

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Luana Writzl

**CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO DA
BICICLETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SC, EM SITUAÇÃO VERANIL**

Santa Maria, RS

2022

Luana Writzl

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO DA BICICLETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SC, EM SITUAÇÃO VERANIL

Orientador: Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann

Santa Maria, RS

2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Writzl, Luana
Conforto térmico humano em caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú - SC, em situação veranil / Luana Writzl.- 2022.
103 p.; 30 cm

Orientador: Cássio Arthur Wollmann
Coorientador: João Paulo Assis Gobo
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, RS, 2022

1. Conforto Térmico Humano Externo 2. Bicicleta 3. Clima Urbano 4. Bioclimatologia Humana 5. Microclima I. Wollmann, Cássio Arthur II. Assis Gobo, João Paulo III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, LUANA WRITZL, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Luana Writzl

**CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO
DA BICICLETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SC, EM SITUAÇÃO
VERANIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Aprovada em 23 de Setembro de 2022

**Cássio Arthur Wollmann, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Emerson Galvani, Dr. (USP)

Giane de Campos Grigoletti, Dr^a. (UFSM)

Santa Maria, RS

2022

AGRADECIMENTOS

Seria raso dar nome a tudo e a todos que fizeram parte da minha existência enquanto realizei esse trabalho em continuação, pois não seria o suficiente. Certa vez li que palavras são como flores e acrescento que também são como sentimentos. Palavras vem e vão, crescem e morrem, e as vezes mudam conforme a estação. Mas para além disso, palavras são portais e fico feliz por abrir vários com o tempo e em lugares diferentes.

Agradeço a Deus pelas janelas, que me deixaram curiosa para olhar para fora, ás portas abertas que atravessei sem piscar e também pela coragem de bater naquelas que estavam fechadas. Agradeço pelos acertos e pelos fracassos. Confio no caminho que tens para mim.

Agradeço a UFSM por já ser o meu lar meses antes do meu nascimento, foi lar do meu pai e da minha mãe. A Universidade Federal de Santa Maria sempre será uma parte de mim que está em constante crescimento e mudança. Agradeço pelo desenvolvimento pessoal, pelas diferentes perspectivas, agradeço pelas relações sociais, e por me construir tanto. Tenho um amor muito grande por esse imenso portal que cria tantos outros.

Agradeço à Coordenação de de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo subsídio financeiro durante toda a realização desse trabalho.

Agradeço ao meu pai, minha mãe e meu irmão pelo suporte amoroso, por dividir tudo que não tem como ser só, pela estrutura, pelo exemplo, e pela inspiração. Também a minha tia clau, pelo tempo, o espaço e o carinho, pelo aprendizado que construímos juntas ao longo dos anos.

Ao meu Orientador e amigo Cássio que ensina, aconselha, e divide momentos maravilhosos de muita reflexão. Agradeço pela confiança e pela parceria, pelo aprendizado que vai muito além da climatologia. Também agradeço aos colegas de laboratório e de pesquisa. Não cabe em palavras o quanto eu me sinto privilegiada por poder conviver com vocês e aprender tanto.

Agradeço aos amigos da geografia pelos bons momentos vividos, pelas risadas de doer a barriga, pelas caminhadas geográficas, pelos amores geográficos, e até pelos nós. Agradeço também aos amigos que vão muito além da geografia ou fazem parte de um contexto fora dela. A vida é mais leve tendo vocês por perto e justamente por isso, vocês fazem grande parte da base desse trabalho e muitos que virão.

Agradeço pelos conselhos, pelo ombro amigo, pelas fofocas e risadas, pelo vinho, pela preocupação, pela inspiração para escrever aquele poema, pelo chimarrão no CEFD, por Balneário Camboriú, pelo túnel do tempo, por ser a minha duplinha, pelos puxões de orelha, pelos portais, pelas noites, as tardes e os dias. Agradeço a climatologia, agradeço ao amor e agradeço a minha perseverança.

Agradeço até pelo vento norte, que trouxe e levou muita coisa, mas agradeço principalmente pelas paixões que guardo dentro de mim e as que hão de florescer com os anos, pois elas se apresentam na parte que mais gosto da vida que é arte que mora em mim e me deixam viva, apesar do constante sentimento da confusão que é ser.

Existem portais dentro de uma grade ou através de uma janela.

Abrimos portais quando escrevemos uma carta
ou quando pintamos sobre aquilo que não cabe.

Eles não se veem apenas com os olhos,
é sobre o tempo, é sobre o espaço
e é sobre mudança e decisão.

-A própria autora

“...O amor é tudo que nós dissemos que não era...”

(BUKOWSKI, p.75, 2015).

RESUMO

CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO DA BICICLETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SC, EM SITUAÇÃO VERANIL

AUTORA: Luana Writzl

ORIENTADOR: Cássio Arthur Wollmann

Esta pesquisa tem o objetivo de compreender o nível de (des)conforto térmico humano, em relação aos diferentes microclimas presentes no entorno dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú, no verão. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática para identificar trabalhos já existentes que pudessem colaborar com o tema da pesquisa. Posterior a isso, foi realizada a caracterização da morfologia urbana da área de estudo através das Zonas Climáticas Locais e do Fator de Visão do Céu, a fim de contribuir para a escolha das rotas a serem percorridas pelos caminhos existentes na cidade, durante às 9 horas e às 16 horas em dois dias diferentes, com aparelhos meteorológicos acoplados à bicicleta. Foi avaliado o conforto térmico no verão, a partir dos índices PET e UTCI. Os resultados apresentaram que, às 9 horas há maior tendência de desconforto térmico na parte leste da cidade e na parte oeste os valores diminuem, já às 16 horas ocorre o inverso independente da nebulosidade. Foi encontrado conforto térmico apenas às 16 horas em ambos os dias, no dia 11 de janeiro de 2022, apenas o índice UTCI apresentou conforto em 58% das rotas nesse horário. No dia 14 de janeiro de 2022, o índice PET demonstrou que 24% das rotas estavam confortáveis, já o índice UTCI apresentou que 100% delas estavam em conforto térmico às 16 horas. Os dados obtidos através das mensurações móveis em conjunto com dados de caracterização de estrutura, posição e (im)permeabilidade urbana encontrados, forneceram embasamento para compreender o (des)conforto térmico encontrado através das faixas interpretativas do PET e UTCI para climas subtropicais.

Palavras-chave: Conforto Térmico Humano Externo. Bicicleta. Clima Urbano. Bioclimatologia Humana. Microclima.

ABSTRACT

OUTDOOR HUMAN THERMAL COMFORT IN BIKE PATHS OF BALNEÁRIO CAMBORIÚ- SC, IN SUMMER SITUATION

AUTHOR: Luana Writzl

ADVISOR: Cássio Arthur Wollmann

This research aims at comprehending the level of human thermal (dis)comfort in relation to the different microclimates present in the surroundings of Balneário Camboriú's bikeways in the summer. To that aim, a systematic review was conducted to identify the existing publications that could comply with the research topic. Later, a characterization of the urban morphology in the area of interest was conducted using Local Climate Zones and Sky View Factor, in order to contribute to the choice of routes to be traversed through the existing bikeways, at 9 a.m. and 4 p.m. in two different days, with meteorological equipment attached to the bicycle. The thermal comfort in the summer was evaluated using the Physiological Equivalent Temperature (PET) and Universal Thermal Climate Index (UTCI) indexes. The results showed that at 9 a.m. there is a greater tendency of thermal discomfort at the eastern part of the city and that the values diminish at the western part, whereas at 4 p.m. the opposite occurs regardless of haziness. Thermal comfort was only observed at 4 p.m. in both days; at January 11th 2022, only the UTCI showed comfort at this hour, in 58% of the pathways. At January 14th 2022, the PET index showed that 24% of the pathways were comfortable, whereas the UTCI showed that 100% of them were thermally comfortable at 4 p.m. The data obtained from these mobile measurements, together with the data about structure, position and urban (im)permeability gave the groundings to comprehend the human thermal (dis)comfort estimated from the interpretative ranges of PET and UTCI for subtropical climates.

Keywords: External Human Thermal Comfort. Bicycle. Urban Climate. Human Bioclimatology. Microclimate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização do município de Balneário Camboriú.....	22
FIGURA 2 - Verticalização e ampliação da faixa de areia à beira-mar.....	23
FIGURA 3 – Caminhos disponíveis ao uso da bicicleta na cidade.....	24
FIGURA 4 - Mapa de localização da área de estudo.....	25
FIGURA 5 - Os diferentes ambientes disponíveis nos trajetos.....	26
FIGURA 6 - Imagem representativa dos morros que circundam a cidade.....	28
FIGURA 7 - Vegetação presente próxima às rotas.....	30
FIGURA 8 - Imagem representativa da altitude presente na área de estudo....	31
FIGURA 9 - Mapa de Densidade Populacional por setor censitário.....	32
FIGURA 10 - Esquema da Mesoescala, Escala Local e Microescla.....	36
FIGURA 11 - Conjunto de variáveis que afetam o conforto térmico.....	39
FIGURA 12 - Fluxo de vento em diferentes geometrias urbanas.....	47
FIGURA 13 - Características de estrutura e (im)permeabilidade das LCZ.....	49
FIGURA 14 - LCZs em diferentes ambientes de Balneário Camboriú.....	50
FIGURA 15 - Imagem com a lente olho de peixe representando a vista do céu...51	
FIGURA 16 - Distribuição espacial do SVF para nove tipos de LCZs em	52
FIGURA 17 - Aplicação da LCZ <i>Generator</i>	55
FIGURA 18 – Instrumentos utilizados para a realização das fotos do SVF.....	56
FIGURA 19 – Abrigos de baixo custo com os <i>dataloggers</i> acoplados.....	57
FIGURA 20 – Conjunto de equipamentos fornecidos pela METOS BRASIL.....	58
FIGURA 21 – Estações metereológicas fixas.....	59

FIGURA 22 – <i>Dataloggers</i> modelo HOBO U23-001.....	60
FIGURA 23 – Equipamentos acoplados na bicicleta.....	61
FIGURA 24 – Aplicativo utilizado para reconhecimento de variáveis.....	62
FIGURA 25 – Espacialização das mensurações móveis.....	62
FIGURA 26 – Títulos encontrados nas plataformas selecionadas	65
FIGURA 27 – Títulos selecionados para a leitura do resumo.....	66
FIGURA 28 – Resumos selecionados.....	66
FIGURA 29 – Trabalhos restantes após leitura completa.....	67
FIGURA 30 – LCZ 3 e LCZ 1.....	70
FIGURA 31 – Mapa das LCZs em Balneário Camboriú com as rotas.....	71
FIGURA 32 – LCZs presentes nos transectos e pontos de SVF.....	72
FIGURA 33 – Cálculos do SVF.....	73
FIGURA 34 – Diagnóstico e relação entre LCZs e SVF.....	74
FIGURA 35 – Cartas sinóticas do dia 11 e 14 disponibilizadas às 12 horas.....	77
FIGURA 36 – Variações de Ta (°C), URA (%) e TRM (°C) no dia 11 de janeiro...80	
FIGURA 37 – Variações de Ta (°C), URA (%) e TRM (°C) no dia 14 de janeiro...81	
FIGURA 38 – Resultados PET e UTCI para o dia 11 de janeiro de 2022.....	89
FIGURA 39 – Resultados PET e UTCI para o dia 14 de janeiro de 2022.....	90
FIGURA 40- Correlação entre SVF e os índices PET e UTCI às 09:00.....	93
FIGURA 41- Correlação entre SVF e os índices PET e UTCI às 16:00.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Níveis de classificação PET para conforto térmico.....	42
TABELA 2 - Faixas de estresse térmico para UTCI.....	43
TABELA 3 - Faixas interpretativas do PET calibradas para climas subtropicais....	64
TABELA 4 - Faixas interpretativas do UTCI calibradas para climas subtropicais...	64
TABELA 5 - Variação da temperatura média do ar no momento dos transectos...	76
TABELA 6 - Dados de radiação disponíveis para os dias 11 e 14 de janeiro.....	76
TABELA 7 - Faixas interpretativas encontradas nas rotas para o PET e UTCI no dia 11 de janeiro de 2022.....	87
TABELA 8 - Faixas interpretativas encontradas nas rotas para o PET e UTCI no dia 14 de janeiro de 2022.....	87

LISTA DE SIGLAS

AMP	Abrigo Meteorológico de Polipropileno
APA	Anticiclone Polar Atlântico
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CLD	Camada Limite do Dossel Urbano
CLU	Clima da Camada Limite Urbana
EMASA	Empresa Municipal de Água e Saneamento
FPA	Frente Polar Atlântica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCZ	Local Climate Zones
MPV	Massa Polar Velha
MTA	Massa Tropical do Atlântico
MTC	Massa Tropical Continental
PET	Temperatura Fisiológica Equivalente
SVF	Sky View Factor
TA	Temperatura do Ar (C °)
TRM	Temperatura Radiante Média (°C)
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
URA	Umidade Relativa do Ar (%)
UTCI	Índice de Clima Térmico Universal
WUDAPT	World Urban Database and Access Portal Tool

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	JUSTIFICATIVA	18
3	OBJETIVOS	20
3.1	OBJETIVO GERAL.....	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4	A GEOGRAFIA DOS CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO DA BICICLETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ	21
4.1	PANORAMA GERAL.....	21
4.2	A ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.2.1	Rota 1 (Ponto A ao I)	27
4.2.2	Rota 2 (Ponto J ao U)	29
5	REVISÃO TEÓRICA E SISTEMÁTICA	34
5.1	DEFINIÇÕES ESCALARES PARA O CLIMA URBANO.....	34
5.2	BIOCLIMATOLOGIA HUMANA.....	37
5.2.1	Conforto térmico humano em espaços abertos	37
5.2.2	Mensuração de Conforto Térmico Humano Externo	38
5.2.2.1	Fatores ambientais de Conforto Térmico.....	39
5.2.2.2	Fatores individuais de Conforto Térmico.....	40
5.2.3	Índices para conforto térmico humano externo	41
5.3	INFLUENCIADORES DO MICROCLIMA.....	44
5.3.1	Circulação Atmosférica	44
5.3.2	Posição, Estrutura e (Im)permeabilidade	45
5.3.2.1	Edifícios: Impermeabilidade.....	46
5.3.2.2	Permeabilidade Urbana.....	48
5.4	CARACTERIZADORES DA MORFOLOGIA URBANA: LCZ e SVF.....	48
6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
6.1	REVISÃO SISTEMÁTICA.....	53
6.2	MAPEAMENTO DE LCZs.....	54

6.3	CÁLCULOS DE SVF.....	55
6.4	MENSURAÇÕES FIXAS E MÓVEIS.....	56
6.4.1	Estações fixas.....	56
6.4.2	Transectos: Estações Móveis.....	59
6.5	TRATAMENTO E MAPEAMENTO DOS DADOS OBTIDOS.....	61
6.5.1	Localização dos dados.....	61
6.6	ÍNDICES PET E UTCI: CALIBRAÇÃO PARA REGIÕES SUBTROPICAIS..	63
7	RESULTADOS.....	65
7.1	REVISÃO SISTEMÁTICA.....	65
7.1.1	Bicicleta para mensuração móvel: panorama internacional.....	68
7.2	CARACTERIZADORES DA MORFOLOGIA URBANA:LCZ E SVF.....	69
7.1	VERÃO: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CONFORTO TÉRMICO HUMANO...	75
7.1.1	Situação atmosférica doas dias 11 e 14 de janeiro de 2022.....	75
7.1.2	Variáveis ambientais obtidas através das mensurações móveis.....	78
7.1.2.1	Discussão dos resultados das variáveis ambientais com a morfologia urbana.....	82
7.1.3	Índices PET e UTCI.....	85
7.1.3.1	Discussão dos resultados dos índices PET e UTCI.....	91
8	CONCLUSÃO.....	95
9	REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

As peculiaridades ambientais climáticas dos centros urbanos, consequentes da dinâmica gerada pelo aumento de edifícios e de pessoas resultam nas alterações do clima da camada limite urbana (OKE, 1978). Com o crescimento da verticalização, a busca por espaços abertos em centros urbanos é evidente, tornando as discussões sobre o conforto térmico ao ar livre mais frequentes e com grande relevância em diferentes áreas da ciência (NIKOLOPOULOU, 2011).

Sobretudo, cidades com áreas pequenas, que recebem um grande fluxo de pessoas em épocas específicas do ano, buscam alternativas que auxiliem na mobilidade urbana, pois o trânsito acaba por se tornar um desafio, como é o caso de Balneário Camboriú (BATISTA e BOCHNER, 2018; IBGE, 2019). A procura por meios alternativos de locomoção se torna indispensável, e, nesse sentido, é notável a quantidade de caminhos disponíveis ao uso da bicicleta presentes na cidade em comparação com outras cidades do Brasil (BEAUTING e MARTIM, 2016). Nesse sentido, tem-se observado constantes notícias¹ na mídia referentes a informações e planejamentos futuros relacionados ao aumento e melhoria desses caminhos.

Dentro da mesma cidade, em diferentes caminhos destinados ao uso da bicicleta, há ambientes diversos em relação a estrutura e (im)permeabilidade (OKE et al. 2017), que podem gerar áreas quentes moderadas ou frias que interferem de certa forma em operações humanas, podendo inclusive afetar no desempenho e na capacidade de concentração em atividades físicas (PARSONS, 2007). Nesse sentido, em atividades ao ar livre, condições climáticas adversas podem criar desconfortos térmicos e mudar ou arruinar as experiências das pessoas que buscam realizar essas atividades (VASILIKOU e NIKOLOPOULOU, 2020). Vasilikou e Nikolopoulou (2020), afirmam ainda que:

[...] a pessoa em o movimento entre espaços interligados realiza uma atividade física que promove tanto a sustentabilidade (como meio de transporte) quanto o bem-estar (em termos de saúde física e interação social). Durante esta atividade, as pessoas reúnem experiências multissensoriais que informam seu estado de conforto durante a

¹ <https://www.bcnoticias.com.br/balneario-camboriu-tera-90-km-de-ciclovias-ate-2020/>
<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/09/30/fotos-ciclovias-em-zigue-zague-que-previne-acidentes-e-implementada-em-balneario-camboriu.ghtml>
https://www.bc.sc.gov.br/imprensa_detalhe.cfm?codigo=13613

navegação e orientação no espaço público. Este último pode ser concebido como uma série de entidades urbanas (ruas, praças, alargamentos, suks, parques, espelhos d'água, etc.) que se interligam em uma sequência urbana contínua [...] (VASILIKOU e NIKOLOPOULOU, 2020, p.1).

Metodologias inovadoras relacionadas à mensuração de variáveis ambientais necessárias a estudos relacionados ao conforto térmico em espaços abertos têm surgido e já apresentaram resultados positivos, como no caso de transectos que realizam medições móveis com o auxílio de uma bicicleta. Nesse sentido, é possível identificar o (des)conforto térmico externo através dessa metodologia (FANGER, 1973; PARSONS, 2007; RAJKOVICH e LARSEN, 2016; NASTOS et al. 2017; LEHNERT et al. 2018; VANOS et al. 2019).

Sabendo que as condições ambientais geram diferentes microclimas, e consequentemente podem gerar conforto ou desconforto térmico na população que utiliza os caminhos para as mais diversas atividades, torna-se necessário identificar como as características físicas (radiação solar, visão do céu, vegetação, entre outros) estão contribuindo para variações locais que podem aumentar a exposição humana ao desconforto (COSEO, 2013), tais características podem ser definidas através dos métodos de caracterizadores da morfologia urbana, como por exemplo, as *Local Climates Zones* (DEMUZERE et al. 2021) e o *Sky View Factor* (OKE et al. 2017).

Esses métodos, aliados aos dados de fatores ambientais como de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura média radiante, fornecem embasamento para compreender os microclimas resultantes de centros urbanos, sob o ponto de vista do conforto térmico (MILOŠEVIĆ et al. 2020; JIN et al. 2020; VANOS et al. 2019), ao utilizar índices como o Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) e o Índice de Clima Térmico Universal (UTCI), que de acordo com Oke et al. (2017), são os melhores índices de conforto térmico por fornecerem uma descrição completa dos processos biofísicos que sustentam o estado térmico do corpo.

2 JUSTIFICATIVA

Os estudos relacionados aos climas urbanos começaram a existir no início do século XIX, mas muitos fundamentos foram determinados somente nas últimas décadas, principalmente devido às complexas interações entre a atmosfera e a forma e função urbana (OKE et al. 2017). Ao buscar compreender a fundo o clima urbano nas cidades brasileiras, entende-se que na maioria delas os estudos são muito recentes. Sabendo disso, padronizar estudos urbanos torna-se impossível quando cada cidade possui uma variedade de tecidos com propriedades climáticas ativas muito diferentes, ou seja, a superfície urbana é muito complexa em cada localidade, principalmente em relação a um país que apresenta variações climáticas muito próprias de cada região (BORSATO, 2016; OKE et al. 2017; ALVARES et al. 2014). Assim, torna-se muito importante os estudos microclimáticos, levando em conta a variabilidade climática gerada na mesma cidade em diferentes ambientes, como ruas, quarteirões e bairros, consequentes principalmente, dos movimentos antrópicos (OKE et al. 2017).

Nesse sentido, verticalizações extremas por edifícios podem vir a ocorrer em determinadas localidades por diversos fatores, como por exemplo, em função da falta de espaço em áreas de grandes especulações imobiliárias, e isso automaticamente pode tornar as ruas nesses ambientes mais estreitas gerando calor e umidade. Essa afirmação poderia ser apenas uma ligação lógica de fatores, mas em Balneário Camboriú é real, pois toda a estrutura urbana edificada se concentra em um espaço limitado de 6 quilômetros de comprimento (IAUC, 2020).

As condições climáticas afetam o conforto térmico da população, principalmente em cidades onde o fluxo turístico é muito intenso (ADIGUZEL, 2022). É na área urbana de alta densidade de verticalização de Balneário Camboriú em que os primeiros andares dos grandes edifícios são ocupados pelo comércio em geral, gerando um fluxo altíssimo de movimento de pessoas, carros, ciclistas entre outros, em um espaço muito reduzido (BUENO, 2016), fluxo que aumenta ainda mais nas estações quentes (IBGE, 2019). O grande volume de tráfego de veículos e pessoas em um espaço tão curto e verticalizado gera uma grande quantidade de emissão de calor antropogênico e acabam por incapacitar a circulação de vento, fatores esses, que podem interferir significativamente na temperatura do ar.

A fim de contribuir com a mobilidade urbana e resolver problemas advindos do alto tráfego de veículos, percebe-se que com o passar dos anos, Balneário Camboriú tem aumentado o número de espaços para ciclistas, incentivando o uso da bicicleta como meio de transporte, que é eficiente, econômico, sustentável, e que também aumenta a qualidade de vida da população (MARTIM, 2014).

Além disso, outro fator que pode alterar a temperatura em relação aos edifícios é o sombreamento em determinadas ruas, que reduz a radiação de onda longa (XU et al. 2020). Já existem áreas na cidade de Balneário Camboriú que jamais receberão balanço positivo de radiação novamente, promovendo sombreamento permanente em ruas e na praia (WOLLMANN et al. 2021a). Não obstante a peculiaridade relacionada aos cânions urbanos, sua localização acrescentada à forma urbana torna a cidade muito particular. Dentre todas as cidades, Balneário Camboriú se diferencia por se concentrar em um espaço significativamente limitado, sendo a única cidade litorânea densamente verticalizada na latitude dos 27° no Hemisfério Sul (WOLLMANN et al. 2021a).

Em ambientes complexos, em que as variáveis ambientais estão submetidas a mudanças bruscas, como em Balneário Camboriú, estudos relacionados ao conforto térmico são essenciais, principalmente em relação a atividades ao ar livre, como no uso da bicicleta (VASILIKOU e NIKOLOPOULOU, 2020), pois quando a resposta do corpo humano às variáveis ambientais diversas não for adequada, podem ocorrer diversos problemas de ordem física e emocional (PARSONS, 2007).

Nesse sentido, “sabe-se que os elementos construtivos determinam as condições de conforto de um ambiente; dessa forma, proporcionar ambientes termicamente confortáveis significa permitir melhores condições de vida” (GOBO, 2018). Além disso, conhecer como funcionam as inter-relações do ambiente climático possibilita desenvolver estratégias precisas relacionadas aos possíveis futuros danos consequentes das modificações urbanas, podendo evitar prejuízos relacionados à saúde da população e financeiros (OKE et al. 2017). A hipótese de que a estrutura, posição e (im)permeabilidade urbana influenciam nos parâmetros ambientais, gerando (des)conforto térmico.

Portanto, o presente estudo busca responder à questão: **Qual o nível de (des)conforto térmico humano em relação aos diferentes ambientes nos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú, no verão?**

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como objetivo geral compreender o nível de (des)conforto térmico humano, em relação aos diferentes microclimas presentes no entorno dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú, no verão.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão sistemática sobre o estado da arte.
- Caracterizar a morfologia urbana da área de estudo.
- Validar mensurações móveis com bicicleta nas ciclorrotas de Balneário Camboriú.
- Avaliar o (des)conforto térmico humano veranil, no entorno dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta.

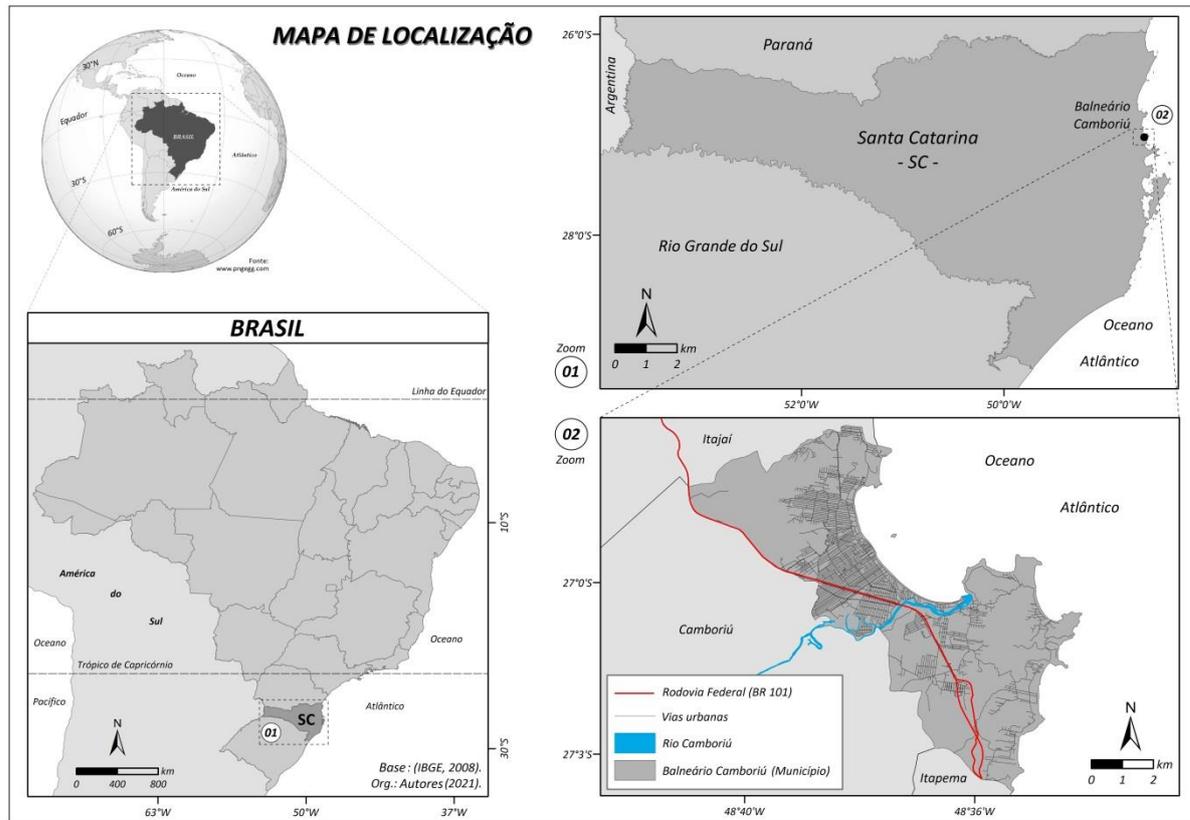
4 A GEOGRAFIA DOS CAMINHOS DISPONÍVEIS AO USO DA BICILETA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ

Este capítulo apresenta a configuração geográfica da área de estudo. Cabe salientar que toda a contextualização exposta neste capítulo é de grande importância para a compreensão total da área de estudo que é composta por trajetos que fazem parte de ciclorrotas da cidade de Balneário Camboriú. Inicialmente será exposto de forma geral a caracterização da cidade da qual a área de estudo está localizada, posteriormente, haverá a caracterização dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta presentes em Balneário Camboriú e por último a área de estudo será apresentada juntamente com a geografia que a compõe.

4.1 PANORAMA GERAL

A cidade de Balneário Camboriú surgiu no ano de 1964, quando foi emancipada do município de Camboriú. Ela localiza-se na costa do litoral norte, do estado de Santa Catarina) e suas coordenadas são $-26^{\circ} 59' 26''$ de latitude e de longitude $-48^{\circ} 38' 04''$ (MUNICÍPIO, 2019). Seu território possui uma extensão de 45,21 km² com diversos usos turísticos, e complexa verticalização relacionada ao setor imobiliário. A partir de Figura 1, é possível observar a localização da cidade, através de um mapa.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Balneário Camboriú



Fonte: IBGE, (2010).

A partir desse contexto, Balneário Camboriú possui cerca de 142.295 habitantes, mas esse número é alterado entre dezembro e março, chegando a mais de 1.000.000 de turistas na alta temporada, e a cidade passa por atingir uma das maiores densidades demográficas do Brasil (IBGE, 2018; IBGE, 2019). Bueno (2016), afirma que:

É o maior centro turístico da orla catarinense, quinto em nível nacional e quarto polo de recepção de turistas estrangeiros do país. Durante as temporadas de verão transforma-se na maior cidade do estado, com cerca de 800 mil frequentadores, que se alojam (em torno de 27% dos visitantes) em cerca de 130 empreendimentos, perfazendo 18 mil leitos, entre hotéis, pousadas e campings e em outros modos de hospedagem, que superam a capacidade da hotelaria (em torno de 73%), com segundas residências e alugueis de casas e apartamentos numa dinâmica que envolve praias e cidades vizinhas (BUENO, 2016, p.8).

Em relação a alta densidade de verticalização a beira mar e em um ambiente reduzido, Peters (2016), cita que, “suas dimensões geográficas, a implantação da BR-

101 e a mercantilização da área litorânea, ao mesmo tempo em que limitaram o crescimento da cidade, forçaram a verticalização da área central.

Através da Figura 2, é possível observar a verticalização a beira mar, e o alargamento da faixa de areia realizado na cidade.

Figura 2: Verticalização e ampliação da faixa de areia à beira-mar



Fonte: Fotografias realizadas durante a saída de campo (2020; 2022).

À esquerda é possível observar a faixa de areia antes do alargamento (aproximadamente 25 metros) e a direita, depois do alargamento (aproximadamente 75 metros)²

Em 2021, começaram as obras relacionadas ao alargamento da faixa de areia em Balneário Camboriú, que triplicou seu tamanho, como é possível observar na figura 2. Essa obra ocorreu a fim de colaborar com questões socioambientais e para impulsionar os importantes setores da economia da cidade³. Nesse sentido, levando em conta o alto teor de movimento em determinadas épocas do ano, tornou-se necessário também, que o município pensasse em deslocamentos alternativos, como projetos cicloviários justamente devido ao grande movimento de pessoas e trânsito caótico que acaba por reduzir a qualidade de vida na mobilidade da população. O aumento dos caminhos que possibilitam a utilização da bicicleta tem se mostrado uma solução sustentável em diversos países (NADER, 2019; LARGURA, 2012).

Nesse sentido, as ciclorrotas podem ser definidas como, “caminhos preferenciais para o ciclista que deseja se deslocar entre um par origem/destino, assim, uma ciclorrota pode ser vista como a melhor rota ciclável disponível” (OSÓRIO, 2018).

² (Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/12/03/veja-como-ficou-a-praia-de-balneario-camboriu-apos-megaobra-de-alargamento-de-faixa-de-areia.ghtml>)

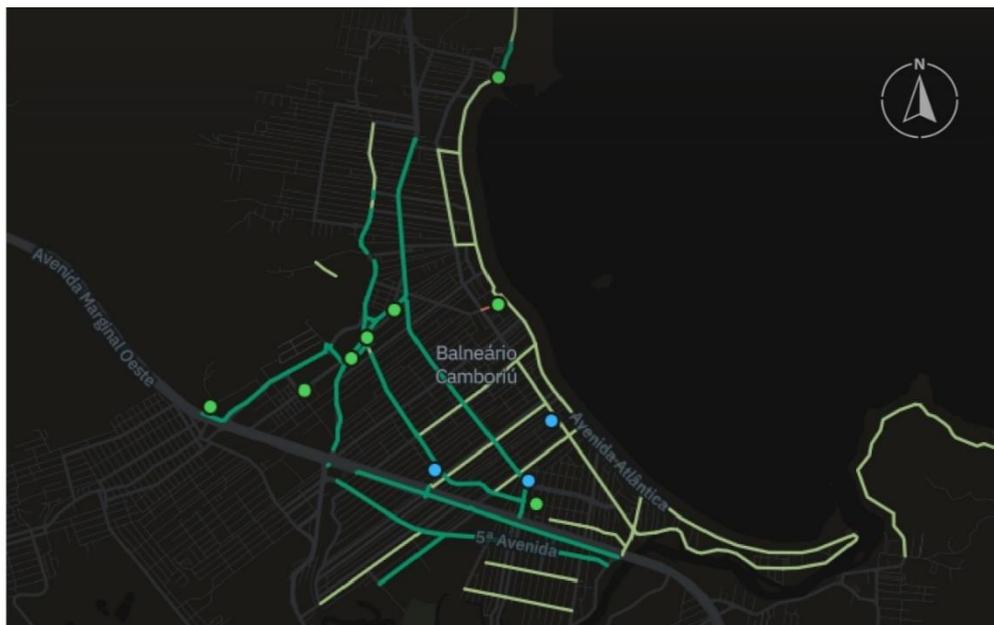
³ (Disponível em: <http://www.novapraiacentral.com.br>)

Por outro lado, as ciclovias são feitas exclusivamente para bicicletas, enquanto as ciclofaixas são uma parte da pista, delimitada por sinalizações, destinada a mobilidade de bicicletas (GEIPOT, 2001; BRASIL, 2007). De acordo com a prefeitura de Balneário Camboriú, Martim (2014, p.1), cita que:

Buscando maior mobilidade urbana, Balneário Camboriú tem investido cada vez mais em ciclovias e ciclofaixas compartilhadas, priorizando a humanização do trânsito. [...] O investimento público em ciclofaixas e ciclovias incentiva o uso da bicicleta como um meio de transporte eficiente, econômico e sustentável, aumentando também a qualidade de vida de seus munícipes (MARTIM, 2014, p.1).

Através do site ciclomapa, é possível observar os caminhos disponíveis ao uso da bicicleta presentes atualmente na cidade de Balneário Camboriú, como é possível observar figura 3.

Figura 3: Caminhos disponíveis ao uso da bicicleta



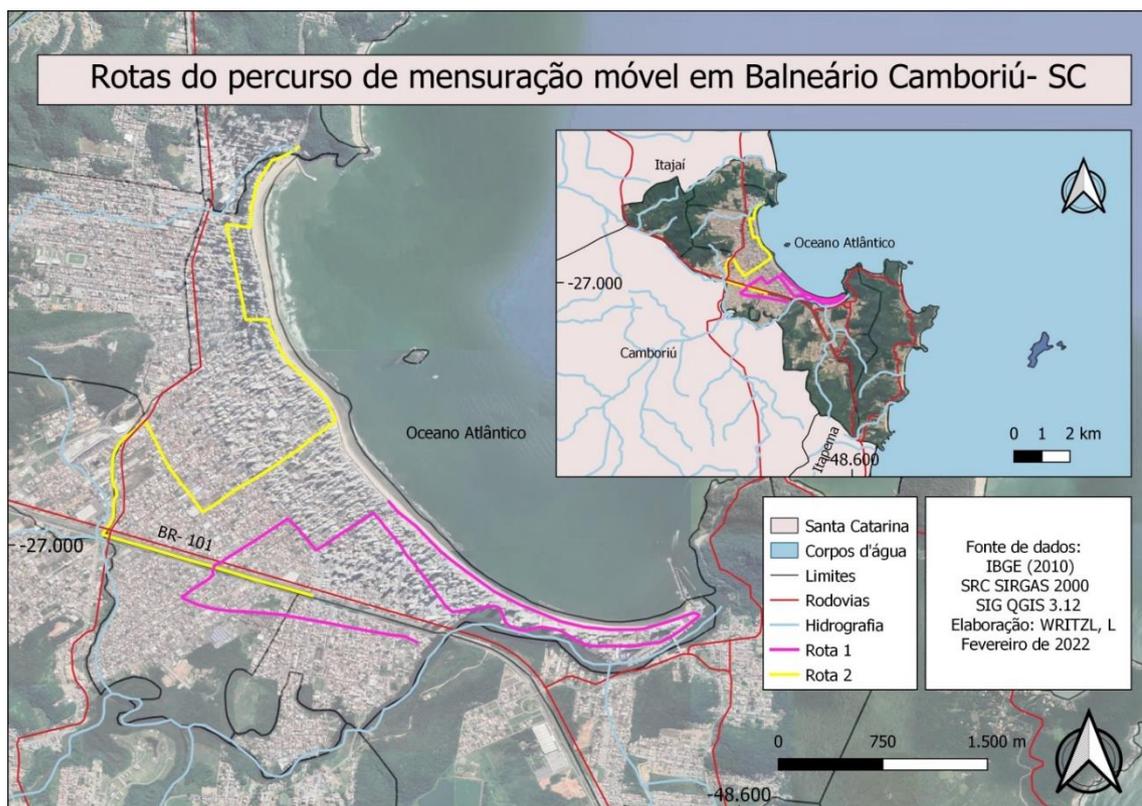
Fonte: Adp. Ciclomapa (2022).

Através da figura 3 é possível observar em diferentes tons de verde, os caminhos disponíveis ao uso da bicicleta na cidade (Ciclomapa, 2022).

4.2 A ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa buscou contemplar diferentes ambientes da cidade de Balneário Camboriú, de acordo com as áreas disponíveis ao uso da bicicleta presentes na cidade. Através da figura 4, é possível observar a área de estudo através de dois percursos⁴ selecionados.

Figura 4: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE, (2010)

De acordo com a figura 4, a área de estudo é composta por dois trajetos que abrangem algumas das ciclorrotas disponíveis em Balneário Camboriú, a rota 1, está representada em rosa e se localiza na parte mais ao sul da cidade e a rota 2 em amarelo, está presente na parte mais ao norte. A escolha dos trajetos analisados neste trabalho, baseou-se em ciclovias e ciclofaixas que pudessem identificar os mais variados tipos de ambientes presentes na cidade. A partir da figura 5 é possível observar alguns pontos⁵ pelos trajetos com a sua respectiva imagem, a fim de representar e caracterizar os ambientes presentes pelas ciclorrotas.

⁴ Os percursos foram definidos em atividade pré-campo

⁵ Os pontos não fazem parte da área de estudo, apenas foram selecionados aqui para facilitar a compreensão da diversidade de ambientes disponíveis pelas rotas escolhidas.

Figura 5: Os diferentes ambientes disponíveis nos trajetos



Fonte: adaptado do Google Earth, (2022).

4.2.1 Rota 1 (Ponto A ao I)

O trajeto escolhido para a rota 1, inicia na 5ª Avenida (ponto A), onde há caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em todo o trecho. As ruas, que circundam essa ciclorrota, são mais largas, possibilitando um fluxo melhor de trânsito em comparação com algumas das outras áreas que serão destacadas neste trabalho. É possível observar que é a parte da cidade em que há menos densidade de verticalização e os prédios presentes nesse ambiente, possuem no máximo três pavimentos, o concreto é visível assim como a baixa quantidade de vegetação. Bueno (2016), afirma que:

A zona urbana consolidada de menor densidade, em áreas mais afastadas da costa a partir da 3ª Avenida, apresenta índices urbanísticos com menores taxas de aproveitamento do solo, sendo que a densidade construtiva e habitacional baixa significativamente (BUENO, 2016, p.12).

No ponto B, é possível observar um cruzamento de ruas e há um viaduto. Essa área é bem mais ampla e espaçosa em relação ao ponto B e a maior quantidade de concreto é visível nessa configuração. Para chegar até o ponto B, foi necessário realizar uma travessia pela Rua Corupá, que é uma rua em que não há ciclovias nem ciclofaixas, é interessante ressaltar que a grande maioria dos caminhos para utilizar a bicicleta não são conectadas entre si, fazendo com que o ciclista tenha que atravessar ruas e avenidas em meio aos carros (BEUTING e MARTIM, 2016).

A partir do ponto C já é possível observar o paredão de prédios ao longe. Nesse ambiente as ruas se tornam um pouco mais estreitas, não há praticamente nenhuma arborização por esse trajeto. O ponto D, é o ambiente em que há a mudança brusca de ambientes, e a 3ª avenida é a “linha” que separa a configuração de prédios baixos de até no máximo 3 andares e começa a verticalização intensa de prédios. Bueno (2016) cita que:

Na zona urbana consolidada de alta densidade e verticalização, das primeiras quadras até a 3ª Avenida, a ocupação é intensa, com edifícios de grande altura, com pouco espaço entre eles e com os primeiros pisos podendo ser totalmente ocupados (comércio, serviços e garagens) (BUENO, 2016, p. 12).

Nesse sentido, o ponto E e o ponto F representam o ambiente em que há a maior quantidade de cânions urbanos na cidade, no ponto E é possível perceber que a rua é mais estreita em relação ao ponto F, mas, apesar disso, a Avenida Brasil (ponto F) tem um fluxo muito grande de pessoas por conter a concentração de

comércio central em geral. Furlan et al (2016) afirmam que nessa configuração em Balneário Camboriú, há grande limitação de acesso sol principalmente nos pavimentos inferiores das edificações, comprometendo a qualidade e espacial e prejudicando o conforto térmico.

Essa grande concentração de edifícios, também conhecidos como cânions urbanos, surpreendem visitantes de diversas partes do Brasil e do mundo. A verticalização concentrada em um território com pouca extensão, só é possível por causa da sua estrutura geomorfológica, pois ela é a base física da ocupação territorial, sendo a geomorfologia, um conhecimento aliado para planejamentos de obras de engenharia (CHRISTOFOLETTI, 1998). Nesse sentido, é possível observar na figura 6 que Balneário Camboriú é rodeado por morros.

Figura 6: Imagem representativa dos morros que circundam a cidade



Fonte: fotografia realizada durante a saída de campo, 2020.

De acordo com Ross (1998), “o modelado dominante do planalto Atlântico é constituído por morros com formas de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales”. O relevo predominante da área de estudo são os “planaltos em Cinturões orogênicos”, pois o relevo presente na cidade de Balneário Camboriú, por ter passado por processos tectônicos, sofreu deformidades e se elevou formando esses cinturões montanhosos (PENHA, 1998), permitindo assim a construção de prédios de alta complexidade sem que haja problemas estruturais.

Ainda em configuração de grande verticalização, ao se aproximar da parte mais sul da cidade, pela Avenida Brasil, como é possível observar no ponto G, há a presença do rio Camboriú, que fornece grande porção de vegetação nessa área. O Rio Camboriú, é extremamente importante para o desenvolvimento econômico de Balneário Camboriú e Camboriú, pois abastece as duas cidades. Suas nascentes

estão no município de Camboriú e deságua na Praia Central, em Balneário Camboriú, possui 33,23 km e largura média de aproximadamente 23 metros (ÁGUAS, 2015).

No ponto H, é interessante ressaltar que há o maior prédio da cidade atualmente em construção, com 275 metros de altura e é o maior da América Latina (SPAUTZ, 2019), nessa mesma região, já há planejamento de outra construção de prédios ainda maiores. Apesar de prédios altos, eles se concentram em uma área muito pequena, onde de um lado está o rio Camboriú e do outro oceano Atlântico. A Rota é finalizada na Av. Atlântica (ponto I), a beira mar, onde há arborização acompanhando a ciclovia mas ela é bem falha.

4.2.2 Rota 2 (Ponto J ao U)

A parte inicial do trajeto da rota 2 (ponto J), configura-se em casas e edifícios de até três andares, apesar de conter menos edifícios que a parte inicial da rota 1. Diferente da rota 1 que não continha quase vegetação, a rota dois é acompanhada por arborização até o ponto K, onde há uma praça, com ainda mais permeabilidade. O ponto K demonstra a única parte da rota em que passa pela cidade de Camboriú em apenas poucos metros. Desse ponto até o ponto L é possível perceber a ampliação do ambiente, em que há bastante solo com concreto e é possível perceber algumas áreas com vegetação.

No ponto L é possível observar a presença de morros e vegetação no ambiente próximo. A vegetação presente na cidade de Balneário Camboriú e que foi possível destacar durante as rotas, é a Mata Atlântica que, de acordo com Ross (1998), apresenta fauna e flora muito diversas, e na região do estudo, está situada dentro de uma porção conhecida como Floresta Ombrófila Densa. Através da figura 7, é possível observar uma parte da vegetação presente na cidade.

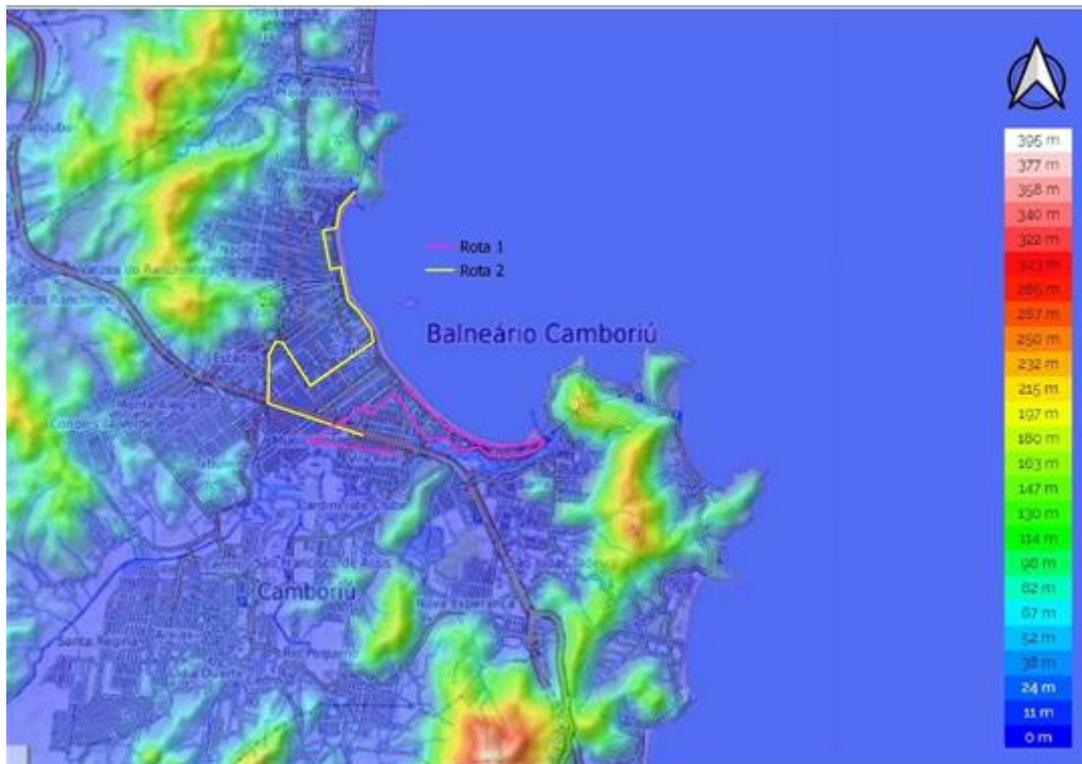
Figura 7: vegetação presente próxima às rotas de Balneário Camboriú



Fonte: Imagem realizada em saída de campo (2022).

A figura 7 apresenta a vegetação em Balneário Camboriú próximo ao rio, que é encontrado durante a rota 1, no ponto G. É interessante ressaltar que a distribuição dos biomas está associada ao clima do local, e na área de estudo, de acordo com os tipos climáticos propostos por Köppen-Geiger, o clima é o Clima Subtropical (cfa) que atua nos municípios litorâneos do estado, sempre em altitudes inferiores a 700 m (ALVARES et al, 2014). Através da Figura 8, é possível observar as altitudes em que se encontra a área de estudo.

Figura 8: Imagem representativa da altitude presente na área de estudo



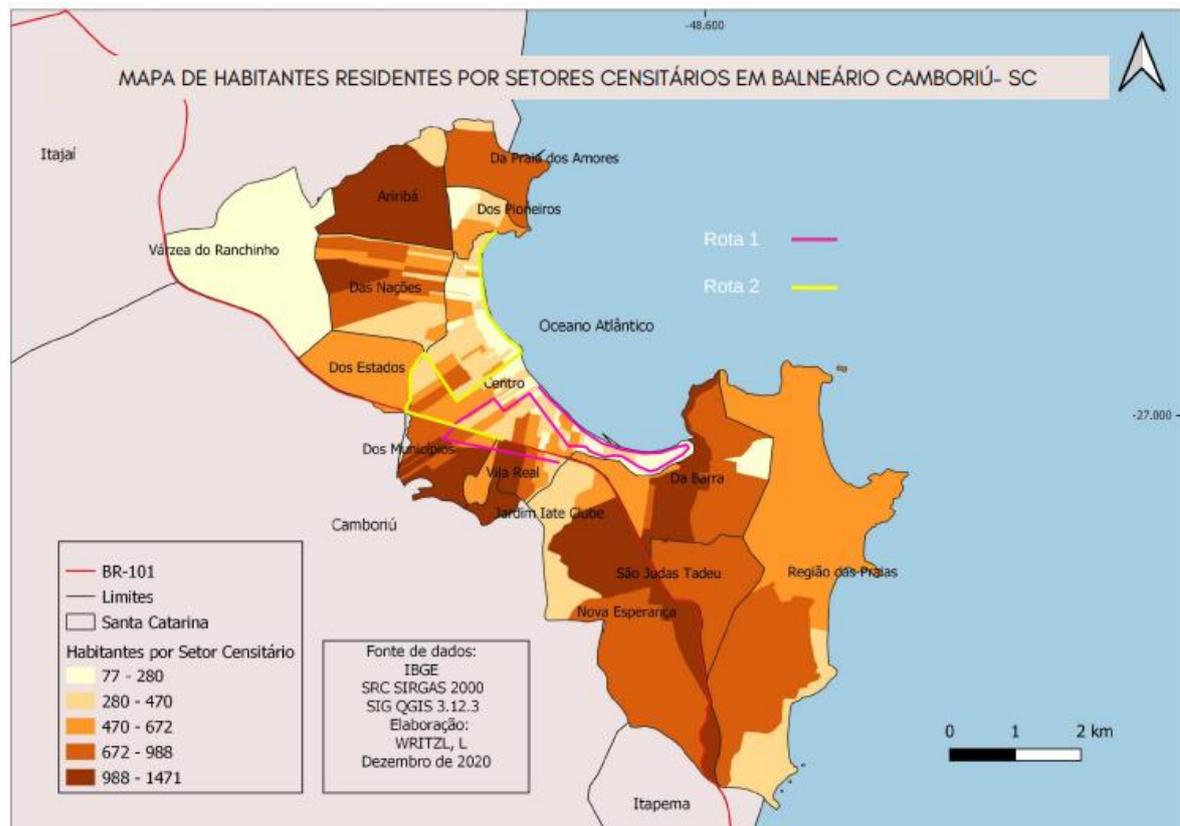
Fonte: adaptado, Topografic-map (2022).

De acordo com a figura 8, é possível observar que Balneário Camboriú concentra-se em sua maior parte em áreas de baixas altitudes, assim como o restante da extensão litoral de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM, 2002). Também é possível observar que as duas rotas estão presentes em altitudes de no máximo 24 metros.

O ponto M na 4ª avenida, varia conforme a arborização presente no entorno dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta, mas ela não é maioria. Percebe-se nesse ponto, que há bastante impermeabilização do solo, as ruas são largas e há diversos edifícios de até 3 pavimentos. A partir do ponto N, a rua já fica mais estreita, é possível observar os prédios ao longe, a arborização não é presente nesse ponto assim como no ponto O. O ambiente representado pelo ponto O é composto por grandes edifícios e cabe destacar que a verticalização não é tão intensa quanto no ponto E presente na rota 1, mesmo com tantos edifícios nessa região da cidade, a concentração maior de população residente fixa da cidade se dá nos bairros mais afastados do centro.

Nesse sentido, de acordo com IBGE (2010) a cidade possui a maior densidade demográfica do estado, de 2.337,67 hab/km². Na figura 9, é possível observar o mapa de densidade populacional demográfica por setor censitário.

Figura 9: Mapa de Densidade Populacional por setor censitário



Fonte: Adapt. Writzl e Costa (2020).

O mapa apresenta que a concentração maior de habitantes residentes por setores censitários está em uma porção da parte norte, oeste e sul da cidade, em bairros retirados do centro. Writzl e Costa (2021) citam que:

Mesmo com a grande densidade de verticalização próxima a Praia Central, não há grandes concentrações de moradores. [...] provavelmente os edifícios nessa região específica do bairro Centro, são edifícios nos quais os proprietários passem apenas uma temporada ou estão disponíveis para aluguel, e isso pode estar justificando a baixa densidade de habitantes mesmo nessa área que é tão verticalizada (WRITZL e COSTA, 2021, p.817).

De acordo com Beuting e Martins (2016), a população fixa da cidade nos bairros menos centrais a procura por imóveis é mais alta por pessoas de baixa renda, pois a especulação imobiliária ainda é baixa e conseqüentemente os preços também.

Em relação ao ponto P, ele se localiza na Av. Atlântica, a beira mar, e nesse ponto específico há a Praça Almirante Tamandaré, onde há arborização e espaço de lazer. Essa configuração faz com que a ciclovía fique ainda mais próxima dos prédios, ao lado de uma rua muito estreita e normalmente movimentada.

O ponto Q se parece muito com o ponto E, com as ruas bem estreitas e prédios altos, a diferença é que na rota 1, os prédios são um pouco mais altos. O ponto R fica na Av. Brasil, e como já foi discutido anteriormente, é uma das avenidas mais movimentadas da cidade e com verticalização intensa. Perto da esquina da Avenida Brasil com a Rua 1001, entre o ponto R e o ponto S, há uma região que concentra arborização, onde se localiza um pequeno bosque da Empresa Municipal de água e Saneamento (EMASA).

O ponto T e o ponto U se concentram na parte final da rota 2, ambos se localizam na Av. Atlântica, diferente do ponto 9, a Av. Atlântica na barra norte, possui muita arborização acompanhando as ciclovias. O trajeto é finalizado em um ponto com altitude superior às demais rotas, e perto há uma grande concentração de vegetação, como é possível observar na figura 7.

5 REVISÃO TEÓRICA E SISTEMÁTICA

Para a realização deste trabalho como um todo, foi realizada uma revisão sistemática com a finalidade de encontrar métodos já existentes que pudessem contribuir com a temática da presente pesquisa. Diversas bibliografias encontradas também se concentram nessa seção a fim de fundamentar para o trabalho.

5.1 DEFINIÇÕES ESCALARES PARA O CLIMA URBANO

Para conhecer os fenômenos climáticos que ocorrem em determinadas localidades, é necessário compreender que existem dinâmicas que coexistem de forma complexa na atmosfera através de inter-relações escalares (JÚNIOR, 2012), nesse sentido, as escalas são fatores indispensáveis para a compreensão da organização em climas urbanos (OKE et al. 2017). Em relação às escalas pertinentes aos estudos sobre o clima em áreas urbanizadas, inicialmente cabe destacar o nível zonal, o regional e o local (MONTEIRO, 2003).

O nível zonal é produzido através de ações astronômicas, como a distribuição latitudinal da radiação solar, é aqui que define-se a circulação geral da atmosfera, em uma extensão horizontal de 1.000 a 5.000 quilômetros, e para sua compreensão, são analisados registros de no mínimo 30 anos (RIBEIRO, 1993). Os meios de observação são feitos a partir de satélites e nefanálises (MONTEIRO, 2003). De acordo com Júnior (2012), esse nível é empregado como diversificador, o autor ainda afirma que:

Do equilíbrio resultante entre a recepção diferencial de calor entre as várias faixas de latitude, dos deslocamentos dos ventos para Oeste provocados pelo movimento de rotação da Terra e da distribuição das terras e águas, resultam os Climas zonais (JÚNIOR, 2012, p.116).

O nível regional possui função organizadora e os fatores organizadores são os sistemas meteorológicos. Seus principais produtores são a exposição a forma e a orientação do relevo (JÚNIOR, 2012), esse nível ocorre em uma extensão horizontal de 150 a 2500 quilômetros, e seus fenômenos ocorrem abaixo da tropopausa, em estados de tempo que variam de 1 a 30 dias, originados da atuação dos centros de ação e frentes. Os meios de observação podem ser feitos através de Cartas sinóticas e Sondagens (JÚNIOR, 2012; MONTEIRO, 2003).

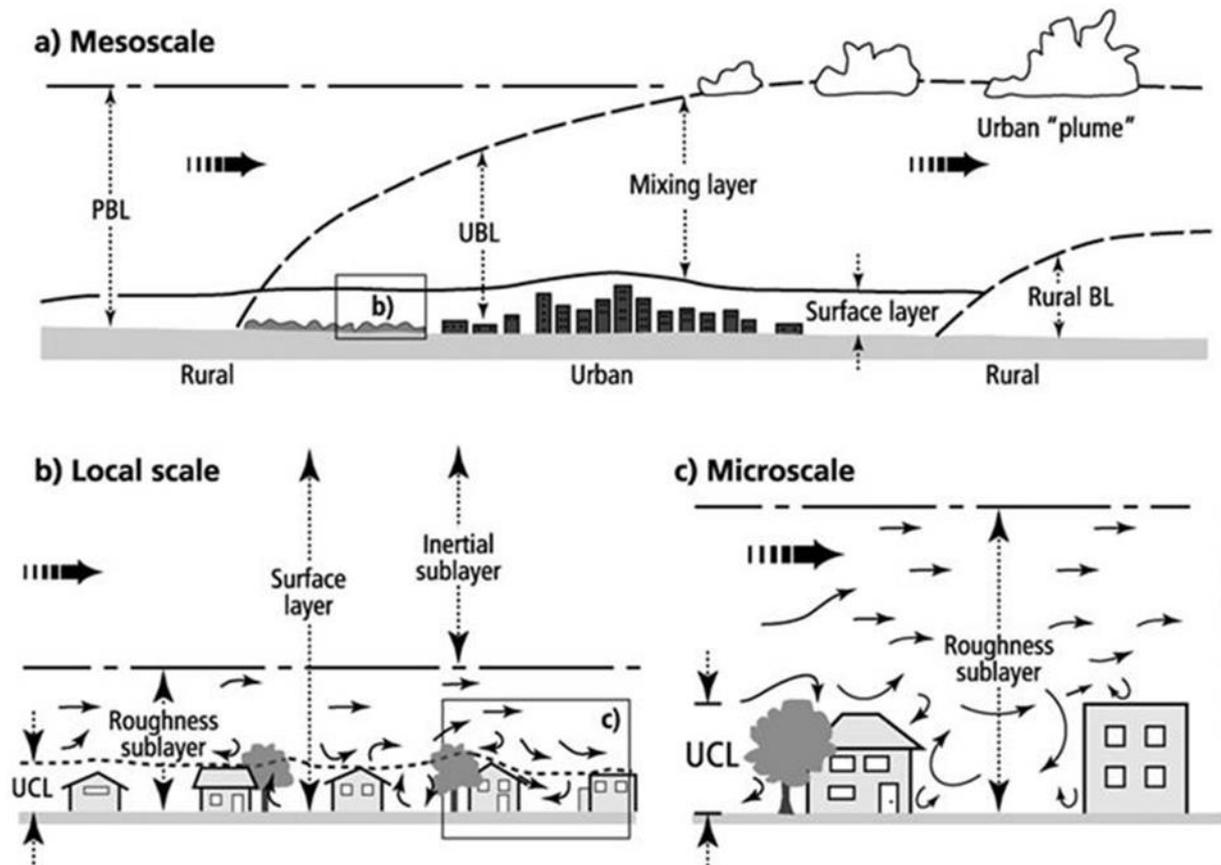
Para Júnior (2012), o nível local possui a função de especialização, e afirma ainda sobre a necessidade da introdução de novos instrumentos de análise para compreender esse nível de acordo com as influências humanas. Ribeiro (1993), afirma que o nível local ou mesoclima é produto das variações do clima regional conforme as interferências no fluxo de transporte ocasionadas pelos fatores geográficos e ações antrópicas, nesse sentido o complementa:

É sobre as cidades que se dá a maior razão de deterioração da qualidade do ar e do clima, uma vez que se combinam os dois grupos de fatores anteriormente comentados: a extrema artificialização da cobertura do solo (inclusive aumentando a sua rugosidade) associada à emissão de poluentes das mais diversas origens. Daí o clima urbano estar intimamente ligado à escala mesoclimática ou local, desde que a cidade possua tamanho suficiente para se diferenciar do espaço não urbano circundante e atividade poluente significativa (RIBEIRO, 1993, p.4).

Além disso, cabe destacar que os estados atmosféricos duram de 12 horas a 1 semana, com limite vertical de 1.200 a 2.000 metros e os registros ocorrem através de redes meteorológicas (RIBEIRO, 1993).

Nesse sentido, partindo do pressuposto de que “a Climatologia urbana é o resultado do estudo dos seus estados atmosféricos mais frequentes” (OKE, 1984, p.19), cabe interpretarmos que ela parte da interação entre a atmosfera e a superfície da terra, tratando-se de escalas que vão de mesoescala à micro (OKE, 1978). Na Figura 10, é possível observar o esquema feito por Oke (1978), para explicar as interações urbanas com a atmosfera.

Figura 10: esquema representando a Mesoescala, escala local e microescala



Fonte: Oke, (1978).

De acordo com a figura 10, Oke (1978) chama de “o clima da camada limite urbana” (CLU), o a) e b) apresentadas na figura, sendo a camada que fica logo acima do dossel urbano, onde as características climáticas acabam sendo modificadas por fatores que envolvem a cidade ali presente. As interações de microescala, representada por c) foram chamadas pelo autor de a “camada limite do dossel urbano” (CLD). Normalmente o elemento que gera condições mais ásperas, quentes ou mais secas, são os edifícios gerando até problemas na aerodinâmica da cidade.

Em relação ao microclima, Oke (1978) afirma que “Perto da superfície é também onde a maior variabilidade em microclimas existe (ou seja, a maior faixa de valores de um lugar para outro e do dia para a noite)”. Ribeiro (1993), afirma que:

O microclima define-se através da magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas (inclusive objetos, plantas e animais) dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve. Os autores que tratam, direta ou indiretamente, da taxonomia climática, são unânimes em reconhecer a existência dos microclimas como o nível escalar mais próximo dos indivíduos (RIBEIRO,1993, p.6).

O autor ainda afirma que estabelecer limites para o microclima pode gerar resultados imprecisos, pois seu tamanho irá variar muito conforme a natureza da sua superfície. Ainda, Oke (1978) cita que os sistemas urbanos possuem uma variedade muito grande de superfícies climáticas ativas, e o conhecimento delas é extremamente importante para a compreensão dos climas urbanos, por isso torna-se tão necessário conhecer sua distribuição pelo ambiente, conforme a necessidade do estudo. O autor destaca algumas propriedades climáticas que são fundamentais e que podem variar de acordo com a estrutura (tamanho, forma e relações), são elas: radiativa, térmica, umidade e aerodinâmica. Esses conjuntos de superfícies ativas geram uma grande variedade de microclimas (OKE, 1978).

5.2 BIOCLIMATOLOGIA HUMANA

A bioclimatologia humana refere-se às interações entre os seres vivos com o ambiente atmosférico. Essa interação ocorre mutuamente, pois enquanto os organismos vivos respondem a variação e variabilidade atmosférica passando por transformações, o ambiente também. Alguns exemplos de estudos da bioclimatologia são: a ecologia terrestre e aquática, o ambiente construído, sistemas econômicos e atividades sociais, a modificação inadvertida da atmosfera por sistemas vivos (especialmente humanos), as modificações dos fluxos naturais de energia e matéria dentro de áreas urbanas, construções climáticas internas, entre outros. Todos esses estudos relacionam-se com os efeitos da variação e variabilidade atmosférica (AULICIEMS, 1998).

5.2.1 Conforto Térmico Humano em espaços abertos

O conforto representa condições ambientais onde o ser humano dispensa ajustes no ambiente do qual está situado (OKE et al, 2017). A busca pelo conforto é algo natural e reacionário do nosso instinto, especialmente porque se a resposta do corpo humano às variáveis ambientais não for adequada, isso pode levar a vários danos físicos e emocionais, inclusive até morte (PARSONS, 2007).

Devido a variações biológicas e fatores psicológicos, as pessoas sentem o ambiente térmico de formas diferentes, portanto, para cada indivíduo, existe uma

“zona de conforto ideal”, porém, através de combinações de estudos sensoriais e conhecimentos quantitativos detalhados, é possível chegar a condições ambientais favoráveis ao maior número de pessoas (FANGER, 1973).

Apesar de os primeiros estudos sobre o conforto térmico terem surgido no início do século XX, na Europa (AULICIEMS, 1997), estudos relacionados ao conforto térmico em ambientes abertos são ainda mais recentes, de acordo com Gobo (2018):

Durante a última década, o interesse pela avaliação do conforto térmico em espaços abertos aumentou proporcionalmente ao crescimento do estresse térmico nas cidades. Porém, o principal problema para a avaliação das condições térmicas externas é que as variáveis climáticas são muito mais diversificadas do que em ambientes internos (GOBO, 2018, p.101).

Além disso, cidades com alta visibilidade nacional e internacional buscam por projetos que construam uma cidade mais saudável, e, nesse sentido, as atividades ao ar livre aumentam a sustentabilidade e o bem-estar e as diversas condições climáticas podem criar sensações desconfortáveis que podem arruinar ou alterar a experiência das pessoas exercendo atividades físicas variadas, portanto as discussões relacionadas ao conforto externo em atividades ao ar livre, por mais que sejam recentes, tem um futuro proeminente (VASILIKOU e NIKOLOPOULOU, 2020).

5.2.2 Mensuração de conforto térmico humano externo

Fanger (1973) destacou seis parâmetros importantes para mensuração de conforto térmico. Os quatro primeiros são de ordem física que constituem o ambiente térmico, são eles: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e a pressão de vapor do ar ambiente. Além desses, há também: nível de atividade (produção interna de calor do corpo) e a resistência térmica do vestuário. De acordo com (PARSONS, 2019), esses seis fatores são fundamentais, por fornecerem os requisitos mínimos para uma boa base conceitual relacionada ao conforto térmico. Nikolopoulou (2011) também cita que:

A temperatura radiante média e do ar, o movimento do ar e a umidade são parâmetros ambientais básicos que afetam o ambiente térmico e, conseqüentemente, o conforto térmico. Ações comportamentais como vestuário e atividade metabólica, com a respectiva produção de energia, são considerados parâmetros adicionais para descrever alterações no sistema, influenciando o processo onde o calor é gerado no corpo e dissipado para o ambiente (NIKOLOPOULOU, 2011, p.1553.)

De acordo com Aulicems et al (1997), existem três conjuntos de variáveis que afetam a dissipação de calor do corpo e consequentemente o conforto térmico, como é possível observar na figura 11:

Figura 11: Conjunto de variáveis que afetam o conforto térmico



Fonte: adaptado. Aulicems (1997).

Em relação às mensurações relacionadas ao conforto térmico em espaços abertos, existem algumas normas determinantes aos tipos de instrumentos que são usados para indicar os dados de parâmetros ambientais, os níveis de taxa metabólica, isolamento de roupas, índices de conforto, entre outros, elas estão em ISO 7726 (1998), ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE,2001) e apresentadas na OMM-No.8 (2008) (GOBO e GALVANI, 2016).

5.2.2.1 Fatores ambientais de conforto térmico

Durante o dia, a forte radiação solar torna-se o principal fator que afeta a temperatura do ar (XU et al. 2020). Nesse sentido, a Temperatura do ar (°C) é um dos fatores ambientais mais importantes, isso por que a percepção do corpo humano em função da temperatura do ambiente é mais óbvia que os outros fatores que afetam o conforto térmico, ela é medida pela temperatura de bulbo seco (ZOU et al, 2021; AULICEMS, 1997). Parsons (2007), cita que “a temperatura do ar foi definida como a temperatura ao redor do corpo humano que é representativa do aspecto do ambiente que determina o fluxo de calor entre o corpo e o ar”. Em relação às medições, é

necessário que os sensores de temperatura e umidade do ar sejam abrigados para minimizar a troca de radiação (ISO 7726, 1998). A umidade do ar influencia no conforto térmico principalmente pelo resfriamento evaporativo (ZOU et al, 2021).

Aulicems (1997), afirma que o movimento do ar é medido pela velocidade do vento e afeta a evaporação da umidade da pele, influenciando no equilíbrio térmico. Ele pode ser mensurado por diversos tipos de anemômetros que sejam precisos às variações de velocidades (ISO 7726,1998). Em relação a TRM, cabe destacar que ela é uma das principais variáveis meteorológicas de conforto térmico externo, pois afeta o conforto térmico humano mais do que as outras (THALEGGARI, 2015). Matzarakis (2010), afirma que:

As densidades de fluxo de radiação de ondas curtas e longas absorvidas pelas pessoas têm uma influência significativa em seu balanço de energia. O efeito térmico das densidades de fluxo de radiação absorvida é parametrizado pela temperatura radiante média (MATZARAKIS, 2010).

É adequado afirmar que ela não pode ser medida diretamente, mas para o seu cálculo é necessário inicialmente medir a temperatura de globo, que é uma esfera de metal cinza (para espaços abertos com incidência de radiação), com um instrumento de medição em seu centro (THORSSON ET AL, 2007; AULICEMS, 1997). A TRM diz respeito a como o corpo humano vivencia a radiação no ambiente que o cerca, diz respeito a exposição do corpo humano aos fluxos de radiação direta, difusa, refletida e emitida nos ambientes ASHRAE (2001; 2004). A TRM pode ser calculada através de dados de temperatura do ar, Velocidade Média do Vento e termômetro de globo, softwares, como ENVI-met, Ray Man e SOLWEIG permitem estimá-la (MANAVVI et al, 2020).

5.2.2.2 Fatores individuais de conforto térmico

Os fatores pessoais necessários à mensuração ou estimativa do conforto térmico partem do pressuposto da aclimatação. Para criar um modelo padrão de conforto térmico para um determinado lugar, inicialmente é necessário considerar que a percepção térmica parte de influências históricas térmicas passadas e práticas culturais e técnicas, além de que as pessoas são agentes ativos nesse processo, onde

há uma interação entre as pessoas e o ambiente por meio de diversos ciclos e feedback, como argumenta Brager et al. (1998). O autor ainda sugere que “a adaptação térmica pode ser atribuída a três processos diferentes – ajuste comportamental, aclimação fisiológica e habituação ou expectativa psicológica” (BRAGER et al. (1998).

5.2.3 Índices para conforto térmico humano externo

Existem dois métodos essenciais que podem ser utilizados para determinar o conforto térmico das pessoas. O primeiro seria por questionários, com medições simultâneas em espaços ocupados pelos entrevistados, e o segundo seria por medições de alterações fisiológicas como sudorese, umidade ou temperatura da pele, que são processos geralmente realizados em laboratórios (OKE et al, 2017). Nikolopoulou (2011), afirma que:

Para avaliar a carga térmica a que as pessoas estão expostas, mais de 100 índices de conforto térmico e estresse térmico foram desenvolvidos empiricamente ou baseados em modelos de orçamento de energia, que se tornaram cada vez mais sofisticados ao longo dos anos. Esses índices têm sido empregados como indicadores para serviços públicos de meteorologia, sistemas de alerta, planejamento urbano ou aconselhamento ergonômico, etc (NIKOLOPOULOU, 2011, p.1553).

Nesse sentido, os índices foram desenvolvidos com o intuito de ligar respostas térmicas a medidas de estresses ambientais e tensões corporais (EPSTEIN et al. 2006). Esses índices são calibrados a partir de um conjunto de condições climáticas, de atividade e de vestuário (OKE et al. 2017).

Oke et al (2017) ainda citam os “índices diretos” e “índices racionais”. De acordo com o autor, os índices diretos não oferecem análises detalhadas relacionadas aos fatores contribuintes para o estresse térmico, possuindo um diagnóstico limitado, como por exemplo o Humidex e o Wind Chill Index (WCI), que são baseados em dados meteorológicos usuais. Já os índices racionais, são baseados no balanço de energia, “que é uma descrição completa dos processos biofísicos que sustentam o estado térmico do corpo”. O PET e o UTCI são exemplos de índices racionais. Hoppe (1999) afirma que:

PET é definido como a temperatura fisiológica equivalente em qualquer local (exterior ou interior) e é equivalente à temperatura do ar à qual, num ambiente interior típico, o equilíbrio térmico do corpo humano (metabolismo do trabalho

80 W de atividade leve, adicionados ao metabolismo básico; a resistência ao calor da roupa 0,9 clo) é mantida com temperaturas do núcleo e da pele iguais às das condições avaliadas (HOPPE, 1999, p. 73).

O índice PET, descreve o ambiente de exposição em termos da temperatura do ar que seria necessária em condições de referência (usando o modelo MEMI) para produzir a mesma resposta térmica (HOPPE, 1999). Além disso, de acordo com Matzarakis (2010), a partir do ajuste às características de vestuário e atividade comuns para a base de avaliação do conforto térmico, o PET é muito oportuno e universal em comparação com a maioria dos outros índices, principalmente em função das características termo fisiológicas, e pode ser usado em todas as estações do ano. Através da Tabela 1, é possível observar os níveis de classificação do PET, de acordo com Hoppe (1999 apud GOBO, 2018).

Tabela 1- Níveis de classificação PET para conforto térmico

PET (°C)	Condições Bioclimáticas
< 4,0	Muito frio
4,0 a 8,0	Frio
8,0 a 18,0	Frio moderado
18,0 a 23,0	Confortável
23,0 a 35,0	Calor moderado
35,0 a 41,0	Quente
> 41,0	Muito Quente

Fonte: Hoppe (1999 apud GOBO, 2018).

O UTCI fiala, também é um índice muito relevante, tem descrições realistas da forma do corpo e das transferências internas (FIALA et al. 2012) e “além de seu tratamento mais complexo do balanço energético humano, seleciona uma referência ao ar livre onde o indivíduo está caminhando, $T_a = TMRT$, V é 0,5 m s⁻¹ e a umidade relativa é 50% (e é limitado a 20 hPa)” (OKE et al, 2017). A partir da Tabela 2, é possível observar as faixas de estresse térmico do índice UTCI, desenvolvido por Bröde (2012), na Europa.

Tabela 2: Faixas de estresse térmico para UTCI

Faixas de UTCI	Categorias de estresse
> 46,0 °C	Extremo estresse para o calor
38,0°C a 46,0°C	Muito forte estresse para o calor
32,0°C a 38,0 °C	Forte estresse para o calor
26,0°C a 32,0°C	Moderado estresse para o calor
18,0°C a 26,0 °C	Conforto térmico
9,0 °C a 18,0 °C	Sem estresse térmico
0,0 °C a 9,0 °C	Pouco estresse para o frio
0,0°C a -13,0 °C	Moderado estresse para o frio
-13,0°C a -27,0 °C	Forte estresse para o frio
-27,0 °C a -40,0 °C	Muito forte estresse para o frio
<-40,0°C	Extremo estresse para o frio

Fonte: Brøde et al. (2012).

Para realizar cálculos relacionados aos índices PET, UTCI e outros, para serem aplicados a estudos baseados em faixas interpretativas anteriores, pode ser usado o

software RayMan a partir de uma entrada de dados meteorológicas. Esse software é utilizado para os mais diversos propósitos em estudos relacionados aos ambientes com morfologias urbanas (MATZARAKIS 2010; MATZARAKIS, 2020).

5.3 INFLUENCIADORES DO MICROCLIMA

5.3.1 Circulação atmosférica

Para conhecer os fenômenos climáticos nas escalas mais próximas aos seres humanos, torna-se necessário compreender que a energia térmica proveniente do ciclo de energia solar é convertida em energia cinética que transfere energia para escalas cada vez menores por movimento turbulentos (Oke, 1978). Esse movimento contínuo, gera equilíbrio em toda atmosfera, denominado de circulação geral.

De acordo com Borsato et al. (2020), as massas de ar estão condicionadas à circulação geral, e no território brasileiro se alteram diariamente em intensidade e área de atuação, se articulando, conforme as estações do ano. Além disso, elas fornecem o necessário para a compreensão dos tipos de tempo atuantes sobre cada região, conforme suas particularidades. De acordo com Almeida (2016), em relação a formação de massas:

[...] as áreas com características de homogeneidade e, portanto, propícias à formação das massas de ar são, a priori, os oceanos, os grandes maciços florestais, as extensas áreas desérticas, os amplos campos cobertos com gelo, etc, devido à uniformidade que esses organismos apresentam. Quando uma dessas áreas se encontra sob a ação de um vasto anticiclone, têm-se satisfeitos todos os requisitos necessários à gênese para a formação de uma massa de ar. (ALMEIDA, 2016, p.150).

A área de estudo possui características climáticas que são influenciadas principalmente pelo encontro de duas massas de ar, que são a massa polar (MP) e a Massa Tropical do Atlântico (MTA), de acordo com sua posição subtropical, tornando os verões quentes e invernos frescos podendo variar conforme outras influências (MONTEIRO,1969). Nesse sentido, Sartori (2016) cita que toda a região sul do Brasil:

[...] situa-se em zona climaticamente de transição, e, por isso as principais características climáticas desse território refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais(massas tropicais e correntes perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo. Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado

pelo avanço sistemático dos sistemas entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos sistemas atmosféricos de origem polar em direção aos polares topicalizados (massa polar velha) ou aos sistemas de origem tropical (massa tropical atlântica ou continental) proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, essas motivadas pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico.

Em relação aos tipos de tempo atuantes, cabe salientar que esses irão variar conforme a sazonalidade devido aos diferentes sistemas atuantes. Nesse sentido, os Sistemas Extratropicais (Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Polar Velha (MPV) e Frente Polar Atlântica (FPA)) controlam a circulação secundária regional em qualquer estação do ano. Sartori (2016) ainda classificou três grandes famílias de tipos de tempos, são eles: Tempos Anticiclônicos Polares, Tempos Associados a Sistemas Intertropicais e Tempos Associados a Correntes Perturbadas. Esses grupos, estão associados a dois sistemas atmosféricos que podem estar influenciando, que são: Os sistemas extratropicais e os sistemas intertropicais. Em trabalhos que envolvem pesquisas de campo, principalmente voltados a mensuração externa, se encaixam melhor os tipos de tempo regidos por sistemas com domínios anticiclônicos polares e com domínios tropicais marítimos (MTA), que possuem ações estabilizadoras de tempo.

5.3.2 Posição, Estrutura e (Im)permeabilidade

Partindo do pressuposto de que o ambiente urbano é repleto de superfícies ativas com diferentes tipos de tecidos e padrões de cobertura de superfície que geram variados microclimas, cabe compreender mais sobre a influência da rugosidade urbana e seus diversos ambientes relacionadas às propriedades climáticas ambientais (OKE et al. 2017). As variadas estruturas urbanas, a altura da vegetação e o seu espaçamento e zonas mais ventosas que outras, são exemplos do conjunto da estrutura urbana a ser avaliada para compreensão das condições microclimáticas do ambiente (KLEMM, 2015).

5.3.2.1 Edifícios: Impermeabilidade

As concentrações de edifícios no ambiente urbano geram modificações radiativas, térmicas, de umidade e aerodinâmicas (OKE, 1978). Zou et al. 2021, afirmam que:

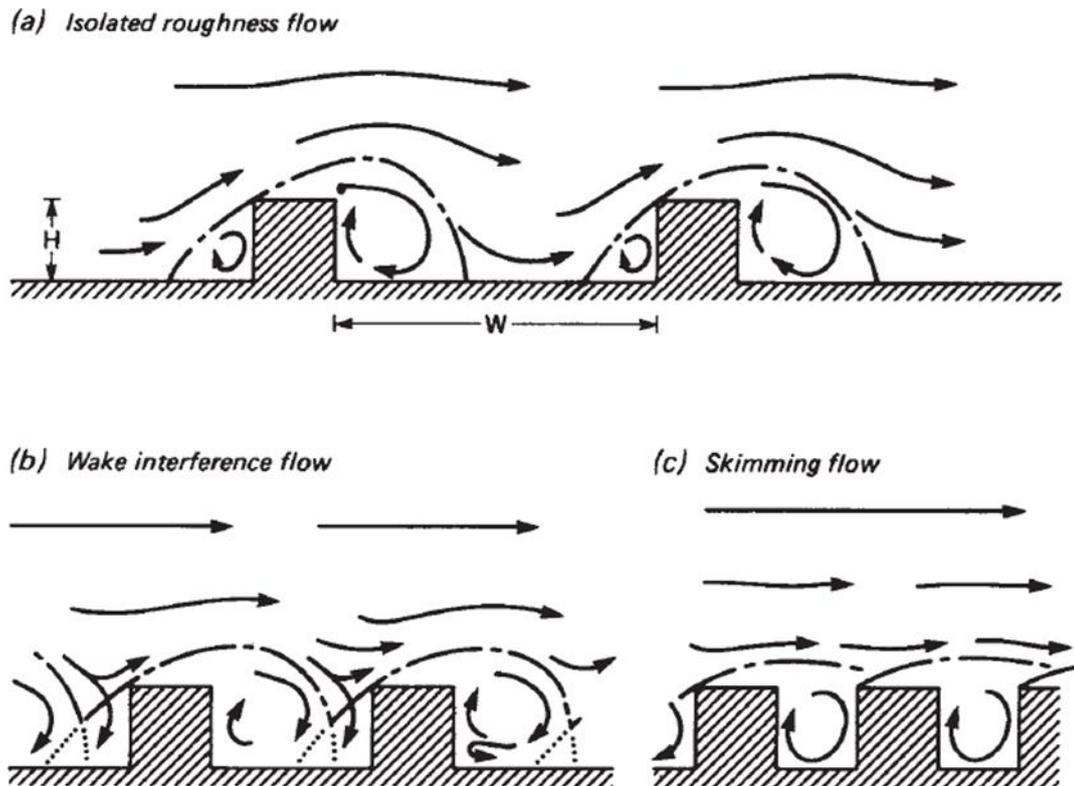
A influência do planejamento e desenho urbano no conforto térmico reside principalmente na reatividade das estruturas urbanas à radiação solar. A temperatura do ar vem principalmente da radiação solar. Nas cidades, devido a superfícies impermeáveis e edifícios urbanos densos, a radiação solar é refletida várias vezes. (ZOU et al, 2021, p.4).

As características físicas dos materiais construtivos dos edifícios como a cor, a textura e a superfície, influenciam da refletividade à radiação solar (DOULOS et al. 2004). Além disso, as consequências radiativas nesses ambientes também ocorrem em função da sombra ocasionada pelos prédios, impedindo a recepção de radiação solar em determinadas localidades isso pode ser observado através fator de visão do céu reduzido (XU et al. 2020; OKE,1978). Oke (1978), afirma que:

Também nas imediações de um edifício, as temperaturas do solo e do ar são frequentemente mais quentes do que ao ar livre devido às perdas de calor do edifício e como resultado da proteção contra o vento fornecida. O equilíbrio hídrico ao redor de um edifício é perturbado por causa da variabilidade espacial no recebimento de precipitação (causada por diferenças na interceptação e proteção contra o vento), drenagem do solo e evaporação (OKE, 1978).

Cabe destacar que a orientação da malha viária influencia nas variáveis ambientais. Além disso, superfícies pavimentadas, compostas por concreto e asfalto, aumentam a capacidade de absorver a radiação solar, alterando o ambiente térmico (XU et al, 2020). Os corredores de ventilação urbana através dos cânions das ruas contribuem para o efeito de resfriamento, porém em relação a isso, existem diversos fatores necessários a serem considerados (XU et al. 2010), as mudanças no fluxo de ar consequentes dos edifícios podem ser muito significativas e seu padrão vai depender da geometria dos edifícios em relação à altura/largura e espaçamento, pois eles também podem atuar como um obstáculo de vento. Através da Figura 12, é possível observar o regime de fluxo de vento relacionado a diferentes geometrias urbanas.

Figura 12: Fluxo de vento em diferentes geometrias urbanas



Fonte: Oke (1978).

Através da figura 12, é possível observar que o fluxo de vento é diferente conforme a geometria urbana. Em ambientes com edifícios mais espaçados, o fluxo é parecido com o de edifícios isolados, mas quando eles estão mais próximos, os fluxos começam a se somar com os subsequentes, e o fluxo principal desliza no topo dos edifícios, podendo formar redemoinhos e situações mais ventosas do que em ambientes abertos, criando um padrão complexo e confuso (OKE, 1978).

Além disso, os prédios são grandes barreiras contra a ventilação natural oriunda das brisas marítimas em cidades litorâneas, essa brisa é proveniente do fluxo de ar marítimo que avança para o interior do continente ao longo do dia e a densidade urbana pode afetar no progresso da circulação da brisa em relação a rugosidade e ao calor provocado pelos prédios, tais influências vão depender da orientação da malha urbana, disposição, altura e largura dos edifícios (OKE et al. 2017).

5.3.2.2 Permeabilidade Urbana

Em locais com maior grau de sombreamento por vegetação, é possível observar a forte influência na redução da temperatura do ar em ambientes abertos com alta incidência de albedo (THALEGANI et al. 2015).

Até mesmo áreas reduzidas de arborização já contribuem muito para o resfriamento e aumento de umidade relativa do ambiente por meio de sombras e evapotranspiração. Os espaços verdes podem afetar a temperatura e a umidade do ar em até 60 metros (GRILO et al. 2020). Xu et al. (2020), também afirmam que a cobertura vegetal afeta na temperatura através da transpiração da vegetação, que pode contribuir para a retirada de calor e também pode reduzir a absorção de radiação solar pela sua superfície, e em função da copa das árvores pode evitar que a radiação solar chegue ao solo.

Em relação aos corpos d'água, Xu et al. (2010), afirma que em dias de alta temperatura no verão, a presença de corpos d'água pela cidade, reduzem o estresse térmico em até 20 metros a partir da beira da água, a partir da diminuição da temperatura e aumento de umidade a partir da evaporação das águas superficiais.

5.4 CARACTERIZADORES DA MORFOLOGIA URBANA: LCZ e SVF

As definições de Local Climate Zones (LCZ) surgiram no meio científico em 2012, através dos autores Stewart e Oke, a fim de caracterizar paisagens urbanas a partir da busca integral de fenômenos relacionados às propriedades físicas de microescala com o objetivo de auxiliar em estudos que envolvem temperatura. Nesse contexto, as classificações das paisagens foram definidas através da altura e espaçamento de edifícios e árvores (estrutura), assim como cobertura de superfície permeável ou impermeável, que são fatores que podem alterar e conseqüentemente influenciar nas mensurações microclimáticas. Na figura 13, é possível observar as definições resumidas para as LCZs, de acordo com Stewart e Oke (2012).

Figura 13: Características de estrutura e (im)permeabilidade das LCZ

Tipos de Construção	Definição	Tipos de Cobertura de Solo	Definição
1. Arranha-céus compacto	Mistura densa de prédios altos com dezenas de andares. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.	A. Vegetação densa	Paisagem densamente arborizada de árvores de folhas perenes. Cobertura do solo predominantemente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, arborização ou parque urbano.
2. Médio compacto	Mistura densa de edifícios de altura média (3-9 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Terreno coberto em sua maioria pavimentado. Materiais de construção de pedra, tijolo, azulejo e concreto.	B. Árvores dispersas	Paisagem levemente arborizada de árvores de folhas perenes. Cobertura do solo predominantemente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, arborização ou parque urbano.
3. Edifícios baixos/compactos	Mistura densa de prédios baixos (1-3 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção de pedra, tijolo, azulejo e concreto.	C. Rasteira e arbustiva	Arranjo aberto de arbustos, arbustos e árvores curtas e lenhosas. Cobertura do solo predominantemente permeável (solo nu ou areia). A função da zona é o cerrado natural ou a agricultura.
4. Arranha-céus aberto	Arranjo aberto de edifícios altos a dezenas de andares. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.	D. Vegetação baixa	Paisagem inexpressiva de grama ou plantas/culturas herbáceas. Poucas ou nenhuma árvore. A função da zona é pastagem natural, agricultura ou parque urbano.
5. Médio aberto	Arranjo aberto de edifícios intermediários (3-9 andares). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.	E. Áreas expostas/pavimentadas	Paisagem inexpressiva de rocha ou cobertura pavimentada. Poucas ou nenhuma árvore ou plantas. A função da zona é deserto natural (rocha) ou transporte urbano.
6. Aberto de baixo crescimento	Arranjo aberto de edifícios baixos (1-3 andares). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de madeira, tijolo, pedra, azulejo e concreto.	F. Solo exposto/areia	Paisagem inexpressiva de solo ou cobertura de areia. Poucas ou nenhuma árvores ou plantas. A função da zona é deserto natural ou agricultura.
7. Baixo crescimento leve	Mistura densa de edifícios de um andar. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura de terra principalmente compactada. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal corrugado).	G. Água	Grandes corpos de água abertos, como mares e lagos, ou pequenos corpos, como rios, reservatórios e lagoas.
8. Baixos de grande porte	Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1-3 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.		
9. Construções esparsas	Arranjo esparsos de edifícios pequenos ou médios em um ambiente natural. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas).		
10. Indústria pesada	Estruturas industriais baixas e médias (torres, tanques, chaminés). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada ou compactada. Materiais de construção de metal, aço e concreto.		
		PROPRIEDADES VARIÁVEIS DE COBERTURA DE TERRENO	
		Propriedades de cobertura de terra variáveis ou efêmeras que mudam significativamente com padrões climáticos sinóticos, práticas agrícolas e/ou ciclos sazonais.	
		b. árvores nuas	Árvores decíduas sem folhas (por exemplo, inverno). Aumento do fator de visão do céu. Albedo reduzido.
		s. cobertura de neve	Cobertura de neve >10 cm de profundidade. Baixa admissão. Alto albedo.
		d. solo seco	Solo ressecado. Baixa admissão. Grande proporção de Bowen. Aumento do albedo.
		w. chão molhado	Solo encharcado. Alta admissão. Albedo reduzido.

Fonte: Stewart e Oke (2012).

Para a definição de uma LCZ, são estabelecidos alguns valores de propriedades geométricas e de cobertura de superfície. São levados em consideração, fator de visão do céu, a média entre altura, largura e espaçamento dos edifícios ou árvores, fração da superfície do edifício, impermeabilidade, permeabilidade, altura dos edifícios ou árvores e rugosidade do terreno. Além disso, também são definidos alguns valores representativos da escala local, de propriedades térmicas, radioativas e metabólicas (STWART e OKE, 2012). Através da figura 14, é possível perceber as diferentes LCZs em algumas partes da cidade de Balneário Camboriú.

Figura 14: LCZ em diferentes ambientes de Balneário Camboriú



Fonte: BCC Project⁶, 2020.

A partir da figura 14, pode-se observar que no mesmo ambiente é possível encontrar diferentes tipos de LCZ. Nesse sentido, a fim de simplificar o processo de definições e aumentar o fluxo de trabalhos realizados por pesquisadores e profissionais, em 2015, foi desenvolvido alguns procedimentos no World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), que permite realizar o mapeamento de cidades através das LCZs, de fácil acesso e de forma gratuita (DEMUZERE et al. 2021).

O Fator de visão do céu (SVF), é a “proporção da quantidade do céu "visto" de um determinado ponto em uma superfície para aquele potencialmente disponível (ou seja, a proporção do hemisfério do céu subtendido por uma superfície horizontal)”(OKE et al. 2017). Esse é um parâmetro muito utilizado para caracterizar

⁶ Instagram do projeto: @bcc.project

a geometria dos cânions urbanos, onde são feitas medidas que demonstram os pontos em que o céu acaba por ser obscurecido pelo ambiente (RAJKOVICH e LARSEN, 2016).

Dentre seus usos, o SVF também pode ser um método para verificar o acesso solar e resfriamento nos cânions das ruas, ainda, de acordo com Oke et al. (2017), os cálculos de SVF podem ser feitos pelo software RayMan. Seus cálculos podem variar de 0 a 1, onde 0 significa que o céu está coberto por terreno ou obstáculos de forma completa, e o céu livre é representado pelo 1 (MATZARAKIS et al. 2007; MATZARAKIS et al. 2010). Xu et al. (2020) afirma que:

A fração vista do céu afeta a absorção da radiação solar da superfície urbana e a dissipação do calor antropogênico e da radiação de ondas longas. Geralmente, a redução do SVF significa que a relação entre a altura do edifício ao longo do cânion da rua e a largura da rua aumenta. (XU et al. 2020, p.15).

Na figura 15, é possível observar um exemplo de fotografia realizada pela lente olho de peixe, que é utilizada para a realização posterior dos cálculos de SVF, em uma área densamente urbanizada em Balneário Camboriú.

Figura 15: Imagem com a lente olho de peixe representando a vista do céu.



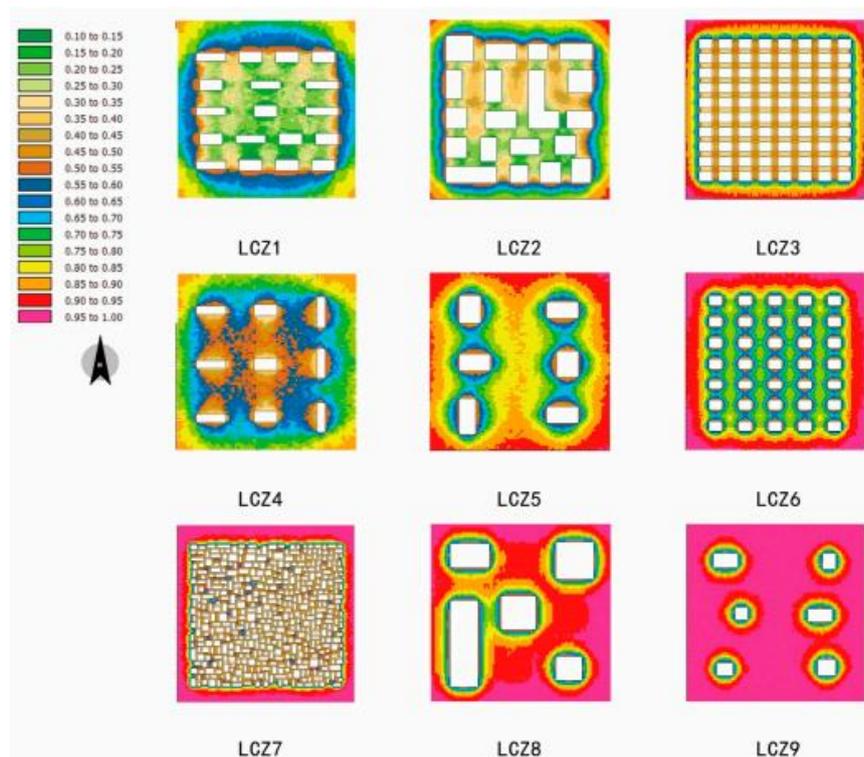
Fonte: próprio autor, 2021.

Na figura 15, é possível observar uma fotografia realizada na rua 3700 de Balneário Camboriú, onde é possível visualizar a vista do céu obtida em relação a urbanização do local. Sabendo que os edifícios e as árvores reduzem a visão do céu,

a SVF se torna um importante parâmetro para caracterizar o meio urbano, justamente porque um baixo SVF sobre as calçadas, pode vir a influenciar no conforto positivamente ou negativamente conforme demais elementos espaciais (VANOS et al. 2019).

De acordo com a pesquisa de Sakamoto (2001), em São Paulo, a SVF aliada a outros fatores foi uma ótima metodologia para compreender as variações térmicas temporais e espaciais, no ambiente estudado, além de que as fotografias apresentam bom “complemento à análise da estrutura, orientação e largura das vias de circulação. Principalmente em relação aos *canyons* urbanos, a “configuração do céu” apresentou potencial excelente para sua classificação quantitativa...” A partir da figura 16, é possível observar a distribuição espacial entre o SVF e LCZs.

Figura 16: Distribuição espacial do (SVF) para nove tipos de LCZs



Fonte: Lyo et al. (2019)

Lyo et al (2019), usaram os métodos das LCZs para correlacionar com a SVF e encontrar possíveis correlações com alguns fatores ambientais Nanquim (China), durante o verão. Na figura 16, é possível observar a relação obtida entre as duas metodologias. O trabalho mostrou-se eficiente ao encontrar diversas correlações entre a SVF e os microclimas a partir da representação de nove tipos de LCZs.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

A realização de uma metanálise ocorre em algumas etapas essenciais que vão mudar conforme os critérios de cada autor, de acordo com Higgins et al. (2011), existem sete etapas das quais deve-se seguir para realizar a revisão sistemática. São elas:

1. Formulação da pergunta;
2. Localização e seleção dos estudos;
3. Avaliação crítica dos estudos;
4. Coleta de dados;
5. Análise e apresentação dos dados;
6. Interpretação dos dados;
7. Aprimoramento e atualização da revisão.

Nesse contexto, na primeira etapa foi realizada a formulação da pergunta. Tal etapa foi muito importante para conduzir todo o trabalho, levando em consideração que ela deve ser bem formulada e de fácil entendimento (SAMPAIO et al. 2007). A elaboração da pergunta, que foi utilizada para as etapas a seguir resultou em “Qual o nível de (des)conforto térmico humano em relação aos diferentes ambientes nos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú, no verão?”

A partir dela, formaram-se as palavras-chave norteadoras da pesquisa. A escolha das palavras-chave tornou-se extremamente importante, pois foram estratégias de busca essenciais para a realização da segunda etapa. As palavras chaves utilizadas foram “conforto térmico humano externo, bicicleta, mobilidade e clima urbano”, as palavras foram traduzidas para o inglês, pois as plataformas de busca para a etapa dois foram internacionais.

Para a segunda etapa “Localização e seleção dos estudos”, foram utilizadas cinco plataformas para a busca: A Connected Papers, Mdpi, Nature, Science Direct e a Scopus. A seleção das bases que foram escolhidas são plataformas bem-conceituadas e para essa definição, houve o cuidado de escolher bases que

pudessem obter resultados quanto às expectativas da temática abordada (HIGGINS et al. 2011).

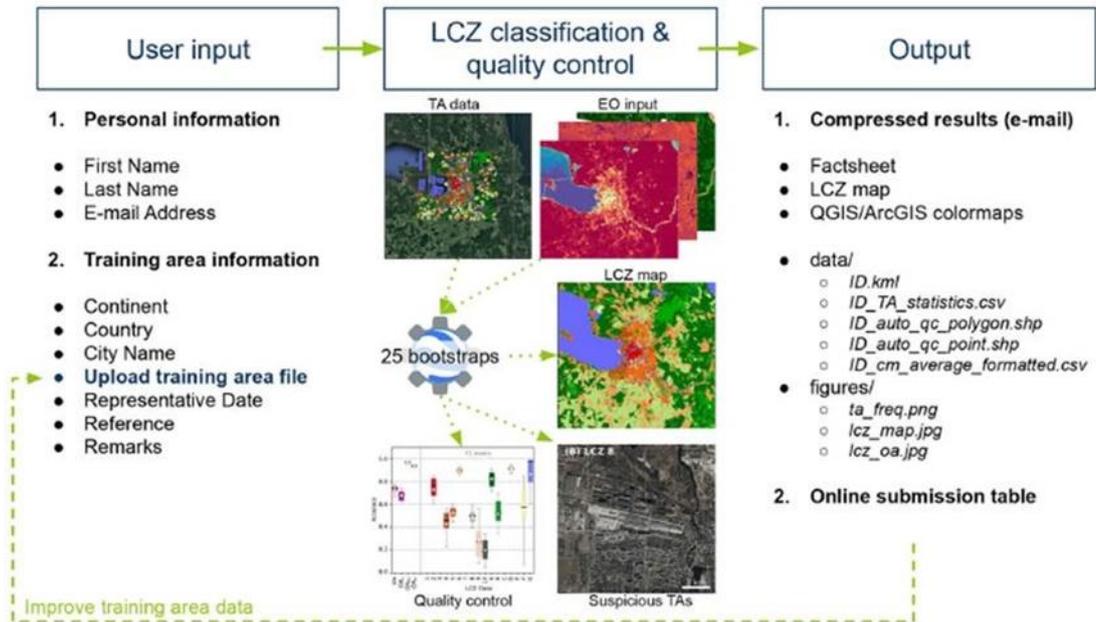
A etapa 3 foi onde foram feitas as avaliações críticas dos estudos, para isso, todos os trabalhos selecionados a partir do resumo, foram lidos de forma completa, assim foi possível selecionar quantos deles iriam para a revisão teórica, quantos para a discussão dos resultados, e quais seriam importantes para a definição do método, e também quais seriam excluídos da revisão, por não se adequarem a temática.

A partir disso, na quarta etapa, foi feita a coleta de dados referente aos artigos selecionados apenas para a definição dos procedimentos metodológicos para a construção de um trabalho bem estruturado e com informações pertinentes para a comunidade científica (GOMES et al. 2014). As etapas 5, 6 e 7, referem-se a partes importantes e conclusivas que serão apresentadas no decorrer do trabalho.

6.2 MAPEAMENTO DE LCZs

Para a realização da caracterização da morfologia urbana de Balneário Camboriú através das LCZs, foi utilizado um mapa fruto do procedimento de definições de LCZs proposto por Demuzere et al. (2021). Inicialmente foi necessário acessar o World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) que permite desenvolver o mapeamento de cidades através das LCZs. Após acessar o site, foi feito o download do mapa das LCZs para Balneário Camboriú que já estava disponível na plataforma, realizado em trabalhos anteriores (WOLLMANN, 2021b). O site permite a realização do mapeamento de qualquer local a partir da seleção dos polígonos relacionados a cada LCZ presente no ambiente. O WUADAPT ainda fornece diretrizes para digitalizar áreas corretas de treinamento. Na figura 17, é possível observar as etapas relacionadas ao processo de mapeamento de novos locais.

Figura 17: Aplicação da LCZ Generator



Fonte: WUDAPT, 2022.

Após todas as etapas realizadas no site para realizar o mapeamento, é gerado um mapa LCZ com estatísticas de metadados e rótulos para polígonos suspeitos, a fim de controlar a qualidade do produto obtido, por último, os resultados são enviados ao email do autor e submetido online.

6.3 CÁLCULOS DE SVF

Para a realização da SVF, foi utilizada uma lente chamada de olho de peixe 218° acoplada à câmera do celular (OKE et al. 2017; MATZARAKIS et al. 2007; MATZARAKIS e HWANG, 2010). Os pontos escolhidos para a retirada das fotografias variaram conforme o resultado obtido através da mudança de ambientes (LCZs) pelos transectos (LYO et al. 2019; SAKAMOTO, 2001). A partir da figura 18, é possível observar os itens utilizados.

Figura 18: Instrumentos utilizados para a realização das fotos do SVF



Fonte: Fotografias realizadas durante a saída de campo (2022).

Após a obtenção das imagens, foi necessário realizar alguns passos para calcular o SVF. Inicialmente foi necessário realizar uma edição para cortar os cantos das fotos que seriam desnecessários aos cálculos posteriores, e após isso eles foram introduzidos no software RayMan PRO (MATZARAKIS et al, 2007; MATZARAKIS e HWANG, 2010).

6.4 MENSURAÇÕES FIXAS E MÓVEIS

A partir da revisão teórica e sistemática, foi possível obter o conhecimento dos instrumentos necessários para a mensuração de conforto térmico. Para esse trabalho foram utilizados instrumentos que forneceram dados de: radiação Solar, velocidade do vento, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura de globo (FANGER, 1973). Além disso, as teorias das LCZs já vinham sendo estudadas desde 2020, e foram essenciais para escolher os melhores pontos para estações meteorológicas fixas que pudessem contemplar os diferentes ambientes em Balneário Camboriú a fim de controlar condições meteorológicas diárias e utilizar dados de instrumentos que não puderam ser fornecidos através dos transectos móveis (RAJKOVICH et al. 2016).

6.4.1 Estações fixas

Nesse sentido, foram realizados trabalhos de campo em 2020 e 2021 com o objetivo de conhecer a área de pesquisa e selecionar pontos de coleta fixos. No total foram 24 estações meteorológicas automáticas instaladas pela cidade (WOLLMANN,

2021a), para recolher dados para a pesquisa atual e trabalhos posteriores. Além disso, a escolha dos pontos na cidade também levou em conta a disponibilidade de alguns órgãos públicos e privados, que aceitaram realizar parceria com a pesquisa e forneceram locais seguros para que não ocorresse nenhum tipo de furto, ou extravio dos equipamentos

Algumas estações fixas forneceram dados de dataloggers acoplados em abrigos construídos manualmente a partir de materiais de baixo custo (Abrigo Meteorológico de Polipropileno (AMP) (HOPPE et al, 2022) e outros forneceram dados de instrumentos obtidos através de uma parceria com a METOS BRASIL. Na Figura 19, é possível observar os abrigos construídos manualmente com os dataloggers acoplados.

Figura 19: Abrigos de baixo custo com os dataloggers acoplados



Fonte: Fotografia realizada durante a saída de campo (2022).

Os abrigos fixos construídos manualmente abrigaram os Datalogger modelo HT 500 Instrutherm que forneceram dados de temperatura do ar e umidade (1) (HOPPE E WOLLMANN, 2022) e dados de termômetro de globo (2) (ISO 7726, 1998; ASHRAE, 2001) para validação dos dados e pesquisas posteriores. Abrigos feitos com materiais de AMP (1), disponível na figura 18, são eficientes e confiáveis, para a aquisição de

dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar em trabalhos de campo, além de não haver dificuldades em construí-los (HOPPE E WOLLMANN, 2022). Os pratos utilizados são comuns em atividades de jardinagem, e o custo total do abrigo foi de aproximadamente 50,00² (HOPPE E WOLLMANN, 2022). Em relação ao termômetro de globo (2), foi construído através de uma esfera de metal cinza para servir de abrigo ao datalogger (THORSSON et al. 2007; ISO 7726,1998; ASHRAE, 2001). A partir da figura 20, é possível observar um exemplo de conjunto de equipamentos fornecidos pela METOS BRASIL, que foram usados para fornecer à pesquisa dados de radiação solar e velocidade do vento.

Figura 20: Conjunto de equipamentos fornecidos pela METOS BRASIL



Fonte: Luciano Loman, Diretor da METOS (2022).

Para além disso, regularmente foram feitas vistorias em ambos os tipos de instalações apresentadas, para garantir que estavam em condições apropriadas e sem contaminações adjacentes (NASTOS et al, 2017). Através da figura 21, é possível observar a localização das estações que forneceram os dados de radiação e de velocidade do vento.

Figura 21: Estações meteorológicas fixas que forneceram dados à pesquisa



Fonte: adaptado do Google Earth, 2022.

Tais estações fixas apresentadas na figura 21, foram escolhidas pensando nos equipamentos fornecidos por elas para o uso na pesquisa e também sua localização em função das duas rotas.

6.4.2 Transectos: Estações móveis

Em outubro de 2021, foi realizada uma saída de campo, com duração de 10 dias, com o objetivo de definir as rotas a serem realizadas com os equipamentos acoplados nas bicicletas. Para isso, foram escolhidas duas rotas, (Figura 21), a serem realizados por dois pilotos diferentes, ambos realizando o trajeto ao mesmo tempo.

Foi definido, que seriam escolhidas duas datas na mesma semana, para a realização dos transectos no verão. A escolha das datas variou de acordo com a situação atmosférica da semana em que ocorreram as saídas de campo, optou-se que para os dias escolhidos, não houvesse chuva e que os tipos de tempo fossem os que mais ocorrem na região no verão, de acordo com Sartori (2016).

Os horários selecionados para as mensurações móveis foram às 9h da manhã e às 16h. Tais horários foram definidos por influenciarem de forma distinta nas variáveis ambientais, principalmente em função da radiação solar (RAJKOVICH et al, 2016; LEHNERT et al, 2018). As duas datas escolhidas foram dia 11 de janeiro de 2022 e o dia 14 de janeiro de 2022.

As bicicletas utilizadas nos transectos foram emprestadas por apoiadores da pesquisa, que residem na cidade de Balneário Camboriú, esses, tomaram conhecimento das pesquisas através das divulgações que foram feitas pelo Jornal página 3.

Para as mensurações móveis, foram utilizados dois *datalogers* do modelo HOBO® U23-001. Eles foram fabricados pela Onset Computer Corporation e são à prova de condições climáticas extremas⁷. Um foi utilizado para realizar medições de Temperatura e Umidade Relativa, e outro foi utilizado para calcular posteriormente a Temperatura Média Radiante através dos dados de temperaturas obtidos pelo termômetro de globo. É possível observar o dataloger a partir da Figura 22.

Figura 22- datalogers modelo HOBO® U23-001



Fonte: Fotografias realizadas durante a saída de campo (2022).

Foi realizada a calibração dos equipamentos para averiguação de valores que forneceram dados de 30 em 30 segundos, por aproximadamente quatro horas (PARSONS, 2007). Os dataloggers foram acoplados na bicicleta, através de um apoio de PVC (figura 23). O *dataloger* que forneceu dados de temperatura do ar e umidade relativa foi protegido através de um cano menor de PVC branco, que foi furado manualmente, para possibilitar a ventilação e evitar a incidência de luz solar direta. Além disso, os instrumentos foram colocados a 1,5 do chão, para evitar influências

⁷ Disponível em: (<https://www.hobodataloggers.com.au/hobo-pro-v2-u23-001-temperaturerh-datalogger>). Acesso em: 28 set. 2022).

indesejadas e para respeitar as normas pertinentes (ISO 7726. 1998). Na figura 23, é possível visualizar a bicicleta com os instrumentos acoplados.

Figura 23- Equipamentos acoplados na bicicleta



Fonte: Fotografias realizadas durante a saída de campo (2022).

6.5 TRATAMENTO E MAPEAMENTO DOS DADOS OBTIDOS

6.5.1 Localização dos dados

Após o levantamento de dados em campo, houve o tratamento dos dados para serem avaliados conforme o horário solar da região (UTC-3) (GRIGOLLETI, et al. 2018). Posteriormente, foi necessário encontrar a localização aproximada dos dados fornecidos pelos dattalogers a cada 30 segundos (RAJKOVICH et al ,2016). Para encontrar as coordenadas UTM para cada ponto, foi realizado um cálculo simples utilizando algumas variáveis fornecidas por um aplicativo de celular gratuito, voltado a esportes⁸. Com ele, foi possível ter conhecimento exato da quilometragem total, tempo e velocidade média de cada transecto, como é possível observar em um exemplo na figura 24.

⁸ Disponível em: (<https://www.sports-tracker.com/>). Acesso em: 28 set. 2022.

Figura 24- Aplicativo utilizado para reconhecimento de variáveis



Fonte: adaptado Sports Tracker, (2022).

Através dessas informações, foi possível especializar os pontos manualmente através do software Google Earth Pro, com o auxílio de algumas ferramentas, como o marcador e a régua. Na figura 25, é possível observar um exemplo da espacialização dos pontos pelo trajeto 1 a cada 30 segundos.

Figura 25- Espacialização das mensurações



Fonte: adaptado do Google Earth, 2022.

Após o tratamento de todos os dados, foram feitos mapas nos softwares Qgis 3,0 e ArcGIS. Os mapas que foram produto dos resultados da pesquisa levaram em consideração 75 metros de distância, pensando no alcance das variáveis ambientais.

Para transformar os dados obtidos através do termômetro de globo em TRM, foi necessário utilizar dados de velocidade média do vento, temperatura do ar e temperatura de globo para cada ponto.

6.6 ÍNDICES PET E UTCI: CALIBRAÇÃO PARA REGIÕES SUBTROPICAIS

Para calcular os índices PET e UTCI, foi utilizado o Software RayMan Pro. O programa aceitava apenas arquivos de texto. Os dados inseridos foram de data, dia do ano, tempo (de minuto em minuto) TRA, URA, Velocidade do Vento e radiação solar.

A partir do exposto, cabe destacar que diversos estudos surgiram a fim de definir faixas interpretativas de conforto térmico para diferentes locais a partir de questionários e diversos instrumentos meteorológicos. Em relação a cidade de Balneário Camboriú, tais faixas interpretativas ainda não foram realizadas, mas já estão sendo processadas em outra pesquisa que faz parte de um projeto mais amplo tendo como tema o conforto térmico humano externo em Balneário Camboriú.

No entanto, cabe destacar que Rossi et al. (2013) realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar o conforto térmico em espaços abertos de Curitiba (PR) para definir as faixas de (des)conforto para a cidade com o índice UTCI. Gobo (2018), realizou o mesmo processo para a definição de faixas interpretativas para a cidade de Santa Maria(RS), para o índice PET e diversos outros.

Nesse sentido, para avaliar o conforto térmico através dos índice PET, foi utilizado as faixas interpretativas desenvolvidas por Gobo (2018) e para o UTCI, foram utilizadas as faixas interpretativas desenvolvidas por Rossi et al. (2013) para climas subtropicais. Na tabela 3, é possível observar as faixas interpretativas para o PET.

Tabela 3: Faixas interpretativas do PET calibrada para climas subtropicais

PET (°C) original	Faixas PET original	PET (°C) subtropical	Faixas PET subtropical
< 4,0	Muito frio	< 5,0	Muito frio
4,0 a 8,0	Frio	5,0 a 11,0	Frio
8,0 a 18,0	Frio moderado	11,0 a 16,0	Um pouco de frio
18,0 a 23,0	Confortável	18,0 a 24,0	Nem frio nem calor
23,0 a 35,0	Calor moderado	24,0 a 30,0	Um pouco de calor
35,0 a 41,0	Quente	30,0 a 39,0	Calor
> 41,0	Muito quente	>39,0	Muito calor

Fonte: Gobo (2018).

Através da tabela 4, é possível observar as faixas interpretativas para o UTCI, proposta por Rossi et al (2013).

Tabela 4: Faixas interpretativas do UTCI calibradas para climas subtropicais

Faixa de UTCI	Categorias de estresse	Faixas de UTCI ajustado	Classificação por conforto/desconforto	Faixas de UTCI
38,0 °C a 46,0 °C	Muito forte estresse para o calor	38,0 °C a 46,0 °C		
32,0 °C a 38 °C	Forte estresse para o calor	32,0 °C a 38,0 °C		
26,0 °C a 32,0°C	Moderado estresse para o calor	27,0 °C a 32,0 °C	>27,0 °C	Desconforto por calor
18,0 °C a 26,0 °C	Conforto térmico	15,0 °C a 27,0°C	15,0 °C a 27,0 °C	Conforto
9,0 °C a 18,0 °C	Sem estresse térmico	9,0 °C a 15,0 °C	> 15,0 °C	Desconforto por frio
0,0 °C a 9,0 °C	Pouco estresse para o frio	0,0 °C a 9,0 °C		
0,0 °C a -13,0 °C	Moderado estresse para o frio	0,0 °C a -13,0 °C		

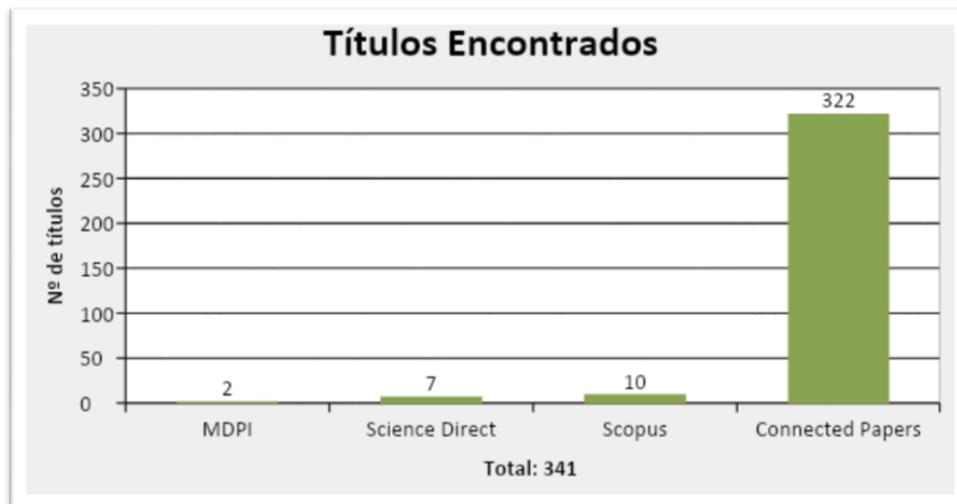
Fonte: Rossi et al (2013).

7 RESULTADOS

7.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Através da formulação da pergunta, e da escolha das palavras chaves inseridas nas plataformas de pesquisa conceituadas (HIGGINS et al 2011), é possível observar na figura 26 a quantidade de títulos encontrados em cada plataforma.

Figura 26- Títulos encontrados nas plataformas selecionadas para busca

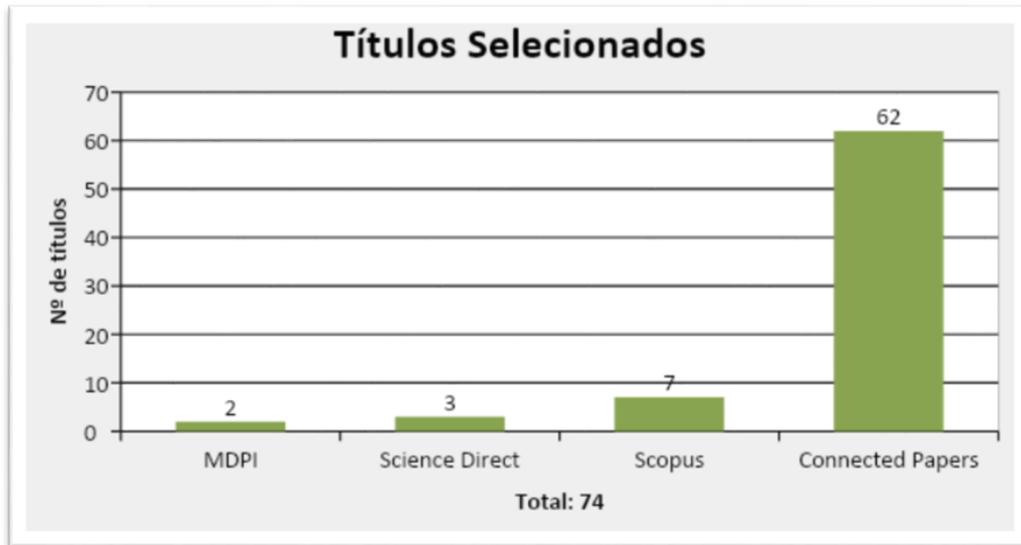


Fonte: o próprio autor (2022).

A partir da figura 26, foi possível observar que, através das palavras-chaves selecionadas, foram encontrados ao total 341 trabalhos em quatro das cinco plataformas selecionadas para a pesquisa. Não foi possível encontrar resultados na "NATURE", e por tanto ela não consta no gráfico. Após a leitura

Posterior a essa seleção, foram lidos todos os 341 títulos presentes nas plataformas e selecionados aqueles que pareciam se adequar ao estudo, conforme a concordância com o tema da pesquisa. Na figura 27, é possível quantificar os títulos escolhidos por plataforma para seguir para a leitura do resumo.

Figura 27: Títulos selecionados para a leitura do resumo



Fonte: próprio autor (2022).

Através da figura 27, foi possível analisar que restaram apenas 74 dos 341 trabalhos, isso equivale a aproximadamente 22% do total dos títulos encontrados inicialmente. Ainda na seleção dos estudos, a seguir foi feita a leitura dos resumos desses títulos selecionados, a fim de escolher aqueles trabalhos que realmente pudessem ser levados para as etapas posteriores. Após a leitura de todos os resumos, é possível observar quantos foram selecionados para a leitura completa na figura 28.

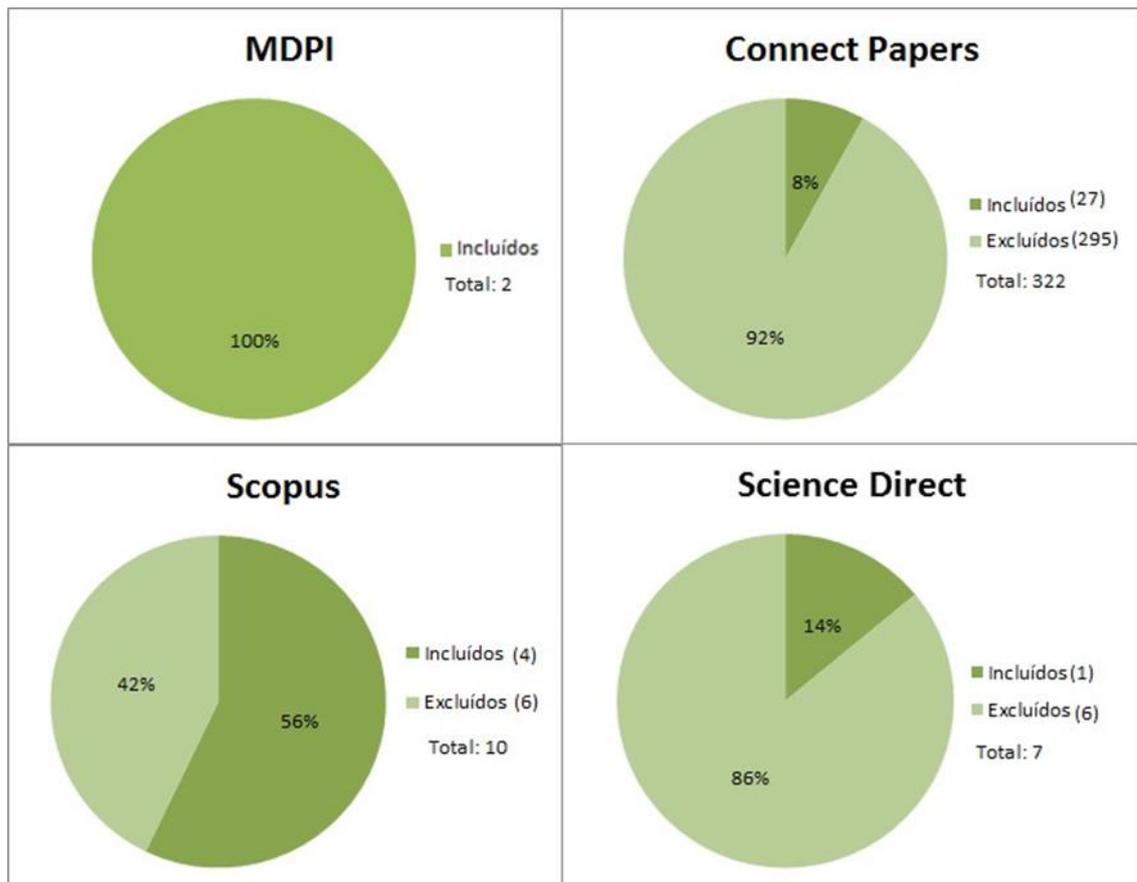
Figura 28: Resumos selecionados



Fonte: próprio autor, (2022).

A partir do exposto na figura 28, percebe-se que através da seleção minuciosa dos resumos que poderiam ser proveitosos a temática da pesquisa, dos 341 títulos inicialmente encontrados, apenas 41 foram selecionados para a próxima etapa. Na figura 29 é possível identificar a porcentagem de trabalhos que ficaram em cada plataforma, de acordo com a quantidade inicial de títulos.

Figura 29- Porcentagem dos trabalhos restantes por plataforma após leitura completa



Fonte: próprio autor, 2022.

É possível observar na figura 29 que, a partir de uma leitura atenciosa, 100% dos títulos iniciais permaneceram na revisão sistemática após a leitura completa dos trabalhos disponíveis na plataforma MDPI, da plataforma Connect Papers, apenas 8% restaram para compor a atual pesquisa. Na plataforma Scopus, 56% dos títulos iniciais permaneceram após leitura completa e da Science Direct, 14% foram incluídos.

A leitura minuciosa dos trabalhos já existentes foi essencial para separá-los e organizá-los de forma que possibilitasse melhor aproveitamento daquilo encontrado durante a revisão sistemática, Sampaio et al (2017), afirma que “os pesquisadores devem se certificar de que todos os artigos importantes ou que possam ter algum

impacto na conclusão da revisão sejam incluídos”. Dessa forma, cabe ressaltar que a partir dos 34(100%) artigos completos selecionados, aproximadamente 23(67%) deles de alguma forma irão contribuir posteriormente para a discussão dos resultados esperados nessa pesquisa, 6(18%), serão importantes para a revisão teórica de todos os assuntos imprescindíveis que serão abordado para a construção da pesquisa, e 5(15%) serão indispensáveis para a definição dos procedimentos metodológicos (Item 7.1.1).

A partir de uma análise global dos estudos foi possível perceber que há uma concentração maior de trabalhos no Hemisfério Norte do que o Sul, principalmente na China, dos 34 trabalhos, 8 foram realizados na China. Além disso, outros países que se sobressaíram aos demais, foi a Espanha com 3 trabalhos e a Austrália com o mesmo número. Além disso, a Argentina, a Índia e a Sérvia apresentaram 2 estudos.

7.1.1 Bicicleta para mensuração móvel: panorama internacional

Através de uma busca sistemática e bibliográfica por pesquisas que optaram por utilizar a bicicleta em sua metodologia a fim de realizar transectos de medições térmicas em meio urbano, foram encontrados poucos trabalhos, mas todos eles obtiveram excelentes resultados. É possível perceber certa diversificação entre as metodologias aplicadas em cada trabalho, principalmente quanto aos parâmetros utilizados para o tratamento e discussão dos resultados, como veremos a seguir. Além disso, cabe ressaltar que não foi encontrado nenhum trabalho que mostrasse tal metodologia no Brasil.

Rajkovich e Larsen (2016), em seu trabalho, descreveram um projeto para a validação de uma bicicleta para ser utilizada em medições móveis, permitindo movimentos dentro da cidade para avaliar propriedades físicas e térmicas no Condado de Cuyahoga, Ohio, EUA. Foram coletados dados microclimáticos na parte mais quente do dia para determinar como as características físicas (radiação solar, albedo, fator de visão do céu, vegetação) contribuíram para as variações locais nas temperaturas do solo e do ar. A radiação solar e o albedo explicaram a variação nas temperaturas da superfície do solo ao longo do transecto e os tipos de temperatura da superfície do solo e cobertura do solo explicaram a variação das temperaturas do ar.

Por outro lado, Nastos et al. (2017) buscou avaliar o conforto térmico em um campus universitário na área metropolitana de Atenas, através de mensurações moveis com o auxílio de uma bicicleta de carga. Os transectos foram realizados ao meio-dia e noite de um único dia. Foi utilizado o modelo envi-met para simular as interações entre superfície, planta e ar no ambiente urbano. As medidas experimentais foram de temperatura do ar, relativa, umidade, velocidade do vento, temperatura do globo e radiação solar global, o índice PET foi utilizado.

Lehnerta, et al. (2018) ao utilizar a bicicleta para as medições móveis na cidade de Olomouc, buscou encontrar pontos quentes e frios através de uma análise da temperatura do ar nas diferentes LCZs, durante o verão, outono e inverno. Os resultados mostraram que há uma influência significativa do microclima e do clima local no campo da temperatura.

Em 2019, Vanos et al. (2019) buscou estimar o conforto térmico dos espectadores ao longo de uma rota da maratona olímpica de Tokyo, buscou compreender como os múltiplos fatores ambientais poderiam estar afetando no conforto térmico humano. As medições móveis com a bicicleta, captaram temperatura do ar e de superfície, radiação solar, umidade e velocidade do vento, coletados ao longo do percurso da maratona durante 15 dias no verão de 2016, alinhados a fatores de SVF.

Emery et al. (2021) realizaram um estudo com medições móveis em uma bicicleta equipada com instrumentos de medição em Dijon, no leste da França a fim de quantificar a influência da forma urbana na variabilidade da microescala da temperatura do ar. Foi realizado um percurso durante 33 noites de primavera e verão. Foi utilizado o método Cobertura do solo corine e as LCZs para avaliar o impacto da forma urbana e cobertura do solo nas temperaturas do ar, com base na análise de variância.

7.2 CARACTERIZADORES DA MORFOLOGIA URBANA: LCZ E SVF

Através da metodologia proposta por Demuzere et al (2021) foi possível obter o mapa das LCZs disponíveis para a cidade de Balneário Camboriú. Na figura 31, é possível observar o mapa de LCZ com as rotas 1 e 2. A figura 31 apresenta que, das 17 LCZs propostas por STWART e OKE (2012), a cidade de Balneário Camboriú possui 14 delas. A figura 32 mostra quais as LCZs que estão presentes na área de

estudo (rota 1 e rota 2), juntamente com as imagens retiradas pela lente olho de peixe para os cálculos das SVF. A partir da figura 33 é possível observar os cálculos de SVF obtidos através do programa RayMan Pro e a figura 34 apresenta a relação entre LCZ e SVF.

A figura 31 apresenta que 10 diferentes LCZs estão presentes pelas rotas. A parte mais próxima do oceano, apresenta a LCZ G, F e a maior concentração de LCZ 1 até a terceira avenida (em direção ao continente). A parte mais continental da cidade, apresenta em sua maioria concentração de LCZ 3 e possui também significativas áreas de LCZ 8, e algumas A, B e D. A cidade é praticamente dividida entre as duas LCZs que mais se destacaram que foi a LCZ 1 e a LCZ 3 como mostra a figura 30.

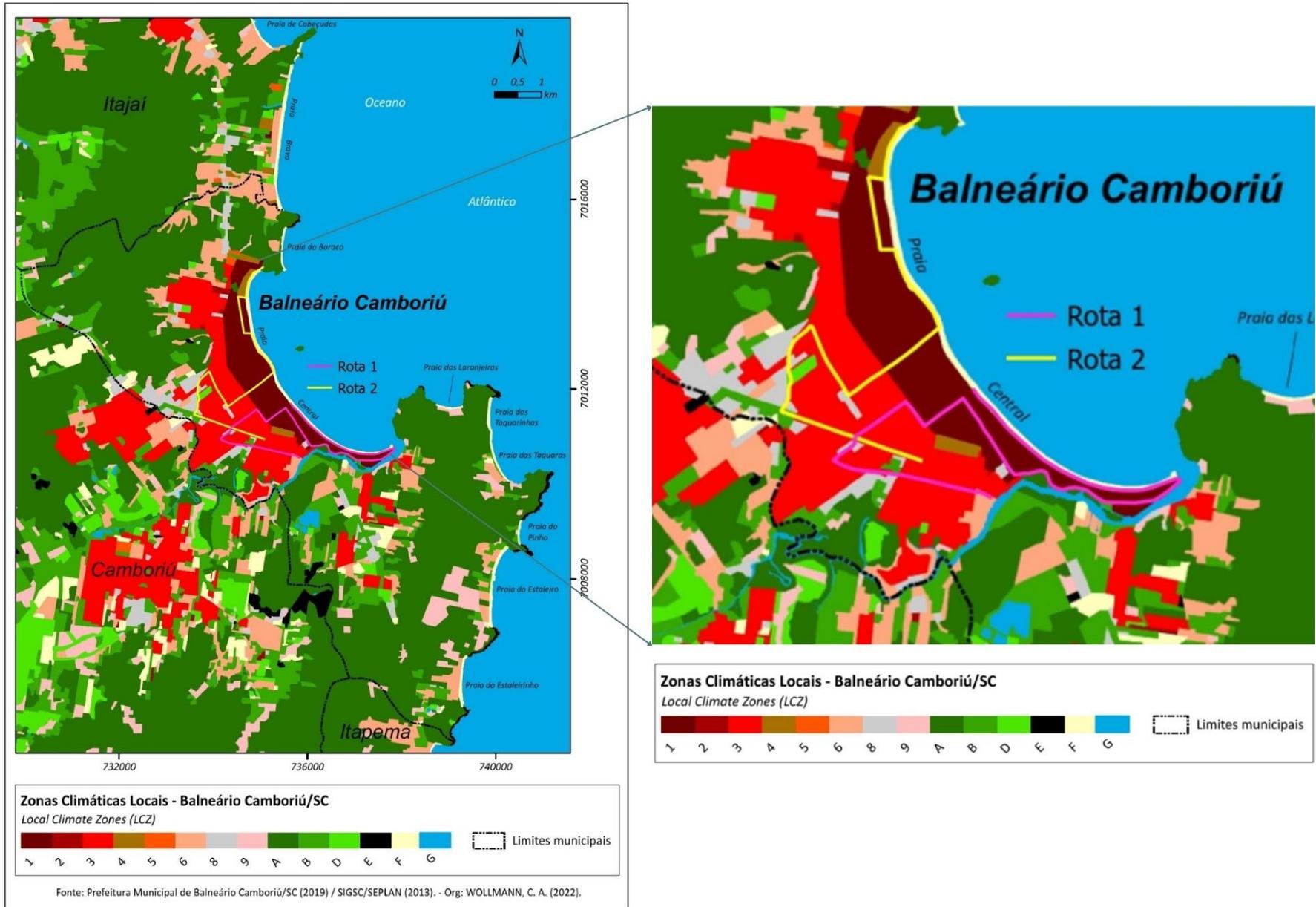
Figura 30: LCZ 3 e LCZ 1



Fonte: fotografia retirada em saída de campo (2022)

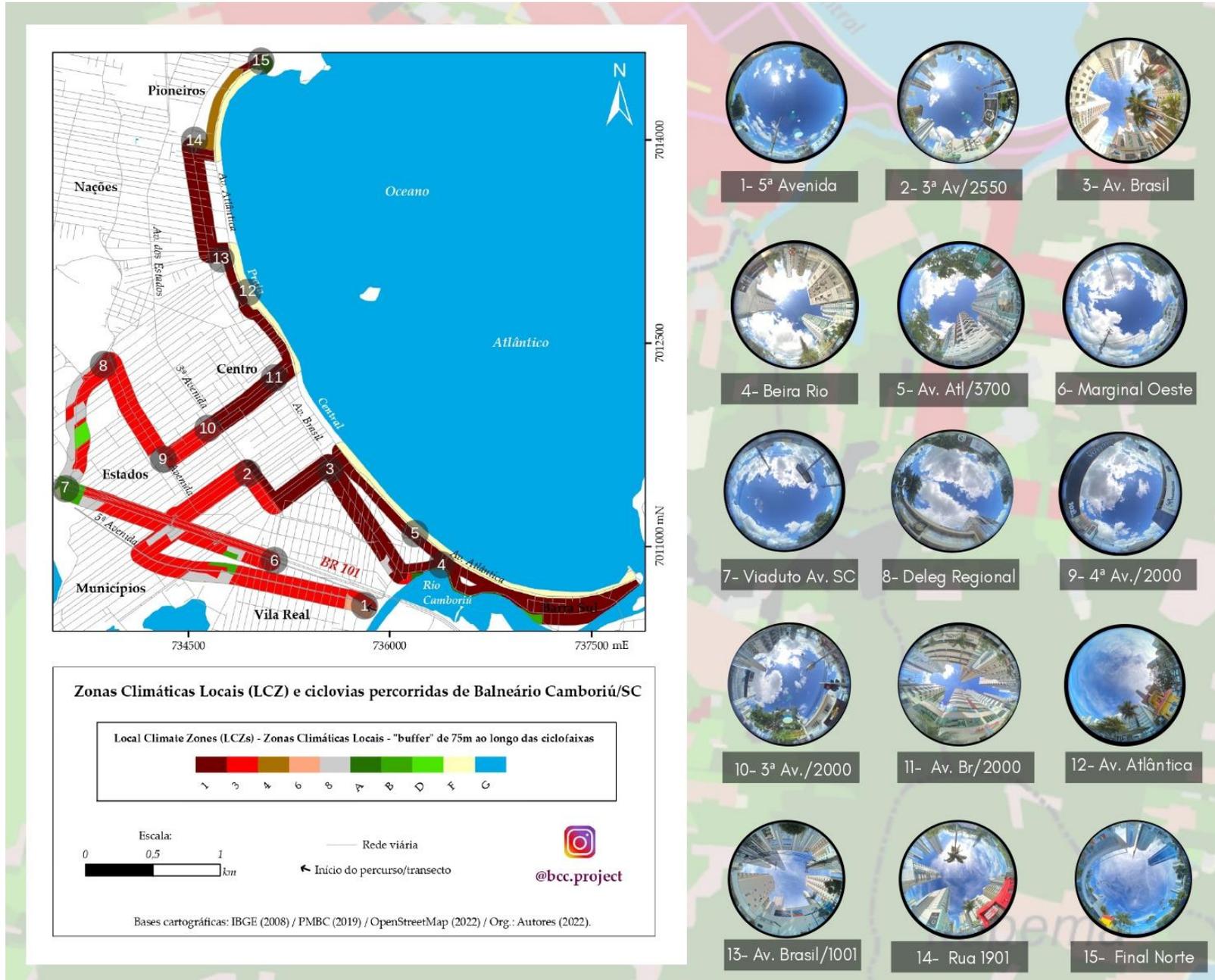
A imagem apresenta inicialmente a LCZ 3 ao redor de onde a foto foi tirada, e ao fundo os grandes prédios representando a LCZ 1. Essa imagem destaca a diferença entre as duas LCZs que mais estão presentes na cidade de Balneário Camboriú.

Figura 31- Mapa das LCZs em Balneário Camboriú com as rotas



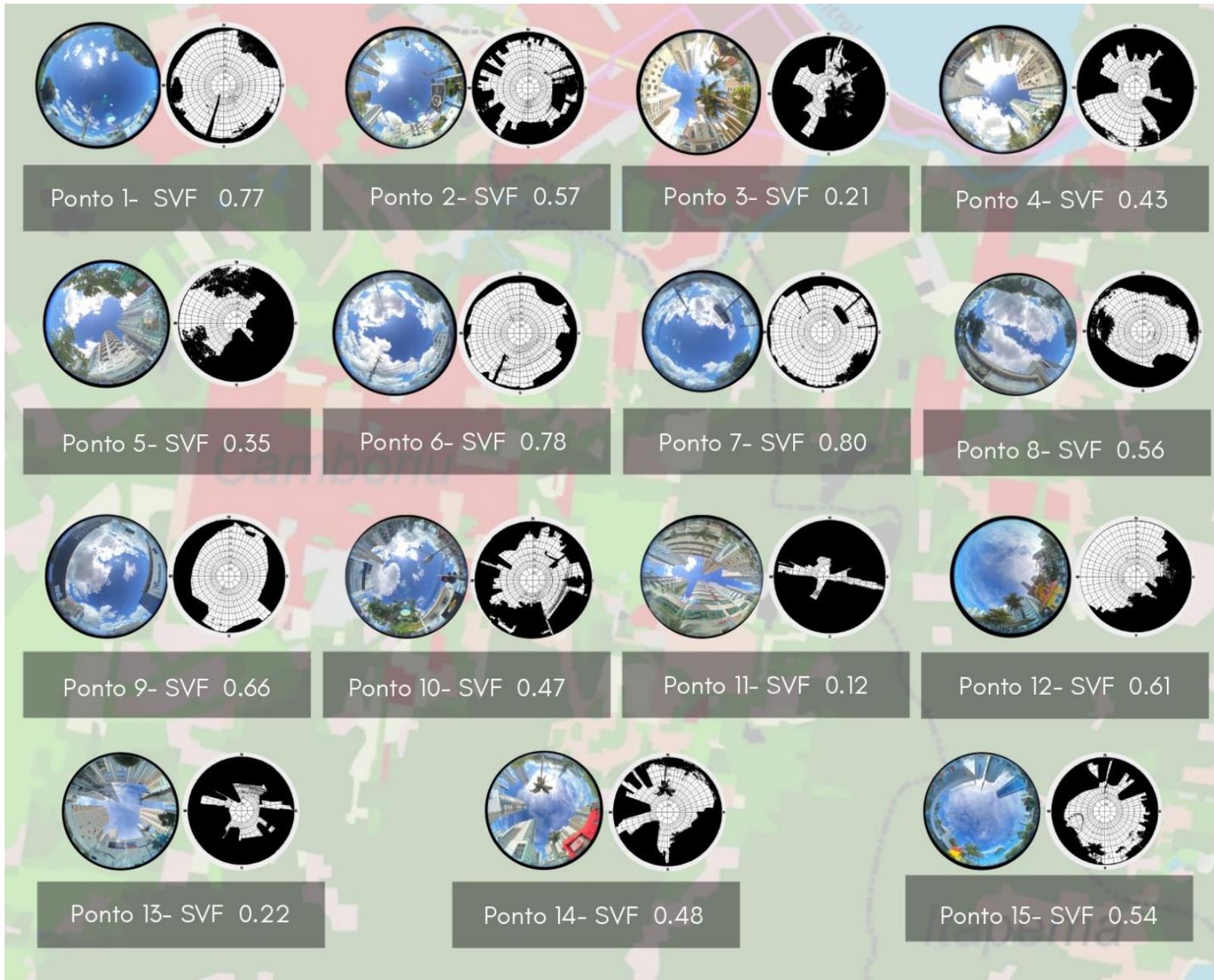
Fonte: Os autores (2022)

Figura 32- LCZs presentes nos transectos e pontos de SVF



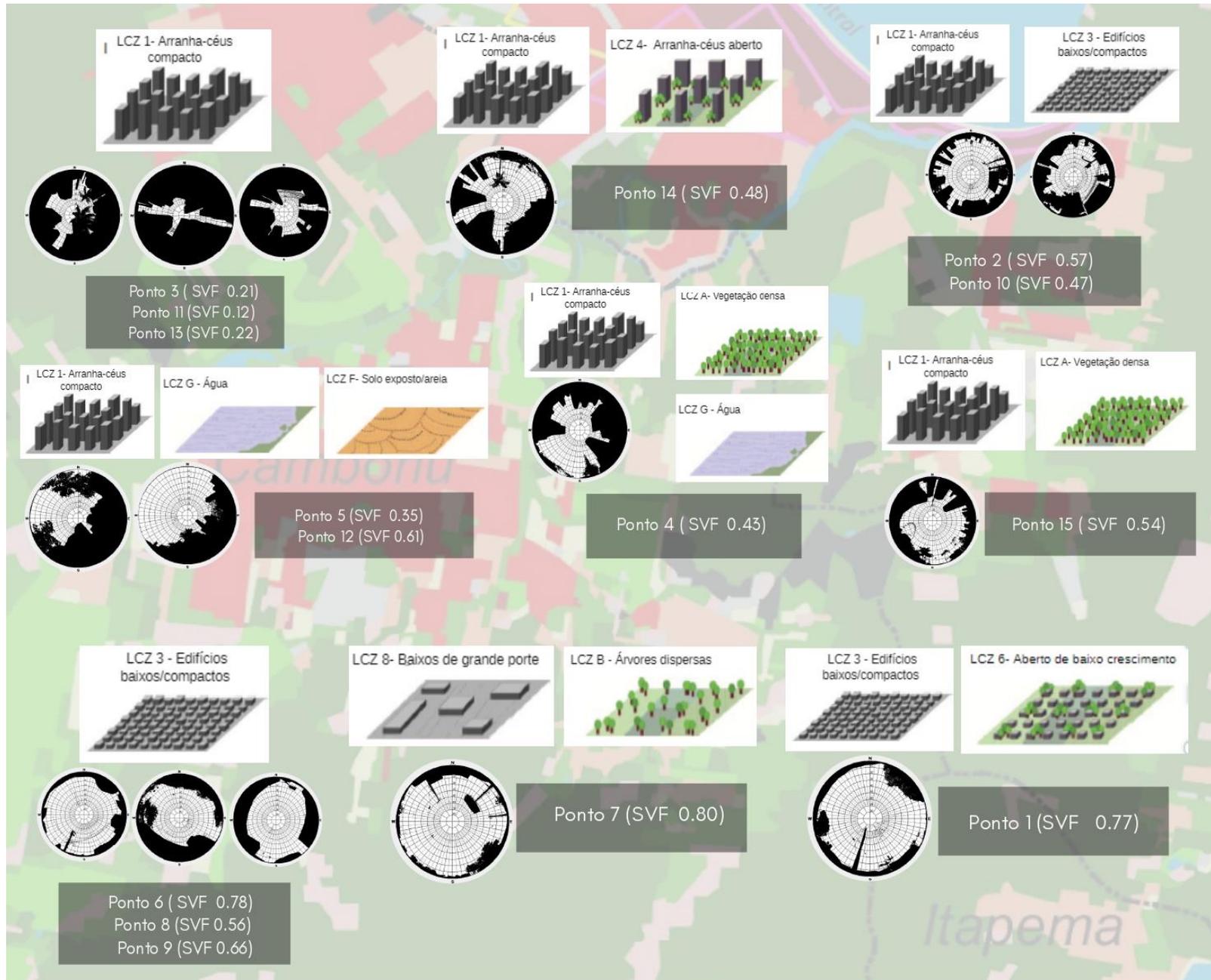
Fonte: Os autores (2022)

Figura 33- Cálculos do SVF



Fonte: Os autores (2022)

Figura 34- Diagnóstico e relação entre LCZs e SVF



Fonte: Os autores (2022)

A figura 34, relacionada à figura 32 e 33 mostra a caracterização da morfologia urbana a partir da relação entre as diferentes LCZs com os cálculos de SVF, onde é possível observar o diagnóstico de alguns pontos presentes nas duas rotas percorridas. Percebe-se que os pontos com LCZ 1, com densidade de construção e a LCZ 1 em conjunto com a LCZ 4, possuem a mesma altura, porém densidade de construção distintas, fazem com que o SVF diminua nessas áreas, mais do que em comparação às demais (LYU et al. 2019). A LCZ 1 unicamente, possui os valores mais baixos de SVF, que são áreas entre a 3ª Avenida e a Avenida Brasil (figura 31).

O ponto 5 e o ponto 12 que ficam na orla (caracterizados no item 4.2) estão recebendo influências em áreas com LCZ 1, LCZ G e LCZ F, apresentaram valores de SVF distintos, mesmo estando sob a mesma área de influência. A partir da figura 32, é possível observar na imagem do ponto 5 que diferente do ponto 12, ele um pouco mais arborizado, além de que os prédios possuem altura maior. No ponto 15, que é o último ponto da rota 2, a LCZ 1 com a LCZ 6, apresentaram maior abertura, em função da área densa de vegetação. Além disso, as áreas com LCZ 3 também apresentaram abertura maior de SVF, e a LC3 em conjunto com a LCZ 1, apresentaram aberturas moderadas de SVF em comparação com às demais. No ponto 4, que fica localizado à beira do Rio Camboriú, foi possível perceber a grande concentração de edifícios nessa área com baixa abertura de A SFV. LCZ 8 em conjunto com a LCZ B apresentaram grande abertura de céu no ponto 7 assim como a LCZ 3 em conjunto com a LCZ 6, no ponto 1. A LCZ 3 e a LCZ 6 em conjunto variam a abertura de SVF conforme o layout dos edifícios e a distância entre eles (LYO et al, 2019).

7.1 VERÃO: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CONFORTO TÉRMICO HUMANO EXTERNO EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ

7.1.1 Situação atmosférica dos dias 11 e 14 de janeiro de 2022

Inicialmente, cabe destacar que, no dia 11, às 9 horas, o transecto da rota 1 foi realizado em 59 minutos e o da rota 2 foi em 37 minutos. Às 16 horas, o da rota 1 foi realizado em 50 minutos e o da rota 2 em 42 minutos. No dia 14, às 9 horas a rota 1 foi concluída em 58 min e a rota 2 em 44 min.

Às 16 horas a rota 1 foi realizada em 45 min e a rota 2 em 34 min.

A tabela 5 apresenta as informações de variação de temperatura média do ar nesses horários, a partir de uma estação meteorológica fixa disponibilizada pela Metos Brasil, localizada na Paróquia Santa Inês (figura 21).

Tabela 5: Variação da temperatura média do ar no momento dos transectos

Horário	Temperatura do ar(°C) dia 11	Temperatura do ar (°C) dia 14
9h	24,3	24,3
9h30min	25,3	25,0
10h	26,3	25,5
16h	27,5	27,2
16h30min	26,8	27,1
17h	26,1	26,7

Fonte: Estação própria fixa (2022)

A tabela 5 apresenta os dados de acordo com o tempo aproximado percorrido pelos transectos. A partir da tabela 6 é possível observar a radiação solar recebida através das duas estações fixas disponíveis na figura 21.

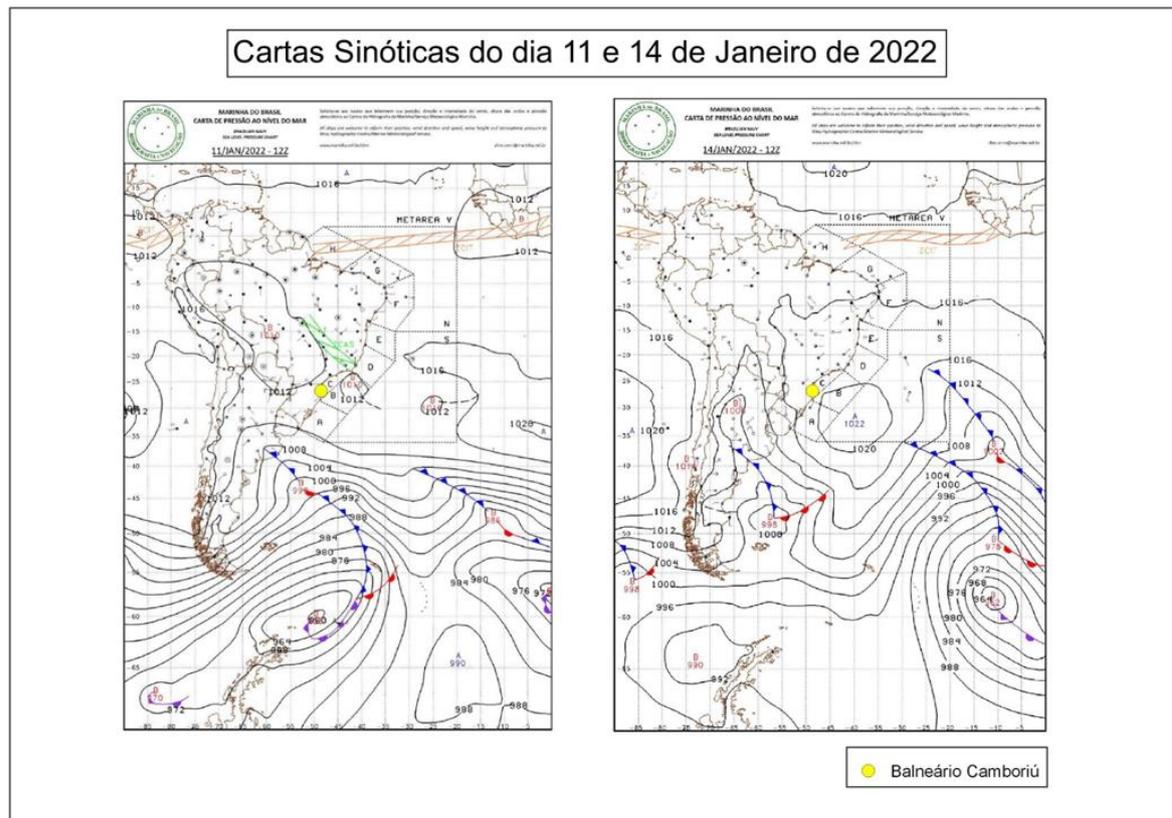
Tabela 6: Dados de radiação disponíveis para os dias' 11 e dia 14

Horário	Radiação dia 11	Radiação dia 14
9h	335,0	262,0
9h30min	354,0	281,0
16h	560,0	218,0
16h30min	321,0	158,0

Fonte: Estação própria fixa (2022)

Através na figura 35, é possível observar a situação atmosférica através das cartas sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil.

Figura 35- Cartas sinóticas do dia 11 e 14 de janeiro de 2022, disponibilizadas às 12 horas.



Fonte: Marinha do Brasil⁹ (2022)

A partir das cartas sinóticas dos dias 11 e 14 de janeiro de 2022, é possível observar que as condições atmosféricas estavam estáveis em ambos os dias para a área de estudo. Em trabalhos que envolvem pesquisas de campo, principalmente voltados a mensuração externa se encaixa melhor os tipos de tempo regidos por sistemas com domínios anticiclônicos polares e com domínios tropicais marítimos (MTA), que possuem ações estabilizadoras de tempo (Sartori, 2016). No dia 11 foi possível observar a expansão da atuação da MTC, cuja origem está ligada à Baixa do Chaco, já no dia 14, é possível observar o APA formando a MPV. O dia 11 foi regido pelo tempo associado a sistemas intertropicais, definido por Sartori (2016) como Tempo depressionário Continental, já o dia 14, foi regido pelo tipo de tempo anticiclônico polar em tropicalização, associado a tempos anticiclônicos polares (SARTORI, 2016).

⁹ Cartas Sinóticas disponibilizadas em: (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>)

7.1.2 Variáveis ambientais obtidas através das mensurações móveis

Através da figura 36 e 37 é possível observar, os resultados das medições de T_a ($^{\circ}\text{C}$), URA (%) e TRM ($^{\circ}\text{C}$) para a rota 1 e a rota 2 em ambos os horários escolhidos para os transectos móveis. Na parte superior estão os dados das 9 horas e na parte inferior os dados das 16 horas.

Em relação à figura 36, no dia 11 de janeiro, é possível perceber que a T_a ($^{\circ}\text{C}$) às 9h, variou de $26,0^{\circ}\text{C}$ a $28,0^{\circ}\text{C}$. As temperaturas mais altas ocorreram na rota 1. São elas: o início do trajeto (5ª Avenida), Rua Corupá (em direção ao viaduto), a parte final da Rua 2550, toda a 4ª avenida, boa parte da Rua 3000 e a esquina da Rua 3000 com a Av. Brasil. Foi possível perceber um valor acentuado na Av. Atlântica. Na rota 2, o único ponto que apresentou o maior valor de temperatura para esse horário, foi na parte mais leste e central da rua 2000. Às 16h variou de $25,0^{\circ}\text{C}$ a $28,0^{\circ}\text{C}$. De um modo geral, foi possível perceber que as maiores temperaturas ocorreram na parte mais continental da cidade, na Barra Norte (rota 2) e na Barra Sul (rota 1). Os maiores valores ocorreram na parte oeste da cidade, a rota 1, até a Avenida Brasil, e a rota 2 até a 4ª avenida.

Em relação a URA (%), às 9h foi possível perceber que a umidade variou de 70% a 76%, apresentando valores homogêneos. A rota 2 apresentou valores um pouco superiores em relação a rota 1. Às 16 horas, ela variou de 62% a 77%, e foi possível observar que ela variou muito mais do que às 9h em relação a sua distribuição espacial pelos trajetos. É possível perceber que os valores foram superiores em toda a extensão da Av. Atlântica e que os valores maiores foram apresentados na Barra sul e na Barra norte. Os valores mais baixos de URA (%) estavam na parte oeste da cidade, e foi possível perceber os valores caindo conforme mais afastada do oceano, com pequenas variações no trajeto.

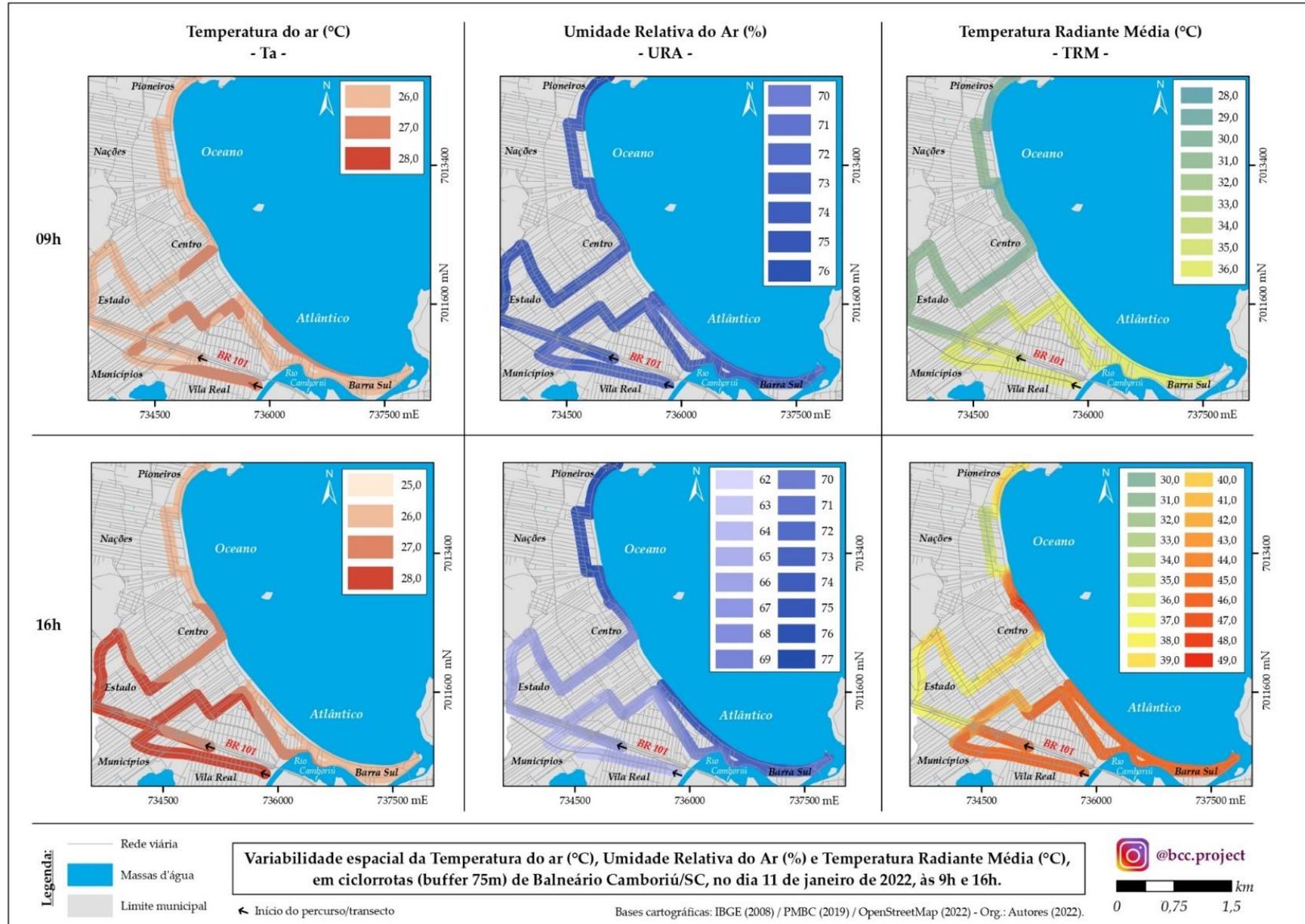
Em função da TRM ($^{\circ}\text{C}$), às 9h ela variou de $28,0^{\circ}\text{C}$ a $36,0^{\circ}\text{C}$. Os valores mais baixos da TRM ($^{\circ}\text{C}$) ocorreram na rota 2 que fica mais concentrada na parte norte da cidade, os valores mais altos foram observados na parte sul, onde estava a localizada a rota 1. Na rota 1, o valor mais baixo de TRM ($^{\circ}\text{C}$), foi observado na rua 2550. É interessante ressaltar que o valor mais alto da TRM ($^{\circ}\text{C}$) que ocorreu na rota 2, foi no início da rota, em que fica ao sul da cidade, próximo a rota 1, e na Av. Brasil, o restante dos valores, foram inferiores. Às 16h ocorreram valores superiores de TRM ($^{\circ}\text{C}$) em relação às 9h. Ela variou de $30,0^{\circ}\text{C}$ a $49,0^{\circ}\text{C}$ nesse horário, e foi possível perceber

que a rota 2 (sul), foi onde ocorreu maior distribuição espacial de valores mais acentuados de todo o percurso, porém o calor mais alto de TRM ($^{\circ}\text{C}$), que foi 49°C , ocorreu na rota 2, a beira mar, bem próximo ao centro, onde também fica localizada a Praça Almirante Tamandaré. Pontos como a Avenida Brasil na rota 2, e a rua 2550, mantiveram-se com os valores mais baixos de TRM ($^{\circ}\text{C}$) em ambas as rotas.

Em relação à figura 37, a T_a ($^{\circ}\text{C}$) nesse dia, às 9h variou apenas entre $25,0^{\circ}\text{C}$ e $26,0^{\circ}\text{C}$. Os maiores valores ocorreram novamente em sua maioria na parte sul da cidade, onde estava a rota 1, que foram: no início da 5ª Avenida, na Rua Corupá, a parte final da Rua 2550, em toda a 4ª avenida presente na rota, grande parte da Rua 3000 e esquina da Rua 3000 com a Av. Brasil. Foi possível perceber um valor acentuado também, em uma parte da Av. Atlântica. Na rota 2, o único ponto que apresentou o maior valor de temperatura para esse horário, foi na parte mais leste e próximo oceano, na rua 2000. Às 16h, T_a ($^{\circ}\text{C}$) pode-se perceber que houveram maiores variações de T_a ($^{\circ}\text{C}$) e valores mais acentuados em relação aos observados às 9h. Nesse horário, ela variou de $26,0^{\circ}\text{C}$ a $29,0^{\circ}\text{C}$. Os menores valores de T_a ($^{\circ}\text{C}$) na rota 1 ocorreram na em da 5ª avenida a não ser o início do percurso, que apresentou o maior valor (29°C), o restante da rota foi de valores superiores a partir da rua 2550. Os menores valores de temperatura na rota 2 ocorreram na sua parte inicial, na Marginal Oeste, até o Bairro Municípios (Viaduto) e na Barra Norte da cidade (Orla e Av. Brasil).

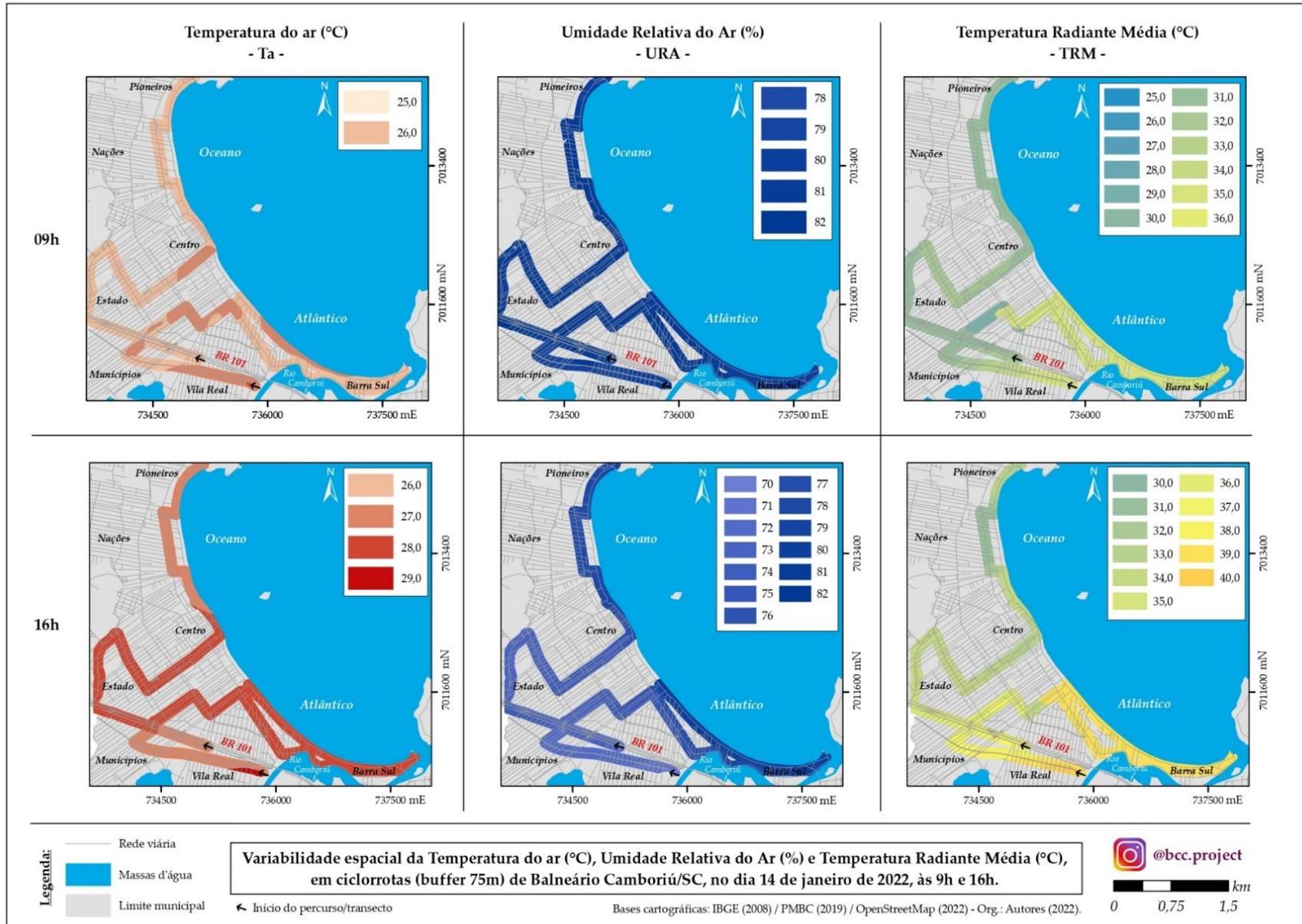
Em relação a URA (%), os valores às 9h variaram apenas de 78% a 82% e permaneceram homogêneos pelos dois trajetos em todas as áreas da cidade. As 16h ela variou de 70% a 82%. Os maiores valores ocorreram na Barra Norte da cidade (Orla e Av. Brasil) e na Barra Sul. Os valores foram diminuindo conforme a distância da Orla. A TRM ($^{\circ}\text{C}$) às 9h variou de $25,0^{\circ}\text{C}$ a $36,0^{\circ}\text{C}$. Os maiores valores ocorreram na rota 1, principalmente na Barra Norte e no início do trajeto, a parte da rota 1 em que ocorreu o menor valor foi na rua 2550, que foi o menor valor de TRM ($^{\circ}\text{C}$) obtido às 16h na cidade. Foi possível observar que a rota 2 apresentou valores mais baixos do que a rota 1. Às 16h, foi possível analisar que a TRM ($^{\circ}\text{C}$) variou de $30,0^{\circ}\text{C}$ a $40,0^{\circ}\text{C}$. Os menores valores continuaram ocorrendo na maior parte da rota 2 (parte norte da cidade) e os maiores valores na parte sul (rota 1). A parte da rota 2 que apresentou os maiores valores foram no início dela, que fica na parte sul da cidade. O maior valor ocorreu no início da rota 1, na 5ª avenida, seguido da Orla e Av. Brasil.

Figura 36- Variações de Ta (°C), URA (%) e TRM (°C) no dia 11 de janeiro



Fonte: Os autores (2022)

Figura 37- Variações de Ta (°C), URA (%) e TRM (°C) no dia 14 de janeiro



Fonte: Os autores (2022)

7.1.2.1 Discussão dos resultados das variáveis ambientais com a morfologia urbana

Sabe-se que a T_a ($^{\circ}\text{C}$) é um dos principais parâmetros para compreender o conforto térmico, por estar diretamente associado a ele. Além da T_a ($^{\circ}\text{C}$) ser influenciada pela insolação recebida, fatores como corpos hídricos e o vento podem influenciar nas suas diferenciações (AYOADE, 1998).

A maioria dos trajetos e horários apresentaram temperaturas menores na orla, onde há grande abundância da LCZ G. A água funciona como um agente resfriador do ambiente, diferentemente dos materiais de construção, influenciando na diminuição das temperaturas (XU et al. 2020). Nessa área também há presença de LCZ F e LCZ 1.

Além disso, vale salientar que os dias 11 e 14 apresentaram algumas diferenças em relação à sua situação atmosférica, na tabela 5, é possível observar a quantidade de radiação fornecida através de estações fixas (figura 21). No dia 11 foi possível perceber que quase não havia nuvens no céu, já o dia 14 foi um dia que estava parcialmente nublado (MICHEL et al. 2020) e essa diferença pôde ser observada através dos valores de temperatura, principalmente nos transectos das 16h. Além disso, os valores de T_a ($^{\circ}\text{C}$) foram acentuados às 16h, em comparação com a T_a ($^{\circ}\text{C}$) fornecida pelos transectos das 9h, pois nesse horário as áreas já guardaram maior quantidade de energia durante dia, diferentemente do horário dos transectos realizados às 9 horas (WOLLMANN et al. 2021a)

Percebeu-se, que a Barra Norte, na maioria dos horários apresentados com os transectos, apontou os valores menores de T_a ($^{\circ}\text{C}$) em relação à Barra Sul e as demais partes dos transectos. Os transectos que passam por essa parte da cidade estão em áreas onde há edifícios que possuem dezenas de andares e sem permeabilidade (Avenida Brasil-LCZ 1, baixo SVF), com áreas em que jamais receberão balanço de radiação positiva novamente em função dessa densidade de cânions urbanos, como por exemplo o ponto 13 (figura 31), que possui um SVF 0,22. (WOLLMANN et al. 2021a; LYO et al, 2019), além disso, a Barra Norte da cidade, não recebe recebe mais radiação na orla às 16h da tarde¹⁰, o que pode também justificar as menores temperaturas.

¹⁰ Fato observado em saídas de campo (2020, 2021 e 2022).

A parte norte da Orla (rota 2), possui arborização em toda a ciclorrota e no ponto 14, possui cânions em área com um pouco de permeabilidade (LCZ 4), o ponto 15 apresenta LCZ A, e por mais que a vegetação não influencie tanto no SVF nessa área, há muita vegetação densa por perto, que pode influenciar na T_a ($^{\circ}\text{C}$) em até 60 metros (THALEGANI et al. 2015; GRILO et al. 2020).

A Barra Norte também se localiza perto de áreas vegetativas e do Rio Camboriú (LCZ A, B e G), mas a Barra Norte recebe sol até o fim da tarde e as ciclovias nessa área são menos arborizadas, e em muitas partes não há arborização que possa causar sombreamento.

Tanto o dia ensolarado quanto o parcialmente nublado, apresentaram valores parecidos de temperatura nos transectos realizados às 9 horas da manhã. As temperaturas foram maiores no início da rota 1 (5ª avenida), que é uma área de LCZ 3, e possui alta abertura de SVF, possibilitando a entrada de radiação, e nessa região há pouca quantidade de prédios com 3 andares, a maior parte é composta por casas e a rua nesse local é bem larga. O fato de ser o início do transecto e justamente por ter que ficar exposto aos fatores ambientais por algum tempo até chegar ao horário de partida do transecto, pode ter influenciado no aumento de temperatura. O início da rota 2 (Marginal Oeste) não passaria por esse tipo de problema por ser uma área arborizada e conseqüentemente com sombras para que o piloto pudesse esperar até a hora de partida sem ficar exposto ao sol.

Na rota 1, a Rua Corupá apresentou aumento de temperatura em ambos os dias às 9 horas. Essa é uma rua curta em comparação às demais, é movimentada nesse horário e com muito concreto, o que acaba gerando calor antropogênico. Foi possível perceber também que o final do trecho percorrido na Rua 2550 apresentou maior temperatura. Nessa área a quantidade de movimento de pessoas e de veículos cresce em função do comércio, o que pode explicar o aumento de temperatura, assim como na 3ª Avenida, onde há o encontro entre as LCZs 3 e 1 com um SVF de 0,57. A Rua 3000 é bem estreita e composta pela LCZ 1. Também apresentou maiores temperaturas até a esquina com a Avenida Brasil. A partir da Avenida Brasil até a orla é onde estão localizados os maiores prédios e com um baixo SVF. Nessa esquina citada, a SVF tem um dos menores valores de todos os registrados na cidade.

Cabe salientar que a única parte da Orla que registrou algum tipo de aumento de temperatura às 9 horas foi na Barra Sul (rota 1), onde o caminho disponível ao uso da bicicleta nesse trecho, é pouco arborizado em relação à parte norte que possui mais sombreamento por arborização (PERINI e AUER, 2018).

A rota 2, às 9 horas de ambos os dias apresentou aumentos de temperatura apenas na parte central da cidade, na Av. Brasil com a rua 2000. Essa é uma região de LCZ 1 e com o valor mais baixo de SVF registrado. No geral, em ambos os horários e dias a rota 1 apresentou temperaturas mais elevadas do que a rota 2.

Além da Orla, áreas percorridas na Avenida Brasil (LCZ 1), foram áreas com valores menores de temperatura às 9h horas em ambos os dias e rotas. Já às 16 horas, a rota 1 pareceu ter um valor superior de temperatura do que a rota 2 na Av. Brasil nos dois dias. No dia 14, esse valor apareceu superior nessa região. Essa área é muito movimentada e por isso houve um aumento de temperatura em toda a região sul da cidade. Isso pode ter ocorrido devido ao dia da semana em que foi feita essa mensuração. O dia 14 foi em uma sexta-feira, que é um dia com aumento da probabilidade de haver mais pessoas circulando na cidade em função do final de semana. Esse movimento de pessoas e de carros gera mais calor nessa parte sul da cidade e conseqüentemente aumenta a temperatura, “pois a temperatura do ar é muito afetada pela radiação de ondas longas, que é muito influenciada por indicadores de morfologia urbana” (XU et al. 2020).

Em relação à URA (%), pela manhã, os dois dias pareceram ter certa homogeneidade no sentido de que todas as rotas apresentaram maior umidade em relação ao período da tarde e também exibiram os maiores valores do dia em mais quantidade pelas rotas. Já a tarde foi possível perceber bem sua diferenciação pelas rotas, além de apresentar valores menores de URA (%) em relação ao período da manhã. Pôde-se perceber que no período da tarde, a URA (%) permaneceu com valores superiores na Orla e foi diminuindo conforme a parte mais continental das rotas, sabe-se que ela está relacionada com a T_a (°C) (OKE, 1978), e por isso há semelhanças entre valores superiores de URA (%) onde a T_a (°C) registrou valores mais baixos e vice-versa. Isso faz com que conseqüentemente ela também esteja ligada às características da morfologia urbana. Tal relação, é bem marcada e mais fácil de ser estabelecida no dia 14, onde os valores de URA (%), foram superiores aos do dia 11 em ambos os horários, também em função da nebulosidade.

Em relação à TRM (°C), ela apresentou-se mais elevada na rota 1 (sul da cidade), do que na rota 2 (norte da cidade). Isso pode ocorrer devido ao fato de que a parte sul da cidade recebe radiação solar por mais tempo do que a parte norte, e conseqüentemente, as propriedades dos materiais dos altos edifícios presentes nessa parcela da cidade estão gerando mais calor ao ambiente, principalmente aqueles com superfícies envidraçadas (GOULART,1993). Além disso, a baixa quantidade de arborização na orla em comparação com a Barra Norte, pode contribuir para isso, sabendo que o plantio de árvores reduz a absorção de a radiação solar (XU et al, 2020). Seus valores também foram influenciados pela nebulosidade, pois o dia 11 apresentou valores mais elevados do que no dia 14, quando houve nebulosidade.

Foi possível observar que para ambos os dias, os valores obtidos às 16 horas foram superiores do que aqueles obtidos pela manhã. O ponto que apresenta menores valores em todos os dias e horários, é a Rua Av. Brasil, presente na rota 2, que é uma rua em que há um baixo SVF e com LCZ 1, portanto está comprometida pela falta de radiação de ondas curtas (GOU et al, 2020). “A possível razão é o “efeito de sombreamento”: quando a densidade do edifício é grande o suficiente, fará com que o desfiladeiro da rua fique na área de sombra do edifício e reduzirá a radiação solar obtida pelo solo” (XU et al. 2020).

Houve um ponto específico da rota 2 que apresentou valor superior em comparação com todo o restante da rota, isso pode ter acontecido devido a Praça Almirante Tamandaré presente nesse local. A configuração da praça entre os edifícios e a orla, faz com que o caminho ali disponível à bricicleta fique ainda mais próximo aos prédios, ao lado de uma rua muito estreita e normalmente movimentada, podendo influenciar nesse aumento da TRM (°C) em função do material dos altos prédios ali presentes e do calor gerado pelos carros (GOU et al. 2020; XU et al. 2020).

7.1.3 Índices PET e UTCI

As figuras 38 e 39, apresentam os mapas que foram produzidos a partir dos dados obtidos para PET e UTCI para o dia 11 de janeiro de 2022 e 14 de janeiro de 2022 reespectivamente. A tabela 7 (dia 11) e a tabela 8 (dia 14) apresentam as faixas de (des)conforto encontradas através dos índices PET e UTCI, assim como a porcentagem (%) presente nas rotas.

Através da figura 37, para o dia 11, é possível observar que há variações de 19,0°C a 36,0°C presentes nos mapas de PET e UTCI. Ambos os índices apresentaram algum tipo de desconforto térmico relacionado ao calor em alguns pontos da cidade.

Em relação ao índice PET, de acordo com as faixas de calibração para a região subtropical, é possível perceber que às 9h ambas as rotas passaram por desconforto térmico por calor, onde os valores foram superiores à 30,0°C, portanto, de acordo com as faixas interpretativas de Gobo (2018) 100% do trajeto foi considerado como tendo desconforto por “calor”, como demonstra a tabela 7.

Em alguns pontos da cidade, houve um aumento do valor em comparação aos outros. Os pontos que geraram os maiores valores na rota 1 foram: o início da rota (5ª Avenida), na esquina da 2550 com a 3ª Avenida, na esquina da rua 3000 com a Avenida Brasil, e partes da Av. Atlântica. Em relação à rota 2, o valor máximo ocorreu na parte da Rua 2000 onde há a maior concentração de edifícios próximo à beira-mar. Foi possível perceber que a rota 1 passou por mais estresse térmico do que a rota 2.

Às 16h os dados de desconforto divergiram mais do que em comparação ao horário das 9h, todas as rotas passaram por algum tipo de desconforto térmico em toda a trajetória. Os valores registrados foram superiores na parte mais continental da cidade (Oeste) e à beira mar, os valores diminuíram. Toda a trajetória (24%) que passou pela Av. Atlântica apresentou desconforto por “um pouco de calor”, já a parte mais continental da cidade apresentou maior desconforto térmico, chamado de “desconforto por calor” (78% do trajeto) (GOBO, 2018). Cabe destacar que o valor mais alto ocorreu em um ponto específico da rota 1, na rua 3000, quase na esquina com a Av. Brasil.

O índice UTCI também apresentou resultados de desconforto em ambas as rotas às 9h. Todos os valores foram superiores 30,0°C. A maior parte do trajeto (80%) apresentou “moderado estresse para calor” de acordo com Rossi et al (2012). Alguns pontos (20%) atingiram 32,0°C e puderam ser considerado como “forte estresse para calor” que foram os mesmos pontos que apresentaram os maiores valores para o índice PET: na rota 1, o início da 5ª Avenida, na esquina da 2550 com a 3ª Avenida, na esquina da rua 3000 com a Av. Brasil, e grande parte da Av. Atlântica. E na rota 2, a rua 2000 (entre a 3ª Av. e a Av. Atlântica).

Para UTCI às 16h, os trajetos estavam mais confortáveis do que desconfortáveis de acordo com as faixas interpretativas, 58% das rotas apresentaram-se confortáveis, e 42% foram consideradas como “moderado estresse para calor” (ROSSI et al. 2013).

Assim como no PET o aumento da temperatura foi superior conforme a continentalização da cidade. As áreas com menor temperatura, novamente foram as da Av. Atlântica. Os únicos pontos que estavam com temperatura de 27°C e puderam ser considerados como “moderado estresse para calor”, foram: Toda a parte da rota 1 que passa pela 5ª avenida, a 2550, 4ª avenida e rua 3000, e boa parte da Avenida Brasil. Na rota 2, quase toda a parte do trajeto que passa no Bairro Estados apresentou esse valor, que foram, a esquina da 4ª Avenida com a rua 2000, um pequeno ponto na esquina da rua 2000 com a Av. Atlântica, a rua 1001 e a Av. Brasil.

Tabela 7- Faixas interpretativas encontradas nas rotas para o PET e UTCI no dia 11 de janeiro de 2022

Dia 11 de Janeiro de 2022				
Hora	PET	% de rotas	UTCI	% de rotas
9h	“calor”	100%	“moderado estresse para calor”	80%
			“forte estresse para calor”	20%
16h	“um pouco de calor”	24%	“moderado estresse para calor”	42%
	“calor”	76%	“confortável”	58%

Fonte: o próprio autor (2022).

Tabela 8- Faixas interpretativas encontradas nas rotas para o PET e UTCI no dia 11 de janeiro de 2022

Dia 14 de Janeiro de 2022				
Hora	PET	% de rotas	UTCI	% de rotas
9h	“um pouco de calor”	60%	“confortável”	10%
	“calor”	40%	“moderado estresse para calor”	90%
16h	“confortável”	24%	“confortável”	100%
	“calor”	76%		

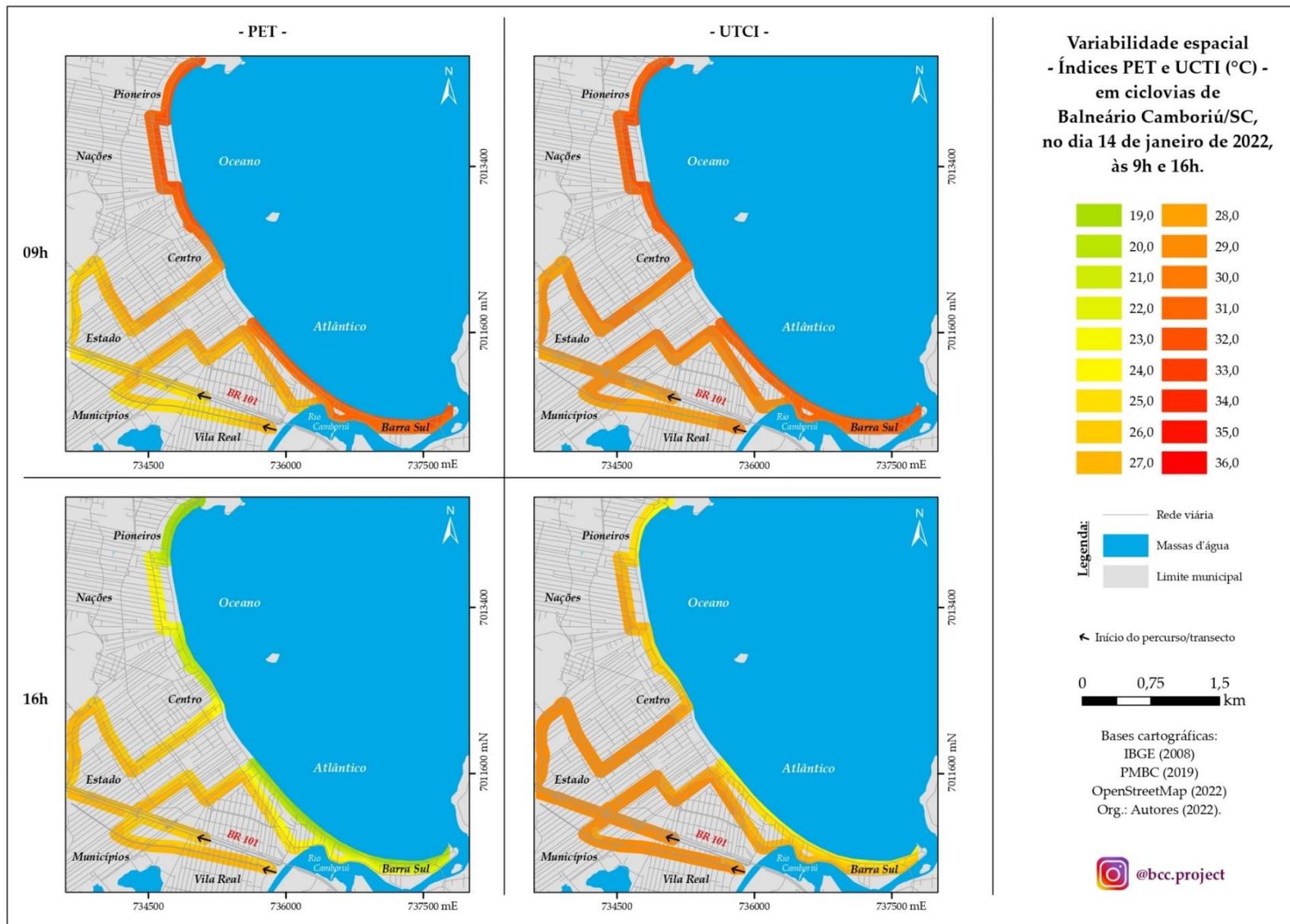
Fonte: o próprio autor (2022).

No dia 14, para o índice PET, às 9h foi possível perceber que de acordo com as faixas interpretativas, todos os trajetos apresentaram desconforto, pois a variação da cidade inteira foi de 24,0°C a 32,0°C. De acordo com a tabela 8, é possível observar que 60% do trajeto apresentou desconforto por “um pouco de calor” na parte oeste da cidade. Os pontos que apresentaram valores superiores e se encaixam na faixa interpretativa de desconforto por “calor” foram 40% do trajeto, sendo, a Av. Atlântica e Av. Brasil na rota 1, as ruas 1001, 1901 e Av Brasil na rota 2. Às 16h a cidade apresentou desconforto na parte oeste da cidade até a Av. Brasil e uma parte pequena da Barra Sul. De acordo com as faixas interpretativas, foi considerado “desconforto por um pouco de calor” 76% do trajeto. Os menores valores foram apresentados em 24% do trajeto, na Av. Atlântica, onde a cidade estava confortável.

Para UTCI, às 9h, maior parte da cidade estava desconfortável. Os únicos pontos que apresentaram conforto (27°C) foram 10% do trajeto: quase toda a 5ª avenida na rota 1. Na rota 2, na parte inicial do trajeto, e alguns pontos entre o bairro Municípios e Dos Estados. Os maiores valores ocorreram na parte leste da cidade (Av Atlântica), na Barra Sul na rota 1 e na Av. Rrasil, rua 1001 e rua 1901 presentes na rota 2, que apresentaram de 29°C a 32°C. Os pontos de desconforto térmico, ficaram na mesma faixa interpretativa, que foi “moderado estresse para calor” (90% do trajeto).

Às 16h, para UTCI, os valores variaram de 27°C a 24°, tornando a cidade 100% confortável nesse horário. De um modo geral, para ambas as rotas, os valores mínimos ocorreram na Av. Atlântica e os maiores valores ocorreram na parte oeste da cidade, a partir da Av. Brasil.

Figura 39- Resultados PET e UTCI para o dia 14 de janeiro de 2022



Fonte: Os autores (2022)

7.1.3.1 Discussão dos resultados dos índices PET e UTCI

De acordo com Wu et al (2019), “ a radiação solar é a principal fonte de ganho de calor em paisagens urbanas”, e está diretamente ligado às condições microclimáticas por influenciar em todos os fatores ambientais relacionados ao conforto térmico humano. Nesse sentido, cabe ressaltar que os dias 11 de janeiro e 14 janeiro, apresentaram diferenças significativas em relação à radiação solar recebida (tabela 6), e isso influenciou significativamente nas diferenças resultantes de (des)conforto térmico na cidade.

Em relação ao vento, pôde-se perceber que ambos os dias apresentaram as 9 horas ventos de até no máximo 2km/h nas duas trajetórias, já as 16 horas o dia 11 apresentou 2km/h e no dia 14 apresentou 3 km/h na parte continental e na orla ela variou entre 6 km/h e 7 km/h em ambas as trajetórias em ambos os dias¹¹, o que contribuiu para que a cidade tenha ficado menos desconfortável nesse dia às 16 horas.

Os resultados sugerem um padrão de desconforto térmico para a cidade conforme os diferentes horários apresentados. Apesar da diferença de radiação solar apresentada nos dias 11 e 14 de janeiro, e também em função da nebulosidade mais intensos no dia 14, ambos os dias resultaram em: às 9h há tendência de maiores temperaturas de desconforto térmico na parte da cidade que fica a beira mar, e às 16 horas o maior desconforto fica na parte mais continental, variando conforme os índices, mas com esse padrão. De acordo com às faixas interpretativas do índice PET para regiões subtropicais, todos os dias e horários apresentaram algum tipo de desconforto na cidade. Em relação às faixas do índice UTCI, o dia 14 às 16 horas apresentou conforto, apesar das maiores temperaturas terem permanecido na parte mais continental da cidade até a Av. Brasil.

O desconforto à beira mar no período da manhã pode ocorrer em parte, em função da posição da cidade em relação ao sol, pois a parte mais leste da cidade já recebe radiação solar por mais tempo nesse horário em função da posição dos edifícios em relação ao sol (GOULART, 1993), e nessa região há grande concentração de LCZ 1 com os valores mais baixos de SVF, fornecendo uma barreira para a parte mais continental da cidade que possui LCZ 3. Percebe-se que no período da manhã,

¹¹ Dados disponibilizados pelas estações fixas disponíveis na figura 21.

os pontos com valores mais altos estão ligados aos valores mais altos de temperatura do ar (°C).

Já às 16h ocorre praticamente o inverso. À beira mar, é onde há os menores valores de conforto térmico, até a Avenida Brasil (LCZ 1). A partir dela, em direção ao continente, em ambas as rotas, já é possível observar valores acentuados de desconforto, isso ocorre em relação a alguns fatores. Essa é a parte das rotas com LCZ 3, com prédios de no máximo três pavimentos e com alto valor de SVF. Nesse horário a quantidade de energia armazenada pela cidade durante o dia é maior (WOLLMANN et al. 2021a).

Às 16 horas, percebe-se que os menores valores ocorram na orla, que estava sendo influenciado pelo vento. As partes da Av. Brasil presentes nas rotas pareceram ter valores superiores porque a ausência de radiação solar em função da SVF reduzida e da LCZ 1, diminuem sua capacidade de ventilação, fazendo com que o calor antropogenico não possa ser dissipado da forma que deveria, ainda mais considerando que essa parte da cidade é altamente movimentada, tanto por carros, bicicletas, pedestres, entre outros (XU et al. 2020). As ruas de orientação n/w/sse não recebem a ventilação natural adequada, proveniente da brisa pelo bloqueio causado pelos prédios, então a orientação da malha urbana também influencia nesse desconforto (XU et al. 2020).

Além disso, outro processo que ocorre em relação à SVF baixa e LCZ 1, é que conforme ocorre o processo de sombreamento durante o dia, o canyon da rua fica à sombra dos edifícios, reduzindo a quantidade de radiação solar obtida pelo canyon, resultando na temperatura do ar diminuir à medida que o SVF diminui, isso pode explicar o por que às 16 horas apresenta valores relacionados à desconforto na Avenida Brasil, na rota 2, mesmo os valores de temperatura apresentarem valores mais baixos em relação a outras partes das rotas (XU et al, 2020; WOLLMANN et al. 2021a).

Às 16 horas ambos os dias apresentaram valores mais acentuados na parte continental das rotas, pois quando o SVF propicia a dissipação de calor no cânion da rua, também permite que o solo obtenha mais radiação solar e faz com que a temperatura do ar aumente (XU et al, 2020; WOLLMANN et al. 2021a), como é possível observar em ambientes de LCZ 3.

Em dias de verão ensolarados comuns em regiões subtropicais é possível que entre as 9h e 10h sempre haverá desconforto na cidade, de acordo com ambos os resultados demonstrados pelos índices. Já em dias de verão nublados, há maior chance de haver conforto térmico na cidade, principalmente na Avenida Atlântica de Balneário Camboriú, onde os valores pareceram mais amenos e de acordo com as faixas interpretativas foi possível encontrar ambientes confortáveis.

A partir da figura 40 e 41, é possível a relação entre a SVF e os valores encontrados para PET e UTCI, nos quinze pontos disponíveis na figura 32.

Figura 40- Correlação entre SVF e os índices PET e UTCI às 09:00 horas

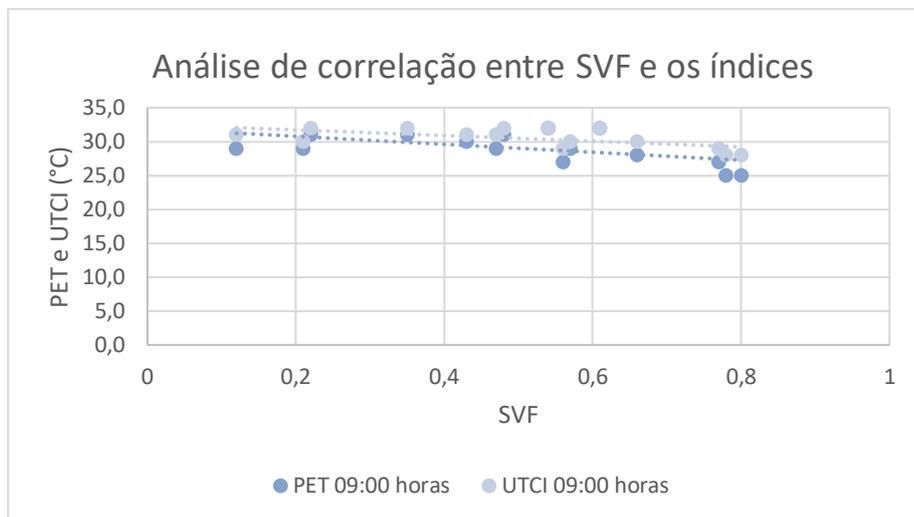
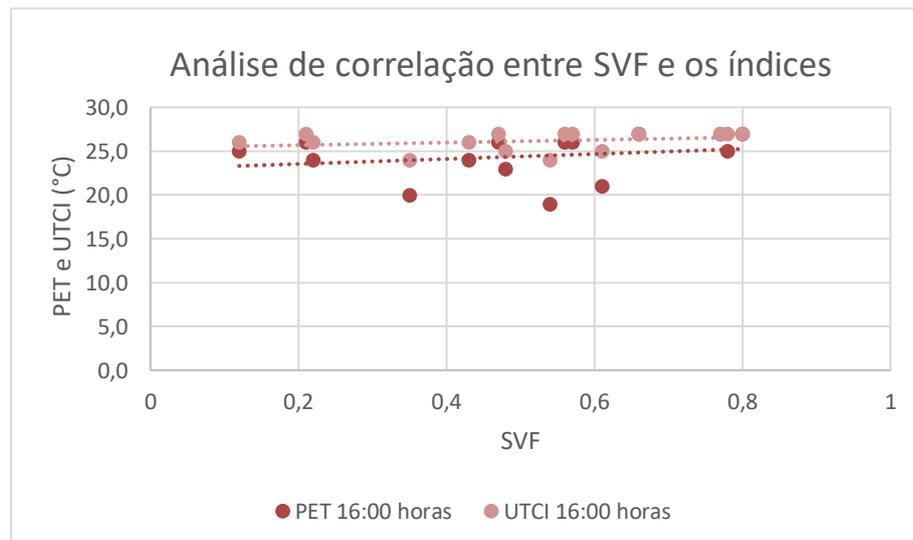


Figura 41- Correlação entre SVF e os índices PET e UTCI às 16:00 horas



A figura 40 e 41 apresentam a correlação linear entre os valores ($^{\circ}\text{C}$) dos índices PET e UTCI e dos cálculos da SVF. Na figura 40 é possível observar que os valores dos índices estão representando o horário da manhã (9h) e a análise mostra que nesse horário há uma correlação negativa entre a SVF e os índices, ou seja, quanto maiores os cálculos de SVF menores estão os valores ($^{\circ}\text{C}$) dos índices PET e UTCI, enquanto na figura 41, que apresenta o período da tarde, há uma correlação positiva, pois quanto maiores os valores de SVF, maiores os valores dos índices PET e UTCI.

8 CONCLUSÃO

Qual o nível de (des)conforto térmico humano em relação aos diferentes ambientes nos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta em Balneário Camboriú, no verão?

De acordo com todo o exposto neste trabalho, o nível de (des)conforto térmico humano em relação aos diferentes ambientes no entorno dos caminhos disponíveis ao uso da bicicleta, no verão, irá depender da correlação de diversos fatores que interagem. Tais interações influenciam nos parâmetros ambientais gerando diferentes microclimas. O nível de desconforto térmico humano pareceu superior ao de conforto em ambos os dias apresentados.

A vulnerabilidade da cidade em relação ao desconforto térmico não pode ser analisada apenas sob um aspecto isolado, quando, foram diversos os fatores que influenciaram o estresse térmico no verão, apresentado. Foi viável concluir que a brisa marítima e a radiação são os fatores que mais influenciaram no desconforto térmico em Balneário Camboriú de acordo com o que foi observado, e quando aliados ao tipo de LCZ e com o SVF, é possível compreender como todos esses sistemas ativos estão interagindo entre si e formando microclimas.

Além disso, a orientação da malha viária e a posição da cidade em relação ao oceano e o ângulo solar também influenciam muito em toda a dinâmica observada, de acordo com os dados obtidos através das variáveis ambientais.

Em relação aos objetivos específicos, a revisão sistemática foi de suma importância para a realização de todo o exposto, principalmente na construção dos procedimentos metodológicos e contribuiu para reflexões futuras, relacionadas ao conforto térmico humano externo.

Essa pesquisa possibilitou validar a metodologia dos transectos móveis para mensurações de fatores ambientais através de uma bicicleta em Balneário Camboriú, nunca antes tal metodologia havia sido efetivada no Brasil e ela mostrou-se eficiente de acordo com o que foi apresentado. É possível constatar que a atual pesquisa é de grande importância para compreender os microclimas na cidade de Balneário Camboriú e realizar diagnósticos de conforto térmico, em função do seu diferencial metodológico que relaciona diversos elementos do meio urbano com as variáveis ambientais.

Para as perspectivas futuras, em relação às limitações da atual pesquisa, espera-se que tal metodologia possa ser aplicada a partir das faixas interpretativas de PET e UTCI calibradas para Balneário Camboriú, dessa forma poderá haver o cruzamento das variáveis ambientais com os fatores pessoais de pessoas aclimatadas ao clima da cidade, tornando os dados mais precisos. Além disso, outro fator pertinente que pode ser analisado a fundo, a fim de contribuir para a discussão dos resultados obtidos de (des)conforto térmico humano externo, são os diagnósticos referentes à estrutura de edificação, tais como os materiais utilizados nas construções e também a cor dos edifícios.

Ainda, através dos dados obtidos com as mensurações móveis em Balneário Camboriú, o trabalho oportuniza realizar diversos tipos de análises futuras relacionadas a pesquisas que envolvem conforto térmico humano externo e pode fornecer subsídios para pensar em políticas que auxiliem na resolução de problema relacionados ao desconforto térmico das pessoas que estão utilizando as ciclovias para realizar algum tipo de atividade física.

9 REFERÊNCIAS

- ADIGUZEL, Fatih et al. Determining the relationships between climatic elements and thermal comfort and tourism activities using the tourism climate index for urban planning: a case study of Izmir Province. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 147, n. 3, p. 1105-1120, 2022.
- ÁGUAS. **Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Bacias Contíguas**. Governo do Estado de Santa Catarina, 2015.
- ALMEIDA, H. A. *Climatologia Aplicada à Geografia*. Paraíba: Eduepb, 2016. 329p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. **Ko'ppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728 . January, 2014.
- ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2004.
- ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2001.
- AULICIEMS, A. et al. **Advances in bioclimatology**. Vol. 5. Human bioclimatology. 1998.
- AULICIEMS, A et al. **Thermal comfort**. sl: PLEA. 1997.
- AYOADE. J.O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998
- BATISTA, Edvar Fernandes; BOCHNER, Gisela. AS CONTRIBUIÇÕES DOS ROTEIROS CICLOTURÍSTICOS PARA A SUSTENTABILIDADE DO TURISMO LOCAL. **Diretor-Geral**, v. 20271, p. 103.CAVALLARI, G. *Manual de mountain bike & cicloturismo*. 1. ed. São Paulo: Kalapalo, 2012
- BEUTING, Anderson; MARTINS, Bruno César Volpato. Evolução histórica da verticalização de Balneário Camboriú: Orla da Praia e área central da cidade. In: **VIII Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Balneário Camboriú**, 2016. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.
- BORSATO, V. A. *A dinâmica climática do Brasil e massas de ares*. Curitiba: CRV, 2016.
- BRAGER, Gail S.; DE DEAR, Richard J. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and buildings*, v. 27, n. 1, p. 83-96, 1998.

BRASIL. Caderno de referência para elaboração de: Plano de Mobilidade por Bicicletas nas Cidades. Ministério das Cidades. Brasília, DF, p. 232. 2007.

Bröde, P., Krüger, E. L., Rossi, F. A., & Fiala, D. (2012). Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil. *International journal of biometeorology*, 56(3), 471-480.

BUENO, Ayrton Portilho. Benidorm e Balneário Camboriú: comparações entre ícones do turismo de sol e praia urbano. In: VIII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Balneário Camboriú, Junio 2016. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A.; **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.; (org) Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CICLOMAPA. Mapa colaborativo. Disponível em: <https://ciclomapa.org.br/?lat=-3.7719909&lng=-38.5225359&z=12.00> Acesso em: maio de 2022.

COSEO, P.J. Evaluating Neighborhood Environments for Urban Heat Island Analysis and Reduction. Ph.D. Thesis, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA, 2013.

Demuzere, M., Kittner, J., Bechtel, B. (2021). LCZ Generator: uma aplicação web para criar mapas de Zonas Climáticas Locais. *Frontiers in Environmental Science* 9:637455. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

EPAGRI/CIRAM. Atlas climatológico. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=708&Itemid=483> Acesso em 04 de dezembro de 2019.

EPSTEIN, Yoram; MORAN, Daniel S. Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial health*, v. 44, n. 3, p. 388-398, 2006.

FANGER, Povl Ove. Assessment of man's thermal comfort in practice. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 30, n. 4, p. 313-324, 1973.

FIALA, Dusan et al. UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International journal of biometeorology*, v. 56, n. 3, p. 429-441, 2012.

FURLAN, Katuana Varela, CAROLINA Rocha Carvalho, and RAFAEL Prado Cartana. "Avaliação da insolação e distribuição da radiação solar no ambiente urbano de Balneário Camboriú." VIII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Balneário Camboriú, Junio 2016. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.

GEIPOT. Manual de planejamento cicloviário. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Brasília. 2001.

GOBO, J. P.A. Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano: da escala local à regional. Tese (Doutorado em Geografia)- Universidade de São Paulo, 2018.

GOBO, João Paulo Assis; GALVANI, Emerson. Referencial técnico e teórico-metodológico aplicado a estudos de conforto humano em ambientes externos. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 4, p. 132-157, 2016.

Gomes I. S, Caminha IO. Guia para estudos de revisão sistemática: uma opção metodológica para as ciências do movimento humano. *Movimento*. 2014;20:395-411, 2014.

GOULART, Solange VG. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis. 1993.

GRIGOLETTI, Giane, de campos; LAZAROTTO, Gerusa; WOLLMANN, Cássio Arthur. Microclima urbano de áreas residenciais no período noturno: Estudo em Santa Maria, RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 140-163, 2018.

GUO, Hongshan et al. On the understanding of the mean radiant temperature within both the indoor and outdoor environment, a critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, p. 109207, 2020.

HIGGINS, J.; GREEN, S. (Ed.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 5.1.0 [updated March 2011]: The Cochrane Collaboration, 2011. Disponível em: . Acesso em: 12 maio 2013.

HOPPE, Ismael Luiz; WOLLMANN, Cássio Arthur. Performance de um novo modelo de abrigo meteorológico de baixo custo. 2022

HÖPPE.P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. ,43(2), 71–75. 1999. doi:10.1007/s004840050118

IAUC- International Association for Urban Climate. Urban Projects, Issue no. 78, p. 15-17, december 2020. Disponível em: < <http://www.urban-climate.org> > . Acesso em: abril. 2021

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/balneario-camboriu/panorama> >. Acesso em: jan. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Estimativa de população. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/balneario-camboriu.html> >. Acesso em: dez 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Mapas. Disponível em: < <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa220257> >. Acesso em: 19 dez. 2021.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:<<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

ISO 7726. Ergonomics of the Thermal Environment – Instruments for Measuring Physical Quantities. Geneva, 1998.

Jin, H., Qiao, L., & Cui, P. (2020). Study on the Effect of Streets' Space Forms on Campus Microclimate in the Severe Cold Region of China—Case Study of a University Campus in Daqing City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8389.

JÚNIOR, Antonio Carlos da S. Oscar. Noções teóricas complementares à questão climática atual: discutindo hierarquia, escala e variabilidade. **Revista Geografias**, p. 108-121, 2012.

KLEMM, Wiebke et al. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. **Building and environment**, v. 83, p. 120-128, 2015.

LARGURA, Aline Estela et al. Fatores que influenciam o uso de bicicleta em cidades de médio porte: estudo de caso em Balneário Camboriú/SC. 2012.

LEHNERT, M., KUBEČEK, J., GELETIČ, J., JUREK, M., & FRAJER, J. (2018). Identificando pontos quentes e frios no centro da cidade com base em medições de bicicletas: o caso de Olomouc, República Tcheca. *Geographica Pannonica*, 22 (4), 230-240.

LYU, Tong; BUCCOLIARI, Riccardo; GAO, Zhi. A numerical study on the correlation between sky view factor and summer microclimate of local climate zones. **Atmosphere**, v. 10, n. 8, p. 438, 2019.

MANAVVI, S.; RAJASEKAR, Elangovan. Estimating outdoor mean radiant temperature in a humid subtropical climate. *Building and Environment*, v. 171, p. 106658, 2020.

MARTIN. Ciclovias contribuem para mobilidade urbana. Prefeitura de Balneário Camboriú, 2014. DISPONÍVEL em: <https://www.bc.sc.gov.br/imprensa_detalhe.cfm?codigo=13613> Acesso em: Maio de 2022.

MATZARAKIS, A. RayMan Pro. A tool for Applied Climatology. Retrieved January, v. 12, p. 2020, 2018.

MATZARAKIS, A.; HWANG, R. L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Build Environ.*, 45(1), p.213-221, 2010.

MICHEL, Mariana Vallory; LARANJA, Andréa Coelho. Condições e tipos de céu para simulações de iluminação natural com céu estático. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. e020001-e020001, 2020.

MILOŠEVIĆ, D., SAVIĆ, S., ARSENOVIĆ, D., LUŽANIN, Z., & DUNJIĆ, J. (2020). Analysis of human thermal comfort in Central European City during summer of 2015: A case of Novi Sad (Serbia). *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 100(1), 31-3

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. **Clima urbano**, 2003.

MUNÍCIPIO de Balneário Camboriú. **CIDADE-BRASIL**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-balneario-camboriu.html>> Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

NADER, Gisele Antunes. Mobilidade urbana sustentável em três cidades brasileiras de médio porte. **Terr@ Plural**, v. 13, n. 3, p. 344-361, 2019.

NASTOS, P. T. et al. Assessment of the thermal comfort conditions in a University Campus using a 3D microscale climate model, utilizing mobile measurements. In: **Perspectives on Atmospheric Sciences**. Springer, Cham. p. 309-315, 2017.

NIKOLOPOULOU, Marialena. Outdoor thermal comfort *Front. Biosci*, v.3,n. 4, p. 1552-1568. 2011.

OKE, Timothy. R. **Boundary Layer Climates**. Routledge: New York, 1978.

OKE, Timothy R. et al. **Urban climates**. Cambridge University Press, 2017.
OSÓRIO, Marcos Vinícius Santos. Identificação de ciclorrotas: mobilidade cicloviária entre os Campi Centro e Saúde da UFRGS, 2018.

PARSONS, Ken. **Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance**. CRC press, 2007.

Paul, J., Criado, A. R. The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know? **International Business Review**. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2020.101717>

PENHA, H. M.; **Processos Endogenéticos na Formação do Relevo**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.; (org) Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PERINI, Katia; CHOKHACHIAN, Ata; AUER, Thomas. Green streets to enhance outdoor comfort. In: **Nature based strategies for urban and building sustainability**. Butterworth-Heinemann, 2018. p. 119-129.

PETERS, GUSTAVO. Densidade, movimento e configuração espacial de Balneário Camboriú. **MEDIUM**. Nov, 2016. Disponível em: <https://medium.com/@gustavopeters/densidade-movimento-e-configura%C3%A7%C3%A3o-espacial-de53b86cf622#_ftn1>. Acesso em 20 jan. 2022.

RAJKOVICH, Nicholas B.; LARSEN, Larissa. A bicycle-based field measurement system for the study of thermal exposure in Cuyahoga County, Ohio, USA.

International journal of environmental research and public health, v. 13, n. 2, p. 159, 2016.

RIBEIRO, Antonio, Giacomini. As escalas do clima. Boletim de Geografia Teorética, v. 23, n. 45-46, p. 288-294, 1993.

ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 1998.

ROSSI, F. A., KRÜGER, E. L., & BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. Ambiente construído, 12(1), 41-59, 2012.

SAKAMOTO, LLS. Os microclimas e a “Configuração do Céu” na área central. Os Climas na cidade de São Paulo, teoria e prática. GEOUSP, v. 4, p. 165-187, 2001.

SAMPAIO, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, 11(1), 83-89. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-11692004000300014>

SARTORI, M, G, B. O vento norte. DR PUBLICIDADE. Santa Maria, 2016

SPAUTZ, Dagmara. Prédio mais alto da América Latina, em Balneário Camboriú, terá elevador mais rápido do Brasil. NSC total. Blumenau, 21 Ago. 2019. Disponível em:< <https://www.nsctotal.com.br/colunistas/dagmara-spautz/predio-mais-alto-da-america-latina-em-balneario-camboriu-tera-elevador>> Acesso em: 19 de set. 2021.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. LOCAL CLIMATE ZONES FOR URBAN TEMPERATURE STUDIES. Bulletin of the American Meteorological Society, december, 2012.

TALEGHANI, M.; KLEEREKOPER, L.; TENPIERIK, M.; VAN DEN DOBBELSTEEN, A. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Building and Environment, 83, p.65-78, 2015.

Thorsson S, Lindberg F, Eliasson I, Holmer B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. Int J Climatol 2007;27:1983–93, 2007.

VANOS, Jennifer K. et al. Planning for spectator thermal comfort and health in the face of extreme heat: The Tokyo 2020 Olympic marathons. Science of The Total Environment, v. 657, p. 904-917, 2019.

VASILIKOU, Carolina; NIKOLOPOULOU, Marialena. Outdoor thermal comfort for pedestrians in movement: thermal walks in complex urban morphology. International journal of biometeorology, v. 64, n. 2, p. 277-291, 2020.

XU, Huahua et al. Research on the relationship between urban morphology and air temperature based on mobile measurement: a case study in Wuhan, China. *Urban Climate*, v. 34, p. 100671, 2020.

WOLLMANN, C et al. Thermo-Hygrometric Variability on Waterfronts in Negative Radiation Balance: A Case Study of Balneário Camboriú/SC, Brazil. *Atmosphere*, v. 12, n. 11, p. 1453, 2021a.

WOLLMANN, C. (2021b). WUDAPT Level 0 training data for Balneario Camboriu (Brazil, Federative Republic of), submitted to the LCZ Generator. This dataset is licensed under CC BY-SA, and more information is available at https://lcz-generator.rub.de/factsheets/a31ed1e112a771c38a120e180c84a58673367cff/a31ed1e112a771c38a120e180c84a58673367cff_factsheet.html

WU, Zhifeng; DOU, Panfeng; CHEN, Liding. Comparative and combinative cooling effects of different spatial arrangements of buildings and trees on microclimate. *Sustainable Cities and Society*, v. 51, p. 101711, 2019.

WRITZL, Luana et al. densidade de kernel e eventos climáticos extremos em Balneário Camboriú – SC. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2021, p.817. João Pessoa. Anais[...]. João Pessoa: UFPB.