

A ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA E A ILHA DE CALOR URBANA NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS-SC

ROCHA, Geisa Silveira da – geisarochageo@gmail.com
Universidade Federal do Paraná / UFPR

DUBREUIL, Vincent - vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr
Université Rennes II

MENDONÇA, Francisco de Assis - chico@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná / UFPR

Submetido em: 01/09/2020

Aceito para publicação em: 25/11/2020

Publicado em: 29/12/2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.76237>

RESUMO: Este estudo se dedica a caracterizar a ilha de calor urbana (ICU) na área conurbada de Florianópolis-SC com base nas condições sinóticas favoráveis à estabilidade atmosférica. A relação é estabelecida entre estas condições e as variáveis empregadas na classificação de dias com tipo de tempo estáveis e/ou instáveis. Para conhecer o grau de estabilidade atmosférica diária aplicou-se o modelo denominado PGT (Pasquill-Gifford-Turner), em que a classificação é feita a partir dos parâmetros de radiação solar, vento médio e nebulosidade em turnos diurnos e noturnos. O monitoramento foi feito a partir de 15 pontos de medição distribuídos pela área de estudo durante o 1 ano, de agosto de 2018 a julho de 2019. Foram encontrados 22 “dias-tipo” conforme a classificação PGT. Os resultados mostram que os dias com as classes que indicam maior estabilidade atmosférica são os que apresentam ocorrência de ICU com maior intensidade. A correlação linear múltipla encontrada a partir dos parâmetros utilizados e a magnitude da ilha de calor foi de $r=0,65$, sendo que a nebulosidade no período noturno a componente de maior peso na relação.

PALAVRAS-CHAVE: Ilha de calor urbana; modelo de Pasquill-Gifford Turner; cidade litorânea; Florianópolis-SC.

ATMOSPHERIC STABILITY AND THE URBAN HEAT ISLAND IN THE CONURBATED AREA OF FLORIANÓPOLIS-SC

ABSTRACT: This study is dedicated to characterize the urban heat island (ICU) in the conurbated area of Florianópolis-SC based on synoptic conditions favorable to atmospheric stability. The relationship is established between these conditions and the variables used in the classification of days with stable and/or unstable weather types. To know the degree of daily atmospheric stability, the model called PGT (Pasquill-Gifford-Turner) was applied, in which the classification is made from the parameters of solar radiation, average wind and cloudiness in day and night periods. The monitoring was done from 15 measurement points distributed by the study area during the 1 year, from August 2018 to July 2019. 22 “days-type” were found according to the PGT classification. The results show that the days with the classes that indicate greater atmospheric stability are the ones with the highest intensity of ICU. The multiple linear correlation found from the parameters used and the magnitude of the heat island was $r = 0.65$, with cloudiness at night being the component with the greatest weight in the relationship.

KEYWORDS: Urban heat island; Pasquill-Gifford Turner model; Seaside town; Florianópolis-SC.

ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA E ISLA DE CALOR URBANO EN LA ZONA CONORBADA DE FLORIANÓPOLIS-SC

RESUMEN: Este estudio está dedicado a caracterizar la isla de calor urbano (ICU) en el área conurbada de Florianópolis-SC en base a condiciones sinópticas favorables a la estabilidad atmosférica. La relación se establece entre estas condiciones y las variables utilizadas en la clasificación de días con tipos de clima estable y/o inestable. Para conocer el grado de estabilidad atmosférica diaria se aplicó el modelo llamado PGT (Pasquill-Gifford-Turner), en el que la clasificación se realiza a partir de los parámetros de radiación solar, viento medio y nubosidad en turnos diurnos y nocturnos. El monitoreo se realizó a partir de 15 puntos de medición distribuidos por el área de estudio durante el 1 año, de agosto de 2018 a julio de 2019. Fueron 22 "días-tipo" según la clasificación PGT. Los resultados muestran que los días con las clases que indican mayor estabilidad atmosférica son los de mayor intensidad de UCI. La correlación lineal múltiple encontrada entre los parámetros utilizados y la magnitud de la isla de calor fue $r = 0,65$, siendo la nubosidad nocturna el componente con mayor peso en la relación.

PALABRAS CLAVE: Isla de calor urbano; Modelo de Pasquill-Gifford Turner; ciudad costera; Florianópolis-SC.

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos derivados do clima urbano, tal como a ilha de calor urbana (ICU) são investigados desde a Revolução Industrial no século XIX e continuam chamando atenção de pesquisadores por todo globo, especialmente devido ao aumento da população urbana. No Brasil, o interesse pelo tema surge pós década de 1960 quando a população rural é superada pela urbana.

Os primeiros estudos no Brasil sobre ICU e outras implicações do clima urbano no campo térmico, concentravam-se sobretudo, nas grandes aglomerações urbanas, como São Paulo (LOMBARDO, 1985). No entanto, a partir da do final da década de 80 as cidades de médio e pequeno porte também começam a despertar interesse, a exemplo da tese de Mendonça (1995) que estudou o clima urbano da cidade de Londrina (Paraná) e de Amorim (2000) que investigou a cidade Presidente Prudente (São Paulo).

Florianópolis (Santa Catarina), cidade considerada como de médio porte e parte do recorte especial adotado neste artigo, foi alvo da pesquisa sobre o clima urbano pela primeira vez em 1987, em que Sezerino & Monteiro (1990) encontraram indícios da formação de ICU, sem um traçado nítido. Mais tarde, Mendonça (2004) ao buscar compreender a influência simultânea dos fatores geo-ecológicos e da urbanização na variação têmica-espacial da temperatura, umidade e vento, não encontrou em Florianópolis uma ICU contínua, mas "arquipélagos de calor" em função de uma urbanização nucleada e descontínua.

E assim como na capital catarinense, há outros vários exemplos de pesquisas sobre ICU em cidades costeiras espalhadas pelo globo. Uma das pioneiras do ramo desse ambiente é de Carrega (1984) que investigou Nice, no litoral da França. O autor constatou que as maiores diferenças térmicas são encontradas durante a madrugada, na qual as áreas situadas a jusante dos vales onde o ar frio é drenado são as apresentam menores temperaturas, contrastando em até 10°C com a cidade.

Em ambientes insulares pesquisadores apontaram a relevância das brisas na configuração das ICU's. Em Sendai (Japão) Sakaida e Egoshi (2006) identificaram uma ICU de 3°C e constataram que esta é esfriada pela brisa marinha, durante a primavera e verão, e que esse efeito diminui à medida que se aumenta a distância do litoral. Kolokotsa, Psomas e Karapidakis (2009) também perceberam tal efeito na ilha de Creta (Grécia), com uma ICU de

máxima magnitude de até 8°C, os autores verificaram que os ventos de quadrante norte aumentar a área da ICU, enquanto os ventos do quadrante oeste diminuem.

Além de Florianópolis, há no Brasil diversas cidades litorâneas em que foram estudadas as alterações no campo térmico em função da urbanização (SAMPAIO, 1991; NASCIMENTO, 1996; SANTANA, 1997; MOREIRA, 2014; ARAÚJO, 2014). Por exemplo, na cidade do Rio de Janeiro, Brandão (1996) identificou ICU de intensidade máxima de 4°C, percebendo que a espacialização do fenômeno se alterava conforme o horário do dia. Outros trabalhos mais recentes da mesma cidade e da região metropolitana apontaram com base na temperatura por satélite, portanto, ICU superficial, diferenças térmicas de 10°C no outono e inverno, e de 20°C na primavera e verão (SENA et al., 2014; MEIRELES et al, 2014).

Em cidade de porte médio no litoral do estado de São Paulo, em Ubutuba, Gomes (2017) encontrou diferenças térmicas de até 6°C para as medidas fixas no centro em relação ao entorno rural. Além disso, a pesquisa apontou que a brisa marítima, nas primeiras horas do dia, contribuiu para o deslocamento das temperaturas mais elevadas. Em latitudes mais baixas, como o caso de Aracajú (Sergipe), Anjos (2018) demonstrou que há três tipos de clima urbano a partir dos contrastes de temperatura, influenciados por fatores como uso e cobertura do solo, edificações, ventilação e proximidade com o oceano. O autor verificou que mais próximo ao mar a diferença da temperatura para o centro da cidade chega até 2°C a menos, devido ao vento.

Mesmo tendo estudado a ICU em cidade continental (Presidente Prudentes-SP) Amorim (2020) constatou que os dados analisados indicam que as magnitudes das ilhas de calor atmosférico e sua manutenção dependem não apenas das características da superfície, mas também nas condições meteorológicas, tanto no dia do registro como nas anteriores à recolha de dados. Os resultados mostraram a capacidade de uma cidade de médio porte em gerar ilhas de calor com magnitudes esperadas de grandes cidades.

Destaca-se a necessidade de considerar que as pesquisas de ICU em cidades litorâneas ou até mesmo insulares, como a exemplo de Florianópolis, incluam os efeitos da proximidade com o mar nas análises da variabilidade e anomalias da temperatura no ambiente urbano, seja a partir dos efeitos da própria distância do sítio do oceano, como também pelas atuação das brisas, entre outros aspectos. Além disso, a atenção as condições atmosféricas preponderantes no desenvolvimento da ICU também devem ser ressaltadas. Conforme Oke (1990) a melhor observação do fenômeno se dá em dias sem nebulosidade e com ventos fracos, no entanto, outros atributos podem ser incluídos para uma melhor interpretação. Ou seja, em dias em que há estabilidade.

Entende-se como estabilidade atmosférica a condição de equilíbrio do ar, sendo determinada através da comparação da temperatura de uma parcela de ar ascendente ou descendente com a temperatura do ambiente. A parcela de ar é estável quando ela resiste ao momento de ascensão, a exemplo de uma parcela fria e densa, que tende a retornar a sua posição inicial. Já um ar instável é caracterizado pela prevalência do momento de ascensão, como uma parcela de ar quente e menos densa que o ar ambiente, ela tenderá a ascender e alcançar a mesma temperatura do ambiente. Quanto mais instável, maior a

convecção do ar, o que provoca a condensação de umidade e surgimento das nuvens. Assim sendo, as condições do tempo, a presença de diferentes massas de ar, frentes, sistemas de ciclone ou anticiclone, brisas terrestres e marinhas, entre outros, determinam a estabilidade atmosférica e, segundo Oke et al. (2017) a partir do momento que essas características passar por uma área urbana, trazem vários impactos possíveis para uma ICU existente, podendo tanto destruí-la ou redefinir as condições para que uma nova ICU se forme.

Desta maneira, o artigo propõe caracterizar a ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis tendo como base a estabilidade atmosférica. Busca-se compreender como os aspectos de uma atmosfera instável ou estável se relacionam com a formação e intensidade da ICU, identificando também as variáveis meteorológicas mais relevantes neste processo.

Para reconhecer os períodos mais representativos para o estudo das ICU's é importante determinar as características e a condição da estabilidade atmosférica, que pode ser feito a partir da interpretação de dados meteorológicos. O modelo chamado de PGT, construído por Pasquill & Gifford (1961) e revisado por Turner (1970) é muito usado para estudos de dispersão de plumas de poluentes atmosféricos, uma vez que traz uma classificação da estabilidade do ar com base nas características do vento, nebulosidade e radiação. Portanto, o presente artigo utiliza desta técnica consagrada internacionalmente para auxiliar na interpretação da ICU na área conurbada de Florianópolis.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo segue três etapas principais: 1- Caracterização do recorte espacial e dos pontos de monitoramento. 2- Monitoramento e registro de dados de temperatura, velocidade do vento, nebulosidade e radiação, durante o período de um ano (agosto de 2018 a julho de 2019). 3 - Classificação dos dias de monitoramento conforme as classes do modelo de Pasquill-Gifford-Turner (PGT).

A classificação da estabilidade atmosférica se deu através do modelo de Pasquill-Gifford-Turner (PGT) que considera os parâmetros da velocidade do vento, a intensidade da radiação solar do período e a cobertura por nuvens no período noturno, sendo estas variáveis analisadas junto às diferenças térmicas encontradas na cidade (TURNER, 1970).

UNIVERSO DE ANÁLISE

O recorte especial da pesquisa compreende a área conurbada de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. Além do núcleo urbano da capital, a conurbação se estende pelas áreas urbanas dos municípios de São José, Palhoça e Biguaçu.

A conurbação da área se delineou na década de 1960 motivada por políticas desenvolvimentistas, como a construção da BR-101 e investimentos na expansão do sistema viário, a instalação de órgãos estatais (tais como universidade federal, estadual e companhias de energia), e a vinda de imigrantes oriundos do meio agrário (PELUSO, 1991). O processo conferiu ao

município de Florianópolis a centralidade como pólo político-administrativo-financeiro.

Cabe destacar que há uma descontinuidade da malha urbana da conurbação, ocorre em Florianópolis em função da morfologia do território municipal. Duas porções de água, a Baía Norte e Baía Sul, dividem a ilha do continente compondo 97,22% do território insular e 2,78% continental.

Os municípios estão implantados em duas unidades geomorfológicas: as Serras do Leste Catarinense e Planícies Costeiras. A primeira abrange os maciços cristalinos com elevações máximas que variam de 400 a 900 metros. A ocupação urbana nas encostas se dá principalmente no Maciço do Morro da Cruz (setor centro-norte da porção insular de Florianópolis). É nas planícies costeiras onde se encontra a maior densidade de edifícios e também de população. Como consequência da urbanização, a cobertura vegetal é formada por remanescentes da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica). Restando poucas áreas com porções isoladas ou com profundas modificações humanas, atualmente restritas as unidades de conservação e/ou áreas de difícil acesso (PMF, 2012, p.94).

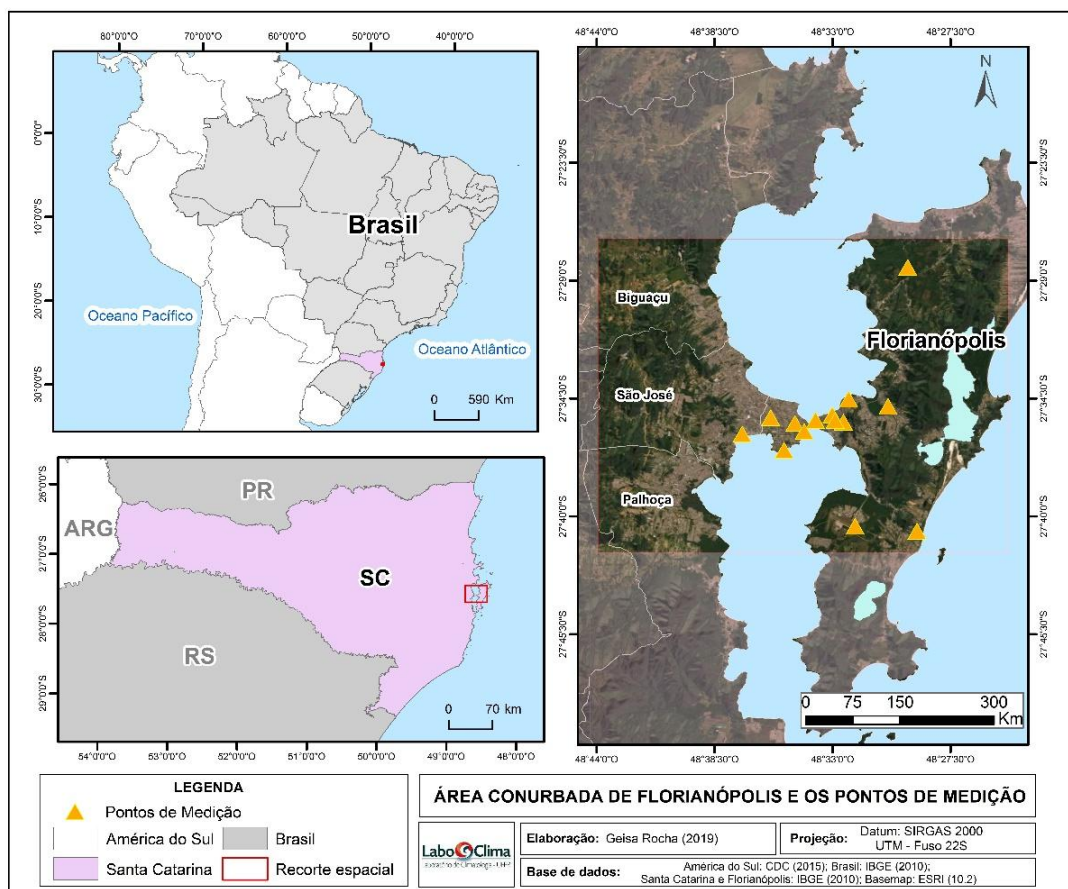


Figura 1 – Localização do recorte espacial e os pontos de medição

A classificação de Köppen, largamente utilizada no Brasil e no mundo, confere à área a classe do tipo “Cfa” (Clima Subtropical Úmido). Um estudo realizado por Dubreuil et al. (2018) analisou o “Tipo de Clima Anual (TCA)” e sua correspondência com a classificação de Köppen, para Florianópolis, no

período de 1961 a 2015, os autores encontraram 94% dos casos como sendo TCA do tipo "C", ou seja, temperado; os outros 6% como tipo "A", ou seja, tropical.

Para Mendonça (2002) a área de estudo, em sua posição subtropical na latitude de 27°S possui características condicionadas à atuação e choques das massas de ar Polar e a Tropical Atlântica (mTa), com verões quentes e invernos frescos.

MONITORAMENTO E REGISTRO

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado durante um período de um ano, de agosto de 2018 a julho de 2019. Destaca-se que, em relação à Normal Climatológica (1981-2010, figura 2) o período analisado apresentou-se mais seco, com 1554,8 mm de precipitação acumulada, contra 1768,6 mm da normal. A maior diferença entre os meses foi constatada em março de 2019, em que se registrou menos metade da chuva estimada para o mês (82.6 mm). Já no mês de setembro de 2018 o acumulado de precipitação foi acima da normal, com 57 mm a mais, totalizando 198 mm. Desta forma, o desvio médio padrão encontrado para todo período foi de 58.7 mm.

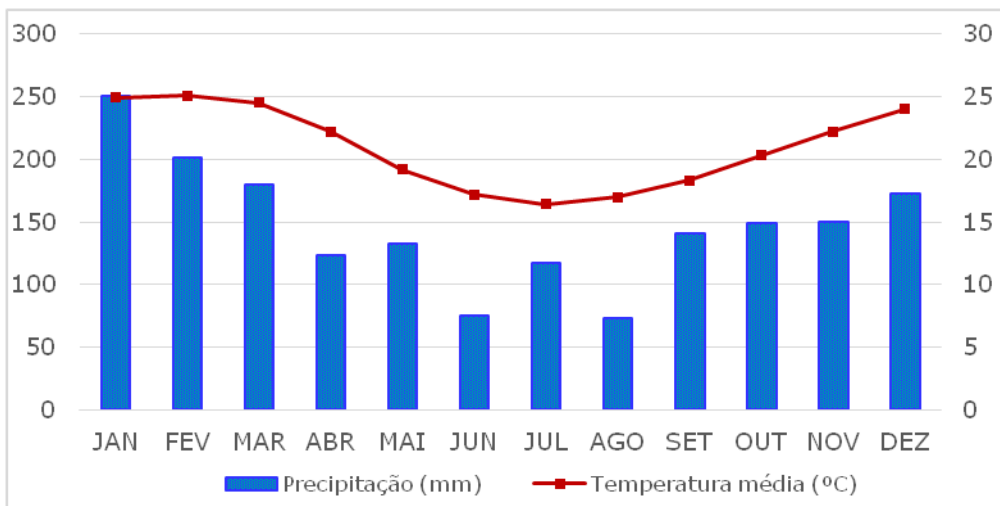


Figura 2 - Climograma, período da Normal Climatológica de 1981-2010 para Florianópolis-SC

Ao comparar a temperatura mínima registrada e a Normal no período em questão, constatou-se que este foi em média 1,3°C mais quente. A maior variação é observada em maio de 2019, em que a média da temperatura mínima foi de 19,1°C, 3,8°C a mais que a normal. Já em fevereiro de 2019, a média da temperatura mínima foi de 21,4°C, 0,2°C mais fria que a normal. Em geral, os meses de outono (março, abril e maio) foram quase 2°C mais quentes, enquanto que nos meses de primavera (setembro, outubro e novembro) não houve diferenças significativas com a normal.

Ao total, utilizaram-se 15 pontos de medição. Foram instaladas seis estações automáticas *Davis Vue* e cinco sensores *TinyTag*, além das estações existentes pertencentes a organizações institucionais (REDEMET, UFSC, IFSC, INMET e EPAGRI): um total de cinco pontos de medição estão localizados no

continente e dez na parte insular da aglomeração. A distribuição dos sensores e das estações meteorológicas levou em consideração os fatores locais que interferem no clima local, como os diferentes usos e ocupação da terra.

Utilizou-se a escala de intensidade da ICU definida por Fernández García (1996), nesta classificam-se as diferenças que variam de 0°C a 2°C como ICU de fraca magnitude; para variação de 2°C a 4°C a ICU é considerada como média magnitude; é de forte magnitude quando o intervalo de diferença fica entre 4°C e 6°C; e de muito forte quando a variação é maior que 6°C.

Para analisar as características da ilha de calor, foram escolhidas duas estações de referência, uma inserida em um ambiente predominantemente urbano e a outra em um ambiente rural (figura 3).

A estação do ponto de referência urbano localizado a 1m acima do nível do mar é a mais próxima do mar, a 24 m. Está localizado próximo a uma avenida de tráfego intenso de carros (Avenida Beira Mar Norte). Em um raio de 500 metros a área urbana circundante é composta por edifícios predominantemente residenciais, a média geral de pavimentos por toda área é de 4 andares, contudo, 24% das edificações possuem mais que 10 andares. Apesar de estar perto do mar, a escolha recaiu nesta estação por estar localizada no centro da área urbanizada, em um ambiente costeiro muito representativo da cidade de Florianópolis e por ser a estação com os maiores valores de intensidade da ICU.

Para representar o meio rural (ponto de referência rural), foi escolhida a estação meteorológica da Sociedade de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI): está localizada no norte da ilha de Santa Catarina, dentro da estação ecológica "Carijós", onde predomina o ecossistema de mangue. Fica a cerca de 3,5 km do mar e a 14 km do centro da cidade.

Ambas as estações registraram temperaturas instantâneas, máximas e mínimas a cada hora (cerca de 28.000 registros para cada estação). Para o cálculo da intensidade da ICU, subtraímos os valores de temperatura mínima do ponto de referência do ambiente rural dos valores de temperatura mínima do ponto urbano, ou seja, $\Delta T = \text{Urbano} - \text{Rural}$. Os dados foram organizados em uma planilha do Excel, que também foi utilizada para cálculos estatísticos.

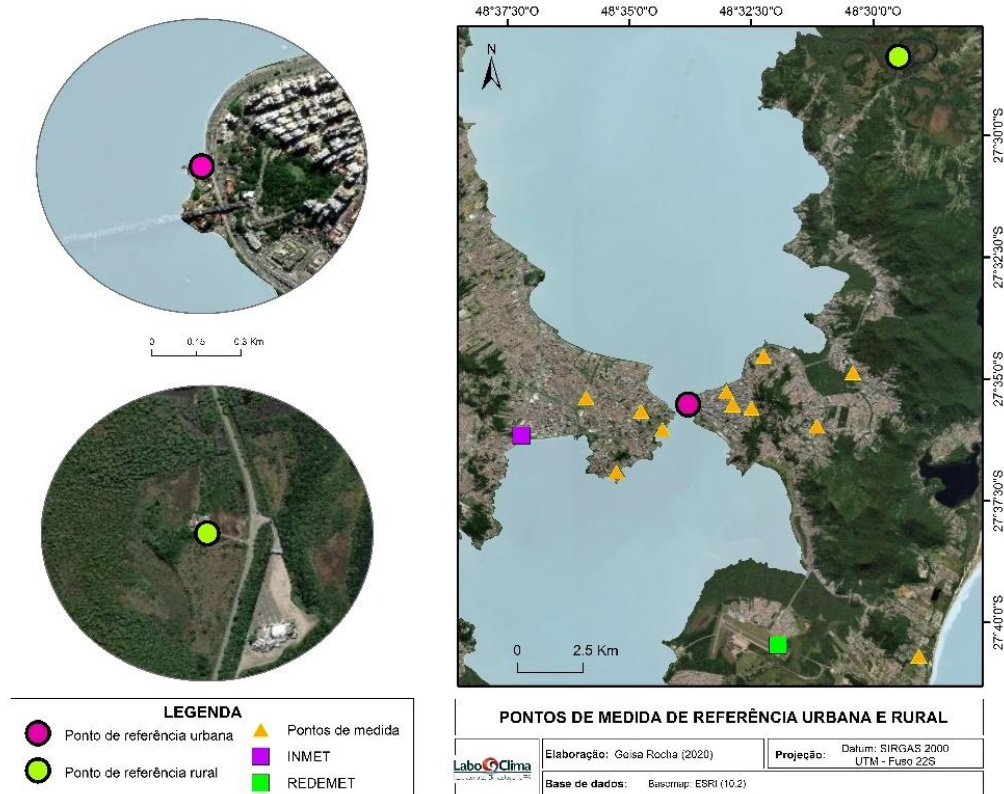


Figura 3 – Pontos de medida de referência

CLASSIFICAÇÃO PELO MODELO PGT

A classificação da estabilidade atmosférica pelo modelo PGT foi proposta inicialmente por Pasquill & Gifford (1961), que estabeleceram seis classes, posteriormente, com a revisão de Turner (1970) foi acrescida mais uma, totalizando sete, a saber:

Tabela 1- Significado das classes de estabilidade do modelo PGT.

Classe	Significado
A	Altamente instável
B	Moderadamente instável
C	Pouco instável
D	Estabilidade neutra
E	Moderadamente estável
F	Extremamente estável
G	Condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar

O modelo formulado pelos três autores consiste na separação os períodos em turnos diurnos e noturnos para a análise. Segmentado em dois, recorrem-se à combinação de parâmetros climáticos para a classificação da estabilidade atmosférica. Para o período diurno é considerada a velocidade do vento e a

irradiância solar, já para o período noturno o grau de estabilidade leva em conta além da velocidade do vento, a nebulosidade. A tabela 2 mostra os limiares para cada parâmetro e a combinação entre eles, formando as classes.

Tabela 2 - Classes de estabilidade atmosférica

Velocidade do vento (m/s)	Período Diurno				Período Noturno		
	Irradiância solar (W/m ²)				Nebulosidade		
	Alta (>600)	Moderada (300 - 600)	Leve (<300)	Nublado	0 - 3	4 - 7	8
<2	A	A-B	B	C	G-F	F	D
2,0 - 3,0	A-B	B	C	C	F	E	D
3,0 - 5,0	B	B-C	C	C	E	D	D
5,0 - 6,0	C	C-D	D	D	D	D	D
> 6,0	C	D	D	D	D	D	D

Fonte: Adaptado de Mohan e Siddiqui (1998).

Os períodos dos turnos diurnos e noturnos são determinados pelos horários de nascer e pôr do sol, deve-se desconsiderar uma hora após a alvorada e uma hora antes do crepúsculo, estes foram calculados a partir do dia do ano, da declinação magnética e a latitude local.

Todavia, afim de desprezar os períodos de transição entre o dia e a noite, ao invés de uma hora, desconsiderou-se duas horas, procedimento feito também por Krüger & Emmanuel (2013) e Krüger & Rossi (2015).

Para os dados de nebulosidade e vento utilizou-se a estação da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), que em Florianópolis se situa no Aeroporto Hercílio Luz (SBFL) (Figura 2). Os dados fornecidos no formato de METAR foram decodificados, para a velocidade do vento, obtida em "nós" converteu-se em m/s.

Os códigos para a cobertura do céu (NSC, CLR, FEW, SCT, BKN, OVC) foram adaptados de modo a corresponder com a tabela 2. Quando o céu está sem nuvens, o código informado é "SKC" ou "CLR", abreviações para "Sky Clear"/"Clear". Pode também aparecer a variação de "NSC" "No significant cloud"; "FEW" é informado quando há 1-2 oitavas do céu coberto; "SCT" se refere a "Scattered" e é informado quando há 3-4 oitavas de cobertura de nuvens; "BKN", abreviação de "Broken" é informada para indicar 5-7 oitavas; OVC, "Overcast" para céu encoberto. Assim sendo, para fins de adaptação adotou-se os seguintes valores para a nebulosidade: CLR ou NSC= 0, FEW = 2, SCT = 4, BKN = 6 e OVC = 8.

Os dados de radiação para o turno diurno foram obtidos através da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registradas na unidade kJ/m², convertidos em W/m² para adequação da tabela 2.

A combinação entre as classes observadas nos dois turnos é denominada neste artigo como "Dia-tipo", portanto, a quantidade de dia-tipo é determinada pelos possíveis arranjos de classes que se estabelecerem ao longo do período observado.

Para a análise da relação entre os parâmetros utilizados pelo modelo PGT e a ICU, foi realizada a correlação de Pearson (r) que mede o grau de relação entre duas variáveis, podendo resultar num intervalo de valores de -1 a +1 e quando mais próximo desses valores, maior será a correlação. Além disso,

foram feitos os cálculos de frequência de cada classe da escala de magnitude da ICU para cada classe do PGT para estabilidade atmosférica.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade média da ICU no período de um ano foi de 2,4°C, apresentando-se com maior magnitude nos meses de inverno e outono (tabela 3). Amorim & Dubreuil (2017) encontraram a mesma sazonalidade para a cidade de Presidente Prudente (São Paulo). Em Florianópolis, o mês de agosto teve a maior média da ICU, 3,6°C, assim como a máxima intensidade dentre os doze meses. Já a menor média da magnitude foi registrada no mês de outubro, 1,3°C.

Tabela 3 - Intensidade média da ICU (°C) e Temperatura Mínima (Tmin) média (°C) nos pontos de referência urbano e rural

Período	ΔT ICU média	ΔT ICU máx.	Ponto urbano	Ponto Rural	
			Tmin. média		
1 ANO	2,4	7,3	19,9	17,6	
2018	Agosto	3,6	7,3	14,3	10,7
	Setembro	2,1	6,1	18,2	16,1
	Outubro	1,3	4,3	19,3	18,0
	Novembro	1,8	5,7	21,0	19,2
	Dezembro	2,2	4,8	22,3	20,1
	Janeiro	1,8	3,4	25,1	23,2
2019	Fevereiro	2,3	4,4	22,9	20,7
	Março	2,3	4,6	22,6	20,3
	Abril	2,6	5,3	21,5	18,9
	Maiο	1,9	5,0	20,0	18,2
	Junho	3,2	6,7	17,7	14,5
	Julho	3,4	7,2	14,7	11,3

Foram encontrados 22 dias-tipo (tabela 4) sendo que a maior ocorrência foi o dia-tipo 10, com 36 dias de classe C diurno (pouco estável) e classe F noturno (extremamente estável), correspondendo a 9,9% dos dias monitorados. A média da magnitude da ICU neste dia-tipo foi de 1,9°C. Observa-se que 34 dos 46 dias apresentaram o $\Delta T < 4^\circ\text{C}$ (ICU fraca e média) e somente 2 dias com ΔT considerada como ICU forte.

Com relação a maior média da diferença térmica entre urbano-rural esta foi encontrada no dia-tipo 5 (5,3°C), classe C-D diurno e G-F noturno, no entanto este dia-tipo ocorreu somente duas vezes ao longo do ano.

Ao todo registrou-se 304 dias em que a intensidade da ICU ficou entre 0 e 4°C (ICU de intensidade fraca e média), ou seja, 83,3% do período total. O restante, 61 dias (16,7%) apresentou ICU maiores que 4°C, especificamente 46 dias com ΔT entre 4 e 6°C e 15 dias acima de 6°C.

Tabela 4 - Classificação dos dias conforme o modelo PGT e as intensidades da ICU

Tipo	Diurno	Noturno	Dias	% Dias	ΔT média (°C)	0 - 2°C					ΔT >=4°C
						ΔT Fraca	ΔT Média	ΔT Forte	ΔT Muito forte	ΔT >6°C	
1	A-B	G-F	+	2	0,5	1,8	1	1	0	0	0
2	B	G-F	↑ Estabilidade	34	9,3	3,5	8	13	9	4	13
3	B-C	G-F		28	7,7	3,3	6	13	9	0	9
4	C	G-F		13	3,6	3,1	4	5	4	0	4
5	C-D	G-F		2	0,5	5,3	0	0	2	0	2
6	D	G-F		2	0,5	2,8	0	2	0	0	0
7	A-B	F		2	0,5	3,4	0	1	1	0	1
8	B	F		27	7,4	2,8	10	11	5	1	6
9	B-C	F	29	7,9	2,8	12	11	3	3	6	
10	C	F	36	9,9	1,9	23	11	2	0	2	
11	C-D	F	4	1,1	3,0	1	2	0	1	1	
12	D	F	8	2,2	3,2	3	2	2	1	3	
13	B	E	26	7,1	2,0	15	9	2	0	2	
14	B-C	E	29	7,9	2,2	17	9	0	3	3	
15	C	E	30	8,2	2,0	14	14	2	0	2	
16	C-D	E	15	4,1	2,9	7	4	2	2	4	
17	D	E	6	1,6	2,3	2	3	1	0	1	
18	B	D	8	2,2	1,0	7	1	0	0	0	
19	B-C	D	17	4,7	1,4	13	4	0	0	0	
20	C	D	29	7,9	1,1	26	2	1	0	1	
21	C-D	D	8	2,2	2,0	5	3	0	0	0	
22	D	D	↓	10	2,7	1,3	8	1	1	0	1
TOTAL				365	100	2,5	182	122	46	15	61

Os resultados ainda mostram que os dias com $\Delta T > 4^{\circ}\text{C}$, que engloba as classes forte e muito forte, há somente duas ocorrências da ICU com magnitude superior a 4°C na classe menos estável noturna, ou seja, a classe D. Este fato corrobora com a teoria clássica da ilha de calor urbana, em que o período noturno é marcado pela estabilidade atmosférica, ventos fracos e maior diferença entre o ambiente urbano e o rural.

Ao analisar os turnos diurnos e noturnos isoladamente, nota-se que, nas classes referentes ao período de luz solar (figura 4) não há variações significativas da média intensidade da ICU entre elas, variando de 2°C a 3°C . Isto pode ser observado ao comparar a classe mais instável (A-B) com a classe mais estável (classe D). Nota-se que a primeira apresenta ventos mais fracos

(média de 2,1m/s) que a segunda (média de 6,2 m/s), média de radiação consideravelmente maior (546 W/m² para A-B, contra 352 W/m² para D), no entanto, a diferença da magnitude média da ICU entre as classes é somente de 0,3°C, sendo a classe A-B detentora da maior média, embora a variação interquartilica e o valor máximo da classe D seja superior.

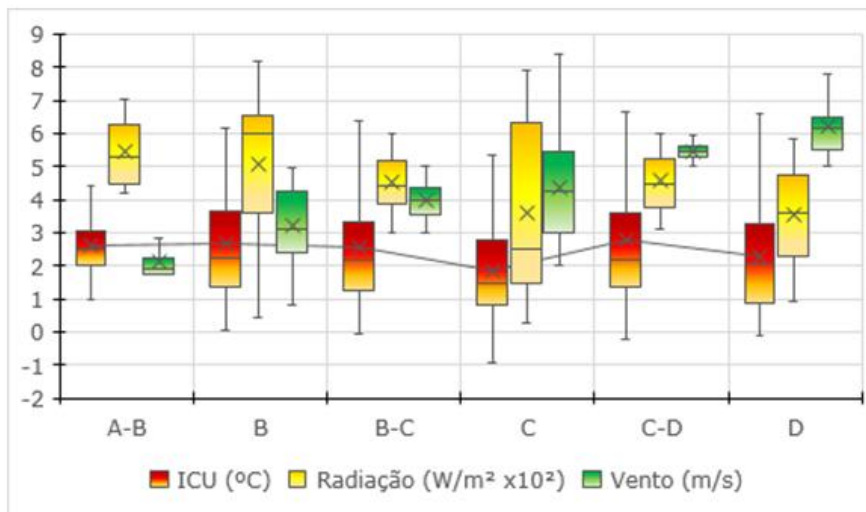


Figura 4 – Variação dos parâmetros observados para as classes PGT no turno diurno.

Para o período noturno, a associação entre a magnitude da ICU e o parâmetros utilizados é mais próxima, neste turno, ao invés da radiação solar, tem-se a nebulosidade. É possível verificar a partir da figura 4 as relações inversas entre a ICU, o vento e a cobertura do céu. A classe G-F, mais estável deste grupo, é a que apresenta a maior média da intensidade da ICU (3,1°C), como também as menores médias de nebulosidade (2,2) e de velocidade do vento (1,5 m/s), ao passo que a classe D tem a menor intensidade média de ICU (1,2°C), todavia a maior média de velocidade do vento (4,1 m/s) e de nebulosidade (4,4).

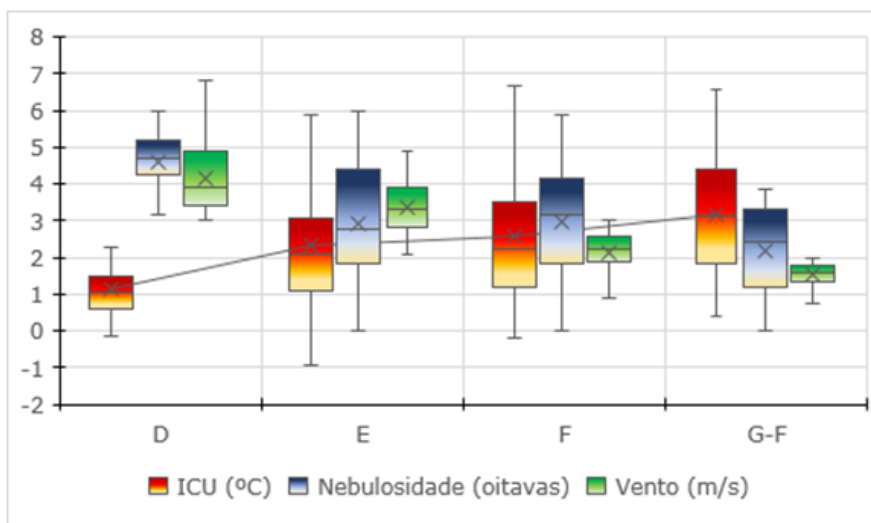


Figura 5 – Variação dos parâmetros observados para as classes PGT no turno noturno.

A figura 6 exhibe a intensidade da ilha de calor urbana de forma decrescente de acordo com os dias-tipo (classificação diurna e noturna) bem como mostra os outros parâmetros: a radiação, o vento noturno e a nebulosidade. A partir da figura 5, como também demonstrado pelas figuras 3 e 4, nota-se que as condições estáveis durante a noite são necessárias para a formação da ICU, no entanto, não são suficientes para explicar o fenômeno como um todo. Durante o dia a relação com a estabilidade não fica tão evidente, a classe menos instável (D) aparece na quinta posição com a maior média da magnitude da ICU (dia-tipo 12), já para o período noturno a mesma se manifesta somente na 16ª posição de intensidade da ICU (dia tipo 22).

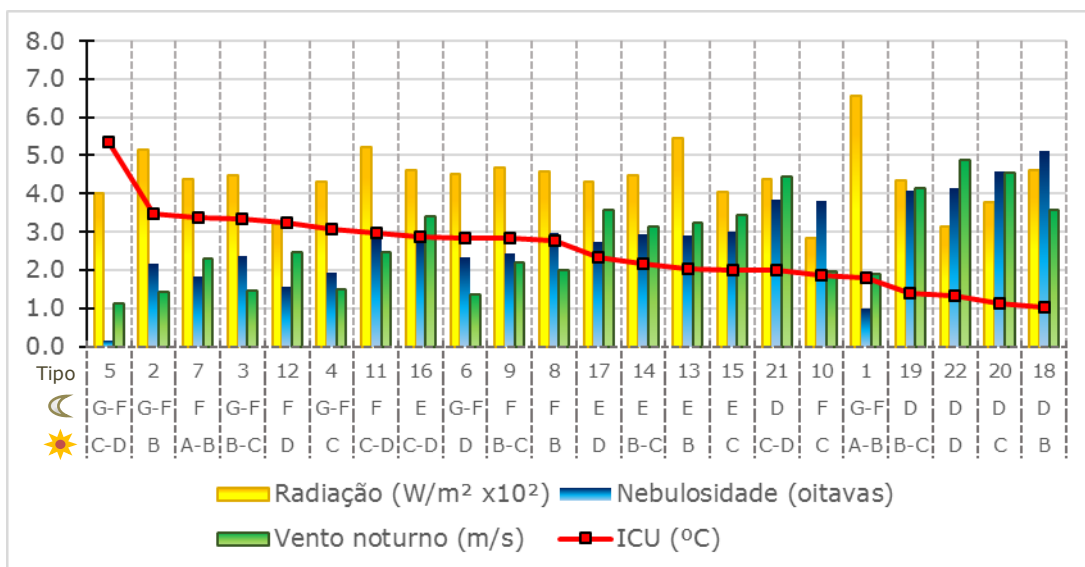


Figura 6 – Intensidade da ICU x parâmetros da classificação PGT

Observa-se que nas ocorrências de classes que indicam a estabilidade do ar (E, F, G), a tendência é encontrar ICU de magnitude forte/muito forte do que em dias mais instáveis. A exemplo da classe G-F, a mais estável de todas (Condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar), em que 35% da sua ocorrência (28 dias) é marcada pela presença de ICU acima de 4°C, 42% por ICU de intensidade entre 2 e 4°C e 23% ICU fraca. Ou seja, nesta classe verifica-se a probabilidade de que em 1 a cada 3 ocorrências sejam de uma ICU de magnitude forte, o mesmo para ICU média e para ICU fraca ou até inexistente.

Já para a segunda classe mais estável, classe F, a probabilidade de ocorrer uma ICU de magnitude acima de 4°C é de 18%, de ICU média de 36%. De qualquer modo, é com a classificação encontrada no período noturno em que se verificou maior correlação da estabilidade atmosférica com a ICU.

Os resultados obtidos a partir de correlação estatística (tabela 5) expressa que a velocidade do vento durante o dia possui contribuição praticamente nula na intensidade da ICU ($r=0,03$). Para o mesmo turno, a outra variável considerada, a radiação, também tem uma participação muito baixa ($r=0,24$). Por outro lado, é no período noturno em que as correlações são maiores, para a nebulosidade este valor é de $-0,60$, o que significa que quanto

maior a cobertura de nuvens, menor tende a ser a magnitude da ICU. Para o vento no turno noturno a mesma relação inversa se estabelece, contudo com menor correlação ($r=-0,25$).

Tabela 5 – Resultado da correlação entre a magnitude da ICU e as variáveis usadas em cada turno no modelo PGT

Turno	Parâmetros	Correlação de Pearson (r)	Coefficiente de determinação (r ²)
Diurno	Radiação	+0,24	0,06
	Velocidade do vento	+0,03	0,00
Noturno	Nebulosidade	-0,60	0,36
	Velocidade do vento	-0,25	0,07

Através da regressão linear múltipla (Equação 1) pode-se analisar a relação entre os parâmetros utilizados pela classificação PGT e a intensidade da ICU. Na qual “Y’” é definida pela temperatura estimada da ICU, “β_n” os parâmetros do modelo a serem determinados, “x_n” os parâmetros adotados na classificação PGT e “ε” representa os resíduos da equação.

$$Y' = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon$$

Desta forma, a relação entre a intensidade da ilha de calor urbano e os parâmetros diurnos e noturnos empregados no modelo PGT foi definida pela equação 2:

$$ICU = 4,40 + 7,55 * Ra + 1,29 * Vd - 0,5 * Nb - 0,3 * Vn$$

Onde: ICU é a magnitude da ilha de calor urbana; Ra a radiação diária; Vd é o vento no turno diurno; Nb é a nebulosidade no turno noturno; Vn é o vento do turno noturno.

Os resultados da regressão linear múltipla apresentaram uma correlação global ajustada de $r=0,65$ e r^2 ajustado= 0,42, assim sendo, o modelo explica 42% das variações da intensidade da ICU.

Como apontado inicialmente, em duas cidades tropicais estudadas Ubatuba (SP) e Aracaju (SE), Gomes (2017) e Anjos (2018) respectivamente, encontraram uma diminuição das diferenças térmicas associadas à velocidade do vento. Conforme os resultados do modelo, não há fortes evidências que possa atribuir a velocidade do vento na configuração da ICU na área conurbada de Florianópolis, principalmente o vento diurno.

Todavia, cabe destacar que diferentemente das duas cidades citadas, a característica física da área de estudo, parte insular e costeira, em conjunto com a sua posição subtropical lhe confere a presença do vento quase que constante, fato que pode explicar a baixa relevância deste componente, tanto em correlação quanto no modelo.

Aplicando o mesmo modelo PGT, Kruger & Emmanuel (2013) encontraram para Glasglow (Escócia - Reino Unido) os valores mais significativos da ICU em um dia-tipo classificado em A-F, que significa que durante o dia a atmosfera estava instável (classe A) e no período noturno, extremamente estável (classe F), com a média de magnitude de 2,6°C. De acordo com os autores a ICU aumenta conforme o aumento da estabilidade

atmosférica (maior classe PGT). A correspondência deste dia-tipo não ocorre em Florianópolis devido a ausência de dias de classe A, justamente em função da frequência predominante de ventos superiores a 2m/s.

No Brasil, em São José do Rio Preto (São Paulo) Masiero & Souza (2014) utilizaram o modelo PGT de forma horária a fim de avaliar as diferenças térmicas entre ambiente urbano e rural. Os autores identificaram que em condições de condições de instabilidade atmosférica a diferença da temperatura foi 2°C menor que em condições estáveis. Fato que corrobora, ainda que em análise horária, com os resultados obtidos para Florianópolis.

Em Curitiba (Paraná - Brasil), cidade sob domínio do clima subtropical, Krüger & Rossi (2015) identificaram a maior média intensidade diária das diferenças horárias entre urbano rural, de 1,4°C, para o período do dia-tipo "B-F", em que no período diurno prevalecia condições de instabilidade moderada e a noite condições de estabilidade extrema.

Partindo da premissa em que os sistemas atmosféricos são os precursores da estabilidade atmosférica, pode-se dizer que de forma geral, os anticiclones pressupõem uma maior estabilidade, e os anticiclones, a instabilidade. Ou seja, os primeiros seriam mais suscetíveis à formar ou intensificar uma ICU. A exemplo disto, Amorim e Dubreuil (2015) identificaram em Presidente Prudente (SP) que as maiores magnitudes da ICU são registradas com mais frequência sob o domínio de uma massa polar. Conhecida como mPa, a massa Polar Atlântica é um sistema de alta pressão, que, exceto em sua zona frontal, é geradora de estabilidade atmosférica. A atuação da mPa é marcada por dias ensolarados de céu claro, condição esta que pode favorecer a formação e intensificação das ICU's.

Desta forma, a passagem da mPa frequente na estação do inverno e sua associação com a estabilidade atmosférica pode indicar as maiores médias mensais de ICU encontradas nos meses de junho, julho e agosto para a área conurbada de Florianópolis. Considera-se então que a integração da análise dos sistemas atmosféricos com a estabilidade pode apontar conclusões mais precisas sobre as condições para formação e intensidade da ICU.

4.CONCLUSÃO

Embora a estabilidade atmosférica, especialmente os dias-tipos estabelecidos pela classificação PGT não explique a totalidade da variação das temperaturas intraurbanas e rural na área conurbada de Florianópolis, os resultados mostraram que é possível estabelecer relações mais próximas com os parâmetros usados na classificação. Podendo ser utilizada como uma ferramenta para analisar este fenômeno do clima urbano, permeando e complementando as análises das características físicas do ambiente urbano.

A aplicação do modelo PGT e a combinação das classes diurnas e noturnas, levou à análise de vinte e dois "dias-tipo", nas quais a média da ICU variou de 1,1°C chegando até 5,3°C. A ocorrência da maior média de magnitude foi encontrada no dia-tipo 5, em que o período diurno foi classificado como "C-D" e o noturno como "G-F", ou seja, um estado transitório entre pouco instável e estabilidade neutra e com condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar, respectivamente. No entanto, este dia-tipo foi raro durante o período de um ano, pois aconteceu somente em dois dias.

O dia-tipo que se destacou pela maior ocorrência de ICU com magnitude muito forte ($>6^{\circ}\text{C}$) foi o 2, composto por "B" diurno e "G-F" noturno, combinação presente em 34 dias, em que foram formadas 8 ICU fracas, 13 médias, 9 fortes e 4 muito fortes. Resultado este semelhante ao encontrado para os estudos elencados que utilizaram do modelo PGT, em que a estabilidade do período noturno foi preponderante para a intensificação das diferenças térmicas entre o ambiente urbano e rural.

Assim, os resultados obtidos expressaram de forma quantitativa os aspectos da estabilidade atmosférica em contraponto com as diferenças térmicas encontradas na área conurbada de Florianópolis. A correlação de Pearson (r) entre a ICU e os parâmetros/variáveis utilizadas para a classificação dos turnos diurnos e noturnos pelo modelo PGT evidenciaram que as variáveis noturnas possuem maior peso na correlação entre a ICU e a estabilidade atmosférica.

A nebulosidade no turno da noite, especificamente a ausência desta, é o parâmetro que melhor se relaciona com a ocorrência de ICU de maior intensidade, a correlação de Pearson é de $-0,62$, ou seja, quanto menor a cobertura de nuvens, maior a magnitude da ICU, corroborando com a teoria clássica da formação da ICU. Considera-se também, como sugestão para trabalhos futuros que além da quantidade de nuvem, apure-se os seus tipos, pois nuvens do tipo *stratus*, por exemplo, podem reduzir a perda de calor para a atmosfera e assim diminuir o potencial de formação da ICU.

Os dados revelaram que a presença em maior ou menor grau da radiação solar durante o dia condiciona muito pouco a ocorrência da ICU de magnitude forte/muito forte, a correlação com a intensidade é de $+0,22$, o que quer dizer que quanto mais radiação, maior tende a ser a ICU.

A velocidade do vento na área de estudo não se mostrou relevante para acentuar as diferenças térmicas entre o ambiente urbano e o rural, o que se considera que isto se deve ao fato da própria dinâmica de circulação, com ventos constantes. O que a diferencia de certa maneira de outras cidades litorâneas brasileiras, sobretudo tropicais, em que o vento se constitui de um elemento preponderante na desintensificação da ICU. Este fato que corrobora com a teoria de Oke (1991) para formação de uma ICU, no entanto, este aspecto particular da frequência "estável" da velocidade superior a 2m/s , coloca esta variável em cheque neste estudo de caso.

A regressão múltipla realizada com o total dos componentes diurnos e noturnos baseadas na classificação da estabilidade atmosférica mostrou que estas variáveis podem explicar cerca de 43% da configuração da ICU na área conurbada de Florianópolis.

A análise do ritmo climático pode ser um indicativo relevante para compreensão da estabilidade e da formação da ICU, uma vez que os sistemas atmosféricos são os responsáveis por impor a condição estável ou instável do ar. Para área conurbada de Florianópolis, recorte situado sob domínio do clima subtropical, encontram-se as maiores intensidade de ICU nos meses de inverno (junho, julho e agosto).

Portanto, ressalta-se a importância do conhecimento da morfologia urbana atrelado à situação atmosférica. Esta última pode ser investigada tanto por meio de modelos como a classificação de estabilidade a exemplo do PGT,

quanto pela análise outros elementos do clima não elencados no artigo (pressão atmosférica, umidade, entre outros). A análise conjunta indica uma melhor compreensão das características e condicionantes deste fenômeno do clima urbano especialmente em ambientes de alta complexidade como o de cidades litorâneas, a exemplo da área conurbada de Florianópolis.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM-EPAGRI) pelos dados fornecidos das estações meteorológicas.

Ao programa CAPES/COFECUB pelo financiamento do projeto intitulado CiCIAMEn (Sh 941/19): Cities, Climate And vegetation: Modeling and Environmental public policies.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, M. Orientações climáticas e planejamento urbano. A experiência de Aracaju. Novas Edições Acadêmicas, 2018.

AMORIM, M.C.C.T. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. (Tese de Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciência Humanas – USP, São Paulo, 2000. 378p.

AMORIM, M. C. DE C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v. 5, n. 4, p. 91, 2017.

AMORIM, M. C. DE C. T. Daily evolution of urban heat islands in a Brazilian tropical continental climate during dry and rainy periods. *Urban Climate*, v. 34, n. October, p. 100715, 2020. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100715>>. Acesso em: Nov/2020.

ARAÚJO, R.R. Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA). 2014. xviii, 289 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. 362f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, USP, 1996.

CARREGA, P. Note sur les micro-climats urbains de Nice. l'importance du cadre géographique. *Rev. d'Analyse spatiale*, 17, 1-30, 1984.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins-Revue Franco-Brésilienne de Géographie-Revista Franco-Brasileira de Geografia*, v. 35, p. 0-22, 2018. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/15738>>. Acesso em: Jul/2020.

FOISSARD, X.; DUBREUIL, V.; QUÉNOL, H. Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France). *Urban Climate*, v. 29, n. June, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100490>>. Acesso em: Nov/2020.

GOMES, W. P. Características da temperatura na zona costeira : análise do clima urbano em Ubatuba-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - FCT/UNESP. Presidente Prudente, 2017.

KOLOKOTSA, D.; PSOMAS, A.; KARAPIDAKIS, E. Urban heat island. In southern Europe: The case study of Hania, Crete. *Solar Energy*, n. 83, p. 1871-1883, 2009.

KRÜGER, E.; EMMANUEL, R. Accounting for atmospheric stability conditions in urban heat island studies: The case of Glasgow, UK. *Landscape and Urban Planning*, v. 117, p. 112-121, 2013. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.019>>. Acesso em: jul/2020.

KRÜGER, E.; ROSSI, F. Quantificação da ilha de calor de Curitiba considerando aspectos de estabilidade atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 4, p. 394-404, 2015. Sociedade Brasileira de Meteorologia.

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

MASIERO, É.; SOUZA, L. C. L. DE. Estabilidade Atmosférica E Comportamento De Zonas Climáticas Locais Em São José Do Rio Preto - Sp. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 15, p. 163-181, 2015.

MEIRELES, V.P; FRANÇA, J.R.; PERES, L.F. Um Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, Vol. 37 - 2, p. 180-194, 2014.

MENDONÇA, M. A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis. Tese (Doutorado em Geografia Física) Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2002.

MENDONÇA, F.A.; MONTEIRO, C. A. F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

MOHAN, M., SIDDIQUI, T. A.. Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification. *Atmospheric Environment*. No. 32(21), p. 3775-3781. 1998.

MORAES, Nilton Oliveira; MARTON, Edilson; PIMENTEL, Luiz Cláudio Gomes. Simulações numéricas da formação de ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 28, n. 2, p. 116-138, 2005.

MOREIRA, E. B. M. Balanço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife-PE por sensoriamento remoto. 152f. Tese (Doutorado em Geografia), Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2014.

NASCIMENTO, C. C. Clima e morfologia urbana em Belém. Belém: UFPA/NUMA, 1995, 157p.

OKE, T. *Boundary layer climates*. Londres: Routledge, 1990.

OKE, T.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. *Urban Climates*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

PASQUILL, F. The estimation of the dispersion of wind-borne materials. *Meteorological Magazine*, v. 90, n. 1063: p. 33- 49, 1961.

PELUSO JR., V. A.. Estudos de geografia urbana de Santa Catarina. Florianópolis: Editora da UFSC: Secretaria do Estado da Cultura e do Esporte, 1991.

PMF – Prefeitura Municipal de Florianópolis. Secretaria de Habitação e Saneamento Ambiental. Plano Municipal Integrado De Saneamento Básico - Produto 2 - Diagnóstico da caracterização física. Florianópolis, 2010. Disponível em: http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/06_06_2012_14.04.25.da52287614078c9d7de177baaa656c8f.pdf. Acesso em: Jul/2020.

SAKAIDA, K.; EGOSHI, A. Influences of sea breeze on urban heat island in Sendai. Japan. In: International Conference On Urban Climate. ICUC,6, Proceedings...,Goteborg, Sweden, p. 388–391, 2006.

SANTOS, A. F. DOS; ASSIREU, A. T.; PASSOS, H. L.; MATTOS, J. G. Z. DE; SCHMENGLER, M. Estabilidade Atmosférica e Desenvolvimento de Nuvens. INPE: São José dos Campos, 2013. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/ariane/biblio/apostila_estabilidade_atm_itajuba.pdf. Acesso em: Ago/2020.

SAMPAIO, A. H. L. Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: O caso de Salvador. 88f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física USP, 1981.

SANTANA, A. M. S. O Desenho Urbano e a Climatologia em Fortaleza. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SENA, C.A.P; FRANÇA, J.R.A; PERES, L.F. Estudo da Ilha de Calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro Usando Dados do MODIS. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 37 – 2, p. 111-122, 2014.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *Geosul*, v. 9, n. Ano V, p. 20–60, 1990.

TURNER, D. B.. Workbook of atmospheric dispersion estimates. Office of Air Program Pub. No. AP-26, Environmental Protection Agency, USA. 1970