

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

A DINÂMICA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE GUARULHOS: UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

THE LANDSCAPE DYNAMICS OF THE MUNICIPALITY OF GUARULHOS: AN ANALYSIS OF CLIMATIC CONDITIONS AS A FUNCTION OF LAND USE AND OCCUPATION

Marcio da Silva Assis[1], Antônio Roberto Saad[2], Ana Paula Garcia Oliveira[3], Anderson Targino da Silva Ferreira[4], Fabricio Bau Dalmas[5]

e112

RESUMO
O município de Guarulhos apresenta um crescimento desordenado que é traduzido em sua paisagem por traços bem definidos da urbanização acelerada e uso e ocupação do espaço geográfico com poucos ou inexistentes critérios de planejamento. O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre a temperatura e a ocupação urbana. Como parte da metodologia, elaborou-se uma estrutura para acoplar o sensor termohigrômetro modelo Datalloger HT500 com o qual foram realizadas campanhas de trabalho de campo, por onze pontos distribuídos em Guarulhos, para coleta de temperatura. Em relação à aquisição de dados secundários, foram aplicadas técnicas de Sensoriamento Remoto para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo de Guarulhos, com imagem do sensor OLI (LandSat 8). Conclui-se que as temperaturas coletadas em campo, durante o ano de 2017 foram lineares a partir dos gráficos elaborados demonstrando que a eficácia da Estação móvel nas aferições, com a comparação das classes de uso e ocupação do solo, corrobora com a tese de que as áreas urbanas tendem a apresentar temperaturas mais elevadas em relação às áreas de floresta, o que deixa ainda mais evidente a importância das florestas urbanas para um melhor conforto térmico dos munícipes.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento. SIG. Uso do solo. Clima. Guarulhos.

ABSTRACT
The municipality of Guarulhos has a disorderly growth that is reflected in its landscape by well-defined features of accelerated urbanization and use and occupation of geographical space with few or none of the planning criteria. The objective of this work was to analyze the relationship between temperature and urban occupation. As part of the methodology, a structure was developed to couple the thermohygrometer sensor model Datalloger HT500 with which fieldwork campaigns were carried out, for eleven points distributed in Guarulhos, for temperature collection. With regard to the acquisition of secondary data, Remote Sensing techniques were applied for the elaboration of the land use and occupation map of Guarulhos, with an OLI sensor image (LandSat 8). It is concluded that the temperatures collected in the field, during the year 2017, were linear from the graphs drawn up demonstrating that the effectiveness of the Mobile Station in the measurements, with the comparison of the classes of use and occupation of the soil, corroborates with the thesis of that urban areas tend to have higher temperatures in relation to forest areas, which makes even more evident the importance of urban forests for better thermal comfort for residents.
KEYWORDS: *Geoprocessing. GIS. Land use. Climate. Guarulhos*

[1] Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade UNG
[2] Instituto de Geociências da Universidade São Paulo
[3] Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera
[4] Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade UNG
[5] Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade UNG



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

1 Introdução

O ser humano como agente transformador do meio físico já tem sido objeto de estudos há muitas gerações, sendo que na história está associada a uma imagem predatória. No entanto, deixando de lado tal juízo de valor é fundamental verificar a natureza e a extensão dessa transformação causada pelas ações do ser humano no ambiente natural, e também de sua necessidade de acomodação no meio em que está inserido, exercendo uma pressão sobre o ambiente, fundamental à sua própria sobrevivência. (OLIVEIRA, 2008).

Há uma crescente preocupação em relação ao processo de Ilhas de Calor causadas, em alguns casos, pelo acelerado processo de urbanização sem planejamento. A ilha de calor, de acordo com Teza e Baptista (2004) é um fenômeno resultante do aumento das temperaturas médias nas zonas centrais de áreas urbanas, em relação às áreas periféricas, que ocorrem devido às diferenças de irradiação de calor entre as regiões edificadas, das regiões com solo ou vegetadas, além da concentração de poluentes nas zonas centrais das cidades. Essa diferença de irradiação é devida a diferentes padrões de refletividade, que são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil.

Camargo et al. (2007) descrevem que a ilha de calor urbana pode ser atribuída aos efeitos da transformação de energia no interior da cidade, tais como a construção de casas e edifícios; impermeabilização do solo com asfalto e concreto; retirada da cobertura vegetal; e as próprias atividades antrópicas. Todos esses efeitos propiciam um aumento significativo do processo de irradiação de calor para a atmosfera em comparação com as zonas periféricas ou rurais, devido à maior absorção da radiação solar pela superfície.

Ferreira Nascimento et al. (2017) citam que há vários métodos para analisar ilhas de calor, como utilização de dados provenientes de estações meteorológicas e coleta local de dados de temperatura do ar por meio de sensores instalados em abrigos termométricos (métodos mais indicados pela confiabilidade do valor real dos dados).

A elaboração da presente pesquisa partiu da ideia de se estudar a relação entre a forma de uso e ocupação de uma determinada região, com dados de temperatura coletados em campo. Como estudo de caso, selecionou-se o Município de Guarulhos por possuir em seu território, áreas urbanas e rurais, o que facilita alcançar os objetivos estabelecidos. Para tanto, foram utilizadas como base para o levantamento de análise, as ferramentas que constituem o Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo este um conjunto de sistemas de softwares e hardwares capazes de produzir, armazenar, processar, analisar e representar inúmeras informações sobre o espaço geográfico selecionado.

1.1 Características da Paisagem Guarulhense

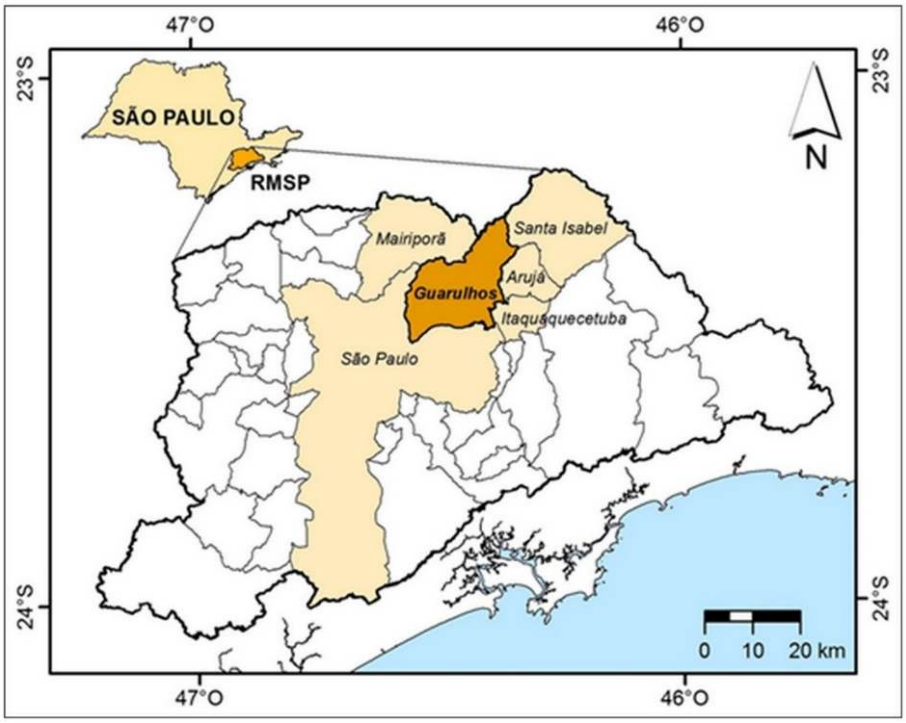


REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

O Município de Guarulhos faz parte da Região Metropolitana de São Paulo. Seus limites confrontam com os seguintes municípios: ao norte, Mairiporã e Nazaré Paulista; ao nordeste, Santa Isabel; leste, Arujá; sudeste, Itaquaquecetuba; sul, oeste e noroeste São Paulo, conforme pode ser observado na Figura 1.

O território de Guarulhos encontra-se dividido em dois compartimentos estruturais, separados entre si pela Falha do Jaguari. Conforme pode ser confrontado no Quadro 1, as regiões norte e sul do município apresentam características geoambientais distintas.

Figura 1 - Localização geográfica do Município de Guarulhos



Fonte: elaborado pelos autores.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

Quadro 1 - Principais características geoambientais dos compartimentos estruturais, norte e sul, do Município de Guarulhos

Macro-compartimentos	Litologias	Unidades de Relevo	Drenagens	Flora e Fauna	Características Socioeconômicas
Norte	Rochas Metamórficas (pré-cambrianas)	Serras e Morros	Padrão Dentrítico com alta densidade	Remanescente da Mata Atlântica Presença de animais silvestres	Área rural em desenvolvimento
Sul	Rochas Sedimentares (Cenozóicas)	Colinas e Planícies Fluviais	Padrão Parelelo e baixa densidade	Formação florestal típica de várzea e manchas de cerrado	Área urbana e industrial

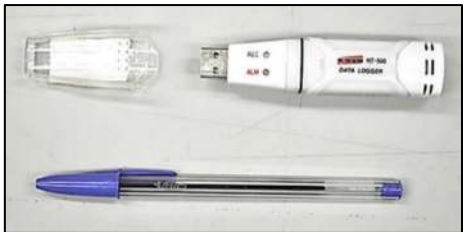
Fonte: elaborado pelos autores.

2 Materiais e métodos

2.1 Elaboração do Protótipo (M4FAW): Câmara receptora para o sensor DATALOGGER

A falta de disponibilidade de estações meteorológicas no Município de Guarulhos impulsionou que esta pesquisa fosse desenvolvida com a utilização de um termohigrômetro, através do qual foi possível a utilização nos mesmos parâmetros climáticos a partir da calibração deste sensor com uma estação meteorológica automática, localizada no Parque Estadual da Cantareira, no Núcleo Cabuçú que é localizado em Guarulhos. O termohigrômetro utilizado foi o Datalogger HT500 (Figura 2), que é um instrumento digital, projetado para armazenar medidas de temperatura e umidade com alta precisão. Ele é resistente a água e poeira e possui grande capacidade de armazenamento de leituras.

Figura 2 - DATALOGGER - modelo HT500.



Fonte: elaborado pelos autores



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

Para se produzir conteúdo relevante à pesquisa, com resultados embasados na realidade da área de estudo, foi elaborada uma estrutura para poder-se acondicionar o Datalogger em qualquer tipo de terreno. Assim, a equipe de autores desta pesquisa desenvolveu o protótipo M4FAW (Figura 3), que teve papel relevante na acomodação do sensor termohigrômetro, oferecendo condições básicas de acomodação, proteção e posicionamento vertical e estável, como a de uma estação meteorológica fixa. A calibração deste sensor seguiu padrões legítimos e confiáveis para as coletas dos dados meteorológicos.

Figura 3 - Protótipo M4FAW



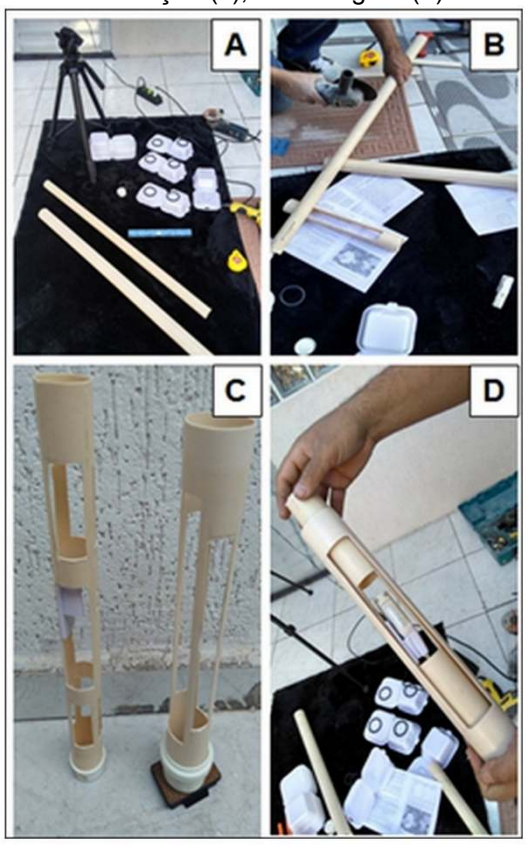
Fonte: elaborado pelos autores

Como pode ser observado na Figura 4, o processo de construção da Câmara receptora do M4FAW para acomodação do sensor, foi idealizada e construída priorizando transportá-lo em vários pontos de medições das áreas de estudo, neste caso, o Município de Guarulhos, e em acomodá-lo de formas estável em qualquer superfície de coleta, pois, o M4FAW é um abrigo e gera estabilidade uma vez que está fixado sob-base de um tripé de uso fotográfico. O M4FAW foi elaborado utilizando materiais a base de Policloreto de Vinila (PVC), Poliestireno (ISOPOR) e Borracha.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

Figura 4 - Elaboração e construção do Protótipo M4FAW: materiais (a); elaboração (b); finalização (c); e montagem (d).



Fonte: elaborado pelos autores.

Instalou-se o M4FAW no Parque Estadual da Cantareira- Núcleo Cabuçu (Guarulhos) onde o mesmo foi submetido a testes e calibração feita por meio do ajuste dos mínimos quadrados ou regressão linear, ao longo de 25 horas entre o termohigrômetro (1,5 m de altura) a partir da estação meteorológica padrão modelo Davis Vantage Pro2 (2 m de altura). O sensor de temperatura termohigrômetro modelo HT-500 foi acoplado no interior do protótipo e sustentado por um tripé de uso fotográfico que completou a funcionalidade do equipamento. O abrigo de proteção de poliestireno sendo composto por 6 camadas de 3mm de espessura e distancias entre aletas de 15 cm assegurou a proteção e os espaçamentos das aletas permitiu uma medida mais realista do ar exterior, e ao mesmo tempo, protegeu o sensor da radiação solar direta, chuva e turbulência do vento.

O sensor foi instalado (fixado) dentro do M4FAW a uma altura de 1,50 m, altura baseada nos limites de 1,25 a 2 m, definidos de acordo com a metodologia descrita em Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites (WMO, 2004).



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

A definição dos locais para instalação do Datalloger e coleta dos dados, teve como critério a localização geográfica com seus fatores naturais e antrópicos.

Para a formação do banco de dados espaciais foram empregadas técnicas de geoprocessamento, tais como: elaboração de mapa de uso do solo a partir de técnica de Sensoriamento Remoto, classificação de imagem do Sensor LandSat8. O banco de dados foi composto por uma base cartográfica, fotos aéreas e outros planos de informações temáticas, sistematizados em sistema de informações geográficas. Esta etapa do trabalho foi produzida com a utilização das seguintes ferramentas: plano de informação dos mapeamentos da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, escala 1:100.000; programa Quantum GIS, versão 2.8.1 padrão de licença livre (SHERMAN et al., 2015); aplicativo Google Earth, disponível na web; e coletas de dados por Sensor Datalogger HT 500.

2.2 Mapa de uso e ocupação do solo de Guarulhos referente a 2017

Segundo Tominaga (2005), áreas urbanas podem ser analisadas em seu estágio de ocupação (nível de consolidação), mediante da atividade de fotointerpretação e reconhecimento dos objetos observados na crosta superficial da terra. Assim, na presente pesquisa foi elaborado o mapeamento de uso e ocupação do solo do Município de Guarulhos, referente ao ano de 2017. Este mapeamento foi elaborado através da técnica de classificação supervisionada, que utiliza algoritmos para determinar pixels característicos de determinada classe (JENSEN, 2011). Nesta etapa de fotointerpretação, os aspectos visuais dos objetos foram identificados e reconhecidos, considerando como características identificadoras: cor, textura, geometria (forma), tamanho, orientação e distribuição espacial.

Para esse processo foi utilizada uma imagem do sensor OLI (Landsat 8) de 2 de julho de 2017 (órbita: 219; ponto: 76). As 16 amostras utilizadas na Classificação Supervisionada foram coletadas no aplicativo Google Earth, no formato Keyhole Markup Language (kml), que foi exportado para o formato shapefile (shp).

2.3 Características das Zonas Climáticas Locais de Guarulhos

A classificação da cobertura da terra se deu através do mapeamento das Zonas Climáticas Locais de Guarulhos (ZCUGRU), que indicaram as áreas ou regiões homogêneas do município de acordo

com os tipos de cobertura da superfície, estrutura, material e atividade humana (STEWART & OKE, 2012). Estas características foram discriminadas visualmente, por meio de imagens de alta



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

resolução espacial obtidas pelo software Google Earth Pro, para cada um dos 11 pontos analisados (GOOGLE, 2018).

A partir da definição das zonas climáticas de Guarulhos, foi planejado onde seria instalado o Datalogger, para a coleta de dados referente à temperatura. Sendo assim, em todas as zonas climáticas, mapeadas pela técnica de sensoriamento remoto, foi coletado dados referentes à

temperatura. A partir desses dados foi possível fazer a análise das temperaturas frente as características da paisagem dos pontos de campo pré-definidos.

3 Resultados e discussão

3.1 Uso e ocupação da terra

Conforme pode ser observado na Tabela 1, no Município de Guarulhos existe uma grande porção preservada de vegetação de grande porte (43% da área total). Este fragmento da Mata Atlântica está localizado na porção norte do município e é separado da área urbanizada e impermeabilizada, pela Falha Geológica do Jaguari, que divide o município em dois compartimentos geomorfológicos distintos: ao sul, uma área plana, composta também pela várzea do Reio Tietê; ao norte, terrenos montanhosos.

Tabela 1 - Área das classes de uso e ocupação do solo do Município de Guarulhos (2017)

CLASSE	AREA (%)
Corpo de água	0,96
Indústria pesada	2,89
Pavimento ou rocha	2,19
Solo exposto	3,39
Urbanização alta e compacta	4,68
Urbanização baixa e larga	1,41
Urbanização baixa e espaçada	1,56
Urbanização baixa e compacta	19,4
Urbanização média e compacta	1,78
Vegetação densa	43,22
Vegetação herbácea	18,52



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

No Quadro 2 pode-se verificar os critérios para distribuição dos pontos onde foi instalado o Datalloger, que obedeceram e foram distribuídos a partir das zonas climáticas, definidas pelo Mapa de Uso do Solo de Guarulhos, apresentado na Figura 5, onde também é possível visualizar a localização dos 11 pontos onde foi instalado o sensor DATALOGGER.

Quadro 2 - Identificação da Zona Climática Local dos pontos de análise

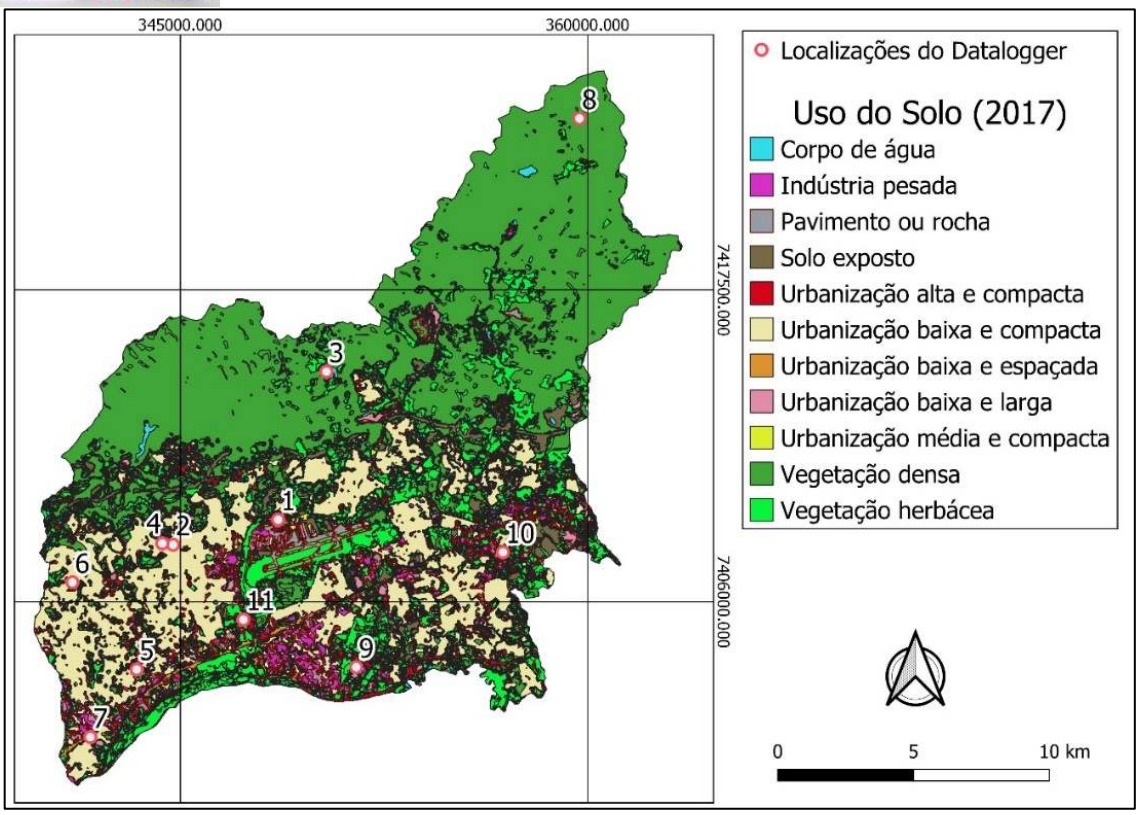
CLASSE LCZ	BAIRRO	PONTO / COLETA
Pavimento ou Rocha	Cumbica	Ponto 1 - Guarucoop
Urbanização Baixa Compacta	Jardim Irene	Ponto 2 - Residencial
Veg. Densa	Tanque Grande	Ponto 3 - Fazendinha
Urbanização Baixa Compacta	Jardim Adriana	Ponto 4 - Comercial
Urbanização Alta Compacta	Centro	Ponto 5 - UNG Centro
Urbanização Baixa Compacta	Vila Rosalia	Ponto 6 - Residencial
Indústria Pesada	Vila Hermínia	Ponto 7 - UNG Dutra
Veg. Herbácea	Morro Grande	Ponto 8 - Centro Terapêutico
Urbanização Baixa Compacta	Cidade Satélite	Ponto 9 - Brasil Minas Ind. e Comércio
Urbanização baixa larga	Bom Sucesso	Ponto 10 - UNG Bom Sucesso
Urbanização Baixa Espaçada	CECAP	Ponto 11 - Parque CECAP

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 5 - Mapa de uso e ocupação do solo de Guarulhos



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928



Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Coleta de dados de temperatura

Foram realizadas campanhas de trabalho de campo para instalação do Datalogger HT500 em onze pontos distribuídos pelo Município de Guarulhos, de maneira que em todas as classes de uso e ocupação do solo apresentadas no Quadro 1 foram feitas coletas de temperatura. A seguir serão apresentados os resultados das coletas e análises referente aos onze pontos.

Ponto 1. O Ponto 1 está localizado no Bairro de Cumbica. O Datalogger foi instalado nas dependências do estacionamento da empresa de taxi Guarucoop, entre os dias 23 e 24/08/2017. Segundo a classificação de Stwart e Oke (2012), este ponto é classificado como paisagem inexpressiva com superfície rochosa ou pavimentada, poucas ou nenhuma árvore.

Os números identificados pelo sensor em agosto de 2017 traduzem que: dentro das temperaturas mais elevadas, o índice ficou na casa dos 22,3ºC e para as temperaturas mais baixas, 13,7ºC. Todavia, boa parte da irradiação solar recebida dentro da área na qual o sensor ficou instalado possibilitou que as temperaturas se mantivessem elevadas, uma vez que, sua superfície é de alta impermeabilização, refletindo, dessa forma, o espectro solar. Ao mesmo tempo, possibilitou conservar a superfície aquecida no período vespertino, e mediante a proximidade das pistas do



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

aeroporto, onde o movimento de pousos e decolagens influencia na emanação de gás e calor, o que favoreceu mais as altas temperaturas em seu entorno.

Ponto 2. As coletas foram realizadas entre os dias 25 e 26 de agosto de 2017, num espaço de superfície revestida de piso cerâmico, em pavimento superior ao nível da rua com boa ventilação e irradiação solar constante. As temperaturas foram registradas estando dentro dos parâmetros esperados. A Figura 6 apresenta o gráfico da temperatura registrada, bem como fotos relativas ao Ponto 2. A linha vermelha do gráfico apresenta que houve uma amplitude térmica muito grande no Ponto 2, com 11ºC às 6:00h, e 34,5ºC às 13:35h.

Figura 6 - Localização do Ponto 2.



Fonte: elaborado pelos autores.

Ponto 3. Classificado como vegetação densa, o Ponto 3 corresponde a uma localização entre áreas mais preservadas de vegetação nativa, resiliente e urbanização local materializada por pequenas edificações.

O ponto 3 pertencente a LCZ mata densa tem como indicador às baixas temperaturas, a pouca penetração do vento e da irradiação solar sendo pouco expressiva na superfície do solo permanecendo úmido e fresco. Foi possível verificar que a partir da elevada umidade relativa do ar que chegou ao ponto 3 (96%), durante a noite, atrelada ao efeito da inversão térmica, correlacionar que: quanto mais abundante a vegetação arbórea, maior seu efeito de atenuação das altas temperaturas durante o dia e que a noite apesar de baixas temperaturas, o aprisionamento do ar quente o diferencia de outros microclimas pertencentes às LCZs.

Apesar de estar em uma área aberta, e sem barreiras artificiais próximas que poderiam causar interferências na velocidade do vento ou irradiação solar, o Ponto 3 está sobre forte influência de sua rugosidade natural (elevadas copas de árvores), característico da LCZ em que está inserido. Sob o mesmo ponto de vista, essas barreiras naturais e a topografia do relevo mais acentuado em relação ao seu entorno, favorecem a concentração de áreas mais úmidas e temperaturas



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928

mais amenas como visível no gráfico da Figura 7, acompanhado de imagens da paisagem local. Temperaturas registradas em 2017 foram: 20,5 ºC durante o dia, e 10,5 ºC durante à noite.

Figura 7 - Local da instalação no Ponto 3.



Fonte: elaborado pelos autores.

Ponto 4. O Ponto 4 tem como características uma superfície impermeabilizada revestida em piso cerâmico, na qual as aferições de temperatura foram realizadas com 28 e 29 de agosto de 2017.

A Figura 8 ilustra o local onde o sensor foi instalado. As características do local, urbanização densa, com presença de muitos muros, foram influenciadoras sensíveis para a elevação da temperatura no período dia, conforme as definições de (OKE, 1988). Já no período noturno, as

temperaturas registradas foram ao encontro dos valores esperados para este tipo de zona climática. A menor temperatura registrada foi de 11,3ºC às 6:45h; e a maior temperatura foi 33,5ºC às 14:15h.

Figura 8 - Imagem de Satélite Google Earth; com o local do Ponto 4.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928



Fonte: elaborado pelos autores.

Ponto 5. O Ponto 5 é classificado como de Urbanização Alta Compacta, uma classificação climática local, que se refere diretamente a atributos de forte urbanização e intensa atividade antrópica. Localizado na porção central do município, situa-se nas dependências da Universidade Guarulhos – Campus Centro. Este ponto caracteriza-se como um espaço altamente impermeabilizado e com proximidade de várias construções que exercem um papel modelador da temperatura da superfície, uma vez que, os materiais de construções que estão em seu entorno retardam ou aceleram a refletância solar pelas edificações de elevada altura, incidindo diretamente nos resultados, bem como, a circulação das correntes de vento que mudam seu curso natural devido às rugosidades paisagísticas.

A Figura 9 exibe o gráfico do sensor Datalogger, bem como o local da sua instalação. O ponto 5 foi locado em uma posição onde o movimento aparente do sol nascente leste e poente Oeste, promoveram radiação permanente sobre a estação móvel, os números de aferições indicaram temperaturas mais acentuadas decorrentes a coleta do dia 30/08/17, com temperatura máxima de 33,5ºC às 14:25h do dia 30/08/2017; e temperatura mínima de 16,4ºC às 16:45h do dia 31/08/2017.

Figura 9 - Imagem do Google Earth (esquerda); e local da instalação dos dados registrados pelo Datalogger (direita).



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2783-8928



Fonte: elaborado pelos autores.

Ponto 6. Localizado sobre um telhado residencial (Figura 10), o sensor foi instalado no dia 2/11, permanecendo até 4/11 de 2017. Por ter sido fixado sobre um telhado, a irradiação solar foi constante e também as possibilidades de resfriamento por estar totalmente em um espaço aberto sem nenhuma barreira antrópica em proximidade. A menor temperatura coletada foi de 11ºC às 6:30h, e a temperatura máxima foi de 33ºC às 12:15h.

Figura 10 - Imagem de Satélite Google Earth 2017 (esquerda), Local da instalação do Ponto 6 (direita).



Fonte: elaborado pelos autores

Alusivo aos resultados do ponto 6 e de acordo com Peralta (2006), as telhas cerâmicas desenvolvem um comportamento térmico pelo qual a incidência solar quando irradiada por um longo período do dia, faz com que o material cerâmico se mantenha em altas temperaturas visto ser este um isolante térmico de alta emissividade e refletância inferior a 40%. A refletância depende da irradiação incidente, e, a energia absorvida ou refletida, do comprimento de onda.

Durante a noite há um resfriamento radioativo em noites de céu limpo, fazendo com que as temperaturas da superfície do telhado possam estar mais baixas que a temperatura do ar, sendo assim, a proximidade do sensor com o telhado cerâmico, se torna relevantes nas confrontações da diferença de temperatura do Ponto 6 no período noturno (Peralta 2006).

Ponto 7. Segundo Stwart e Oke (2012), a classificação de zona climática pertencente ao ponto 7 (Indústria Pesada), é definida a partir das suas especificidades como sendo, estruturas industriais de baixa a média elevação, (torres, tanques, empilhamentos), poucas ou nenhuma árvore, sendo sua superfície pavimentada ou de chão batido na maior parte.

As influências atmosféricas e do esquema das escalas climáticas descritas em Oke (1988) estão intimamente associadas ao ponto 7, destacando as edificações que afunilaram a passagem de ar propiciando maior concentração térmica. O datalloger foi instalado no Ponto 7, nos dias 22 e 23 de agosto de 2017 (Figura 11). Durante a coleta, observa-se que a temperatura mínima foi de 16,4º às 6:48h do primeiro dia de coleta, enquanto a máxima foi de 30,2ºC às 12:50h de mesmo dia. Esta análise fortalece a teorização de que aprisionamento do ar mais quente por um período prolongado do dia mantém as temperaturas noturnas mais elevadas por consequência da falta de circulação de ar dentro do microclima local.

Figura 11 - Ponto 07. Local da instalação do Datalloger, dentro do Campus da universidade UNG.



Fonte: elaborado pelos autores



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

Ponto 8. Este ponto é caracterizado por Vegetação Herbácea/Arbustiva, uma paisagem que tem características relevantes no Ponto 8, uma vez que a vegetação nativa é densa e onde pequenas intervenções humanas descaracterizam o meio criando um novo panorama, transcendendo apenas o aspecto visual, todavia, alterando a dinâmica do microclima local. Denominado por Morro Grande, este ponto geográfico o qual foi objeto das pesquisas aqui representado pelo Ponto 8 (Figura 12) faz parte de uma macrozona de preservação ambiental do município de Guarulhos.

Figura 12 - Local da instalação no Ponto 8.



Fonte: elaborado pelos autores.

A instalação do M4FAW se deu a uma distância de 4m de um corpo d'agua e desnivelamento do mesmo de aproximadamente 2,5 m de altura. A proximidade pode ter influenciado para que as temperaturas do período do dia se mantivessem elevadas, sendo liberadas ao entardecer. Os corpos d'agua resfriam de forma mais lenta e contribuem para as elevações de temperatura de seu entorno (MASIERO et al., 2013).

O gráfico gerado pelo sensor DATAOGGER HT500 (Figura 16) demonstra que em 16/06 às 16h48min, a temperatura alcançou 40,2ºC e umidade relativa do ar abaixo dos 25%, o que demonstrou elevação constante da amplitude térmica e baixa umidade relativa do ar.

As elevadas temperaturas no período diurno indicaram diferenças entre 8,1ºC até 13,2ºC. Já no período noturno as temperaturas se mantiveram entre faixas menos distantes, sendo relacionado a cobertura herbácea, proximidade do corpo d'água que proporcionou resfriamento através dos processos evaporativos carregados de umidade. O fluxo de ar quente atravessa o meio úmido favorecendo a evaporação e reduzindo a temperatura do ar que reflete ao anoitecer com temperaturas mais brandas (MASIERO et al., 2013).

Ponto 9. Área baixa e compacta (LCZ), está localizado no extremo sul do Município de Guarulhos. Esta localização foi escolhida por ser uma região densamente ocupada por grandes indústrias, todavia, em uma macro escala há uma mescla paisagística que se funde entre áreas com extensa impermeabilização de solo, vegetação arbórea, corpo d'agua, urbanização alta, compacta, baixa compacta e indústria



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

pesada, ou seja, em uma área relativamente pequena, há muitas paisagens que se misturam de acordo com as classificações de zonas climáticas, e cada uma delas corrobora de alguma forma às alterações nos limites da subcapa de rugosidade de cada LCZ.

A circulação das massas de ar são fatores importantes para os resultados do ponto 9, pois as propriedades de seu entorno levam a crer que esta área está sujeita as elevações térmicas por ações antrópicas e baixas temperaturas com grande umidade relativa do ar. Tal resfriamento se dá a partir das influências provenientes do Rio Tietê e Parque Ecológico do Tietê. A temperatura mínima coletada no Ponto 9, no dia 01/09/2017 foi de 12,5ºC às 5:09h, enquanto a máxima temperatura foi de 45,25ºC às 15:25h (Figura 13). Essa elevada temperatura máxima registrada é explicada pelo local onde o datalogger foi instalado, na laje da cobertura de uma residência, onde o concreto atuou como uma mini ilha de calor.

Figura 13 - Local da instalação no Ponto 9.



Fonte: elaborado pelos autores

Ponto 10. Localizado a Sudeste do munícipio e Guarulhos, este ponto está posicionado nas extremidades de limites entre Guarulhos e São Paulo, conforme definição de Stwart e Oke (2012): construções largas e de baixa estatura, poucas ou nenhuma árvore, superfície pavimentada na maior parte construído com aço, concreto, metal e pedra. Tais características formam um panorama que contribui para a formação do microclima local.

A estação móvel foi fixada e coletou dados meteorológicos nas dependências do Campus Bom Sucesso da Universidade Guarulhos e iniciou suas coletas em 10/10/2017 às 15:00h e finalizou em 11/10/2017 às 14:45h. O início da coleta de dados ocorreu em 10/10/2017 às 15:00h e finalizou em 11/10/2017 às 14:45h, registrando a temperatura mínima 17,4ºC 4:12h, e máxima de 35.6ºC às 13:33h.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

Ponto 11. Como último ponto de análise e discussões de resultados, o ponto 11 está na face subcolateral Leste/Nordeste do Município e que foi intensamente transformada pelo homem, pois a região do Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado (Parque CECAP) historicamente foi uma das mais antropizadas da cidade de Guarulhos. Tal indicação se dá quando rapidamente verificam-se os fatores históricos, que explicam os processos de urbanização que foram iniciados na década de 60, tendo como propósito um início nos programas habitacionais, sendo um dos mais arrojados que se implantava em um território Metropolitano além das fronteiras Paulistanas. O Parque CECAP (Figura 14) tem como característica marcante suas construções de três pavimentos com grandes espaços, que favorecem a circulação de ar, e promove conforto térmico excedente se comparado com edificações de conjuntos habitacionais similares. Na literatura cientifica legitimada por Stwart e Oke (2012) esta LCZ é definida como: Arranjo aberto de construções de altura baixa, abundância de superfície permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Construído com madeira, tijolo, pedra, azulejo e concreto.

Durante o período de 13/10 a 15/10 de 2017 a estação móvel permaneceu coletando os dados de temperatura e umidade relativa do ar com precisão de registro a cada oito minutos pelo sensor DATA LOGGER HT 500, acoplado ao protótipo M4FAW e instalado em um local protegido das irradiações solares diretas, mas com grande ventilação o que possibilitou que as coletas das temperaturas de superfície não tivessem interferência térmica excedente. Entre máximas de 31,8ºC e mínimas de 16,4ºC.

Figura 14 - Classificação LCZ- Zonas Climáticas Urbanas – Baixa espaçada (STWART E OKE, 2012)



Fonte: elaborado pelos autores.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

As questões climáticas que envolvem o perímetro do bairro do CECAP estão relacionadas ao comportamento das correntes de vento, pois constatou-se que elas acontecem com mais intensidade nos períodos da Primavera e Verão, com registro de rajadas em 1999 de até 96km, tais informações possibilitam uma melhor compressão dos indicadores do ponto 11, que estão sobre forte influência do AISP e confirma os resultados de temperaturas mais amenas apesar do alto grau de antropização (COSTA, 2008).

4 Considerações finais

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que os procedimentos utilizados para o levantamento das temperaturas de superfícies terrestre no Munícipio de Guarulhos a partir de termohigrômetro DATA LOGGER HT 500, foram satisfatórios ao se considerar a ausência de estações meteorológicas no Município de Guarulhos.

Para alcançar os objetivos propostos, foi desenvolvido um protótipo (M4FAW) que serviu como abrigo para o sensor de temperatura, DATA LOGGER HT 500. Os pontos de análise selecionados seguiram parâmetros distintos em suas escolhas que levaram em consideração as LCZs descrita em Stwart e Oke (2012). As temperaturas de superfície foram diferenciadas para cada LCZs, uma vez que suas características fisiográficas estabeleceram padrões de comportamento variados nas temperaturas, bem como as ações antrópicas pelo uso e ocupação da terra, exercendo papel transformador nos índices climáticos.

Os dados obtidos evidenciaram que em áreas com aglomerados urbanos, as temperaturas apresentaram-se com maiores elevações térmicas. Tal fato ocorre quando avaliado as zonas climáticas analisadas ocorrem em espaços geográficos com funcionalidades diferentes e compostas por superfícies edificadas com materiais de construção diversos: concreto, ferro, telha cerâmica entre outros, o que eleva a absorção das radiações e diminui a dispersão espectral.

Outros aspectos que favoreceram as altas concentrações térmicas foram em virtude da geometria superficial; incidência solar; textura; e estrutura dos corpos. Vale ressaltar que a ausência de vegetação influência nos processos de evapotranspiração, diminuindo significativamente a umidade relativa do ar. Em geral, aglomerados urbanos são mal distribuídos, afunilando os espaços e concentrando maior incidência térmica.

Em LCZs identificadas com estruturas superficiais mais organizadas, como por exemplo, conjuntos habitacionais e construções espaçadas, as temperaturas de superfície se mantiveram mais amenas. Isto ocorre pelos recuos entre as edificações, que permitem maior circulação de vento, sendo descrito na esquematização climática de circulação vertical e horizontal (OKE, 1988). Para tanto, considera-se a composição dos materiais, incidência solar e de ventilação sobre a zona de mistura que se encontra mais próximo às rugosidades.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

Já nas áreas preservadas de mata densa ou de vegetação arbórea, as temperaturas se apresentaram mais baixas em relação às áreas urbanizadas, central e periférica, e a variação entre os períodos do dia e noite apresentaram certa similaridade se mostrando homogêneas e estabelecendo uma relação direta com as coberturas vegetais que inibem a penetração dos raios de sol, mantendo o solo úmido e fresco, conservando as baixas temperaturas concernente do período noturno.

Conclui-se que para novos estudos é de vital importância que o protótipo que serviu como base de fixação para o Datalogger. Em pontos de coletas onde houve excedente de radiação solar, deve-se aferir a eficácia das aletas de proteção, na busca de potencializar sua funcionalidade, bem como avaliar quanto possa influenciar nos dados coletados. O experimento utilizando um termohigrômetro acoplado a uma estação móvel para aferições de temperatura, mostrou-se bastante eficiente.

Por fim, a escolha do Município de Guarulhos como palco de análise foi bastante feliz, pois Guarulhos se apresenta nesta pesquisa como um território rico em diversidade paisagística e climática, sendo suas divisões territoriais bem definidas entre o ambiente urbano antropizado, e sua face norte ainda com bons perímetros preservados de mata densa e resiliente.

Referências bibliográficas

CAMARGO, F. F.; PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; OLIVEIRA, L. G. L.; ADAMI, M. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. **Anais do Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 13. (SBSR)., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5127-5134.

COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. **Anais do Simpósio**

Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis. Anais do XIII SBSR, Florianópolis, 2007. p. 5151–5157.

COSTA, MMG. A Metereologia no Aeroporto de Guarulhos. **Anais do Simpósio De. Transporte Aéreo**. Rio de Janeiro, 2008

ESRI. ArcGIS Desktop: release 9.2. Redlands, CA: **Environmental Systems Research Institute**, 2007.

NASCIMENTO, D. T. F.; BARROS, J. R. Identificação de ilhas de calor por meio de sensoriamento remoto: estudo de caso no Município de Goiânia. **Boletim Goiano de Geografia**, 29, 2009.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 3ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 526 p. 2005.

KELLNER, E.; MOREIRA, J. F. V.; PIRES, E. C. Influência da estratificação térmica no volume útil e no comportamento hidrodinâmico de lagoa de estabilização: determinação experimental e teórica. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 129-138, 2009.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN XXXX-XXXX

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. de. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n.4, p. 25-39, 2013.

OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**. v. 11, n. 1–3, 22, p. 103-113, 1988.

OLIVEIRA E S. **Guarulhos: espaço de muitos povos**. 2 ed. São Paulo: Noovha América, 2008.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: Monitoramento e Normalização Específica**, São Carlos, 2006.

SHERMAN, G.E. **Quantum GIS User Guide** - Version 2.8 "Wien". 2015. Disponível em: <http:// http://www.qgis.org/en/site/>. Acessado em: 09/12/17.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, p. 1879–1900, 2012.

TEZA, C. T.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08- Kinetic Temperature (lll): metrópoles brasileiras. **Anais do Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 200 IMPE, p. 3911-3918, 2005.

TOMINAGA, L. K. Ocupação humana e riscos a processos de movimento de massa no Litoral Norte de São Paulo: avaliação dos fatores geoambientais. Anais do **Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada**, 11, São Paulo, SP. p.1143-1159, 2005.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. 2014. Disponível em: http://blogs.ubc.ca/toke/files/2015/12/IOM-81-UrbanMetObs.pdf. Acessado em: 05/07/2018.