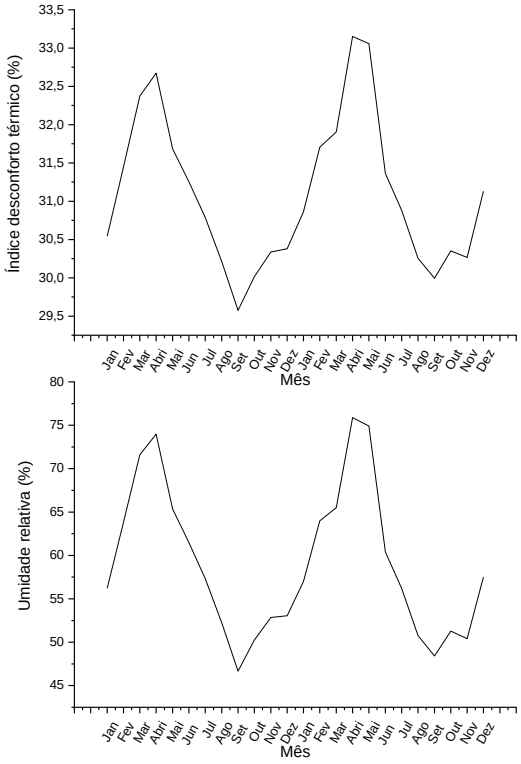
Gráfico 5. Comportamento mensal da média do Índice de calor (IC) e umidade Relativa do ar (URM).

Conforme mostrado no gráfico 5, os valores sensoriais de calor registrados como índice de calor (IC) mostraram uma temperatura média acima de 47,48 °C em todos os meses do estudo, indicando um nível de alerta de risco e potencial para fadiga, sonolência e convulsões. A superexposição em moradores do Distrito de Apodi-RN pode causar fadiga e danos cerebrais.

Não há padrão contínuo no perfil de temperatura e o valor médio ao longo do ciclo é de 35,92 °C.

Essa situação é muito importante porque a alta umidade relativa do ar pode prejudicar o meio ambiente e causar transtornos às pessoas. Costa et al., (2010), destacam que em situações em que a temperatura se encontra em torno de 26°C e umidade do ar entre 56,21 % e 75,88 %, é possível se verificar situações de desconforto.

Gráfico 6. Comportamento mensal da média do Índice de desconforto térmico (IDT) e umidade Relativa do ar (URM).



O IDT médio foi de 31,09 °C durante o período do estudo. A diferença entre os valores mais baixos de IDT (29,58 e 29,99 °C) entre 2017 e 2018 é zero. A duração de 1℃ varia de 29,58 a 31,09 °C.

A temperatura média foi de 35.92°C, principalmente já as grandes altas de temperaturas foram nos meses outubro, novembro, dezembro no ano 2017 e valor superior a 35,63°C e o valor de máximo de 36,20°C em dezembro de 2018, como está apresentado no gráfico6.

Essas condições de calor aumentam o metabolismo celular e a produção de calor corporal, fazendo com que sintomas como suor excessivo e alterações na respiração e na frequência cardíaca comecem a aparecer.

A explicação pode estar relacionada ao forte efeito da urbanização alterando a paisagem dos pontos de medição. Portanto, espera-se que a estação chuvosa se torne mais quente e seca nas próximas décadas, o que pode ter fortes impactos negativos em vários setores, incluindo saúde, economia e meio ambiente, e aumentar a gravidade das ilhas de calor e IDT. (Santos ,2017).

CONCLUSÃO

Em 2017 e 2018, o IDT atingiu seu valor máximo devido ao TMM. URM alto e muito baixo. Em 2017 e 2018, o IDT médio foi baixo porque o TMM e o URM foram altos.

A cidade de Apodi- RN apresentou IC, IDT e ITU de 47,48°C, 31,0952°C e 32.98 °C, Cada um desses valores é considerado muito alto porque está associado a vários problemas de saúde e é marcado por um ambiente termicamente hostil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA) e apoio à pesquisa ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela ajuda da disponibilidade dos dados para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, F. M. S.; BRUNO, I.; FIGUEREDO, M. L. **Análise Do Índice De Calor E Desconforto Térmico Na Cidade De Caicó-RN**. n. 83, 2017.

COSTA, E. R.; SARTONI, M. G. B.; FANTINI, V. **Análise do conforto térmico do Parque ItaimbéSanta Maria/RS sob condições atmosféricas de domínio da massa Polar velha em situação sazonal de primavera.** Geografia: Ensino & Pesquisa, Santa Maria, v. 1 4, n. 2, p. 1 6- 26, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Apodi. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/historico. Acesso em 12 de novembro de 2017.

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

Neves, L. O.; Oliveira, E. C.; Eli, K.; Rosa, S. R. Avaliação do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras da raça holandesa em Rio do Sul, SC. **XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Gramados – RS, 2012.

NÓBREGA, Ranyére Silva; VERÇOSA, Tiago. **O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do recife.** Revista de Geografia (Recife), v. 28, n. 1, p. 93-109, 2011.

QUEIROGA, Daniel Queiroga et al. **Índice de calor e desconforto térmico humano nas condições de ambiente natural em Patos,** PB, Brasil. 2019.

SANTOS, A. R. DOS. Capítulo 4 Precipitação Atmosférica. p. 30–49, [s.d.]. SANTOS, J. B. DOS et al. **Análise Temporal da Sensação Térmica nas Cidades de Patos e São Gonçalo (Sousa), Paraíba, Brasil.** s.n, 2015.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; ARAUJO, L. E.; LIMA, E. R. V.; COSTA, A. D. L. **Análise Das Condições Do Conforto Térmico Em Ambiente Urbano: Estudo De Caso Em *Campus* Universitário**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2, p. 336-353, 2011.

SANTOS, A, C.E. **Clima urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo na cidade de Bayeux-Paraiba: subsídio ao planejamento e a gestão ambiental**. Dissertação de mestrado. p.135,2017.

SARDO, J. & PITZ, J. W. *et al.* **Análise Do Índice De Sensação Térmica Para A Cidade De Rio Do Sul/SC**. Enciclopédia Biosfera, Centro Cientifico Conhecer. Goiânia. 2013. v.9, n.17; p. 154.

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/s10661008-0726-3. ambientes abertos na cidade do recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.28, n.1, p93-109, 2011.

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.