



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

JÉSSICA RIBEIRO DO CARMO SANTOS

Mestrado em Geografia

**VARIAÇÃO DIURNA NA NEBULOSIDADE E NO CONFORTO
TÉRMICO EM ITAPECERICA DA SERRA-SP**

Presidente Prudente – SP
Junho de 2023



JÉSSICA RIBEIRO DO CARMO SANTOS

**VARIAÇÃO DIURNA NA NEBULOSIDADE E NO CONFORTO
TÉRMICO EM ITAPECERICA DA SERRA-SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Campus de Presidente Prudente como requisito para a aquisição do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Produção do espaço geográfico.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Jaschke Machado.

Presidente Prudente – SP
Junho de 2023

S237v

Santos, Jéssica Ribeiro do Carmo

Variação diurna na nebulosidade e no conforto térmico em
Itapecerica da Serra-SP / Jéssica Ribeiro do Carmo Santos. --
Presidente Prudente, 2023

108 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Antonio Jaschke Machado

1. Nebulosidade. 2. Conforto térmico. 3. Itapecerica da Serra. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JESSICA RIBEIRO DO CARMO SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 30 dias do mês de junho do ano de 2023, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JESSICA RIBEIRO DO CARMO SANTOS, intitulada **VARIAÇÃO DIURNA NA NEBULOSIDADE E NO CONFORTO TÉRMICO EM ITAPECERICA DA SERRA-SP**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. ANTONIO JASCHKE MACHADO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Profa. Dra MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM (Participação Virtual) do(a) Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente, Profa. Dra. CAMILA RIBOLI RAMPAZZO (Participação Virtual) do(a) Departamento Geografia / Universidade Federal da Grande Dourados. Após a exposição pela mestrande e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: Aprova-
da. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ANTONIO JASCHKE MACHADO

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 33004129042P3.

AGRADECIMENTOS

Por mais solitário que possa parecer o trabalho acadêmico, acredito que toda construção e consolidação de conhecimentos se manifesta de forma coletiva. Quero deixar explícito os meus agradecimentos a todos aqueles que fizeram parte e que de alguma forma contribuíram para esse processo que se inicia na graduação e completa mais de sete anos.

Agradeço, inicialmente, a Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia por toda trajetória acadêmica na graduação e pós-graduação.

A todos os professores do departamento de geografia por todo suporte e compartilhamento de conhecimentos geográficos e de vida durante esses anos. Agradeço aos professores Margarete Cristiane de C. T. Amorim e José Tadeu G. Tommaselli por todas as contribuições no exame de qualificação.

Ao meu orientador Antonio Jaschke Machado, por todos os ensinamentos acadêmicos e pela convivência durante mais de sete anos. Suas palavras contribuíram para o meu conhecimento acadêmico, mas sempre concomitante aos conhecimentos de vida. Soube na sua simplicidade me fortalecer em muitos momentos difíceis, minha total admiração e respeito.

Sou extremamente grata e privilegiada pela família que tenho, todo o suporte emocional e financeiro durante toda a minha vida, fizeram com que eu concretizasse esse passo tão importante. Meus pais Geiza e José que me ensinaram o amor na sua forma mais genuína, que lutaram (e lutam) para me oferecer o melhor sempre. Me apoiaram na loucura de mudar de cidade para estudar e permitiram me tornar quem sou hoje. Não tenho palavras que possam materializar esse sentimento.

Minhas irmãs Carolina e Gabriela que sempre foram uma base sólida para mim, agradeço por todo companheirismo e por aguentarem tantos anos todas as minhas manias de limpeza e organização. Amo vocês.

Ao Irineu que sempre se mostrou solícito a me ajudar, além de sempre demonstrar admiração pelo meu trabalho.

Faço um agradecimento em especial ao Matheus, foi ele quem esteve comigo em todos os momentos dessa caminhada. Foi quem acompanhou de perto todo o meu processo de desenvolvimento acadêmico. Para quem eu enviei o resultado com o número dos classificados para conferir se realmente era o meu. Quem andou

comigo pela cidade em três horários do dia para fazer coletas sem, muitas vezes, entender nenhuma delas. Quem me abraçou todas as vezes em que eu pensei em desistir. Soube me fortalecer quando nem eu acreditava mais, sempre depositando palavras e atitudes de incentivo. Amo você e obrigada por todo apoio sempre, tenho certeza que tenho comigo um verdadeiro companheiro de vida.

Agradeço a Lucia e ao Jorge que foram suporte importante e acompanharam por diversas vezes as minhas noites em claro realizando a pesquisa.

Agradeço a todos os meus familiares que direta ou indiretamente também me fortaleceram para a construção dessa jornada acadêmica. Às minhas tias Edileide, Judilene e Marluce por todo apoio quando foi necessário, meu carinho especial a vocês.

Algumas pessoas fizeram a minha passagem por Presidente Prudente marcante. Nas trocas filosóficas ou irrelevantes no portão da Unesp até fechar, nas lasanhas nos finais de semana ou nas diversas festas universitárias. Aos amigos Silas, Fabiano, Marcos e Renan sou grata por nossos caminhos terem se cruzado. Amizade com bases sinceras foram o meu maior equilíbrio numa cidade desconhecida.

O atletismo na Unesp me trouxe um ganho imensurável, tanto nos benefícios da prática esportiva como de pessoas únicas e que marcaram a minha vida durante a pós graduação. Estela, Maria Julia e Cássia obrigada por estarem comigo da largada a linha de chegada. Obrigada por sempre ouvirem minhas angustias e aflições, carrego a amizade de vocês em um lugar muito especial.

Agradeço a Maria Julia, quem acompanhou e contribuiu de perto com a saga dos aparelhos de coleta, sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento dos campos dessa pesquisa.

Agradeço a Maria Luiza, amiga que a Geografia me trouxe e que se mantém presente em todos os momentos. Obrigada por me incentivar sempre, por me enxergar com olhos de admiração e sempre verbalizar isso.

Agradeço a Marta pela sua amizade e companheirismo.

Agradeço a todos os amigos que de alguma forma fizeram parte dessa trajetória, seja me perguntando sobre o andamento da pesquisa, no interesse sempre esboçado ou até mesmo nas fugas necessárias para simplesmente jogar conversa fora, se fazendo presente a todo momento. Vocês fazem parte dessa

história e sou muito grata por isso, Barbara, Michele, Jaqueline, Natalia, Beatriz, Junior, Priscila, Talita e Caroline.

Com todas as adversidades sou grata por todas as oportunidades que tive e pelas que eu mesma criei na vida e que me fizeram chegar até a concretização da pós graduação. A caminhada até aqui me pareceu uma prova de 800 metro, precisei de força, manter o ritmo, e foi uma corrida muito dolorida. Doeu, assim como correr 800 metros, mas eu persisti e enxergo agora a linha de chegada muito mais próxima.

Sou grata também por todos os esforços que fiz para realizar o objetivo de permanecer em uma universidade pública. Lutei (e luto) diariamente contra o racismo estrutural, sendo uma das poucas mulheres negras a ingressar em uma universidade pública, assim como uma das poucas mulheres negras a ingressar na pós graduação. Tive pouca, ou quase nenhuma, referência de pessoas negras realizando atividades acadêmicas e sendo reconhecidas intelectualmente. Espero que esse cenário mude em um futuro muito próximo.

Por último, gostaria de ressaltar o cenário de realização desta pesquisa. O período pandêmico se deu justamente do início ao fim da minha trajetória na pós-graduação. Com uma semana de aula foi iniciado o primeiro período de quarentena por conta da Covid-19. Agora, a algumas semanas da entrega final (parte escrita), a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou o fim da emergência sanitária global.

*Lute.
Mesmo que sua luta seja a mais vã.
Lute como uma poeta,
Como uma estrangeira num outro
país,
como uma mulher negra,
como alguém que ainda não sabe
bem o que é.
Lute com suas palavras.
Elas são uma arma poderosa,
de transformação,
de mudança.
Então transforme
a si mesma
e o mundo a sua volta.
As palavras são armas, mas não
fazem o sangue jorrar.
Elas coloreem tudo,
como a melanina impregnada em
sua pele,
como o mel que você não pode
esquecer
que existe dentro de você,
apesar de todas as batalhas.*

(Upile Chisala, 2019)

RESUMO

O avanço da ocupação humana nos centros urbanos e em consequência a modificação dos ambientes naturais em ambientes construídos, associado a um planejamento inadequado das cidades, derivou no decorrer dos anos em diversos problemas de origens ambientais e climáticas, resultando sobretudo num desafio para a qualidade de vida das populações. O problema central a ser desenvolvido por este trabalho está em investigar a relação existente entre os elementos nebulosidade e conforto térmico em sua variação diurna na cidade de Itapequerica da Serra/SP. Além de compreender como eles se relacionam com outros elementos como temperatura do ar e da superfície e umidade relativa. Itapequerica da Serra é um dos municípios situados na sub-região sudoeste da Macrometrópole paulista. Os principais elementos deste estudo (nebulosidade e conforto térmico) representam importante relevância para o clima e o planejamento urbano, assim como os elementos secundários temperatura do ar, umidade relativa e temperatura da superfície. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos foram os seguintes: registro fotográfico do céu com *smartphone*, coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa com o aparelho termo-higrômetro, coleta de dados de temperatura da superfície com o termômetro infravermelho. O conforto térmico foi calculado com o índice de temperatura resultante (ITR) de Missenard, e as cartas sinóticas coletadas no *site* da marinha. Os dados foram coletados em três pontos distintos da cidade, um na sequência do outro tendo início no ponto 1 nos horários (9 h, 13 h e 17 h) com variação de 15 minutos entre os demais pontos. Os dados foram coletados em episódios representativos em três períodos do ano, (novembro de 2020, fevereiro de 2021 e julho de 2021). Os resultados indicam tendência de maior nebulosidade nos meses de novembro de 2020 e fevereiro de 2021 e de menor nebulosidade em julho de 2021. Acerca do conforto térmico foi possível observar maior desconforto por frio no mês de julho 2021, sobretudo no período da manhã (9 h). O desconforto por calor foi marcante no mês de fevereiro de 2021 no início da tarde (13 h). A relação de ambos os elementos indicou que a presença de nuvens interfere no conforto térmico, em que 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: Nebulosidade; Conforto térmico; Itapequerica da Serra;

ABSTRACT

The advance of human occupation in urban centers and, consequently, the modification of natural environments into built environments, associated with inadequate planning of cities, has resulted over the years in various problems of environmental and climatic origins, resulting above all in a challenge to the quality of populations' lives. The central problem to be developed by this work is to investigate the relationship between the elements cloudiness and thermal comfort in its diurnal variation in the city of Itapecerica da Serra/SP. In addition to understanding how they relate to other elements such as air and surface temperature and relative humidity. Itapecerica da Serra is one of the municipalities located in the southwest sub-region of the Macrometropolis of São Paulo. The main elements of this study (cloudiness and thermal comfort) represent important relevance for the climate and urban planning, as well as the secondary elements air temperature, relative humidity and surface temperature. The methodological procedures developed were the following: photographic recording of the sky with a smartphone, collection of air temperature and relative humidity data with a thermo-hygrometer device, collection of surface temperature data with an infrared thermometer. Thermal comfort was calculated using the Missenard Resultant Temperature Index (ITR) and synoptic charts collected from the Navy website. Data were collected at three different points in the city, one following the other starting at point 1 at times (9:00, 13:00 and 17:00) with a 15-minute variation between the other points. Data were collected in representative episodes in three periods of the year (November 2020, February 2021 and July 2021). The results indicate a trend towards greater cloudiness in November 2020 and February 2021 and less cloudiness in July 2021. Regarding thermal comfort, it was possible to observe greater discomfort due to cold in July 2021, especially in the morning (9 H). The heat discomfort was marked in the month of February 2021 in the early afternoon (1 pm). The relationship of both elements indicated that the presence of clouds interferes with thermal comfort, in which in the maximum situations of discomfort due to heat 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 clear skies or high clouds.

Keywords: Cloudiness; Thermal comfort; Itapecerica da Serra;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Itapecerica da Serra	29
Figura 2: Gráficos de temperatura média e precipitação acumulada (1961-1990) da estação cooperativa agricultura de Cotia (83760)	32
Figura 3: Série temporal média da taxa de precipitação diária de 2000 a 2020	33
Figura 4: Espacialização do entorno próximo aos pontos de coleta	39
Figura 5: Distribuição dos pontos de coleta de dados em Itapecerica da Serra	40
Figura 6: Termômetro infravermelho (a); termo-higrômetro (b) e termo anemômetro (c)	44
Figura 7: Balanço de energia na camada limite	49
Figura 8: Classificação das nuvens	51
Figura 9: Evolução diurna da nebulosidade em novembro de 2020	59
Figura 10: Evolução diurna da nebulosidade em fevereiro de 2021	60
Figura 11: Evolução diurna da nebulosidade em julho de 2021	62
Figura 12: Fração total de nebulosidade na coordenada geográfica de Itapecerica da Serra/SP	64
Figura 13: Normal climatológica de nebulosidade do Mirante Santana/SP	65
Figura 14: Temperatura do ar e umidade relativa em novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	67
Figura 15: Temperatura do ar e umidade relativa em fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	71
Figura 16: Temperatura do ar e umidade relativa em julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	75
Figura 17: Temperatura da superfície em novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	81
Figura 18: Temperatura da superfície em fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	83

Figura 19: Temperatura da superfície em julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	85
Figura 20: Conforto térmico novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	88
Figura 21: Conforto térmico fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	90
Figura 22: Conforto térmico julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c)	92
Figura 23: Síntese do desconforto por calor	96
Figura 24: Síntese do desconforto por frio	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População (1950-2010) do Estado de São Paulo, da RMSP e de Itapequerica da Serra	35
Tabela 2: Estimativa em percentual do material predominante na superfície próxima aos pontos de coleta	42
Tabela 3: Classes de conforto térmico aplicado aos índices de temperatura resultante (ITR)	46
Tabela 4: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, novembro de 2020	69
Tabela 5: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, novembro de 2020	69
Tabela 6: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, fevereiro de 2021	72
Tabela 7: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, fevereiro de 2021	73
Tabela 8: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, julho de 2021	77
Tabela 9: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, julho de 2021	77
Tabela 10: Média do recorte temporal e horário da temperatura do ar (°C)	78
Tabela 11: Média do recorte temporal e horário da umidade relativa (%)	79
Tabela 12: Desvio Padrão do conforto térmico às 9 h, 13 h e 17 h	93
Tabela 13: Conforto térmico mês de novembro às 9 h, 13 h e 17 h	94
Tabela 14: Conforto térmico mês de fevereiro às 9 h, 13 h e 17 h	94
Tabela 15: Conforto térmico mês de julho às 9 h, 13 h e 17 h	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização dos pontos de coleta	38
--	----

LISTA DE SIGLAS

Ac – Altocumulus

As – Altostratus

Cb – Cumulonimbus

Cc - Cirrocumulus

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CHM – Centro de Hidrografia da Marinha

Ci – Cirrus

Cs – Cirrostratus

CT – Conforto Térmico

Cu – Cumulus

Cwa – Clima Tropical de Altitude

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo

FCT – Faculdade de Ciência e Tecnologia

H – Horas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IAG/USP – Instituto de astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ITR – Índice de Temperatura Resultante

MM – Milímetros

Nasa – National Aeronautics and Space Administration. Tradução: Administração Nacional, Aeronáutica e Espacial.

Ns - Nimbostratus

OMM – Organização Meteorológica Mundial

OMS – Organização Mundial da Saúde

PET – Temperatura Equivalente Fisiológica

PIB – Produto Interno Bruto

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

Sc – Stratocumulus

SCU – Sistema Clima Urbano

SRSOMP – Sub-Região Sudoeste da Macrometrópole Paulista

St - Stratus

Tar – Temperatura do Ar

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

TR – Temperatura Resultante

TS – Temperatura da superfície

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UR – Umidade Relativa

UTCI – Índice de Conforto Térmico Universal

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	19
2. INTRODUÇÃO	20
3. OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo geral	25
3.2 Objetivos específicos	25
4. CARACTERIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO	26
4.1 História do município	26
4.2 Aspectos físicos-geográficos	29
4.3 Economia e aspectos demográficos	34
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
5.1 Coleta de dados	37
5.2 Observação da nebulosidade	41
5.3 Temperatura do ar e da superfície, umidade relativa e carta sinótica	42
5.4 Estimativa do conforto térmico	44
6. NEBULOSIDADE E CONFORTO TÉRMICO	47
7. EVOLUÇÃO DIURNA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS	58
7.1 Evolução diurna da nebulosidade	58
7.2 Evolução diurna e variabilidade do recorte temporal da atmosfera	65
7.3 Evolução diurna da temperatura da superfície	80
7.4 Evolução diurna do índice de conforto térmico	86
8. CONFORTO TÉRMICO E NEBULOSIDADE EM ITAPECERICA DA SERRA/SP	95
CONSIDERAÇÕES	101
REFERÊNCIAS	104

1. APRESENTAÇÃO

Durante as experiências de extensão e iniciação científica nos anos de graduação, despertei grande interesse em um estudo voltado para o município de Itapeacerica da Serra/SP. Diversos fatores e inquietações contribuíram com esse grande desejo. A vivência de muitos anos no município e a percepção de sua inserção em uma área de mananciais e de relevo acentuado fez emergir tal interesse. Concomitantemente, investigar futuramente possível distinção do padrão de nuvens com estudo já realizado no oeste do Estado de São Paulo em Presidente Prudente.

A questão central surge, inicialmente, do interesse genuíno de observação visual, junto do apreço por registros fotográficos de paisagens diversas. Desse conjunto, e da experiência anterior na estação meteorológica, inicia-se a ideia de estudo observacional da nebulosidade. Os demais elementos foram pensando e adicionados posteriormente por conterem relações diretas e indiretas com a nebulosidade e o conforto térmico.

O estudo da nebulosidade me inquieta na subjetividade de como se dá sua observação, uma vez que, mesmo seguindo os parâmetros estabelecidos, ela pode ser subjetiva conforme o observador. Além de ser um dado que não está diretamente apresentado nas estações automáticas, maioria no cenário atual, e é através delas que se calcula a radiação solar e em consequência a nebulosidade.

Por último, gostaria de ressaltar o cenário de realização desta pesquisa. O período pandêmico se deu justamente do início ao fim da minha trajetória na pós-graduação. Com uma semana de aula foi iniciado o primeiro período de quarentena por conta da Covid-19. Agora, a algumas semanas da entrega final, a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou o fim da emergência sanitária global.

2. INTRODUÇÃO

A área do conhecimento que este estudo está situado é a climatologia. A climatologia consiste no estudo científico do clima. O elemento climático é uma grandeza que caracteriza o estado da atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). A espacialização deste estudo acontece no meio urbano, ou seja, o espaço urbano é o local em que os dados e análises foram realizadas.

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.

O clima é também responsável pelas transformações dentro do espaço urbano, tanto na produção do próprio clima urbano como na forma como os espaços urbanos são construídos, compreender sua dinâmica é importante para caracterizá-lo. Segundo Amorim (2012, p. 52) “o clima urbano resulta da interferência dos fatores que se processam na cidade e que agem no sentido de alterar a atmosfera na escala local”.

Landsberg (2006) salienta algumas das causas básicas para as mudanças no clima local em decorrência do processo de urbanização. Essas mudanças, segundo o autor podem ser percebidas na alteração na superfície natural por concreto, tijolos e outros materiais característicos do espaço urbano. Outros exemplos são o calor produzido pela própria cidade, tanto no que concerne o metabolismo humano como os produzidos pelas indústrias e a alteração da composição atmosférica, ou seja, a poluição. Lima (2013, p. 267) sintetizou o efeito da urbanização na transformação da paisagem natural:

As cidades constituem a forma mais radical de transformação da paisagem natural. Seus impactos não se limitam a mudar a morfologia do terreno no qual se inserem, modificam, também, as condições ambientais e climáticas, gerando, assim, um espaço eminentemente antropizado, no qual a atuação do homem se manifesta direta ou indiretamente e cujos resultados mais significativos são a degradação ambiental e a geração de um clima específico nos centros urbanos.

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, por exemplo (MONTEIRO, 1976).

O estudo do clima urbano, como aponta Ugeda Junior (2011, p. 52) tem como preocupação “o planejamento urbano, de modo que, ao se conhecer mais detalhadamente o clima de determinado espaço urbano, se torne possível a construção de processos de planejamentos adequados a realidade ambiental local”. Ou seja, conhecer especificamente o clima de uma determinada área urbanizada acarreta construção de mecanismos que contribuam para o planejamento adequado deste local.

Monteiro (1976) em sua obra apresenta um novo modelo teórico-metodológico que ganhou destaque para os estudos do clima urbano, o Sistema Clima Urbano (SCU). Com influência da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanfy, se consolida esta nova metodologia que vem sendo estudado até os dias atuais.

Para os estudos do SCU, Monteiro (2009, p. 24) numa perspectiva sistêmica adotou um modelo de subsistemas atrelados aos canais de percepção humana, em que “o homem deve constituir sempre o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos”. Os canais de percepção humana são: conforto térmico, qualidade do ar e impactos meteóricos. A partir desses canais foram desenvolvidos os subsistemas, termodinâmico, físico-químico e hidrometeórico. Neste estudo, dois dos canais de percepção humana estão presentes de forma marcante, o conforto térmico e os impactos meteóricos.

Amorim (2013, p. 191) aponta a perspectiva sistêmica do clima urbano que “permite entender as ações humanas no comportamento do clima, sem que se percam de vista as escalas que o organizam”.

Segundo Sant’Anna Neto (2013, p. 75) “das escalas globais às locais, tanto os processos físico-naturais quanto os de origem socioeconômicos interferem e/ou determinam as características por meio das quais o clima se articula ao espaço geográfico”. Podemos pensar então duas perspectivas das escalas. As escalas cartográficas, que estão relacionadas a representação plana, e as escalas geográficas, que possuem ordem de grandeza espacial (extensão) e temporal (duração).

As escalas do clima não devem ser entendidas apenas como as dimensões espaciais ou temporais nas quais os elementos climáticos

se manifestam, mas, sim, como processos dinâmicos dotados de atributos altamente sensíveis aos ritmos, variações e alterações de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que de alguma forma exercem, ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático. Incluindo-se também, as interferências de origem antrópica e socioespacial (SANT'ANNA NETO, 2013, p. 75).

Ainda com Sant'Anna Neto (2013, p. 80-83) é possível identificar as escalas climáticas em: global ou zonal, sendo a maior das unidades climáticas os processos atmosféricos são de grande escala e “produzem padrões climáticos que abrangem todo o planeta”. A regional é uma unidade intermediária entre as grandezas superiores e inferiores “que resultam de uma combinação dinâmica e processos atmosféricos, tanto da ação da circulação geral, quanto da circulação secundária”.

As escalas locais do clima apresentam subdivisões em mesoclimas, topoclimas e microclimas (MONTEIRO, 2009). Nessas dimensões as interações são cada vez mais complexas, para Sant'Anna Neto (2013, p. 86) “na medida em que a especialização dos espaços naturais, transformados e/ou produzidos, submete-se a dinâmicas e ciclos temporais em velocidades variadas”. O desenvolvimento deste estudo enquadra-se na escala geográfica do clima local.

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 tão antigo quanto a curiosidade do homem a respeito de seu meio ambiente”, uma vez que as condições atmosféricas apresentam junto de outras variantes importante influência sobre as atividades humanas.

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.

Os dados de cobertura das nuvens possuem importância significativa para o estudo do clima, pois como aponta Echer *et al.* (2006, p. 342) “dentre os

componentes da atmosfera, a cobertura das nuvens é o principal agente nos processos de absorção e espalhamento da luz solar que incide sobre a Terra, seguido pelos gases e pelos aerossóis”.

O conhecimento acerca da nebulosidade possui relevância para muitas áreas da sociedade. Compreender sua dinâmica pode representar importância para a construção civil, arquitetura, e agricultura, por exemplo. A nebulosidade, além de se relacionar com outros diferentes elementos, como o conforto térmico, guarda grande importância na análise do *feedback* climático¹.

O estudo do clima urbano contribui no melhor entendimento das dinâmicas locais e colaboram para um melhor planejamento das áreas urbanizadas e por esses aspectos possuem importância de estudo. Destaca-se então a importância deste estudo para o entendimento do clima urbano em Itapequerica da Serra.

A migração humana para áreas urbanizadas tem acarretado ao longo dos anos diversas problemáticas de cunho ambiental e climático. Essa influência antrópica, sobretudo nos diferentes materiais construtivos, os quais podemos pensar os edifícios, as ruas, que em sua grande maioria são impermeabilizadas. Esses materiais incorporados ao ambiente urbano trazem junto deles questões que envolvem o conforto térmico humano.

O estudo do conforto térmico torna-se importante dentro dos estudos do clima urbano, uma vez que com o entendimento sobre esse elemento é possível trabalhar em um planejamento eficiente para os centros urbanos, como para as atividades que acontecem neles.

O problema central a ser desenvolvido por este trabalho é a investigação da relação existente entre os elementos nebulosidade e conforto térmico em sua variação diurna na cidade de Itapequerica da Serra/SP. Além de compreender como eles se relacionam com outros elementos como temperatura do ar e da superfície e umidade relativa.

O município selecionado para a realização desta pesquisa é Itapequerica da Serra localizado no estado de São Paulo. A escolha do município para o desenvolvimento do estudo se deu por alguns aspectos, os principais foram:

¹ Segundo Wallace e Hobbs (2006, p.445-450) *Feedback* climático é a soma dos fatores que determinam a sensibilidade climática. Ou seja, é a soma dos fatores capazes de mudar o estado de equilíbrio de um determinado clima. Os principais *feedbacks* climáticos seriam: vapor d'água, nuvens, albedo do gelo e o dióxido de carbono. Entende-se *feedbacks* climáticos como retroalimentação climática.

localização na região metropolitana de São Paulo, características de relevo acentuado e cidade natal da autora.

Os registros utilizados para posterior análise nesta pesquisa são, registros coletados pela autora em campo (nebulosidade, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura da superfície), bem como dados secundários (cartas sinóticas e dados de estações meteorológicas).

O recorte temporal selecionado se divide em episódios representativos no modelo de duas estações, o período chuvoso com novembro e fevereiro, sendo o primeiro referente ao início do período chuvoso e o segundo a fase final do período de chuvas. O outro período na estação seca no mês de julho, típico de estiagem e céu claro.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo consistiu em estabelecer relações entre a variação diurna na nebulosidade e no conforto térmico na cidade de Itapequerica da Serra/SP, nos períodos de 9 a 13 de novembro de 2020, de 1 a 5 de fevereiro de 2021 e 12 a 16 de julho de 2021.

3.2 Objetivos específicos

- a- Identificar o padrão horário e dos episódios representativos no período chuvoso e seco da nebulosidade em Itapequerica da Serra.
- b- Compreender os padrões de variação diurna na temperatura do ar e na umidade relativa ao longo das horas do dia nos diferentes episódios de coleta, além de análise comparativa entre os dias.
- c- Analisar a temperatura da superfície nos diferentes usos do solo urbano.
- d- Relacionar a nebulosidade e os sistemas atmosféricos atuantes ao conforto térmico na dinâmica climática urbana em Itapequerica da Serra.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 História do Município

Itapecerica da Serra é um dos 39 municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), uma das maiores manchas urbanas do nosso planeta. O município está localizado na sub-região sudoeste da RMSP e tem como limites administrativos Embu das Artes e Taboão da Serra ao norte, São Lourenço da Serra e Embu Guaçu ao sul, Cotia a oeste e São Paulo a leste.

A história de Itapecerica da Serra possui duas versões encontradas. Uma em meados de 1562 e a outra por volta do ano de 1689. Segundo Salomão (2006, p. 456) a primeira versão indica que através da força de um levante armado que resultou no ataque ao colégio de Piratininga pelos índios, “os padres da Companhia de Jesus viram-se na contingência de fazer instalar uma defesa avançada através da criação de núcleos de indígenas catequizados em pontos estratégicos para a melhor defesa do planalto”. Em seguida, por volta de agosto e setembro deste mesmo ano, Carapicuíba, Embu, Itapecerica, receberam postos avançados.

A segunda versão, datada de 1689, possui maior aceitação, uma vez que se apoia em fundamentação documental histórica (VENTURI, 2001). Houve no decorrer dos anos uma busca baseada em pesquisa documental realizada pelo historiador José Silveira da Motta. Tendo descoberto que a afirmação da origem de Itapecerica da Serra datada 1562 pelo coronel Luiz Tenório de Brito foi baseada apenas em deduções.

Atualmente todas as afirmações sobre a história de Itapecerica concordam que o nome da localidade só aparece no século XVII pela primeira vez nos escritos do padre Manoel da Fonseca de 1752, intitulado ‘*A vida do venerável padre Belchior de Pontes*’, que relata a vida do religioso jesuíta natural da região de Itapecerica. Esta revisão histórica demonstrou como correta a versão de que o aldeamento foi organizado pelos jesuítas no século XVII, possivelmente por volta do ano de 1689, em terras que abriam para o sertão, atrasando em 127 anos o aparecimento da cidade (SALOMÃO, 2006, p. 456).

O que se pode afirmar no que tange à origem do município é de que independente do período, segundo Venturi, (2001, p. 41), “é consensual, o fato de os jesuítas terem fundado importantes aldeamentos a partir do atual bairro de Pinheiros da capital paulista em direção à Carapicuíba, Cotia, M'boi (Embu) e Itapecerica, abrindo espaço para a colonização branca”.

A palavra Itapecerica, como aponta Corrêa (1999, p. 33) é de “origem tupi e significa: Monte granítico, de encostas lisas e escorregadias”. Na história conta-se que haviam dois indígenas que passavam por um afloramento granítico (localizado na Rua Henrique Soter Fernandes), um deles escorregou e disse Ita (pedra) em seguida o outro completou com Pecerica (lisa), dando origem ao nome da cidade. Por conta da origem indígena, inicialmente, a grafia era representada como Ytapycirica, (FONSECA, 2012, p. 14).

Ao descrever a história do município, pode-se estabelecer uma divisão baseada em três grandes momentos. O primeiro período compreende a fundação do aldeamento indígena até o ano de 1759. A segunda fase está vinculada à expulsão dos jesuítas até o início do século XIX. E o terceiro momento compreende a chegada de colonos alemães até os dias atuais.

Segundo Carnicelli (2007, p. 125) Itapecerica possuía em 1689 por volta de 900 indígenas. Um fato constatado neste período, é de que esse espaço não teria sido apropriado por colonos europeus até 1689, já que devastar a mata e abrir grandes clareiras, seja com fogo ou machados, eram os primeiros passos desses colonizadores. Constatava-se na época que a terra era considerada virgem dessas interferências europeias (CORRÊA, 1999, p. 45).

Durante essa primeira fase, como aponta Venturi (2001, p. 41) “Itapecerica era uma das várias colônias que pertenciam à ordem jesuítica, sendo, portanto, administrada diretamente pelos reitores do Colégio de Piratininga”. Nesse sentido, a função estabelecida para os aldeamentos era de gerar matéria-prima e alimentos para o Colégio.

Itapecerica começou como uma simples choça para moradia de padres, estabelecida numa pequena área em extensão, se comparando a outras fazendas jesuíticas, segundo Machado de Oliveira, já era residência cômoda e ampla. Fato é que, apesar de sua origem vincular-se à tentativa de desorganização do aldeamento de Carapicuíba, já à época de Belchior de Pontos Itapecerica se firma como um aldeamento independente, ainda que estivesse interligado em sua administração religiosa e função Carapicuíba e a Mboy (...) (CORRÊA, 1999, p. 48).

A próxima fase da história de Itapecerica da Serra está associada à expulsão dos jesuítas, como aponta Fonseca (2012, p. 14) “com a decadência dos aldeamentos jesuíticos”, segundo Venturi (2001, p. 41) “um grande número de

famílias com seus indígenas forros e escravos migraram para as Minas Gerais e Goiás”.

Em 1798 os índios haviam sido declarados vassalos livres. Abandonados à própria sorte, os índios libertos eram discriminados até como mão de obra. Com os aldeamentos desestruturados e com características físico-geográficas de relevo fortemente dissecado, o que, ao contrário de Cotia, não era favorável às atividades agrícolas, Itapecerica atravessou um período de isolamento. Décadas mais tarde, a chegada dos imigrantes alemães representou uma tentativa de reverter esse quadro (VENTURI, 2001, p. 42).

Em meados de 1802 a questão da terra se tornou um marco para a história do município, uma vez que as aldeias ocupavam terras produtivas e não desenvolviam lavouras comerciais. Corrêa (1999, p. 38) aponta que “a história do aldeamento de Itapecerica ilustra tristemente essa constatação, pois ele é extinto quando o Estado deixa de querer o indígena para querer unicamente as terras”.

A partir de então é iniciada a terceira fase dessa história. No ano de 1827 a emigração alemã é transformada em colônia em Itapecerica. Segundo Carnicelli (2007, p. 125) “a chegada dos alemães pode ser considerada um marco de desenvolvimento para a região. Na mesma época Itapecerica é rasgada com a construção da estrada de Ferro Sorocabana, ramal Mairinque - Santos”.

A fase após o ano de 1828 é entendida como um período de recolonização, a qual contribuiu para a história que se sucedeu até os tempos atuais. Venturi (2001, p. 43) apresenta que “o antigo aldeamento foi então transformado em colônia ocupada por imigrantes alemães. Mas estes colonos europeus não se adaptaram às características paisagísticas de Itapecerica, com matas cerradas e relevo dissecado”. O que ocasionou um maior deslocamento para Santo Amaro, localizada ao sul da cidade de São Paulo.

No período de 1841 a 1877 Itapecerica recebe o título de freguesia e em seguida de vila, respectivamente (CARNICELLI, 2007, p. 125). A categoria de freguesia foi atribuída a partir da Lei Provincial número 12. Itapecerica foi elevada à vila pela Lei Provincial número 33, o que ocasionou a separação da relação com a vila de Santo Amaro e em consequência sua emancipação política e administrativa (VENTURI, 2001, p. 43).

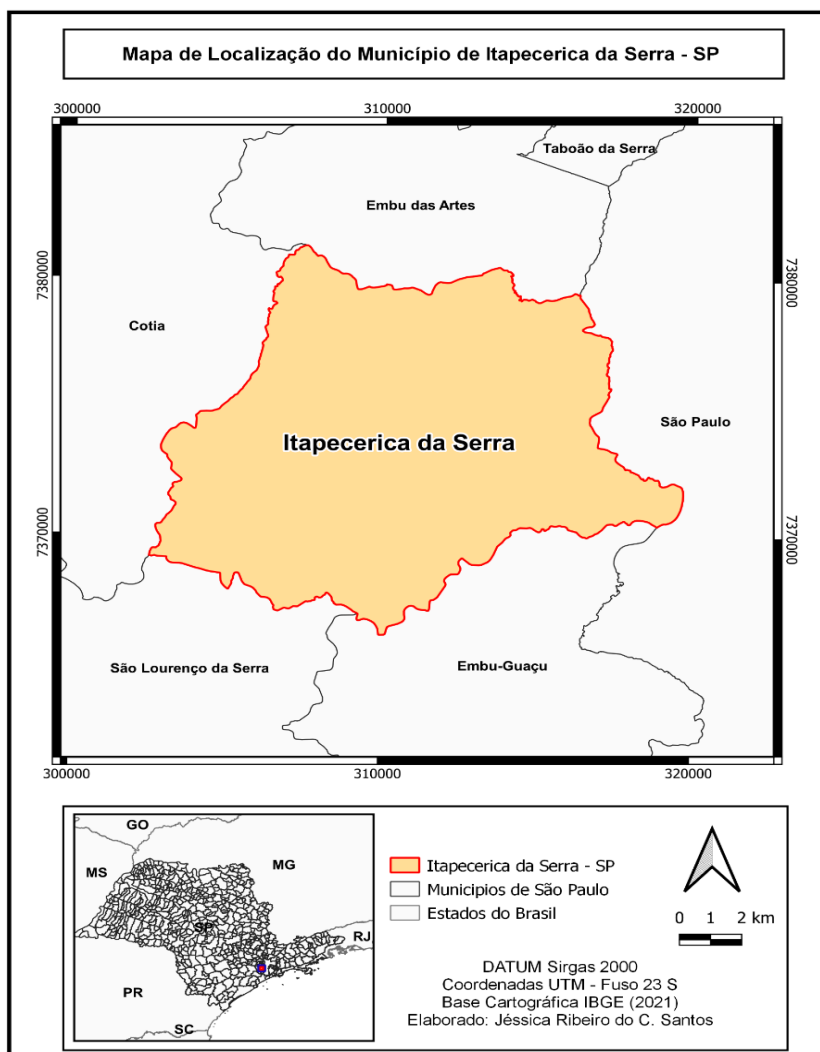
Segundo Carnicelli (2007, p. 125) a primeira câmara municipal foi instalada em 1877 e em 1906 Itapecerica tornou-se uma cidade. No ano de 1944 a cidade passou de Itapecerica a Itapecerica da Serra, o acréscimo de “da Serra” aconteceu

com o intuito de diferenciá-la do município homônimo localizado no Estado de Minas Gerais. Este segundo nome inserido, de acordo com Venturi (2001, p. 42), diz respeito à geografia do município, inserido em uma unidade de relevo serrano. “No geral, as serras do sudeste têm um embasamento granítico ou gnáissico e em Itapecerica não é diferente”.

4.2 Aspectos físicos-geográficos

Itapecerica da Serra (Figura 1), 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). A distância em linha reta de Itapecerica da Serra para oceano, segundo o *Google Maps*, está em torno de 50 quilômetros.

Figura 1: Mapa de localização do município de Itapecerica da Serra.



Venturi (2001, p. 48) aponto 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 autor continua e apresenta que tais estruturas cristalinas “foram arrasadas por sucessivas fases erosivas ao longo de centenas de milhões de anos e hoje apresentam altitudes máximas em torno de 1000 metros. Porém, a despeito de processos erosivos tão intensos, as formas serranas foram preservadas (...)”. Na literatura mais atual, “Itapecerica faz parte de um conjunto de dobramentos e falhas que caracterizam uma unidade de relevo regional denominada de *Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste*”.

As características de relevo no município são marcantes como aponta Carnicelli (2007, p. 122) “seu relevo bastante acidentado é característico da formação da Serra de Paranapiacaba do reverso da Serra do Mar. Seus vales são banhados por inundações de pequenos rios como, por exemplo, o Rio Embu Mirim”.

Sobre os solos do município, Venturi (2001, p. 49) aponta:

Sob um clima úmido, as rochas cristalinas, granitos associados a gnaisses, sofrem intensa meteorização química. A alteração química das rochas pelo processo de hidrólise, basicamente, resulta em solos profundos. A preponderância do intemperismo químico sobre o intemperismo físico sobre as rochas explica, além dos solos bem desenvolvidos, a intensa transformação dos feldspatos em argilas, como o caulim, por exemplo, mineral bastante explorado não só em Itapecerica como em toda a bacia do Guarapiranga.

Duas leis são marcantes para a história de Itapecerica da Serra. A lei n. 1.172/76 de proteção de mananciais paulista, uma vez que o município tem toda a sua área de mananciais. E a lei estadual número 12.233 acerca da área de proteção e recuperação dos mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga (FONSECA, 2012). O município está na Sub-Bacia do Cotia-Guarapiranga, com sistema de drenagem natural do município composto, sobretudo, pelo Rio Embu-Mirim (BRASIL, 2018).

A rede hidrográfica, embora densa, é composta de pequenos canais fluviais de mais ou menos 2 metros de largura. Com essas dimensões, os rios deveriam ser classificados como córregos, de acordo com Guerra (1997). O rio Embu Mirim percorre 30km de suas nascentes até a represa do Guarapiranga e sua bacia banha a maior

parte do território municipal. Com um débito fluvial anual médio em torno de 4 m³/segundo, este rio contribui com cerca de 36 % da afluência de água no reservatório do Guarapiranga (VENTURI, 2001, p. 48).

O IBGE (2022), aponta que o bioma de Itapequerica da Serra é Mata Atlântica e a arborização das vias públicas em 2010 era de 67,8 %. Nesse sentido, o município, segundo Venturi (2005, p. 17) “vive o paradoxo de estar situado no mais rico domínio paisagístico e, ao mesmo tempo, fazer parte de um dos mais importantes aglomerados humanos da Terra” a Região Metropolitana de São Paulo.

Ainda hoje é possível encontrar, importantes reservas de mata atlântica em vertentes acentuadas em meio a áreas urbanizadas. Os solos são bem desenvolvidos, junto a característica úmida do local auxiliam no desenvolvimento de uma vegetação densa formada por mata atlântica com espécies vegetais típicas de altitudes maiores, como as araucárias (VENTURI, 2001).

A secretaria de saneamento e recursos hídricos (BRASIL, 2018, p. 18) apresenta que “em Itapequerica da Serra, dos 13.600 ha de superfície de cobertura original, restam apenas 412 hectares preenchidos por mata e 5.638 hectares por vegetação não classificada, totalizando 6.050 hectares, correspondendo a 44,48 % da superfície total do município”.

Dubreuil *et al.* (2018) define os tipos de climas anuais no Brasil a partir da classificação de Koppen (1961-2015). A partir do estudo é possível classificar Itapequerica da Serra em Cfa, clima temperado, sem estação seca e verão quente.

O Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI), aponta que Itapequerica 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).

Os gráficos climatológicos de precipitação acumulada e temperatura média (Figura 2) coletados no *site* no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre os anos de 1961-1990 correspondem à estação cooperativa agrícola de Cotia, situada na borda sudoeste da RMSP. A escolha por esta série temporal aconteceu por ser o único período disponível na plataforma.

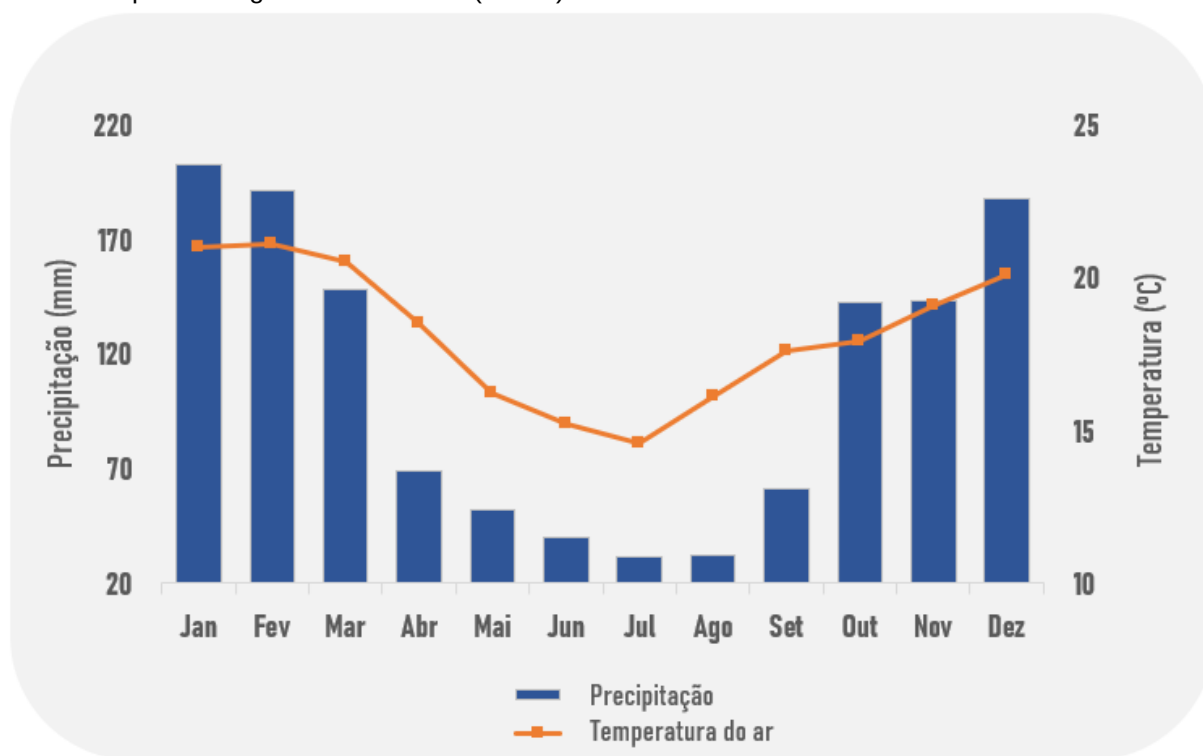
Foram utilizados dados da estação da cooperativa de Cotia, já que não há dados de normais climatológicas disponíveis sobre o município de Itapequerica da

Serra na plataforma *online* do INMET e os municípios se encontram nos limites administrativos.

Os meses de janeiro e julho representam o maior e o menor valor, respectivamente, de precipitação acumulada. Ou seja, o mês com o maior volume de chuvas é janeiro com 202,4 mm e o menor julho com 31,8 mm. A temperatura média também tem esses dois meses com os traços mais marcantes, janeiro com 21 °C e julho com 14,6 °C.

Os dados coletados de temperatura média e precipitação acumulada são de 1961-1990. Não foram encontrados dados mais recentes da estação da cooperativa de agricultura de Cotia, pois a mesma funcionou apenas dentro desse período e foi umas estações desativadas pela INMET na região metropolitana. A estação se encontrava em uma altitude de 838 metros.

Figura 2: Gráficos de temperatura média e precipitação acumulada (1961-1990) da estação cooperativa agricultura de Cotia (83760).



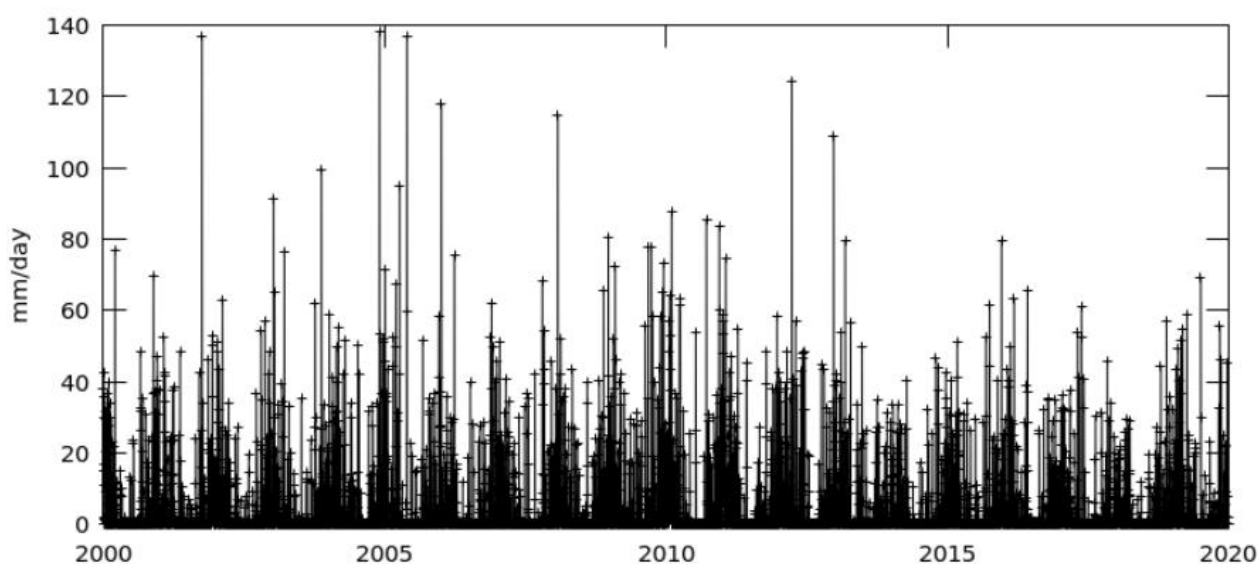
Fonte: INMET e organizado pela autora.

Acerca da caracterização da precipitação em Itapecerica da Serra, foi utilizado os dados disponíveis da plataforma *Giovanni Nasa*². O período de análise tem como referência o ano de 2000 a 2020. Esse período foi selecionado por ser o limite possível de dados disponíveis na plataforma. Foram utilizadas as coordenadas geográficas do município de estudo. Segundo a plataforma, a cobertura espacial é de -180, 0; -60, 0; 180, 0; 60, 0, a resolução espacial de 0,25° x 0,25° e escala temporal diária.

A figura 3 apresenta que, segundo o *Giovanni Nasa* (2015), “este produto diário de precipitação acumulada é gerado a partir da análise de precipitação multisatélite TRMM quase em tempo real de 3 horas TMPA (3B42RT)”. O resultado é apresentado em milímetros (mm).

Sobre a precipitação em Itapecerica da Serra é possível observar picos de precipitação diária superiores a 80 mm/dia nos anos de 2002, 2003, 2004, 2005, 2008, 2010, 2011 e 2012. Com marco considerável no ano de 2005. Há também uma tendência de diminuição de milímetros de precipitação diária no período de análise a partir de meados de 2013, em que não há mais registros superiores a 80 mm/dia. A precipitação diária em milímetros variou de 0 a 140 de 2000 a 2020.

Figura 3: Série temporal média da taxa de precipitação diária de 2000 a 2020.



Fonte: *Giovanni Nasa*

² National Aeronautics and Space Administration. Tradução: Administração Nacional, Aeronáutica e Espacial.

4.3 Economia e aspectos demográficos

No decorrer da história do município algumas atividades econômicas representaram significativa importância. Além de outros movimentos atrelados ao desenvolvimento de Itapecerica da Serra no decorrer dos anos. Algumas dessas atividades conduziram situações que afetam até hoje o cenário itapecericano.

A partir da década de 1940 a produção de carvão vegetal se tornou a atividade econômica em destaque. Porém, em contrapartida, a esse desenvolvimento, o ramo gerou uma crescente aceleração do desmatamento desta região. Uma consequência considerada assertiva, foi a influência das carvoeiras no transporte, com a alta do fluxo de caminhões houve melhorias no acesso as vias e na criação de novas outras (VENTURI, 2001, p. 44).

Segundo o mesmo autor, outras duas importantes atividades fizeram parte do cenário de desenvolvimento dessa região, as olarias e atividades mineradoras. Assim como os sítios de recreio, multiplicaram-se por volta da década de 1940. Em 1947 foi criada uma cooperativa agrícola, mesmo o município não apresentando potencial para essa atividade.

No fim da década de 1950 foi criada a Comarca de Itapecerica da Serra, com os municípios de Embu, Embu-Guaçu, Taboão da Serra e Juquitiba, que foram posteriormente desmembrados de Itapecerica da Serra. Nesta mesma data é possível constatar que a subsistência do município era mantida por pequenas criações de animais (CARNICELLI, 2007).

A partir dos anos 60 do século XX, a instalação de um polo industrial em Santo Amaro influenciou decisivamente na evolução demográfica ao sul da Região Metropolitana de São Paulo e, conseqüentemente, em um segundo momento, do município de Itapecerica da Serra (...). A grande pressão demográfica associada à especulação imobiliária começou a avançar atingindo a área municipal de Itapecerica, de início margeando as principais vias de acesso, mas espalhando-se a partir daí. Na década de 70, a criação de uma rigorosa legislação ambiental que regulamentava a ocupação de áreas de mananciais, onde Itapecerica está situada, também foi um fator de grande influência na ocupação do município (VENTURI, 2001, p. 47).

Itapecerica da Serra, a partir da perspectiva populacional, é considerada um município de médio porte. A sua população, contabilizada no último censo (2022),

corresponde a 158.522 habitantes. Com extensão territorial de 150,74km² possui densidade demográfica de 1.051,61 habitantes/km² (IBGE, 2022).

A evolução temporal da população de Itapecerica com relação a RMSP e ao Estado de São Paulo entre os anos de 1950 a 2010 se deu da seguinte maneira (Tabela 1). No que concerne a dinâmica da evolução populacional, Itapecerica da Serra apresenta uma taxa geométrica de crescimento anual de 1,10 % ao ano (2010-2017), valor este, superior às médias da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) de 0,75 % a.a. assim como do Estado, com 0,83 % a.a. Com uma taxa de urbanização de 99,17 %, o município de Itapecerica da Serra apresenta índice superior ao da RMSP, de 98,89 % e ao do Estado, de 96,37 % (BRASIL, 2018).

Tabela 1: População (1950-2010) do Estado de São Paulo, da RMSP e de Itapecerica da Serra.

ANO	Estado de São Paulo	Região Metropolitana de SP	Itapecerica da Serra	Frações percentuais: Itapecerica da Serra - Estado de SP	Frações percentuais: Itapecerica da Serra - RMSP
1950	9.134.423	2.653.860	21.935	0,24	0,83
1960	12.974.699	4.739.406	24.784	0,19	0,52
1970	17.958.693	8.139.730	25.314	0,14	0,31
1980	25.375.199	12.588.725	60.476	0,24	0,48
1991	31.546.473	15.444.941	93.146	0,30	0,60
2000	36.969.476	17.878.703	129.685	0,35	0,73
2010	41.262.199	19.683.975	152.614	0,37	0,78

Fonte: IBGE.

O município de Itapecerica da Serra, segundo a secretaria de saneamento básico e recursos hídricos (Brasil, 2018, p. 21) “foi classificado com perfil de serviços, uma vez que o setor de serviços apresenta maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) do município, seguido do setor industrial e, por fim, do agropecuário”. O PIB per capita (2019) foi de R\$ 22.084,42 e o índice de desenvolvimento humano (IDH) em 2010 foi de 0,74 (IBGE, 2022).

A lei de proteção de mananciais, a qual Itapecerica da Serra está submetida, restringem instalações de indústrias. Por conta dessas restrições e o grande adensamento populacional, o município não alcança a população economicamente ativa para o mercado de trabalho local. Nesse sentido, assume o perfil denominado

de cidade dormitória, a qual oferta mão de obra para os municípios do entorno, como São Paulo, por exemplo (FONSECA, 2012, p. 58).

5. 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 temperatura de algumas superfícies amostradas em campo, e (iii) conforto térmico estimado a partir de índice selecionado da literatura.

5.1 Coleta de dados

Os dados que fazem parte deste estudo foram coletados 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 horária das nuvens em diferentes estações do ano. Dentro desses períodos foram realizadas coletas horárias às 9 horas (h), às 13 horas e às 17 horas.

Abaixo (Quadro 1) será descrito aspectos gerais de caracterização de cada ponto selecionado para coleta, observando as coordenadas geográficas, as altitudes, tipos de ocupação, distância entre os pontos, variáveis climáticas coletadas, frequência das medições e características do entorno próximo.

A distribuição espacial aconteceu em 3 pontos da cidade com características distintas, sendo eles, ponto 1 Jardim Nisalves, ponto 2 Jardim Paraíso, e ponto 3 Centro (Figura 4). Os resultados apresentados posteriormente (temperatura do ar, umidade relativa, conforto térmico) nos diferentes horários, referem-se a média entre os três pontos de coleta.

Os diferentes pontos, mesmo próximos, foram selecionados a partir de características distintas do seu entorno, sobretudo a partir das características de altitude, vegetação e edificações para que pudesse ser observado algum tipo de variação por conta da distribuição espacial (Figura 5). Porém, como não foi identificada uma variação espacial considerável, foi feita a média entre os pontos.

Durante os trabalhos de campo foram feitas coletas de dados da estação meteorológica da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) no Capão Redondo no endereço, Estrada de Itapecerica, 5859, com distância de Itapecerica da Serra de aproximadamente 12 quilômetros.

Nesta estação foram coletados os dados de temperatura do ar (°C) e de umidade relativa (%), que posteriormente serão analisados e comparados com os

dados coletados nos campos em Itapecerica da Serra com termo-higrômetros portátil.

Quadro 1: Caracterização dos pontos de coleta.

	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
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 - Temperatura da superfície (asfalto e calçada) - Temperatura do céu - Umidade relativa - Velocidade do vento - 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.

Figura 4: Espacialização do entorno próximo aos pontos de coleta.



Fonte: Google Earth.

5.2 Observação da nebulosidade

O trabalho de observação do céu pode ser feito, basicamente, a partir de dois modos: o da superfície terrestre com a inspeção visual feita por um observador e a com uso de satélites (ECHER *et al.* 2006). Neste estudo, será utilizada a primeira forma mencionada, a observação visual do céu realizada em superfície mediante um observador.

Durante a registro visual do céu, o observador que irá realizar 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. 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).

O registro fotográfico do céu foi obtido por meio de um *smartphone* *Xiaomi Redmi Note 8* no modo amplo da câmera, com ângulo de 180°. Para o registro da escala de nebulosidade, o modelo selecionado foi o de *decis*, em que o céu é dividido em 10 partes. Assim como as demais coletas, a nebulosidade foi registrada em todos os horários já mencionados.

A organização dos resultados de nebulosidade se consolida em uma figura por série de episódios representativos (fevereiro de 2020, janeiro e julho de 2021) com o registro fotográfico do céu nos três diferentes horários. A escolha da imagem selecionada entre os três pontos foi pessoal, já que não haviam distinções do tipo de nuvem nesta variação espacial.

Os dados de nebulosidade adquiridos na plataforma *Giovanni Nasa* “fração total das nuvens” foram obtidos utilizando as coordenadas geográficas do município. O período atribuído é o que compreende as coletas de campo em Itapeceira, sendo selecionado de outubro de 2020 a julho de 2021.

No *Giovanni Nasa* o instrumento utilizado para a obtenção dos dados é o modelo MERRA-2 M2TMNXRAD v.5.12.4. Esta é uma coleção que trabalha com dados médios mensais bidimensionais. Este modelo tem cobertura espacial de -

180, 0; - 90, 0; 180, 0; 90, 0, resolução espacial de $0,5^\circ \times 0,625^\circ$ e análise temporal mensal.

A plataforma explica que esta coleção consiste no diagnóstico de radiação, como albedo da superfície, fração de área da nuvem, espessura óptica da nuvem, fluxo de ondas curtas na superfície, fluxo de ondas longas descendentes líquidos da superfície e fluxo de ondas longas ascendentes.

A normal climatológica de nebulosidade coletada no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foi aplicada na análise comparativa com os dados coletados em campo. Os dados da normal de nebulosidade não são de Itapecerica da Serra, pois não há dados disponíveis do município no INMET. Com isso, foram aplicados dados da estação do Mirante Santana (A701) no município de São Paulo, cerca de 50 quilômetros de distância de Itapecerica. O período selecionado para normal de nebulosidade foi 1991-2020.

5.3 Temperatura do ar e da superfície, umidade relativa e cartas sinóticas

Foram realizadas coletas de temperatura da superfície nos três pontos de coleta e em duas superfícies distintas em cada ponto (nos episódios representativos de novembro de 2020, fevereiro e julho de 2021). As superfícies foram selecionadas a partir da predominância no local (Tabela 2). A estimativa foi realizada a partir de uma escala espacial do entorno próximo aos pontos. A escala varia de 0 % a 100 %, ou seja, a unidade utilizada é a de percentual, sendo 0% – ausência e 100 % – cobertura total.

Tabela 2: Estimativa em percentual do material predominante na superfície próxima aos pontos de coleta.

	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
Asfalto (%)	80 %	50 %	50 %
Calçada (concreto) (%)	20 %	0 %	0 %
Solo exposto (%)	0 %	50 %	0 %
Calçada (pedra portuguesa) (%)	0 %	0 %	50 %

A temperatura da superfície (em °C) foi medida através do termômetro infravermelho (Figura 6a) modelo HI 99550 fabricado pela *Hanna Instruments* e adquirido com auxílio FAPESP (processo 2011/08520-8). Este aparelho realiza a conversão do fluxo de ondas longas em temperatura aparente do alvo.

O sensor foi posicionado o mais próximo da direção normal de incidência a superfície observada, ou seja, a nadir do observador para obter a temperatura da superfície. Diferentes superfícies foram medidas durante as coletas, sendo as duas mais representativas de cada ponto. Foram coletadas as seguintes temperaturas: ponto 1 – asfalto e calçamento de concreto, ponto 2 – asfalto e solo argiloso, ponto 3 – asfalto e calçamento de pedra portuguesa.

Segundo o manual de instruções do termômetro infravermelho, a sua maior vantagem está na medição sem contato, em que somente apontando na direção do objeto e pressionando o botão durante alguns segundos (até a leitura estabilizar) você consegue o dado da temperatura.

A distância entre o aparelho e o objeto é um fator importante na medição, pois sua relação é de 3:1, ou seja, o diâmetro da área medida é um terço da distância entre o sensor e o objeto, como, por exemplo, a 15 cm de distância do objeto, o instrumento mede a temperatura de uma área com 5 cm de diâmetro. O instrumento mede a temperatura de objetos com uma emissividade de 0,95.

Com o aparelho termo-higrômetro (Figura 6b) 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.

O anemômetro portátil (Figura 6c) também foi utilizado durante as coletas para obter dados de velocidade do vento, porém esses dados foram pouco explorados durante o desenvolvimento. Isso se deu por conta da quantidade de outros elementos que já faziam parte do estudo.

Figura 6: Termômetro infravermelho (a); termo-higrômetro (b) e termo anemômetro (c).



Fonte: (a) e (b) registro pessoal e (c) fonte externa seginstrumentos.

As cartas sinóticas foram obtidas através do *site* da Marinha do Brasil no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e auxiliaram no processo de compreensão atmosférica dos sistemas atuantes nos períodos de coleta e na comparação com os dados de nebulosidade e conforto térmico.

Foram coletadas cartas sinóticas concomitantes aos períodos de coleta já apresentados anteriormente. As cartas foram utilizadas na síntese que relaciona a nebulosidade com os máximos do índice de conforto térmico (desconforto por calor e por frio), para compor a análise e compreender a situação atmosférica nesses casos.

5.4 Estimativa do conforto térmico

O índice de temperatura resultante tem duas denominações na bibliografia para a mesma equação, temperatura resultante e temperatura efetiva, com os respectivos autores Monteiro 2008 e Carvalho 2006 (FANTE et. al, 2017). Não havendo diferenças entre os dois modelos encontrados, optou-se pela denominação, índice de temperatura resultante (ITR).

O conforto térmico neste estudo é 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:

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

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 Itapeperica da Serra.

Para a aplicação do ITR 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).

A classificação dos resultados obtidos é descrita na tabela 3. Os valores do índice variam em menor que 13 °C com sensação muito frio, maior que 34 °C com sensação muito quente e o conforto térmico na faixa entre 22 °C e 25 °C.

A estimativa do conforto térmico a partir do índice será trabalhada em três principais faixas, a de situações confortáveis e as que estão fora do conforto, tanto para o frio como para o calor. O desenvolvimento também irá enfatizar os valores máximos de desconforto por calor e por frio e sua relação com a nebulosidade.

Tabela 3: 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 (tremor)
<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.

6. NEBULOSIDADE E CONFORTO TÉRMICO

É entendido como nebulosidade a cobertura de nuvens de uma determinada localização. Custódio (2007, p. 1) diz que a nebulosidade “atua como uma barreira para radiação solar que chega na atmosfera e ainda para perda da radiação terrestre ao espaço, influenciando, portanto, no balanço de radiação da superfície”. Ou seja, como apresenta Assireu *et al.* (2011, p. 1501-1) “as nuvens, tem forte influência para o balanço de energia da Terra e para o clima, portanto, desempenham função reguladora da temperatura média do planeta”.

O sol é a fonte de energia injetada em nossa atmosfera. A radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes do tempo e do clima (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2012). Sendo, de acordo com Silva (2008, p. 1) “a principal fonte de energia para os processos físicos e de manutenção de vida da Terra”.

Barry e Chorley (2013, p. 40) apresentam que o sol “está constantemente liberando uma parte da sua massa por meio de ondas irradiantes de energia eletromagnética e partículas de alta energia para o espaço”, enfatizam que “essa emissão constante representa toda a energia disponível para a Terra”. Apontam ainda que “a radiação do sol é predominantemente de ondas curtas, ao passo que a radiação que deixa a Terra é de ondas longas, ou infravermelha”.

A radiação solar global passa por um processo de atenuação por fenômenos como reflexão, absorção e difusão, ao atravessar a atmosfera. A nuvem é resultado da reflexão. Já o vapor d'água, gás carbônico e ozônio são resultados da absorção. O espalhamento, entendido como a difusão, pode ser nomeado como seletivo e não seletivo, sendo, respectivamente, realizado por partículas que possuem dimensões de comprimentos iguais e os causados pelas partículas em suspensão (SOUZA, 2009).

Segundo Barry e Chorley (2013, p. 66), (Figura 7) “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 em torno 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*³ planetário (31% ou 0,31).

À 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.

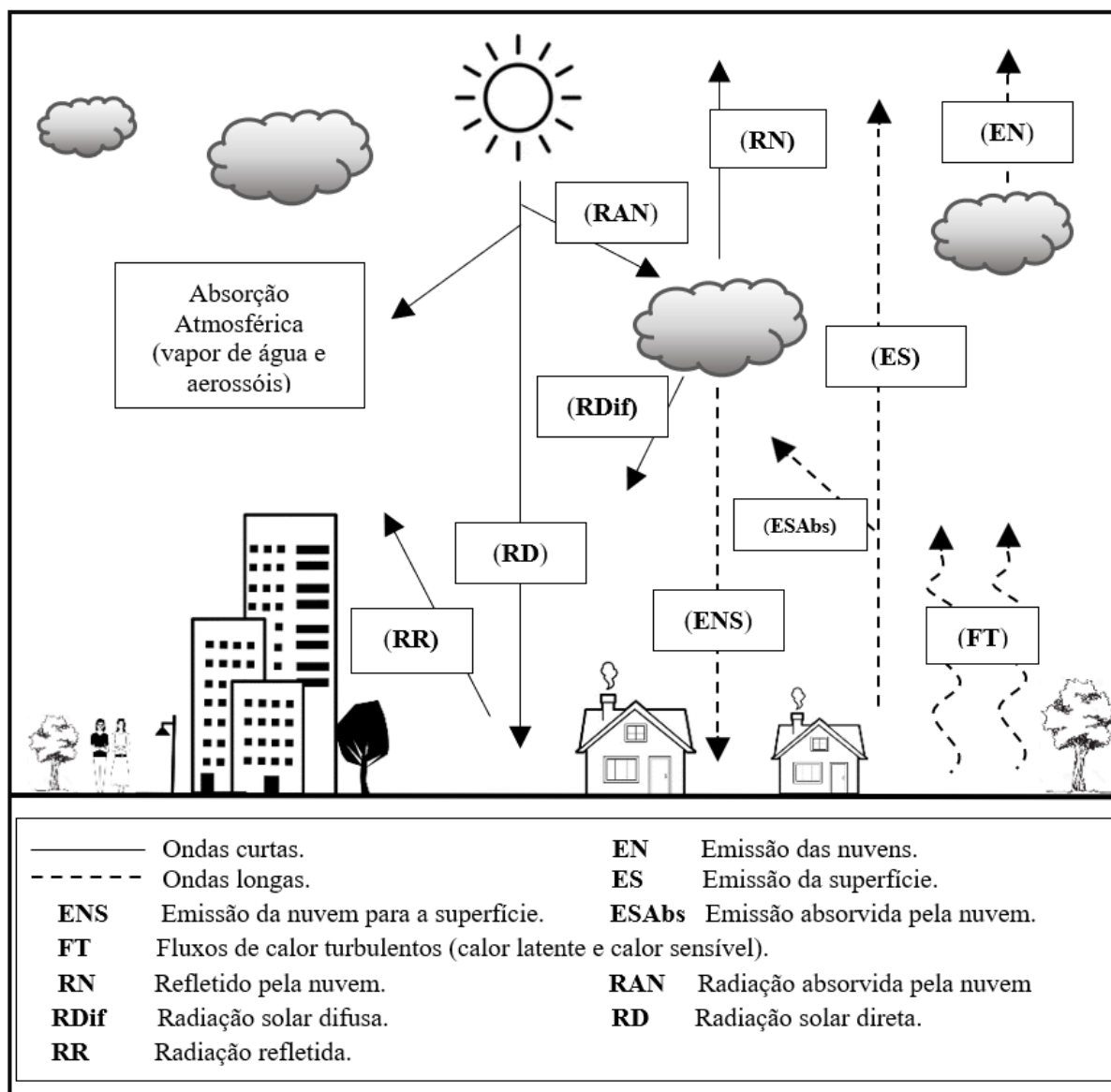
A nuvem é uma das responsáveis pela variação da radiação que chega a uma determinada superfície (SILVA, 2011). O efeito gerado pela cobertura das nuvens, sobretudo as espessas e contínuas, forma uma barreira significativa à penetração de radiação (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 49). Neste sentido, Echer *et 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”.

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. Desde 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 (BARRY e CHORLEY, p. 49).

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).

³ 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).

Figura 7: Balanço de energia na camada limite.



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

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 3) “a nuvem é um conjunto visível de partículas minúsculas de água líquida ou de gelo, ou ambas ao mesmo tempo, 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 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.

A característica visual principal da Terra, quando observada do espaço, é sua cobertura de nuvens. As nuvens são volumes com alta concentração de gotículas de água e/ou cristais de gelo em

suspensão na atmosfera, podendo ocorrer em qualquer região do planeta entre superfície e a tropopausa (ECHER *et al.*, 2006, p.343).

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. “Se o ar resfria abaixo de seu ponto de orvalho, ele se torna supersaturado”.

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).

No nível de condensação, Barry e Chorley (2013, p. 110) apontam quem “o ar ascendente resfria à medida que as parcelas de ar se expandem, e o nível de umidade relativa do ar aumenta”. Continuam em “depois de alcançar a saturação – 100% de umidade relativa – ocorre a condensação e formam-se as nuvens acima do nível da condensação”.

O processo de formação das nuvens pode ser dividido por: orográfico, convectivo e frontal (CUSTÓDIO, 2007). Barry e Chorley (2013, p. 117) apresentam as nuvens e seus agrupamentos conforme o seu modo de origem e as categorias são: “1) ascensão gradual de ar sobre uma área ampla em associação a um sistema de baixa pressão; 2) convecção térmica; 3) ascensão por turbulência mecânica; 4) ascensão sobre barreira orográfica.

A classificação das nuvens (Figura 8) 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). A Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 4) define que “as nuvens estão em perpétua evolução e apresentam-se, por conseguinte, 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*.

Figura 8: Classificação das nuvens.



Fonte: Instituto de astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. (IAG/USP).

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”. Elas são constituídas por cristais de gelo e sua formação “provem muitas vezes da evolução da virga do *cirrocumulus* ou *altocumulus*, ou da região superior de um *cumulonimbus*”.

Ainda conforme a OMM (1961, p. 18) 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”. É constituída em sua maioria por cristais de gelo. Esta nuvem pode ter formação resultante da transformação do *cirrus*, *cirrostratus* ou “da diminuição da dimensão

dos elementos constitutivos de um banco, de um lençol ou de uma camada de *altocumulus*".

Tem como definição na OMM (1961, p. 20) o *cirrostratus* (Cs) "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". Sua constituição tem principal elemento cristais de gelo e se forma "devido à ascensão lenta, a níveis bastante elevados, de camadas de ar de grande extensão horizontal".

A Organização meteorológica Mundial (1961, p. 22) diz 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". Essa nuvem é constituída em sua maioria por gotículas de água.

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. Se formam, em sua maioria, da ascensão lenta das camadas de ar de grande extensão horizontal e chegam a elevadas altitudes (OMM, 1961).

A *nimbostratus* (Ns) é uma camada de nuvens, segundo a OMM (1961, p. 25) "com um aspecto embaciado em consequência de pancadas mais ou menos contínuas de chuva ou de neves que, geralmente, atingem o solo". Esta camada de nuvem possui espessura capaz de ocultar completamente o sol. Ela resulta da "lenta ascensão de camadas de ar de grande extensão horizontal".

Sua constituição física, seguindo ainda a OMM (1961, p. 26) é a seguinte: "O Ns apresenta-se geralmente sob a forma de uma camada baixa, de grande extensão, de cor cinza-escuro, com uma base muito difusa da qual caem precipitações contínuas sob a forma de chuva, neve ou grânulos de gelo, que nem sempre 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.". Esta nuvem pode ser formada a partir de Ac ou também através da "atmosfera límpida, embaixo da base de um Ac, ou mais frequentemente de um Ns".

Podem, ainda, resultar “da ascensão da camada de *stratus* ou da transformação convectiva, ou ondulatória de um *stratus*, com ou sem variação de altitude”.

As nuvens *stratus* (St) tem por definição na Organização Meteorológica Mundial (1961, p. 29) “camada de nuvens, geralmente cinzenta, com base bastante uniforme, podendo dar lugar à garoa, prismas de gelo ou neve granular”. Esta nuvem, normalmente, é constituída por gotículas de água muito pequenas e se formam por “queda da temperatura nas camadas mais baixas da atmosfera” assim como podem também ter origem nos *stratocumulus*.

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. Sua formação está associada, geralmente, a um *cumulus* volumoso e fortemente desenvolvido por um processo de evolução contínua. Pode também se formar a partir de Al ou Sc (OMM, 1961).

Uma forma de realizar a análise da nebulosidade de uma determinada área é através das normais climatológicas. As normais climatológicas, de acordo com Reboita Kruche (2018, p. 165) “correspondem às médias das variáveis atmosféricas registradas em períodos de 30 anos”. Os resultados expressos em uma normal relevam os valores médios predominantes de determinado elemento em uma determinada localização.

No caso da nebulosidade, e de outros elementos, esses valores auxiliam numa melhor compreensão sobre o mesmo, assim como pode proporcionar, sobretudo a comunidade científica, suporte para diversos estudos que contribuem para uma melhor informação sobre esse elemento e organização para o melhor uso em sociedade.

O estudo da nebulosidade segundo Wollmann e Sartori (2010, p. 36) “assim como todos os outros elementos climáticos não são regulares ao longo de um ano, possuindo uma sazonalidade” e varia de acordo com cada região do globo. 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.

Em estudos sobre a variabilidade da nebulosidade na cidade de São Paulo desenvolvidos por Moura, *et al.* (2016, p. 911) os resultados indicam uma maior nebulosidade entre os meses de outubro a março, com ênfase para o mês de janeiro. Assim como os menores valores estão associados, sobretudo, ao inverno, entre abril e setembro, concordando com os menores valores de precipitação mensal.

A preocupação em compreender sobre os aspectos que envolvem o conforto é antigo 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) visa “analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupações humanas (...)” assim como “estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente”.

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).

Sobre os princípios fisiológicos humanos e o conforto pode ser analisado o mecanismo termorregulador do corpo humano, sendo este mecanismo capaz de regular as variações térmicas do organismo humano, que tem como principal característica ser homeotérmico, ou seja, necessita permanecer em uma temperatura constante (LAMBERTS e XAVIER, 2002).

As pessoas apresentam zonas de respostas fisiológicas e comportamentais, de acordo com as condições a que estiver submetida e de acordo com a atividade que estiver desempenhando. Como na maioria dos estudos de conforto térmico, as atividades desempenhadas são do tipo sedentárias, o fator humano de influência sobre a determinação da zona de conforto, é a vestimenta

utilizada pelas pessoas. Cada indivíduo possui uma temperatura corporal neutra, isto é, aquela em que não prefira sentir nem mais frio, nem mais calor no ambiente, isto é, que esteja em situação de neutralidade térmica e nem necessite utilizar seu mecanismo de termorregulação (LAMBERTS e XAVIER, 2002, p. 6).

Quando abordamos as temáticas conforto térmico e clima urbano, uma das preocupações mais recorrentes está associada ao aumento da temperatura do ar, uma vez que esta se associa diretamente com a percepção humana (ORTIZ, 2013, p. 248). A variação da temperatura do ar na camada limite (Figura 7) é diretamente influenciada pela presença da superfície terrestre e responde às forçantes de superfície em uma escala temporal da ordem de uma hora ou até menos (STULL, 1988). Estas forçantes incluem transferência de calor, evaporação e transpiração, emissão de poluentes, fricção pelo arrasto e alterações no fluxo induzidas pelo terreno.

A umidade relativa, sendo um dos principais elementos para a definição do conforto térmico, assim como importante elemento climático, é definida segundo Amorim (2000, p. 74) como “a relação entre a quantidade de vapor d’água existente e a quantidade máxima que poderia existir em determinado volume de ar”. Conclui ainda que “dependendo da temperatura e da quantidade de precipitação que potenciam quantidade de água para evaporar, a umidade relativa tenderá a ser maior ou menor.

O teor da umidade de um dado local é determinado pela evaporação, pela temperatura do ar e pelo transporte atmosférico horizontal de umidade. Quando pensamos na participação das nuvens na umidade atmosférica, sua representação não passa de 4% do total. O teor de umidade na atmosfera pode ser expresso de diferentes maneiras como: umidade absoluta, razão de mistura de massa, umidade específica e umidade relativa, sendo esta última a mais importante para caracterização do conforto térmico neste estudo (BARRY e CHORLEY, 2013).

Mendonça e Danni-Oliveira, (2007) também apresentam que o vapor presente na atmosfera é tratado como umidade. Alguns termos são utilizados para referir-se a variações na forma de abordar a presença de vapor, sendo eles: pressão de vapor, umidade absoluta, umidade específica, razão de mistura e umidade relativa.

Segundo Barry e Chorley (2013, p. 80) a umidade relativa expressa “o teor real de umidade de uma amostra de ar como porcentagem do contido no mesmo volume de ar saturado na mesma temperatura”.

A umidade relativa de uma parcela de ar mudará se sua temperatura ou razão de mistura mudarem, de modo geral, a umidade relativa varia inversamente com a temperatura durante o dia, tendendo a ser mais baixa no começo da tarde e maior à noite (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 82).

Landsberg (2006, p. 107) diz que existe diferença na umidade, seja ela relativa ou absoluta, entre o campo e a cidade, sendo a última representada sempre com valores menores, ou seja, a cidade possui valores menores de umidade que o campo. E que “aparentemente, o vapor adicionado pelos processos de combustão rapidamente se difunde para cima e, perto da superfície, não contribui para a umidade do ar, exceto em casos de fortes inversões de temperatura próximas ao solo”.

Outro elemento importante para conforto térmico é o vento. Ao se considerar o conforto biometeorológico humano, Roshan *et al.* (2021, p.1) diz que “o vento no ambiente externo representa um elemento climático complexo porque sua valência hedônica ou “valor de conforto” depende fortemente tanto do estado fisiológico interno do sujeito quanto do próprio parâmetro”. Ou seja, um determinado movimento do ar pode causar sensação diferente por duas pessoas diferentes, baseado em como cada organismo reage.

O movimento do ar afeta o nosso corpo. Não diminui nossa temperatura, mas provoca uma sensação de frescor devido à perda de calor por convecção e ao aumento da evaporação do corpo. À medida que o movimento do ar aumenta, o limite superior do conforto se eleva. Porém, este incremento se detém ao alcançar temperaturas altas (OLGYAY, 1998).

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).

Olgyay (1998, p.18) fala em uma faixa de conforto que não tem limites reais, a partir de uma zona central de neutralidade desvia-se sutilmente até um certo grau de tensão e deste se passa a alcançar diretamente a situação de desconforto (incômodo).

Nas últimas décadas as cidades brasileiras tiveram a cobertura natural do solo substituída por uma combinação de materiais

impermeáveis, com cores, volumetrias e características físicoquímicas, distintas das originais, sem que os potenciais impactos provocados, especialmente no que diz respeito ao conforto térmico, tenham sido avaliados (AMORIM, 2011, p. 2).

Para Mello *et al.* (2009) o conforto térmico possui importância significativa, uma vez que não está relacionado apenas à sensação das pessoas, mas mantém apresenta grande influência na qualidade da saúde, assim como para questões atreladas ao trabalho.

Roshan *et al.* (2021, p. 2) em seu artigo aborda a dificuldade em “entender o efeito exato das nuvens no clima urbano e no conforto térmico” 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”.

Neste estudo, os autores trabalham com o cálculo de dois índices bioclimáticos, o Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) e o Índice de Conforto Térmico Universal (UTCI). São utilizadas duas abordagens, uma em um período observacional que vai de 1960 a 2020 e a outra em um cenário de projeção nos períodos de 2030 a 2059 e 2060 a 2100, analisando o impacto da nebulosidade e de alterações no vento nas condições de conforto térmico em uma cidade do Irã, Tabriz.

A nebulosidade é analisada diariamente, diferenciando dias claros e dias nublados. No estudo observacional, os resultados mostram que o efeito da cobertura de nuvens aumentou os valores de PET em 0,82 °C e UTCI em 0,51 °C. Já os resultados para o período projetado houve um aumento foi de 0,36 °C para o PET e 0,42 °C de UTCI associados aos dias com presença de nuvens. Os autores concluem que futuras mudanças nas nuvens e no vento irão claramente impactar o conforto térmico na cidade de Tabriz nas próximas décadas.

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.

7. Evolução diurna dos elementos climáticos

7.1 Evolução diurna da nebulosidade

Nesta subseção, a evolução diurna da nebulosidade em Itapeçerica da Serra será analisada considerando alguns aspectos como, variação horária diurna e variação dos períodos de registro de referência, e foi possível obter resultados que representam alguns aspectos da nebulosidade no município.

Os resultados referentes a nebulosidade diurna dos episódios representativos de novembro de 2020 (Figura 9) apontam um predomínio de nuvens baixas, variando, sobretudo, entre *cumulus* e *stratocumulus*. Nota-se também, numa frequência muito menor, nuvem alta, como *cirrus*.

No período das 9 horas, nos dias 9 e 11 constata-se no céu uma menor escala de nebulosidade, ou seja, o céu nesse horário e dias apresentavam-se com poucas nuvens. O dia 9 com *cumulus* esfarrapados e o dia 11 a presença de nuvem alta, *cirrus*, nuvem está que é constituída por cristais de gelo. 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*, alguns 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 seu máximo, 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 uma altura de nuvens e elas são, em sua maioria, nuvens baixas.

Figura 9: Evolução diurna da nebulosidade em novembro de 2020.



Fonte: Arquivo pessoal da autora.

A variação diurna da nebulosidade no dias representativos do mês de fevereiro (Figura 10) possui tendência de céu parcialmente encoberto com variação de nuvens nas três faixas de altura e maior predomínio de nuvens médias.

No período correspondente às 9 horas observa-se no dia 1 presença de nuvem baixa com características estratiformes. Nos dias 2 e 3 há o predomínio de céu aberto, com pouca ou nenhuma nuvem. Nos dias 4 e 5 percebe-se através do registro fotográfica presença de nuvens, que elas são médias e são 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 as 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 encoberto, havendo dias com céu totalmente encoberto, 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.

Figura 10: Evolução diurna da nebulosidade em fevereiro de 2021.



Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os episódios representativos do mês de julho de 2021 (Figura 11) 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*.

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*.

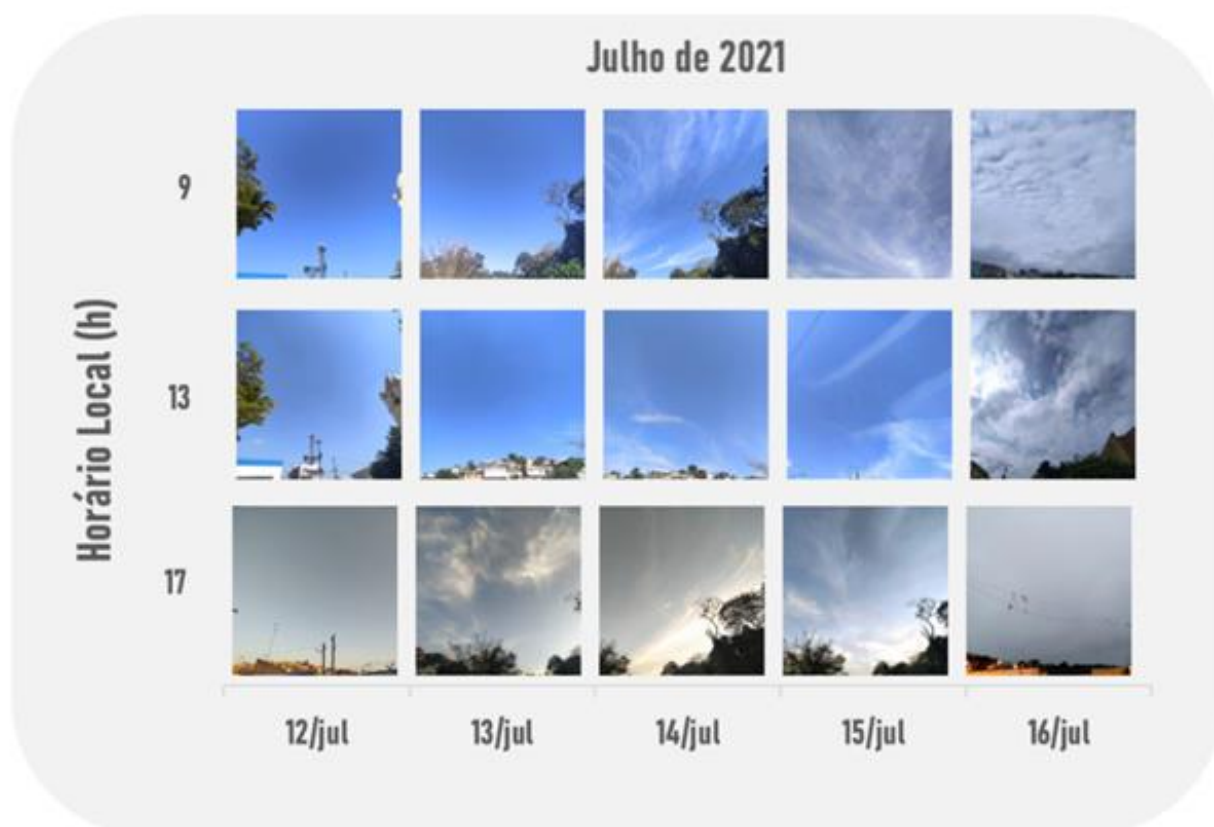
Os dias 14 e 15 seguem o padrão de baixa variação das nuvens no decorrer do dia, tendo a nuvem *cirrus* em todos os períodos de coleta. A escala de nebulosidade ficou muito parecida também, pois às 9h é o período em que há a maior presença das nuvens *cirrus* para esses dois dias.

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 como 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 nuvem baixa.

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*, nuvens altas.

Figura 11: Evolução diurna da nebulosidade em julho de 2021.



Fonte: Arquivo pessoal da autora.

De modo geral, foi possível constatar uma variação sazonal na nebulosidade nos diferentes meses analisados. Observa-se no em novembro uma maior tendência de céu com nuvens, sobretudo nuvens baixas e escala de nebulosidade elevada. Em fevereiro há também a presença marcante de nuvens no céu, essas nuvens variaram, em sua maioria, em nuvens médias.

Os episódios representativos de julho possuem uma escala de nebulosidade baixa, assim como a variação horária e diária das nuvens também. Neste mês a presença de céu aberto é marcante, assim como nos dias com nuvens há o predomínio de nuvens altas.

Os resultados sobre a nebulosidade neste estudo correspondem com o trabalho de Moura *et al.* (2016) sobre a nebulosidade na cidade de São Paulo. Os meses de maior nebulosidade apontados pelo autor indicam de outubro a março, que compreende os dois meses marcados com maior nebulosidade neste estudo, novembro de 2020 e fevereiro 2021.

Assim como os menores valores da nebulosidade estão associados ao inverno no estudo de Moura *et al.* (2016), neste trabalho é notável julho com essa tendência marcante de céu aberto.

Os dados de nebulosidade obtidos através da plataforma *Giovanni Nasa*, compreendem de outubro de 2020 a julho de 2021 correspondem ao período em que aconteceram as coletas em campo, os meses de novembro de 2020, fevereiro e julho de 2021.

Para esta análise comparativa da nebulosidade é necessário destacar, inicialmente, que os dados de fração total de nebulosidade (Figura 12) por conter uma resolução espacial de $0,5^{\circ} \times 0,625^{\circ}$, nos apresenta, mesmo inserindo as coordenadas do município, um resultado mais próximo da escala regional do a escala local.

Assim como também é importante evidenciar que os dados produzidos pela plataforma correspondem as imagens de um satélite. O satélite passa, geralmente, em um determinado ponto em alguns horários específicos. Já os dados de nebulosidade apresentados na pesquisa resultam da análise de um observador em superfície.

Os dados da fração total a nebulosidade (Figura 12) tem os seus maiores picos em dezembro a março, com destaque para o mês de janeiro, dados este muito próximos ao estudo de Moura *et al.* (2016) em que janeiro também se destaca quanto a presença de nuvens no céu.

Na análise comparativa com os meses de coleta deste estudo, percebe-se que em novembro os resultados sobre a nebulosidade são distintos, uma vez que na análise observacional em Itapecerica este mês foi marcado pela presença de nuvens, em sua maioria, superior a cinco na escala de nebulosidade. Vale destacar que os dados obtidos no município se referem ao período de uma semana e não total do mês.

Em fevereiro os dados da fração total se aproximam da coleta em campo no município, uma vez que é possível observar ambos compõem o período em que a nebulosidade é elevada.

No mês de julho houve também proximidade entre os resultados analisados. A nebulosidade se manteve baixa tanto nos dados coletados em Itapecerica como nos observados nas coletas através da plataforma da *Nasa*.

Figura 12: Fração total de nebulosidade na coordenada geográfica de Itapecerica da Serra/SP.



Fonte: Giovanni Nasa.

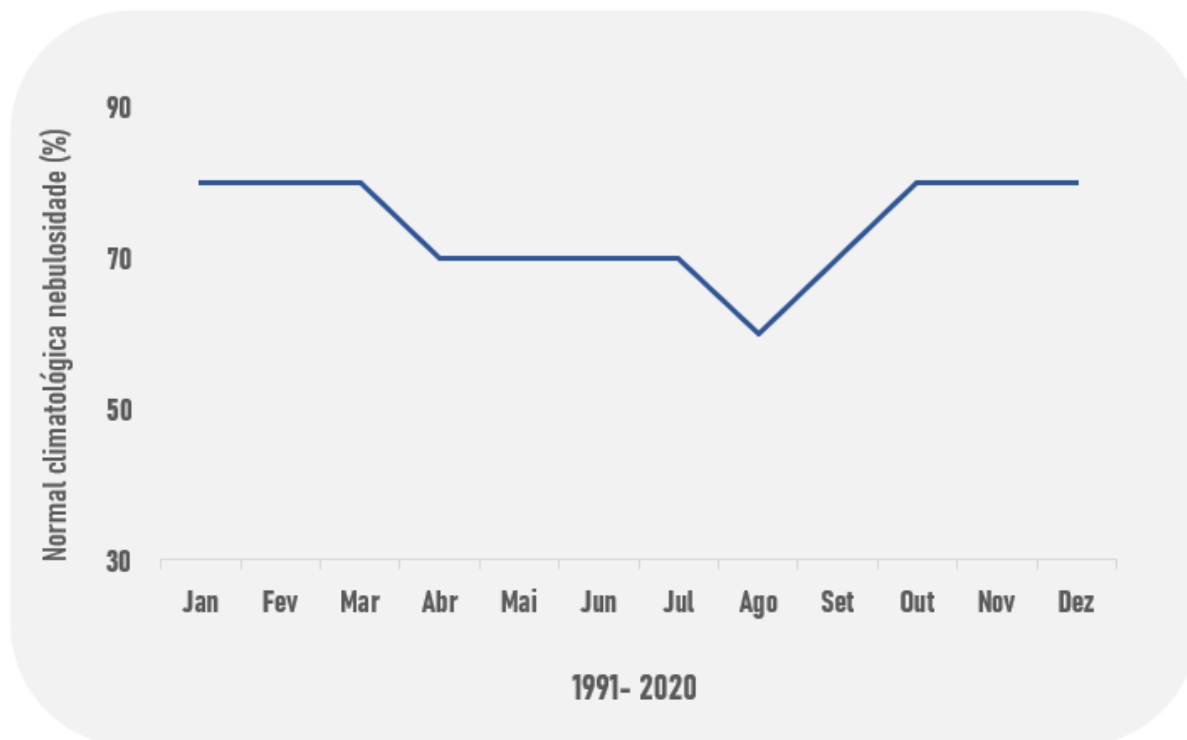
A normal climatológica de nebulosidade (Figura 13) que aqui será analisada, refere-se ao Mirante Santana da cidade de São Paulo, uma vez que é o dado disponível no INMET que mais se aproxima da cidade de Itapecerica da Serra. A normal climatológica se refere ao período de 1991 a 2020.

A normal apresenta valores elevados de nebulosidade em uma constante de outubro a março. Novembro e fevereiro se encontram dentro deste período de maior nebulosidade e representam também a maior nebulosidade das coletas em campo.

Observando os dados da *Giovanni Nasa* e a normal climatológica, percebe-se que em janeiro os valores coincidem, por volta de 80 % de nebulosidade. Mesmo com valores distintos nos demais meses, janeiro é um destaque de como a presença de nuvens se manifesta de maneira muito parecida em ambos os dados.

O mês de agosto apresentou menores valores de nebulosidade na normal climatológica, mas ainda assim um valor superior a 50 %. Ou seja, em todos os meses representados na normal, os valores estão acima de 50 %. Já na fração total da nebulosidade o valor fica muito próximo a 30 %. Nos dados coletados em campo, julho representou o mês com menor nebulosidade, se aproximando muito mais dos resultados obtidos pela fração total.

Figura 13: Normal climatológica de nebulosidade do Mirante Santana/SP.



Fonte: INMET.

7.2 Evolução diurna e variabilidade do recorte temporal da atmosfera.

Os dados acerca da evolução diurna da atmosfera estão representados graficamente, são eles: temperatura do ar e a umidade relativa coletados em três períodos do dia, 9 horas, 13 horas e 17 horas. Os dados de cada horário referem-se a média entre os três pontos de coleta.

A variação diurna da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) nos episódios de novembro de 2020 se deu da seguinte maneira: no período das 9 horas (Figura 9a) foi obtido valores de temperatura do ar (T_{ar}) que variaram de $22,9^{\circ}\text{C}$ no dia 9, a $25,6^{\circ}\text{C}$ no dia 11, com média horária de $24,1^{\circ}\text{C}$ e diferença de $2,7^{\circ}\text{C}$ do menor para o maior valor. Não houve grande variação da temperatura do ar, durante a semana de novembro às 9 horas.

A umidade relativa (UR) teve menor valor no dia 11 com $59,9\%$, dia em que a temperatura do ar foi a mais elevada, evidenciando o caráter inversamente proporcional entre a temperatura e da umidade relativa. O maior valor da umidade

relativa aconteceu no 12 com 73, 1 % e a média ficou em 66,6 %, com diferença de 13,2 % do menor para o maior valor.

O dia 11 no período das 9 horas é constatado o menor valor de umidade relativa. Observa-se também que no céu deste dia e horário há um gênero de nuvem diferente do predomínio, a nuvem alta *cirrus*.

Como apresentado no gráfico (Figura 14b), o período das 13 horas é marcado por temperaturas do ar elevadas e umidade relativa baixa, sobretudo nos dias 9, 10 e 11 em que a umidade não ultrapassa 60 % e as temperaturas do ar foram as mais elevadas e variaram de 28,3 °C a 28,5 °C. Nos dias 12 e 13 a umidade chegou a 71,4 % e 68,6 %, e temperatura do ar 26,6 °C e 26,8 °C, respectivamente.

Os dados que correspondem às 17 horas (Figura 14c) indicam valores elevados de umidade relativa, com a média da semana em 83,3 % e com pico no dia 12 com 85,6 %. Esses valores podem ser relacionados com a forte presença de nuvens no céu e escala de nebulosidade em 10 em todos os dias de coleta. No dia 13 às 17 horas não houve campo, pois choveu forte e por precaução não foi realizada a coleta com os aparelhos portáteis.

Acerca da temperatura do ar nota-se uma queda com relação ao horário anterior, com a temperatura média de 20,7 °C. O maior valor de temperatura do ar aconteceu no dia 10 com 21,6 °C e o menor valor no dia 9 com 19,9 °C.

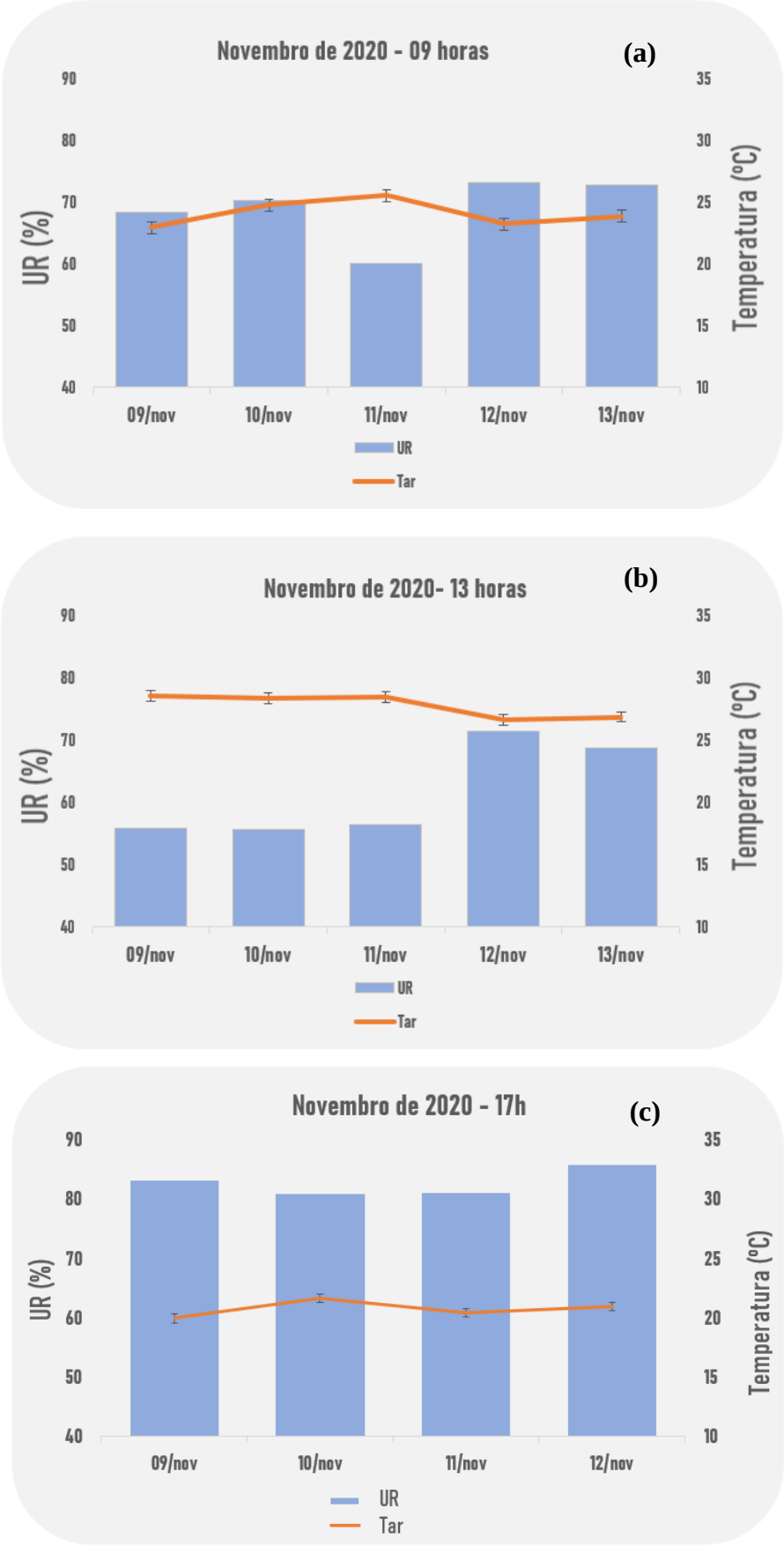
De modo geral, a temperatura do ar e a umidade relativa se comportaram de forma inversamente proporcional. Os dias com as mais elevadas taxas de umidade relativa são também os que se encontram os menores valores de temperatura do ar. Esses episódios aconteceram no período das 17 horas.

Os dados referentes a menor umidade relativa do período correspondem aos dados de maiores temperaturas do ar, que aconteceram de forma mais marcante no período das 13 horas.

A nebulosidade se relaciona com esses dados da seguinte maneira: os episódios de maior umidade relativa, que são às 17 horas, são os dias em que há a persistência de céu totalmente encoberto por nuvens baixas.

O período das 13 horas, em que houve menor umidade relativa e maior temperatura do ar, tem no céu o horário com a menor escala de nebulosidade da semana de coleta.

Figura 14: Temperatura do ar e umidade relativa em novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c). As barras verticais indicam o erro estatístico.



Os dados de temperatura do ar e umidade relativa, coletados em campo em Itapecerica da Serra, serão comparados aos dados obtidos na estação meteorológica da CETESB, localizada no Capão Redondo. Esta estação foi selecionada, pois não há estações automáticas ou convencionais que disponibilizem dados de temperatura do ar e umidade relativa em Itapecerica da Serra. A distância desta estação para o município é de aproximadamente 11 quilômetros.

No período das 9 horas (Tabela 4) no mês de novembro, constata-se com base nos dados, que a temperatura do ar variou com a menor diferença no dia 11 em 0,2 °C e com maior diferença no dia 10 em 2,7 °C. Às 13 horas essa distinção ficou entre 0,2 °C no dia 12 e 2,8 °C no dia 11. No período das 17 horas a variação entre as duas fontes de dados foi de 0,1 °C no dia 11 e 2 °C no dia 12.

As temperaturas mais elevadas às 9 horas foram, em sua maioria, nas coletas feitas em campo. Já para o período de 13 horas as temperaturas elevadas se equilibraram entre os dados de campo e o da estação meteorológica. E as 17 horas as temperaturas que obtiveram valores maiores foram os da estação meteorológica.

No que concerne a umidade relativa (Tabela 5) no período correspondente a 9 horas ela varia de 7 % no dia 11 de 22 % no dia 12. Nos dados para as 13 horas nota-se que no dia 9, pela primeira vez os dados apresentam os mesmos valores tanto na coleta em campo como nos da estação, em 56 %, e chegam a diferença de 25 %. Às 17 horas a umidade relativa muda de uma coleta para a outra em 1 % no dia 12 e 16 % no dia 11.

Os dados de umidade relativa que mantiveram os maiores valores às 9 horas, em todos os dias, foram os referentes a estação meteorológica. Na observação do período das 13h constata-se que os dados coletados em campo foram superiores ao da estação meteorológica. E no período das 17 horas os valores foram superiores, todos os dias, nos dados da estação meteorológica.

De modo geral, percebe-se, nesta análise comparativa entre a diferença dos dados da estação meteorológica do Capão Redondo e os coletados no campo em Itapecerica, que a temperatura do ar para a manhã, os valores da estação meteorológica são superiores. No início da tarde há um equilíbrio entre os valores elevados e no final da tarde os dados de Itapecerica apresentam valores maiores.

Já com relação à umidade relativa os dados obtidos através da estação meteorológica foram superiores às 9 horas e as 17 horas, enquanto os coletados em campo tiveram maiores valores às 13 horas.

Tabela 4: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, novembro de 2020.

	09 h		13 h		17 h	
	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapequerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapequerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapequerica da Serra (°C)
09/nov	22,1	22,9	27,6	28,5	20,6	19,9
10/nov	22	24,7	26,5	28,3	22,5	21,6
11/nov	25,8	25,6	29,4	26,6	20,3	20,4
12/nov	20,9	22,2	27	26,8	23,0	21,0
13/nov	-	-	-	-	-	-

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

Tabela 5: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapequerica da Serra, novembro de 2020.

	09 h		13 h		17 h	
	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapequerica da Serra (%)	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade Relativa Itapequerica da Serra (%)	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapequerica da Serra (%)
09/nov	80	68	56	56	90	83
10/nov	91	71	60	57	89	81
11/nov	67	60	46	71	97	81
12/nov	95	73	64	68	86	85
13/nov	-	-	-	-	-	-

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

Os dados referentes aos episódios de fevereiro de 2021 acerca da umidade relativa e temperatura do ar se comportaram da seguinte forma:

Para o período das 9 horas (Figura 15a) a UR teve baixa variação no decorrer da semana, foi de 65,4 % no dia 2 a 71,7 % no dia 3, com média de 68,7 %. A temperatura do ar também manteve uma baixa variação, com temperaturas acima de 25 °C e com média horária de 26,5 °C. O menor valor de UR 65,4 % no dia 2, tem como Tar a segunda maior temperatura dentre os dias e horários de registro com 27,5 °C. No céu é possível observar um dia de céu claro, com poucos *cumulus* ao fundo.

Ainda neste período nos dias 2, 3 e 4, fica evidente no dia 2 a umidade diminui a temperatura do ar aumenta. No dia 3 a umidade relativa aumenta e temos

uma queda na temperatura do ar. No dia 4 o padrão se repete como ocorreu no dia 2.

Às 13 horas há duas lacunas nos dados. Uma interrompida por conta da chuva e a outra por não conseguir acessar os pontos de coleta. Com os resultados apresentados (Figura 15b) a umidade relativa tem grande queda em relação ao horário anterior. Assim como também observado no mês de novembro de 2020 (Figura 14b) no mesmo horário, em que há diminuição dos valores da UR com relação ao horário anterior. A UR desse horário tem seu pico máximo no dia 1 com 59,1 % e mínimo no dia 3 com 40,7 %.

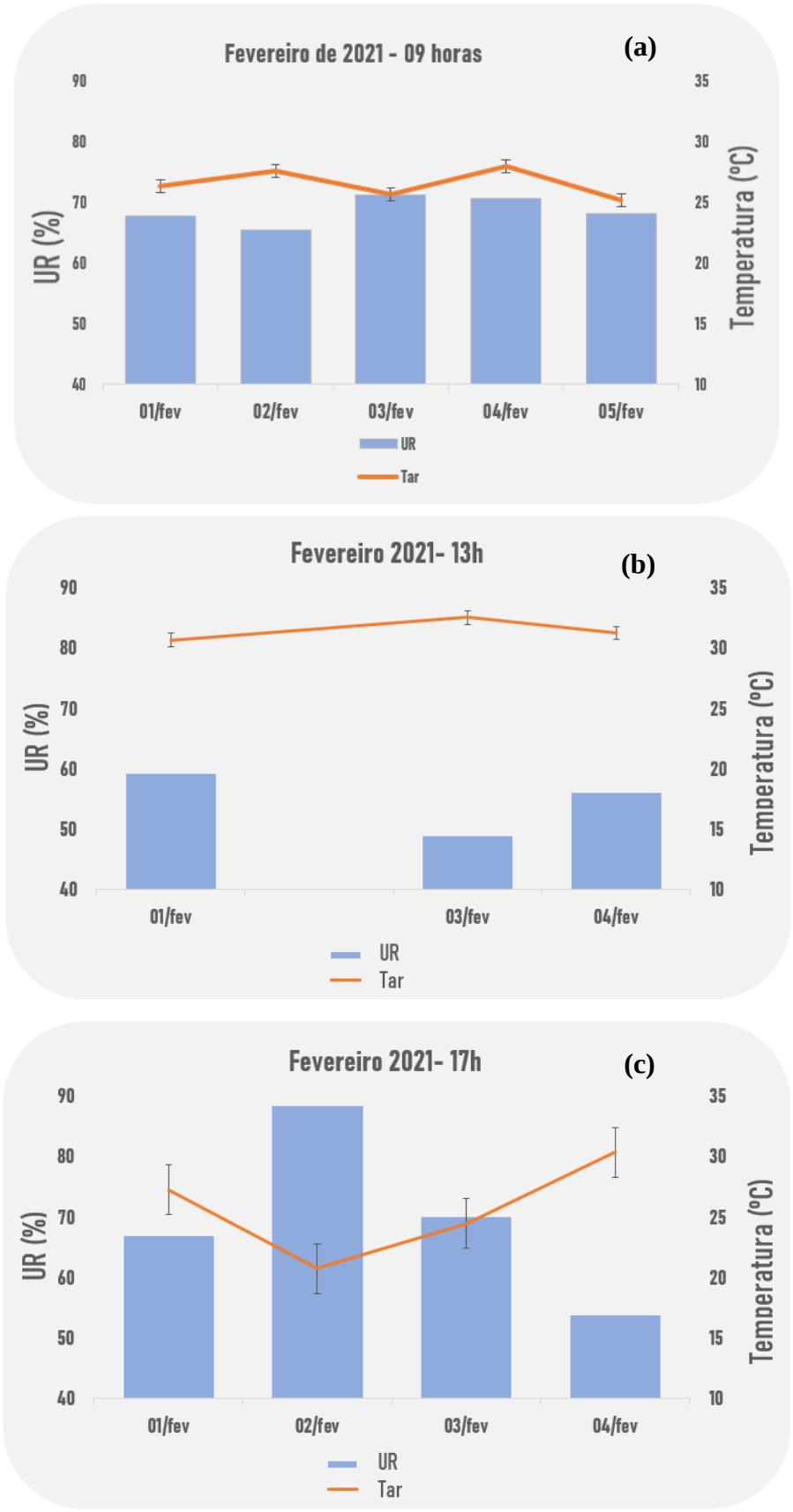
A Tar atingiu altas temperaturas, chegando a 32,5 °C no dia 3. Dia este que, como apresentado acima, teve o menor valor de umidade relativa. O céu estava parcialmente claro com pouca presença de *cumulus*.

No período da tarde, às 17 horas (Figura 15c) houve grande variação no decorrer dos dias tanto da UR, como da Tar. Os dias 2 e 4 marcaram o máximo e mínimo da UR, tendo respectivamente 88,2 % e 53,7 %. A temperatura do ar seguiu padrão inverso, conforme a umidade aumentou a temperatura diminuiu com 20, 7 °C no dia 2 e aumentou conforme a UR diminuiu, com 30,4°C no dia 4, por exemplo.

De modo geral, às 9 horas os valores da umidade seguem um padrão bem próximo nos diferentes dias, assim como a temperatura do ar. No início da tarde, às 13 horas, é perceptível uma grande diminuição da umidade relativa e um significativo aumento da temperatura do ar. Isso acontece por conta do tempo de exposição à radiação solar e da incidência da mesma na superfície.

Às 17 horas acontece o pico da maior umidade relativa, porém ela não é constate, ou seja, os valores variam de baixa a alta UR nesse horário. Assim como a temperatura também.

Figura 15: Temperatura do ar e umidade relativa em fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c). As barras verticais indicam o erro estatístico.



Os dados de temperatura do ar em análise comparativa aos dados obtidos da Estação CETESB em fevereiro (Tabela 6) indicam às 9 horas a menor e maior diferença de 0,8 °C no dia 2 e de 3,3 °C no dia 5. Às 13 horas essa diferença varia de 1 °C no dia 4 a 2,3 °C no dia 3. O período de observação correspondente às 17 horas apresentou uma variação, exceto pelo dia 3 com 3,8 °C, inferior a 1 °C, com 0,8 °C no dia 1, 0,1 °C no dia 2 e 0,2 °C no dia 04.

Com base nestes dados foi possível notar que, no período das 9 horas, os valores mais elevados foram registrados, em sua maioria na coleta de campo em Itapecerica da Serra, assim como às 13 horas também se manteve esse padrão. Já às 17 horas os maiores valores de temperatura do ar foram registrados na estação meteorológica do Capão Redondo.

A respeito da umidade relativa (Tabela 7) às 9 horas a variação entre os diferentes registros foi de 1 % a 11%, nos dias 2 e 5, respectivamente. Na observação comparativa das 13 horas, os dados da umidade relativa tiveram valores iguais registrados no dia 3 com 48 %. E a diferença entre os registros não ultrapassou 4%.

Nos dados de fevereiro para a umidade relativa, o período das 17 horas foi o que mais se distinguiu, com valores iguais no dia 5 (53 %) e variação de até 25 % de diferença entre um registro e outro.

De modo geral, foi possível constatar que os dados de temperatura do ar tiveram, em sua maioria, menores variações as 17 horas. Já a umidade relativa teve menor variação entre os dois registros às 13 horas.

Tabela 6: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapecerica da Serra, fevereiro de 2021.

	09 h		13 h		17 h	
	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)
01/fev	25,5	26,3	28,7	30,6	28,0	27,2
02/fev	26,3	27,5	30,2	-	20,8	20,7
03/fev	26,3	25,6	30,4	32,5	20,6	24,4
04/fev	25,6	27,8	30,2	31,2	30,5	30,3
05/fev	21,7	25	25,2	-	22,2	-

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

Tabela 7: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapecerica da Serra, fevereiro de 2021.

	09 h		13 h		17 h	
	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)	Umidade Relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)
01/fev	62	67	55	59	51	69
02/fev	66	65	50	-	100	88
03/fev	74	72	48	48	95	70
04/fev	82	71	57	56	53	53
05/fev	89	68	68	-	91	-

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

Em julho de 2021, a análise da variação diurna da Tar e da UR apresentaram os seguintes resultados: no horário correspondente às 9 horas (Figura 16a) a umidade relativa foi elevada em todos os dias, com variação de 69,3 % no dia 15 a 79,4 % no dia 16. A temperatura do ar se manteve baixa, com variação de 14,4 °C no dia 12 a 17,8 °C no dia 15 e média de 15,8 °C, como dias típicos das manhãs de inverno.

Os valores de temperatura do ar registrados às 9 horas se aproximam da média para o mês de julho esperada no município que é de 14,6 °C, apresentando variação em 1,2 °C dos valores obtidos em campo. Vale ressaltar que os dados de campo correspondem apenas a uma semana de coleta dentro do mês.

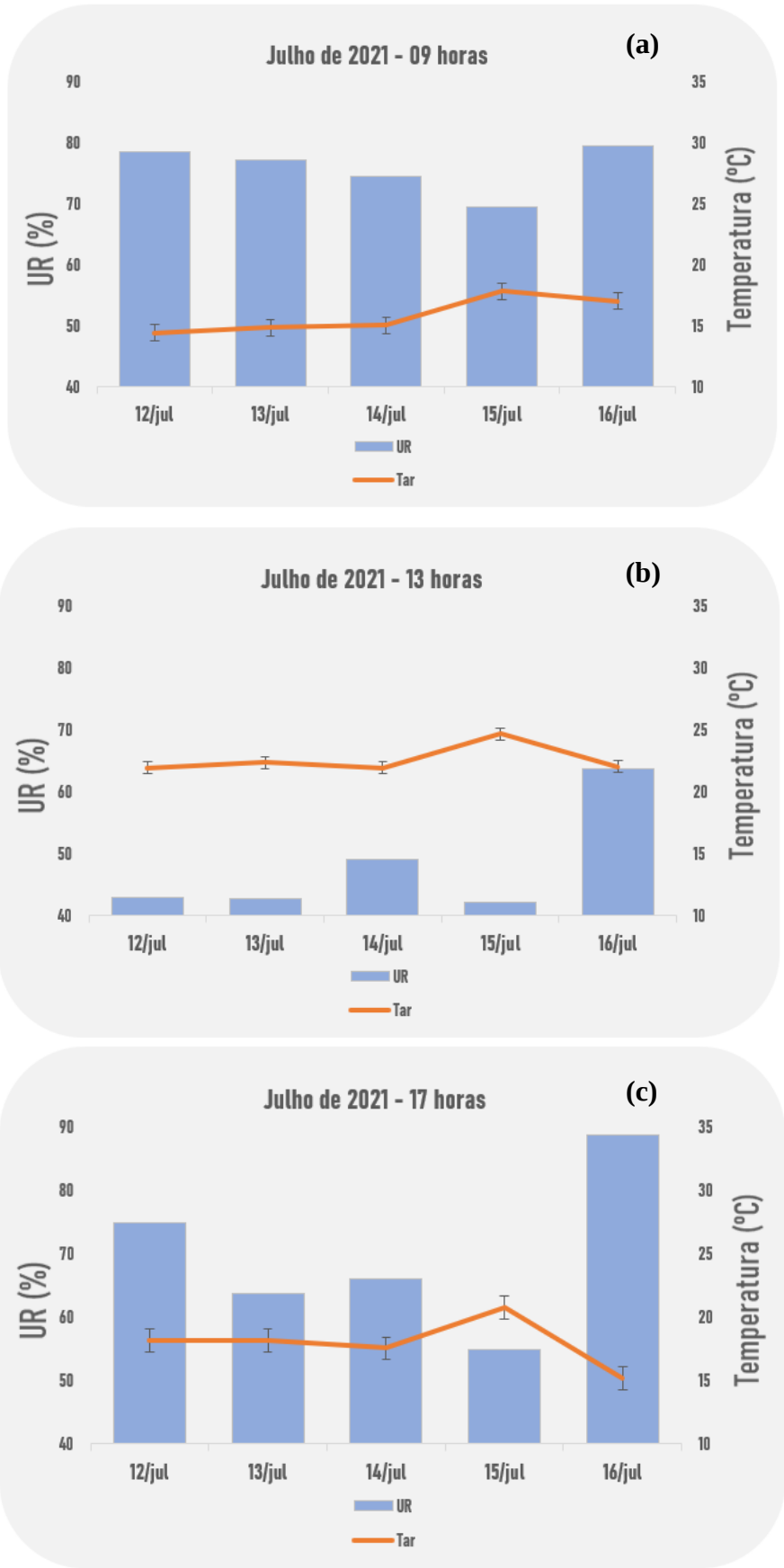
O maior valor na escala de nebulosidade deste horário (9 horas) corresponde ao dia do maior valor de UR (dia 16). Assim como vem sendo observado nos meses anteriores, a umidade relativa apresenta valores maiores no período da manhã comparados a primeira coleta da tarde, às 13 horas.

Há também uma variação considerável nos valores da UR às 13 horas, que vão de 42 % no dia 15 a 63,7 % no dia 16 (Figura 16b), mantendo uma média inferior a 50 % de umidade. O dia com maior UR é também o dia em que o céu possui o maior valor na escala de nebulosidade deste horário, neste período do ano.

A temperatura do ar mantém média de 22,5 °C, com aproximadamente 7 °C mais elevada que à média do período das 9 horas. Às 17 horas (Figura 16c) a UR volta novamente a subir e tem um pico elevado no dia 16 com 88,6 %. Neste dia a temperatura do ar foi a menor registrada para este horário, e a nebulosidade

corresponde ao único episódio de escala de nebulosidade em 10 deste mês e estas nuvens eram baixas.

Figura 16: Temperatura do ar e umidade relativa em julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c). As barras verticais indicam o erro estatístico.



No mês de julho a temperatura do ar (Tabela 8) na análise entre os dois dados mostrou que às 9 horas a variação entre os registros ficaram muito próximos, em sua maioria, com diferença de 0,1 °C no dia 13 e 0,7 °C no dia 15. Somente o dia 14 apresentou diferença superior a 2 °C.

Observando os dados das 13 horas, nota-se que a variação entre os dois registros foi de 0,3 °C no dia 13 a 2,2 °C no dia 12, três dias nesse horário tiveram a diferença inferior a 1 °C.

As maiores diferenças entre os registros da estação do Capão Redondo e os dados coletados em campo em Itapeceirica da Serra foi no mês de julho às 17 horas as variações foram todas superiores a 2,6 °C (no dia 16), chegando a 6,6 °C de diferença nos registros.

A umidade relativa (Tabela 9) apresentou valores distintos nos diferentes horários de coleta. Às 9 horas os registros entre a estação meteorológico da CETESB no Capão Redondo e os coletados em campo com termo-higrômetro portátil variaram de 1 % a 17 %, nos dias 14 e 12, respectivamente.

Para as 13 horas observa-se, até mesmo com relação aos dados dos meses de novembro e fevereiro, que a variação entre os registros foi o menor, com diferença de 5 % no dia 12 e em 9 % no dia 13.

Os dados mais discrepantes entre os dois registros se deram em julho às 17 horas, tanto para temperatura do ar, como citado acima, como também para a umidade relativa. A menor diferença registrada foi superior a 20 % e chegou a 35 % de diferença entre os registros.

Tabela 8: Temperatura do ar na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapecerica da Serra, julho de 2021

	09 h		13 h		17 h	
	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)	Temperatura do ar Capão Redondo (°C)	Temperatura do ar Itapecerica da Serra (°C)
12/jul	14,8	14,4	24,2	22,0	22,3	18,1
13/jul	14,9	14,8	23,6	23,3	24,7	18,1
14/jul	17,2	15	23,2	22,0	23,9	17,5
15/jul	17,3	17,8	25,5	24,6	26,4	20,7
16/jul	16,3	17	20,5	22,0	17,7	15,1

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

Tabela 9: Umidade relativa na Estação CETESB Capão Redondo e dados coletados com termo-higrômetro portátil em Itapecerica da Serra, julho de 2021.

	09 h		13 h		17 h	
	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)	Umidade relativa Capão Redondo (%)	Umidade relativa Itapecerica da Serra (%)
12/jul	95	78	37	42	54	74
13/jul	93	77	33	42	29	64
14/jul	73	74	41	49	34	66
15/jul	67	69	34	42	30	54
16/jul	90	80	71	64	55	88

Fonte: CETESB e dados pessoais da autora.

A análise da variação temporal de elementos meteorológicos tem datação antiga nos estudos de climatologia. Segundo Wollmann e Sartori (2010, p. 33) “avaliar essa variação permitiu, durante muitos anos, conhecerem empiricamente as condições da variabilidade das condições atmosféricas, geralmente, ao longo de um ano sobre determinada região, a fim de se determinar um padrão sazonal”.

Será trabalhado na sequência deste item as médias mensais e horárias da temperatura do ar e da umidade relativa para os meses de novembro de 2020, fevereiro e julho de 2021, nos horários correspondentes às 9 horas, 13 horas e 17 horas.

Os diferentes horários caracterizam diferentes comportamentos da temperatura do ar, no mês de novembro (Tabela 10). A Tar teve média das 9 horas em 24,1°C e apresentou aumento superior à 3 °C para o período das 13 horas. A

média correspondente às 17 horas tem o valor de 20,7 °C, consolidando 7 °C abaixo da coleta anterior, às 13 horas.

O mês de fevereiro às 9 horas apresentou média de 26,5 °C. Às 13 horas com média de 31,4 °C e representando o maior valor médio da Tar nos meses estudados. O horário das 17 horas teve média de 25,7 °C.

As menores médias mensais e horárias foram registradas em julho com o período de 9 horas com 15,8 °C, às 13 horas com 22,5 °C e às 17 horas com 17,9 °C. Nota-se também que este foi o único mês em que a média da temperatura do ar no período das 9 horas foi inferior à média coletada no período das 17 horas.

Analisando a variação horária dos meses temos o mês de julho com menor temperatura às 9 horas, e fevereiro em contraponto com a maior temperatura. Esse padrão se repetiu nos demais horários (13 h e 17 h) em que o mês de julho registrou temperaturas médias mais baixas e o mês de fevereiro as temperaturas médias mais elevadas. Em consequência, a maior diferença de temperatura também foi entre os episódios de julho e fevereiro e aconteceu no período da manhã, às 9 horas com diferença em torno de 11 °C.

Tabela 10: Média do recorte temporal e horário da temperatura do ar (°C).

MESES	09 h	13 h	17 h
Novembro de 2020	24,1	27,7	20,7
Fevereiro de 2021	26,5	31,4	25,7
Julho de 2021	15,8	22,5	17,9

Ao observar os dados coletados, comparados com as normais da estação da cooperativa de Cotia, e considerando que os valores dos dados coletados são a média dos três horários nos três pontos de coleta no período de uma semana, e não uma média horária de todo o dia nas suas 24 horas, ele representa uma variação diurna em alguns horários específicos.

Com isso, temos em novembro a Tar média dos três horários com 24,1 °C e na normal da cooperativa cotia para 1961 a 1990 19,1 °C, com variação de 6 °C. Em fevereiro essa variação passou a ser de 6,7 °C com os dados coletados em 27,8 °C e os dados da normal 19,1°C. Já em julho a variação comparativa entre os dados foi menor, os coletados em campo tiveram média de 18,7 °C e a normal apresentou para esse mês 14,6 °C. É possível observar que os dados coletados tiveram valores

superiores ao apresentado na normal, mas a ressalva feita anteriormente pode responder essa diferença.

A média do período de registro da umidade relativa em novembro de 2020 nos horários 9 horas, 13 horas e 17 horas tiveram os seguintes registros, 68,8 %, 61,7 % e 82,6 %, respectivamente. É possível observar agora a partir da média a tendência de a UR diminuir no período das 13 horas, e voltar a aumentar às 17 horas (Tabela 11).

A umidade relativa mais baixa no início da tarde e aumentar conforme se aproxima noite é um comportamento esperado para a umidade, como apresentou Barry e Chorley (2013).

Esse padrão se repete nos três meses de análise, tendo uma variação maior na diferença da UR, por exemplo, nos meses de novembro no período das 13 horas para as 17 horas (aumento da UR) e no mês de julho no período das 9 horas para as 13 horas (diminuição da UR).

No que concerne a variação horária, o período das 9 horas tem fevereiro com o menor valor de UR, mas com diferença apenas de 0,1 % para novembro. E maior valor no mês de julho com 75,7 % com diferença de aproximadamente 6 % dos outros dois meses. Às 13 horas a variação se apresenta de forma distinta, uma vez que a maior UR registrada aconteceu no mês de novembro e a menor no mês de julho.

Por fim, às 17 horas se mantém o padrão do horário anterior, com maior UR em novembro, e o valor significativo de 82,6 % que corresponde aos dias em que a escala de nebulosidade esteve em 10 em todos os dias de coleta. Fevereiro e julho tiveram diferença na média horária do período de registro de 0,1 % às 17 horas.

Tabela 11: Média do recorte temporal e horário da umidade relativa (%).

MESES	09 h	13 h	17 h
Novembro de 2020	68,8	61,7	82,6
Fevereiro de 2021	68,7	54,6	69,7
Julho de 2021	75,7	48,8	69,6

Na análise sazonal, os episódios de fevereiro com as maiores temperaturas do ar e julho com as menores temperaturas. Com a umidade relativa percebe-se na análise horária os maiores valores de UR às 9 horas e às 17 horas. No que

concerne a variação sazonal, não há um mês específico em que a umidade relativa se manteve acima das demais em todos os horários.

7.3 Evolução diurna da temperatura da superfície

Os diferentes elementos que compõem este subitem foram selecionados a partir de algumas perspectivas e também por apresentarem pontos que possuem relações diretas e indiretas entre si. A temperatura da superfície (TS) é um componente importante para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que ela atua como forçante da temperatura do ar, transferindo calor para a mesma.

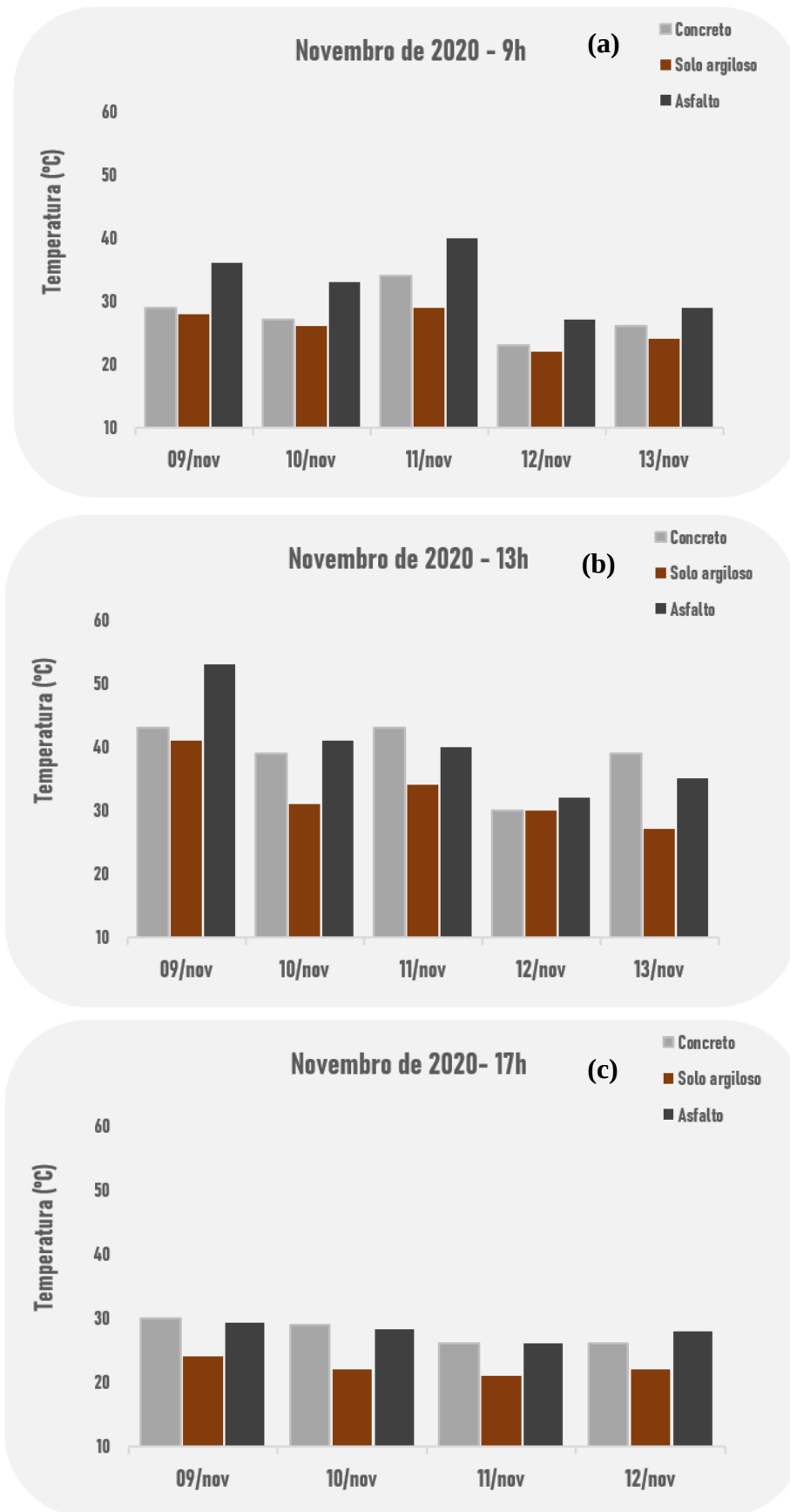
Os diferentes materiais construtivos resultam em diferentes respostas da transferência de calor da TS para Tar, sendo a última muito importante para o conforto térmico, indiretamente a TS também se torna importante. Ou seja, compreender a temperatura das diferentes superfícies do solo urbano contribui consideravelmente para a relevância do estudo, já que mesmo a temperatura da superfície não estando presente no índice de conforto térmico, ela se relaciona com a Tar, importante para o índice.

As diferentes superfícies coletadas foram: concreto (ponto 1), solo argiloso (ponto 2) e asfalto (ponto 3) os quais possuem características distintas de comportamento do calor e influenciam de maneira diferente o local a qual estão submetidas. Vale ressaltar que as diferentes temperaturas da superfície foram registradas nos diferentes pontos de coleta.

No mês de novembro nos episódios representativos o período das 9 horas (Figura 17a) tem como temperaturas mais elevadas as superfícies de asfalto e concreto, respectivamente. Sendo o dia 11, a superfície de asfalto com a maior temperatura registrada na semana de coleta, 40 °C. As menores temperaturas foram registradas na superfície de solo argiloso.

Às 13 horas (Figura 17b), assim como nos resultados da temperatura do ar, há um aumento significativo da temperatura da superfície neste horário. Chegando no dia 9 a 53 °C na superfície de asfalto. E TS no solo argiloso variando entre 41 °C no dia 9 e 27 °C no dia 13. No dia da maior TS tanto no asfalto como no solo argiloso (dia 9) no céu é observado o dia da menor escala de nebulosidade da série estudada neste mês, o que explica as altas temperaturas por conta da não interferência da nuvem na incidência da radiação solar.

Figura 17: Temperatura da superfície em novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



Os resultados da TS nos dias de coleta em fevereiro às 9 horas (Figura 18a), revelam mais uma vez as temperaturas elevadas nas superfícies de asfalto e concreto e temperaturas mais baixas no solo argiloso. No dia 5 os resultados do concreto e do solo argiloso tiveram respostas térmicas muito próximas variando em 1 °C entre eles. Neste dia o céu teve escala de nebulosidade acima de 8, ou seja, um dia nublado. As temperaturas na superfície do asfalto ultrapassam os 40 °C como no dia 2, enquanto as temperaturas mais baixas no solo argiloso não passam dos 30 °C.

As coletas das 13 horas (Figura 18b) com uma tendência já esperada, eleva consideravelmente os resultados acerca das respostas térmicas da temperatura da superfície, sobretudo no asfalto e concreto. No dia 1 os valores da temperatura da superfície de concreto foram superiores aos da temperatura do asfalto, que mesmo mantendo valores muito próximos, tende a ser mais elevada.

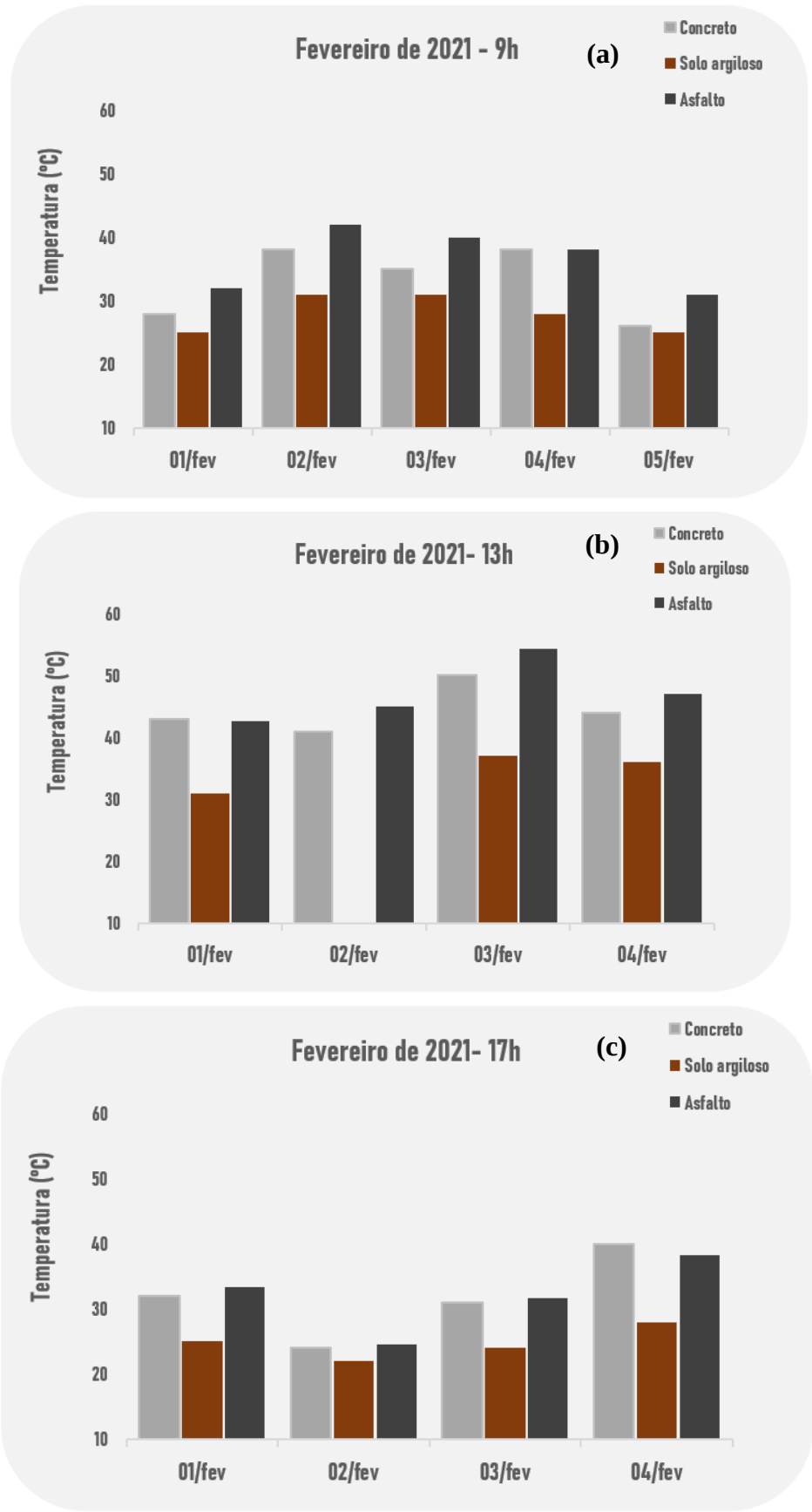
As temperaturas com valores mais elevadas do asfalto chegaram a 54,3 °C no dia 3 e 47 °C no dia 4. Na superfície de concreto as maiores temperaturas registraram 50 °C no dia 3 e 44 °C no dia 4, ou seja, as temperaturas mais elevadas nas duas superfícies correspondem ao mesmo dia de coleta. Mesmo com temperaturas mais baixas que as demais, o solo argiloso nos dias que apresentou temperaturas mais elevadas corresponde aos dias 3 e 4, com 37 °C e 36 °C, respectivamente.

Os gráficos representativos das 17 horas (Figura 18c) mostram que a temperatura das superfícies começa a diminuir, tendência essa normal para o ciclo diário da temperatura da superfície.

No dia 2 as três temperaturas são muito próximas umas das outras, com apenas 1°C de maior diferença entre elas. Vale ressaltar que às 13 horas, período anterior, houve chuva forte, o que não possibilitou a conclusão na coleta dos três pontos. Assim como contribuiu para uma temperatura da superfície mais próxima entre os diferentes materiais. Às 13 horas o céu estava totalmente encoberto com nuvens baixas, momento anterior à chuva.

Mesmo, de modo geral, as temperaturas diminuindo neste horário, no dia 4 elas chegam a 40 °C, e 38,3 °C na superfície de concreto e no asfalto, respectivamente. As menores temperaturas são na superfície de solo argiloso e variam de 22 °C no dia 2 a 24 °C no dia 4.

Figura 18: Temperatura da superfície em fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



A série temporal nos dias de coleta em julho obteve respostas térmicas da superfície com grande contraste em relação aos episódios abordados anteriormente (novembro e fevereiro). As temperaturas foram baixas, sobretudo às 9 horas e às 17 horas, e com ênfase no solo argiloso, com diferenças marcantes ao comparar com as superfícies de asfalto e concreto.

As temperaturas mais baixas, às 9 horas, se dão, sobretudo, por conta do período anterior da noite sem a exposição à radiação solar, neste horário o sol ainda não conseguiu aquecer a superfície como posteriormente às 13 horas.

No período das 9 horas (Figura 19a) fica nítido tal diferença quando observamos no dia 12, mesmo que de modo geral com temperatura mais baixa, a temperatura ainda menor no solo argiloso. O dia 16 foi o dia em que essa diferença foi menor. No céu, neste dia, houve mudança no tipo de nuvem com relação aos dias anteriores, já que do dia 12 ao 15 o céu teve predomínio de nuvem alta e céu sem nuvem e no dia 16 a escala de nebulosidade superou 5 e com nuvem média.

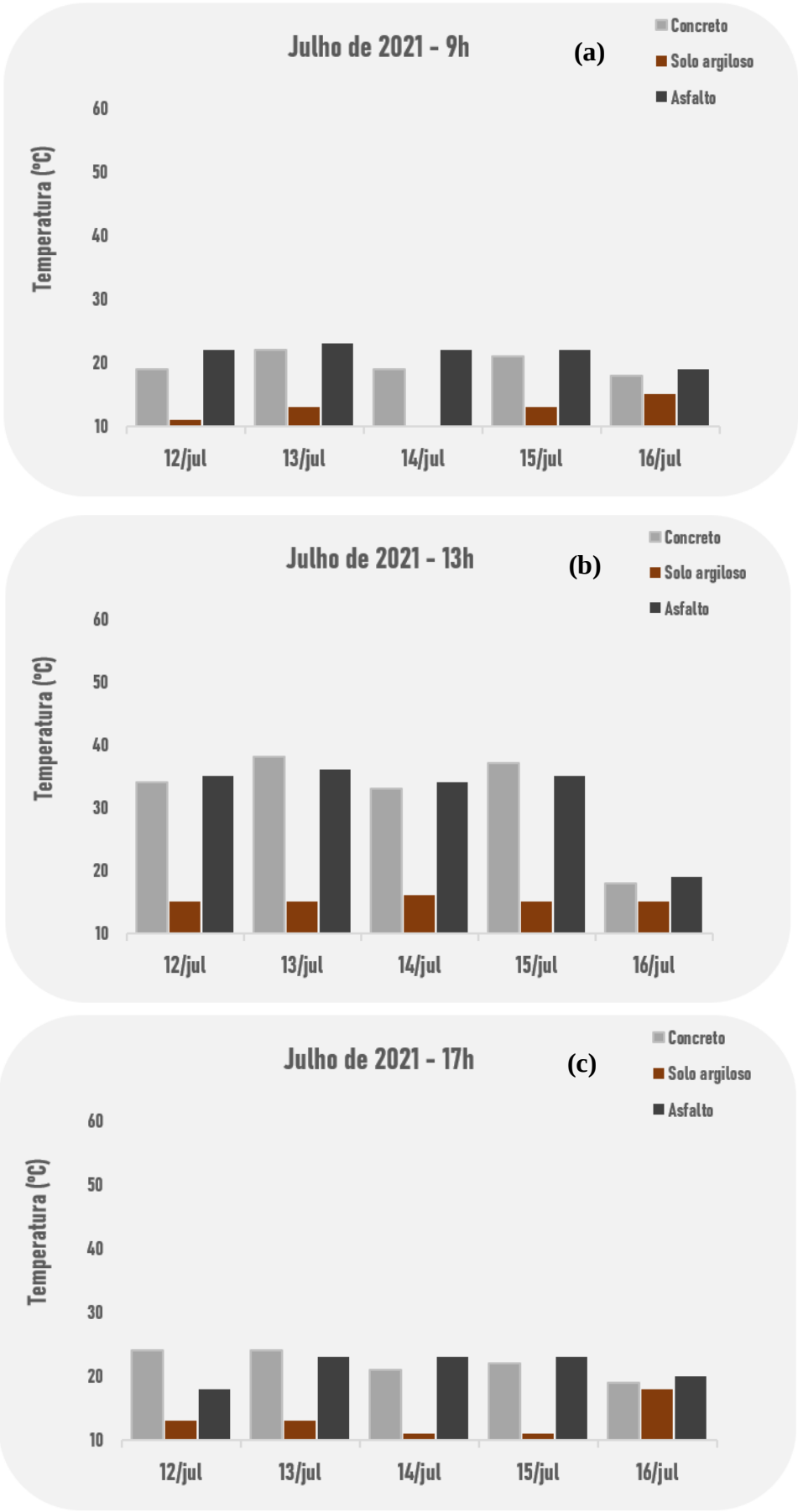
Às 13 horas (Figura 19b) o contraste entre as diferenças de temperaturas do asfalto e concreto com relação ao solo argiloso se tornam ainda mais marcantes, chegando à diferença de 11 °C nos dias 12, 13 e 15. Nota-se, sobretudo, uma constância nos valores específicos de cada superfície. O asfalto e o concreto tiveram variação na temperatura, entre os dias 12 e 15, em apenas 4 °C, e o solo argiloso em 3 °C.

Neste mesmo período o céu manteve características muito próximas de baixa nebulosidade, com marco de dias de céu aberto. O dia 16, nas três superfícies, apresentaram valores menores que os demais e houve diferença também no padrão das nuvens com relação aos dias anteriores.

No horário seguinte, às 17 horas (Figura 19c), as temperaturas da superfície voltam a diminuir consideravelmente e o dia 16, assim como nos horários anteriores, é o dia com a menor diferença entre as respostas térmicas das superfícies e também com a nebulosidade dissemelhante aos demais dias.

As temperaturas da superfície, de modo geral, não ultrapassaram 24 °C e tiveram a menor temperatura em 11 °C. Esses máximos e mínimos aconteceram no concreto e no solo argiloso, respectivamente.

Figura 19: Temperatura da superfície em julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



De modo geral, chama à atenção as superfícies mais frias em julho, sobretudo, as da superfície de solo argiloso, enquanto em fevereiro estão mais quentes, principalmente às 13 horas.

O asfalto e concreto são superfícies que absorvem mais calor e por isso geram superfícies mais quentes. Estas superfícies e diferentes materiais construtivos que ocasionam temperaturas elevadas são comuns nos grandes centros urbanos, gerando na cidade situações muito próximas do desconforto por calor.

A resposta para o arrefecimento destas temperaturas da superfície pode ser trabalhada a partir do incentivo por áreas que não sejam totalmente impermeabilizadas por esses materiais.

7.4 Evolução diurna do índice de conforto térmico

O conforto térmico em Itapecerica é potencialmente influenciado por dois efeitos: (a) o aquecimento ou resfriamento local, e (b) o aquecimento ou resfriamento causado pelos sistemas atmosféricos de grande escala. Os dados apresentados referem-se aos episódios representativos de novembro de 2020, fevereiro e julho de 2021, nos horários 9 horas, 13 horas e 17 horas.

O conforto térmico (CT) em novembro demonstra resultados distintos nos diferentes horários de análise. Foi possível observar, nos dias de coleta, a disparidade de repostas do CT.

O período das 9 horas (Figura 20a) os pontos se encontram, em sua maioria, dentro da situação confortável, com grau de estresse fisiológico (Tabela 3) de neutralidade térmica. Apenas os dias 9 e 12 estão fora da zona confortável, com sensação ligeiramente fria, ou seja, o desconforto gerado nestes dias foi por frio.

Às 13 horas a imagem (Figura 20b) aponta uma situação um pouco acima do confortável, com sensação térmica definida como ligeiramente quente e grau de estresse fisiológico, resultando em ligeiro suor e vasodilatação nos dias 9, 10 e 11. Ou seja, neste horário o desconforto se deu por conta do calor. As situações confortáveis ocorreram nos dias 12 e 13.

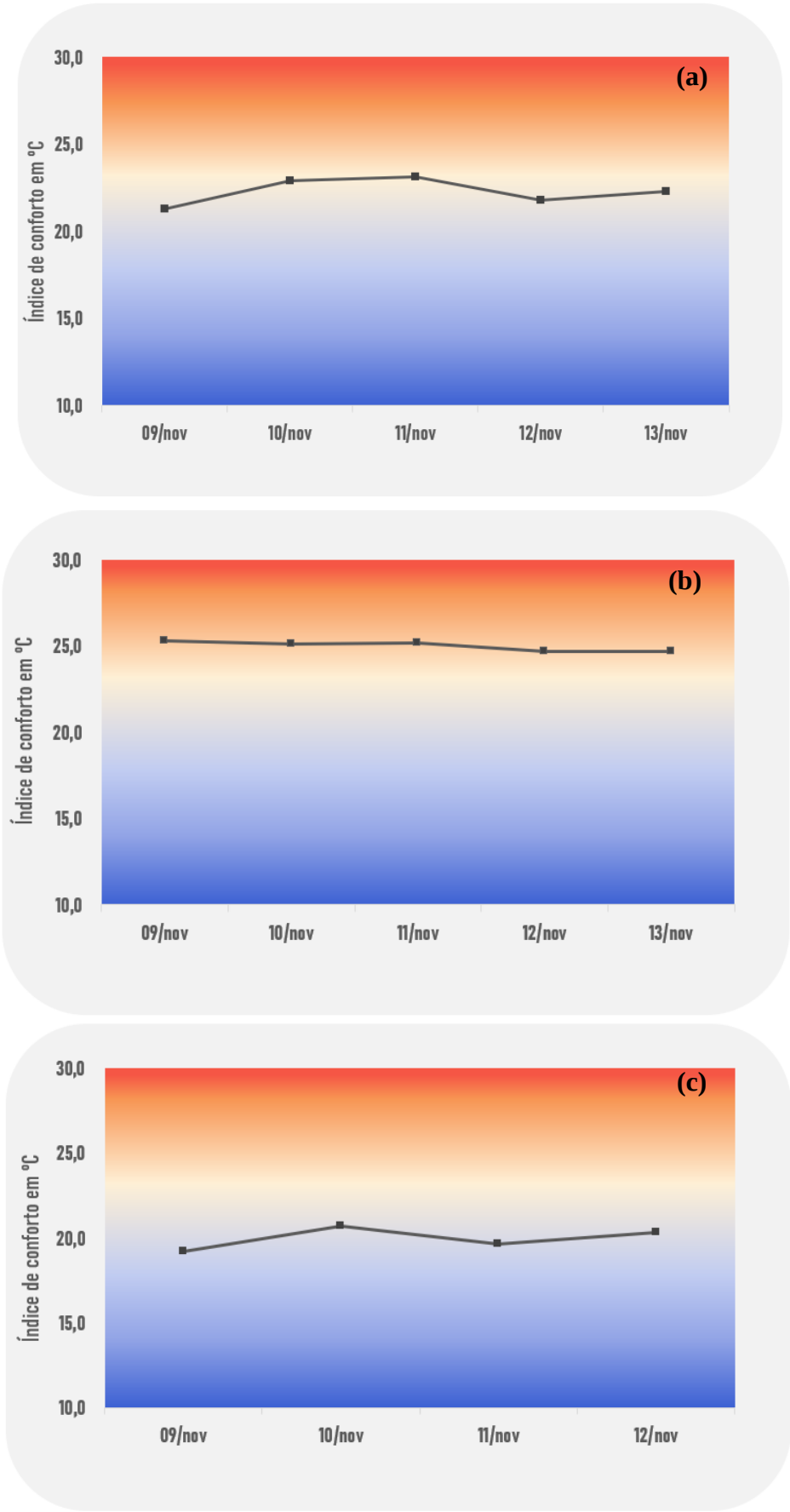
Nos resultados referentes às 17 horas (Figura 20c) a situação de sensação térmica esteve no ligeiramente frio em todos os dias de dados, e com grau de estresse fisiológico como vasoconstrição, ou seja, acontece o estreitamento dos

vasos e aumento da pressão sanguínea para que a temperatura do corpo não diminua em situação de frio.

Neste horário é notável também maior umidade relativa e menor temperatura do ar, assim como as nuvens estão na escala de nebulosidade 10 e são, sobretudo, nuvens baixas.

De modo geral, temos para novembro situações de maior conforto térmico às 9 horas, maior desconforto por calor às 13 horas e maior desconforto por frio às 17 horas.

Figura 20: Conforto térmico novembro de 2020 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



O recorte temporal de fevereiro de 2021 tem como resultados do conforto térmico para às 9 horas (Figura 21a) situações de sensação térmica confortável nos dias 1, 3 e 5. E os dias 2 e 4 com resposta térmica ligeiramente quente e grau de estresse fisiológico em ligeiro suor e vasodilatação.

O céu nos dias confortáveis apresentou características distintas uns dos outros, tendo de céu com alta escala de nebulosidade (dia 1) a céu claro (dia 3). Já os dias indicados pelo índice como ligeiramente quente tinham predomínio de céu claro (dia 2) e forte presença de *altocumulus* no (dia 4)

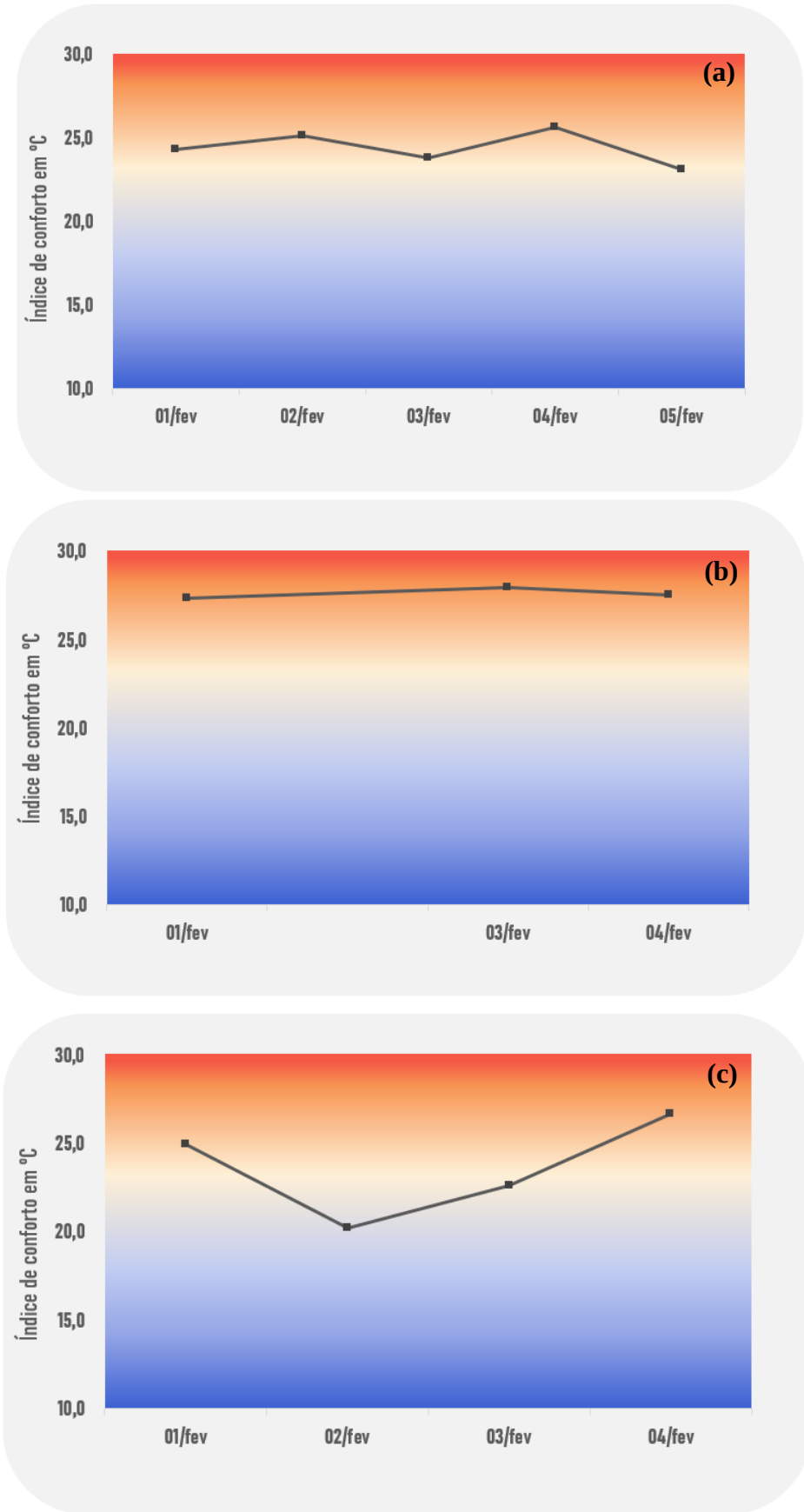
Às 13 horas (Figura 21b) nota-se uma situação de sensação térmica em quente moderado e que em consequência o grau de estresse fisiológico se encontra em suando, em todos os dias de coleta. Neste horário, na escala temporal, a temperatura da superfície, assim como do ar estão superiores aos demais horários de coleta (9 h e 17 h) e em consequência a resposta do conforto térmico fica acima da situação confortável. Não houve coleta no dia 2 e dia 5.

No céu há, em todos os dias, presença de nuvens, elas variam em altura e gênero, assim como em proporção de ocupação do céu, com dias de maior e menor escala de nebulosidade.

Os resultados em fevereiro com maior variação do conforto térmico no decorrer dos dias da semana aconteceram no período das 17 horas (Figura 21c) em que é possível observar através do gráfico os pontos nos diferentes tons. O dia 1 encontra-se dentro da área confortável, no dia seguinte há uma mudança de situação térmica para ligeiramente frio. O dia 3 um retorno para a área confortável de neutralidade térmica. E no dia 4 é possível observar sensação térmica ligeiramente quente. Neste horário não houve coleta no dia 5.

Na perspectiva da nebulosidade as nuvens também apresentaram uma variação significativa, sendo possível observar nuvens *cirrus*, *altocumulus* e *cumulus*, por exemplo.

Figura 21: Conforto térmico fevereiro de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



Os dados coletados em julho de 2021, tem seus resultados distintos dos meses anteriores de análise. Ele apresenta uma maior persistência em situações de desconforto por frio, uma vez que os registros de temperatura do ar se mantiveram também em temperaturas mais baixas, sobretudo comparado aos demais meses coletados.

O período correspondente às 9 horas (Figura 22a) teve, conforme o índice, sensação térmica em frio nos dias 12, 13, 14 e 15 e grau de estresse fisiológico descrito como tiritar (tremor). O dia 16, comparado aos demais dias, está mais próximo da sensação de conforto, mas ainda resulta em sensação de frio moderado com ligeiro resfriamento do corpo.

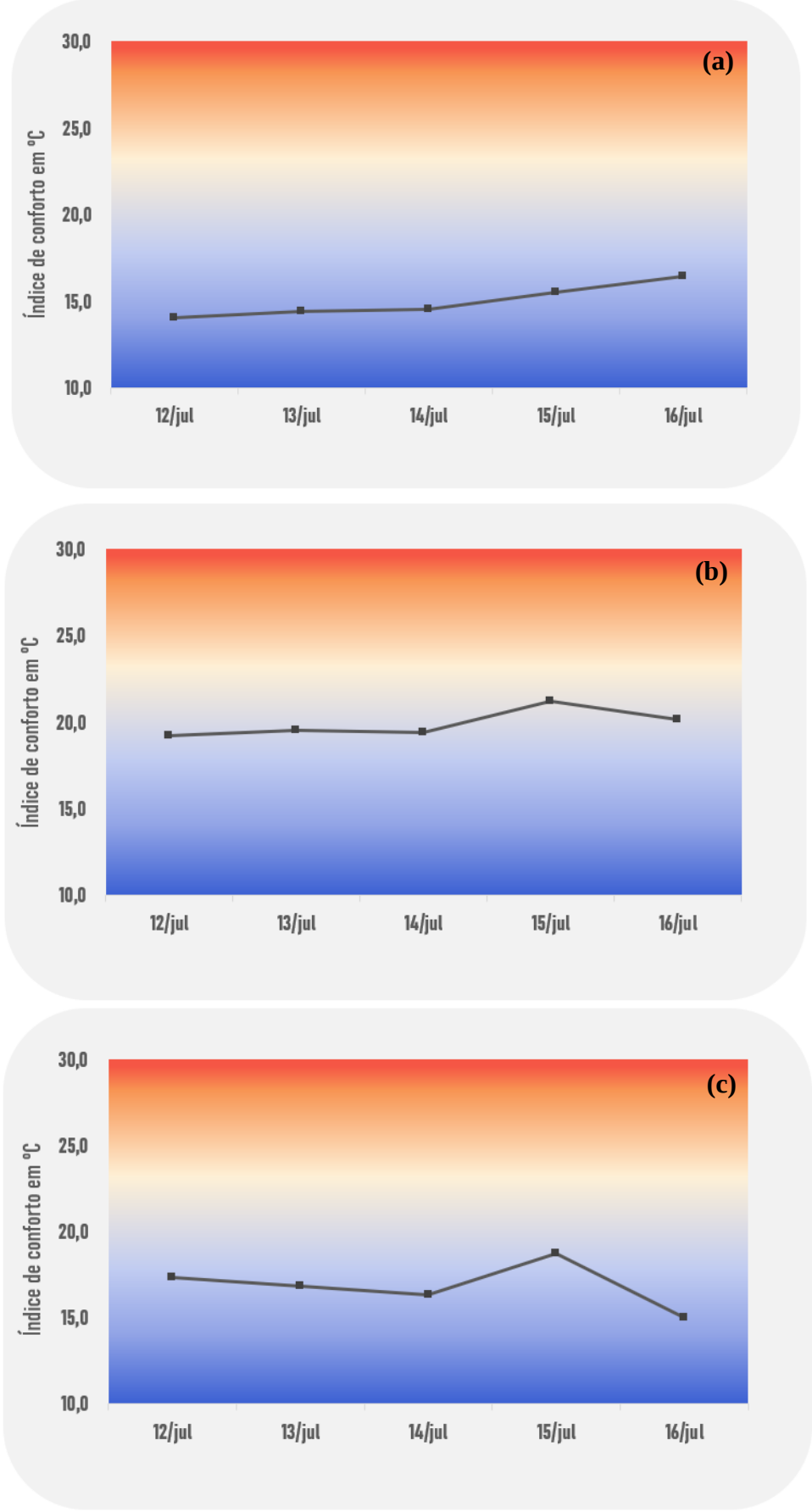
As nuvens presentes no céu no dia 16, dia este que apresenta distinção dos demais dias de coleta dessa série temporal, também se difere no padrão das nuvens em maior escala de nebulosidade. Neste sentido nota-se que quando maior a nebulosidade, maior sensação de conforto. O céu nos dias 12, 13, 14 e 15 tendem a céu aberto ou nuvem *cirrus*. Já o dia 16 nota-se a forte presença da nuvem média *altocumulus*.

Às 13 horas o gráfico (Figura 22b) já se aproxima bem mais de uma situação confortável. Isso se dá também por conta do aumento da temperatura do ar que acontece durante o dia, impactando nos resultados de conforto, já que a Tar é uma das principais componentes responsáveis pelo CT.

Os resultados de conforto para às 17 horas (Figura 22c) indicam sensação térmica ligeiramente fria em todos os dias de coleta, todos os dias se encontram nesta faixa de classificação.

Em síntese, os episódios representativos de julho são marcados pelas maiores situações de desconforto por frio, sobretudo no período da manhã, e desconforto por calor com maior tendência nos episódios representativos no mês de fevereiro.

Figura 22: Conforto térmico julho de 2021 às 9 h (a), 13 h (b) e 17 h (c).



Para os dados de conforto térmico foram calculados o desvio padrão dos períodos de registro nos diferentes horários, de modo a identificar a partir desta medida estatística o grau de dispersão com relação à média dos dados.

Em novembro o desvio padrão (Tabela 12) do conforto térmico se manteve em um grau de dispersão inferior a 1, com valores que variaram de 0,2 às 13 horas e 0,7 às 9 horas. Indicando que os dados nestes horários tiveram uma baixa variação.

Os episódios representativos de fevereiro apresentaram maior valor no desvio padrão entre todos os dados, chegando a 2,4 às 17 horas. A sua menor variação às 13 horas com 0,3.

O desvio padrão nos dias de coleta em julho também obtiveram resultados superiores a 1 no período das 17 horas com 1,2. E inferior a 1 às 9 horas e 13 horas, com valores 0,9 e 07, respectivamente.

Em suma, é possível constatar uma maior dispersão dos dados, ou seja, uma maior variabilidade dos dados no período das 17 horas, em que os resultados são superiores a 1 nos meses de fevereiro e julho. A menor dispersão dos dados se deu de forma consistente às 13 horas, com todos os valores iguais ou inferiores a 0,7.

Na observação do desvio padrão nos diferentes recortes temporais, o mês de novembro se destaca com os menores valores de variação dos dados, ou seja, há uma maior concentração dos dados em torno da média.

Tabela 12: Desvio padrão do conforto térmico às 9 h, 13 h e 17 h.

MESES	09 h	13 h	17 h
Novembro de 2020	0,7	0,2	0,6
Fevereiro de 2021	0,9	0,3	2,4
Julho de 2021	0,9	0,7	1,2

No mês de novembro (Tabela 13) fica marcante episódios de desconforto por frio no período das 17 horas. No mês de fevereiro (Tabela 14) destacam-se as situações de desconforto por calor às 13 horas. Em julho (Tabela 15) todos os dias e horários há desconforto por frio. As situações dentro da faixa confortável são alternadas entre os meses de novembro às 9 horas e 13 horas, e no mês de julho às 9 horas e 17 horas. Não havendo um horário nos diferentes meses, somente com situações confortáveis.

A tendência horária do conforto para as 9 horas em todos os meses de coleta esteve em desconforto por frio, em sua maioria, seguindo de situações confortáveis.

Já as 13 horas destaca-se por situações de desconforto por frio. Às 17 horas o grande predomínio é novamente de desconforto por frio.

Os dados em verde indicam as situações de conforto térmico, em azul desconforto por frio e vermelho desconforto por calor.

Tabela 13: Conforto térmico mês de novembro às 9 h, 13 h e 17 h.

	9 h	13 h	17 h
09/nov	21,3	25,3	19,2
10/nov	22,9	25,1	20,7
11/nov	23,1	25,2	19,6
12/nov	21,8	24,7	20,3
13/nov	22,3	24,7	-
Média	22,3	25,0	20,0
Desvio Padrão	0,7	0,2	0,6

Tabela 14: Conforto térmico mês de fevereiro às 9 h, 13 h e 17 h.

	9 h	13 h	17 h
01/fev	24,2	27,3	24,9
02/fev	25,1	-	20,2
03/fev	23,8	27,9	22,6
04/fev	25,8	27,5	26,6
05/fev	23,1	-	-
Média	24,1	27,5	23,6
Desvio Padrão	0,9	0,3	2,4

Tabela 15: Conforto térmico mês de julho às 9 h, 13 h e 17 h.

	9 h	13 h	17 h
12/jul	14	19,2	17,3
13/jul	14,4	19,5	16,8
14/jul	14,5	19,4	16,3
15/jul	15,5	21,2	18,7
16/jul	16,4	20,1	15,0
Média	15	19,9	16,8
Desvio Padrão	0,9	0,7	1,2

A partir da análise do ITR se observa o comportamento da umidade em que, valores mais altos de umidade relativa faz o índice de conforto por frio ficar mais próximo da temperatura do ar. Enquanto a umidade relativa mais baixa faz o índice de conforto por calor ficar mais distante da temperatura do ar.

8. CONFORTO TÉRMICO E NEBULOSIDADE EM ITAPECERICA DA SERRA/SP

Este capítulo tem como fundamento principal conectar os dados já trabalhados nos capítulos anteriores e compreender suas possíveis associações. Serão desenvolvidas investigações, sobretudo, no que concerne a relação entre nebulosidade, conforto térmico e situação sinótica a partir das cartas sinóticas da marinha. Analisando um índice de conforto aplicado a dados de coletas de campo e relacionados a nebulosidade observada.

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.

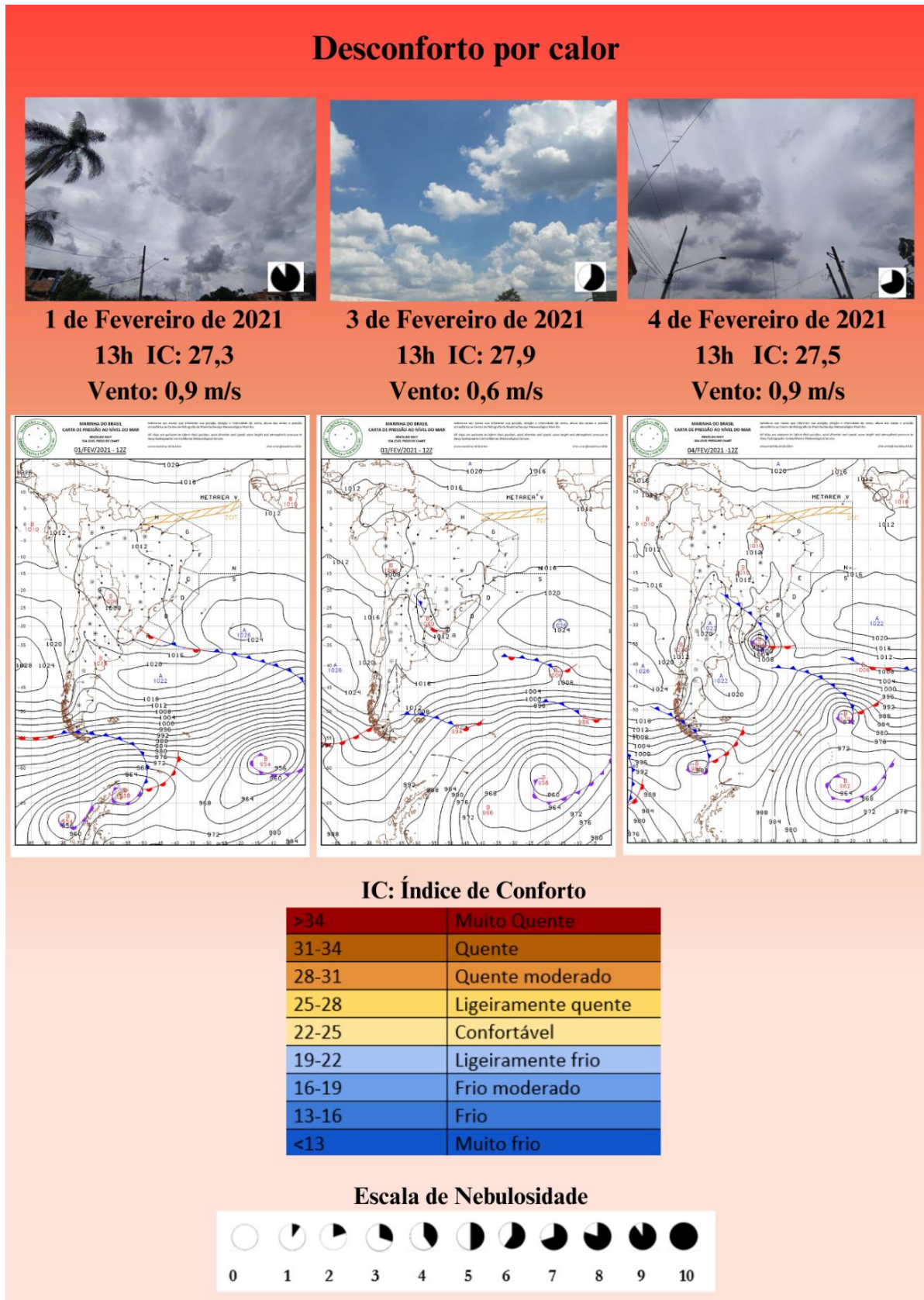
Os três episódios máximos de desconforto por calor ocorreram nos dados coletados no mês de fevereiro (Figura 23), na sequência de dias 1, 3 e 4. Estes resultados tiveram na variação horária às 13 horas como período de todos os casos. A sensação térmica do desconforto por calor se encontra na faixa acima 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.

No cálculo do índice de conforto não é utilizado o dado de velocidade do vento, no entanto, nesta síntese foi inserido este dado separadamente. A velocidade do vento não superou o valor de 1,0 m/s, indicando que nestes episódios ele não atenua a sensação de desconforto por calor.

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 e 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 23: Síntese do desconforto por calor.



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

A análise dos episódios nos indica que os máximos de desconforto por frio 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 as menores 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.

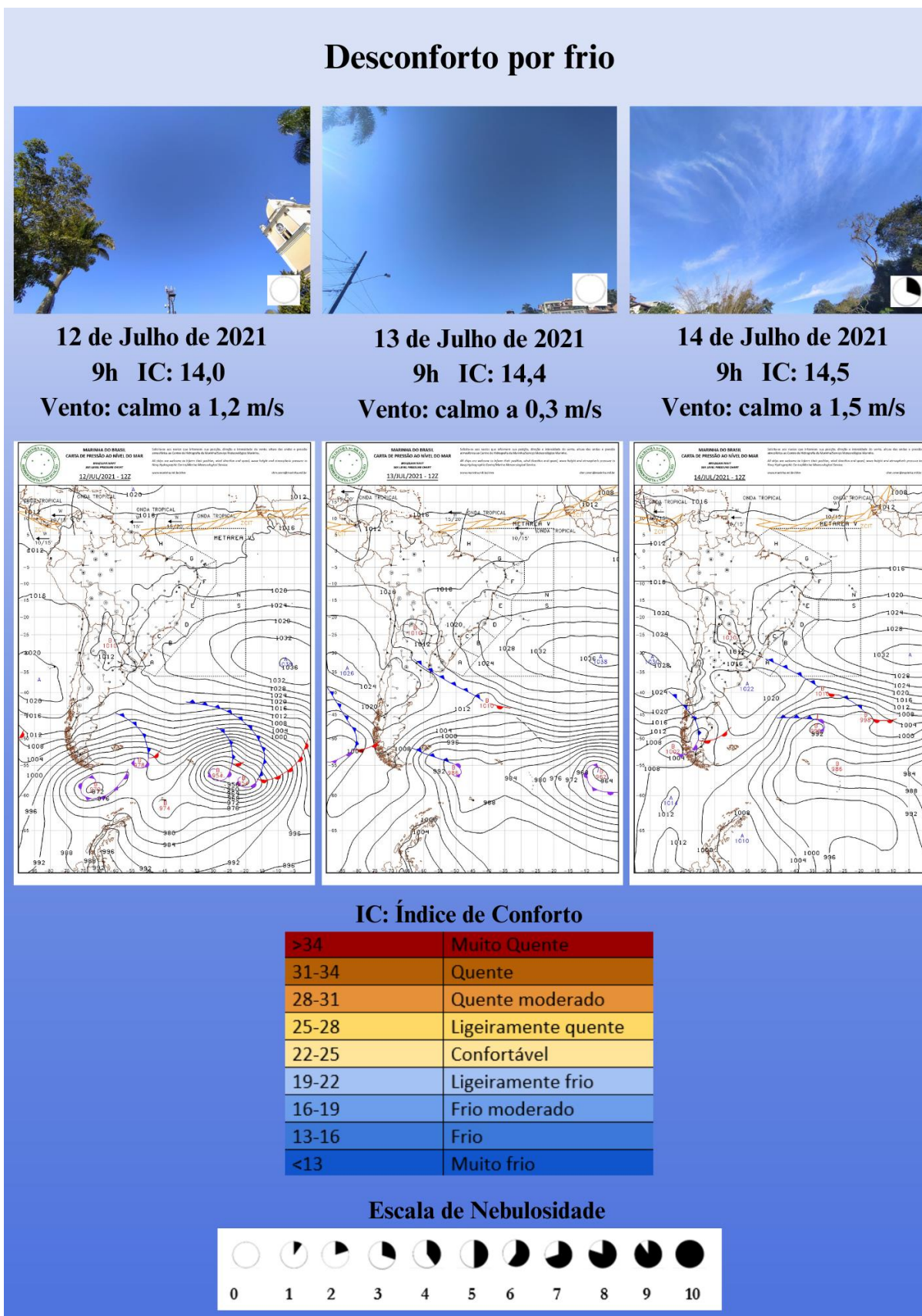
A escala de nebulosidade desses casos fica igual ou inferior a três, o que é confirmado através do registro fotográfico com o céu aberto. Nos dias 12 e 13 não há nenhum indício de nuvens no céu, com registro da escala de nebulosidade em zero e o dia 14 em três na escala de nebulosidade.

A velocidade do vento nestes casos do desconforto por frio variou de calmo a 1,5 m/s. Os valores foram superiores ao desconforto por calor, o que contribui para a sensação de frio.

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 a 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 da alta pressão subtropical, o que explica o céu sem a presença de nuvens.

Figura 24: Síntese do desconforto por frio.



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

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.

Sabendo que a temperatura da superfície é uma forçante que transfere para a temperatura do ar, é possível observar que os resultados de desconforto por calor acontecem nos dias de maior temperatura da superfície.

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 segunda faixa acima após o conforto térmico.

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

Nos episódios de dias confortáveis não é possível estabelecer um padrão específico de nebulosidade, uma vez que houve uma variação das nuvens nesses dias. Mas nota-se que há uma tendência de céu com nuvens, sejam elas baixas, médias ou altas.

De modo geral, pode-se considerar que a presença de nuvens no céu interfere no conforto térmico. Quando nuvens, sobretudo, 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 Itapeçerica 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, em 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.

A escala de nebulosidade apresentada nas figuras se relaciona com a normal climatológica quando indicam a baixa nebulosidade para o mês de julho, assim como uma maior frequência das nuvens em novembro e fevereiro. Se relaciona com o desconforto à medida que há presença de nuvens nas situações de desconforto por calor e o predomínio de céu claro nas situações de desconforto por frio.

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 Itapeçerica da Serra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais considerações serão aqui desenvolvidas e apontadas. Acerca das nuvens, 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 apresentam uma maior frequência de dias com céu claro ou nuvens altas, sobretudo *cirrus*. Nota-se baixa variação diária da nebulosidade neste mês, uma vez que pouco mudou o padrão das nuvens nos três períodos de coleta. Somente o dia 16, nos três horários, o padrão de nebulosidade foi diferente da frequência dos demais dias.

Os gráficos de evolução diurna da atmosfera com dados de temperatura do ar e umidade relativa indicaram, como já esperado, a inversão proporcional entre os dois elementos. À medida que a temperatura do ar diminuía, a umidade relativa aumentava, assim como conforme a temperatura do ar aumentava a umidade relativa diminuía. Isso pode ser constatado nos diferentes recortes temporais e horários.

A temperatura se mostrou elevada em novembro e fevereiro e com destaque para baixas temperaturas em julho. Na perspectiva horária é notável o aumento da temperatura do ar no período das 13 horas, uma vez que a exposição ao sol nos horários anteriores contribui para esse aumento da temperatura.

Para a umidade relativa, os horários de 9 horas e 17 horas foram marcos significativos de valores elevados e o período das 13 horas com menores valores de umidade relativa. Isto acontece, pois há uma tendência esperada para a UR ser mais baixa às 13 horas e ir aumentando até o período noturno.

Com a temperatura da superfície foi possível observar as temperaturas mais elevadas no asfalto e concreto, sobretudo nos períodos das maiores temperaturas do ar, às 13 horas, chegando a ultrapassar 50 °C. E as temperaturas mais amenas no solo argiloso.

O asfalto e o concreto são superfícies que com maior absorção e armazenamento de calor, o que gera no clima das cidades maior tendência de aumento da temperatura do ar, do que em áreas com solo exposto, por exemplo.

Uma vez que a temperatura da superfície atua como forçante para a temperatura do ar.

De modo geral, o conforto térmico apresentou situações mais próximas ou dentro do estabelecido como confortável pelo índice em novembro e fevereiro no período das 9 h. Já em julho, esse mesmo horário foi o responsável por apresentar o maior desconforto por frio do mês indicado no índice.

O período das 13 horas é marcado pelos valores mais elevados do índice de conforto, nos diferentes meses, porém, mesmo nos maiores valores em julho às 13 horas ainda se tem situação de desconforto por frio, mas resultados muito próximos do conforto. Em novembro e fevereiro, para este mesmo horário, temos situações de desconforto por calor, que pode ser associado com as maiores temperaturas do ar e da superfície que também aconteceram neste mesmo horário.

A síntese que analisa a relação entre a nebulosidade e o conforto térmico, indica que as situações de conforto não apresentam um padrão específico de tipo e altura de nuvem, mas que, de modo geral, em sua maioria são dias com presença de nuvens no céu, sejam elas altas, médias ou baixas.

Já para as situações de desconforto é possível observar uma tendência de padrão mais marcante entre os dois elementos nos três episódios mais marcantes. O desconforto por calor associa-se com dias de presença de nuvens no céu, sendo elas nuvens baixas como *cumulus*, por exemplo. Como já apresentado, estes dias de desconforto por calor se relacionam com os resultados de maior temperatura do ar e da superfície, e ocorrem no mês de fevereiro no período das 13 horas.

Os resultados do desconforto por frio ocorrem incisivamente em todos 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. Na análise sinótica, a alta pressão do Atlântico Sul nos dias de desconforto por calor justifica o céu claro sem nuvens.

As medidas mitigatórias podem ser desenvolvidas no sentido de reconhecer e analisar as situações de desconforto por calor e relacioná-las com os dias de altas temperaturas da superfície, que foram maiores no asfalto e concreto e interferem na temperatura do ar. Ou seja, estudar o desenvolvimento de áreas da cidade com

menor impermeabilização total e a incorporação de áreas com outros materiais construtivos de mais baixa transferência de calor que podem amenizar as situações de desconforto.

Nesse sentido, podemos utilizar os dados aqui apresentados como proposta de estudos a serem analisados e utilizados para o planejamento urbano e ambiental, considerando a tendência de nuvens para os meses, os contrastes nas temperaturas dos diferentes solos urbanos, a temperatura do ar e umidade relativa, que podem representar significativa resposta para o conforto térmico.

A contribuição científica deste estudo se estabelece pela relação complexa entre os fenômenos estudados, mas sobretudo a vinculação prática, uma vez que as elevadas temperaturas na superfície são um reflexo no tipo de nebulosidade e na sensação de conforto. Bem como na relação estabelecida entre dois elementos que pouco são relacionados, a nebulosidade e o conforto térmico.

Por conseguinte, pensar diferentes políticas públicas a partir dos resultados obtidos se torna indispensável para os estudos referente ao clima urbano de Itapeçerica da Serra. O avanço se consolida no âmbito do conhecimento sobre o clima local, contribuindo para uma aplicação prática no planejamento urbano e na qualidade de vida dos moradores que residem na cidade.

O aprofundamento pode ser estabelecido nos aspectos qualitativos que podem se desencadear futuramente. O uso de questionários e/ou entrevistas podem agregar desdobramentos que complementem os resultados já alcançados e avancem ainda mais no estudo do clima urbano.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. de C. T. **A produção do clima urbano em ambiente tropical: o exemplo de Presidente Prudente/SP**. Revista Geonorte, Ed. 2, v. 2, n. 5, 2012, p. 52, 64.
- AMORIM, M. C. de C. T. Clima urbano: estrutura térmica e ilhas de calor. In: AMORIM, M. C. de C. T. SANT'ANNA NETO, J. L. MONTEIRO, A (orgs). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras expressões. 1 ed. 2013, p.191-220.
- AMORIM, M.C. de C. T. **Estudo do conforto térmico em ambiente tropical**. Revista geográfica de América Central – número especial EGAL. Vol. 2, 2011, p. 1-17.
- AMORIM, M. C. de C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000, 374 p. Tese (Dourado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade São Paulo.
- ASSIREU, A. T. REBOITA, M. S. CORRÊA, M. de P. Observando o céu, quantificando as nuvens e praticando modelagem: um exercício de apoio ao aprendizado das ciências atmosféricas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 15001, 2011.
- 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 Alegre: Bookman. 9 ed. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa, p. 107-142.
- BRASIL, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Plano municipal específico dos serviços de saneamento básico – Drenagem Urbana**. Município de Itapeverica da Serra UGRHI 6, 2018.
- CARNICELLI, J. G. **Itapeverica da Serra: A integração da política urbana à gestão do sub-bacia Guarapiranga - O caso do Jardim Branca Flor (1997 a 2006)**. 2007. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Mapa interativo**. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/>. Último acesso em: 9 de nov. de 2022.
- 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.

DUBREUIL, V. FANTE, K. P. PLANCHON, O. SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Koppen de 1961 a 2015. **Open Edition Journals**, n. 37, 2018.

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.

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.

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.

FONSECA, M. M. S. S. **Análise da segregação por meio de geoprocessamento no município de Itapequerica da Serra**. 2012. Dissertação de Mestrado em Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo (USP).

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

GIOVANNI – Dados da Terra Nasa. **Fração total de nebulosidade**. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/M2TMNXRAD_5.12.4/summary>. Último acesso em 24 de abr. de 2023.

GIOVANNI – Dados da Terra Nasa. **Precipitação acumulada**. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM_3B42RT_Daily_7/summary>. Último acesso em: 24 de abr. de 2023.

Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (2016), TRMM (TMPA-RT) Precipitação quase em tempo real L3 1 dia 0,25 graus x 0,25 graus V7, editado por Andrey Savtchenko, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Acessado em: 28 de abr. de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Atlas escolar**. Disponível em: <https://atlas escolar.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/itapequerica-da-serra.html>>. Último acesso em: 19 de ago. de 2023.

IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. **Classificação das nuvens**. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/site_apoio/index.php>. Último acesso em: 29 de abr. de 2023.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Clima**. Disponível em: <<http://portal.inmet.gov.br/>>. Último acesso: 8. nov. de 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapas – Pluviômetros automáticos.** Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Último acesso: 9 de nov. de 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas <<https://clima.inmet.gov.br/progt>>. Último acesso em: 28 de abr. de 2023.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Synthesis Report.** Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf>. Último acesso em: 28 de abr de 2023.

LAMBERTS, R. XAVIER, A. A. de P. **Conforto térmico e stress térmico.** Florianópolis, p. 111, 2012.

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.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do departamento de geografia USP**, São Paulo, 2006.

LIMA, G. N. Características da temperatura e da umidade do ar, em Nova Andradina/MS. In: AMORIM, M. C. de C. T. SANT'ANNA NETO, J. L. MONTEIRO, A (orgs). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso.** São Paulo: Outras expressões. 1 ed. 2013, p. 267-288.

MELLO, M. A. R. MARTINS, N. SANT'ANNA NETO, J. L. **A influência dos materiais construtivos na produção do clima urbano.** Revista brasileira de climatologia, 2009, p. 27-40.

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

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.

MONTEIRO, C. A. de F. **O estudo Geográfico do clima.** Florianópolis: Cadernos Geográficos, n. 1, p. 73, 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano.** 1976. Tese (Livre-docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

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

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 203, 1998.

PDUI – Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (2016). **Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).** Disponível em: <https://www.pdui.sp.gov.br/rmsp/?page_id=56>. Último acesso em: 17 de nov. de 2020.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Atmosfera terrestre. In: PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e editora Agropecuária, 2002, p. 41-54.

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.

REBOITA, M. S. KRUCHE, N. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 165-179, 2018.

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. Escalas geográficas do clima. Mudança variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. de C. T. SANT'ANNA NETO, J. L. MONTEIRO, A (orgs). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras expressões. 1 ed. 2013, p. 75-91.

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

SALOMÃO, M. Itapeverica da Serra – SP: **A visualidade e a percepção do núcleo central pela memória iconográfica e comportamental**. Campinas. II encontro de história da arte (IFCH). 2006, p. 454-461.

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.

SENTELHAS, P. C. ANGELOCCI, L. R. **Radiação solar e balanço de energia – Meteorologia agrícola**. ESALQ/USP, 2012. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Aula5_2012.pdf>. Último acesso em: 27 de abr. de 2023.

SOUZA, A. P. **Evoluções, frações e estimativas das irradiações global, direta e difusa em superfícies inclinadas**. 2009. 130f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual; Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 666, 1988.

UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. Presidente Prudente-SP. 2012, 383f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

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: Edifio, p. 148, 2005.

VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. O mundo em que vivemos. In: VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: editora UFV, 2004, p. 15-43.

WALLACE, J.M. and HOBBS, P.V. **Atmospheric Science**: An Introductory Survey. 2nd Edition, Elsevier, Amsterdam, 2006.

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