

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA**

ERIKA KYUSHIMA SOLANO

EFEITO TÉRMICO DA URBANIZAÇÃO NA ILHA DE SÃO VICENTE, SP

**SANTOS – SP
2018**

ERIKA KYUSHIMA SOLANO

EFEITO TÉRMICO DA URBANIZAÇÃO NA ILHA DE SÃO VICENTE, SP

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob orientação do Prof. Dr. Mohamed Ezz El-Din Mostafa Habib e do Prof. Dr. Walter Barrella.

**SANTOS - SP
2018**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Solano, Erika Kyushima.

Efeito térmico da urbanização na Ilha de São Vicente, SP / Erika Kyushima Solano.

--2018.

49p.

Orientador: Mohamed Ezz El-Din Mostafa Habib

Orientador: Walter Barrella

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas
Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2018.

1. Ilha de calor urbano 2. Conforto térmico 3. Clima Urbano. I. Habib, Mohamed Ezz El-Din Mostafa. II. Barrella, Walter. III. Efeito térmico da urbanização na Ilha de São Vicente, SP.

Dedico este trabalho a minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, por todos os ensinamentos que moldaram a minha vida pelo melhor caminho.

Ao meu marido Leandro Tinelli, obrigada pelo companheirismo, amor, carinho e incentivo para alcançar este objetivo.

Obrigada ao meu professor e orientador Mohamed, por ter aceitado participar deste trabalho e por todo conhecimento compartilhado durante as orientações e aulas.

Obrigada ao meu professor e orientador Walter, pela atenção e motivação. Sempre demonstrando gentileza e tranquilidade mesmo nos momentos de aflição.

Ao Professor Matheus Rotundo, obrigado pela oportunidade do estágio de docência onde também pude aprender um pouco sobre Biogeografia.

Aos voluntários que foram o coração desta pesquisa, que dedicaram algumas sextas feiras para me auxiliar nesta coleta de dados e estavam sempre dispostos: Andrey Gonçalves, Armino Cabral, Gisele e Otávio Vieira, Vandrê Brunazo e Karina Tomita, Raymar Aguiar, Roberto Baccarat, minha mãe Helena Kyushima, minha irmã Yuka Solano e meu marido Leandro Tinelli.

Um agradecimento especial para as secretárias Imaculada e Sandra por toda dedicação e ajuda em qualquer necessidade de documentações que tive. E para o Prof. Inácio da Comissão de Formatação de Teses e Dissertações pela atenção e cuidado nas correções desta Dissertação. Também aos dois coordenadores de curso que tive o prazer de dividir meus problemas e conquistas, Prof. Fábio Giordano e Prof. Ursulla Pereira.

Um agradecimento à Universidade Federal de São Paulo que sempre motivou seus técnicos a continuar se qualificando e capacitando, e auxiliou muito neste projeto com uma bolsa parcial.

A todos que de alguma forma contribuíram de uma forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho, minha gratidão de coração.

RESUMO

O crescimento urbano de forma não planejada pode provocar mudanças climáticas de forma local e global e as Ilhas de Calor urbano (ICU) são um exemplo, tendo sido observadas em praticamente todas as metrópoles do mundo. O diagnóstico das ICU tem se mostrado um instrumento importante para a gestão do espaço urbano, na medida em que pode oferecer subsídios para projetar cidades mais confortáveis termicamente. O objetivo deste estudo foi analisar a influência da estrutura urbana na formação de microclimas ou ICU através de análises de temperaturas em campanha de campo, com duas metodologias de coleta de temperaturas: por transecto móvel de automóvel (eixo oeste-leste da Ilha) e por pontos de medição fixos com voluntários abrangendo a área de estudo, sendo que estes dados foram comparados com a Base Aérea de Santos (zona rural); cálculos de Ângulo e Fator de Visão do Céu (AVC e FVC) e com observação do Fator de Arborização (FARB) para avaliar o padrão térmico em diferentes pontos da Ilha. O FARB não apresentou diferença significativa, sendo de baixa capacidade de caracterização de ICU, apesar do importante papel da vegetação na amenização de temperatura. As características físicas do local foram mais nítidas para caracterização. O AVC apresentou a maior correlação inversa com as temperaturas, sendo um índice que auxilia por ser de rápida observação através da volumetria urbana. Foi observada uma ICU de intensidade de 6,7°C ao final do outono e de 4,1 a 4,7°C no inverno, a intensidade no restante do outono foi mais baixa, 2,7°C. O planejamento urbano das cidades deve levar em consideração a necessidade de se manter a volumetria das edificações de forma a manter um FVC e AVC satisfatório para as trocas naturais de temperaturas serem mais eficientes.

Palavras chave: ilha de calor urbano. Conforto térmico. Clima urbano.

ABSTRACT

Urban growth in an unplanned way can lead to local and global climate change and the Urban Heat Islands (UHI) are an example, having been observed in virtually every metropolitan area in the world. The UHI diagnosis has shown to be an important instrument for planning and management the urban space, since it can offer subsidies to design cities to be more thermally comfortable. The objective of the present study was to analyze the influence of the urban structure on the formation of microclimates or UHIs by means of temperature analyzes. Two methodologies were applied for collecting data: by mobile transect of automobile (west-east axis of the Island) and points of fixed measurements with volunteers covering the study area. Such data were compared with the official measurement of Santos Air Base (rural area). Calculations of Height/Width Ratio and Sky View Factor (H/W and SVF) and were also conducted the observation of the Arboreal Factor (F_{Arb}) to evaluate the thermal pattern in different points of the Island. F_{Arb} did not present significant differences, being of low UHI characterization capacity, despite the important role of vegetation in temperature mitigation. The city physical characteristics were sharper for characterization. The H/W presented the highest inverse correlation with the temperatures, being an index that assists by being of quick observation through the urban volumetry. An intensity UHI of 6.7 °C was observed at the end of autumn and from 4.1 to 4.7 °C in winter, the intensity in others autumn days was lower, 2.7 °C. Urban planning of cities should take into account the need to maintain the volumetry of buildings in order to maintain adequate SVF and H/W to have more efficient natural temperature changes.

Keywords: urban heat island. Thermal comfort. Urban climate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01.** Imagem de satélite da Ilha de São Vicente, sendo Jardim Botânico de Santos (1), Orquidário de Santos (2), Santos São Vicente Golf Club (3), Jockey Clube de São Vicente (4).....Pag. 16
- Figura 02.** Gráfico das temperaturas máximas, mínimas e suas médias por ponto de coleta resultado de todas 7 datas de medição.....Pag. 24
- Figura 03.** Fotografia em estilo olho-de-peixe nos pontos 16 e 19 com a identificação da obstrução das edificações e porcentagem de área de céu visível.....Pag. 25
- Figura 04.** Perfis dos Pontos 9, 19 e 21 com dimensões de altura das edificações e largura das vias com o ângulo de visão do céu calculado.....Pag. 26
- Figura 05.** Análise de cluster seguindo método Ward dos pontos de medição, excluindo o P22, com linha de corte de análise e coeficiente de correlação cofenética (c.c.c) = 0,5985.....Pag. 31
- Figura 06.** Imagem de satélite com indicação dos pontos de coletas e espacialização dos grupos 1 (azul), 2 (verde), 3 (amarelo) e 4 (vermelho) formados no cluster da figura 05.....Pag. 32
- Figura 07.** Gráfico da regressão linear das médias de temperaturas pelo FVC com curva de 95%.....Pag. 34
- Figura 08.** Gráfico da regressão linear das médias de temperaturas pelo AVC com curva de 95%.....Pag. 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Caracterização dos pontos das coletas, sendo do ponto 1 ao 15 no transecto móvel, do 16 ao 21 em pontos fixos medidos por voluntários e o ponto 22 é a medição oficial da Base Aérea de Santos verificada online no mesmo momento das coletas por uma voluntária.....Pag. 19

Tabela 02. Valores das medições em cada ponto por coleta em °C e média e desvio padrão das temperaturas de cada ponto.....Pag. 23

Tabela 03. Comparação entre os Pontos de medição de acordo com seus Ângulo de Visão do Céu (AVC), Fator de Visão do Céu (FVC), Fator Arbóreo (FARB) e altitude.....Pag. 27

Tabela 04. Temperaturas máximas e mínimas por dia de coleta e a diferença observada em cada data.....Pag. 28

Tabela 05. Dados da regressão linear das médias de temperatura pelo FVC..Pag. 34

Tabela 06. Dados da regressão linear das médias de temperatura pelo AVC.Pag. 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC – Ângulo de Visão do Céu

EUA – Estados Unidos da América

FArb – Fator de Arborização

FVC – Fator de Visão do Céu

H/W – *Height / Width Ratio* (relação entre altura e largura)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICU – Ilha de Calor Urbano

ONU – Organização das Nações Unidas

RMBS – Região Metropolitana da Baixada Santista

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SKV – *Sky View Factor* (FVC em língua inglesa)

UNISANTA – Universidade Santa Cecília

VLT – Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	Pag. 12
2. MATERIAIS E MÉTODOS	Pag. 18
2.1. Definição dos pontos das medições	Pag. 18
2.2. Levantamento dos dados de temperatura	Pag. 20
2.3. Cálculo do Ângulo de Visão do Céu e do Fator de Visão do Céu e análise do Fator de Arborização nos pontos de medição	Pag. 21
3. RESULTADOS	Pag. 23
4. DISCUSSÃO	Pag. 28
5. CONCLUSÕES	Pag. 38
6. VERSÃO COMPACTA	Pag. 39
REFERÊNCIAS	Pag. 44
APÊNDICES	Pag. 48

1 INTRODUÇÃO

Estudar a Ecologia Urbana é cada vez mais relevante, considerando que a urbanização é a segunda tendência demográfica dominante do nosso tempo, depois apenas do crescimento populacional, e que mais da metade dos seres humanos estão vivendo em cidades, fazendo destes uma espécie urbana (BROWN, 2008).

As influências antrópicas são mais claras no meio urbano, onde quase não há florestas e matas nativas naturais e a fauna e flora restantes tiveram que se adaptar ao novo ecossistema mais árido, poluído e com competições que não estavam acostumadas com espécies exóticas. E, entre 2000 e 2050, a população mundial ainda deverá aumentar em 3 bilhões e quase todo crescimento será nas cidades, principalmente em países em desenvolvimento, com grande parte ocorrendo de forma desordenada e sem planejamento, como as “favelas” brasileiras (BROWN, 2008). A tendência é o crescimento deste modelo de ocupação humana, tornando-se importante a preocupação com a qualidade ambiental minimizando os impactos do uso excessivo dos recursos e manutenção da qualidade de vida dos habitantes. Monteiro (2015) acredita que se deve acreditar em uma conscientização, visto que não é realista imaginar o ser humano suspender o crescimento urbano, industrialização e o fluxo de veículos para assegurar um “hipotético equilíbrio ecológico”.

“O clima urbano é um sistema complexo, singular à cidade. Lugar de profundas alterações nos parâmetros atmosféricos, abrangendo circulação, turbulência e dispersão do ar, albedo e estocagem de calor, evotranspiração e balanço de energia na superfície” (TAHA, 1997; ARNFIELD, 2003; KANDA, 2006 *apud* LUCENA *et al.*, 2012) E a ICU é a principal manifestação do clima urbano e um dos principais problemas ambientais do século XXI (RIZWAN *et al.*, 2008 *apud* LUCENA *et al.*, 2012).

O crescimento urbano desenfreado e de forma não planejada afeta a vida animal e vegetal, a qualidade do ar, da água e solo, além de provocar mudanças climáticas de forma local e global. As ilhas de calor urbano (ICU) são o exemplo mais evidente de modificações climáticas inadvertidamente provocadas pelo homem, tendo sido observadas em praticamente todas as metrópoles do mundo (LOPES, 2008).

“As ilhas urbanas de calor são um produto do clima urbano (OKE, 1978 *apud* LUCENA *et al.*, 2012) e uma modalidade de mudanças climáticas, que, causadas por fatores humanos e geradas em escala local, precisam de investigação para sua detecção e compreensão. Essa fenomenologia ambiental urbana, a ilha de calor, está associada à mudança na cobertura da superfície (urbana), que determina padrões bem mais complexos no balanço de energia, e, portanto, seus resultados precisam ser incorporados aos modelos de mudanças climáticas” (LUCENA *et al.*, 2012)

Portanto, o diagnóstico das ICU tem se mostrado um instrumento importante para a gestão do espaço urbano, na medida em que a espacialização das diferenças das temperaturas intraurbanas e rurais próximas pode oferecer subsídios para amenizar a magnitude de tais ilhas de calor (AMORIM *et al.*, 2015).

As Ilhas de calor possuem diversas consequências negativas: plantas e animais mais sensíveis às mudanças de temperatura podem encarar o ambiente como inóspito, facilitando a emigração ou mesmo sua própria morte, podendo ocorrer também a destruição de habitats e ainda criação ou aumento de pragas. Brown (2008) coloca que a alteração de habitat por aumento de temperaturas, poluição química ou por introdução de espécies exóticas pode destruir tanto espécies animais como vegetais. E esta perda de espécies é um enfraquecimento na teia da vida e, de acordo com Brown (2008), se continuar poderá criar grandes lacunas, levando a mudanças irreversíveis no ecossistema terrestre.

A saúde humana também sofre com o aumento das temperaturas, pois a exposição de poluição das ruas é geralmente maior em locais afetados pelas ilhas de calor. Brown (2008) cita que a poluição do ar por veículos tem se tornado um dos maiores problemas de saúde em centenas de cidades. Há também o aumento da utilização de ar condicionado no verão, necessitando de equipamentos maiores e por consequência mais eletricidade e menos eficiência do uso dos recursos energéticos, aumentando os custos, as emissões de gases de efeito estufa e gerando ainda mais poluição (YCON, 2017).

Apesar das ilhas de calor serem consideradas uma forma de mudança climática local e não uma mudança climática global, pois os efeitos são limitados a áreas específicas, no entanto acabam gerando maior demanda de aparelhos de ar condicionado que não só resultam em mais calor sendo liberado para o ar, como também em mais emissões de gases de efeito estufa. Isso afeta negativamente a

qualidade do ar e também pode levar a um aumento da poluição atmosférica urbana (YCON, 2017).

De acordo com Brown (2008) mesmo a abordagem de criação de parques ou reservas de vida selvagem para salvar a diversidade de fauna e flora nativa pode ser menos efetiva agora, pois se não há como estabilizar o clima, não há ecossistema na Terra que possa salvar e tudo deve mudar. Para Brown (2008), neste “novo mundo” a proteção da diversidade da vida na Terra não é simplesmente uma questão de separar terras, cercá-las e chama-las de parques e reservas, o sucesso deste esforço de preservação depende também da estabilização do clima e da poluição.

O clima urbano é um sistema dinâmico adaptativo. Uma maior compreensão dos processos naturais e suas interações pode ajudar nos estudos do modelo ecológico das metrópoles, o que facilitaria o reconhecimento dos processos vitais e suas interdependências, aspectos ignorados atualmente (MONTEIRO, 2015)

A ilha de calor urbana é um fenômeno característico de todas as cidades e metrópoles, entretanto, a sua distribuição e intensidade é proporcional ao tamanho da cidade e de sua população, sendo mais intensa durante os dias da semana, quando as atividades urbanas são máximas, e mínima no final da semana. Ela varia também com o tipo de uso e ocupação do solo, com a situação geográfica, além da hora do dia e da estação do ano, sendo mais expressiva em condições de céu claro e vento calmo, e na estação seca, onde os efeitos que amenizam a umidade são reduzidos (LANDSBERG, 1981 *apud* COSTA; MATTOS, 1998)

Sabe-se que a ilha de calor urbana não resulta da ação de um simples fator, e sim, da interação de muitas características da atmosfera urbana. Incluídos dentre essas características que são possíveis causas do clima urbano, tem-se: a alta capacidade calorífica dos materiais de construção; a redução da área de superfícies de evapotranspiração; a retenção de radiação de ondas longas devido ao aumento da poluição atmosférica, dentre outras (OKE, 1975 *apud* COSTA; MATTOS, 1998).

Quando as áreas urbanas perdem a superfície terrestre e a vegetação natural, o calor não pode mais ser facilmente dissipado. Dessa forma, altos edifícios, concreto e vias de asfalto contribuem para o efeito de aquecimento. Além disso, temos o calor residual do uso de energia como outra fonte adicional. Outros fatores contribuintes incluem clima local, mudanças sazonais, hora do dia e localização geográfica.

O objeto deste estudo é a Ilha de São Vicente, localizada na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e composta pelas partes insulares de dois municípios paulistas: Santos e São Vicente. É uma área caracterizada pela intensa urbanização do seu território, pela alta densidade demográfica, por abrigar um maciço de morros, por conter remanescentes de manguezais e de floresta e por ser servida por diversas nascentes e cursos d'água (PÓLIS, 2013). A área da Ilha ocupada pelo município de Santos é equivalente a 39,4 km² do total de 271 km² (IBGE, 2010), estando o restante, 231,6 km² situado na parte continental do município. São Vicente ocupa uma porção de 18 km² na Ilha de São Vicente, de um total de 148, km² (AMORIM; OLIVEIRA, 2007).

Atualmente moram na ilha aproximadamente 700 mil habitantes. De acordo com o IBGE (2010), o município de Santos contava com 419.400 habitantes, sendo que se verificou quase sua totalidade, 99,93%, vivendo na área insular e o restante na área continental. Quanto à porção da ilha ocupada por São Vicente estimam-se 291.431 pessoas apenas na área insular do município (PÓLIS, 2013).

Nascimento (2015) realizou uma primeira experimentação de medição do clima urbano dentro da Ilha de São Vicente avaliando as oscilações térmicas em três bairros distintos do município de Santos e relacionou com o conforto térmico dos habitantes. Neste primeiro estudo foram realizadas três coletas por dia em três dias em cada semana durante três meses do verão em três pontos fixos distintos na Av. Ana Costa e foi possível observar a influência da estrutura urbana no padrão térmico.

A Ilha apresenta a característica peculiar de cidades litorâneas que é a intensa verticalização na região das orlas devido ao incentivo turístico que acaba mudando o fluxo de ventos com este “paredão” de edificações. No jornal santista A Tribuna, edição de 2 de setembro de 2011, página C-4 (NOVO MILÊNIO, 2012) Santos é indicada como a cidade com maior índice de verticalização em 2011 (63%), seguida de outra cidade litorânea Balneário Camboriú (57%). O índice de verticalização equivale ao percentual de imóveis do tipo apartamento sobre o total de imóveis ocupados. No Brasil, este índice é de 11%. A região mais verticalizada é a Sudeste, com um índice de 14%.

Em outro artigo publicado no jornal santista Diário do Litoral, em 16 de agosto de 2011, página 2: a média brasileira de apartamentos em relação ao total de domicílios é de 10,7%. Na Baixada Santista essa proporção mais do que dobra:

28%. E na parte insular de Santos, explode: 66%. De cada 100 famílias de Santos, 66 moram em apartamentos (SCHIFF, 2011 *apud* NOVO MILÊNIO, 2012).

Monteiro (2015) explana que em uma topografia plana, como a maior parte da Ilha, as diferenças de volume de edificações assumem o papel de criadoras das variedades topográficas. E Oke (1981 *apud* CHEN *et al.*, 2012) explica que a geometria urbana tem uma influência complexa no microclima do meio urbano, e que o efeito mais importante é das edificações que obstruem o céu aberto e retardam o resfriamento das superfícies durante noites limpas e calmas, resultando no fenômeno das Ilhas de Calor Urbano (ICU).

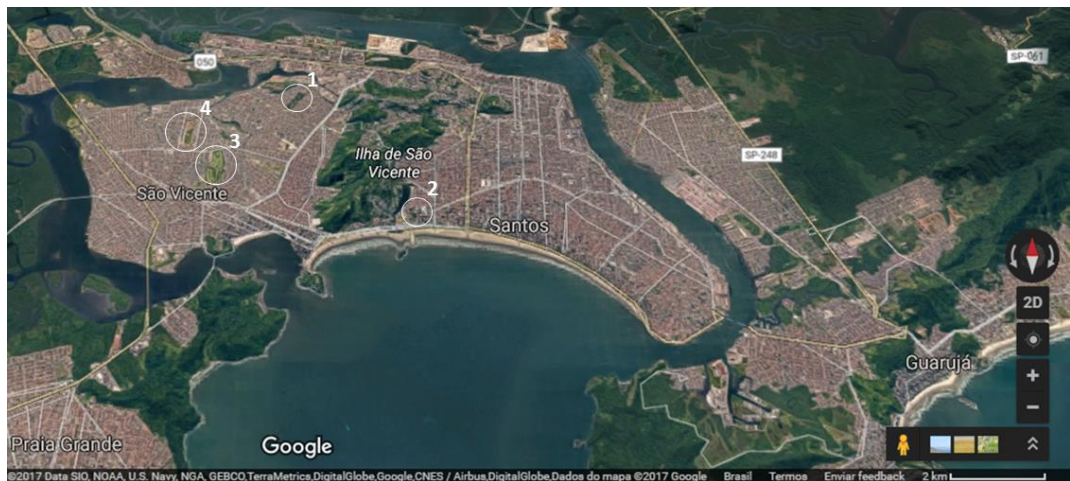


Figura 01 – Imagem de satélite da Ilha de São Vicente, sendo Jardim Botânico de Santos (1), Orquidário de Santos (2), Santos São Vicente Golf Club (3), Jockey Clube de São Vicente (4).

Fonte: Google Maps com edição da pesquisadora (2017)

E por trás deste paredão, não há nenhum ponto de amenização de temperatura além da diminuição da altura das edificações. A Ilha só possui áreas verdes de grande porte nas áreas mais íngremes dos morros, que é onde é possível observar mais manchas verdes, no restante a ocupação urbana intensa deixa um aspecto de cor de pedra e de área impermeável e árida na imagem de satélite (figura 01). Alguns pontos de áreas verdes surgem em menor proporção na arborização na faixa da orla da praia, em pequenos parques como o Jardim Botânico de Santos (1), Orquidário de Santos (2), Santos São Vicente Golf Club (3), Jockey Clube de São Vicente (4) e pequenas áreas de mangue com ocupações humanas próximas da Ilha.

Então, além de ser um centro urbano muito verticalizado, com atividades intensas de porto e indústrias com tráfego pesado principalmente de caminhões e navios, há poucas áreas verdes e permeáveis por toda a Ilha.

Este estudo se propôs a analisar a Ilha de São Vicente no litoral paulista e suas complexidades naturais e urbanas que podem criar microclimas indesejáveis do ponto de vista do conforto térmico e criar ferramentas para melhoria da condição climática para propiciar tanto conforto térmico para população humana local como para a preservação da biodiversidade do ecossistema urbano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Definição dos pontos das medições

Para tentar abranger ao máximo todas as particularidades naturais e urbanas da Ilha de São Vicente foram escolhidas duas metodologias de coleta de temperaturas: a primeira por transecto móvel (*mobile transect*), que é definido por Gartland (2010) como uma maneira econômica de estudar manchas de calor e que implica em percorrer um trajeto predeterminado por uma região, parando em locais representativos para obter medidas utilizando apenas um tipo de instrumentação meteorológica, sendo que os métodos de transporte podem variar, sendo aconselhado para grandes áreas utilizar automóvel ou transporte público, Yamashita (1996) realizou as medições em trens em movimento nas linhas de Tóquio, por exemplo; a segunda metodologia adotada foi por medições em pontos fixos por voluntários munidos com termômetros idênticos ao do transecto e sempre nos mesmos dias e horários das coletas no transecto. Desta forma seria possível verificar diferenças de temperaturas no mesmo momento entre diferentes áreas.

O método de transporte escolhido inicialmente foi o VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) que no trajeto operante percorre a Ilha de São Vicente de oeste a leste, passando por áreas pouco e muito adensadas, grandes avenidas e regiões próximas de morros e praia.

A escolha do modo de transporte foi para evitar o trânsito, garantindo períodos aproximados de coleta entre as paradas nos dias analisados. No entanto, em dois testes realizados em campo não foi possível realizar a coleta corretamente, pois o VLT é climatizado internamente, mantendo sempre 20°C no seu interior, com as janelas seladas, e o tempo de calibragem do termômetro foi maior que o tempo de espera do veículo, ocorrendo na perda da sequência da coleta no menor tempo possível. Decidiu-se então realizar a coleta das temperaturas com a utilização de automóvel para a mobilidade entre os pontos no transecto móvel no menor tempo possível, seguindo a metodologia de Amorim *et al.* (2015) de utilizar termômetros digitais acoplados a uma haste de madeira com 1,5 m de comprimento na lateral do veículo para distanciamento do leito carroçável (fonte de calor). Para manter o trajeto oeste-leste inicial, os pontos de paradas para medição foram nos arredores das estações de VLT operantes, resultando em quinze pontos de parada para este

transecto móvel. Foi realizado um teste antes das datas das coletas e nas mesmas condições definidas para as mesmas (noite de sexta feira sem chuva) e todo o trajeto foi realizado em menos de cinquenta minutos, cumprindo um quesito importante de acordo com Amorim *et al.* (2015) para que não ocorram diferenças de temperatura devido a mudanças naturais do passar das horas.

Tabela 01 – Caracterização dos pontos das coletas, sendo do ponto 1 ao 15 no transecto móvel, do 16 ao 21 em pontos fixos medidos por voluntários e o ponto 22 é a medição oficial da Base Aérea de Santos verificada online no mesmo momento das coletas por uma voluntária.

Caracterização dos pontos de coleta			
Nº do Ponto	Descrição/Endereço	coordenadas	altitude (m)
Ponto 1	Estação VLT - Terminal Barreiros	-23.96076, -46.40942	11
Ponto 2	Estação VLT - Mascarenhas	-23.96168, -46.39798	9
Ponto 3	Estação VLT - São Vicente	-23.96264, -46.38799	13
Ponto 4	Estação VLT - Emmerich	-23.9646, -46.38091	9
Ponto 5	Estação VLT - Nossa Sra. Das Graças	-23.96622, -46.37652	9
Ponto 6	Estação VLT - José Monteiro	-23.96826, -46.37083	12
Ponto 7	Orla da praia - Teleférico	-23.97015, -46.36637	8
Ponto 8	Orla da praia - Posto BR	-23.96879, -46.35907	6
Ponto 9	Sabesp/Orquidário	-23.96687, -46.35059	13
Ponto 10	Av. Glicério com Canal 1	-23.96434, -46.3458	8
Ponto 11	Estação VLT - Bernardino de Campos	-23.96178, -46.33873	8
Ponto 12	Estação VLT - Ana Costa	-23.95956, -46.33274	9
Ponto 13	Estação VLT - Washington Luis	-23.95788, -46.32836	12
Ponto 14	Estação VLT - Conselheiro Nébias	-23.95777, -46.32326	8
Ponto 15	Porto - Canal 4	-23.96094, -46.30759	5
Ponto 16	Rua Lima Machado 526 - Centro, São Vicente	-23.96689, -46.39478	9
Ponto 17	Rua Carlos Alberto Silva, 16 - Bom Retiro, Santos	-23.93663, -46.37588	6
Ponto 18	Rua Adílson Buló, 346 - Morro Nova Cintra, Santos	-23.95129, -46.35763	109
Ponto 19	Rua Bittencourt, 141 - Centro, Santos	-23.93864, -46.32402	9
Ponto 20	Rua Bolívar com Av. Siqueira Campos	-23.96925, -46.32013	11
Ponto 21	Av. Gen. San Martin, 132 - Ponta da Praia, Santos	-23.98502, -46.30007	9
Ponto 22	Base Aérea de Santos	-23.9282, -46.30269	5

Buscou-se então voluntários que estejam disponíveis nos dias e horários previstos para a medição em um ponto fixo em vários pontos da Ilha. Desta forma se atingiu o número de seis voluntários medindo as temperaturas nos pontos fixos (pontos 16 a 21), uma voluntária consultando na internet o clima oficial de Santos da Base Aérea de Santos (ponto 22) e a pesquisadora e um voluntário realizando o transecto móvel (pontos 1 a 15), configurando finalmente o mapa de coleta de temperaturas da Ilha de São Vicente para este estudo (tabela 01).

2.2. Levantamento dos dados de temperatura

Os seis pontos fixos foram medidos por voluntários e cada um teve um termômetro fornecido pela pesquisadora e foram devidamente instruídos da utilização do termômetro com sensor a um metro e meio de altura do piso, conforme Nascimento (2015), e dos dias e hora de medição. A medição dos pontos foi sempre realizada na calçada no ponto definido entre a pesquisadora e o voluntário (coordenadas na tabela 01) e enviada em tempo real para a pesquisadora nos mesmos horários e dias da medição no transecto móvel. Um sétimo voluntário não utilizou termômetro e consultou o site ClimaTempo para anotar a temperatura, velocidade e direção do vento medidos na Base Aérea de Santos no mesmo horário determinado para as medições. A Base Aérea de Santos se encontra próximo da ilha e é o local ideal para comparação como se fosse zona rural próxima, além de ser a fonte oficial da temperatura do município de Santos.

As medições em pontos fixos e no transecto móvel foram então realizadas no total com sete termômetros digitais da marca Brasiterm fornecidos pela pesquisadora para todos os voluntários, com teste de funcionamento e controle de calibração dos termômetros previamente realizado pela pesquisadora. A escolha por um termômetro digital foi em fase prévia a escolha dos voluntários, e considerando-se que entre eles poderiam haver pessoas de qualquer idade e nível de escolaridade, o leitor em formato digital facilita a leitura da temperatura mesmo para os mais leigos.

O período definido para campanha de campo foi no período de inverno, por ser o período de maior identificação da diferenciação das ilhas de calor por diversos pesquisadores (GARTLAND, 2010) e sempre no horário das 21 horas que é adequado para este tipo de registro, uma vez que as temperaturas não experimentam naturalmente mudanças rápidas (AMORIM *et al.*, 2015). Lopes (2008) indica que a intensidade máxima da ICU cresce rapidamente a seguir do pôr-do-sol, atingindo o seu máximo entre 3 a 5 horas depois. Este padrão térmico ocorre geralmente em condições de céu limpo e vento fraco, de forma que estas condições são mais favoráveis à diferenciação dos microclimas da cidade.

Para evitar discrepâncias de frentes de frio ou calor e efeito da chuva, e para garantir a presença de todos os oito voluntários nos dias e horários exatos da medida, foram escolhidas sete sextas-feiras, sendo a sexta-feira central na mesma

semana do solstício de inverno. Desta forma, as datas definidas foram: 2, 9, 16, 23 e 30 de junho, 7 e 14 de julho do ano 2017.

Para garantir as medições, foi definido também um voluntário, munido de um oitavo termômetro sob as mesmas condições, que estava disponível para ir a quaisquer um dos pontos caso alguém tivesse imprevistos. Ele foi acionado três vezes no ponto 20 e uma vez no ponto 21.

2.3. Cálculo do Ângulo de Visão do Céu (AVC) e do Fator de Visão do Céu (FVC) e análise do Fator de Arborização (FARB) nos pontos de medição

Como as medições foram realizadas todas durante a noite e no menor tempo possível no trajeto do transecto móvel, não foi possível realizar os registros para os cálculos destes fatores durante as 7 datas de coletas noturnas. Para melhor medição das vias e alturas dos edifícios, assim como das fotografias do céu e observação da arborização, foi realizada uma avaliação visual com fotografias e medições durante o dia, passando por todos os pontos do transecto móvel como nos locais determinados para as medições fixas. Para os cálculos de fator e ângulo de visão do céu, foi adaptada a metodologia de Nascimento (2015) que indica que a geometria urbana pode ser determinada tanto pela relação entre a altura e a largura da via (AVC ou H/W), como pelo fator de visão do céu (FVC ou SVF).

O FVC é uma estimativa da área visível do céu a partir de um ponto de observação da malha urbana e uma forma de verificar as Ilhas de Calor Urbano, pois o resfriamento das superfícies terrestres é inversamente proporcional à área de céu visível para um ponto nessa superfície (OKE, 1982 *apud* NASCIMENTO, 2015). Oke (1982 *apud* NASCIMENTO, 2015) detalha o FVC como uma relação geométrica entre a Terra e o céu, sendo este um elemento essencial no balanço de energia por normalmente apresentar sua temperatura inferior à da superfície terrestre. Em termos geométricos, qualquer edificação pertencente ao plano do observador posicionado na camada intra-urbana representa uma obstrução à visão do céu. A projeção dessa edificação na abóbada celeste é a fração do céu por ela obstruída para o observador (ou ainda, representa a parte obstruída do fluxo de radiação, que deixa o observador, em direção ao céu). Seu valor numérico é sempre menor que a unidade, pois dificilmente se encontram regiões urbanas que não apresentem nenhuma obstrução do horizonte (situação para a qual seu valor seria a unidade).

Este fator é um indicador muito utilizado para descrever a geometria urbana e é denominado internacionalmente como *Sky View Factor* (SVF) (CHEN *et al.*, 2012).

Foram fotografados todos os pontos na câmera LG 360 em fotografias em formato olho de peixe para o cálculo do FVC usando o software Autodesk AutoCAD 2017 para calcular a área livre de céu. No FVC o resultado pode variar de 0 a 1, sendo 0: nenhuma porcentagem de visão do céu, e 1: cem por cento de visão do céu.

Para medir a largura das vias e alturas dos edifícios para o cálculo do Ângulo de Visão do Céu (AVC), foi utilizada uma trena laser BOSCH de 50 metros e confirmações das medidas no site do Google Earth com a ferramenta régua. Para desenho dos perfis dos pontos de medição e do valor do AVC, foi utilizado novamente o software Autodesk AutoCAD 2017. No AVC o resultado pode variar de 0° a 180°, sendo o resultado máximo quando não há edificações próximas o suficiente para formar um ângulo, formando uma linha reta. Como exemplo, são considerados AVC aproximadamente igual a 180° locais em áreas abertas, rurais, parques, praias sem edificações próximas, etc.

O Fator de Arborização (FARB) foi definido pela pesquisadora como mais um item de comparação dos resultados, em que se considerou três possibilidades de resultado através de observação: 0 quando não há nenhuma vegetação, 1 quando há presença de arbusto e 2 quando há presença de árvore nos pontos de medição.

3. RESULTADOS

A seguir são apresentados na tabela 02 os resultados das medições por ponto nas coletas. É importante adicionar que em todas as datas de medições o céu estava limpo, sem chuva e com ventos fracos de direção sudeste ou sudoeste, que são mais amenos na interferência de calor.

Tabela 02 – Valores das medições em cada ponto por coleta em °C e média e desvio padrão das temperaturas de cada ponto.

	1ª: 02/06	2ª: 09/06	3ª: 16/06	4ª: 23/06	5ª: 30/06	6ª: 07/07	7ª: 14/07	Média	dp
P 1	21,5	23,3	22	21,4	23,1	22,1	21,1	22,07	0,85
P 2	22,2	23,2	22,2	22,1	23,9	22,9	22	22,64	0,71
P 3	22,2	23,3	22,1	22,2	23,9	22,7	21,7	22,59	0,77
P 4	22,5	23,2	21,7	22,1	23,6	22,2	21,4	22,39	0,79
P 5	22,3	23,2	21,2	21,7	23,3	22,2	21,1	22,14	0,88
P 6	21,8	23,3	21,4	21,3	22,5	21,4	20,9	21,80	0,83
P 7	22,1	23,2	21,7	22,1	22,8	21,5	21,1	22,07	0,73
P 8	22,1	23,2	21,1	22,4	22,8	20,9	20,9	21,91	0,95
P 9	22,2	23,6	20,9	21,5	22,4	20,8	20,8	21,74	1,05
P 10	22,8	23,7	21,8	23,2	23,7	21,7	21,7	22,66	0,92
P 11	22,3	23,5	22,2	23,5	24,1	22,8	22,2	22,94	0,76
P 12	22,6	23,9	22,1	22,9	23,7	22,2	22,2	22,80	0,74
P 13	22,9	23,4	21,7	22,9	23,5	22	22,8	22,74	0,67
P 14	22,6	23,5	21,9	22,5	23,6	21,9	21,6	22,51	0,79
P 15	21,8	23,2	20,9	21,3	22,3	20,4	20,3	21,46	1,05
P 16	22,9	23,3	22	22,7	24,8	22,6	18,5	22,40	1,93
P 17	21,5	23,8	22	21,9	22,9	21,4	21,2	22,10	0,93
P 18	20,4	22,3	19,3	20,3	20,3	18,8	19,5	20,13	1,13
P 19	21,9	24,1	26	21,9	23,2	21	21,4	22,79	1,78
P 20	22,1	24,3	22,2	24,1	23,5	21,6	23,2	23,00	1,05
P 21	20,1	21,6	21,5	24,3	22,3	22,2	20,9	21,84	1,32
P 22	22	26	15	18	14	16	17	18,29	4,27

Nesta tabela fica bem clara a grande diferença que o P22 (Base aérea de Santos) possui em relação aos demais pontos da Ilha. Esta diferenciação pode ter ocorrido pela influência da área urbana com paredões de edifícios e tráfego intenso de caminhões e carros, pois o P22 se encontra em um aeroporto em área de matas.

Para analisar as amplitudes dentro da Ilha, optou-se por retirar o P22 das análises gráficas e estatísticas para entender melhor o comportamento intra-urbano das temperaturas. Para melhor observação destas diferenças ocorridas segue figura

02 que auxilia a observar as diferenças entre máximas e mínimas, média, e as oscilações que ocorreram. Neste gráfico fica bem fácil observar no trajeto do transecto móvel (P1 a P15) duas “ondas” de locais mais quentes do ponto 2 ao 5 e do ponto 10 ao 14, enquanto os pontos 1, 6 a 9 e 15 estão mais baixos. Nos pontos fixos (P16 a P21) há temperaturas bem baixas como o P18, que se encontra na maior altitude, em cima do morro central da Ilha, assim como a maior temperatura máxima (P19) e a maior média de temperatura (P20) de todas as coletas.

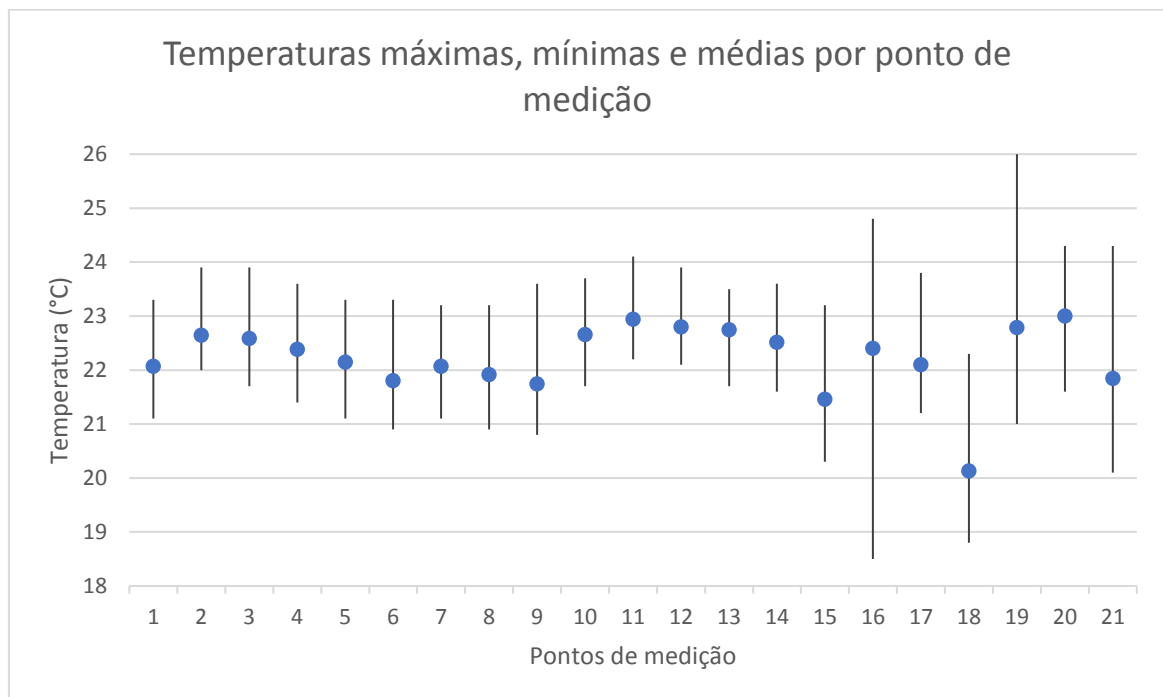


Figura 02 – Gráfico das temperaturas máximas, mínimas e suas médias por ponto de coleta resultado de todos as 7 datas de medição

Para ilustrar como foi realizado o cálculo do FVC, a seguir (figura 03) são apresentados dois exemplos das fotografias com câmera LG 360 que capturou imagens do céu em 360° e colocadas em estilo olho de peixe, com uso do software Ricoh Theta para Windows. As imagens em olho de peixe já se apresentam com o recorte das obstruções e na direita delas estão apresentados os estudos gráficos no software Autodesk AutoCAD 2017 com a porcentagem de céu visível na abóboda celeste, subtraindo as obstruções. Nestas imagens, o valor de céu visível está representado em porcentagem e não em escala de zero a um, para tabelamento dos dados as porcentagens foram convertidas para a escala de uma unidade ou parte de uma unidade.

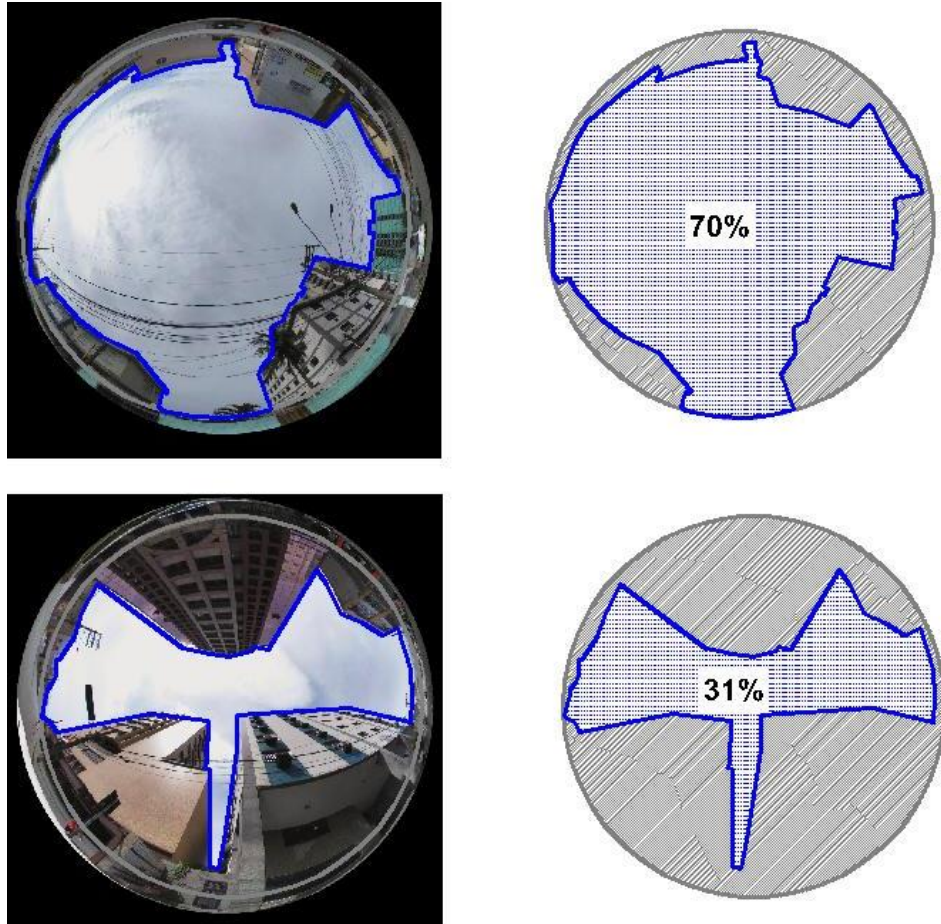


Figura 03 – Fotografia em estilo olho-de-peixe nos pontos 16 e 19, com a identificação da obstrução das edificações e porcentagem de área de céu visível.

Fonte: fotografia Vandr  Brunazo, com edição da pesquisadora (2017)

A seguir são apresentados exemplos dos perfis dos pontos de medição com produção gráfica e cálculo do ângulo no software Autodesk AutoCAD. As imagens estão sem escala, mas os valores da altura das edificações (H), largura da via (W) e o ângulo resultante estão representados na figura 04. Para o tabelamento de dados, apenas o valor do ângulo formado foi utilizado para análises estatísticas.

Os pontos 7 e 8 não foram calculados pois um dos lados do perfil é a praia e do outro os prédios estão distantes, aproximando o ângulo a 180 . O ponto 22 também não foi calculado por ser área aberta (pista de pouso de aviões), com ângulo virtualmente igual a 180 .

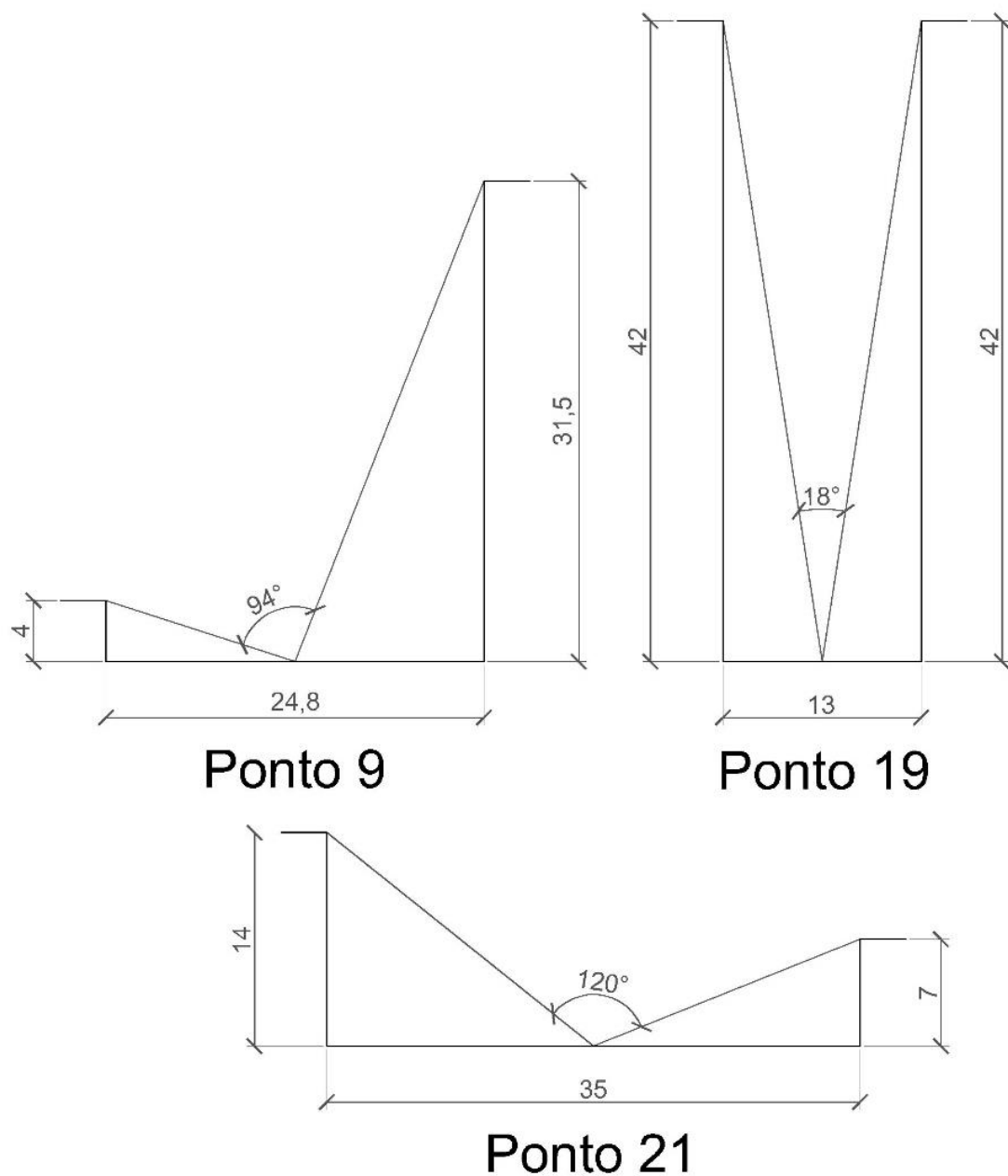


Figura 04 – Perfis dos Pontos 9, 19 e 21 com dimensões de altura das edificações e largura das vias com o ângulo de visão do céu calculado.

No FARb, foi definido o valor através da pontuação por observação de 0, 1 ou 2 de acordo com a presença ou não de arborização, sendo 0 quando não há nenhuma vegetação, 1 quando há presença de arbusto e 2 quando há presença de árvore nos pontos de medição.

Desta forma, a tabela 03 coloca todos os resultados de AVC, FVC, FARb e altitude por ponto.

Tabela 03 – Comparação entre os pontos de medição de acordo com seus Ângulo de Visão do Céu (AVC), Fator de Visão do Céu (FVC), Fator Arbóreo (FArb) e altitude.

Pontos	AVC	FVC	FArb	altitude
P 1	148°	0,91	1	11
P 2	119°	0,66	1	9
P 3	127°	0,97	0	13
P 4	112°	0,83	2	9
P 5	97°	0,84	2	9
P 6	93°	0,7	2	12
P 7	~180°	0,97	1	8
P 8	~180°	0,96	1	6
P 9	94°	0,58	2	13
P 10	33°	0,48	2	8
P 11	140°	0,68	0	8
P 12	118°	0,83	2	9
P 13	75°	0,62	1	12
P 14	105°	0,66	0	8
P 15	143°	0,95	0	5
P 16	71°	0,7	0	9
P 17	32°	0,44	0	6
P 18	124°	0,9	2	109
P 19	18°	0,31	0	9
P 20	46°	0,71	2	11
P 21	120°	0,75	1	9
P 22	~180°	~1	2	5

4. DISCUSSÃO

Analisando o conjunto dos dados obtidos neste estudo, é possível observar diferentes cortes da paisagem urbana da Ilha de São Vicente mesmo em um percurso aparentemente uniforme como uma grande avenida com VLT no canteiro central. As várias características de relevo, de volumetria dos edifícios, largura de vias, etc, fizeram com que as temperaturas da Ilha não fossem homogêneas, registrando ilhas de calor de intensidade de até 11°C nos dias de coleta (tabela 04), considerando a zona rural P22 (Base Aérea de Santos), e de até 6,7°C contando apenas com os dados coletados dentro da Ilha e pelos termômetros fornecidos pela pesquisadora. Esta intensidade é alta e se equipara a valores em locais bem mais secos e áridos que a área litorânea da Baixada Santista. É o caso de Chen *et al.* (2012) que obteve intensidade de 8°C em Phoenix (EUA), Amorim *et al.* (2015) com intensidade de 9°C em Presidente Prudente (Brasil) e Hedquist & Brazel (2006) com valor de 11°C também em Phoenix (EUA). Valores semelhantes também foram observados em áreas mais úmidas e litorâneas como os municípios desta pesquisa. Lopes (2008) observou ICU de intensidade de 9°C no inverno em Lisboa (Portugal) e de valores mais baixos, 2 a 4°C durante o verão. Yamashita (1996) com transecto móvel em trens em Tóquio obteve os seguintes dados: durante o verão (medição às 5h30, dezembro 1990) o aumento de temperatura entre área suburbana e urbana foi gradual e constante de 1 a 1,5°C. No inverno (medição às 22h30, agosto 1990), o aumento da temperatura foi maior e mais definido, entre 4 e 5°C.

Tabela 04 – Temperaturas máximas e mínimas por dia de coleta e a diferença observada em cada data.

Sem Base Aérea de Santos (P22)							
Medições	1ª: 02/06	2ª: 09/06	3ª: 16/06	4ª: 23/06	5ª: 30/06	6ª: 07/07	7ª: 14/07
Máxima	22,9	24,3	26	24,3	24,8	22,9	23,2
Mínima	20,1	21,6	19,3	20,3	20,3	18,8	18,5
Diferença	2,8	2,7	6,7	4	4,5	4,1	4,7
Com Base Aérea de Santos (P22)							
Medições	1ª: 02/06	2ª: 09/06	3ª: 16/06	4ª: 23/06	5ª: 30/06	6ª: 07/07	7ª: 14/07
Máxima	22,9	26	26	24,3	24,8	22,9	23,2
Mínima	20,1	21,6	15	18	14	16	17
Diferença	2,8	4,4	11	6,3	10,8	6,9	6,2

Na tabela 04 é possível observar que, tanto com ou sem os valores do P22, no outono a diferença não foi tão grande quanto no inverno, somente na 3ª coleta que houve grande diferença, sendo final de outono e faltando 5 dias para o solstício de inverno. Caso esta pesquisa tivesse tomado a decisão de coletar apenas no inverno, como grande parte das referências indicam (AIKAWA *et al.*, 2008; AMORIM *et al.*, 2015; LOPES, 2008; GARTLAND, 2010; HEDQUIST; BRAZEL, 2006), não haveria mudança significativa do resultado máximo observado, visto que as coletas de inverno foram muito aproximadas.

Caso fosse realizada apenas uma coleta, como na semana do solstício de inverno, não seria apresentada a intensidade máxima da ilha de calor, mas o valor da diferença observada na 4ª coleta é muito aproximado com da 6ª e 7ª, também durante o inverno, podendo indicar que a tendência da intensidade é esta e não o valor máximo observado. Amorim *et al.* (2015) em única coleta de campo optaram pelo dia 30 de junho, 9 dias após o solstício e coincidindo com a 5ª coleta desta pesquisa e também com o valor de intensidade máxima da ilha de calor no inverno dentro das 7 coletas. De acordo com os pesquisadores, no dia da coleta foi possível registrar uma ilha de calor de magnitude muito forte que atingiu a intensidade de 9°C.

Para futuras pesquisas, aconselha-se que as coletas sejam realizadas apenas no inverno, com data aproximada do solstício de inverno, e em dia de semana, visto que as ilhas de calor são mais intensas durante os dias da semana, quando as atividades urbanas são máximas, sendo mínimas no final da semana (LANDSBERG, 1981 *apud* COSTA; MATTOS, 1998).

Comparando os resultados (tabela 03) do Ângulo de Visão do Céu (AVC), do Fator de Visão do Céu (FVC), do Fator de Arborização (FArb) e a altitude com o gráfico (figura 02) das temperaturas máximas, mínimas e médias, é possível entender algumas oscilações que ocorreram entre os pontos de medição.

Mesmo com o AVC e FVC muito pequenos e FArb 0, o P19 não foi o ponto mais quente na média das coletas. Pode-se pensar na influência dos automóveis e fluxo de pessoas no momento da coleta, sexta às 21 horas, é bem inferior no centro de Santos do que na região de restaurantes da avenida onde fica o P20 e que esta diferenciação deve ser considerada em pesquisa futura.

Os pontos mais frios foram o P22 e o P18, sendo o primeiro considerado região rural (a maioria das referências considera a medição de aeroporto equivalente

a área rural) e o segundo uma região residencial com predominância de grandes casas, com topografia alta (morros), com AVC alto e FVC acima de 0,5. Algumas referências poderiam considerar o P18 como área rural também devido as suas características de região de casas ou chácaras, com muita arborização e uma área de mata atlântica ao fundo. Mas devido a altitude muito diferente dos demais pontos, não é um bom local de comparação de formação de manchas de calor, pois apresenta uma diferença natural de temperatura pela altitude, sendo aconselhado manter a comparação das temperaturas da área urbana da Ilha com da área rural da Base Aérea de Santos que possuem mesma altitude.

Mesmo com as oscilações de temperatura dentro da própria condição urbana e topográfica da Ilha, o ponto 22, pela ausência de estruturas urbanas, é o que mais se distanciou de todos os pontos na questão de temperatura, indicando não adequação de representar o padrão térmico das cidades na Baixada Santista. Tal observação coincide com o que foi constatado por Nascimento (2015).

Considerando apenas as temperaturas coletadas da Ilha de São Vicente, exclui-se então o P22, foi então realizada uma análise de agrupamento, ou análise de clusters, que é uma técnica usada para classificar objetos ou casos em grupos relativamente homogêneos chamados de agrupamentos ou conglomerados. Assim, os objetos em cada agrupamento tendem a ser semelhante entre si, mas diferentes de objetos em outros agrupamentos (SEIDEL *et al.*, 2008). Para o cálculo deste dendograma, foi utilizado o software Past e definido o método de Ward para classificação, que consiste em um procedimento de agrupamento hierárquico no qual a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos é calculada como a soma de quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis. Esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido a sua minimização de variação interna e tem se revelado um dos melhores, e mais usados, métodos hierárquicos de aglomeração (SEIDEL *et al.*, 2008).

No cluster é possível identificar o ponto 18 como o mais distante dos demais, justificado pelas suas características de altitude elevada e baixa urbanização. Comparando com a tabela 03, este ponto possui altos valores de FARb, AVC e FVC. Consideramos este grupo formado apenas pelo ponto 18 como grupo 1, ou grupo do pentágono azul.

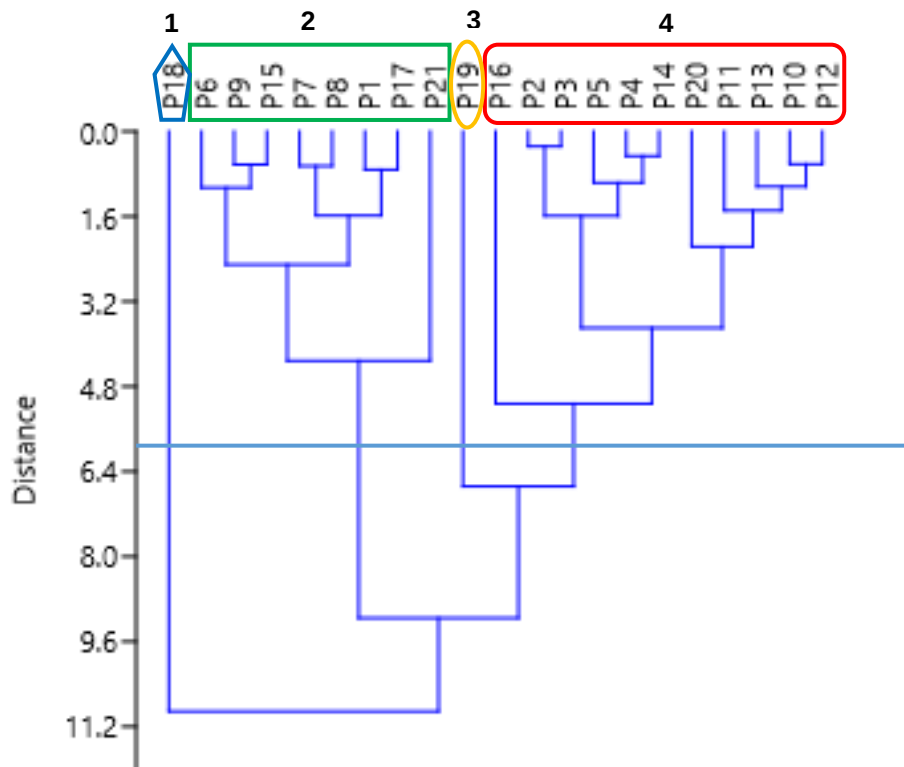


Figura 05 – Análise de cluster seguindo método Ward dos pontos de medição, excluindo o P22, com linha de corte de análise e coeficiente de correlação cofenética (c.c.c) = 0,5985

Após este grupo, é possível observar a formação na figura 05 de três grupos para análise: o primeiro, nomeado de grupo 2 ou grupo do retângulo verde, formado pelos pontos 6, 9, 15, 7, 8, 1 e 17, o segundo, nomeado grupo 3 ou grupo do círculo amarelo, formado pelo ponto 19, e o terceiro, chamado de grupo 4 ou grupo do retângulo de cantos arredondados vermelho, formado pelos pontos 16, 2, 3, 5, 4, 14, 20, 11, 13, 10 e 12. Utilizando as tabelas 01, 02 e 03, percebe-se que o grupo 2 é formado com os pontos com as temperaturas predominantemente mais amenas na região da planície da Ilha, possui maior quantidade de pontos com AVC alto, com exceção do ponto 17 (AVC = 32°) que também é o ponto com a maior média de temperatura medida neste grupo. Quanto ao FArb, não foi nítida a diferença, pois neste grupo há dois pontos com valor 2, três com valor 1 e dois com valor 0.

Uma característica física (figura 06) que os pontos deste primeiro grupo têm que os diferenciam nos demais é que os pontos 01, 15, 17 e 21 são os pontos mais periféricos e próximos do mar ou estuário, enquanto os pontos 6, 7, 8 e 9 estão entre o maciço de morros, que ainda possuem bastante área de vegetação devido a intensa inclinação, e a praia, além disso o ponto 17 também está próximo de um morro com vegetação e do Jardim botânico de Santos. Na região periférica da Ilha,

apenas o ponto 19 não está neste grupo, principalmente devido a intensa urbanização e impermeabilização da região do centro antigo de Santos, se alocando então no grupo 3, que é um grupo representado por temperatura alta, AVC (inclusive o ponto com menor AVC), FVC e FArb baixos mesmo estando na periferia da Ilha e ser o ponto mais próximo do P22 (figura 06). Esta característica espacial que poderia interferir na formação de um grupo apenas para este ponto.

O grupo 4 é formado então por pontos com temperaturas medidas predominantemente mais altas, maior quantidade de pontos com AVC pequenos. Os pontos 2, 3, 4, 5, 11, 12 e 14 possuem AVC altos, mostrando que apenas o AVC baixo não é suficiente para indicar pontos mais críticos em relação à temperatura, mas é um índice que auxilia por ser de rápida observação através da volumetria urbana. O FArb novamente não teve diferença significativa que se diferencie entre os dois grupos, neste segundo apresentou cinco pontos com valor 2, dois com valor 1 e quatro com valor 0, colocando esta avaliação como de baixa capacidade de caracterização de ilhas de calor, apesar do importante papel da vegetação na amenização de temperatura (TRENTINI (a), 2016). É possível que o asfalto e as construções ocultem o papel das árvores.

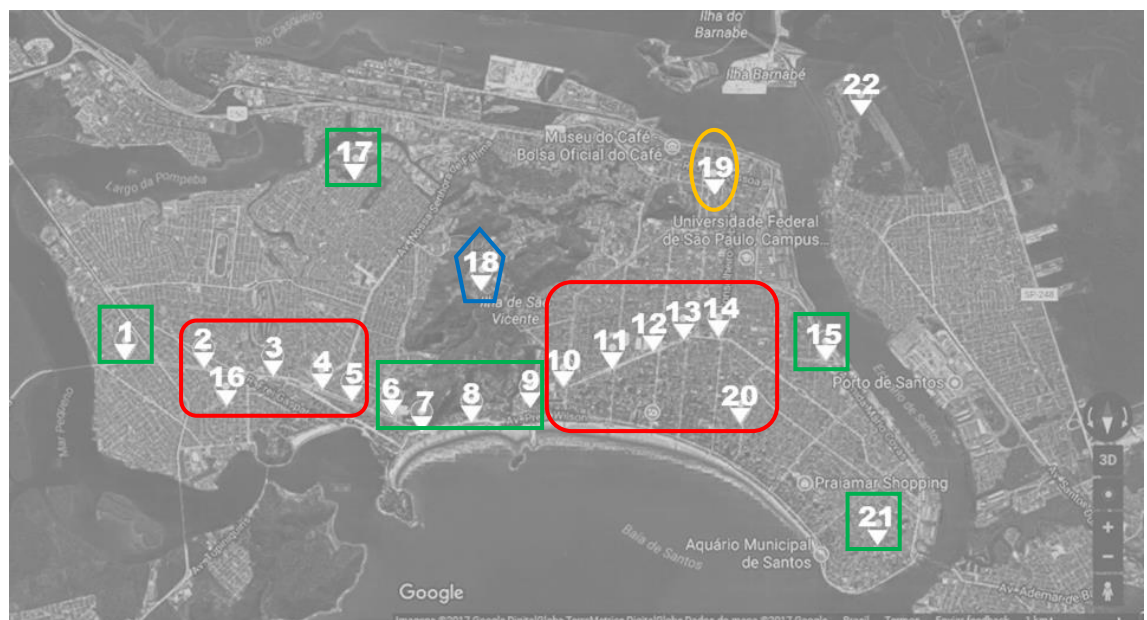


Figura 06 – Imagem de satélite com indicação dos pontos de coletas e espacialização dos grupos 1 (azul), 2 (verde), 3 (amarelo) e 4 (vermelho) formados no cluster da figura 05.

Novamente as características físicas são mais nítidas, os pontos 10, 11, 12, 13 e 14 estão na Av. Gen. Francisco Glicério, que é uma via larga, asfaltada, com tráfego intenso e que, devido à implementação do VLT, perdeu grande quantidade de árvores neste trecho. É possível observar por imagens históricas de satélite do Google Earth entre 2009 e 2017 que há poucos locais onde foi mantida a vegetação anterior e, em muitos trechos, foi plantada apenas grama com alguns arbustos próximos às estações. Esta configuração acabou criando áreas sem sombras, com sensações térmicas desgastantes para os pedestres e ciclistas.

Ainda no grupo 4, os pontos 2, 3, 4 e 5 apresentam as mesmas características físicas dos pontos citados anteriormente, mas no trecho no município de São Vicente. O ponto 16 fica no centro de São Vicente e é um local mais impermeabilizado, com $F_{Arb} = 0$, AVC pequeno e com bastante fluxo de veículos e pessoas durante a semana. O ponto 20 fica em um bairro bem verticalizado e com bastante fluxo de veículos e pessoas, mas não era um ponto que se esperava previamente ser mais quente por conta de estar mais aproximado da praia que os pontos na Av. Gen. Francisco Glicério e com grande presença de arborização no canal no canteiro central da avenida. Mas como está atrás do paredão de edifícios da orla da praia, acaba tendo as mesmas características dos pontos mais internos da Ilha.

Apesar de existir um consenso de que a geometria urbana (AVC e FVC) é um fator importante no balanço energético e nas temperaturas da cidade, nem todos os estudos conseguem provar isso, como mostra a pesquisa de Svensson (2004 *apud* NASCIMENTO, 2015). Além da forma espacial e da análise de cluster das temperaturas, decidiu-se então analisar através de regressão linear no software Past a correlação do FVC e AVC e as temperaturas coletadas para verificar se a hipótese de que são inversamente proporcionais é válida, ou seja, quanto menor AVC ou FVC, maior a temperatura do local. Para esta análise de regressão não foram utilizados os dados dos pontos 22 e 18, pois possuem outras características que interferem fortemente na temperatura como altitude, podendo ser resíduos e pontos muito discrepantes na regressão. Desta forma foram considerados apenas os pontos medidos na área plana da Ilha de São Vicente.

Na figura 07 em conjunto com a tabela 05 é possível verificar que para o FVC (variável independente) a média das temperaturas coletadas (variável dependente)

regride bem de forma negativa com aproximadamente 87% de probabilidade de estar correlacionado, que é uma correlação alta.

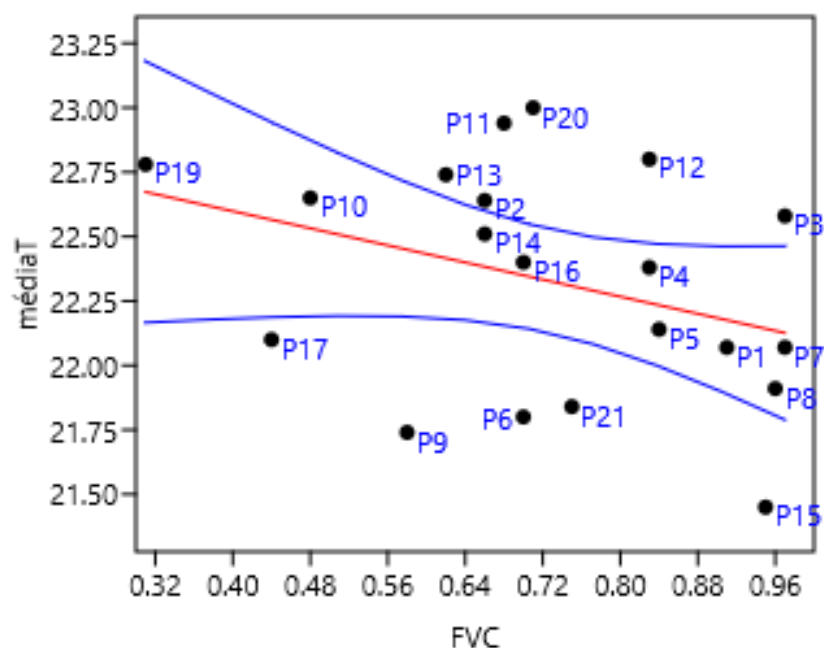


Figura 07 – Gráfico da regressão linear das médias de temperaturas pelo FVC com curva de 95%.

Tabela 05 – Dados da regressão linear das médias de temperaturas pelo FVC.

Ordinary Least Squares Regression: FVC-médiaT	
Slope a:	-0,82885
Std. error a:	0,53038
Intercept b:	22,93
Std. error b:	0,39758
95% bootstrapped confidence intervals (N=1999):	
Slope a:	(-1,7923, 0,14421)
Intercept b:	(22,189, 23,651)
Correlation:	
r:	-0,34564
r ² :	0,11947
t:	-1,5627
p (uncorr.):	0,13552
Permutation p:	0,1425

Já na figura 08 e tabela 06 é possível verificar que para o AVC (variável independente) a média das temperaturas coletadas (variável dependente) regride bem também de forma negativa com aproximadamente 91% de probabilidade de estar correlacionado, mostrando que AVC possui uma probabilidade maior de estar correto na hipótese de quanto maior o AVC, menor a temperatura e vice-versa.

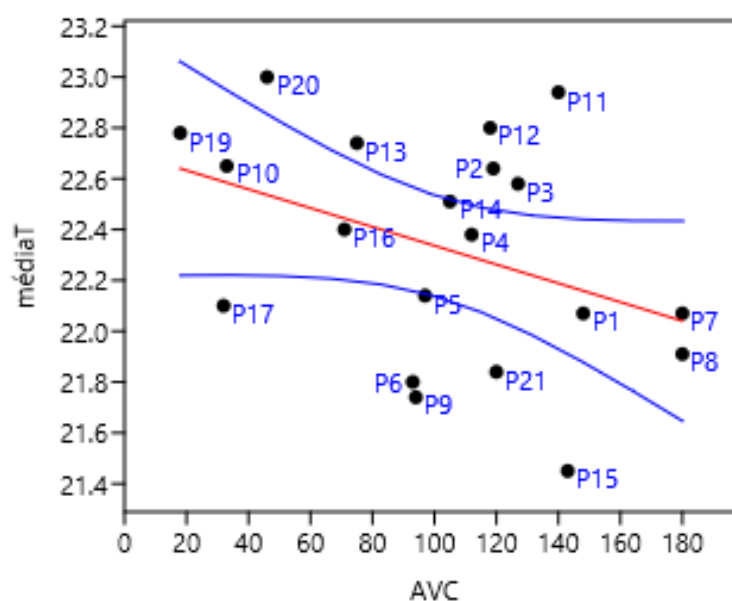


Figura 08 – Gráfico da regressão linear das médias de temperaturas pelo AVC com curva de 95%.

Tabela 06– Dados da regressão linear das médias de temperaturas pelo AVC

Ordinary Least Squares Regression: AVC-médiaT	
Slope a:	-0,0037012
Std. error a:	0,0020893
Intercept b:	22,707
Std. error b:	0,23408
95% bootstrapped confidence intervals (N=1999):	
Slope a:	(-0,0076325, -0,00062262)
Intercept b:	(22,358, 23,104)
Correlation:	
r:	-0,3853
r ² :	0,14846
t:	-1,7715
p (uncorr.):	0,093411
Permutation p:	0,093

Para utilização destes dados em propostas de planejamento urbano voltado à melhoria do conforto térmico, é recomendável que a relação de altura e largura das vias, principalmente nas áreas centrais da Ilha, sejam levadas em conta no Planos Diretores destes municípios, assim como quaisquer outras cidades com mesmas características. A utilização de imagens de satélite para organizar os grupos identificados no agrupamento (figuras 05 e 06) auxiliam a entender a influência da urbanização, como o bloqueio de edifícios verticalizados na orla e o tráfego intenso de grandes avenidas como a Linha Amarela e Av. Gen. Francisco Glicério, interferem nas oscilações de temperaturas. E esta compreensão dos diferenciais de

temperatura intra-urbanos de forma espacial pode permitir aos planejadores e aos políticos uma melhor forma de agir estrategicamente. As áreas de foco podem ser melhor identificadas e as investigações detalhadas e as medidas de mitigação podem ser melhor implementadas (CHEN *et al.*, 2012).

As propostas de mitigação devem ser coerentes com as características de cada trecho, e devem se ampliar para toda a Ilha. No trajeto do VLT, uma das sugestões é o plantio das árvores, inclusive nativas, que mantenham a função e segurança do VLT e ciclovia. Estas não podem interferir na fiação elétrica do VLT e devem possuir uma altura de copa segura para a ciclovia. E não apenas nestes trechos, mas em toda Ilha deve se incentivar a utilização da bicicleta e diminuir o uso do carro. Brown (2008) coloca que o novo urbanismo deve buscar cidades projetadas para os humanos e não para carros. E um bom indicador de que a cidade deve ser projetada e reestruturada para pessoas e não para carros, pois para Penãlosa (2001 *apud* BROWN, 2008) parques são essenciais para a saúde física e emocional de uma cidade assim como o suprimento de água. O uso da bicicleta diminui congestionamento e a necessidade de grandes estacionamentos, reduz a obesidade, diminui a poluição do ar, aumenta a capacidade física, não emite dióxido de carbono e possui um preço mais acessível (BROWN, 2008). É possível desenvolver um estilo de vida urbano que melhore a saúde incorporando exercícios na rotina diária enquanto reduz emissões de carbono e poluição do ar. A maioria das cidades da Baixada Santista é de superfície plana, o que facilita o uso de bicicletas.

E nas grandes avenidas que acompanham o VLT e em todas as demais, se propõe o clareamento das vias, pois diminui a absorção de calor que o asfalto escuro realiza (GARTLAND, 2010). Ainda sobre avenidas, algumas cidades estão reduzindo o congestionamento e a poluição do ar através de cobranças de taxas para carros que entrem na cidade, oferecendo para os moradores mais mobilidade e ar limpo (BROWN, 2008). Neste contexto também se coloca a questões dos caminhões com destino ao Porto de Santos, que poderiam ser trocados com mais eficiência econômica e ambiental por transporte sobre trilhos, a partir de um centro de entrega fora da Baixada Santista.

O artigo da Envision Freight (2017) compara a capacidade de carga de uma barcaça como sendo igual a quinze vagões ou sessenta caminhões, demonstrando que o ideal seria adotar a barcaça quando há vias navegáveis ou trens para maior capacidade.

É possível considerar também a redução de emissão de gases no modal sobre trilhos por capacidade de carga comparando com os caminhões que são os principais meios de transporte de carga para o porto. O artigo também destaca a maior adequação de caminhões atenderem mais o mercado interno e menores distâncias, enquanto que barcaças e trens são importantes para o transporte de grãos exportáveis para portos de embarques para destinos internacionais, que é o caso do porto de Santos.

Outra estratégia aplicável em toda a Ilha para a questão do calor é a utilização de telhados brancos que, segundo uma equipe do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, na Califórnia, que se dedica a estudar uma forma de manter as cidades menos quentes, podem reduzir cerca de três vezes mais o calor (YCON, 2017).

As condições térmicas dos centros de Santos e São Vicente podem ser melhoradas tanto com o uso de vias e telhados brancos, como também com o uso de telhados verdes, que podem ajudar as cidades a recuperar alguns dos efeitos de resfriamento e evaporação que a paisagem natural fornecia, tomando o devido cuidado com o verão chuvoso brasileiro, diferente do hemisfério norte. Há cada vez mais evidências científicas de que os telhados verdes podem reduzir o calor nas áreas urbanas (YCON, 2017). O uso de vegetação nos telhados também pode ser focado em criação de hortas. Para Brown (2008), dado o aumento próximo e inevitável do preço dos combustíveis, os benefícios de se expandir a agricultura urbana vão se tornar mais óbvios. E para Register (2005 *apud* BROWN, 2008) frutas e vegetais frescos e urbanos terão produção em expansão para lotes vagos e canteiros suspensos de acordo com o aumento dos preços de combustíveis.

Existem diversos meios de mitigar o efeito do calor urbano, a estratégia básica é construção intencional e planejamento urbano. Ao construir e expandir cidades, deve-se reconhecer o impacto que o ser humano e suas cidades têm sobre o clima e o meio ambiente. Brown (2008) indica que as cidades devem ser integradas e compatíveis com o ecossistema local e não serem simplesmente impostas e antagônicas a ele.

5. CONCLUSÕES

Com a ausência de áreas rurais dentro da Ilha de São Vicente, utilizar a metodologia de adotar a temperatura do aeroporto mais próximo como base de dados de área rural foi compatível com este estudo, pois a Base Aérea de Santos é bem próxima da Ilha e é a fonte oficial da temperatura deste município. A grande diferença entre o ponto 22 e os demais pontos medidos se coloca como um importante aviso sobre a medição oficial ser baseada em uma região que não representa a temperatura real na grande maioria da cidade na Ilha.

Com as metodologias estudadas foi possível observar uma diferença de temperatura entre pontos e poder relacionar na discussão com suas características físicas (topografia, presença de arborização, altura dos prédios, etc). Para um estudo mais detalhado, aconselha-se que os voluntários e pesquisadores que façam as medidas também verifiquem a quantidade de pessoas e veículos circulando no momento da medição, pois são fontes de calor consideráveis que poderiam ter diferenciado principalmente os pontos mais quentes P19 (centro de Santos, vazio nos momentos das coletas) e P20 (Bairro Boqueirão, bem movimentado devido aos restaurantes nos horários das coletas).

O planejamento urbano das cidades deve levar em consideração a necessidade de se manter a volumetria das edificações de forma a manter um FVC e AVC satisfatório para as trocas naturais de temperaturas serem mais eficientes.

6. VERSÃO COMPACTA

Efeito térmico da urbanização na Ilha de São Vicente, SP

Erika Kyushima Solano

Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos –
Universidade Santa Cecília.

E-mail: ekyushima@gmail.com

Resumo: O diagnóstico das Ilhas de Calor Urbano (ICU) tem se mostrado um instrumento importante para a gestão do espaço urbano, na medida em que pode oferecer subsídios para projetar cidades mais confortáveis termicamente. O objetivo deste estudo foi analisar a influência da estrutura urbana na formação de microclimas através de análises de temperaturas em campo, com duas metodologias de coleta de temperaturas: por transecto móvel (eixo oeste-leste da Ilha), pontos de medição fixos com voluntários abrangendo a área de estudo. Cálculos de Ângulo e Fator de Visão do Céu (AVC e FVC) e com observação do Fator de Arborização (FARB) para avaliar o padrão térmico em diferentes pontos da Ilha. O FARB não apresentou diferença significativa, sendo de baixa capacidade de caracterização de ICU. O AVC apresentou a maior correlação inversa com as temperaturas, sendo um índice que auxilia por ser de rápida observação através da volumetria urbana. Foi observada uma ICU de intensidade de até 6,7°C. O planejamento urbano das cidades deve levar em consideração a necessidade de se manter a volumetria das edificações de forma a manter um FVC e AVC satisfatório para as trocas naturais de temperaturas serem mais eficientes.

Palavras chave: ilha de calor urbano; conforto térmico; clima urbano

Thermal effect of urbanization on São Vicente Island, SP

Abstract: The Urban Heat Island (UHI) diagnosis has shown to be an important instrument for planning and management the urban space, since it can offer subsidies to design cities to be more thermally comfortable. The objective of the present study was to analyze the influence of the urban structure on the formation of microclimates or UHIs by means of temperature analyzes. Two methodologies were applied for collecting data: by mobile transect (west-east axis of the Island), points of fixed measurements with volunteers covering the study area. Calculations of Height/Width Ratio and Sky View Factor (H/W and SVF) and were also conducted the observation of the Arboreal Factor (FARB) to evaluate the thermal pattern in different points of the Island. FARB did not present significant differences, being of low UHI characterization capacity. The H/W presented the highest inverse correlation with the temperatures, being an index that assists by being of quick observation through the urban volumetry. A max intensity UHI of 6.7 °C was observed. Urban planning of cities should take into account the need to maintain the volumetry of buildings in order to maintain adequate SVF and H/W to have more efficient natural temperature changes.

Keywords: urban heat island. Thermal comfort. Urban climate.

Introdução

As Ilhas de Calor Urbano (ICU) são o exemplo mais evidente de modificações climáticas inadvertidamente provocadas pelo homem, tendo sido observadas em praticamente todas as metrópoles do mundo [1]. Portanto, o diagnóstico das ICU tem se mostrado um instrumento importante para a gestão do espaço urbano, na medida em que a espacialização das diferenças das temperaturas intraurbanas e rurais próximas pode oferecer subsídios para amenizar a magnitude de tais ilhas de calor [2].

O objeto deste estudo é a Ilha de São Vicente, que é composta pelas partes insulares de dois municípios paulistas: Santos e São Vicente. É uma área caracterizada pela intensa urbanização do seu território, pela alta densidade demográfica e por abrigar um maciço de morros [3]. Em uma topografia plana, como a maior parte da Ilha, as diferenças de volume de edificações assumem o papel de criadoras das variedades topográficas [4]. E a geometria urbana tem uma influência complexa no microclima do meio urbano, e que o efeito mais importante é das edificações que obstruem o céu aberto e retardam o resfriamento das superfícies durante noites limpas e calmas, resultando no fenômeno das ICU [5].

Objetivos

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência da estrutura urbana na formação de microclimas ou ilhas de calor para planejar estratégias e gerar ferramentas para melhoria do planejamento urbano desta região, focando em amenizar os efeitos indesejados destes microclimas para a população humana, como também para a flora e a fauna urbana.

Materiais e métodos

Foram escolhidas duas metodologias de coleta de temperaturas: a primeira por transecto móvel, seguindo metodologia de Amorim et al. 2015 [2], e a segunda metodologia adotada foi por medições em pontos fixos por voluntários, baseada em Nascimento 2015 [6].

O período definido para campanha de campo foi no período de inverno, por ser o período de maior identificação da diferenciação das ilhas de calor [7] e sempre no horário das 21 horas que é adequado para este tipo de registro, uma vez que as temperaturas não experimentam naturalmente mudanças rápidas [2]. As datas definidas foram: 2, 9, 16, 23 e 30 de junho, 7 e 14 de julho do ano 2017.

Foram fotografados todos os pontos em formato olho de peixe para o cálculo do FVC usando o software Autodesk AutoCAD. No Fator de Visão do Céu (FVC) o resultado pode variar de 0 a 1, sendo 0=0% de visão do céu, e 1=100% de visão do céu.

Para medir a largura das vias e alturas dos edifícios para o cálculo do Ângulo de Visão do Céu (AVC), foi utilizada uma trena laser. Para desenho dos perfis dos pontos de medição e do valor do AVC, foi utilizado novamente o software Autodesk AutoCAD. No AVC o resultado pode variar de 0° a 180°.

O Fator de Arborização (FArb) considerou três possibilidades de resultado através de observação: 0 quando não há nenhuma vegetação, 1 quando há presença de arbusto e 2 quando há presença de árvore nos pontos de medição.

Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças de até 6,7°C. Esta intensidade é alta e é aproximada de outros estudos como: intensidade de 8°C em Phoenix (EUA) [5], intensidade de 9°C em Presidente Prudente (Brasil) [2], intensidade de 9°C em Lisboa (Portugal) [1] e intensidade entre 4 e 5°C em Tóquio (Japão) [8].

Tabela 1. Temperaturas máximas e mínimas por dia de coleta e a diferença observada em cada data.

Sem Base Aérea de Santos (P22)							
Medições	1ª: 02/06	2ª: 09/06	3ª: 16/06	4ª: 23/06	5ª: 30/06	6ª: 07/07	7ª: 14/07
Máxima	22,9	24,3	26	24,3	24,8	22,9	23,2
Mínima	20,1	21,6	19,3	20,3	20,3	18,8	18,5
Diferença	2,8	2,7	6,7	4	4,5	4,1	4,7

Foi então realizada uma análise de agrupamento, com uso do software Past e definido o método de Ward para classificação, esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido a sua minimização de variação interna e tem se revelado um dos melhores métodos de aglomeração [9].

Tabela 2. Comparação entre os pontos de medição de acordo com seus AVC, FVC, FArb, altitude, médias e desvio padrão.

Pontos	AVC	FVC	FArb	altitude	Média	dp
P 1	148°	0,91	1	11	22,07	0,85
P 2	119°	0,66	1	9	22,64	0,71
P 3	127°	0,97	0	13	22,59	0,77
P 4	112°	0,83	2	9	22,39	0,79
P 5	97°	0,84	2	9	22,14	0,88
P 6	93°	0,7	2	12	21,80	0,83
P 7	~180°	0,97	1	8	22,07	0,73
P 8	~180°	0,96	1	6	21,91	0,95
P 9	94°	0,58	2	13	21,74	1,05

P 10	33°	0,48	2	8	22,66	0,92
P 11	140°	0,68	0	8	22,94	0,76
P 12	118°	0,83	2	9	22,80	0,74
P 13	75°	0,62	1	12	22,74	0,67
P 14	105°	0,66	0	8	22,51	0,79
P 15	143°	0,95	0	5	21,46	1,05
P 16	71°	0,7	0	9	22,40	1,93
P 17	32°	0,44	0	6	22,10	0,93
P 18	124°	0,9	2	109	20,13	1,13
P 19	18°	0,31	0	9	22,79	1,78
P 20	46°	0,71	2	11	23,00	1,05
P 21	120°	0,75	1	9	21,84	1,32

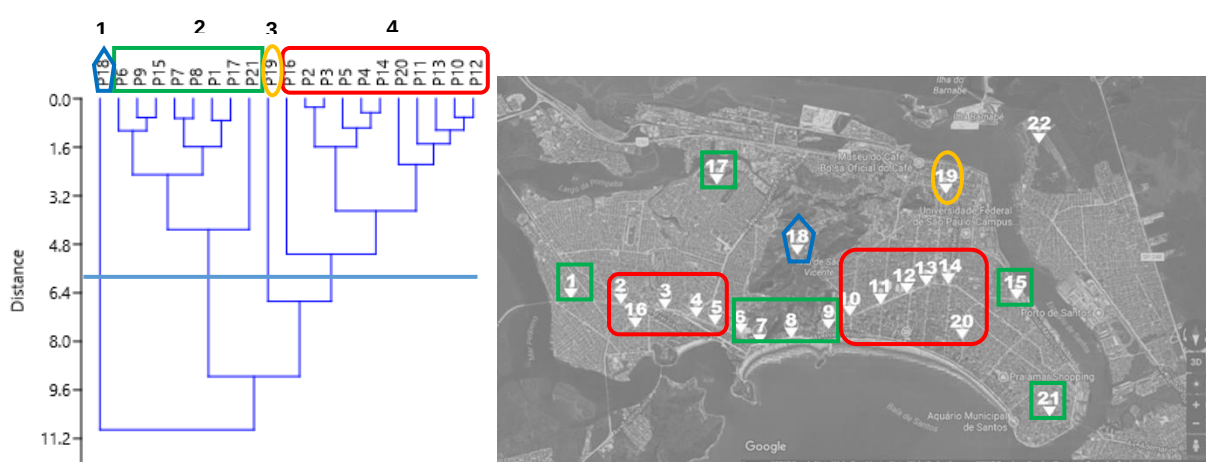


Figura 1. Análise de agrupamento seguindo método Ward dos pontos de medição, excluindo o P22, com linha de corte de análise e $c.c.c = 0,5985$ e imagem de satélite com indicação dos pontos de coletas e espacialização dos grupos 1 (azul), 2 (verde), 3 (amarelo) e 4 (vermelho) formados.

Foi possível identificar 4 grupos (figura 1). Percebe-se que o grupo 2 é formado com os pontos com as temperaturas mais amenas da planície da Ilha, possui maior quantidade de pontos com AVC/FVC altos. Quanto ao FARb, não foi nítida a diferença. Além disto, pontos 01, 15, 17 e 21 são os pontos mais periféricos e próximos do mar ou estuário, enquanto os pontos 6, 7, 8 e 9 estão entre o maciço de morros, que ainda possuem bastante área de vegetação devido a intensa inclinação, e a praia. Na região periférica da Ilha, apenas o ponto 19 não está neste grupo, se alocando então no grupo 3, que é representado por temperatura alta, AVC, FVC e FARb baixos e localizado na periferia da Ilha. O grupo 4 é formado então por pontos com temperaturas medidas predominantemente mais altas, maior quantidade de pontos com AVC pequenos. O FARb novamente não teve diferença significativa, colocando esta avaliação como de baixa capacidade de caracterização de ilhas de calor.

Para utilização destes dados em propostas de planejamento urbano voltado à melhoria do conforto térmico, é recomendável que a relação de altura e largura das vias, principalmente

nas áreas centrais da Ilha, seja considerada nos Planos Diretores destes municípios. A utilização de imagens de satélite para organizar os grupos identificados no agrupamento auxilia a entender a influência da urbanização, como o bloqueio de edifícios verticalizados na orla e o tráfego intenso de grandes avenidas, podem interferir nas oscilações de temperaturas. E esta compreensão dos diferenciais de temperatura intra-urbanos de forma espacial pode permitir aos planejadores e aos políticos uma melhor forma de agir estrategicamente [5].

Conclusões

Com as metodologias estudadas foi possível observar uma diferença de temperatura entre pontos e poder relacionar na discussão com suas características físicas (topografia, presença de arborização, altura dos prédios, etc).

O planejamento urbano das cidades deve levar em consideração a necessidade de se manter a volumetria das edificações de forma a manter um FVC e AVC satisfatório para as trocas naturais de temperaturas serem mais eficientes.

Referências bibliográficas

1. LOPES A (2008). O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. *Territorium. Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, 15: 39-52.
2. AMORIM MCCT, DUBREUIL V, CARDOSO RS (2015). Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 11. 16: 29-45.
3. PÓLIS, Instituto. Diagnóstico Urbano Socioambiental. Município de São Vicente. Convênio Petrobras Instituto Pólis. Relatório nº 6. 2013. Site: http://litoralsustentavel.org.br/wp-content/uploads/2013/04/1._S%C3%A3oVicente-A_20.03.2013.pdf Acesso em 06/03/2017.
4. MONTEIRO, CAF. e MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. São Paulo: Editora contexto, 2015. 192 P.
5. CHEN L, NG E, NA X, REN C, LEE M, WANG U, HE Z (2012). Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach. *International Journal of Climatology* 32: 121-136.
6. NASCIMENTO AP (2015). Estudo comparativo do conforto térmico em três realidades urbanas da cidade de Santos, SP. Santos: UNISANTA, 2015. 107p.
7. GARTLAND L (2010). *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Tradução: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos. 248 p.
8. YAMASHITA S (1996). Detailed structure of heat island phenomena from moving observations from electric tram-cars in Metropolitan Tokyo. *Atmospheric Environment*. 30(3):429-435
9. SEIDEL EJ, MOREIRA JR FJ, ANSUI AP, NOAL MRC (2008). Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. *Ciência e Natura*, UFSM, 30: 7-15.

REFERÊNCIAS

- AIKAWA, M.; HIKARI, T.; EIHO, J. et al. **Air temperature variation with time and thermally evaluated atmospheric conditions correlated with land use change in urban areas of Japan**. International Journal of Climatology. 28: 789-795. 2008.
- AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, RS. **Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, ano 11. 16: 29-45. 2015.
- AMORIM, R.R.; OLIVEIRA, R.C.D. **Análise Geoambiental dos setores de encosta da área urbana de São Vicente-SP**. Revista Sociedade e Natureza, 19: 123-138. 2007.
- AUTODESK AUTOCAD. **Software**. Product Version: N.52.0.0 AutoCAD 2017. Education Version. © Autodesk, Inc, 2017.
- AZEVEDO, V.A.A. **Influência da estrutura urbana no microclima da cidade de Bertioga – SP**. Santos: UNISANTA, 2016. 48p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Mestrado em Ecologia, Universidade Santa Cecília, Santos, 2016.
- BOECK, A. **Árvores urbanas ajudam a economizar na conta de luz**. 7 de mar. 2017. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2017/03/07/arvores-urbanas-ajudam-a-economizar-na-conta-de-luz/> Acesso em 07 nov. 2017.
- BONI, F. **Telhado verde: uma opção sustentável?** 2030Studio. 19 fev. 2015l. Disponível em: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/> Acesso em 06 nov. 2017.
- BROWN, LR. 10. **Designing Cities for People**. In Plan B 3.0 Mobilizing to save civilization. The Earth Policy Institute. Pág. 192-209. New York: W.W. Norton & Company, 2008. 398 p.
- BUSTOS ROMERO, MA. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. 226 p.
- CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. – 3. ed. –São Paulo: Editora Cortez, 2001. 436 p.
- CLIMATEMPO. **Previsão do tempo: Base Aérea de Santos**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/aeroporto/333/baseaereadesantos-sp> Acesso em 06 mar. 2017.
- CHEN, L.; NG, E.; NA, X.; REN, C.; LEE, M.; WANG, U.; HE, Z. **Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air**

temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach. International Journal of Climatology 32: 121-136. 2012.

COSTA, A.C.L.; MATTOS, A. **Estudo da ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte na região equatorial.** Anais.. Brasília: SBMET, 1998.

ENVISION FREIGHT: A ROADMAP TO FREIGHT COMPATIBILITY. **The Transportation of Grain.** Disponível em: <http://www.envisionfreight.com/value/pdf/Grain.pdf> Acesso em 10 out. 2017.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Frequently asked questions about global warming and climate change: Back to Basics.** Abril de 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/> Acesso em 25/11/2017

FELIN, B. **Brasil não pode perder de vista a implementação da nova agenda urbana.** 7 de abril 2017. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2017/04/07/brasil-nao-pode-perder-de-vista-a-implementacao-da-nova-agenda-urbana/> Acesso em 07 nov. 2017.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Tradução: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

GIOMETTO, M.G.; CHRISTEN A.; MENEVEAU, C. et al. **Spatial Characteristics of Roughness Sublayer Mean Flow and Turbulence Over a Realistic Urban Surface.** Boundary-Layer Meteorology, 160(3): 425-452. 2016.

HAKNER, J. **“Heat island” effect could double climate change costs for world’s cities.** 29 de maio 2017. Disponível em: https://www.eurekalert.org/pub_releases/2017-05/uos-i052517.php Acesso em 07 Nov. 2017.

HAMMER; HARPER, DAT; RYAN, PD. **PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis.** Palaeontologia Electronica 4(1): 9 pp. 2001.

HEDQUIST, B.C.; BRAZEL, A.J. **Urban, Residential, and Rural climate comparisons from Mobile Transects and Fixed Stations: Phoenix, Arizona.** Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science, 38(2): 77-87. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População no último censo [2010].** Governo Federal. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/santos/panorama> Acesso em 06 mar. 2017.

LOPES, A. **O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa.** Territorium. Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 15: 39-52. 2008.

LUCENA, A.J.; ROTUNNO FILHO, O.C.; PERES, L.F.; FRANÇA, J.R.A. **A evolução da ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** Revista GEONORTE, Edição especial 2, V. 2, 5: 8-21. 2012.

MINELLA, F.O.; ROSSI, F.A.; KRUGER, E.L. **Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas.** X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de conforto no ambiente construído, p. 208-217. Natal, 2009.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano.** São Paulo: Editora contexto, 2015. 192 P.

NASCIMENTO, A.P. **Estudo comparativo do conforto térmico em três realidades urbanas da cidade de Santos, SP.** Santos: UNISANTA, 2015. 107p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Mestrado em Ecologia, Universidade Santa Cecília, Santos, 2015.

NOVO MILÊNIO. **Histórias e lendas de Santos – Urbanismo. Solução Vertical?** 2012. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0230f4.htm> Acesso em 09 nov. 2017.

NOWAK, D.J.; APPLETON, N.; ELLIS, A. et al. **Residential building energy conservation and avoided power plant emissions by urban and community trees in the United States.** Urban Forestry & Urban Greening, 21: 158-165. 2017

PÓLIS, Instituto. **Diagnóstico Urbano Socioambiental. Município de São Vicente.** Convênio Petrobras Instituto Pólis. Relatório nº 6. 2013. Disponível em: http://litoralsustentavel.org.br/wp-content/uploads/2013/04/1._S%C3%A3oVicente-A_20.03.2013.pdf Acesso em 06 mar. 2017.

PONCIANO, F.L.C. **Adequação arquitetônica de edifícios com potencialidade de captação de águas pluviais na cidade de Santos.** Santos: UNISANTA, 2016. 77p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Mestrado em Ecologia, Universidade Santa Cecília, Santos, 2016.

RICOH THETA. **Software.** Version 3.2.1 Copyright © 2013 Ricoh Company, Ltd.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria de Meio Ambiente. Coordenadoria de planejamento ambiental. **Baixada santista.** Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/zoneamento/zoneamento-ecologico-economico/baixada-santista/> Acesso em 07 nov. 2017.

SEIDEL, E.J.; MOREIRA J.R.F.J.; ANSUJ, A.P.; NOAL, M.R.C. **Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite.** Ciência e Natura, UFSM, 30: 7-15. 2008.

SMITH, RL. **The ecology of man: An ecosystem approach** – 2. ed.-New York: Harper & Row, 1975. 399 p.

TANSCHUIT, P. **Barcelona planeja uma transformação verde para tratar problemas climáticos.** 30 de out. 2017. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2017/10/30/barcelona-planeja-uma-transformacao-verde-para-tratar-problemas-climaticos/> Acesso em 07 nov. 2017.

TANSCHUIT, P. **Conforto das vias é determinante para uso da bicicleta.** 6 de nov. 2017. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2017/11/06/conforto-das-vias-e-determinante-para-o-uso-da-bicicleta/> Acesso em 07 nov. 2017.

TOPOGRAPHIC-MAP. **Ilha de São Vicente.** Disponível em: <http://pt-br.topographic-map.com/places/Ilha-de-S%C3%A3o-Vicente-1344946/> Acesso em 10 out. 2017.

TRENTINI, S. **Cidade suíça utiliza árvores para amenizar o efeito de ilhas de calor.** 8 de set. 2016. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2016/09/08/cidade-suica-utiliza-arvores-para-amenizar-o-efeito-das-ilhas-de-calor/> Acesso em 07 de Nov. 2017.

TRENTINI, S. **O formato das cidades ajuda a determinar o clima e a poluição do ar.** 21 jun. 2016. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2016/06/21/o-formato-das-cidades-ajuda-a-determinar-o-clima-e-a-poluicao-do-ar/> Acesso em 07 nov. 2017.

TRENTINI, S. **Por que transformar dados em projetos visuais contribui para a sustentabilidade urbana.** 7 de Nov. 2016. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2016/11/07/por-que-transformar-dados-em-projetos-visuais-contribui-para-a-sustentabilidade-urbana/> Acesso em 07 nov. 2017.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.** New York: United Nations, 2014. 27 p.

YAMASHITA, S. **Detailed structure of heat island phenomena from moving observations from electric tram-cars in Metropolitan Tokyo.** Atmospheric Environment. Volume 30 (3): 429-435. 1996.

YCON. **Ilhas de calor: como minimizar esse efeito nas metrópoles?** 30 de out. 2017. Disponível em: <http://www.ycon.com.br/sustentabilidade/ilhas-de-calor-como-minimizar-esse-efeito-nas-metropoles/> Acesso em 06 nov. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Carta explicativa entregue aos voluntários responsáveis pelas medições nos Pontos Fixos junto com o termômetro para as coletas.

Explicação para os voluntários do Projeto de Mestrado intitulado: Análise das ilhas de calor urbanas da Ilha de São Vicente (SP), realizado pela mestrandia Erika Solano, com orientação do Prof. Dr. Mohamed Habib e Prof Dr. Walter Barrella na Universidade Santa Cecília (Santos/SP).

As medições serão em 7 sextas feiras em junho e julho de 2017, sempre às 21h. Seguem as datas para medir a temperatura:

02/06 - 21h: °C

09/06 - 21h: °C

16/06 - 21h: °C

23/06 - 21h: °C

30/06 - 21h: °C

07/07 - 21h: °C

14/07 - 21h: °C

A medição deve ocorrer na calçada (área externa) com o sensor do termômetro na altura do peito (aproximadamente 1,5m do chão). **CUIDADO** para não tocar no sensor, pois altera o valor da temperatura medida! Segurar no fio apenas. Exemplo na foto abaixo:



Meus contatos para dúvidas:

E-mail: ekyushima@gmail.com

Favor me enviar a temperatura por escrito ou por foto do termômetro em toda medição.

Muito obrigada!

Erika Solano

APÊNDICE B – Ficha de campo com os pontos fixos e do transecto móvel.

Ficha de campo - Data da coleta: ____ / ____ / ____ - Vento: ____			
Horário	Local de Medição	Temperatura	Obs
	Ponto 1 Estação VLT - Terminal Barreiros		
	Ponto 2 Estação VLT - Mascarenhas		
	Ponto 3 Estação VLT - São Vicente		
	Ponto 4 Estação VLT - Emmerich		
	Ponto 5 Estação VLT - Nossa Sra. Das Graças		
	Ponto 6 Estação VLT - José Monteiro		
	Ponto 7 Orla da praia - Teleférico		
	Ponto 8 Orla da praia - Posto BR		
	Ponto 9 Sabesp/Orquidário		
	Ponto 10 Av. Glicério com Canal 1		
	Ponto 11 Estação VLT - Bernardino de Campos		
	Ponto 12 Estação VLT - Ana Costa		
	Ponto 13 Estação VLT - Washington Luis		
	Ponto 14 Estação VLT - Conselheiro Nébias		
	Ponto 15 Porto - Canal 4		
	Ponto 16 Rua Lima Machado 526 - Centro, São Vicente - voluntários Gisele e Otávio		
	Ponto 17 Rua Carlos Alberto Silva, 16 - Bom Retiro, Santos - voluntário Raymar		
	Ponto 18 Rua Adilson Buló, 346 - Morro Nova Cintra, Santos - voluntário Vandré		
	Ponto 19 Rua Bittencourt, 141 - Centro, Santos - voluntário Andrey		
	Ponto 20 Rua Bolívar com Av. Siqueira Campos - voluntários Helena, Cabral		
	Ponto 21 Av. Gen. San Martin, 132 - Ponta da Praia, Santos - voluntário Roberto		
	Ponto 22 Base Aérea de Santos (dados online)		