2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

Análise das Ilhas de Calor Urbano sobre Zonas Climáticas Locais com o uso de veículo aéreo não tripulado - VANT.

MEGDA, OTAVIO (1); MASIERO, ERICO (2)

(1) Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, otavio.megda@hotmail.com
(2) Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, erico@ufscar.br

RESUMO

As cidades médias são definidas por possuírem entre 100 e 500 mil habitantes, que não fazem parte de regiões metropolitanas e que apresentam um relativo grau de avanço em sua economia e infraestrutura. Estes espaços urbanos são os que mais crescem no Brasil, os quais se configuram como densas áreas ocupadas com uma alta variabilidade de ambientes e com diversificado padrão climático. Assim, propõe-se nessa pesquisa, a aplicação de uma metodologia de estudo com o uso de VANTS (veículos aéreos não tripulados) em Zonas Climáticas Locais – ZCLs (Local Climates Zones – LCZs) em Franca – São Paulo - Brasil, para melhor compreender as diferentes composições das ICUs em espaços com diferentes níveis de ocupação do solo.

Palavras-chave: *ilha de calor urbana, Zonas Climáticas Locais – LCZs, veículos aéreos não tripulados – VANTs.*

ABSTRACT

Medium-sized cities are defined as having between 100 and 500 thousand inhabitants, which are not part of metropolitan regions and which present a relative degree of progress in their economy and infrastructure. These urban spaces are the fastest growing in Brazil, which are configured as dense occupied areas with a high variability of environments and with diversified climatic pattern. Thus, it is proposed in this research, the application of a study methodology with the use of UAVs (unmanned aerial vehicles) in Local Climate Zones (LCZs) in Franca – Sao Paulo – Brazil, to better understand the different compositions of the UHIs in spaces with different levels of land occupation

Keywords*: Urban heat island, Local Climate Zones – LCZs, drones.*

1 INTRODUÇÃO

As variáveis associadas ao clima urbano constituem-se em dimensões do ambiente das cidades e, seu estudo, tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento do planejamento urbano (Mendonça, 2003). Um dos fenômenos mais evidentes da modificação climática causada por atividades antrópicas é a Ilha de Calor Urbana (ICU), que se manifesta através do aquecimento das áreas centrais

das cidades em relação ao ambiente natural (Arnfield, 2003; Oke, Mills, G., Christen e Voogt, 2017). Oke (1982) define a ilha de calor urbana (ICU) como uma anomalia térmica que tem dimensões horizontais, verticais e temporais que se manifesta a partir de uma diferença térmica entre o centro e a periferia da área urbana durante períodos com atmosfera estável, ventos fracos, céu claro e intensa incidência de radiação solar.

Diversos estudos buscaram compreender as causas, a relação com outros fatores e as consequências da formação de ICU. Em geral, tal fenômeno é causado pelas características dos elementos urbanos que modificam o balanço de energia e radiação (Oke, 1982) e (Stewart e Oke, 2012). Segundo, Oke (1976) existem no mínimo duas diferentes camadas na ICU produzidas pelo efeito da urbanização. A primeira se trata de uma camada chamada de *urban canopy layer* – UCL que se estabelece abaixo do dossel urbano, norteada por processos atuantes em microescala, tendo sua consistência no ar contido entre os elementos de rugosidade urbana – materiais, geometria urbana e espaçamento entre os obstáculos. A segunda camada, chamada de *urban boundary layer* - UBL, se forma acima do dossel urbano, com seus processos ocorrendo em mesoescala. Este apontamento estabelece relação direta entre tamanho da cidade e intensidade das ICUs.

Uma forma aplicável para o estudo da paisagem urbana e sua correlação com o clima local foi proposta por Stewart e Oke (2012), a qual prioriza os detalhes físicos de uma dada área de estudos. Este método classifica os recortes urbanos de forma a padronizá-los através de parâmetros do espaço físico chamando-os de Local Climate Zones – LCZs ou Zonas Climáticas Locais em tradução livre - ZCL. Tal abordagem busca classificar a paisagem urbana dividindo-a em estruturas com propriedades aproximadamente homogêneas. Entre os diversos critérios para a classificação das áreas urbanas estão o fator de visão do céu – FVC ou sky view fator – SVF em inglês, que é a relação entre altura e largura dos cânions urbanos – H/W, a fração da superfície construída, a fração da superfície impermeável do solo, a proporção de área permeável do solo e da rugosidade dos elementos que compõem a paisagem.

2 OBJETIVOS

A proposta deste trabalho é analisar o comportamento das ICUs sobre a ótica das ZCLs em Franca – SP com o uso de transecto móvel e veiculos aereos não tripulados – vants.

3 METODO

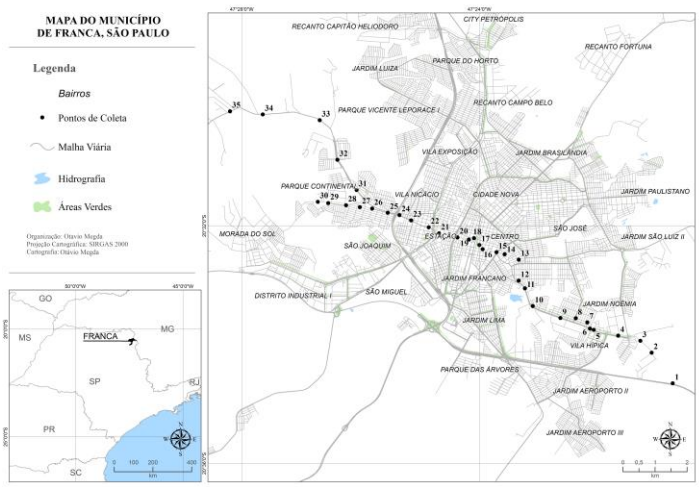
O método de trabalho se resume em três etapas essenciais, analisando as ICUs em 35 pontos em três alturas: nível do pedestre, 30 e 60 metros.

3.1 Critérios e caracterização dos pontos e dias de coleta.

As escolhas dos pontos de coleta dos dados de temperatura e umidade do ar foram baseadas na proposta de e Stewart e Oke (2012), método que sugere que na composição urbana estes dados devem ser levados em consideração na escolha

das análises, como causas do aquecimento noturno. Os pontos de coleta foram selecionados ao longo de um trajeto com destaques às características das ZCLs, sendo que 35 pontos de coletas na cidade – Figura 1 – foram destacados e caracterizados.

Figura 1: Mapa do município de Franca – SP com o trajeto do vant e os pontos das coletas móveis realizadas em dias específicos do verão de 2017.



Elaboração: autor.

Os parâmetros considerados para a classificação foram o FVC, relação H/W, a superfície construída, a altura média da rugosidade. Foram obtidos dados como direção dos ventos, temperatura e umidade ar a partir estação meteorológica A-708 do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia como referência para as análises. Assim, realizado uma comparação dos valores horários obtidos nas coletas móveis (transecto e vant) com os valores da estação meteorológica A-708, fim de apresentar as variações térmicas entre os diferentes pontos e altitudes, expressas pelas equações: Δ Temperatura rural – urbano (nível do pedestre); Δ Temperatura rural – urbano (30 metros de altitude); Δ Temperatura rural – urbano (60 metros de altitude).

3.2 Coleta dos dados instrumentação

A operação de voo foi amparada pela legislação vigente para os vants, a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC definiu em maio de 2017, sob o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC, de nº. 94/2017, orientado e regulamentado o uso destes e especificações, procedimentos legais, técnicos e operacionais dos aparelhos. O equipamento para o transecto móvel foi acoplado com um termo higrômetro digital da marca *IncoTerm* e posicionado a 1,5m de altura do solo, fixado a um veículo. O termôhigrômetro e o abrigo de radiação é demonstrado na figura 2. Com o vant, foi possível registrar a variação de temperatura e umidade do ar na transição entre a camada intraurbana e a camada limite urbana, ou seja, entre 30m e 60m de altura do solo, com um termo higrômetro tipo *hobo U23* – Figura 2 – em cada um dos pontos elencados. As medições foram realizadas entre 16h00min até no máximo 17h00min, durante os dias 22, 23, 24 e 25 de janeiro de 2017, totalizando 4 dias de coleta.

Figura 2: Termômetro digital e abrigo de proteção de radiação.



Fonte: Adaptado de www.incoterm.com.br (2017)

Figura 3: Vant (*Drone*) com o *Hobo U23* acoplado na parte inferior.



Foto: autor, 2017.

O vant, em cada ponto de captação, foi elevado para a altura de 30 e 60 metros, permanecendo por 1 minuto suspenso em cada nível. Os 35 pontos analisados tiveram ainda o uso de um *GPS – Global Position System* – acoplado ao vant.

3.3 Tratamento e mapeamento dos dados.

Para produção dos mapas base e cartas de georreferenciamento, foi utilizado o software *QGis*[1] versão 2.18. Para tratamento dos dados e análise dos resultados, foram elaboradas cartas de isotermas através do Software *Surfer*[2] e *ArcMap*[3], permitindo assim a visualização das diferentes áreas e pontos coletados, com a variação de temperatura.
Os valores de temperatura do ar e umidade coletados ponto a ponto foram armazenados para a geração dos mapas isotérmicos. Foi inserida a carta base do município de Franca – SP, a partir da base do IBGE (2016). A carta foi georreferenciada – desenvolvida - no *ArcGis*® e inseridas à malha urbana com a divisão de bairros da cidade de Franca – SP.
Esses dados foram comparados aos dados obtidos nas coletas com os dados da Estação Automática A-708 do INMET, gerando um valor de ICU resultante destas comparações entre a temperatura do ar no ambiente rural e temperatura do ar nos 35 pontos na cidade.

Os resultados de ocorrência de ICU foram trabalhados de modo a correlacionar linearmente os parâmetros físicos das LCZs ao FVC e à relação H/W dos 35 pontos nas 3 alturas.

---

[1] *QGis* é um *free software* disponível para produção e manuseio de cartas, registrado por *Free Software Foundation.*

[2] *Surfer* é marca registrada da Golden Software, Inc.

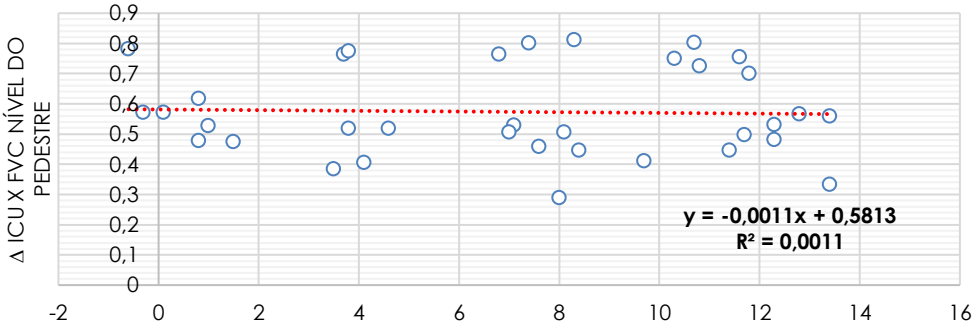
[3] *ArcMap* é componente integrante do Software *ArcGis*, marca registrada da Esri Software, Inc.

4 RESULTADOS

As coletas do Verão de 2017 obtiveram levantamento prévio das condições sinóticas, mostrando a favorabilidade para a realização dos campos de análises e coleta, com ventos médio de 0,6 a 3,3 km/h, e mais 60% dos dias com os ventos vindos do quadrante Norte e Nordeste. A Figura 4 mostra a diferença de temperatura do ar entre os pontos mensurados em comparação com a estação fixa do INMET – A-708, instalada na zona rural da cidade de Franca, ao nível do pedestre, expressa a variação entre a temperatura do ar no ambiente rural e urbano, ΔT rural → urbano, com um r² de 0,0011, evidenciando uma baixa correlação da ICU com o FVC à nível do pedestre.

Os pontos da região central (pontos 17,18,19 e 20) podem ser vistos como os pontos de maior diferença térmica da estação fixa de referência, consequentemente, indicam mais elevadas temperaturas do ar ao nível de solo.

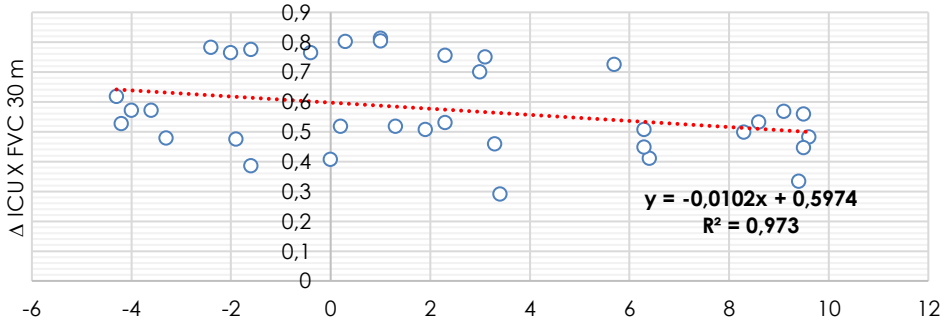
Figura 4: ΔT rural → urbano (Nível pedestre).



Elaboração: Autor.

A Figura 5 mostra a média dos dias analisados na pesquisa com o uso do transecto móvel para coleta de temperatura do ar ao nível do pedestre. As áreas situadas nas cotas mais baixas da cidade – pontos 13,14,15,24,25 e 26 – que são cortados por córregos, formam zonas favoráveis à dissipação do calor, tanto pela canalização do vento pelos vales quanto pela maior presença de vegetação. Essa analise evidencia uma alta correlação das ICUs com o FVC obtido, o que é evidenciado pelo r² de 0,973.

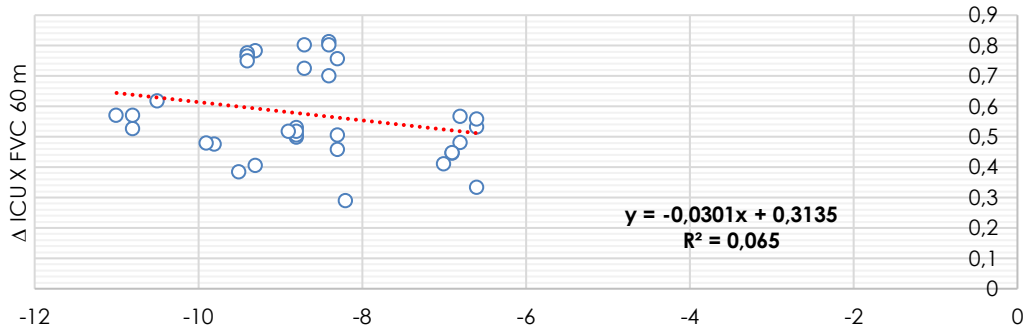
Figura 5: ΔT rural → urbano (30 m de altura).



Elaboração: Autor.

Sendo assim, essa relação pode ser comprovada com a Figura 6, que expressa também a médias dos dias analisados, cuja a obtenção dos dados foi feita em escala vertical com o uso do vant, essa na altitude de até 30 metros em cada um dos pontos descritos e, constatam a formação de uma Camada de Limite Urbano – CLU. As características físicas da cidade influenciam notadamente a temperatura do ar nas camadas sobre o dossel urbano, porém as análises à 60 metros obtiveram um valor de r^2 de 0,065.
Entende-se que a formação da abóboda da ilha de calor tenha impacto direto nesses postos analisados a 60 metros de altura do solo, na Figura 6, o que tem como impacto ainda os dados obtidos à 30 metros de altura, com maior correlação de r^2.

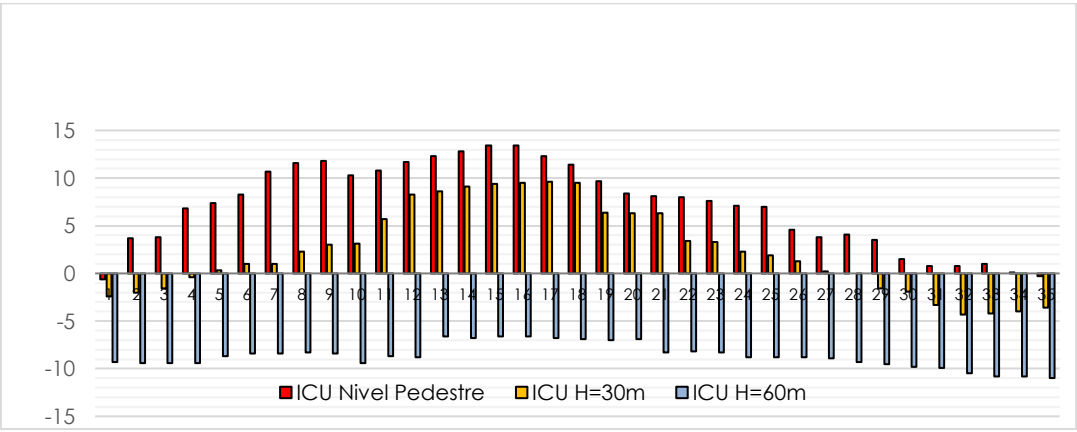
Figura 6: ΔT rural → urbano (60 m de altura).



Elaboração: Autor.

A Figura 7 apresenta as variações térmicas nas 3 alturas de medição, deixando claro a descriminação dos resultados e a eficácia do uso do vant em pesquisas para caracterizar a influência do ambiente construído no clima urbano.

Figura 7: ΔT rural → urbano ao nível do solo, 30 e 60 metros de altura com a estação fixa do INMET – A708 ao longo dos pontos mensurados.



Elaboração: Autor.

Pesquisas como Tsin et al. (2016), que fez o monitoramento móvel da temperatura do ar em um percuro a pé em Vancouver, Canadá, de acordo com as LCZs propostas

por Stewart & Oke (2012) comparando suas medições com as de 4 pontos fixos de monitoramento em diversas áreas da cidade para, finalmente comparar estes com imagens do satélite LandSat. Esta pesquisa revelou pouca consistência entre as medidas replicadas na mesma rota, devido às diferenças sinóticas e estado térmico regional nos diferentes dias de medição.

Neves et al. (2015) avaliou os parâmetros de temperatura do ar dentro do substrato da Camada Limite Atmosférica (CLA), nas proximidades de uma região com lagos artificiais, em situações sinóticas distintas, utilizando vants e balões cativos e relacionou esses resultados com os dados da estação meteorológica de superfície. Os resultados apresentados, evidenciaram que a umidade relativa do ar foram superioridade nos valores quando comparados à estação meteorológica de superfície.

Lin Liu et. al (2017) conduziram suas pesquisas numa região com padrões urbanos diversificados na cidade de Shenzhen, China. A pesquisa recorreu ao transecto móvel com coletas em 24 pontos diferenciados em padrões durante 4 horários, em três dias consecutivos, sempre as 15h00min, e em 2 estações distintas do ano. Esta pesquisa discutiu os padrões construtivos de cada área e os métodos de ocupação urbana que podem melhorar a qualidade térmica do local.

Naughton et al. (2019) avaliaram a variabilidade espacial da temperatura da superfície através de imagens térmicas por vants capturadas em alta resolução nas cidades de Milwaukee, Wisconsin e El Paso, Texas. Os resultados mostraram que os erros associados ao método de coleta de temperaturas de superfície pode ser de até 15,8◦C, sendo que a variabilidade pode ser influenciada pelas propriedades dos materiais de superfície, pelo tráfego e, principalmente, pela geometria urbana.

5 CONCLUSÃO

Dentre as coletas das temperaturas do ar, as médias das máximas do ar foram em média de 25,5ºC e mínimas de 12,6ºC. A maior diferença de temperatura do ar registrada foi de 14,4ºC, tendo nos pontos coletados na região central suas maiores temperaturas do ar, constituídos não só pela geografia do local, mas também pela urbanização e condições atmosféricas regionais.

O êxito na identificação das ICUs na área analisada em Franca - SP com o uso de duas técnicas de coleta dos dados, horizontal a nível do pedestre e outro vertical com o vant, a 30 e 60 metros de altura do solo.

O uso do metodo com vant's para registro de ocorrência e caracterização de ICU se mostra com elevado potencial, pois abre a possibilidade de se registrar fenômenos climáticos simultaneamente em trajetos horizontais e verticais em campanhas de coletas de informações de curto período mas com grande capacidade de registro de inforações.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial**. Nº. 94/2017. Acessado em: maio de 2017.

ARNFIELD, A. J. **Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island**. International Journal of Climatology, v. 23, p. 1-26, 2003.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. ICA 100-40. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Imagens de satélites meteorológicos. Disponível em: http://satelite.cptec.ipe.br/home/. Acessado em: 20 junho de 2017.

LIU, L. et al. **Analysis of local – escale urban heat island. Characteristics using an integrated method of mobile meansurement and gis-based spatial interpolation**. Bulding and Environment. Volume 117. 191-207p. Elsevier, 2017.

NAUGHTON, J., MCDONALD, WALTER. **Evaluating the Variability of Urban Land Surface Temperatures Using Drone Observations**. Remote Sensing (ISSN 2072-4292). Volume 11. Issue 14. https://www.mdpi.com/2072-4292/11/14/1722.

NEVES, G.Z.F; et al. **Avaliação termo higrométrica de sub-altitude utilizando balão cativo e quadrotor: um ensaio experimental**. IN: XIV Simpósio do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. 2015 Anais. São Carlos. Universidade de São Paulo, p. 96-106.

OKE, T. R. **City size and the urban heat island**. In: Conference on Urban Environment and second Conference on Biometeorology, 1972. Proceedings… 1972. American Meteorological Society, Philadelphia, 1972. p. 144-146.

_____.**The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands**. Atmosphere, v. 14, n. 4, p. 268-277, 1976.

_____.**The energetic basis of the urban heat island**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 108, p. 1-24, 1982.

OKE, T.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. 9ed. reimp. Cambridge: Harvard University Press, 1977. 216 p.

STEWART, I.D., OKE, T.R. **Classifying urban climate field sites by local climate zones: The case of Nagano, Japan**. Preprints, Seventh Int. Conf. on Urban Climate, Yokohama, Japan, International Association for Urban Climate. 2009.

STEWART, I.D., OKE, T.R. **Local climate zones for urban temperature studies**. Bull. Am. Meteorol. Soc. 93 (12), p. 1879–1900, 2012.

TSIN, P. K. et al. **Microescale mobile monitoring of urban air temperature**. Urban Climate. Volume 18. 58-72p. Elsevier, 2016.