Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
LEGD Editora

O PAPEL DA NEBULOSIDADE NO CONFORTO TÉRMICO DIURNO EM ITAPECERICA DA SERRA, BRASIL

The role of clouds in daytime thermal comfort in Itapecerica da Serra, Brazil

El papel de las nubes en el confort térmico durante el día en Itapecerica da Serra, Brasil

Jéssica Ribeiro do Carmo Santos
Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia
Jessica.ribeiro@unesp.br

Antonio Jaschke Machado
Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia
jaschke.machado@unesp.br

Resumo: O avanço da ocupação humana nos centros urbanos associado a um planejamento inadequado das cidades, derivou no decorrer dos anos em diversos problemas ambientais e climáticos, resultando num desafio para a qualidade de vida das populações. O problema central deste estudo consiste na investigação da relação entre os elementos nebulosidade e conforto térmico em sua variação diurna na cidade de Itapecerica da Serra/SP. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos foram: registro fotográfico do céu, coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa e conforto térmico calculado com o índice de temperatura resultante (ITR) de Missenard. Os dados foram coletados em três pontos distintos da cidade nos horários (9 horas,13 horas e 17 horas), e com episódios representativos em três períodos do ano, (novembro de 2020, fevereiro e julho de 2021). Os resultados indicam tendência de maior nebulosidade nos meses de novembro de 2020 e fevereiro de 2021. Acerca do conforto térmico foi possível observar maior desconforto por frio no mês de julho (2021), em sua maioria no período da manhã (9 horas). O desconforto por calor foi marcante no mês de fevereiro de 2021 no início da tarde (13 horas). A relação de ambos os elementos indicou que a presença de nuvens interfere no conforto térmico. Nas situações máximas de desconforto por calor há a presença de nuvens no céu, sobretudo nuvens baixas. Já as situações máximas de desconforto por frio se associaram a dias com céu aberto ou nuvens altas.

Palavras-chave: Clima urbano. Nuvem. Itapecerica da Serra.

Abstract: The advancement of human occupation in urban centers associated with inadequate planning of cities, over the years has resulted in various environmental and climatic problems, resulting in a challenge for the quality of life of populations. The central problem of this study consists of investigating the relationship between the elements cloudiness and thermal comfort in their diurnal

variation in the city of Itapecerica da Serra/SP. The methodological procedures developed were: photographic recording of the sky, collection of air temperature and relative humidity data and thermal comfort calculated with the Missenard resultant temperature index (ITR). Data were collected at three different points in the city at times (9 am, 1 pm and 5 pm), and with representative episodes in three periods of the year, (November 2020, February and July 2021). The results indicate a trend towards greater cloudiness in the months of November 2020 and February 2021. Regarding thermal comfort, it was possible to observe greater discomfort due to cold in the month of July (2021), mostly in the morning (9 hours). Heat discomfort was notable in February 2021 in the early afternoon (1 pm). The relationship between both elements indicated that the presence of clouds interferes with thermal comfort. In maximum situations of heat discomfort there is the presence of clouds in the sky, especially low clouds. The maximum situations of discomfort due to cold were associated with days with open skies or high clouds.
Keywords: Urban climate. Cloud. Itapecerica da Serra.

Resumen: El avance de la ocupación humana en los centros urbanos asociado a una inadecuada planificación de las ciudades, a lo largo de los años ha resultado en diversos problemas ambientales y climáticos, resultando en un desafío para la calidad de vida de las poblaciones. El problema central de este estudio consiste en investigar la relación entre los elementos nubosidad y confort térmico en su variación diurna en la ciudad de Itapecerica da Serra/SP. Los procedimientos metodológicos desarrollados fueron: registro fotográfico del cielo, recolección de datos de temperatura y humedad relativa del aire y confort térmico calculado con el índice de temperatura resultante (ITR) de Missenard. Los datos se recolectaron en tres puntos diferentes de la ciudad en horarios (9 am, 1 pm y 5 pm), y con episodios representativos en tres períodos del año (noviembre de 2020, febrero y julio de 2021). Los resultados indican una tendencia hacia una mayor nubosidad en los meses de noviembre de 2020 y febrero de 2021. En cuanto al confort térmico, se pudo observar mayor malestar por frío en el mes de julio (2021), mayoritariamente en las horas de la mañana (9 horas). El malestar por calor fue notable en febrero de 2021 a primera hora de la tarde (13:00 horas). La relación entre ambos elementos indicó que la presencia de nubes interfiere en el confort térmico. En situaciones máximas de malestar térmico se produce la presencia de nubes en el cielo, especialmente nubes bajas. Las situaciones máximas de malestar por frío se asociaron a días de cielo abierto o nubes altas.
Palabras clave: Clima urbano. Nube. Itapecerica da Serra.

Submetido em: 21/12/2023
Aceito para publicação em: 16/10/2024
Publicado em: 28/10/2024

1. INTRODUÇÃO

Configura um interesse muito antigo da humanidade o estudo e conhecimento sobre a atmosfera terrestre. Segundo Ayoade (2007, p. 4) o estudo do tempo é considerado tão antigo quanto a curiosidade do homem acerca de seu meio ambiente, uma vez que as condições atmosféricas apresentam junto de outras variantes importante influência sobre as atividades humanas.

Sabe-se que atualmente, tanto no contexto mundial como nacional, a maior parte da população reside nas cidades. Esta maior ocupação das áreas urbanas, sobretudo sem planejamento adequado, resultou no decorrer dos anos em impactos diversos sobre o meio ambiente, e também sobre a qualidade de vida dos cidadãos.

A cidade, hoje, representa o lugar em que se concretiza a maior forma de interação entre a natureza e o homem, o que em consequência caracteriza as maiores transformações no estado natural da paisagem, como a poluição, conforto térmico, por exemplo (MONTEIRO, 1976).

Halley estabelece, no século XVII, uma associação muito clara entre a nebulosidade e o tempo atmosférico predominante, procurando dessa maneira compreender o tempo a partir dos processos de formação das nuvens. Sempre conferindo grande importância aos fenômenos relacionados à chuva e às causas responsáveis pela variabilidade da umidade, tanto em locais distintos, quanto para estações (PRADELLA, 2014).

Neste estudo um dos elementos climáticos que apresenta destaque é a nebulosidade, pois além de possuir significativa importância para o estudo climatológico, também é capaz de interagir com outros diferentes elementos do clima como o conforto térmico humano.

A investigação que aqui será desenvolvida consiste em compreender a variação diurna na nebulosidade e no conforto térmico em Itapecerica da Serra. Utiliza-se de situações máximas de desconforto por calor e por frio a partir dos dados coletados e nos meses de referência para relacionar o conforto térmico com um padrão de nebulosidade.

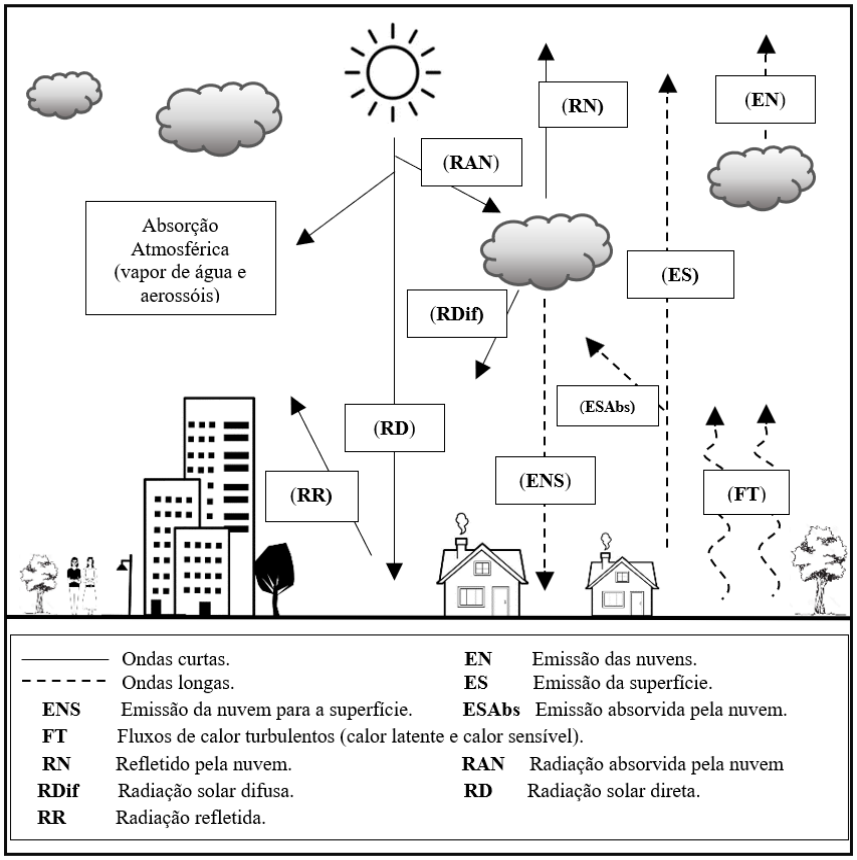
2. REFERENCIAL TEÓRICO

A nuvem é uma das responsáveis pela variação da radiação que chega a uma determinada superfície (SILVA, 2011). O efeito gerado pela cobertura das nuvens, sobretudo

as espessas e contínuas, forma uma barreira significativa à penetração de radiação (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 49). Neste sentido, Echer *et al*. (2006, p. 344) aponta que "o efeito da cobertura de nuvens na transmitância atmosférica da radiação solar dependerá do tipo de nuvem que compõem a cobertura".

Segundo Barry e Chorley (2013, p. 66), (Figura 1) a radiação incidente é absorvida na estratosfera, principalmente por ozônio, unidades são absorvidas na troposfera por dióxido de carbono, vapor de água, poeira e gotículas de água em nuvens e as refletidas de volta para o espaço a partir das nuvens, que cobrem cerca de 62% da superfície da Terra, em média. Outras são refletidas da superfície e também existem as que são devolvidas pela dispersão atmosférica. A radiação refletida total é o *albedo*[1] planetário (31% ou 0,31%).

Figura 1 - Balanço de energia na camada limite.



Fonte: Adaptada de Kiehl e Trenberth (1997), Oke (1978) Apud Barry e Chorley (2013).

[1] A fração da radiação solar refletida por uma superfície ou objeto, muitas vezes expressa como uma porcentagem. Superfícies cobertas de neve têm um alto albedo, o albedo da superfície dos solos varia de alto a baixo, e superfícies cobertas de vegetação e oceanos têm um albedo baixo. O albedo planetário da Terra varia principalmente através da variação de nebulosidade, neve, gelo, área foliar e mudanças na cobertura do solo (IPCC, 2008, p. 76).

A camada de ar que é alterada pela superfície subjacente denomina-se camada limite. Esta camada tem apenas alguns poucos quilômetros de profundidade e localiza-se na parte mais baixa da troposfera.

Barry e Chorley (2013, p. 49) sobre a nebulosidade apresentam que,

> [...] o efeito da cobertura de nuvens também opera no sentido inverso, pois serve para reter grande parte do calor que, de outra forma, seria perdido da Terra pela radiação de ondas longas durante o dia e a noite. Deste modo, a cobertura de nuvens diminui a faixa de temperatura diurna consideravelmente, impedindo uma máxima elevada de dia e uma mínima baixa à noite. Além de interferirem na transmissão da radiação, as nuvens atuam como reservatórios temporários, pois absorvem uma certa proporção da energia que interceptam.

De modo geral, entende-se que a radiação solar direta diminuirá, em uma situação de maior cobertura de nuvens. Em contrapartida, o componente de radiação solar difusa aumentará (Oke 1987; Monteith e Unsworth, 1990 Apud Roshan *et al*. 2021).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 3) a nuvem é definida como um conjunto visível de partículas minúsculas de água líquida ou de gelo, em suspensão na atmosfera. Custódio (2007, p. 4) aponta que as gotículas de água líquida possuem diâmetro que varia de 10 a 100 micrômetros e os cristais de gelo são um pouco maiores, mas estabelece que ambos são pequenos o bastante para permanecerem suspensos da atmosfera. A proporção de água no estado líquido ou sólido irá depender do tipo de nuvem presente.

Para Barry e Chorley (2013, p. 114) o processo de formação das nuvens está sujeito a instabilidade atmosférica, movimento vertical, assim como de processos de microescala. Os núcleos de condensação ocorrem de modo notável com maior dificuldade no ar limpo.

> Na formação das nuvens, a condensação do vapor d'água em gotículas exige a presença de vapor d'água na atmosfera e de núcleos de condensação em quantidade suficiente. Núcleos de condensação são partículas em torno das quais o vapor d'água se condensa. [...] O processo de condensação ocorre quando o ar se resfria pela ascensão adiabática (ECHER *et al*. 2006, p. 343).

A classificação das nuvens se dá pela grande variedade de formas que existem. Internacionalmente é utilizado o sistema que se baseia em dois aspectos, sendo eles: forma geral, estrutura e extensão vertical das nuvens e o outro baseado na sua altitude (BARRY e CHORLEY, 2013). De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 4) as nuvens estão em perpétua evolução e apresentam-se, sob uma variedade infinita de formas.

No entanto, nota-se que é possível indicar um número restrito de formas de nuvens observadas com maior frequência em todo o globo, contabilizando 10 formas características, que são: *cirrus*, *cirroscumulus*, *cirrostratus*, *altocumulus*, *altostratus*, *stratus*, *cumulus*, *stratocumulus*, *cumulonimbus* e *nimbostratus*.

As nuvens *cirrus* (Ci) são, segundo a Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 17) "nuvens isoladas, em forma de filamentos brancos e delicados, ou de bancos, ou faixas estreitas brancas". As nuvens *cirrocumulus* (Cc) são "banco, lençol ou camada delgada de nuvens brancas, sem sombra própria, compostos de elementos muito pequenos em forma de grânulos, rugas". O *cirrostratus* (Cs) tem como definição "véu de nuvens transparente e esbranquiçado, de aspecto fibroso ou liso, cobrindo inteira ou parcialmente o céu, e dando geralmente lugar a fenômenos de halo".

A Organização meteorológica Mundial (1961, p. 22) diz ainda que, os *altocumulus* (Ac) "formam-se quase sempre em bordas de uma camada extensa de ar ascendente, ou, ainda, em consequência de turbulência ou de convecção ao nível médio". Já a nuvem *altostratus* (As) tem por definição lençol ou camada de nuvens cinzento/azulado com aspectos que podem ser denominados estriados, fibroso ou uniforme e que cobre de modo parcial ou inteiramente o céu, além de partes delgadas que possibilitam a visão do sol. A *nimbostratus* (Ns) é uma camada de nuvens, segundo a OMM (1961, p. 25) "com um aspecto embaçado em consequência de pancadas mais ou menos contínuas de chuva ou de neves que, geralmente, atingem o solo".

Stratocumulus (Sc) é uma nuvem constituída por gotículas de água. A partir da OMM (1961, p. 27) tem-se que a nuvem Sc é "banco, lençol ou camada de nuvens cinzentas, ou esbranquiçadas, ou, ao mesmo tempo, cinzenta e esbranquiçadas, tendo quase sempre partes escuras em formas de lajes, seixos, rolos, etc.". As nuvens *stratus* (St) tem por definição na Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 29) "camada de nuvens, geralmente cinzentas, com base bastante uniforme, podendo dar lugar à garoa, prismas de gelo ou neve granular".

Cumulus (Cu) são pela OMM (1961, p. 31) "nuvens isoladas geralmente densas e de contornos bem definidos". Esta nuvem tem origem "sob efeito das correntes convectivas que aparecem quando o decréscimo vertical da temperatura nas camadas baixas da atmosfera é suficientemente forte". Podem também ter origem em Ac ou Sc. Já o *cumulonimbus* (Cb) é

uma nuvem densa e com dimensão vertical forte. São constituídos por gotículas de água e também por cristais de gelo, quando em regiões superiores.

O estudo da nebulosidade segundo Wollmann e Sartori (2010, p. 36) bem como todos os outros elementos climáticos não são regulares ao longo de um ano, apresentando uma sazonalidade e variação de acordo com cada região do globo. Os autores apresentam também que são poucos os estudos no Brasil que abordam a variação temporal da nebulosidade, mesmo compreendendo a importância desses estudos para a Climatologia Geográfica brasileira.

A preocupação em compreender sobre os aspectos que envolvem o conforto é antiga na história da humanidade e com o aumento das áreas urbanas e os diferentes materiais construtivos o conforto ganha uma grande relevância nos estudos do clima urbano.

O estudo do conforto térmico apresenta relevância significativa para compreensão das alterações decorrentes das mudanças dentro da cidade. O conforto, segundo Lamberts e Xavier (2002, p. 2) tem como intuito analisar e estabelecer as condições propícias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico que seja adequado às atividades e ocupações humanas.

A definição de conforto térmico consiste basicamente em uma melhor condição de vida, de saúde e de bem-estar do homem quanto ao funcionamento do seu organismo, sem que esteja submetido a fadiga e/ou estresse (FROTA e SCHIFFER, 2003). A temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do vento são os principais elementos que caracterizam o conforto térmico humano (BUETTNER, 1962 Apud BARRY e CHORLEY, 2013).

O estado de não satisfação atrelada ao ambiente térmico se expressa em desconforto. Este desconforto pode ser percebido tanto pelo frio como pelo calor. Isso se torna perceptível quando se nota diferenças entre o calor produzido pelo corpo como pelo calor perdido para o ambiente (LAMBERTS, 2023, p. 4).

Roshan *et al*. (2021, p. 2) em seu artigo aborda a dificuldade em compreender o efeito exato das nuvens no clima urbano e no conforto térmico e ainda ressalta que atualmente “está bem estabelecido que, se a cobertura de nuvens reduzir, isso poderá ser explicado em parte pelo aquecimento contínuo na escala global”.

Ao analisar o efeito da nebulosidade no conforto térmico, nota-se que há um reconhecido empírico sobre essa relação, porém não é considerado explicitamente nos índices

de conforto térmico encontrados na literatura. Neste sentido, houve dificuldade em encontrar na literatura trabalhos desenvolvidos que relacionem esses dois elementos, sobretudo no cenário nacional.

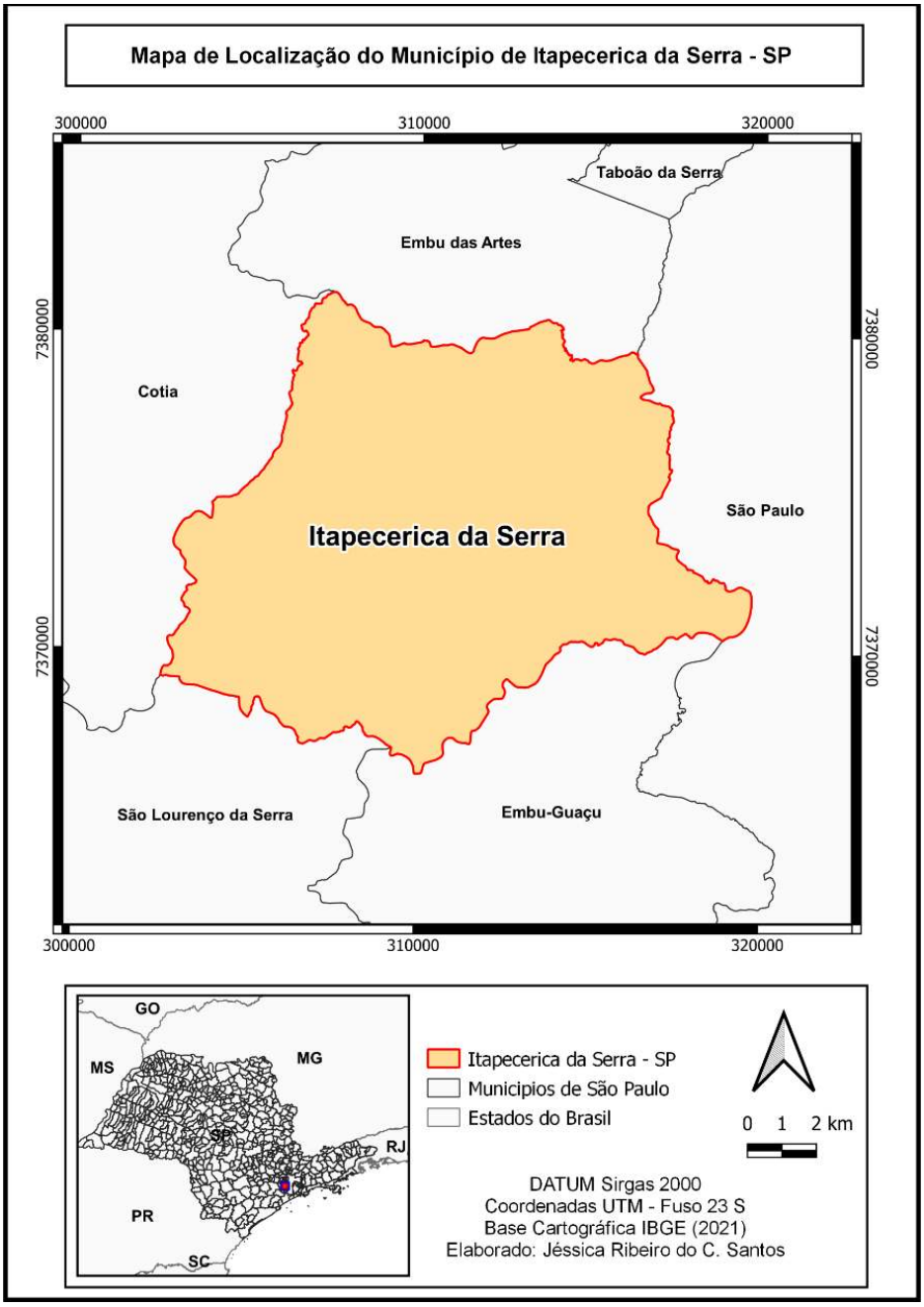
3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

Itapecerica da Serra (Figura 2), está localizada na Sub-Região Sudoeste da Macrometrópole Paulista (SRSOMP). Suas coordenadas geográficas são 23°43’25’’S e 46°50’15’’O. O município possui altitude em torno de 920 metros e área total de 150,741km² (IBGE, 2022).

Venturi (2001, p. 48) diz que em termos morfoestruturais, Itapecerica da Serra está instalada sobre uma área de antigos cinturões orogenéticos que provavelmente constituíram topos de altitudes entre 3 e 4 mil metros na era pré-cambriana. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), registra que o bioma de Itapecerica da Serra é a Mata Atlântica.

Figura 2 -Mapa de localização do município de Itapecerica da Serra/SP.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI), revela que Itapecerica da Serra tem como temperatura média anual 18,9 °C, oscilando entre mínima média de 12,9 °C e máxima média de 25,0 °C. A precipitação média anual é de 1.253 milímetros (mm) (BRASIL, 2018).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento desse estudo, os dados foram organizados a partir de três etapas: (i) registro fotográfico do céu e escala de nebulosidade, (ii) temperatura do ar, umidade relativa e carta sinótica (iii) conforto térmico estimado a partir de índice selecionado na literatura.

3.2.1. Coleta de dados

Os dados que fazem parte deste estudo tiveram suas coletas em três momentos: de 9 a 13 de novembro de 2020, de 1 a 5 de fevereiro de 2021 e 12 a 16 de julho de 2021. A ideia principal foi obter uma percepção da variação das nuvens em diferentes estações do ano. Dentro desses períodos foram realizadas coletas horárias às 9 horas, às 13 horas e às 17 horas, para análise da variação horário diurna dos elementos.

Os resultados foram organizados a partir da média de uma distribuição espacial de 3 pontos na cidade com características distintas, sendo eles, ponto 1 Jardim Nisalves, ponto 2 Jardim Paraíso, e ponto 3 Centro (Quadro 1). A escolha por trabalhar com a média se estabeleceu ao notar que não haviam diferenças significativas nos resultados dos diferentes pontos mesmo com características diferentes.

Quadro 1 - Informações geográficas e caracterização dos pontos três pontos de coleta de dados meteorológicos em Itapecerica da Serra/SP

			
Coordenadas	23°43'15" S 46°51'29" O	23°42'59" S 46°51'25" O	23°43'3" S 46°50'57" O
Altitude	820 metros	810 metros	910 metros
Ocupação	Urbana	Urbana	Urbana
Distância aproximada em linha reta	Ponto 2: 533 m Ponto 3: 1000 m	Ponto 1: 533 m Ponto 3: 771 m	Ponto 1: 1000 m Ponto 2: 771 m
Variáveis climáticas medidas no ponto	- Temperatura do ar - Umidade relativa - Escala de nebulosidade - Registro fotográfico do céu		
Frequência das medições	Horária, diária, ciclo semanal.		
Características do entorno	Fundo de vale, seu entorno é constituído por edificações com uso, sobretudo, para habitação e comércio.	Fundo de vale próximo a um córrego. O entorno é composto por vegetação e edificações (habitações).	Topo de colina. O entorno próximo é composto, sobretudo, por edificações com uso do comércio.

Fonte: GPS *Amazfit Pace e Google Maps.*

3.2.2. Observação da nebulosidade

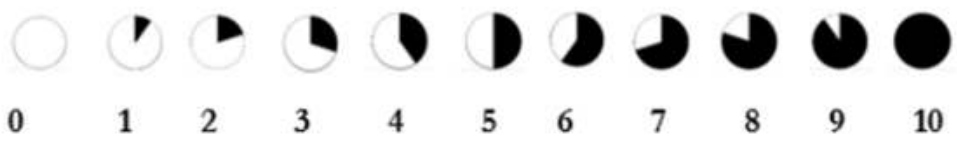
O trabalho de observação do céu é feito a partir de dois modos: o da superfície terrestre com a inspeção visual feita por um observador e a com o uso de satélites (ECHER *et*

al. 2006). Neste estudo, foi utilizada a primeira forma mencionada, a observação visual do céu realizada na superfície mediante um observador.

Durante o registro visual do céu, o observador que realiza a coleta deve identificar um ponto que lhe ofereça um campo de visão amplo com o mínimo de obstruções possíveis. A quantidade de nuvens é expressa por uma fração proporcional à área encoberta, que pode ser em oitavos ou décimos. Neste estudo será utilizado a fração em décimos (ECHER *et al*. 2006).

A escala de nebulosidade em décimos varia de 0 a 10 partes (Figura 3). O valor 0 indica não haver vestígios de nuvens no céu, ou seja, céu aberto, o valor 5 é atribuído quando o céu está parcialmente encoberto e o valor 10 em situações de céu totalmente encoberto por nuvens (SANT'ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009).

Figura 3 - Representação da escala de nebulosidade em decis.



Fonte: Elaborado pela autora.

O registro fotográfico do céu foi obtido por meio de um *smartphone Xiaomi Redmi Note 8*. Assim como as demais coletas, a nebulosidade foi registrada em todos os horários já mencionados.

3.2.3. Temperatura do ar, umidade relativa e carta sinótica

Com o aparelho termo-higrômetro portátil modelo AK630 da marca Akso, foram realizadas as coletas de temperatura do ar e de umidade relativa. O manual de instruções apresenta as faixas de medições que o aparelho capta. A temperatura do ar varia de - 20 °C a 70 °C e umidade relativa de 0 % a 100 %. No que diz respeito à resolução temos para a temperatura do ar 0,1 °C e para umidade 0,1 % UR.

As cartas sinóticas foram obtidas através do *site* da Marinha do Brasil no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). A carta de pressão do nível do mar é uma representação gráfica que apresenta informações referentes ao campo de pressão atmosférico. Neste estudo

as cartas integram o processo de compreensão atmosférica dos sistemas atuantes nos períodos de coleta e na comparação com os dados de nebulosidade e conforto térmico.

3.2.4. Estimativa do conforto térmico

O conforto térmico neste estudo foi analisado a partir do parâmetro de Missenard (FANTE et. al, 2017). Este parâmetro corresponde a um índice de conforto térmico denominado como Índice de Temperatura Resultante (ITR). Este índice equivale a uma temperatura, resultado tanto do efeito da temperatura do ar quanto do efeito de sua umidade relativa, calculado a partir da seguinte expressão:

$$ITR = Tar - 0{,}4.(Tar - 10).(1 - UR/100) \quad (1)$$

ITR = temperatura resultante (°C)

Tar = temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

UR = umidade relativa do ar (%)

Fonte: Suping et. al (1992); Carvalho (2006) Apud Fante et. al (2017).

A escolha pelo ITR se deu com base em uma busca entre diferentes índices para situações de conforto térmico e este se mostrou aplicável por utilizar variáveis que foram coletadas no trabalho de campo no município. Além de ser considerado nos trabalhos de Fante et. al (2017, p. 601) com "resultados fidedignos as situações reais de Presidente Prudente", que se localiza no mesmo domínio de clima tropical no hemisfério sul que Itapecerica da Serra.

Para a aplicação do ITR (Tabela 1) as variáveis de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR) utilizadas, foram obtidas nos três períodos de campo (novembro 2020, fevereiro e julho de 2021) nos diferentes horários de coleta. Foram aplicadas no índice as médias dos três pontos de coleta da Tar e UR nos três diferentes horários (9 h, 13 h e 17 h).

Tabela 1 - Classes de conforto térmico aplicado aos índices de temperatura resultante (ITR).

Resultado do índice (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
>34	Muito quente	Falha na termorregulação
31-34	Quente	Suor em profusão
28-31	Quente moderado	Suor
25-28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor e vasodilatação
22-25	Confortável	Neutralidade térmica
19-22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
16-19	Frio moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
13-16	Frio	Tiritar (tremer)
<13	Muito frio	Extremo estresse ao frio

Fonte: Adaptado por Fagner (1972), Maia e Gonçalves (2002), Gobo (2013 e Nedel *et al*. (2015) Apud Fante *et al*. 2017.

4. RESULTADOS

4.1 Evolução diurna da nebulosidade

Os resultados referentes à nebulosidade diurna dos episódios representativos de novembro de 2020 (Figura 4) apontam um predomínio de nuvens baixas, variando, sobretudo, entre *cumulus* e *stratocumulus*. Nota-se também, numa frequência muito menor, nuvem alta, como *cirrus.*

Figura 4 - Variação diurna da nebulosidade nos horários 9h, 13h e 17h no mês de novembro de 2020 em Itapecerica da Serra/SP.



Fonte: Fotos registradas durante a pesquisa em campo.

No período das 9 horas, nos dias 9 e 11 constatou-se no céu uma menor escala de nebulosidade. O dia 9 com *cumulus* esfarrapados e o dia 11 a presença de nuvem alta, *cirrus*. Nos dias 10, 12 e 13 é observado uma maior escala de nebulosidade, ou seja, o céu com uma maior presença de nuvens, sobretudo, baixas e variando entre *cumulus*, *nimbostratus*.

Às 13 horas o predomínio das nuvens no céu se mantém em nuvens baixas, com *cumulus* de extensão vertical moderada e forte. Apenas no dia 9 o céu esteve com escala de nebulosidade baixa, com pouca, ou quase nenhuma presença de nuvem no céu. Nos dias 10 e 11, também é possível observar ao fundo uma camada de nuvens *altocumulus*, algumas em flocos *cumuliformes*.

A nebulosidade no período das 17 horas se manteve, assim como nos demais horários, em um padrão de nuvens baixas, porém com diferença no que se refere a escala de nebulosidade. Em todos os dias de coleta deste horário o céu esteve com a escala de nebulosidade em dez, ou seja, todos os dias com céu totalmente encoberto por nuvens. Não há dados das nuvens no dia 13, pois choveu no horário do campo.

Ao analisar a variação horária diurna da nebulosidade para os dias representativos do mês de novembro, é possível evidenciar o dia 11 com maior distinção no padrão de nuvens no

decorrer do dia. Este dia tem seu início com nuvem alta, no meio do dia nota-se a presença de nuvens médias e baixas e ao final da tarde nuvens baixas.

De modo geral, é constatada uma grande presença de nuvens no céu no decorrer da semana de análise, sobretudo às 17 horas. Em consequência há uma escala de nebulosidade elevada. Destaca-se nesta observação que há o predomínio de nuvens baixas.

A variação diurna da nebulosidade nos dias representativos do mês de fevereiro (Figura 5) possui tendência de céu parcialmente encoberto com variação de nuvens nas três faixas de altura e maior predomínio de nuvens médias.

Figura 5 - Variação diurna da nebulosidade nos horários 9h, 13h e 17h no mês de fevereiro de 2021 em Itapecerica da Serra/SP.



Fonte: Fotos registradas durante a pesquisa em campo.

No período correspondente às 9 horas no dia 1 foi observada a presença de nuvem baixa com características estratiformes. Nos dias 2 e 3 houve o predomínio de céu aberto, com pouca ou nenhuma nuvem. Nos dias 4 e 5 percebe-se através do registro fotográfico presença de nuvens, classificadas como *altocumulus*. No dia 4 nota-se ao fundo alguns *cirrus*.

As nuvens às 13 horas e 17 horas variaram entre médias e baixas, com *altocumulus* e *cumulus* em sua maioria. O padrão e a escala de nebulosidade no dia 1 não sofrem muitas alterações na variação horária.

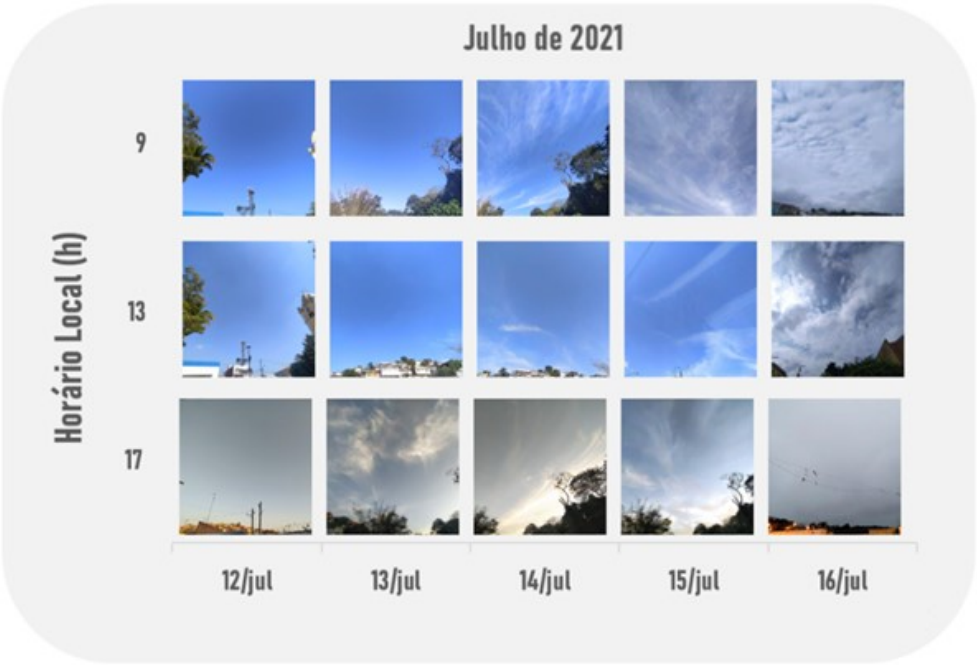
No dia 3 é possível realizar uma observação da evolução das nuvens na escala horária, em que o início do dia o céu está aberto. Às 13 horas há a presença de *cumulus* de fraca extensão vertical e às 17 horas temos o céu totalmente encoberto com *cumulus* e *cumulonimbus*.

Já no dia 4 é notável que há um padrão de nuvens que se repete ao longo do dia, fazendo com que não haja uma variação horária das nuvens. A escala de nebulosidade também se mantém muito próxima nos diferentes horários. Sobre o tipo de nuvem nota-se o predomínio de nuvens médias nos três períodos de coleta.

De modo geral, a escala de nebulosidade foi intermediária ou parcialmente encoberta, havendo dias com céu totalmente encoberto e dias com céu aberto, mas sobretudo dias com uma cobertura de nuvens que se manteve entre esses dois limites. Na classificação das nuvens observa-se um destaque para a presença de nuvens médias no céu.

Os episódios representativos do mês de julho de 2021 (Figura 6) foram marcados, em sua maioria, por dias de céu aberto, sem a presença de nuvens. Nos três períodos de coleta constata-se essa afirmação. Os dias com nuvens no céu são, sobretudo, dias com a presença de nuvens altas, em sua maioria *cirrus*.

Figura 6 - Variação diurna da nebulosidade nos horários 9h, 13h e 17h no mês de julho de 2021 em Itapecerica da Serra/SP.



Fonte: Fotos registradas durante a pesquisa em campo.

No dia 12 nota-se que não houve variação horário da nebulosidade, uma vez que nos três horários de coleta o céu permaneceu sem nuvens. No dia 13, às 9 horas e 13 horas, esse padrão se mantém, e o céu permanece aberto. Já às 17 horas deste dia é possível observar a presença da nuvem alta *cirrus*.

O dia 16 representa a maior variação da nebulosidade no decorrer do dia para a semana de julho. Com *altocumulus* em filamentos às 9 horas, *altocumulus* também às 13 horas e *nimbostratus* às 17 horas. A escala de nebulosidade também variou, às 17 horas houve um marco de céu totalmente encoberto, sendo o único dia da semana de observação com escala de nebulosidade em dez.

O período das 17 horas foi o que, mesmo com baixa escala de nebulosidade, houve maior presença de nuvens. Com o dia 12 como único dia de céu aberto, os dias 13, 14 e 15 com presença da nuvem alta *cirrus* e o dia 16 com céu encoberto por nuvens baixas.

A nebulosidade para os dias representativos de julho teve baixa variação, com destaque para o céu aberto sem nuvens como predominante. A escala de nebulosidade esteve, em sua maioria, abaixo de cinco, ou seja, céu parcialmente encoberto e o predomínio do tipo de nuvem foi *cirrus*, nuvem alta.

3.2 Nebulosidade e desconforto por calor e por frio

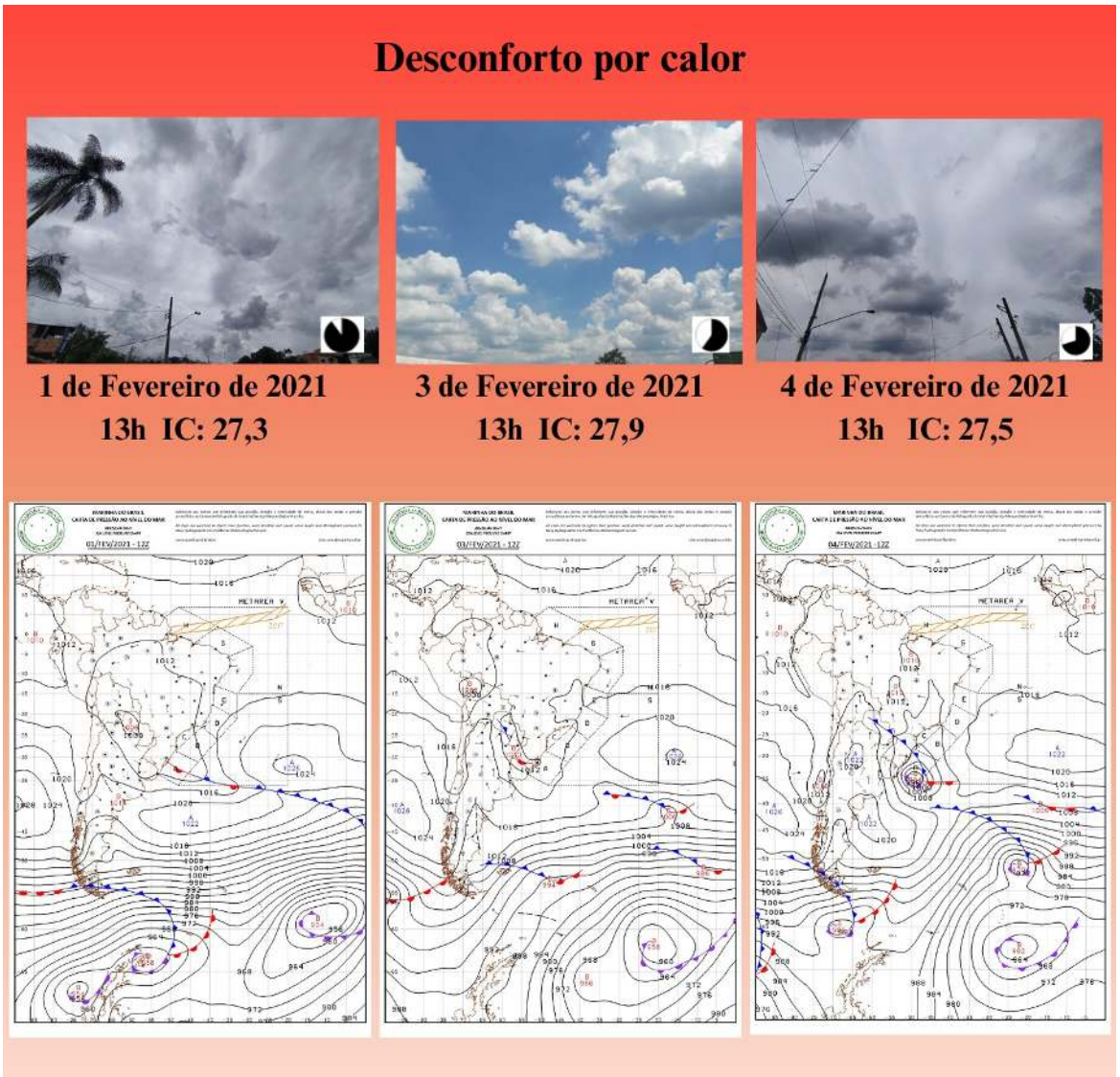
Nesta seção serão desenvolvidas as investigações da relação entre nebulosidade e conforto térmico. Os resultados que aqui serão descritos fazem parte de uma análise com base nos máximos do conforto térmico e sua relação com o comportamento das nuvens nesses episódios, avaliando o tipo de nuvem e a escala de nebulosidade. As cartas sinóticas auxiliaram na compreensão da situação atmosférica nos casos de desconforto térmico por calor e por frio.

Os três episódios máximos de desconforto por calor (Figura 7) ocorreram nos dados coletados no mês de fevereiro, na sequência dos dias 1, 3 e 4. Estes resultados tiveram variação horária às 13 horas como período de todos os casos. A sensação térmica do desconforto por calor se encontra na faixa acima da confortável e na sensação térmica em ligeiramente quente.

Nas situações de desconforto por calor, o céu tem um predomínio de presença de nuvens, sobretudo nuvens baixas, variando entre nuvens estratiformes e *cumulus* de bom tempo no dia 3. A escala de nebulosidade destes dias de desconforto por calor indicam valores superiores a 6, ou seja, a maior parte do céu com presença de nuvens.

As cartas sinóticas para os dias de desconforto por calor em fevereiro referem-se ao horário das 9 horas. As cartas indicam inicialmente uma frente estacionária no Atlântico Sul. A frente que se formou no continente está oclusa sob o Paraguai. No dia 4 nota-se uma situação pré-frontal em Santa Catarina. De modo geral, há uma situação pré-frontal com domínio da alta que esteve no Atlântico Sul.

Figura 7 - Síntese dos resultados de desconforto térmico por calor, registro das condições do céu e situação sinótica em Itapecerica da serra/SP.



Fonte: Elaborado pela autora. Carta sinótica Marinha do Brasil.

A análise dos episódios nos indica que os máximos de desconforto por frio (Figura 8) ocorrem nas coletas representativas de julho na sequência de dias 12, 13 e 14, no período correspondente às 9 horas. Assim como as menores temperaturas do ar foram registradas neste mês e horário. Vale ressaltar que os menores valores de temperaturas do ar e o desconforto por frio neste horário podem ser explicados através do período anterior de escuridão que precede este horário, ou seja, houve um longo período sem a presença do sol, gerando os valores baixos nestes resultados.

Nas classes de conforto indicadas no índice, os três episódios de valores máximos de desconforto por frio encontram-se na terceira classe abaixo da situação confortável, com valores de variam de 14 °C e 14,5 °C no índice, com sensação térmica em frio.

É possível observar que os dias com os episódios mais marcantes de desconforto por frio, são constituídos de céu sem nuvem ou com pouca presença de nuvem alta, e acontecem no período da manhã às 9 horas no mês de julho.

A escala de nebulosidade desses casos fica igual ou inferior a três, o que é confirmado através do registro fotográfico com o céu aberto (Figura 6). Nos dias 12 e 13 não há nenhum indício de nuvens no céu, com registro da escala de nebulosidade em zero e o dia 14 em três na escala de nebulosidade.

A análise sinótica para os dias de desconforto por frio nos indica uma situação entre os dias 12, 13 e 14 de um domínio da alta no Atlântico Sul. A frente fria que avança do Sul está sendo bloqueada pela alta pressão do Atlântico, ou seja, há um bloqueio atmosférico.

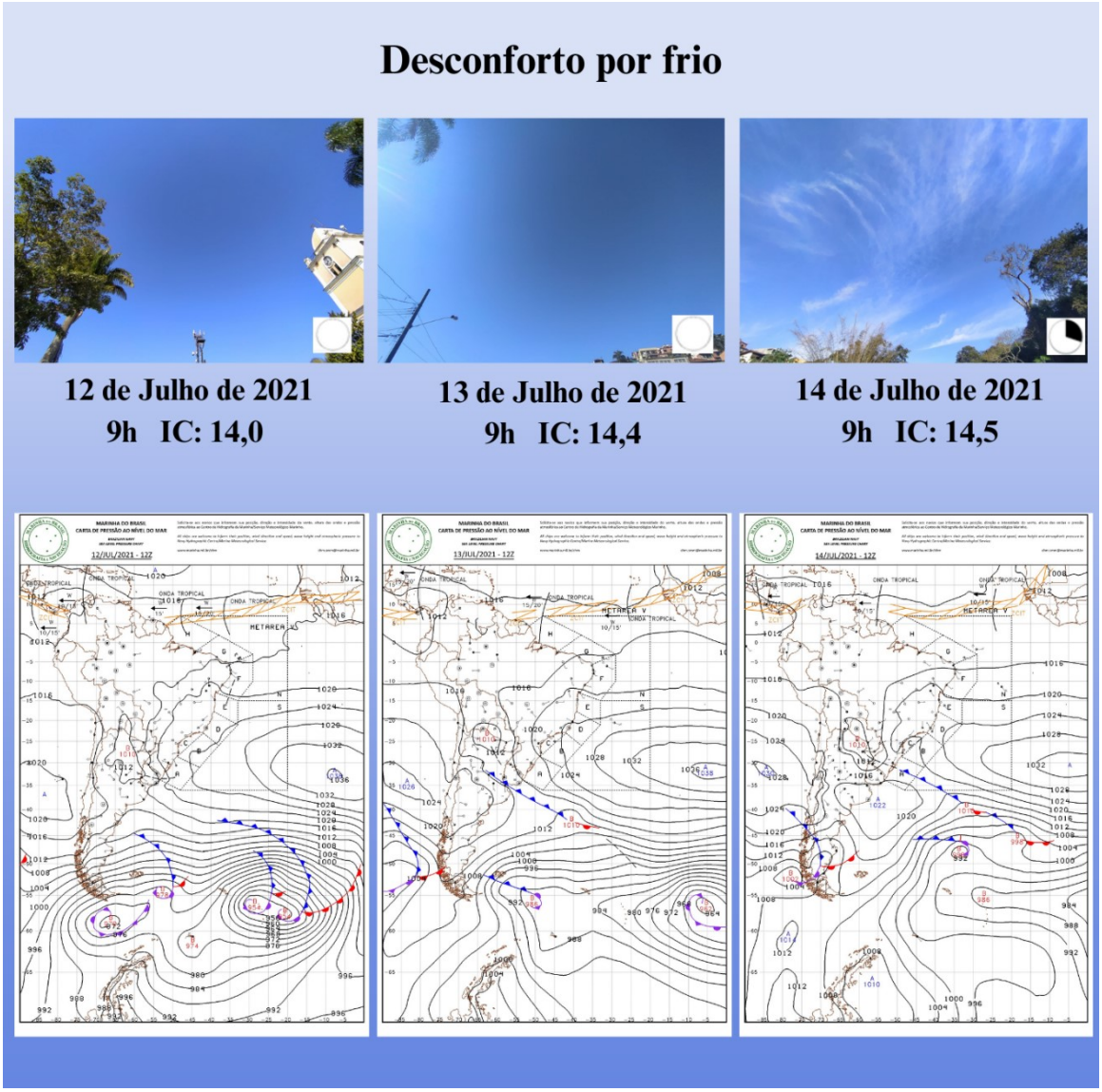
O frio registrado nestes dias não resultou da entrada de uma massa polar, e sim de um resfriamento noturno causado pelo céu aberto durante a noite e que prevalece pela manhã. Se houvesse a entrada da massa de ar polar, poderia haver temperaturas ainda menores. De modo geral, o predomínio atmosférico é da alta pressão subtropical, o que explica o céu sem a presença de nuvens.

Acerca do desconforto por calor e por frio e sua relação com a nebulosidade foi possível constatar que, os dias de maior desconforto por calor ocorrem no recorte temporal do mês de fevereiro às 13 horas, nestes episódios no céu havia a presença de nuvens. Enquanto para o desconforto por frio em julho às 9 horas, há um predomínio de céu aberto e quando com registro de nebulosidade esta nuvem é alta.

Não houve nenhum episódio de desconforto por calor acima de 28 °C do índice de conforto, ou seja, nenhum superior à sensação quente moderado, a segundo faixa acima após o conforto térmico.

Já no desconforto por frio os resultados indicaram no índice valores que chegaram à terceira classe no sentido do desconforto, com sensação térmica de frio. Ou seja, os resultados indicam que o município de Itapecerica, quando abordamos os máximos do conforto, tende a situações marcantes de desconforto por frio.

Figura 8: Síntese dos resultados de desconforto térmico por frio, registro das condições do céu e situação sinótica em Itapecerica da serra/SP



Fonte: Elaborado pela autora. Carta sinótica da Marinha do Brasil.

De modo geral, pode-se considerar que a presença de nuvens no céu interfere no conforto térmico. Quando com nuvens baixas para o desconforto gerado pelo calor. A ausência de nuvens no céu ou presença de nuvens altas tendem a gerar desconforto por frio na estação do inverno.

O desconforto pode ser observado a partir de duas perspectivas, uma na análise sazonal em que se nota o mês de julho com esse destaque de desconforto por frio em todos os dias de coleta. Resultado este esperado para o período do ano, o inverno, em Itapecerica da Serra.

O outro aspecto refere-se à variação horária, quando observado os principais episódios de desconforto por frio, eles acontecem no período da primeira coleta, às 9 horas da manhã, ou seja, as coletas aconteceram depois de um longo período de escuridão que fez com que chegasse à condição mais fria neste horário.

Diferente do desconforto por calor que acontece às 13 horas. É preciso lembrar que esse horário para atingir temperaturas que chegam a 30 °C teve em torno de 7 horas de exposição, ou seja, a foto registra o momento, porém houve exposição ao sol anteriormente.

Estes episódios de ápices de desconforto por calor configuram no horário anterior, às 9 horas céu aberto no dia 3, o dia com o valor máximo de desconforto registrado. Seguido do dia 4 com céu no período da manhã com escala de nebulosidade inferior a quatro partes do céu coberta por nuvens.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas análises desenvolvidas foi possível constatar uma tendência de maior nebulosidade entre os episódios representativos nos meses de novembro de 2020 e fevereiro de 2021, com marco de céu totalmente encoberto em todos os dados de novembro no período das 17 horas.

Já os registros de julho de 2021 apresentaram uma maior frequência de dias com céu claro ou nuvens altas, sobretudo *cirrus*. Constatou-se baixa variação diária da nebulosidade neste mês, uma vez que pouco mudou o padrão das nuvens nos três períodos de coleta.

A síntese que analisa as situações de desconforto é possível observar uma tendência. O desconforto por calor associa-se com dias de presença de nuvens no céu, sendo elas nuvens baixas como *cumulus*, por exemplo.

Os resultados do desconforto por frio ocorrem incisivamente em todo os episódios registrados em julho, com destaque para os menores valores às 9 horas. Este desconforto horário se justifica no momento que antecede a coleta, pois foi um longo período de escuridão e que vai interferir nesta condição mais baixa da temperatura, e em consequência do conforto térmico. No céu, os dias de desconforto por frio se associaram a céu aberto, sem nuvem ou presença de nuvens altas.

A situação de céu nublado guarda relação ao cenário quente, enquanto o céu aberto, nas situações de inverno, corresponde ao cenário mais frio. Pode-se dizer através dos dados de conforto térmico que há uma propensão para o frio no município de Itapecerica da Serra.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte da dissertação de mestrado da autora principal. A autora é grata à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, sob o número de bolsa 33004129042P3.

Os autores também agradecem a Margarete Cristiane de C. T. Amorim e José Tadeu G. Tommaselli da Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP, Campus Presidente Prudente) por fazerem comentários úteis ao longo deste estudo.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para trópicos**. 12.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BARRY, R. G. CHOERLEY, R. J. Instabilidade atmosférica, formação de nuvens e processos de precipitação. In: BARRY, R. G. CHOERLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Porto Alegra: Bookman. 9 ed. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa, p. 107-142, 2013.

BARRY, R. G. CHOERLEY, R. J. Radiação solar e o balanço de energia global. In: BARRY, R. G. CHOERLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Porto Alegra: Bookman. 9 ed. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa, p. 40-77, 2013.

BRASIL, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Plano municipal específico dos serviços de saneamento básico – Drenagem Urbana**. Município de Itapecerica da Serra UGRHI 6, 2018.

CHM – Centro Hidrológico da Marinha. **Cartas sinóticas**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Último acesso em: 21 de novembro de 2021.

CUSTÓDIO, M. de S. **Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul**: climatologia e monitoramento por satélite. 2007. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

EARTH – **Localização**. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-24.16347726,-45.67708506,428.74447767a,920912.2845389d,35y,0h,0t,0r. Último acesso em 7 de out. de 2022.

ECHER, M. P. de S. MARTINS, F. R. PEREIRA, E. B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 341-352, 2006.

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. n. 13, v. 21, p. 588-612, 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Atlas escolar**. Disponível em: https://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf. Último acesso em: 17 de nov. de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Cidades e Estados**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/itapecerica-da-serra.html. Último acesso em: 19 de ago. de 2023.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de edificações**. Florianópolis, 2023. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%205161%20Aula%202%20-%20Conforto%20termico.pdf. Último acesso em: 01 de mai. de 2023.

LAMBERTS, R. XAVIER, A. A. de P. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis, p. 111, 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4435477/mod_resource/content/1/apostila%20conforto.pdf. Último acesso em: 20 de nov. de 2024.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F de A.; MONTEIRO, C. A. de F. (orgs). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009. Cap.1, p. 9-68.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Atlas internacional das nuvens**. Tradução Roberto de Carvalho Pires Ferrão. Rio de Janeiro, 1961.

PRADELLA, H. L. **A construção do conceito de "tipos de tempo" entre os séculos XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas**. 2014. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

ROSHAN, G. OJI, R. FDEZ-ARR'OYABE, P. Future impact of cloudiness and wind changes on thermal Comfort conditions in the city of Tabriz (Iran) in the frame of climate change. **Elsevier - Sustainable Cities and Society**, n. 77, 2022.

SANT'ANNA NETO, J. L; TOMMASELLI, J. T. G. **O tempo e o clima de Presidente Prudente**. 1.ed Presidente Prudente: FCT/UNESP, p. 75, 2009.

SILVA, V.A.M. **Influência da cobertura do céu na estimativa da radiação solar utilizando modelo digital de elevação.** 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

VENTURI, L. A. B. **Itapecerica da Serra – Ocupação e uso do território**. 2001. Tese de Doutorado em Geografia Física – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

VENTURI, L. A. B. **Retratos de um município**: Itapecerica da Serra. Osasco: Edifieo, p. 148, 2005.

WOLLMANN, C. A; SARTORI, M. da G. B. Variação mensal e sazonal da nebulosidade em Santa Maria, Rio Grande do Sul, no período de 1969 a 2005. **Revista Geografar**. Curitiba, v. 5, n. 2, p. 32-44, jul. /dez. 2010.