UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Câmpus de Presidente Prudente

WASHINGTON PAULO GOMES

CARACTERÍSTICAS DA TEMPERATURA NA ZONA COSTEIRA: ANÁLISE DO CLIMA URBANO EM UBATUBA-SP

Presidente Prudente
2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Câmpus de Presidente Prudente

WASHINGTON PAULO GOMES

CARACTERÍSTICAS DA TEMPERATURA NA ZONA COSTEIRA: ANÁLISE DO CLIMA URBANO EM UBATUBA-SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologiada Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - FCT/UNESP - campus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.
Área de concentração: Produção do Espaço Geográfico

Orientadora: Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Presidente Prudente
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Gomes, Washington Paulo.
G618c Características da temperatura na zona costeira : análise do clima urbano em Ubatuba-SP / Washington Paulo Gomes. - Presidente Prudente : [s.n.], 2017
209 f.

Orientadora: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Clima urbano. 2. Zona costeira. 3. Ubatuba-SP. I. Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP

AUTOR: WASHINGTON PAULO GOMES
ORIENTADORA: MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GEOGRAFIA, área: PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. VINCENT DUBREUIL
Géographie et Aménagement / UNIVERSIDADE DE RENNES 2

Prof. Dr. JOÃO LIMA SANTANNA NETO
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 06 de outubro de 2017

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Sebastião (Pança)
e à minha mãe Edi (Querida).
Obrigado por tudo...

AGRADECIMENTOS

Talvez este seja um dos momentos mais especiais da concretização de um trabalho, o momento de olhar para o lado e agradecer de coração todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui. Por muitas vezes antes de dormir fiquei pensando em como iria escrever essas palavras. Acredito que esses devaneios momentâneos sejam frutos de uma admiração pessoal minha, para cada um de vocês que me apoiaram e sempre fizeram com que cada minuto fosse especial, tanto para a realização do trabalho, quanto para o meu desenvolvimento pessoal e afetivo.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais Sebastião e Edi (Pança e Querida), obrigado por todo apoio, carinho, amor, confiança e exemplo de vida, vocês são o motivo pelo qual permaneço em luta todos os dias, sabemos nossos objetivos e podem ter certeza, um dia chegaremos lá! Ainda aqui, quero agradecer aos meus irmãos Nany, Dielme e Willian a minha cunhada Priscila e as minhas sobrinhas Stefany e Isabely, obrigado por todo o carinho.

Neste momento quero agradecer a minha companheira de todos os dias, a pessoa que esteve do meu lado ao longo dos últimos três anos, me apoiando em todas as tomadas de decisões e compartilhando comigo os melhores e piores (raros) momentos. Tatiane Felix (Tati) você se tornou mais do que especial na minha vida, temos nossos planos e tenho certeza que eles já estão se concretizando, junto com este e com o seu brilhante trabalho. Inclusive não poderia deixar de citá-lo aqui, ter a oportunidade de participar do processo de construção da sua tese que trata das emoções e sentimentos, me fez de alguma forma apropriar ainda que superficialmente desses conceitos, obrigado por me ensinar e mais do que isso deixar que eu possa demonstrar todas as formas de afeto que tenho por você.

Agora um agradecimento mais que especial para a professora Margarete Amorim, obrigado por acreditar que este trabalho poderia ser realizado. A senhora fez com que aquelas ideias iniciais tomassem forma e chegassem até aqui, garantindo a qualidade necessária e melhor do que isso, construindo junto ao longo de todo o processo. Já faz sete anos que apareço de surpresa e cheio dúvidas em sua sala e a senhora sempre me recebe com o mesmo sorriso e demonstração de carinho. Obrigado de coração!

Um agradecimento especial para o professor Vincent Dubreuil, obrigado pela excelente recepção durante a minha estadia na Université Rennes 2, pela chance de trabalhar no laboratório Costel e pela oportunidade única de participar do curso de mestrado. Obrigado por todas as contribuições no trabalho em especial para o desenvolvimento da modelagem e pelo esforço em participar da banca. Merci beaucoup!

Agradeço ao professor João lima pela participação na banca de qualificação, pela leitura atenta e diversas contribuições ao trabalho.

Agradeço ao professor Tadeu Tommaselli pela participação na banca de qualificação e por todas as contribuições ao trabalho. Obrigado por todos os ensinamentos e leituras de vida que as nossas conversas me proporcionaram, pra mim o senhor sempre foi mais do um professor.

Não poderia deixar de agradecer meu irmão e parceiro Lucas Dias, obrigado por me aturar no mesmo ambiente pelos últimos anos, começamos juntos essa jornada e aqui seguimos! Agradeço ao meu brother João Vitor (Gordinho) que também fez parte dessa trajetória e sempre nos animou com as suas cantorias, você seguiu o seu caminho, mas as lembranças continuaram presentes. Quero agradecer ao Bruno, Miriam e Ari, mesmo sendo por curtos períodos também fazem com que a dinâmica do apartamento se torne mais animada e o ambiente sempre agradável!

Quero agradecer os meus amigos Ari e Paulo (*Geobrothers*), vocês foram dois presentes que o mestrado me deu. Muito obrigado por todas as contribuições, momentos de lazer e descontração. Agradeço também a Glasi que sempre esteve presente nesses momentos e podemos compartilhar com muitas risadas.

Quero agradecer a Giuglianna e Jeferson, obrigado por toda a amizade ao longo de todos esses anos, vocês são mais do que especiais!

Agradeço a turma do Eurotrip (Tati, Alex, Dayse, Diego e Sônia), obrigado por terem proporcionado momentos especiais, com certeza teremos novas oportunidades! Além disso, obrigado por todo o incentivo pessoal e profissional.

Agradeço aos meus companheiros do grupo de pesquisa GAIA (Danielle, Baiano, Cirso, Paulo, Larissa, Renata, Janaina, Núbia, Camila, Mariana). Um agradecimento especial para a Karime, a sua parceria em Rennes foi fundamental, obrigado de coração!

Agradeço aos amigos que a universidade me proporcionou, obrigado pelas conversas nos corredores e também por todas as atividades desenvolvidas (Kika, Rodrigo, Tuim, Jô, Guilherme, Taisa, Josué, Liriane e Rafhael).

Um agradecimento especial para todas os meus amigos de Ubatuba que me ajudaram no trabalho de campo (Padrinho, Sandro, Marcelo, Pamela, Flavia, Mauricio, Thais, Sidnei, Jovani). Obrigado de coração, vocês foram guerreiros!

Agradeço a todas as pessoas que disponibilizaram as suas casas para a instalação dos miniabrigos (Cleusa, Éder, Ananias, Paulo, Geraldo, Sandro, Natal, Antonia, Maria).

Je remercie mes collègues du Master Géographie et Aménagement du parcours Fonctionnement Spatial des Milieux - FSM2 - (Manon, Jérémy, Jacquy, Napo, Sabiou, Anaïs, Achour), merci pour tout. Je remercie également les membres du laboratoire COSTEL (Xavier et Véronique), les professeurs de l'Université Rennes 2 et mon ami Bastien pour toute la réception. Merci beaucoup!

Agradeço aos funcionários da Seção de Pós-Graduação (Aline, Cinthia, André e Ivonete), obrigado por todo o auxilio, vocês são ótimos!

Agradeço a Tamae por sempre me receber de forma gentil e por toda ajuda com as prestações de contas da FAPESP.

A FCT/UNESP pelo apoio institucional.

A CAPES pela concessão da bolsa durante os primeiros cinco meses de trabalho.

A FAPESP pela concessão da Bolsa Regular no País (Processo: 2015/04784-1) e pelo financiamento da Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (Processo: 2016/06880-0).

Desconfiai do mais trivial,
na aparência singelo.
E examinai, sobretudo, o que parece habitual.
Suplicamos expressamente:
não aceiteis o que é de hábito
como coisa natural.
Pois em tempo de desordem sangrenta,
de confusão organizada,
de arbitrariedade consciente,
de humanidade desumanizada,
nada deve parecer natural.
Nada deve parecer impossível de mudar.

Nada é impossível de mudar

(Bertold Brecht)

RESUMO

Os estudos sobre clima urbano realizados até o momento deram maior relevância às cidades de grande porte, supostamente pelo maior comprometimento da qualidade de vida de seus habitantes e pelo agravamento dos problemas ambientais. Atualmente, no Brasil, há avanços em relação aos trabalhos realizados em cidades de pequeno e médio porte, sendo fundamentais para planificação e o ordenamento territorial. Considerando-se a carência de estudos sobre a qualidade do ambiente urbano, sobretudo, em cidades de pequeno e médio porte em zonas costeiras no Brasil, e a necessidade de se realizar pesquisas que se referem à qualidade ambiental necessária para o desenvolvimento da vida humana, foi proposto o estudo do clima urbano em Ubatuba-SP. Este trabalho buscou compreender até que ponto a dimensão de uma cidade pode gerar um clima urbano específico e, também, quais seriam as formas de espacialização das ilhas de calor em uma cidade localizada na zona costeira. O objetivo principal deste estudo foi compreender e analisar o clima urbano de Ubatuba-SP, buscando identificar os níveis de interferência humana no ambiente, caracterizar as temperaturas de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes e sua distribuição no espaço geográfico, levando em consideração os diferentes padrões construtivos e as características do relevo. A pesquisa teve como aporte teórico o Sistema Clima Urbano com ênfase no subsistema termodinâmico. Buscou-se trabalhar as relações entre os atributos geoecológicos do sítio, a morfologia e as funções urbanas. Os procedimentos metodológicos realizados se basearam na coleta de dados por medidas móveis, por pontos fixos e imagens de satélites. Os transectos móveis para a coleta de dados de temperatura foram realizados nos períodos da manhã (9h), tarde (15h) e noite (21h), em três episódios, durante os dias 11, 18 e 27 de novembro de 2015, totalizando nove medidas simultâneas em dois trajetos S-N e O-L. Foram instalados 15 miniabrigos meteorológicos (pontos fixos) distribuídos pela malha urbana para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar no mês de novembro de 2015, neste caso, também foram utilizados os dados das estações meteorológicas automáticas do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), totalizando 17 pontos de registro. Os dados das estações meteorológicas também foram utilizados para realizar a caracterização da direção e velocidade predominante dos ventos e na identificação das brisas marítimas e terrestres. Também foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto com o objetivo de realizar a modelagem da ilha de calor urbana, considerando as características de uso e a ocupação da terra. Os resultados apontaram diferenças de até 5,4ºC nas medidas móveis e diferenças de até 6ºC nas medidas fixas. A modelagem foi capaz de explicar cerca de 50% da variabilidade das temperaturas com a formação de ilha de calor bem definida na área central da cidade, apresentando intensidade de 5°C em relação ao entorno rural. O sistema de brisas contribuíram, em alguns casos, para o deslocamento da temperatura, sendo mais eficiente durante o dia sob efeitos das brisas marítimas com o deslocamento do calor da área central para o interior do continente e menos frequente durante a noite sob atuação da brisa terrestre. De modo geral as áreas mais quentes da cidade com a geração de ilhas de calor se apresentaram como resultados dos processos de ocupação desigual do espaço, sendo as áreas densamente construídas, com baixo padrão construtivo e baixa vegetação arbórea, e sobretudo, localizadas fora das áreas de interesse turístico, de valorização cênica e forte especulação imobiliária dos espaços residenciais fechados nas orlas das praias.

Palavras chaves: Clima urbano; Zona costeira; Ilha de calor; Modelagem; Ubatuba-SP.

ABSTRACT

The studies on urban climate carried out so far have given greater importance to large cities, presumably because the greater quality of life of its inhabitants and the aggravation of environmental problems. Currently, in Brazil, there are advances related to works carried out in small and medium-sized cities, being fundamental territorial planning. Considering the lack of studies on the quality of the urban environment, especially in small and medium-sized cities in coastal areas in Brazil, and the need to carry out research that refers to the environmental quality necessary for the development of human life it was proposed the study of the urban climate of the city of Ubatuba-SP. This study aimed to understand how the extent size of a city can generate a specific urban climate and, even, which would be the forms of spatialization of the heat islands in a city located in the coastal zone. The main objective of this study was to understand and analyze the urban climate of the city of Ubatuba, looking for to identify the levels of human interference in the environment, to characterize the temperatures according to the atmospheric systems and their distribution in the geographic space, taking into account the different constructive patterns and the characteristics of the relief. The research had as theoretical contribution the Urban Climate System with emphasis in the thermodynamic subsystem. It was aimed to work the relations between the geoecological attributes of the site, the morphology and the urban functions. The methodological procedures were based on the collection of data by mobile measurements, by fixed points and satellite images. The mobile transects for the collection of temperature data were performed in the morning (9 A.M.), afternoon (3 P.M.) and night (9 P.M.), in three episodes, during November 11th, 18th and 27th of the year of 2015, totaling nine simultaneous measurements on two routs S-N and W-E. Fifteen fixed measurement points were installed in the urban network of the city to collect data on temperature and relative humidity in the month of November 2015, in this case, were also used data from automatic weather stations of the Agronomic Institute of Campinas (IAC) and the Oceanographic Institute of the University of São Paulo (IOUSP), totaling 17 registration points. The data of the meteorological stations were also used to characterize the direction and the predominant velocity of the winds and in the identification of the maritime and terrestrial breezes. Were also used remote sensing techniques in order to carry out the modeling of the urban heat island, considering the use and occupation of land characteristics. The results showed differences of up to 5,4ºC in mobile measurements and differences of up to 6°C in fixed measures. The modeling was able to explain about 50% of the temperature variability with the formation of a well defined heat island in the central area of the city, presenting intensity of 5°C in relation to the rural environment. The system of breezes contributed, in some cases, to the displacement of the temperature, being more efficient during the day under effects of the sea breezes with the displacement of the heat of the central area to the interior of the continent and less frequent during the night under the action of the terrestrial breeze. In general, the hottest areas of the city with the generation of heat islands were presented as results of the processes of uneven occupation of space, being the areas densely constructed, with low constructive pattern and low tree vegetation, and mainly, localized outside the areas of tourist interest, of scenic valuation and strong real estate speculation of the residential spaces closed in the borders of the beaches.

Key words: Urban climate, Cost zone, Heat island, Modeling, Ubatuba-SP.

RÉSUMÉ

Les études sur le climat urbain effectuées jusqu'à présent ont donné une plus grande importance aux grandes villes, supposément en raison d'une plus grande attention accordée à la qualité de vie de ses habitants et par l'aggravation des problèmes environnementaux. Actuellement, au Brésil, des avancées ont permis d'améliorer les connaissances au cours d'études menées sur les petites et moyennes villes, fondamentales pour la planification de l'aménagement du territoire. Compte tenu de l'absence d'études sur la qualité de l'environnement urbain, en particulier dans les petites et moyennes villes des zones côtières du Brésil, le cas du climat urbain de la ville d'Ubatuba-SP a été étudié en profondeur afin de répondre à cette nécessité. Le but de ce travail est de chercher à comprendre dans quelle mesure la dimension d'une ville peut générer un climat urbain spécifique, et aussi, quelles seraient les formes de spatialisation de l'îlot de chaleur dans une ville située en zone côtière. L'objectif principal de cette étude était de comprendre et d'analyser le climat urbain de la ville d'Ubatuba-SP, pour tenter d'identifier les niveaux d'interférences humaines avec l'environnement, de caractériser les températures selon les systèmes atmosphériques et leur distribution dans l'espace géographique, tout cela tenant compte desdifférents standards établis en matière de construction et des carctéristiques du relief. Cette recherche est nourrie par l'apport théorique le Système Climat Urbain dont notamment le sous-système thermodynamique. On a cherché à travailler les relations entre les attributs géoécologiques du site, la morphologie et les fonctions urbaines. Les procédures méthodologiques réalisées se basent sur la collecte de données par mesures mobiles, par mesures fixes et par images de satellites. Les transects mobiles pour la collecte des données de température ont été effectués le matin (9h), l'après-midi (15h) et la nuit (21h), en trois épisodes, lors des 11, 18 et 27 novembre 2015, totalisant neuf mesures simultanées sur deux axes S-N et O-E. Quinze points de mesures fixes ont été répartis en divers secteurs de la ville pour procéder à la collecte des donneés, à savoir sur la température et l'humidité relative au mois de novembre 2015. Les données des stations météorologiques automatiques de l'Institut Agronomique de Campinas (IAC) et de l'Institut Océanographique de l'Université de São Paulo (IOUSP), totalisant 17 points d'enregistrement, ont aussi été exploitées. Les données des stations météorologiques ont également été utilisées pour caractériser la direction et la vitesse prédominante des vents ainsi que pour l'identification des brises maritimes et terrestres. La modélisation de l'îlot de chaleur urbain, qui considère les caractéristiques d'occupation et d'usage du sol, a nécessité l'emploi de techniques de télédétection. Les résultats ont montré des différences de 5,4°C dans les mesures mobiles et des différences de 6ºC dans les mesures fixes. Le modéle a permis d'expliquer environ 50% de la variabilité des températures avec la formation d'un îlot de chaleur bien défini dans la zone centrale de la ville, présentant une température supérieure de 5°C par rapport au milieu rural. Le système de brise a contribué, dans certains cas, au brassage de la température, à effacer pendant la journée sous les effets des brises de mer avec le déplacement de chaleur de la zone centrale vers l'intérieur du continent mais moins fréquent pendant la nuit sous l'effet de la brise terrestre. En général, les zones plus chaudes de la ville, où est généré l'îlot de chaleur ont seraient le résultats de processus d'occupation inégale de l'espace. Ces zones correspondent aux secteurs densément construits, avec des standards établis en matière de construction, un faible taux de végétation arborée et particulièrement en dehors des zones d'intérêt touristique, de l'évaluation scénique et de la forte spéculation immobilière des espaces résidentiels fermés dans les rives des plages.

Mots clés: Climat urbain; Zone côtière; Îlot de la chaleur; Modélisation; Ubatuba-SP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Ubatuba-SP 22
Figura 2 - Perfil clássico da ilha de calor urbana 28
Figura 3 - Representação dos componentes da atmosfera urbana 28
Figura 4 - Canais de Percepção do Sistema Clima Urbano. 32
Figura 5 - Divisão por setores censitários urbanos e rurais 45
Figura 6 - Mapa de evolução da área urbana de Ubatuba-SP no período de 1890 a 2000 46
Figura 7 - Evolução da área urbana de Ubatuba-SP a partir de composições coloridas de imagens dos Satélites *Landsat* 5 e *Landsat* 7 48
Figura 8 - Composição colorida da área urbana de Ubatuba do ano de 2015. Fusão das bandas 7, 4, 2 e 8 da imagem do Satélite *Landsat* 7 (07/08/2015) 49
Figura 9 - Número de domicílios de uso ocasional por setores censitários do município de Ubatuba-SP 50
Figura 10 - Bairro-praia do Tenório 52
Figura 11 - Localização dos bairros-praias com restrições de entrada no município de Ubatuba-SP 53
Figura 12 - Guaritas com vigilantes dos bairros-praias com restrições de entradas 54
Figura 13 - Climograma de Ubatuba: 1961-2015 56
Figura 14 - Precipitação total anual na cidade de Ubatuba: 1961-2015 57
Figura 15 - Características das temperaturas média das máximas na cidade de Ubatuba-SP 58
Figura 16 - Temperatura máxima anual em relação à média na cidade de Ubatuba-SP 58
Figura 17 - Características das temperaturas média das mínimas na cidade de Ubatuba-SP 59
Figura 18 - Temperatura mínima anual em relação à média na cidade de Ubatuba-SP 59
Figura 19 - Mapa hipsométrico da área urbana de Ubatuba-SP 62
Figura 20 - Hipsometria em 3D da área urbana de Ubatuba-SP 63
Figura 21 - Classes de declividade da área urbana de Ubatuba-SP 65
Figura 22 - Classes de declividade em 3D da área urbana de Ubatuba-SP 66
Figura 23 - Mapa de orientação das vertentes da área urbana de Ubatuba-SP 67
Figura 24 - Orientação das vertentes em 3D da área urbana de Ubatuba-SP 68
Figura 25 - Mapa de relevo sombreado da área urbana de Ubatuba-SP 69
Figura 26 - Relevo sombreado em 3D da área urbana de Ubatuba-SP 70

Figura 27 - Carta de NDVI para o episódio de verão da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 5) do *Landsat* 8 de 19/01/2015 72
Figura 28 - Carta de NDVI para o episódio de inverno da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 5) do *Landsat* 8 de 28/06/2015 73
Figura 29 - Carta de temperatura da superfície para o episódio de verão da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS do *Landsat* 8 de 19/01/2015 75
Figura 30 - Carta de temperatura da superfície para o episódio de inverno da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS do *Landsat* 8 de 28/06/2015 76
Figura 31 - Distribuição da pressão atmosférica e padrões ascendentes e descendentes associados com o desenvolvimento de brisas marítimas e terrestres. 80
Figura 32 - Representação esquemática conceitual da circulação de brisa marítima em superfícies homogêneas. 81
Figura 33 - Fluxo de ventos ar no interior da cidade 82
Figura 34 - Mapa de distribuição dos pontos fixos registradores de dados meteorológicos 87
Figura 35 - Processo de preparo dos miniabrigos meteorológicos a) Preparação dos miniabrigos; b) Miniabrigos com suportes para a sustentação; c) Miniabrigo instalado; d) Sensor automático acoplado no interior do miniabrigo 88
Figura 36 - Métodos e técnicas utilizadas para a realização dos transectos móveisa) Sensor acoplado no exterior do veículo; b) Registrador automático fixo no interior do veículo; c) Detalhe do sensor acoplado no exterior do veículo 89
Figura 37 - Delimitação dos percusos realizados nos transectos móveis 91
Figura 38 - Comparação dos resultados da composição colorida com resolução espacial de 15 e 30 metros da imagem do satélite *Landsat* 7 do dia 07 de agosto de 2015 a) Composição colorida (RGB) resolução espacial de 30 metros b)Composição colorida (RGB + PAN) com resolução espacial de 15 metros. 98
Figura 39 - Distribuição dos pontos fixos e percursos dos transectos móveis 100
Figura 40 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos à 1h..... 125
Figura 41 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos à 1h .. 129
Figura 42 - Variação espaço-temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 6h..... 131
Figura 43 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 6h. 134

Figura 44 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 9h 135
Figura 45- Movimento aparente do sol às 9h do dia 01/11/2015 137
Figura 46 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 9h. 139
Figura 47 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 15h 141
Figura 48 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 15h 144
Figura 49 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 21h 147
Figura 50 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 21h 150
Figura 51 - Bloqueio causado pela Serra do Mar e formação de nuvens sobre o litoral norte 154
Figura 52 - Localização das estações IAC e IOUSP 155
Figura 53 - Frequência anual da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estações IAC e IOUSP 157
Figura 54 - Frequência anual horária da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estações IAC e IOUSP 159
Figura 55 - Frequência mensal da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estação IAC 161
Figura 56 - Frequência mensal da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estação IOUSP 162
Figura 57 - Procedimentos aplicados para a realização da modelagem da ilha de calor 172
Figura 58 - Cartas geradas para elaboração da modelagem da temperatura do ar (Imagens do satélite *Landsat* 8 - 16/09/2015) 175
Figura 59 - Matriz de correlação da modelagem ilha de calor e das variáveis de ocupação da terra. Adaptado de Foissard (2015). 180
Figura 60 - Esquema da variância de cada elemento na modelagem. Adaptado de Foissard (2015) 180
Figura 61- Resultados da regressão múltipla gerada a partir dos dados de temperatura do ar, área construída, vegetação alta e distância do mar 183
Figura 62 - Modelagem da temperatura e análise dos resíduos da área urbana de Ubatuba - 14/11/2015 às 21h 184
Figura 63 - Resultados da regressão múltipla gerada a partir dos dados de temperatura do ar, área construída, vegetação alta, distância do mar e temperatura de superfície 186

Figura 64 - Modelagem da temperatura e análise dos resíduos da área urbana de Ubatuba com inserção da banda termal - 14/11/2015 às 21h 188
Figura 65 - Comparação entre os modelos utilizados e análise dos resíduos..... 190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat* 8 93
Quadro 2 - Valores dos elementos da fórmula de conversão para radiância..... 95
Quadro 3 - Valores das constantes de calibração do *Landsat*8 96
Quadro 4 - Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat*5 (TM)..... 97
Quadro 5 - Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat* 7 (ETM+) 98
Quadro 6 - Síntese dos pontos fixos de registro dos dados meteorológicos 101
Quadro 7 - Características do percurso Oeste-Leste na área urbana de Ubatuba..... 106
Quadro 8 - Características do percurso Sul-Norte na área urbana de Ubatuba 107
Quadro 9 - Diferenças térmicas, direção e velocidade do vento e sistemas atmosféricos atuantes nos dias de registros pelos transectos móveis em novembro de 2015 – Ubatuba-SP 113
Quadro 10 - Velocidade do vento em Ubatuba (Km/h) - 2015 – IAC e IOUSP..... 156
Quadro 11 - Frequência da direção do vento em Ubatuba-SP (%) - 2015 - Estação IAC 157
Quadro 12 - Frequência da direção do vento em Ubatuba-SP (%) - 2015 - Estação IOUSP. 157

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise rítmica do mês de novembro de 2015 110
Gráfico 2 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos à 1h 124
Gráfico 3 - Umidade relativa do ar à 1h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas 128
Gráfico 4 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 6h 130
Gráfico 5 - Umidade relativa do ar às 6h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas 133
Gráfico 6 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 9h 135
Gráfico 7 - Umidade relativa do ar às 9h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas 139
Gráfico 8 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 15h 140
Gráfico 9 - Umidade relativa do ar às 15h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas 142
Gráfico 10 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 21h ... 146
Gráfico 11 - Umidade relativa do ar às 21h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas 149
Gráfico 12 - Correlação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 1 (área construída) por pixel na janela 41x41 (1230x1230 metros) 177
Gráfico 13 - Correlação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 3 (vegetação alta) por pixel na janela 7x7 (210x210 metros) 177
Gráfico 14 - Correlação entre a temperatura do ar e a distância do mar (metros) 178
Gráfico 15 - Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura de superfície 179
Gráfico 16 - Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura modelizada 189

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 11/11/2015 às 9h, 15h e 21h 116
Prancha 2 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 18/11/2015 às 9h, 15h e 21h 118
Prancha 3 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 27/11/2015 às 9h, 15h e 21h 120
Prancha 4 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos à 1h 127
Prancha 5 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 6h 132
Prancha 6 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 9h 138
Prancha 7 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 15h 143
Prancha 8 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 21h 148
Prancha 9 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IAC 165
Prancha 10 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IAC (continuação) 166
Prancha 11 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IOUSP 167
Prancha 12 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IOUSP (continuação) 168

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO 20

2 - O CLIMA URBANO 24

2.1 - Pioneirismo estrangeiro e os primeiros estudos de clima urbano 25

2.2 - O clima urbano das cidades brasileiras 30

2.3 - Os estudos de clima urbano em zonas costeiras 35

3 - URBANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DO ESPAÇO 41

3.1 - Morfologia urbana: evolução histórica e especificidades do sítio 44

3.2 - Da forma ao processo: o que há de material e simbólico na segregação socioespacial 49

4 - CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE GEOAMBIENTAL 56

4.1 - Características do relevo: hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado 61

4.2 - Características da vegetação e o cálculo do NDVI 71

4.3 - Características da temperatura de superfície 74

4.4 - Brisas Marítimas e Brisas Terrestres 79

5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 83

5.1 - Direcionamento das leituras e fundamentação teórica 84

5.2 - O paradigma da análise rítmica: questões teóricas e práticas para análises sinóticas 85

5.3 - Pontos fixos de medição de temperatura e umidade relativa do ar 87

5.4 - Transectos móveis 89

5.5 - Uso de geotecnologias aplicadas ao estudo do clima urbano 91

5.5.1 - Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) 92

5.5.2 - Processamento de imagens termais: Landsat 8 94

5.5.3 - Composição colorida das imagens de satélites 97

5.5.4 - Especificidades do sítio urbano: hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado. 99
6 - CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE REGISTRO DE DADOS METEOROLÓGICOS 100
6.1 - Caracterização dos pontos fixos 100
6.2 - Caracterização dos percursos móveis 105
7 - CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE A PESQUISA 108
8 - CARACTERÍSTCAS TÉRMICAS A PARTIR DE MEDIDAS MÓVEIS 113
8.1 - Características térmicas no dia 11 de novembro de 2015 113
8.2 - Características térmicas no dia 18 de novembro de 2015 117
8.3 - Características térmicas no dia 27 de novembro de 2015 119
8.4 - Síntese das diferenças térmicas por meio das medidas móveis 121
9 - CARACTERÍSTCAS DAS TEMPERATURAS E UMIDADES RELATIVAS DO AR POR MEIO DOS PONTOS FIXOS 123
9.1 - Temperatura e umidade relativa do ar à 01 hora 123
9.2 - Temperatura e umidade relativa do ar às 06 horas 129
9.3 - Temperatura e umidade relativa do ar às 09 horas 134
9.4 - Temperatura e umidade relativa do ar às 15 horas 140
9.5 - Temperatura e umidade relativa do ar às 21 horas 145
9.6 - Síntese das diferenças térmicas e higrométricas por meio dos pontos fixos 150
10 - CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO 152
10.1 - Síntese dos dados de direção e velocidade do vento 169
11 - MODELAGEM DA TEMPERATURA NA ÁREA URBANA DE UBATUBA 170
11.1 - Aplicações dos modelos de regressões múltiplas e análise dos resultados 181
11.2 - Análise comparativa dos modelos e descrição dos resíduos 189
12 - CONSIDERAÇÕES FINAIS 192
13 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 195

1 - INTRODUÇÃO

As zonas costeiras foram os primeiros espaços a serem ocupados por cidades no Brasil e os problemas em relação à intensa ocupação da terra pelo processo de urbanização ainda não foram resolvidos. Esse processo ocorreu de forma acelerada, resultou em uma tendência à concentração espacial e fortaleceu o crescimento das cidades.

Nas cidades são frequentes as práticas como a impermeabilização das superfícies, a utilização de materiais construtivos inadequados, a retirada da cobertura vegetal original, a canalização fechada de rios e córregos e a emissão de poluentes para a atmosfera. Essas modificações, associadas às características naturais dos ambientes tropicais, proporcionam a geração de ilhas de calor e são registradas situações de desconforto térmico (AMORIM, 2010).

Sabe-se que a cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a superfície urbana e que agem no sentido de alterar o clima na escala local, sobretudo, do ponto de vista térmico, com a formação de ilhas de calor (AMORIM, 2005, 2010; MONTEIRO, 1976; OKE, 1978).

Tais ilhas provocam impactos negativos e afetam as pessoas de diversas maneiras, em muitas vezes, intensificando o desconforto térmico que já ocorrem naturalmente nas cidades localizadas na zona intertropical.

De acordo com Gartland (2010), pessoas submetidas a essa situação por longos períodos, sobretudo, as que fazem parte de grupos de riscos (idosos, crianças, mulheres grávidas, cardíacos, asmáticos, etc.), podem ter problemas, dos mais simples aos mais graves, tais como, irritabilidade, desconcentração, inapetência, desidratação, cãibras, desmaios, exaustão pelo calor até a morte.

Entretanto, essas situações de estresse térmico não afetam a todos de maneira igualitária, pois, os mais favorecidos economicamente se utilizam de formas artificiais para a redução da sensação de calor, tais como, materiais construtivos adequados, presença de arborização, casas com lotes maiores para facilitar a circulação do ar e a climatização dos ambientes internos.

Para Mendonça (2000 e 2003) e Brandão (2003), a preocupação dos estudos relativos à qualidade urbana remonta ao período da Revolução Industrial, entretanto, somente após a II Guerra Mundial que esses estudos ficaram mais marcantes, sobretudo, nos anos de 1970.

Após esse período ocorreu um aumento significativo da população urbana no Brasil, sendo que em 1940 representava apenas 31,24% do total, passando para 45,08% em 1960, alcançando 81,25% em 2000, e atingindo 84,36% em 2010.

Segundo Amorim (2000) e Mendonça (2003), o crescimento das cidades brasileiras teve como principal responsável o êxodo rural, que ocorreu pelo aumento das oportunidades de trabalho nas cidades, pela mecanização da produção rural, pela possibilidade de uma vida melhor na cidade do que no campo. Esse processo foi impulsionado pelo desenvolvimento industrial ocorrido nas cidades, tornando-as mais atrativas, sobretudo, no que se refere às condições de infraestruturas e serviços (escolas, hospitais, transporte, etc.).

De acordo com Oke (1978), a urbanização é o processo de conversão do meio físico natural para o assentamento humano, resultando em drásticas mudanças do uso da terra, gerando uma nova configuração da superfície.

Segundo Mendonça (2000), o clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e oferece importantes contribuições à questão ambiental das cidades. Portanto, "o clima urbano é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas" (MENDONÇA, 2000, p. 167).

Neste sentido, pode-se dizer que as transformações no espaço ocorridas pela ação do homem para atender suas necessidades de conforto e bem estar, são, historicamente uma relação de harmonia e de conflito (BRANDÃO, 2003).

De modo geral, as atividades socioeconômicas urbanas são fatores da formação do clima urbano, juntamente com a degradação ambiental e a queda da qualidade de vida nas cidades. A medida que a urbanização se intensifica há uma queda de qualidade ambiental, principalmente do clima urbano.

Os estudos sobre clima urbano realizados até o final da década de 1990 deram maior relevância às cidades de grande porte, supostamente pelo maior comprometimento da qualidade de vida de seus habitantes e pelo agravamento dos problemas ambientais. Atualmente, no Brasil, há avanços em relação aos trabalhos realizados em cidades de pequeno e médio porte, sendo fundamentais para planificação e o ordenamento territorial.

Neste sentido, considerando-se a carência de estudos sobre a qualidade do ambiente urbano, sobretudo, em cidades de pequeno e médio porte em zonas costeiras no Brasil, e a necessidade de se realizar pesquisas que se referem à qualidade ambiental necessária para o desenvolvimento da vida humana, foi proposto o estudo do clima urbano da cidade de Ubatuba-SP.

O município de Ubatuba está localizado no Litoral Norte do estado de São Paulo, na latitude do Trópico de Capricórnio (**Figura 1**). Apresenta uma área continental de 708,105 Km² (IBGE, 2010) e situa-se numa área de transição climática entre os sistemas atmosféricos intra e extratropicais, apresentando maior atuação dos sistemas tropicais, polares e grande atividade frontal (SANT' ANNA NETO, 1990).

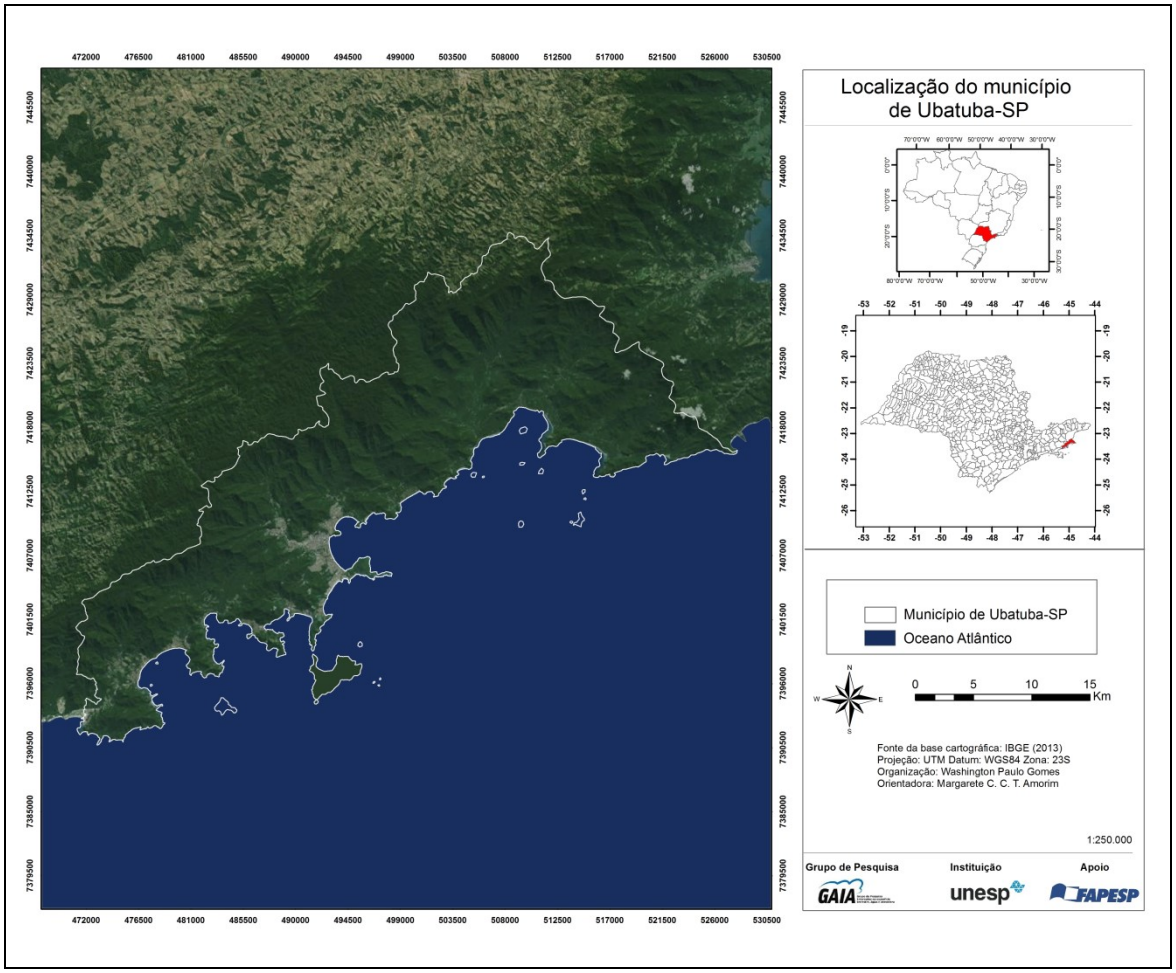


Figura 1 - Localização do município de Ubatuba-SP

De acordo com o IBGE (2016) o município apresenta população estimada de 87.364 habitantes. O número de pessoas sofre significativas mudanças nos finais de semana, férias e feriados, sobretudo, no período de verão, denominada população flutuante. Esta colabora sobremaneira com a receita municipal, sendo considerada a base propulsora de suas economias. A maior parte dessas receitas provém da arrecadação gerada pelos empreendimentos de comércio e serviços voltados ao atendimento do turismo na região. Em 2015 a maior parte dos empregos formais se referia ao setor terciário, com 91,7% (62,85% no

setor de serviços e 28,85% no setor de comércio). A construção civil apresentou 4,4%, a indústria 3,71% e o setor agropecuário apenas 0,19% (SEADE, 2017).

A pesquisa tem como objetivo geral, compreender e analisar o clima urbano da cidade de Ubatuba-SP, buscando identificar os níveis de interferência humana no ambiente, caracterizar as temperaturas de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes e sua distribuição no espaço geográfico, levando em consideração os diferentes padrões construtivos e as características do relevo.

Para tanto, a dissertação foi estruturada e organizada com os seguintes capítulos:

1 - Introdução.

2 - O clima urbano.

3 - Urbanização e produção do espaço.

4 - Caracterização e análise geoambiental.

5 - Procedimentos metodológicos.

6 - Caracterização dos pontos de registro de dados meteorológicos.

7 - Condições meteorológicas durante a pesquisa.

8 - Características térmicas a partir de medidas móveis.

9 - Características das temperaturas e umidades relativas do ar por meio de pontos fixos.

10 - Caracterização da direção e velocidade do vento.

11 - Modelagem da temperatura na área urbana de Ubatuba.

12 - Considerações finais.

2 - O CLIMA URBANO

A expansão territorial urbana é caracterizada pelo aumento das áreas edificadas e pavimentadas que geram inércia térmica e a produção de calor. O acelerado processo de crescimento urbano da cidade tem provocado a degradação do meio físico e alterado o seu clima local (clima urbano), sendo o resultado de interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana (BRANDÃO, 2000).

A partir da comparação entre a temperatura urbana e a rural circundante, pode-se detectar a geração do clima urbano na perspectiva do subsistema termodinâmico. De acordo com Amorim (2005), a cidade não é um todo homogêneo e possui especificidades intraurbanas, sobretudo, em relação às diferenças existentes nas características do uso e da ocupação da terra no interior da cidade.

> As transformações na paisagem provocadas pelo surgimento e crescimento das cidades alteram o balanço de energia e o balanço hídrico urbano. Essas modificações são provocadas pela retirada da vegetação original, pelo aumento da circulação de veículos e pessoas, impermeabilização generalizada do solo, mudanças no relevo, concentração de edificações, canalização de córregos, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera (AMORIM, 2000, p.18).

Diversos tipos de materiais construtivos absorvem e retêm mais radiação solar do que os materiais naturais em áreas rurais ou menos urbanizadas, favorecendo a geração de ilhas de calor nas áreas densamente construídas. As ilhas de calor não causam apenas desconforto térmico em ambientes de clima tropical, mas são responsáveis também, pelo aumento da demanda por energia e por ambientes urbanos insalubres que afetam a saúde humana (Amorim, 2009).

García (1996) classifica as ilhas de calor de fraca magnitude quando as diferenças térmicas entre os pontos mais quentes e mais frios variam de 0ºC a 2ºC, média magnitude quando variam de 2ºC a 4ºC, forte magnitude quando variam de 4ºC a 6ºC e de muito forte quando superiores a 6ºC.

As ilhas de calor surgem da diferença existente entre o balanço energético urbano e rural e das diferenças intraurbanas existentes, sendo possível dimensiona-lá horizontalmente, verticalmente e temporalmente. Sua amplitude e intensidade estão relacionadas com o processo de urbanização, características do uso e ocupação da terra e, também, relacionadas

aos fatores naturais, como, relevo, presença de superfícies com vegetação e água, para além da dinâmica atmosférica e situação sinótica (UGEDA JUNIOR, 2011).

O estudo do clima urbano deve sempre se preocupar com o planejamento urbano, de modo que, ao se conhecer mais detalhadamente o clima de determinado espaço urbano, se torne possível a construção de processos de planejamento mais adequados a realidade ambiental local.

Deste modo, serão apresentadas a seguir diferentes contribuições teóricas e metodológicas, no âmbito internacional, nacional e específicas das zonas costeiras, que se propuseram, em diferentes épocas e contextos, a realização de estudos com a temática do clima urbano, sobretudo, ligados ao subsistema termodinâmico.

2.1 - Pioneirismo estrangeiro e os primeiros estudos de clima urbano

As primeiras preocupações com os climas das cidades vêm desde as primitivas organizações urbanas das civilizações gregas e romanas. O filósofo Quintus Horatius Flaccus (65 a.C. - 08 a.C.) já fazia alusão à contaminação do ar pela fumaça das chaminés na cidade de Roma. Na idade média a cidade de Londres se tornou o palco dos diferentes diagnósticos referente à poluição urbana e no ano de 1273 o rei Edward I (1239-1307) proclamou a proibição da queima de carvão. Posteriormente, na saída de idade média a rainha Elizabeth I (1533-1603) também proibiu a queima de carvão na cidade de Londres durante as sessões do Parlamento (LANDSBERG, 1981).

Na idade moderna, antes da Revolução Industrial, a mais antiga observação pode ser encontrada no livro produzido por John Evelyn (1620-1706), *"The inconvenience of the air and the smoke of London dissipated"* em 1661 (também conhecido como "*Fumifugium*"), configurando-se como o primeiro relato crítico sobre a poluição do ar na cidade de Londres, pela queima de carvão (MONTEIRO, 1976).

Segundo Landsberg (1981), após a Revolução Industrial, os primeiros estudos relacionados ao clima urbano foram desenvolvidos por Luke Howard (1772-1864), em seu livro "*The climate of London"*, publicado em 1833, quando descreveu a contaminação do ar e a ocorrência de temperaturas mais elevadas na cidade do que nos arredores, configurando-se em ilhas de calor na cidade de Londres.

Em 1862, Emilen Renou (1815-1902), realizou um estudo em Paris e detectou diferenças de temperaturas entre a cidade e o rural. Este é um grande marco para os trabalhos de climatologia urbana e o início dos trabalhos referentes às ilhas de calor urbanas.

> (...) Emilien Renou (1815-1902), en un trabajo sobre la ciudad de Paris (Renou, 1862), también muestra un gran interes ante el incremento de temperatura observado en la ciudad y trata de encontrar una explicación, sin dejar a un lado sus dudas acerca Del problema de la exposición de los termômetros. Sin embargo, en un trabajo ulterior (Renou, 1868), su conclusión es tajante: la diferencia entre el campo y la ciudad es de 1ºC, a la misma altitud. Además manifesta muy certeramente como la diferencia de temperatura durante la noche entre la ciudad y los alrededores, particularmente en el caso de lãs ciudades más grandes, es mayor cuando se produce un tiempo côn unas características meteorológicas determinadas que favorezcan en gran medida el enfriamento por irradiación. (GARCÍA, 1991, p.139).

No início do século XX, foram surgindo diversos estudos de clima urbano em diferentes cidades européias, sobretudo, evidenciando as alterações de temperatura entre o meio urbano e rural.

Tais condições foram evidenciadas nos trabalhos realizados por Wilhelm Schmidt (1917; 1927; 1929) na cidade de Viena, quando o mesmo iniciou investigações micrometeorológicas da paisagem urbana e uma de suas maiores contribuições metodológicas foi à introdução de veículos automóveis para a realização de registros dos elementos do clima, configurando como as primeiras medidas itinerantes de temperatura, hoje conhecidas como transectos móveis (LANDSBERG, 1981).

Diversos trabalhos também foram realizados na Alemanha, o primeiro foi de August Schmauss (1927) no qual identificou uma influência atmosférica da cidade de Munique, causando aumentos de precipitação. O trabalho mais reconhecido se refere à tese de doutorado de Albert Kratzer (1937), que formou a primeira edição "*DasStadtklima"* (O clima das cidades), quando estudou as diferenças térmicas entre as áreas urbanas e rurais em várias cidades alemãs e fez uma extensa revisão bibliográfica dos estudos de clima urbano realizados até o momento. A segunda edição "*DasStadtklima"* foi publicada em 1956 (KRATZER, 1956).

De acordo com Matzarakis (2005), outros importantes trabalhos foram realizados na Alemanha, como, análise da ilha de calor urbana da cidade de Freiburg (NÜBLER, 1979; GROSS, 1988; ERNST, 1995). Posteriormente, análise das características climáticas da região do Ruhr, uma das regiões mais povoadas da Alemanha (STOCK e BECKRÖGE, 1983; STOCK, 1992). Na década de 1980 um abrangente projeto de pesquisa chamado "*Stadtklima Bayern*" (Clima Urbano da Bavaria) foi realizado em várias cidades do sul da Alemanha, que fez uso de diferentes métodos de investigação (MAYER, 1988).

Helmut Erich Landsberg foi outro importante autor alemão, porém, com trajetória de trabalho e pesquisa nos Estados Unidos. Em 1956 publicou o trabalho "*The Climate of Towns"* na coletânea "*Man's Role in Changing the Face of the Earth"* (THOMAS, 1956). Neste trabalho Landsberg (1956) deixa claro quais são as alterações provocadas no clima local das cidades devido ao processo de urbanização, tais como, as alterações na superfície pela retirada da cobertura vegetal; a produção de calor pela própria cidade devido à combustão, industrialização e materiais construtivos; e a alteração da composição da atmosfera, sobretudo, com materiais particulados, gases e substâncias químicas. Em 1981, Landsberg publicou um de seus principais trabalhos no livro "*The Urban Climate*", no qual apresentou uma importante contribuição em relação às alterações dos elementos do clima em contato com a cidade, além de modelos, métodos e técnicas estatísticas para o estudo do clima urbano.

Outra importante produção a respeito do clima de Londres foi à obra intitulada "*The Climate of London*" de Chandler (1965), no qual discutiu as alterações que a cidade provoca no clima com o efeito da urbanização que resultam no aumento da temperatura e precipitações, aumento da umidade, alteração nos padrões de ventilação e na concentração de poluentes (MONTEIRO, 1976).

Lowry (1977) em seu trabalho "E*mpirical estimation of urban effects on climate: a problem analisys*" discorreu a respeito dos efeitos locais e regionais da urbanização sobre o clima a partir de vários avaliadores destacando os limites das observações feitas em períodos anteriores à urbanização. Apresentou de forma esquemática a ampliação da área de influência urbana de acordo com o movimento advectivo do ar, além de incluir em suas análises uma proposta metodológica por meio de equações para estimar os efeitos da urbanização.

Oke (1978), em sua obra "*Boundary Layer climates"*, apresentou a natureza da atmosfera a partir de uma abordagem mais qualitativa. Elaborou o "perfil clássico das ilhas de calor" (**Figura 2**), demonstrando a diferença da temperatura de acordo com a intensificação das atividades antrópicas.

De acordo com Oke (1978), as alterações provocadas pela urbanização no clima são percebidas a partir de duas camadas atmosféricas sobre a cidade denominadas de "*urban canopy layer"* (camada do dossel urbano) e "*urban bondary layer"* (camada limite urbana) (**Figura 3**).

A *urban canopy layer* situa-se no nível microclimático, se estende do solo até alguns metros acima do nível médio dos telhados. Este dossel é produzido por processos em microescala presentes na camada intraurbana, por meio dos tipos de materiais, da forma e da

função urbana, podendo apresentar turbulência dependendo da rugosidade da superfície gerando os "*canyons*" entre as edificações (OKE, 1978; AMORIM, 2000; UGEDA JUNIOR, 2011).

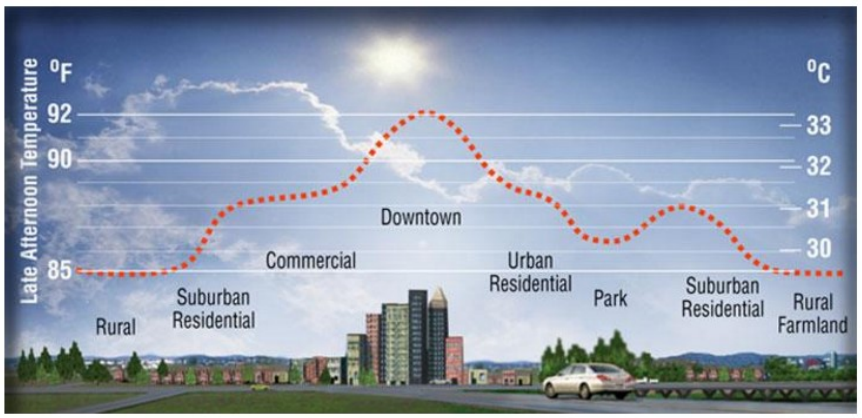


Figura 2 - Perfil clássico da ilha de calor urbana
Fonte: Disponível em <https://heatisland.lbl.gov/> Acessado em 21 jul. 2016

A segunda camada, *urban boundary layer*, também possui características influenciadas pela presença da cidade, se localiza acima do dossel urbano e sua altura varia em função da capacidade da superfície em provocar a movimentação convectiva do ar (AMORIM, 2000).

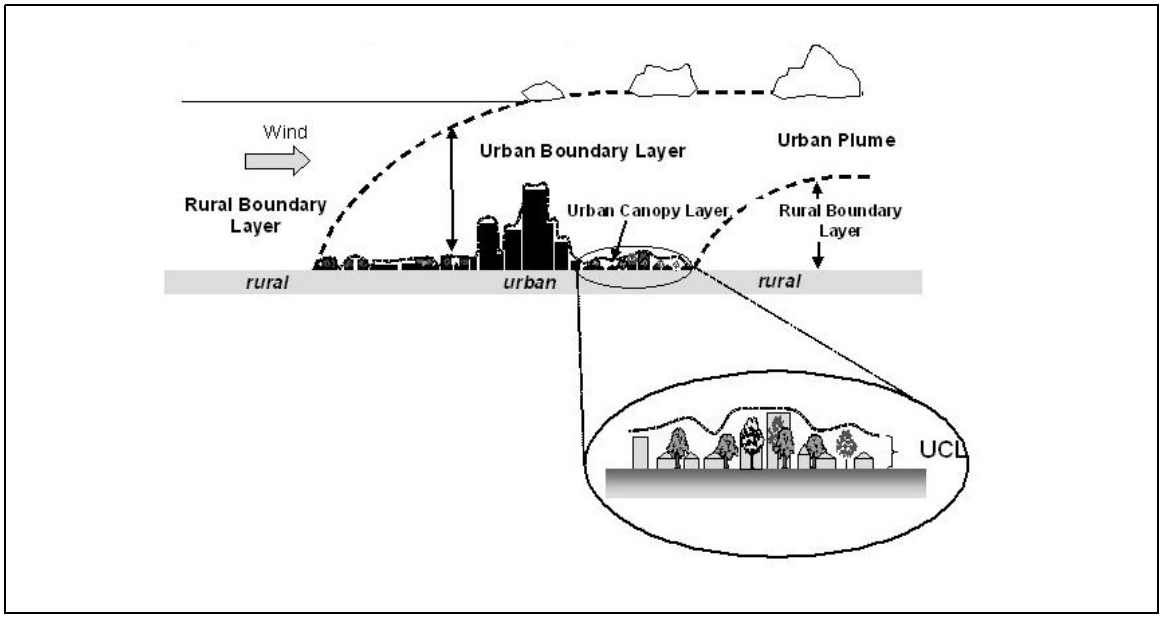


Figura 3 - Representação dos componentes da atmosfera urbana
Fonte: Disponível em <http://www.actionbioscience.org/environment/figures/voogt1.jpg> Acessado em 21 jul. 2016

Taha et al. (1988), realizou estudo na cidade da Califórnia, com o objetivo de identificar formas para a mitigação das ilhas de calor de verão, levando em consideração expansão de superfícies de evaporação, coberturas vegetais e pinturas na coloração branca. Desta forma, os modelos apresentados indicaram uma redução direta de 14% a 19% dos gastos de energia elétrica com ar condicionado.

Com o objetivo de mostrar a complexidade das alterações climáticas pela urbanização Escourrou (1991) realizou uma importante contribuição com o trabalho "*Le climat et la ville*". A autora apresentou formas de adaptação das edificações com o intuito de encontrar as condições de conforto em relação ao clima, utilizou-se de exemplos em cidades de todas as zonas climáticas.

Voogt e Oke (1997), realizaram o trabalho nas cidades de Vancouver, British e Columbia (Canadá), com o objetivo de realizar a primeira tentativa de calcular a temperatura da superfície levando em consideração a tridimensionalidade do sistema (vertical e horizontal) em áreas urbanas e identificaram variações na temperatura nas três localidades de acordo com o uso da terra.

Ortiz Porangaba (2015) apresentou a revisão bibliográfica dos trabalhos de clima urbano realizados em diferentes cidades espanholas. O primeiro foi desenvolvido por López Gómez et al. (1993), e investigou o clima urbano da cidade de Madri. Este trabalho se utilizou de dados meteorológicos, imagens diurnas de satélite Landsat e imagens noturnas coletadas de avião, sendo possível identificar que a cidade de Madri gera um clima próprio. Posteriormente, Bello Fuentes (1994) estudou a atmosfera da cidade de Guadalajara, por meio da utilização de transectos móveis e informações acerca do uso e ocupação da terra. O autor identificou ilhas de calor de média magnitude de 2,5ºC. Em seguida Bello Fuentes (1995), analisou o efeito das ilhas de calor na cidade de Alcalá de Henares. O trabalho se pautou em analisar a influência dos diferentes tipos de usos da terra na ilha de calor urbana e foi possível concluir que existe uma forte relação entre uso da terra e a intensidade da ilha de calor na cidade.

Já no início do século XXI, Pérez Gonzáles e García Rodríguez (2002) analisaram a temperatura de superfície da área metropolitana de Madri, por meio de imagens do satélite Landsat 7 e identificaram o efeito sombra dos grandes edifícios localizados na área central da cidade. Em seguida, Alonso García, Fidalgo Martinez e Labajo Salaza (2004) estudaram o campo térmico da cidade de Salamanca, utilizando-se de registros de temperatura do ar e detectaram a presença da ilha de calor noturna (ORTIZ PORANGABA, 2015).

Diversos outros trabalhos estão sendo produzidos em âmbito mundial, sobretudo, com a ampla utilização do geoprocessamento e sensoriamento remoto para o tratamento dos dados climáticos. De modo geral, busca-se a mitigação dos impactos provenientes dos efeitos da ilha de calor urbana, que ao mesmo tempo, em que são prejudiciais e causam desconforto para a população residente em cidades tropicais, também podem ser positivas e amenizarem as baixas temperaturas dos rigorosos invernos das cidades de clima temperados.

2.2 - O clima urbano das cidades brasileiras

Os trabalhos pioneiros relacionados ao estudo do clima no Brasil surgiram no final do século XIX e início do século XX, realizados por Henrique Morize em 1891, Frederico Draenert em 1896, Delgado de Carvalho em 1917, Belfort de Mattos em 1910, Sampaio Ferraz em 1925, Ary França em 1945, entre outros (SANT'ANNA NETO, 2001). Entretanto, somente na década de 1970 que os estudos referentes à atmosfera urbana tiveram destaque com as contribuições deixadas pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro com os trabalhos desenvolvidos junto ao laboratório de climatologia da Universidade de São Paulo e, sobretudo, com a sua tese de Livre-docência intitulada "Teoria e Clima Urbano" (1976).

Para Mendonça (2003), a preocupação com as alterações introduzidas pelo processo de urbanização na qualidade do ar da cidade constituiu-se como um alerta para a elaboração de estudos de clima urbano. No caso brasileiro, esse processo foi acompanhado pelo o momento em que a população urbana suplantou a rural.

> Um considerável número de cidades de porte pequeno, médio e grande no Brasil foi alvo de investigação de seus ambientes atmosféricos urbanos a partir da década de 1960 (Monteiro, 1984), tendo se intensificado e se distribuído por quase todo o território nacional na década de 1990. Variados recursos técnicos têm caracterizado a prospecção da atmosfera das cidades no Brasil, país que conta com importante base teórico-metodológica para o estudo do clima urbano a partir da década de 1970, elaborada na perspectiva de contribuir par ao planejamento da cidade (MENDONÇA, 2003, p. 176).

Neste sentido, Monteiro (1976) desenvolveu uma proposta teórico-metodológica denominada Sistema Clima Urbano (S. C. U.) para o estudo do clima urbano das cidades brasileiras, fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy (1950) e na concepção dinâmica conduzida pelo paradigma do ritmo como sucessão habitual dos tipos de tempos, preconizado por Sorre (1934 e 1951) e Pedelaborde (1958 e 1959).

Com base em sua construção teórica, Monteiro (1976), adotou como critério de escolha uma postura pragmática, dinâmica, consistente, empírica e modelista com o intuito de expressar as ideias contidas na teoria.

Da mesma forma, Monteiro (1976), definiu dez enunciados básicos com o objetivo de sintetizar o Sistema Clima Urbano, caracterizado como um sistema aberto, adaptativo, dinâmico, integrado, evolutivo e passível de autorregulação.

Para o mesmo, os espaços urbanos passaram a assumir a responsabilidade do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente. Assim, a grandeza escalar do clima urbano dependerá dos fatores que o definem, como, por exemplo, a localização geográfica, a sua posição no relevo, a continentalidade, a maritimidade e a intensidade do adensamento humano.

Para Monteiro (1976, p.116), deve haver "[...] a mesma preocupação em caracterizar a organização hierárquica em termos de ligações, no plano vertical, e entrelaçamento, no plano horizontal".

No estudo do clima urbano é fundamental a relação entre as diferentes escalas geográficas, desde a zonal até a local, sendo que os elementos da natureza e do meio urbano, "[...] devem ser analisados sobre o prisma do holismo, sendo a perspectiva sistêmica, um importante caminho para se alcançar uma visão ampla dos fenômenos analisados" (UGEDA JUNÍOR, 2012, p. 52).

Sob a perspectiva sistêmica, Monteiro (1976), sugeriu a adoção de três subsistemas (**Figura 4**) organizados em canais de percepção para o estudo do Sistema Clima Urbano, sendo eles:

a) Conforto Térmico: associado ao subsistema Termodinâmico, se expressa através do calor, ventilação e umidade. É um filtro bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Sua responsabilidade está vinculada a uma co-participação (intercâmbio) do homem e natureza.
b) Qualidade do Ar: associado ao subsistema Físico-Químico, têm como produto a poluição do ar que pode causar em seus efeitos diretos, doenças respiratórias, oftalmológicas e etc. Pode ser considerado como um dos males do século atual e o que atrai mais atenção.
c) Impacto Meteórico: associado ao subsistema Hidrometeórico, abarca todas as formas meteóricas e trabalha com as sucessões dos estados atmosféricos extremas

e violentas do ritmo climático, gerando ataques à integridade urbana, bem como, problemas de circulação e comunicação.

Caracterização	SUBSISTEMAS		
	Termodinâmico Conforto Térmico	**Físico-Químico** Qualidade do Ar	**Hidrometeórico** Impacto Meteórico
Fonte	atmosfera, radiação, circulação horizontal	atividade urbana, veículos automotores, indústrias, obras-limpas	atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	intercâmbio de operador e operando	de operando ao operador	do operador ao operando
Mecanismo de ação	transformação no sistema	difusão através do sistema	concentração no sistema
Projeção	interação núcleo e ambiente	do núcleo ao ambiente	do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	contínuo (permanente)	cumulativo (renovável)	episódio (eventual)
Observação	meteorológica especial (trabalho de campo)	sanitária e meteorológica especial	meteorológica hidrológica (trabalho de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia, Arquitetura, Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e infra-estrutura urbana
Produtos	"ilha de calor", ventilação, aumento de precipitação	poluição do ar	ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	desconforto e redução do desempenho humano	problemas sanitários e doenças respiratórias, oftalmológicas, etc	problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	controle do uso do solo, tecnologia de conforto habitacional	vigilância e controle dos agentes de poluição	aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana, regularização fluvial, uso do solo
Responsabilidade	natureza e homem	homem	natureza

Figura 4 - Canais de Percepção do Sistema Clima Urbano.
Fonte: Monteiro, 1976.

Esta pesquisa tem como referencial os componentes termodinâmicos do S.C.U., percebidos pelas pessoas através do conforto térmico. Dentro do esquema do S.C.U., esse canal atravessa toda a sua estrutura, sendo transformado na cidade e pressupondo uma produção fundamental no balanço de energia atuante no sistema (MONTEIRO, 1976).

Outro importante trabalho nos estudos de clima urbano no Brasil se refere à tese de doutorado da professora Magda Lombardo (1985), intitulada "Ilhas de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo". Ganhou destaque tanto do ponto de vista teórico quanto metodológico devido ao fato de ser pioneira no estudo de ilha de calor por meio de técnicas de sensoriamento remoto com a utilização de imagens dos satélites *NOAA* e *Landsat*. A autora identificou que o clima da cidade se modifica devido à intensificação do uso e ocupação da

terra, resultando em desequilíbrios térmicos e deterioração da qualidade do ar, sendo possível verificar até 12ºC de diferença de temperatura entre a área urbana e rural.

Na década seguinte, Mendonça (1994), ao estudar a cidade de Londrina (PR) realizou uma importante contribuição metodológica para estudos do clima urbano em cidades de porte pequeno e médio. Analisou as temperaturas de superfície por meio de imagens de satélite em duas escalas, uma no âmbito regional, mediante o uso de uma imagem NOAA e outra na dimensão intraurbana, com o emprego de uma imagem *Landsat 5*. O autor encontrou ilha de calor de 10°C de intensidade entre a área urbana e rural e constatou que o clima urbano de Londrina se relaciona às atividades humanas ligadas à urbanização.

Pitton (1997) analisou as cidades de Araras, Cordeirópolis, Rio Claro e Santa Gertrudes (SP). Identificou que as áreas menos aquecidas foram próximas aos corpos d'água e áreas com vegetação. De acordo com a autora, as mudanças que o processo urbano causa na superfície, implicam em alterações no balanço de energia, resultando diferenças sensíveis, não só em seus componentes, como também nos parâmetros climáticos e criam um clima próprio.

Amorim (2000) realizou uma importante contribuição aos estudos de clima urbano em cidade de porte médio ao investigar as características da temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Presidente Prudente (SP). A autora concluiu que a cidade possui diferenças intraurbana e rural que apontaram a existência de um clima urbano específico, decorrente da combinação do tipo de uso e ocupação da terra, presença de vegetação, altitude e exposição de vertentes.

Dumke (2007) realizou o estudo do clima urbano da região metropolitana de Curitiba (PR). A autora relacionou o estudo do clima urbano e do conforto térmico às condições sociais da população com o objetivo de identificar um fator intensificador da vulnerabilidade social. Os resultados da pesquisa indicaram a formação de arquipélagos de ilhas de calor, embora se destaque como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural.

Cruz (2009) ao realizar o estudo do clima urbano da cidade de Ponta Grossa (PR), concluiu que a cidade tem seu clima urbano condicionado às construções, circulação de veículos, ausência ou presença de vegetação arbórea, altitude e exposição de vertentes, como também pelos sistemas atmosféricos atuantes. Identificou a ocorrência da ilha de calor na área central da cidade e verificou o deslocamento para as regiões periféricas de acordo com a direção do vento.

Fialho (2009) investigou a existência de um clima urbano na cidade de pequeno porte, tomando como referência a cidade de Viçosa (MG). Os trabalhos foram desenvolvidos em três escalas de análise (campo-cidade, área urbana, e o centro da cidade) em diferentes

estações sazonais, a partir da análise de série histórica e dos transectos móveis para registro de temperatura do ar. O autor concluiu que mesmo a cidade apresentando ilhas de calor noturnas ainda não se pode afirmar a constituição de um clima urbano específico.

Souza (2010) investigou a influência do lago artificial no clima urbano da cidade de Presidente Epitácio (SP). Utilizou-se de registros de temperatura e umidade relativa do ar em pontos fixos e também de transectos móveis em diferentes estações do ano. O autor constatou que as maiores amplitudes entre os pontos de coleta ocorreram no período noturno e que a presença do lago não contribuiu para o aumento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, mas funcionou como um regulador térmico e higrométrico.

Assis (2010) analisou a evolução do clima da cidade de Belo Horizonte (MG). O autor utilizou-se de uma longa série de dados dos elementos do clima (1911-2009) e constatou o aumento das temperaturas e decréscimo da umidade relativa, identificando três núcleos de aquecimento contínuo distribuídos pela cidade. As ilhas de calor coincidiram com as áreas mais adensadas e impermeabilizadas do município, tendo maiores amplitudes no período seco.

Ugeda Junior (2011), ao realizar o estudo do clima urbano da cidade de Jales (SP), confirmou a hipótese de que uma cidade de pequeno porte apresenta elementos suficientes para a formação de um clima urbano específico, com diferenças térmicas e higrométricas, entre as áreas urbanas e o entorno rural, além de diferenças intraurbanas significativas. O autor realizou registros da temperatura do ar e da umidade relativa, em duas estações (verão e inverno) do ano de 2010, utilizando-se de pontos fixos, transectos móveis e imagens termais do satélite *Landsat* 7. Constatou que as alterações das características naturais provocadas pela urbanização e, acentuadas pelo planejamento inadequado, resultam em diversas modificações no ambiente urbano e os resultados apontaram diferenças térmicas de até 10°C sob condições de estabilidade atmosférica.

Minaki (2014) estudou o clima como um indicador de qualidade ambiental na cidade de Araçatuba (SP). O campo térmico e higrométrico foi investigado a partir dos transectos móveis no período noturno. A autora verificou ilhas de calor com intensidade máxima de até 6,4°C na área central da cidade.

Ortiz Porangaba (2015) realizou o estudo do clima urbano das cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã (SP). De acordo com a autora, a coleta de dados meteorológicos ocorreu por meio de pontos fixos e transectos móveis simultaneamente em todas as cidades analisadas, com o intuito de verificar como cada uma delas interfere na

temperatura e umidade relativa do ar sob a atuação dos mesmos sistemas atmosféricos. Os resultados mostraram ilhas de calor de até 6,7ºC de diferença entre o ponto urbano e rural.

Vale ressaltar que muitos outros trabalhos com a temática do clima urbano com ênfase no subsistema termodinâmico foram desenvolvidos no Brasil, sobretudo, em cidades de pequeno e médio porte, tais como: Saydelles (2005) na cidade de Santa Maria (RS); Castilho (2006) na cidade de São José do Rio Preto (SP); Rossato (2010) na cidade de Nova Palma (RS); Lima (2011) na cidade de Nova Andradina (MS); Costa (2015) na cidade de Chapecó (SC); Rampazzo (2015) na cidade de Marília e São Carlos (SP); Brússolo (2015) na cidade de Assis (SP); Teixeira (2015) na cidade de Rancharia (SP); Dorigon (2015) na cidade de Paranavaí; entre outros.

2.3 - Os estudos de clima urbano em zonas costeiras

Este trabalho busca trazer contribuições aos estudos de clima urbano em zonas costeiras no Brasil, deste modo, cabe neste momento, fazer alusão a alguns trabalhos que antecederam a esta pesquisa, tanto no âmbito nacional, como internacional, de acordo com a ordem cronológica dos mesmos.

Colacino (1978) realizou o trabalho "*Infrared Radiometric Measurements for the Study of Rome Urban Heat Island*". O estudo contou com a utilização de 8 imagens termográficas obtidas por meio de vôos no período de verão e inverno. O autor concluiu que a intensidade da ilha de calor foi maior no verão. Durante a noite o litoral apareceu com temperaturas elevadas, e ocorreu um aumento regular da temperatura para o interior, reforçado pela presença da cidade.

Um dos primeiros trabalhos desenvolvidos no Brasil relacionado a zona costeira se refere ao trabalho de conclusão de curso da professora Inês Moresco Danni, intitulado "A ilha térmica de Porto Alegre: contribuição ao estudo do clima urbano" no ano de 1980. A autora estudou os aspectos da temperatura do ar que dão origem a ilha de calor. Para tanto, a mesma distribuiu 35 termômetros de mercúrio pela cidade e as coletas foram realizadas em três períodos do dia (9h, 15h e 21h), durante um período de quinze dias, não consecutivos, nos meses de maio e junho de 1979. Concluiu que o intenso processo de urbanização da cidade de Porto Alegre criou condições para a formação de ilhas de calor.

Segundo Fialho (2009) outro trabalho pioneiro foi a dissertação de mestrado realizada por Sampaio em 1981, intitulado "Correlação entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador". Neste trabalho o autor realizou o estudo da distribuição espacial

da temperatura do ar na cidade de Salvador e identificou que as temperaturas nos ambientes mais edificados foram até 6ºC mais elevadas que as registradas nos ambientes abertos.

De acordo com Alcoforado (1993), em 1984 o professor Pierre Carrega publicou o trabalho "*Notes sur les micro-climats urbains de Nice*". Os maiores contrastes térmicos foram encontrados durante a madrugada, as áreas da cidade situadas a jusante dos vales por onde o ar frio é drenado apresentam menores temperaturas, podendo apresentar diferenças de até 10ºC em relação à cidade.

Katsoulis e Theoharatos (1985) realizaram estudo referente a ilha de calor em Atenas, com a utilização de nove estações meteorológicas localizadas em diversas áreas da cidade, levando em consideração as diferenças topográficas e a distância do mar. Os resultados mostraram a existência de ilha de calor noturna com intensidades de 3ºC mais evidente no período do verão.

Em 1987, a professora Inês Moresco Danni, em sua dissertação de mestrado, constatou que as condições atmosféricas correspondentes ao mês de janeiro de 1982 em Porto Alegre exibiram distribuição de temperatura que veio a caracterizar o fenômeno ilha de calor. A autora identificou a formação de ilhas de calor no período noturno relacionadas ao uso e ocupação da terra (DUMKE, 2007).

Em 1989, a professora Maria João Alcoforado realizou em sua tese de doutorado o trabalho "O clima da Região de Lisboa: contrastes e ritmos térmicos", posteriormente publicado em forma de livro em 1993. Segundo a autora durante a noite a cidade permanece mais quente do que os arredores, sendo a diferença máxima no inverno, formando ilhas de calor urbanas mais intensas. Encontrou o aumento da temperatura em relação à distância do mar no sentido O-L, sobretudo no verão. Segundo a autora o litoral distingue-se pela moderação dos extremos (mínimas elevadas e máximas particularmente baixas). Ressaltou a importância do relevo e a direção predominante do vento na distribuição das temperaturas e encontrou ilhas de calor com intensidades de até 5ºC em noites quentes e secas.

Outra importante contribuição foi realizada em um artigo intitulado "O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos", realizado pela professora Maria Lurdes Sezerino em conjunto com o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro no ano de 1990, publicado na revista Geosul. Os autores desenvolveram um método para o estudo do campo térmico e buscaram minimizar a falta de recursos tecnológicos mediante a consistência da investigação e a avaliação criteriosa dos resultados. Os experimentos foram realizados com a utilização de 20 pontos fixos instalados em miniabrigos meteorológicos, coletados em três episódios durante 24 horas no inverno de 1987 e contou também com a utilização de um

transecto móvel com 10 pontos de coletas realizados a cada 3h nos mesmos dias de observação. De modo geral os autores colocam em evidência a complexidade da realização de estudos de clima urbano em cidades litorâneas devido à topografia do sítio, circulação dos ventos e os efeitos da maritimidade.

Também no ano de 1990, na Espanha, foi publicado o artigo intitulado "*Modificaciones térmicas en las ciudades: avance sobre la isla de calor en Barcelona*", realizado pelos autores Carles Carreras, Mercedes Marin, Javier Martin Vide, Maria del Carmen Moreno e Joan Sabí. Este artigo apresentou os resultados iniciais do primeiro estudo empírico sobre a ilha de calor na cidade de Barcelona, com uma consistente análise bibliográfica e com uma quantidade considerável de observações em campo por meio de transectos móveis e imagens termais. Ao todo foram definidos cinco percursos, realizados semanalmente entre o período de outubro de 1985 a julho de 1987, totalizando 54 dias com a realização dos transectos noturnos. Os resultados apresentaram a existência de ilhas de calor com magnitude que chegaram até 6,9ºC e a configuração espacial da ilha refletiu as características urbanas.

Em Portugal no ano de 1993 a professora Ana Monteiro investigou o clima urbano, a intensidade e a forma da ilha de calor na cidade do Porto. A autora utilizou pontos fixos de coleta de dados e transectos móveis. Os resultados mostraram as relações de interdependência existentes entre a intensificação do fenômeno da urbanização e o clima local na cidade, demonstrando que a urbanização no Porto possui efeitos significativos para alterar o clima local e que os condicionantes geoecológicos como a topografia, a brisa marítima, as áreas verdes e as diferentes formas de ocupação do espaço urbano interferem na forma da ilha de calor.

De acordo com Fialho (2009), outro trabalho realizado nas proximidades da zona costeira foi desenvolvido por Nascimento em 1996, na cidade de Belém (PA). O autor analisou as condições térmicas a partir da temperatura do ar, umidade de ar, direção e velocidade dos ventos. Os dados foram levantados nos dias 27 e 28 de maio e 11 e 12 de outubro de 1990, com 16 pontos amostrais no outono e 28 na primavera, com leituras a cada 3h entre às 6h e 21h. Os resultados mostraram que a intensidade máxima da ilha de calor foi de 2ºC pela influência diferenciada das diversas tipologias urbana. Os pontos com as menores temperaturas apresentam sombreamento, maior arborização e melhor ventilação.

Brandão (1996) estudou o clima urbano do Rio de Janeiro sob o enfoque das alterações do clima em função do crescimento urbano. Observou a elevação das temperaturas e o aumento da ocorrência de chuvas, relacionando-as aos períodos de maior desenvolvimento

e verticalização da cidade. A autora se utilizou de 30 áreas amostrais distribuídos em três transectos, partindo do centro da cidade em direção a Tijuca, Santa Cruz e Irajá. Os resultados mostraram diferenças térmicas entre o urbano e o rural e identificou que as ilhas de calor assumem mobilidade de acordo com o horário do dia.

Em 1997, foi apresentado por Santana o trabalho relacionando a temperatura do ar ao uso da terra e a forma urbana na cidade de Fortaleza (CE). A partir da análise da configuração urbana foram identificadas áreas homogêneas que apresentaram variações climáticas conforme a incidência da radiação solar e da circulação do ar, modificados pelo ambiente urbano. As temperaturas mais elevadas foram constatadas em áreas de maior densidade e vegetação reduzida (DUMKE, 2007).

Collischon (1998) apresentou um novo estudo da cidade de Porto Alegre (RS), englobando a região metropolitana. A autora analisou as correspondências entre a temperatura do ar e temperatura da superfície, com os atributos ambientais e uso e ocupação da terra. Conclui que a concentração populacional na área urbanizada, em função da multiplicação de superfícies construídas, evidencia a modificação local no clima.

Gual, Perelló e Ramis (2002) avaliaram a ilha de calor urbana em Palma de Mallorca (Espanha). Durante a pesquisa foram realizadas transectos móveis, contando com 51 pontos de medida passando pelas zonas oeste, leste, norte e centro. Os dados foram coletados em sete episódios entre o período de 13 de novembro de 1998 a 25 de junho de 1999, com o objetivo de determinar a forma e intensidade da ilha de calor e suas características em diferentes épocas do ano. A intensidade da ilha de calor na referida cidade foi de 4°C em dezembro e de 7,4°C em fevereiro.

Outra importante contribuição aos estudos de clima urbano em cidades litorâneas se refere a tese de doutorado da professora Magaly Mendonça, intitulada “A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC” defendida em 2004. O trabalho teve como objetivo compreender a influência simultânea dos fatores geoecológicos e da urbanização na variação espaço-temporal da temperatura. Os dados meteorológicos foram coletados durante 4 dias, nos horários sinóticos (6h, 9h, 15h e 21h), em cada estação do ano. A pesquisa apresentou a complexidade de realização dos estudos de clima urbano na zona costeira e como os diferentes usos e ocupações da terra podem interferir nas diferenças das temperaturas. Os resultados mostraram ilhas de calor em diversas áreas da cidade, formando “arquipélagos de calor”, sobretudo, nas áreas densamente edificadas e verticalizadas. As maiores diferenças de temperatura ocorreram sob o domínio polar às 6h na

área central de Florianópolis, chegando atingir 9ºC nas observações realizadas em outubro de 1999.

Malheiros (2006) apresentou o trabalho "A geografia do clima em Copacabana", no qual realizou a análise do campo térmico e da percepção ambiental mo bairro de Copacabana na cidade do Rio de Janeiro. Utilizou-se de medidas fixas (térreo e terraço de um edifício) e móveis às 6h, 14h e 21h, identificou ilha de calor de forte intensidade, sendo a maior diferença às 14h atingindo 8,5ºC no período de inverno. Durante o período da manhã (6h) as temperaturas mais elevadas ocorreram na orla da praia, devido ao início do processo de aquecimento e de incidência da radiação solar na orla.

Serra Pardo (2007) realizou o estudo do clima urbano da cidade de Ibiza (Espanha). Devido à ilha ser um dos lugares mais visitados da Espanha pelo turismo de sol e praia, o autor parte da hipótese de que as atividades turísticas associadas ao aumento do fluxo de pessoas sejam suficientes para a intensificação das ilhas de calor no verão. Utilizou-se de três transectos móveis, não simultâneos, porém com um curto intervalo entre eles, totalizando 81 pontos de registros, sendo realizados em 11 dias no inverno (dezembro-janeiro) e 20 dias no verão (julho-agosto) dos anos de 2005 e 2006. Os resultados mostraram que a intensidade da ilha de calor durante o inverno atingiu 5°C e no verão 6,4ºC.

Na Grécia, Kolokotsa, Psomas e Karapidakis (2009) analisaram os efeitos da ilha de calor na cidade de Hania, localizada na ilha Creta, cidade de porte médio, densamente construída no Mediterrâneo. Buscaram investigar as características da ilha de calor, no que se refere à existência, intensidade, tamanho e forma. Para a obtenção de dados de temperatura do ar, foram utilizadas nove estações meteorológicas na área urbana e três na área rural, no período de 26 de maio a 24 de outubro de 2007 e seis transectos móveis, partindo de diversas áreas da cidade. Também realizaram o levantamento dos dados de pressão atmosférica, radiação solar, precipitação, direção e velocidade do vento. Os resultados mostraram que durante o verão, quando as temperaturas são altas, a ilha de calor apresentou máxima intensidade, atingindo 8°C. Constatou-se também que a forma da ilha de calor foi fortemente influenciada pela direção do vento, sendo que os provenientes do quadrante norte expandiam a área de influência da ilha, enquanto os ventos do quadrante oeste a reduziram. Por fim, concluem que as condições de conforto são agravadas quando se desloca da linha de costa ou das áreas rurais em direção ao centro da cidade, sendo que áreas densamente construídas combinadas com os espaços verdes limitados levam a um significativo estresse térmico, gerando situações de desconforto.

Stewart e Oke (2009) realizaram um importante trabalho teórico de classificação do sítio urbano na cidade de Nagano (Japão). Foi apresentada uma nova abordagem para a classificação do sítio de acordo com as "zonas climáticas locais", levando em consideração a cobertura da superfície, rugosidade e albedo.

Zeng et. al. (2009) realizaram um trabalho na cidade de Nanjing (China), localizada a 200 km do litoral e 300 km de Xangai. Utilizaram uma longa série temporal de dados de temperatura do ar de estações meteorológicas coletados entre os anos 1961-2005. Os resultados indicaram que as ilhas de calor podem atingir até 6ºC, sendo que as maiores intensidades ocorrem na estação do verão durante a noite. Concluíram que as ilhas de calor ocorreram a partir dos anos 1980, especialmente na década de 1990, relacionadas com o período de rápida urbanização na China e que a intensidade tem diminuído depois de 2000, devido ao aumento das áreas verdes em Nanjing.

Roth e Chow (2012) realizaram a revisão bibliográfica de vinte estudos a partir da década de 1960, com o intuito de identificar a influência da urbanização nas diferenças de temperaturas em Singapura. Segundo os autores, a rápida expansão urbana é claramente refletida no aumento das temperaturas do ar e temperaturas de superfície. A intensidade da ilha de calor urbana noturna dobrou entre 1965 e 2004. Os resultados mostraram que as maiores intensidades da ilha de calor ocorrem entre 3 e 4 horas após o pôr-do-sol nas áreas comerciais e industriais, podendo chegar a 7ºC durante o período de monções do sudoeste (maio a agosto).

Moreira (2014) analisou a influência da superfície urbana nos componentes do balanço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife (PE) por meio do sensoriamento remoto. Utilizou algoritmos e seis imagens do satélite *Landsat* 5, no período de 1998 a 2011, para realizar o processamento das cartas temáticas do NDVI, temperatura da superfície, albedo da superfície, saldo de radiação, fluxos de calor no solo, sensível, latente e evapotranspiração real. Os resultados encontrados apontaram para alterações relevantes nas trocas dos fluxos de energia entre a malha urbana e atmosfera com predominância de altos valores de radiação disponível para aquecimento do ar próximo à superfície e na formação de zonas de calor.

Araujo (2014) analisou como o clima associado aos tipos de materiais construtivos em áreas de vulnerabilidade socioespacial, pode comprometer a saúde da população urbana do município de São Luís (MA). O autor realizou o monitoramento e avaliação do conforto térmico no ambiente interno de nove residências com padrões construtivos diferenciados nos meses de outubro e novembro de 2012. Os resultados mostraram que as residências que fazem o uso de matérias construtivos precários em áreas de vulnerabilidade socioespacial apresentam maior impacto negativo à saúde dos moradores.

3 - URBANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DO ESPAÇO

As características geográficas do município de Ubatuba, dominadas pela Serra do Mar e pelas pequenas planícies litorâneas, foram os fatores que contribuíram para o isolamento físico do litoral e condicionaram a ocupação humana. Sua costa recortada criou vantagens locacionais por suas belezas naturais, valorizações paisagísticas e estimularam a intensa apropriação de sua zona costeira pelo capital turístico imobiliário.

Tais condicionantes desempenharam enorme atração de pessoas, gerando o processo de expansão urbana. Deste modo, a lógica da configuração espacial mais recente compreendida em Ubatuba foi à ocupação da orla marítima e seus arredores, por loteamentos turísticos voltados para residências secundárias. Privilegiaram-se localizações próximas às praias, com vistas exuberantes e de fácil acesso. Essas condições levaram a um processo de especulação das terras, o que, por conseguinte, gerou uma pressão nas áreas de preservação, com degradação ambiental de áreas não propícias para urbanização (VIEIRA, 2008).

A valorização imobiliária da região também contribuiu para intensificação do processo de segregação socioespacial do município, sendo que, as próprias condições geoecológicas do sítio, somadas as lógicas de ocupações pautadas pelo capital imobiliário, influenciaram a expansão das áreas urbanas e condicionaram a atual configuração socioespacial.

De acordo com Luchiari (1999), com o fortalecimento das atividades econômicas relacionadas ao turismo, sobretudo, no final do século XX, foi possível identificar uma nova forma de urbanização na região, a urbanização turística. As cidades turísticas reinventam e criam novas funções e são organizadas para o consumo de bens, serviços e paisagens. Neste caso, são voltadas para o aproveitamento das praias, favorecendo as práticas de apropriação e privatização por meio dos condomínios fechados e consequentemente gerando a expulsão dos moradores locais.

A pressão exercida pela urbanização turística interferiu diretamente no modo de vida das comunidades locais e produziu uma lógica de segregação socioespacial, desarticulando a economia, as relações ecológicas e socioculturais preexistentes nos antigos bairros caiçaras ao longo da costa. Assim, percebe-se também que o turismo tem se apropriado não só das paisagens e do espaço físico, mas também do espaço sociocultural se sobrepondo à ocupação tradicional.

> A formação socioespacial redefinida pela urbanização turística gerou novas paisagens, consumiu outras, trouxe à cena novos sujeitos sociais eliminou ou

> marginalizou outros e redesenhou as formas da configuração territorial, substituindo antigos usos e elegendo novas paisagens valorizadas para o lazer (LUCHIARI, p. 13. 1999).

Ainda segundo a autora, mesmo com constantes transformações, é possível identificar no mesmo espaço social, antigas paisagens e velhos usos convivendo com novas formas e funções. Enquanto algumas formas de manifestação da cultura tradicional sobrevivem ao modo de vida urbana nas comunidades locais, tais como, a atividade da pesca artesanal e a agricultura auto-sustentável, ocorre também, a emergência de uma nova paisagem urbana, associada à ocupação turística, que produz novas territorialidades, entre as quais os condomínios horizontais fechados para a segunda residência (LUCHIARI, 1999).

De modo geral, toda a região do litoral norte paulista sofreu um *boom* de crescimento a partir do final dos anos 1960. Diversos fatores serviram de base para o estabelecimento do turismo na região e auxiliou no aumento significativo da urbanização, tais como, as paisagens naturais, o grande número de praias, o clima quente, a existência de matas e a facilidade de acesso com as aberturas das estradas. O Estado também teve uma importante contribuição para a construção da imagem turística da cidade de Ubatuba, sobretudo, com a criação de projetos de leis junto à Assembleia Legislativa declarando a cidade como "Rainha das Praias Paulistas" (1966), "Costa Dourada" (2000) e "Paisagem notável e de interesse turístico" (2006)[1].

Todas as formas de atuação do Estado com o intuito de valorização da região favoreceram ao aumento da demanda por áreas privilegiadas por sua localização perto da orla da praia, fazendo surgir, ao longo da costa, os chamados "bairros-praias" fortalecendo o processo de apropriação privada do espaço público.

A história da cidade de Ubatuba remonta ao período colonial e sabe-se que diferentes forças econômicas impulsionaram várias mudanças relacionadas às formas de organização social e do trabalho. Neste sentido, pode compreender a evolução histórica da cidade em quatro períodos distintos, marcados por constantes transformações econômicas, sociais e culturais (LUCHIARI, 1999).

O primeiro período abrange o ano de 1500 até o final do século XIX. Constitui um período longo, com transformações lentas. O papel da região pouco se alterou e o contexto regional oscilava entre uma dinâmica de inserção e uma dinâmica de isolamento aos ciclos da economia mercantil. As atividades portuárias do litoral paulista propiciaram a diversidade

[1] Informações obtidas no site da ALESP < http://www.al.sp.gov.br/alesp/projetos/>

socioeconômica e foram fundamentais na manutenção dos constantes fluxos de pessoas, mercadorias e informações.

A produção para exportação baseava-se na força de trabalho escravo e nas grandes propriedades agrícolas, entretanto, com o declínio dos produtos para exportação (açúcar e café), a população que não emigrava, se concentrava na sede do município, e as comunidades caiçaras passavam a ocupar as pequenas planícies espalhadas ao longo da costa, avançando sobre as encostas da serra do mar com as suas roças de subsistência.

O segundo período de tempo aborda o início do século XX até a década de 1950, onde se encontra uma reorganização do trabalho limitado ao modo de vida tradicional caiçara. Foi um período em que houve a marginalização da região em relação ao processo de urbanização e ao dinamismo econômico do estado, forçando uma reorganização do trabalho limitado à cultura caiçara, favorecendo o fortalecimento dos saberes tradicionais.

As décadas de 1950 a 1970 marcaram um período de transformações contemporâneas. Representado pelo início de uma ruptura caracterizada pela valorização turística das paisagens naturais, onde o turismo se iniciava e não havia significativa importância para a região. A mudança, contudo, já era visível, visto que a especulação imobiliária dava seus primeiros passos. O grande marco histórico desse período e fator determinante para o desenvolvimento turístico da região foi à construção e pavimentação da rodovia BR-101 (Rio-Santos).

De acordo com Silva (1975) também neste período surgiram diversos bairros de trabalhadores assalariados que se localizaram em direção oposta ao mar, criando uma expansão da cidade para oeste. As atividades econômicas relacionadas ao turismo foram orientadas em direção as praias com o objetivo de aproveitar os recursos naturais.

> Um novo tipo de espaço geoeconômico definiu-se na região relacionado à economia de mercado que fez com que se desorganizasse e esteja em vias de desaparecimento o espaço de economia fechada tradicional do gênero de vida caiçara. É um espaço geoeconômico nacional em processo de rápida urbanização (SILVA, 1975, p. 74).

De fato, como previsto anteriormente pelo professor Armando Corrêa da Silva, houve uma intensificação dos processos de expropriação e ocorreram mudanças estruturais que afetaram os pescadores artesanais de Ubatuba (MORENO, 2017). A área deixou de ser vista apenas como uma região periférica e passou a ser um atrativo turístico associado à busca de uma área de lazer para a metrópole que estava em constante expansão.

O quarto e último período (1970 - 2000) foi marcado pela a intensificação do processo de urbanização turística, realçando uma nova forma de urbanização, organizada para o

consumo de bens, serviços e paisagens. A BR-101 foi pavimentada em toda a sua extensão, os condomínios fechados horizontais passaram ser a regra para a ocupação residencial na orla marítima, o turismo de elite passou a conviver com os fluxos turísticos mais populares e a proliferação das construções de segundas residências imprimiu um desconcertante descompasso fazendo que os caiçaras da região buscassem lugares alternativos para viverem, sobretudo, nos sertões, sendo forçados a abrir mão da orla marítima em prol da construção destes empreendimentos turísticos (LUCHIARI, 1999).

A intervenção promovida na região pela rodovia Rio-Santos (BR-101), foi um vetor material e simbólico para a valorização do solo urbano na região. Impulsionou a criação de um mercado de terras, estabeleceu a redefinição da dinâmica demográfica e uma nova organização dos grupos sociais, pois para lá se dirigiram empresários da construção civil, agentes do setor imobiliário, comerciantes e trabalhadores braçais, principalmente, destinados à construção civil.

3.1 - Morfologia urbana: evolução histórica e especificidades do sítio

A morfologia urbana a partir da paisagem e suas formas no sentido geográfico, permite ser o ponto de partida, ou de chegada, na análise das relações entre o sítio urbano e a estrutura da cidade. Admitindo-se inferir tempos, sobreposições, dinâmicas, processos da cidade ou da aglomeração urbana em diferentes escalas (WHITACKER e MIYAZAKI, 2012).

Neste sentido, a partir do estudo das formas urbanas é possível considerar um conjunto de elementos que possibilitaram identificar partes da complexidade do espaço urbano. Para tanto, de acordo com Whitacker e Miyazaki (2012), deve-se partir de um conjunto prévio e complexo de elementos, tais como: a evolução do plano e o plano; as relações do plano com o sítio urbano; a relação entre o que é edificado e o que não é edificado; a densidade de ocupação; a identificação de áreas morfologicamente homogêneas e heterogêneas; a fisionomia urbana (paisagem).

Entretanto, de acordo com Sposito (2004) o conceito de morfologia urbana não pode apenas se referir a uma dada forma urbana, mas ao processo de sua gênese e desenvolvimento, fazendo-se necessário uma análise temporal, com base nos conteúdos e processos para além das formas, constituindo-se em abordagem fundamental para a morfologia urbana.

Nesse sentido, Sposito (2004, p.71) considera as formas espaciais como “fusão do passado e do presente em determinado momento”. Essa dimensão temporal é importante para

não se tomar a forma pelo processo, para que não se reduza esse à primeira (MIYAZAKI, 2013).

Portanto, a análise da gênese da forma urbana deve vir acompanhada de elementos que compreendam as intenções, interesses e lógicas da produção em cada contexto histórico. Sendo assim, uma análise morfológica por meio da expansão territorial urbana em determinados momentos da história poderá compreender as formas, como também os conteúdos e os processos. Neste contexto, cabe ressaltar a importância das representações cartográficas para o estudo morfológico, com o cuidado de não se limitar apenas às formas apresentadas, pois é necessário buscar compreender o contexto da produção do espaço urbano que levou à materialização de tais formas (MIYAZAKI, 2013).

Diferente das cidades interioranas, no litoral norte de São Paulo, a presença marcante do Atlântico (à frente) e as elevadas escarpas da serra do mar (às costas), impossibilitaram uma ocupação radial em torno do centro. Neste caso, a ocupação na cidade de Ubatuba se efetivou, linearmente ao longo da costa, sobretudo, em terrenos menos íngremes e inicialmente nas pequenas reentrâncias e planícies costeiras.

De acordo com a divisão dos setores censitários definidas pelo IBGE[2] (**Figura 5**), é possível perceber com clareza, a localização dos setores urbanos na faixa de praia. Sendo que em alguns casos ocorrem pequenas inserções continente adentro, principalmente, na área central da cidade.

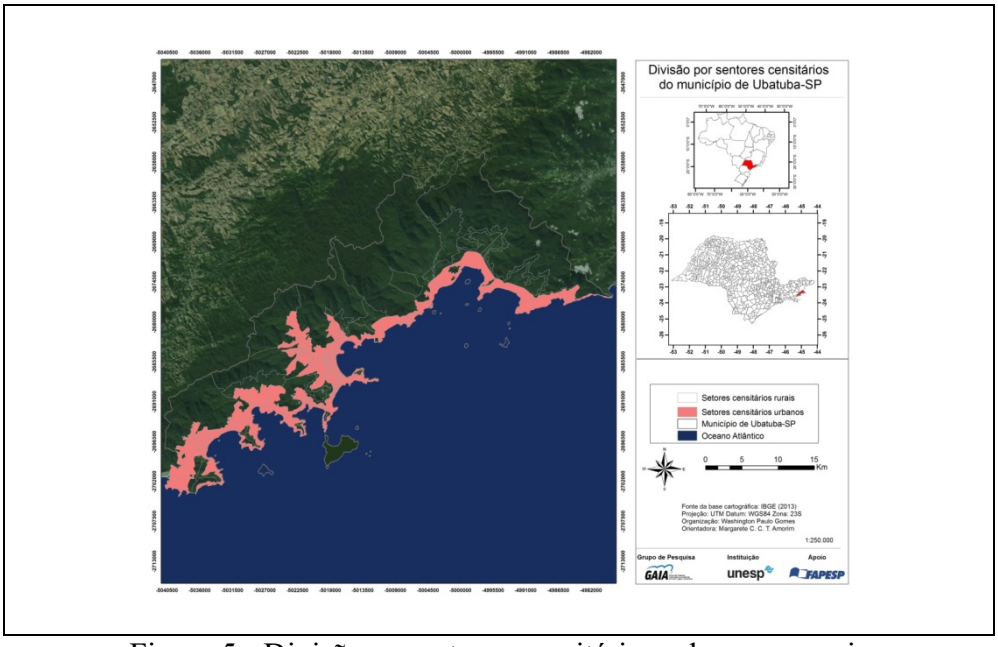


Figura 5 - Divisão por setores censitários urbanos e rurais

[2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística < http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>

Essa ocupação possui uma morfologia que reflete densidades distantes, se concentrando na área central e tendo como a sucessão de praias o fator predominante na orientação da urbanização (MIYAZAKI, 2013).

Na área central da cidade localiza-se a planície mais alongada, que propiciou a implantação do primeiro núcleo urbano com presença de pequenas vilas de pescadores e a fundação da igreja matriz próximo à orla da praia do centro.

O mapa de evolução da área urbana da região central da cidade de Ubatuba (**Figura 6**), mostra em destaque as áreas de expansão territorial da malha. Pode-se perceber que a partir da pequena vila de pescadores, a cidade se expandiu em direção a orla da praia até a década de 1960 e posteriormente em direção a oeste adentrando as planícies litorâneas.

Somente a partir da década de 1950 a área urbana de Ubatuba passou por uma expansão mais significativa. Neste período as presenças das rodovias foram fundamentais. No caso, a BR-101 (Rio-Santos) que margeia a costa litorânea, permitiu uma expansão linear acompanhando a linha de praia, e a Rodovia Oswaldo Cruz (SP-125) que faz a ligação entre o litoral e o Vale do Paraíba, permitiu uma penetração da mancha urbana em direção a oeste adentrando ao continente.

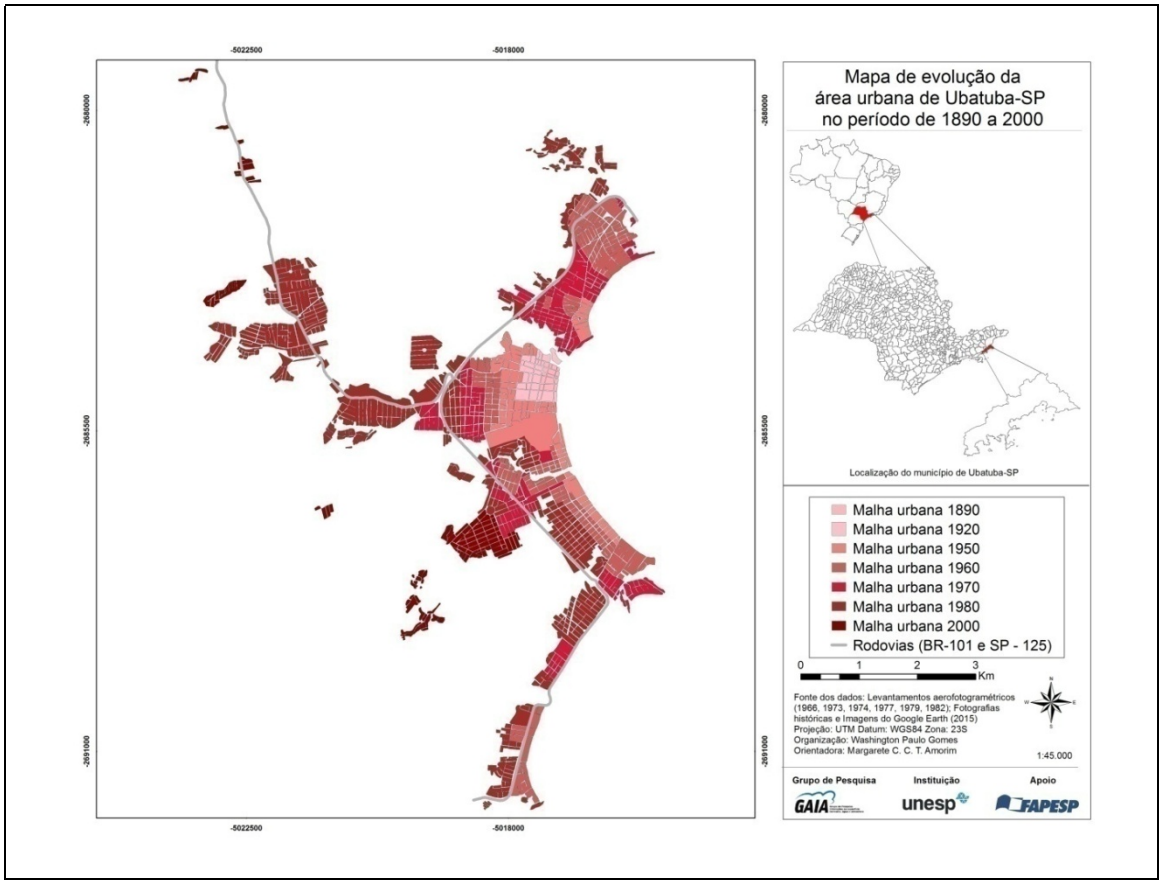


Figura 6 - Mapa de evolução da área urbana de Ubatuba-SP no período de 1890 a 2000

Com maior facilidade de acesso, tanto para as cidades vizinhas do litoral, quanto para as cidades do interior, o turismo passou a se tornar uma importante fonte de renda do município. Segundo Castro e Bruna (2002), as rodovias contribuíram para o crescimento acelerado da região, que passou a ser ocupada predominantemente por loteamentos de segunda residência, na parte sul do município.

A atual configuração territorial da área urbana de Ubatuba é resultante de um processo de dispersão recente, principalmente ao longo das praias, uma vez que se trata, em muitos casos, de uma expansão atrelada à atividade turística. As rodovias dividem o município em três zonas distintas, a área central que polariza grande parte da área urbanizada, as praias do sul com loteamentos mais antigos e populosos e as praias do norte com loteamentos mais recentes, praias pouco ocupadas, reservas naturais e vilarejos caiçaras.

Nas **Figura 7** e **8**, é possível observar a evolução da área urbana de Ubatuba a partir do tratamento de imagens de satélite que subsidiaram a elaboração de composições coloridas. Foram selecionadas imagens do satélite *Landsat* 5 (TM) para os anos de 1985, 1990, 1995 (resolução espacial de 30 metros) e do satélite *Landsat* 7 (ETM+) para os anos de 2000, 2005, 2010 e 2015 (resolução espacial de 15 metros), de forma que é possível acompanhar a evolução da urbanização nestes 30 anos.

As imagens do satélite na composição colorida "falsa-cor" permitem visualizar os contrastes entre as áreas preservadas por vegetação da Serra do Mar em tons de verde das áreas urbanas.

De modo geral, percebe-se que na década de 1985 a ocupação ainda se limitava a orla da praia, com a presença de alguns loteamentos ainda em processo de ocupação. Conforme o passar dos anos é possível identificar o adensamento urbano e a concentração de residências na área central da cidade e no sopé da Serra do Mar.

Atualmente pode se afirmar que a ocupação urbana já se instalou em quase toda a planície litorânea da área central, sobrando apenas como áreas de expansão às encostas e vertentes preservadas da Serra do Mar, protegidas por lei[3].

[3] Decreto n. 10.251 de 31 de agosto de 1977 – "Cria o Parque Estadual da Serra do Mar".
Lei n. 2710 de 3 de outubro de 2005 – "Congelamento de núcleos habitacionais irregulares".



Landsat 5 (12/08/1985) - Bandas 7,4 e 2



Landsat 5 (25/07/1990) - Bandas 7,4 e 2



Landsat 5 (27/10/1995) - Bandas 7,4 e 2



Landsat 7 (26/06/2000) - Bandas 7,4,2 e 8



Landsat 7 (11/08/2005) - Bandas 7,4,2 e 8



Landsat 7 (08/07/2010) - Bandas 7,4,2 e 8

Figura 7 - Evolução da área urbana de Ubatuba-SP a partir de composições coloridas de imagens dos Satélites *Landsat* 5 e *Landsat* 7



Figura 8 - Composição colorida da área urbana de Ubatuba do ano de 2015. Fusão das bandas 7, 4, 2 e 8 da imagem do Satélite *Landsat* 7 (07/08/2015)

3.2 - Da forma ao processo: o que há de material e simbólico na segregação socioespacial

A explosão da atividade turística no município causou uma série de transformações socioespaciais, decorrentes do aumento da população residente e da procura por residências secundárias. A região sul do município, foi ocupada quase que totalmente por loteamentos de segundas residências, entremeados por pequenos núcleos de população fixa, comércio e serviços.

Em 2015, a população urbana atingiu 97,65% e ocupava uma área de 3,5% do território total. De acordo com os dados do censo demográfico (IBGE, 2010), 50% dos domicílios são de uso ocasional (casas de veraneio), enquanto 42% domicílios são ocupados, 7,6% são domicílios particulares vagos e 0,5% são domicílios de uso coletivo.

A forma que dá sustentação ao turismo de segunda residência na orla do município de Ubatuba é a expressão mais contundente de uma nova territorialidade, de uma área que foi transformada trazendo novas formas e funções (LUCHIARI, 1999).

Trata-se de uma expansão que ocorreu a partir do desenvolvimento da atividade turística por meio de residências de veraneio, de uso ocasional, resultando em uma dispersão territorial extensa (**Figura 9**).

É possível notar uma alta concentração dos domicílios de uso ocasional nos setores localizados ao centro-sul, ao longo de praticamente todas as praias, sobretudo, Tenório, Praia Grande, Toninhas, Lázaro, Domingas Dias, Fortaleza, Lagoinha e Maranduba.

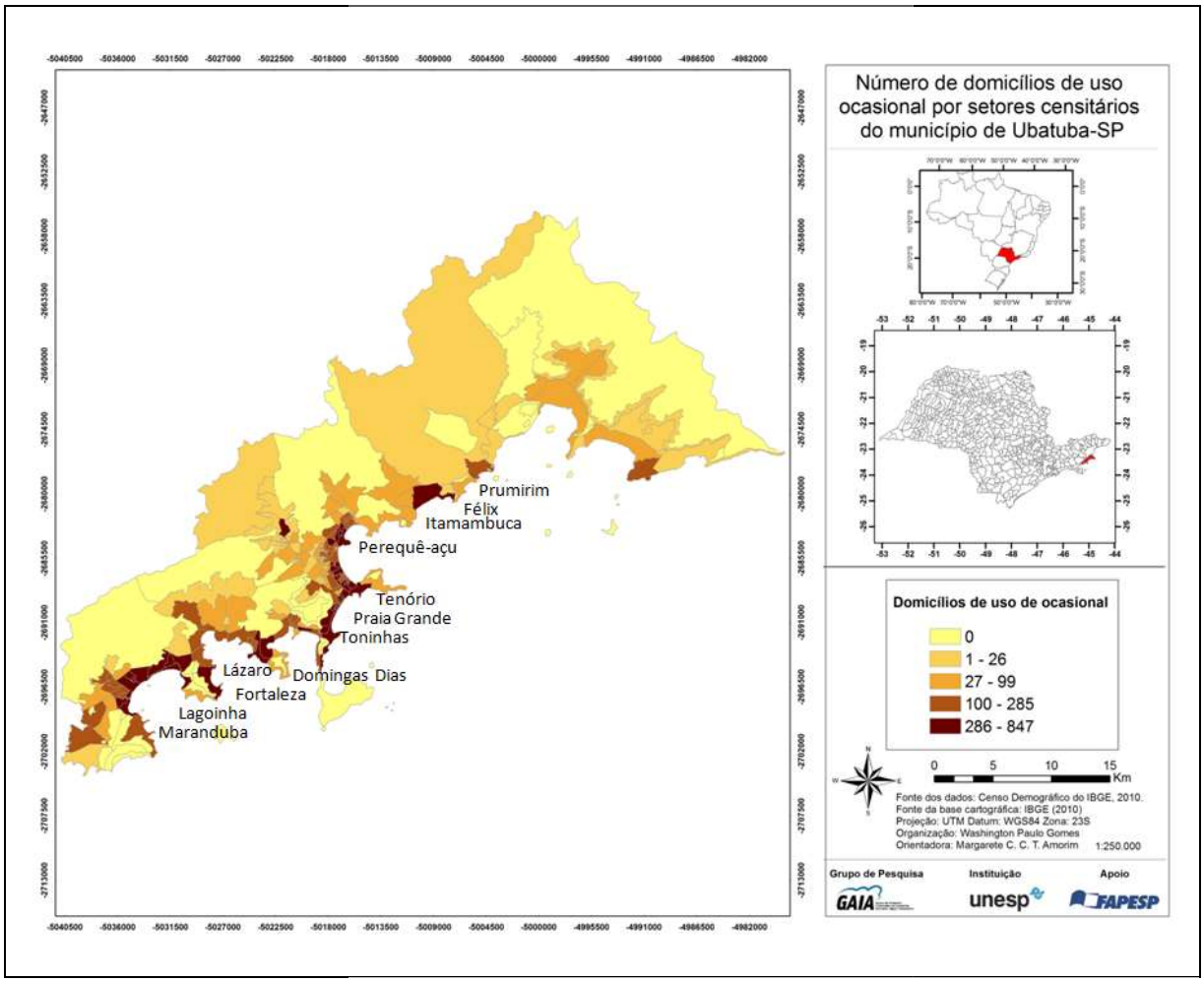


Figura 9 - Número de domicílios de uso ocasional por setores censitários do município de Ubatuba-SP

Ainda no que se refere ao número de domicílios de uso ocasional, destacam-se também os bairros do Itamambuca, Felix e Prumirim, localizados na zona norte do município.

Já os domicílios ocupados pela população residente em Ubatuba predominam na área central e em seu entorno, adentrando os sertões. Desta mesma forma, Miyazaki (2013) encontrou padrões semelhantes na cidade de Caraguatatuba e destacou que os domicílios de uso ocasional prevalecem ao longo do litoral, priorizando-se a vista ou proximidade das

praias, enquanto que os setores localizados mais distantes da costa o número de domicílios de uso ocasional diminui, uma vez que nestas áreas predominam as residências ocupadas pelos moradores locais.

Este novo modelo de urbanização deu uma nova forma aos espaços público de lazer, a forma que ergue barreiras físicas e simbólicas, exigem cadastramento e criam constrangimentos aos usuários dos territórios à beira-mar, remete a um novo conteúdo social que amplia a contradição entre a população local e o turista, e produz uma espacialidade seletiva, contribuindo para o processo de segregação socioespacial.

O cerceamento do acesso à praia por meio de condomínios fechados mostra o quão intrínseca estão às relações de poder e as articulações entre o Estado e a classe dominante capitalista, que permitem e criam condições para apropriação privada do espaço público.

Segundo Rodrigues (2014), os condomínios fechados expressam uma das maneiras pelas quais a propriedade fundiária urbana expande e redefine formas de controle socioespacial. Um produto imobiliário que incorpora, na mercadoria terra urbana, a mercadoria segurança, amplia a segregação socioespacial e as formas sobre o espaço urbano.

Neste mesmo sentido, Caldeira (2000), chama a atenção para os enclaves fortificados, como espaços privativos, fechados e monitorados. Os enclaves conferem status e esse processo elabora diferenças sociais e cria meios para a afirmação das desigualdades sociais.

Rodrigues (2014) evidencia o caráter ilegal e inconstitucional dos condomínios fechados, tanto do ponto de vista jurídico, como do ponto de vista urbanístico. Tais empreendimentos impedem o acesso às áreas e aos espaços públicos com o argumento da garantia de segurança.

De acordo com a constituição federal que institui o plano nacional de gerenciamento costeiro:

> As praias são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre, livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse de segurança nacional ou incluídos em áreas protegidas por legislação específica (Lei 7.661/88, Art. 10.).

Sabendo da legislação vigente e com o intuito de mascarar a infração da lei, diferentemente dos condomínios fechados das cidades interioranas, na cidade de Ubatuba não há presença de um muro que impede a passagem de um lugar para o outro. Neste caso, os agentes imobiliários se aproveitaram das características do sítio e do litoral recortado para criarem barreiras naturais, se apropriando do relevo e da densa vegetação, facilmente

encontrada em toda a mata atlântica. Entretanto, a livre circulação de pessoas nessas áreas não é permitida sem aviso prévio ou com o cadastramento nas portarias de entradas. Como exemplo, pode-se citar o bairro-praia do Tenório, localizado próximo a área central (**Figura 10**).



Figura 10 - Bairro-praia do Tenório
Fonte: Google Earth (2015)

Com a criação desses bairros-praias a diferença e a desigualdade social se articulam no processo de apropriação do espaço, definindo uma acessibilidade material, e, sobretudo simbólica, constatando-se inevitavelmente de que existe uma dimensão de classe, determinando formas de territorialização, por meio da privatização do espaço público (CUNHA e SILVA, 2011).

Neste sentido, para Sposito e Goes (2013), a segregação surge como resultado da radicalização e do aprofundamento de múltiplas formas de distinção, de segmentação e desigualdades. O processo marcante de autossegregação de um determinado grupo com melhores condições que optam pelo isolamento em área privilegiadas em relação ao conjunto da cidade, também marcam o aprofundamento das diferenças e das desigualdades (CORRÊA, 2005).

Desta mesma forma, foram criados diversos bairros-praias ao longo da costa, sobretudo, nos bairros com maiores densidades de ocupações de uso ocasional (**Figura 11**). Foram identificados oito bairros-praias com restrições de entradas, quatro localizados na zona

sul (Lagoinha, Fortaleza, Vermelha do Sul, Domingas dias), um na área central (Tenório) e três na zona norte (Itamambuca, Felix e Prumirim).

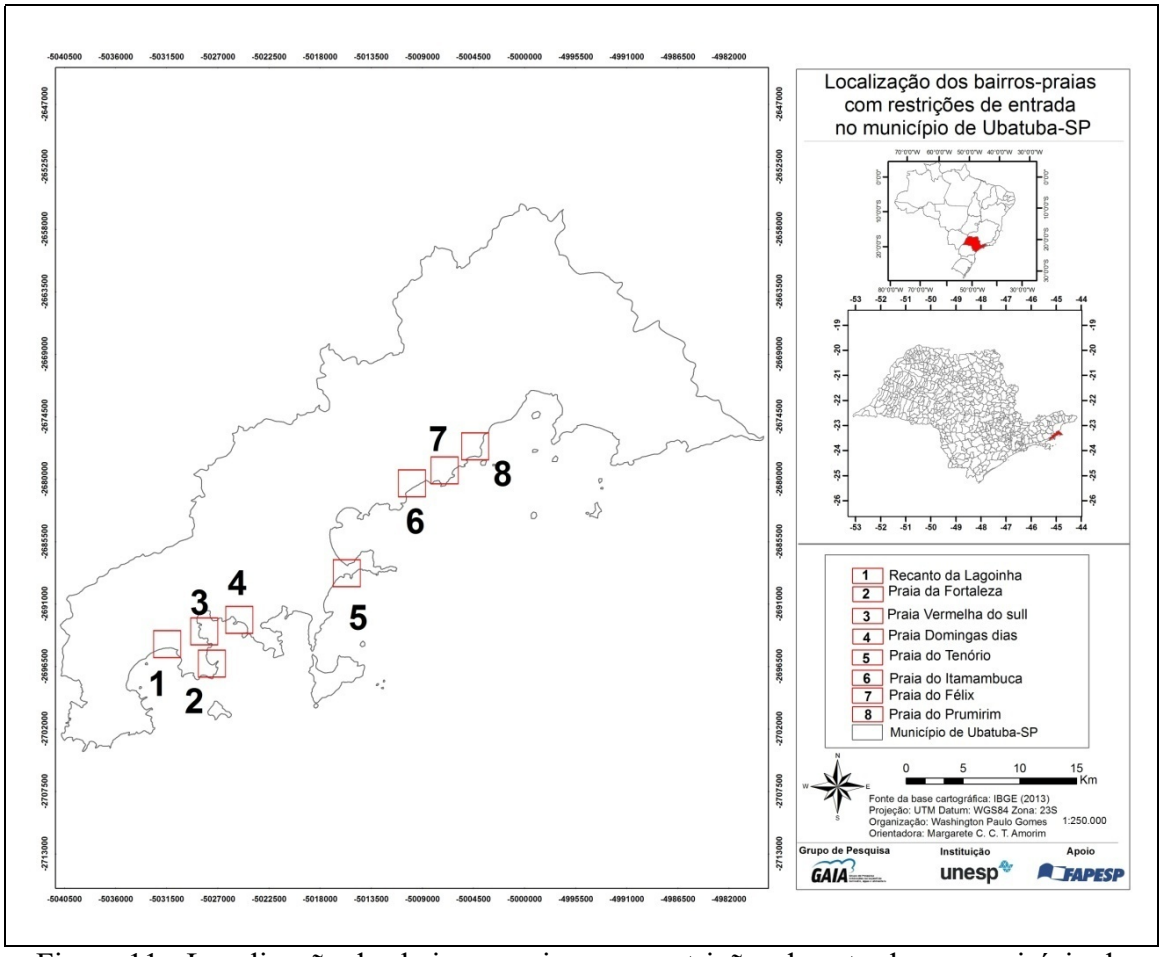


Figura 11 - Localização dos bairros-praias com restrições de entrada no município de Ubatuba-SP

Tais bairros, mantém a restrição de entradas com a presença das guaritas, cancelas e vigilância contínua que servem como uma barreira material e simbólica da segregação socioespacial (**Figura 12**).

Saravi (2008) define a segregação urbana como dimensão específica de um processo geral de diferenciação social. A divisão do espaço urbano é uma representação espacial, reflexo da estrutura social. Assim, a segregação urbana não se esgota em sua dimensão objetiva, mas é resultado de uma relação complexa entre as dimensões objetivas e simbólicas que se constitui como a força ativa do processo de segregação.

Neste sentido, as barreiras físicas das guaritas estão presentes em todos os oito bairros-praias, que mesmo sem impedir a livre circulação das pessoas, impõe uma barreira simbólica,

causando o constrangimento para os moradores locais e turistas, que também querem se utilizar dessas praias, de uso público, em suas atividades de lazer.



Recanto da Lagoinha



Praia da Fortaleza



Praia Vermelha do Sul



Praia Domingas Dias



Praia do Tenório



Praia do Itamambuca



Praia do Felix



Praia do Prumirim

Figura 12 - Guaritas com vigilantes dos bairros-praias com restrições de entradas
Fonte: Trabalho de campo e Google Earth (2015)

Desta mesma forma, Ribeiro (2014), verificou no município de Angra dos Reis processos semelhantes de apropriação privada do espaço público, classificando as praias com portarias particulares como de uso controlado, ou seja, tem o acesso permitido, porém, mediado por uma guarita com cancelas e vigilantes, causando constrangimento para os usuários.

O espaço urbano de Ubatuba encontra-se fragmentado, resultado da desigualdade social que se apresenta no espaço urbano representado pela segregação socioespacial, de um lado, extensos bairros-praias em situações privilegiadas, e de outro, diversos bairros simbolizados pelos sertões, longe da orla da praia, caracterizados pelas condições precárias das periferias.

A estrutura urbana do município pode ser caracterizada a partir dos processos descritos, através das diferentes valorizações das localizações (valor do solo, valor cênico, proximidade com o mar) e infraestrutura de serviços, circulação, acesso, equipamentos públicos, rede de comércio e etc.

As cidades turísticas representam uma nova forma de urbanização e na prática as praias controladas estão impregnadas de símbolos que acabam por cercear o uso público intensificando o processo de apropriação privada.

4 - CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE GEOAMBIENTAL

O município de Ubatuba possui aproximadamente 60 km de extensão e está localizado entre o cume das escarpas cristalinas da Serra do Mar e a linha de costa, possui uma faixa litorânea relativamente estreita que varia de 8 a 16 km de largura e uma área territorial de 708,105 Km² (IBGE, 2010).

Diferente de outras cidades já estudadas na perspectiva do clima urbano, Ubatuba possui uma particularidade muito significativa, pois têm o oceano a sua "frente" e a Serra do Mar as suas "costas". Neste caso, além da circulação atmosférica, outros fenômenos também interferem para gerar uma singularidade do ponto de vista climático. A grande quantidade de umidade do ar proveniente dos ventos alísios fortalece o efeito orográfico na região. A geração de zonas de instabilidades contribui de forma significativa na produção de chuvas. Na sua dinâmica natural atuam diversos fatores do clima que influenciam na complexidade do clima regional e são características marcantes no desenvolvimento do clima urbano local.

No período de 1961 a 2015, a temperatura mínima absoluta registrada foi de 3,1°C em 14 de maio de 1963, a temperatura máxima absoluta atingiu 40,8°C em 9 de setembro de 1997. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com uma estação mais chuvosa (outubro a março) e outra menos chuvosa (abril a setembro), sem a presença de uma estação seca (**Figura 13**).

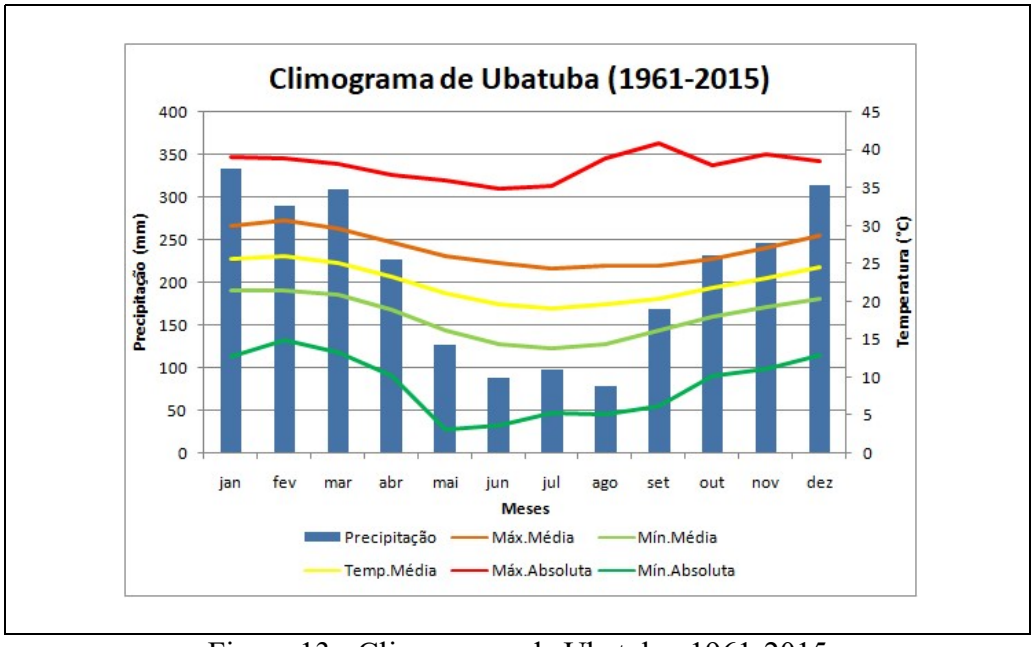


Figura 13 - Climograma de Ubatuba: 1961-2015
Fonte: INMET; IAC

A cidade apresenta um dos maiores totais pluviométricos do Brasil, com a precipitação média anual de 2510 mm. Durante o período de 1961-2015 as precipitações foram superiores a 3.000 mm em nove anos, com o maior total pluviométrico em 1986, atingindo 3.406 mm. O ano menos chuvoso ocorreu em 1963, com a precipitação total de 1.286 mm (**Figura 14**)

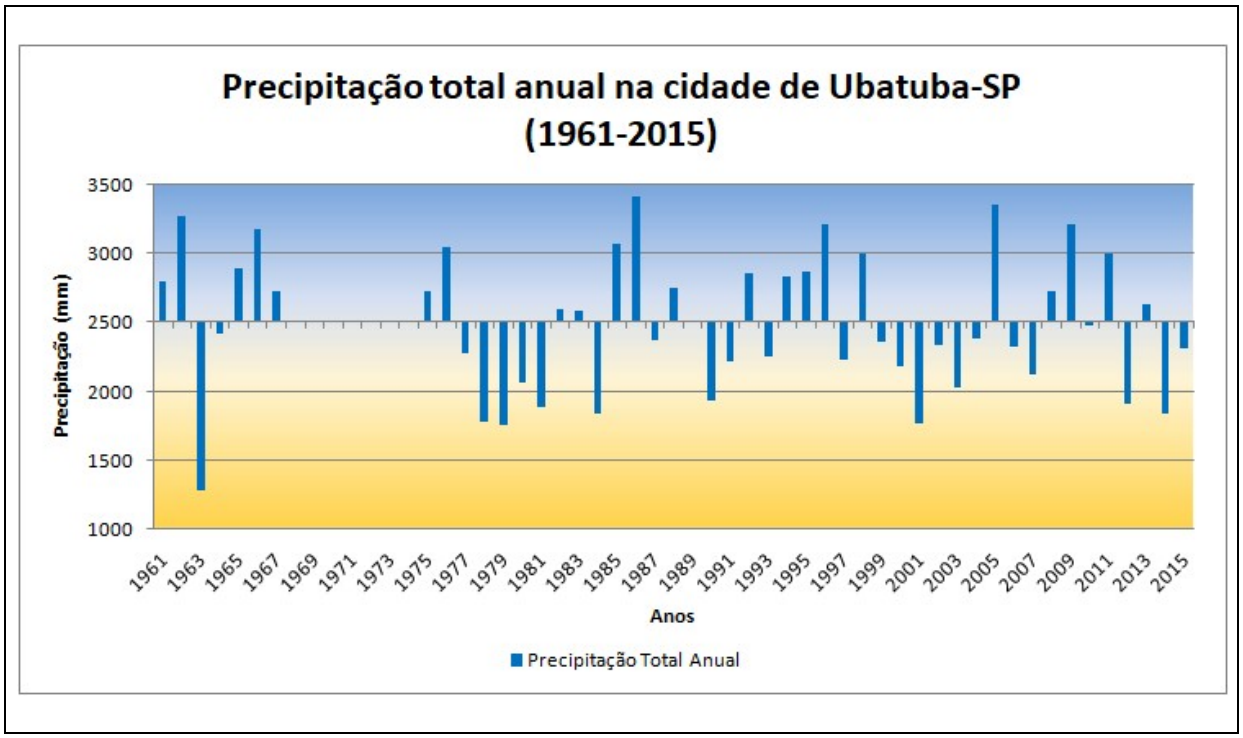


Figura 14 - Precipitação total anual na cidade de Ubatuba: 1961-2015
Fonte: INMET; IAC

De acordo com Fante (2014), verifica-se uma tendência de aumento das temperaturas médias das máximas nos últimos 55 anos (**Figura 15**). Quando comparado em relação à média, percebe-se um aumento dos anos em que as temperaturas médias das máximas foram superiores a 27ºC (média das máximas de todo o período 1961-2015). Nos últimos 30 anos, as temperaturas foram superiores a média em 21 anos (**Figura 16**).

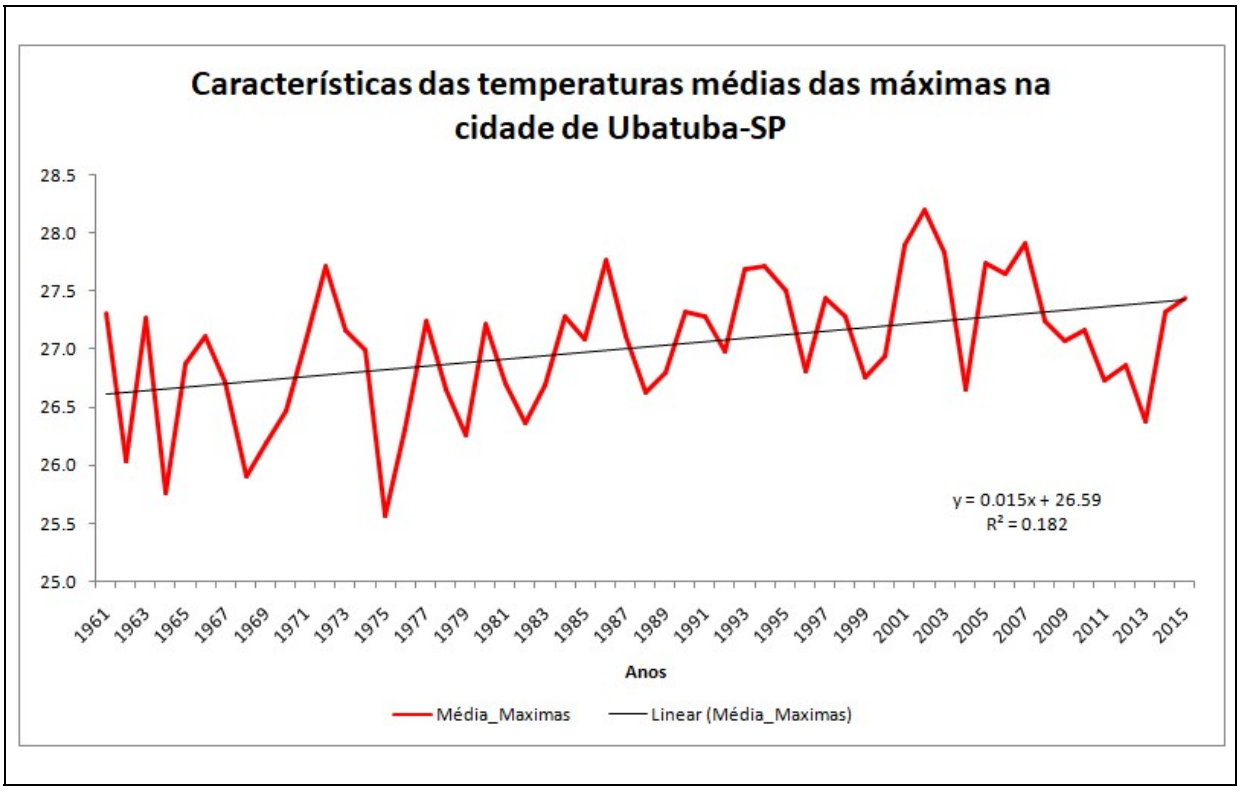


Figura 15 - Características das temperaturas média das máximas na cidade de Ubatuba-SP
Fonte: Adaptado de Fante (2014)

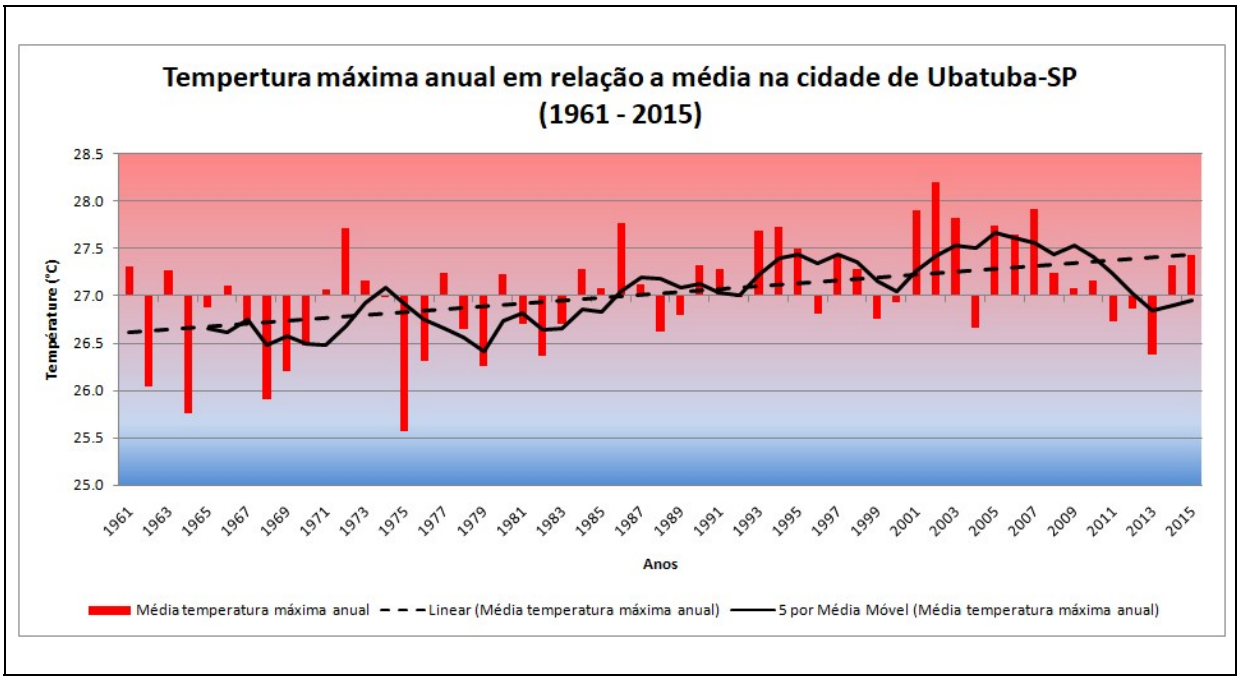


Figura 16 - Temperatura máxima anual em relação à média na cidade de Ubatuba-SP
Fonte: INMET; IAC

As temperaturas médias das mínimas anuais não apresentaram um aumento significativo ao longo dos anos (**Figura 17**). Diferente das temperaturas máximas, percebe-se

que nos últimos 30 anos (1985-2015), as temperaturas mínimas anuais permaneceram próximas da média do período (**Figura 18**).

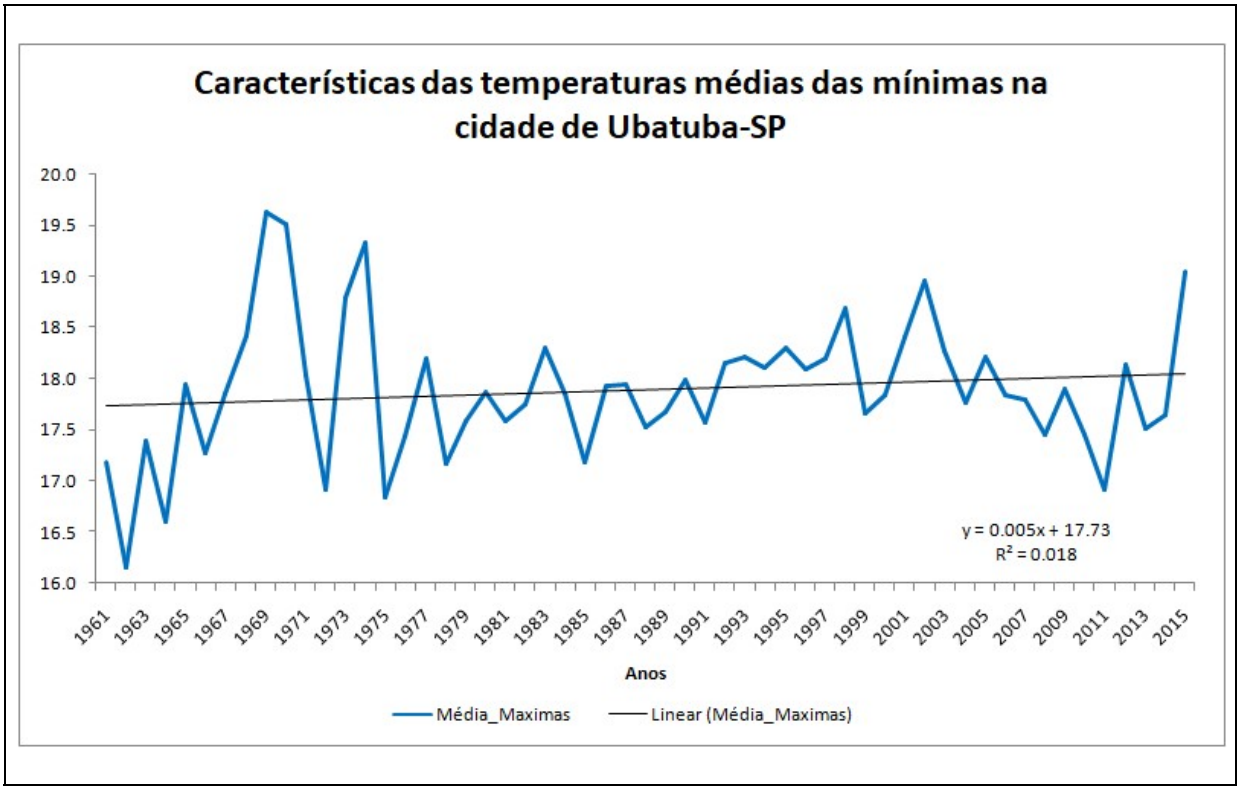


Figura 17 - Características das temperaturas média das mínimas na cidade de Ubatuba-SP
Fonte: Adaptado de Fante (2014)

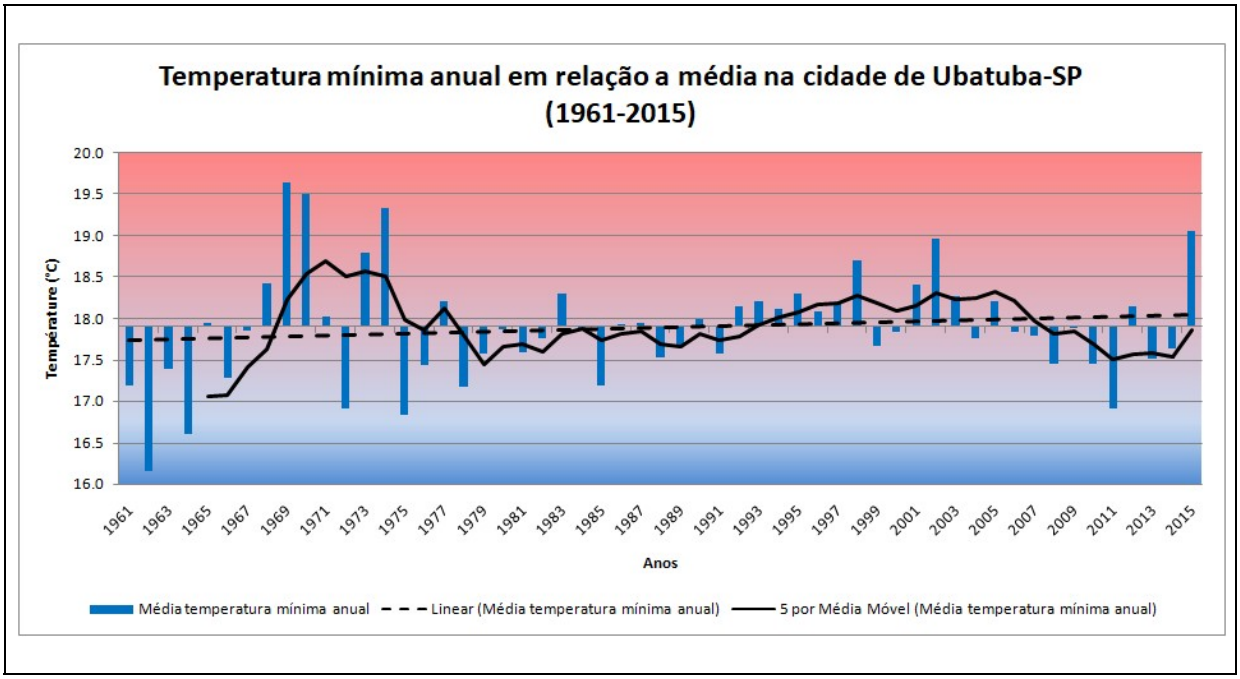


Figura 18 - Temperatura mínima anual em relação à média na cidade de Ubatuba-SP
Fonte: INMET; IAC

O aumento das temperaturas média das máximas pode estar ligado às modificações no uso e ocupação da terra nas áreas próximas a estação meteorológica, por meio da expansão territorial urbana no sentido das escarpas da Serra do Mar, sobretudo, às margens da Rodovia Osvaldo Cruz, que serve como uma importante via de ligação entre o litoral e a região do Vale do Paraíba.

Para compreender a formação local do relevo, é necessário entender a sua dinâmica e seus processos de formação em uma escala ampliada. Ross (1992) ao realizar a divisão taxonômica do relevo, definiu que os dois primeiros níveis de classificação seriam as morfoestruturas e as morfoesculturas (GOMES, 2015).

Essa divisão taxonômica tem como ponto de partida em sua fundamentação teórico-metodológica as concepções de Walther Penck (1953), que entendia que as formas de relevo são resultantes de forças antagônicas, ou seja, de processos endógenos (vulcanismo, abalos sísmicos, desdobramentos, soerguimentos, falhamentos e fraturas) ou de processos exógenos (intemperismo e erosão), portanto, tanto a morfoestrutura quanto a morfoescultura são produtos da ação dinâmica desses dois processos (ROSS, 1992).

Do ponto de vista morfoestrutural, o município de Ubatuba-SP, está localizado no cinturão orogênico da serra do mar (Complexo Serra do Mar), que consiste de formações geológicas do Pré-Cambriano e Cenozóico. O surgimento da Serra do Mar, do Cretáceo superior ao Terciário, está ligado a um tectonismo paralelo à costa, com flexuras monoclinais e falhamentos que vem recuando sob a ação da erosão (ALMEIDA, 1974 *apud* JORGE, 2004).

Segundo o mapa geológico do IPT (1981), que representa a litologia e a estratigrafia do Estado de São Paulo, na área de estudo ocorrem, predominantemente, litotipos atribuídos à unidade litoestratigráfica Pré-Cambriana representada pelo Complexo Costeiro. Essa unidade é bastante heterogênea, composta predominantemente por ortognaisses migmatíticos, intercalados por rochas parametamórficas e granulíticas, sendo que, as rochas agrupadas sob essa designação correspondem ao nível de médio a alto grau metamórfico. Este conjunto lítico corresponde às rochas mais antigas existentes na área, cujos dados geocronológicos indicam idades arqueanas (JORGE, 2004).

Segundo o projeto Radambrasil (1983), a planície litorânea registra a presença de sedimentos marinhos, restingas e cordões litorâneos nos sedimentos Cenozóicos com formações de manguezais, constituídas por camadas arenosas, argilosas e turfáceas definidas como sedimentação flúvio-marinha.

Do ponto de vista morfoescultural, o município localiza-se no Planalto Atlântico, na unidade Escarpa da Serra do Mar e Morros Litorâneos, e também nas Planícies litorâneas e fluviais (ROSS e MOROZ, 1997). As áreas das baixadas litorâneas correspondem aos relevos de agradação, onde predominam os processos deposicionais. As planícies costeiras constituem superfícies aplainadas ligadas a processos litorâneos correspondentes acumulação de sedimentos flúvio-marinho recente. Assim, os terrenos são mais ou menos planos e possuem distribuição descontínua ao longo da orla marítima. Próximo ao nível do mar as altitudes são menores próximas e possui drenagem com baixa densidade e padrão meandrante (JORGE, 2004).

4.1 - Características do relevo: hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado

As escarpas da Serra do Mar aproximam-se do litoral, onde seus esporões desdobram-se em patamares, às vezes em morros residuais ou emergindo em ilhas. As escarpas caracterizam-se como rebordo do Planalto Atlântico, com altitudes que chegam aos 1.600 metros e são recortadas pela drenagem (CRUZ, 1990).

De acordo com Sant' Anna Neto (1990), este trecho do litoral paulista é caracterizado por uma costa recortada, devido à proximidade com a Serra do Mar que possui escarpas festonadas e em muitos casos terminam diretamente sobre o oceano. A planície costeira aliada às estruturas da Serra do Mar é dominada pela presença de diversas baías, enseadas e praias de pequenas dimensões que formam praias de bolso.

Neste sentido, levando em consideração o recorte da área de estudo, pode-se observar que as atitudes variam de 0 m (nível do mar) à 1.020 m (escarpas da Serra do Mar), configurando uma alta amplitude altimétrica (**Figura 19**).

O relevo na Serra do Mar reflete alguns condicionantes geológicos, de modo que ocorrem, em toda a sua extensão, vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e cumeadas paralelas, relevos de grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes (IPT, 2001).

Como já citado anteriormente, é possível identificar que as áreas mais baixas são ocupadas pela população. De acordo com a expansão da área urbana ao longo das décadas, algumas áreas mais elevadas, próximas as encostas, também foram sendo ocupadas, sobretudo, pela população socioeconomicamente carente.

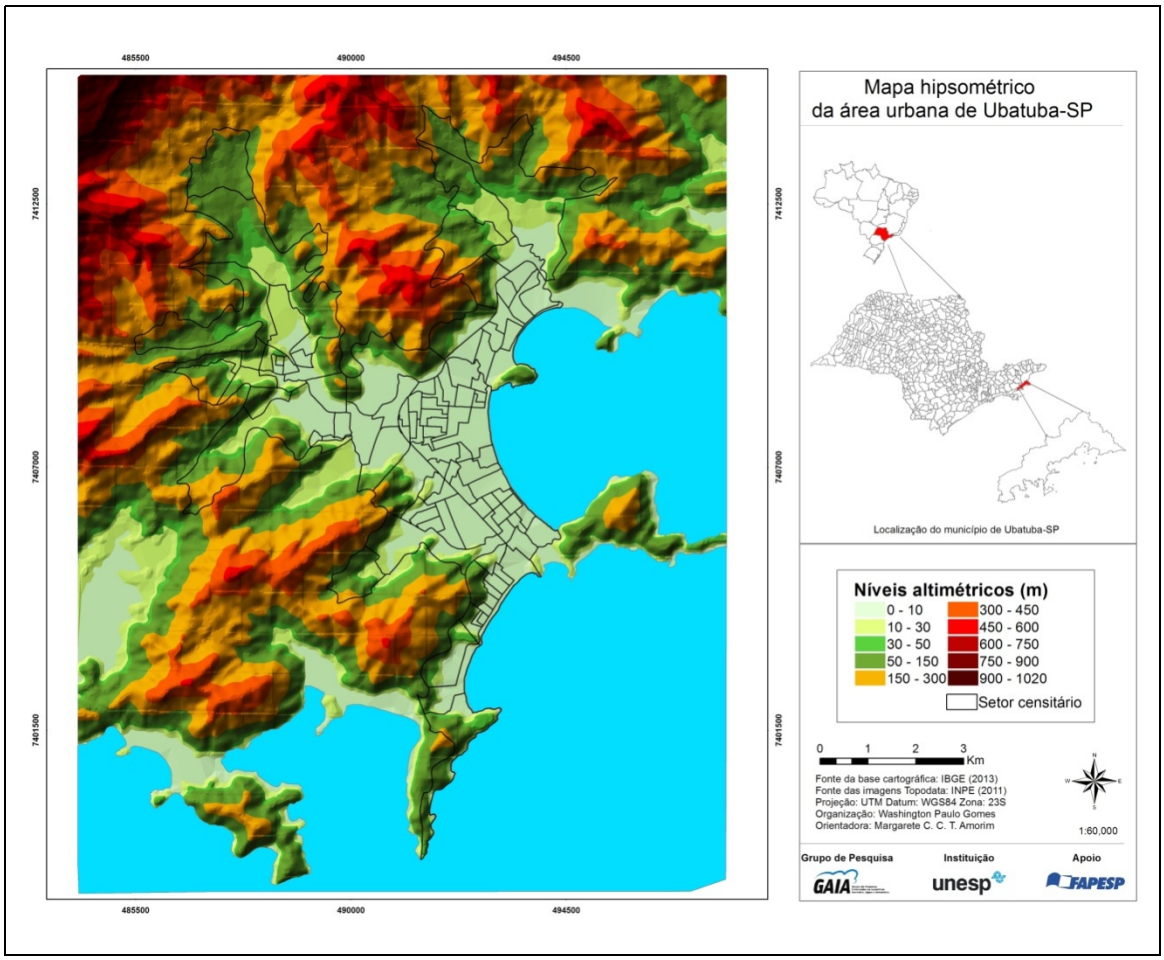


Figura 19 - Mapa hipsométrico da área urbana de Ubatuba-SP

Para se obter o maior grau de detalhamento da área de estudo em todos os aspectos mencionados (hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado), foi realizada uma apresentação em formato de três dimensões (3D). Os procedimentos foram realizados no aplicativo ArcScene por meio das ferramentas *"base height*" e "*floating*".

Neste modelo (**Figura 20**) é possível visualizar a hipsometria em 3D, por quatro ângulos diferentes. Assim fica mais evidente a localização da área urbana e a compreensão de como ela foi adentrando as pequenas planícies litorâneas.

A declividade do terreno (**Figura 21**) foi elaborada de acordo com a classificação da Embrapa (2009, p. 287), que estabelece seis diferentes classes de relevo:

- **Plano** - superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

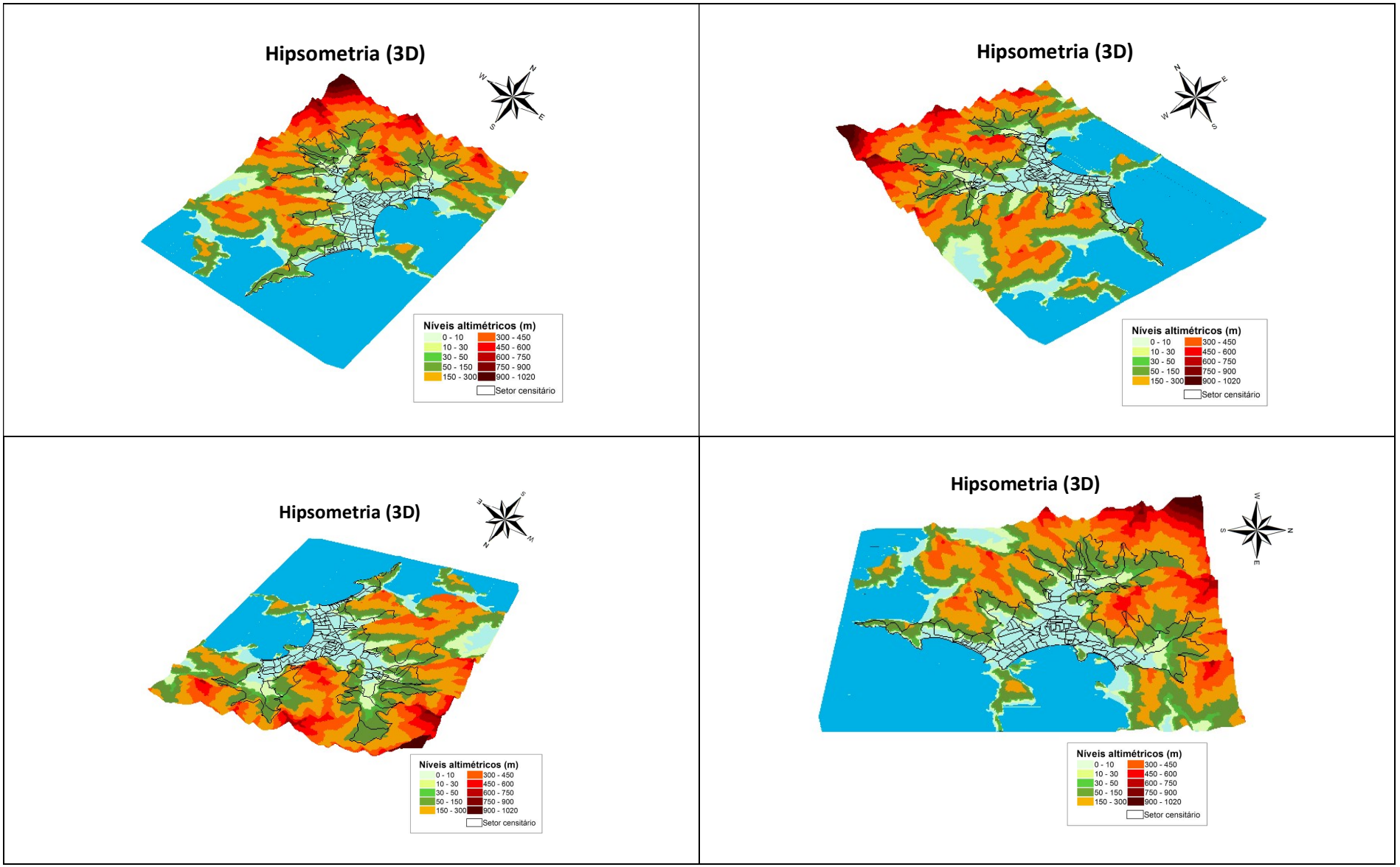


Figura 20 - Hipsometria em 3D da área urbana de Ubatuba-SP

- S**uave ondulado** - superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- O**ndulado** - superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
- F**orte ondulado** - superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
- M**ontanhoso** - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
- E**scarpado -** áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, tais como:frentes de cuestas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Deste modo, é possível observar que com exceção das planícies litorâneas a área de estudo se apresenta muito acidentada com relevo variando entre forte ondulado a escarpado, característica marcante da Serra do Mar, com declividades superiores aos 75%.

Segundo Cruz (1990), as escarpas costeiras tropicais úmidas da serra do Mar, no denominado litoral norte do Estado de São Paulo, são compostas por enormes quantidades de vertentes alongadas, na sua maioria escarpadas, com fortes amplitudes topográficas entre os topos e o fundo dos vales.

Andrade e Cunha (2010) ao realizarem a análise do relevo do litoral norte paulista identificaram que as escarpas são as principais características da Serra do Mar, muitas vezes se aproximando da linha de costa. Tal configuração do relevo atribui a esta área do litoral considerável complexidade, pois cria restrições ao uso e ocupação da terra em um setor litorâneo muito explorado pelo turismo.

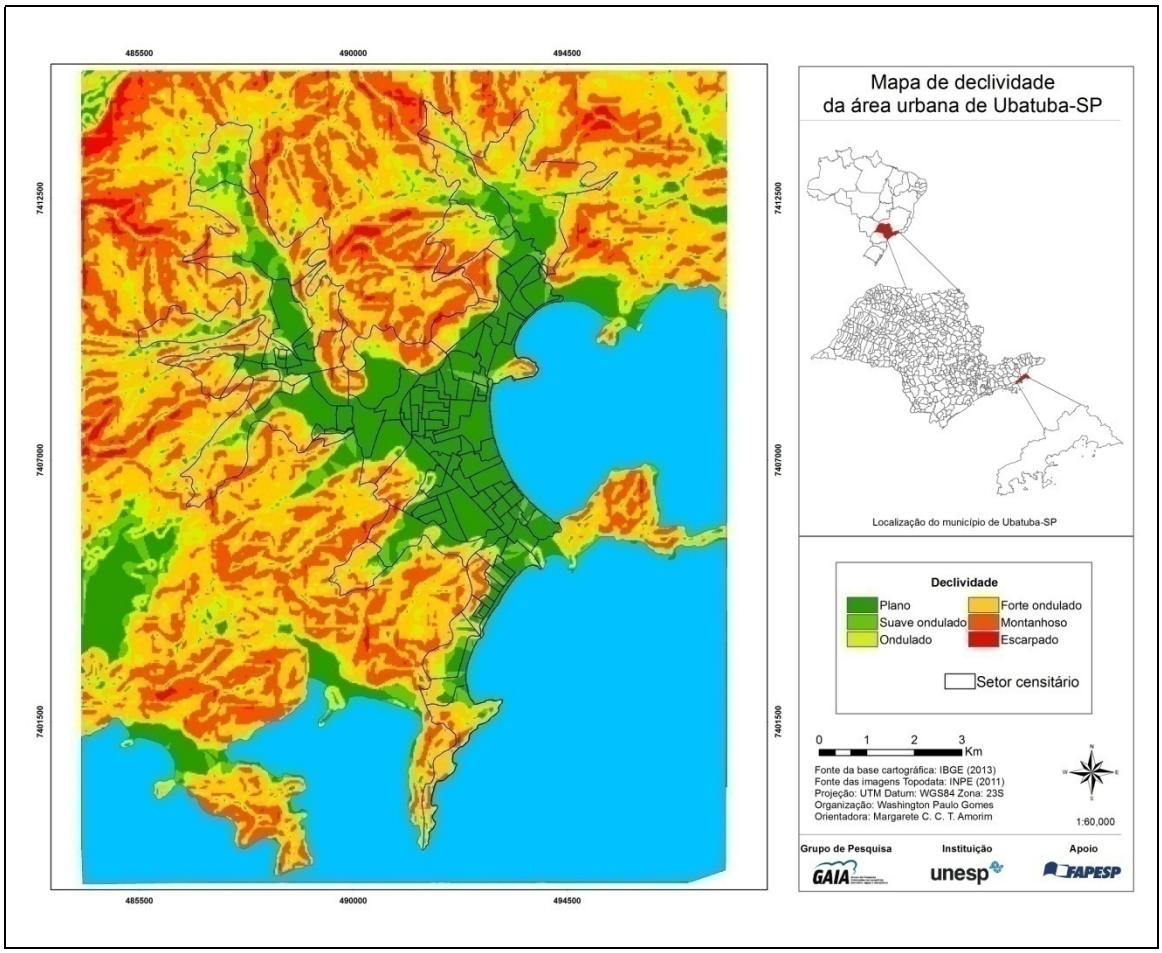


Figura 21 - Classes de declividade da área urbana de Ubatuba-SP

Na **Figura 22**, também é possível visualizar a declividade do relevo em 3D, por quatro ângulos. Em comparação com a hipsometria, percebe-se que conforme a altitude se eleva as escarpas vão surgindo com mais frequência. Até mesmo nos espigões próximos a linha de costa as declividades são acentuadas, variando entre ondulado e escarpados.

O mapa de orientação das vertentes da área de estudo foi organizado em nove classes: Plano, Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste (**Figura 23**). Devido às características acidentadas do relevo, não é possível identificar a predominância de apenas uma das orientações das vertentes, mas sim alguns padrões de distribuição que na visualização em 3D ficam mais evidentes.

Os trabalhos de clima urbano e, sobretudo, aqueles que se referem ao canal termodinâmico, devem se atentar de forma mais contundente para os mapas de orientações das vertentes. Sendo que os mesmos possuem particularidades que podem contribuir para a compreensão das características das temperaturas do ar e mais especificamente as temperaturas de superfície.

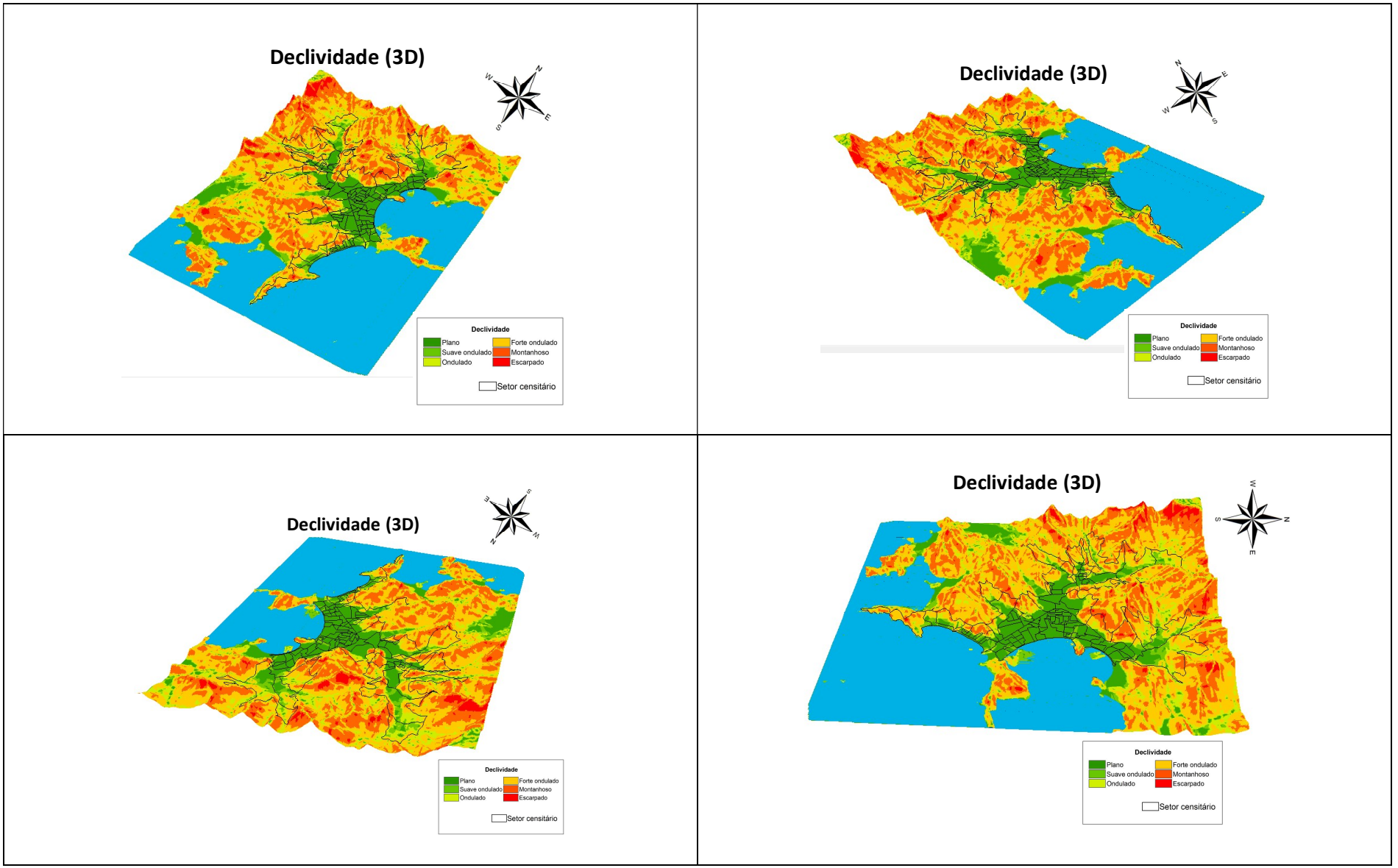


Figura 22 - Classes de declividade em 3D da área urbana de Ubatuba-SP

Deste modo, por se tratar de uma área de estudo bastante complexa e com altitudes elevadas, o efeito sombra, em conjunto com a orientação das vertentes, pode indicar as áreas que recebem mais ou menos incidência da radiação solar de forma direta dependendo da hora do dia.

Um bom exemplo serve para as análises de imagens termais do satélite *Landsat* 8, que são capturadas no período da manhã. De acordo com o movimento aparente do sol, as vertentes voltadas para os quadrantes sul e oeste demoram a receber a radiação direta, resultando em temperaturas dos alvos menores quando comparadas com as vertentes voltadas para os quadrantes leste e norte, que recebem as primeiras radiações solares e são as áreas aquecidas mais rapidamente.

As imagens em 3D referentes às orientações das vertentes facilitam a visualização e qualificam as análises de tal modo que é possível identificar diferentes orientações conforme as cores pré-estabelecidas (**Figura 24**). Assim, as vertentes voltadas para o quadrante Sudeste são evidenciadas na cor verde. As vertentes voltadas para os quadrantes Sul e Sudeste são apresentadas pelas tonalidades em tons de azul. As vertentes voltadas para o quadrante Norte são apresentadas na coloração vermelha e por fim as vertentes voltadas para o quadrante Leste são apresentadas na cor amarela.

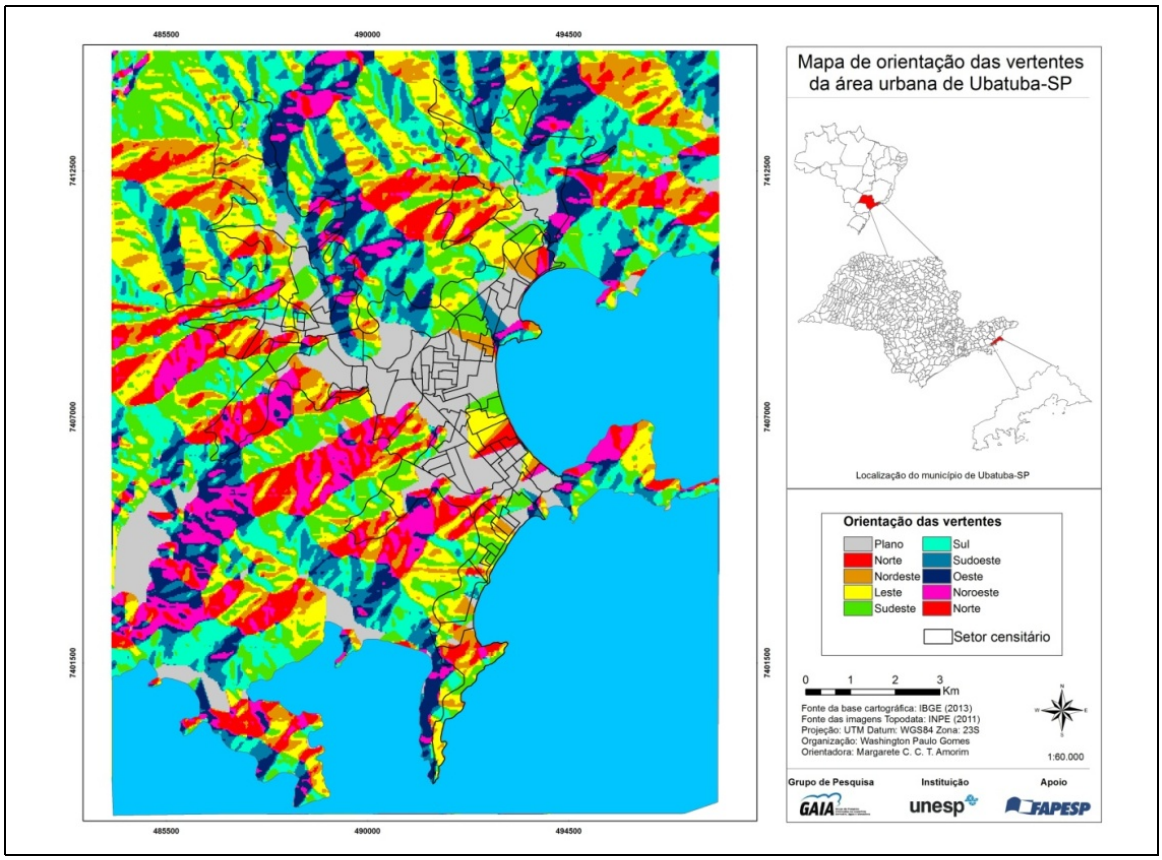


Figura 23 - Mapa de orientação das vertentes da área urbana de Ubatuba-SP

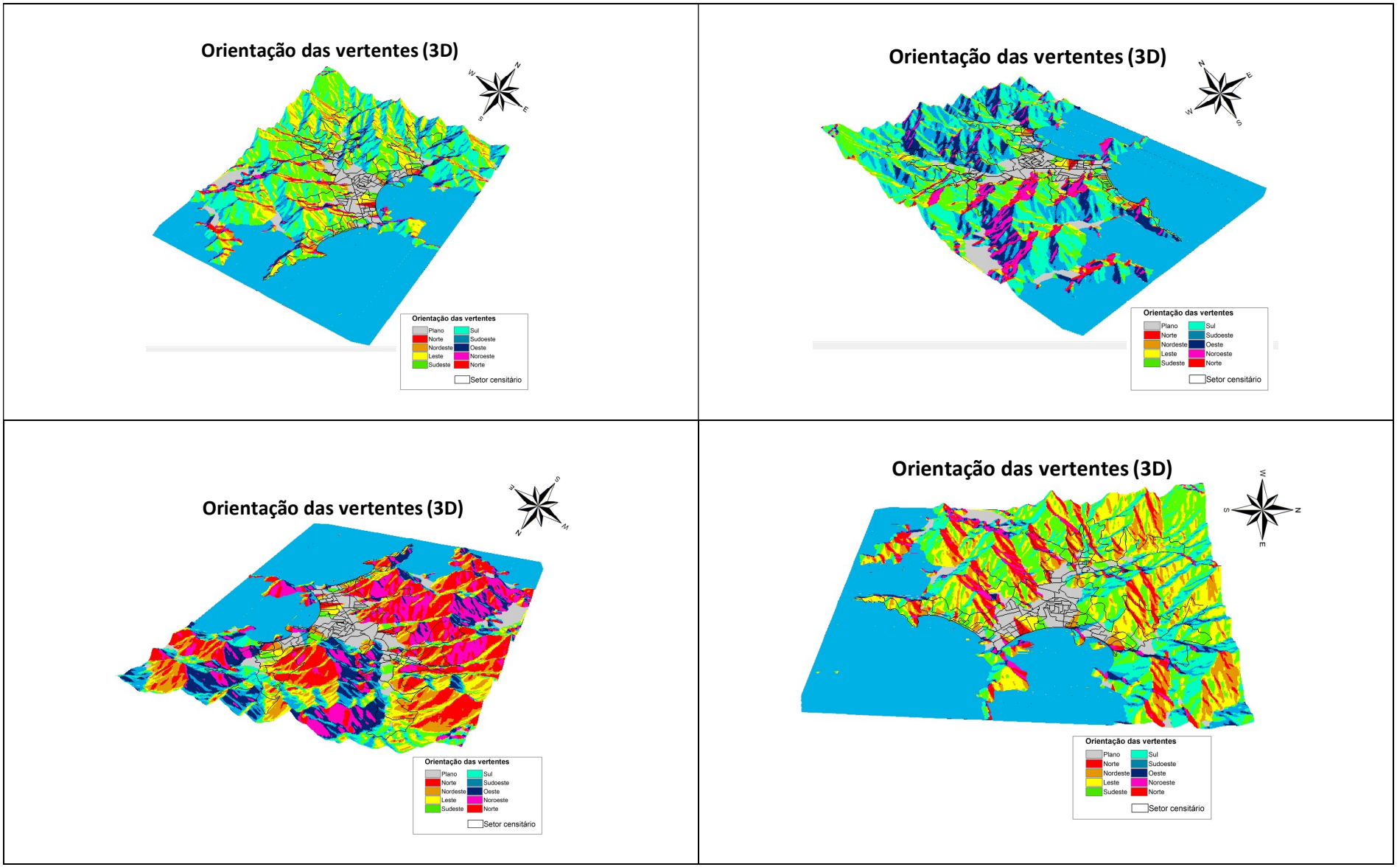


Figura 24 - Orientação das vertentes em 3D da área urbana de Ubatuba-SP

O mapa de relevo sombreado surge como mais um aspecto que pode contribuir para as análises dos trabalhos relacionados ao clima urbano, sendo possível identificar as áreas de maiores sombreamentos e áreas de maiores exposições solar (**Figura 25**). Os relevos sombreados ajudam a visualizar dados de superfície tridimensionais em um ambiente bidimensional. Realiza o sombreamento e ilumina feições de superfície baseadas na posição de um a fonte de luz, lançando sombras que tornam as feições de superfície reconhecíveis.

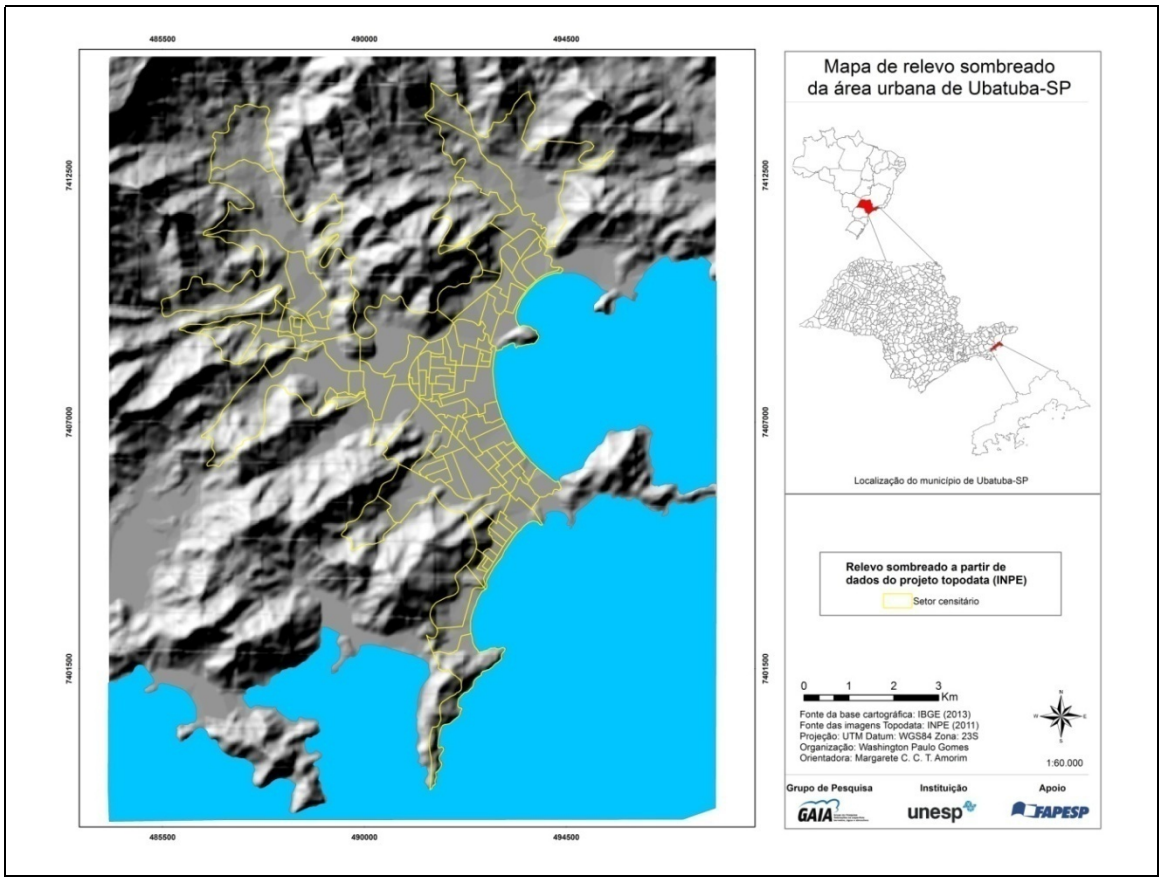


Figura 25 - Mapa de relevo sombreado da área urbana de Ubatuba-SP

As duas configurações mais importantes no sombreamento são azimute e altitude. Elas informam a posição do sol usada para iluminar a superfície. O azimute é a direção angular do sol, enquanto que a altitude é a elevação do sol sobre o horizonte. Alterar o azimute expõe células diferentes, enquanto que alterar a altitude torna as sombras mais longas ou mais curtas. Neste caso, o sol foi posicionado na configuração de azimute 315 graus e altitude de 45 graus.

Nas imagens em 3D (**Figura 26**) é possível visualizar de forma nítida as vertentes mais iluminadas e sombreadas, partindo do pressuposto que o sol está posicionado na direção Noroeste.

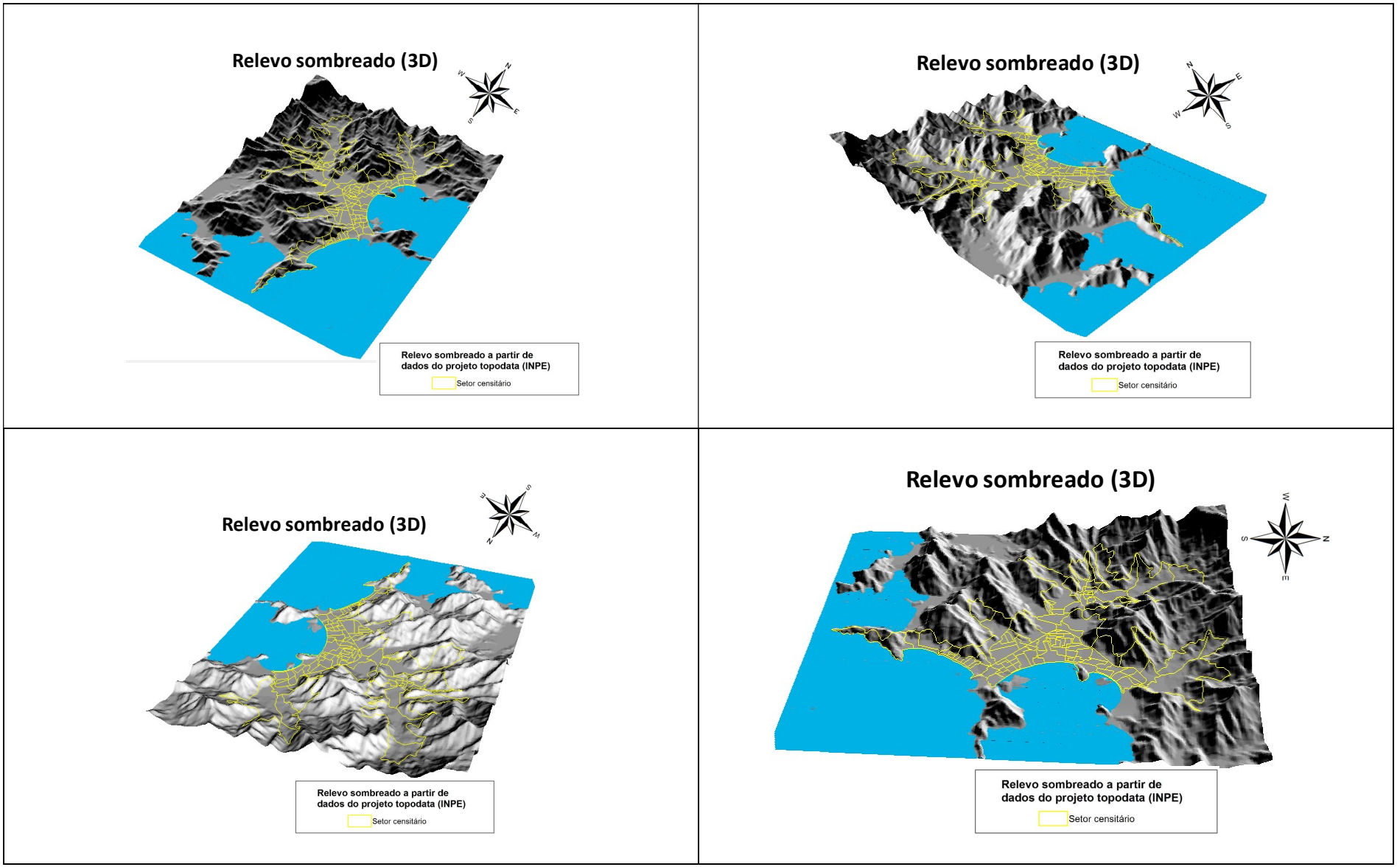


Figura 26 - Relevo sombreado em 3D da área urbana de Ubatuba-SP

4.2 - Características da vegetação e o cálculo do NDVI

Mesmo com as fortes pressões para a utilização de recursos naturais, ainda podem ser encontrados importantes remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados na zona costeira do Estado de São Paulo e principalmente no Litoral Norte. O município de Ubatuba está inserido no domínio da Floresta Atlântica e apresenta uma das maiores coberturas vegetais do Estado de São Paulo, sendo que 80% de sua área está localizado no Parque Estadual da Serra do Mar.

A Mata Atlântica cobria originalmente cerca de 150 milhões de hectares (ha), aproximadamente 17% do território brasileiro, em uma região com extrema heterogeneidade ambiental. Atualmente restam apenas 12,5% da cobertura original do bioma em todo o país, sendo a maioria dos remanescentes pequenos, isolados, não protegidos e alterados (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INPE 2014; RIBEIRO et. al. 2009).

O processo de degradação da Mata Atlântica esteve historicamente ligado aos ciclos econômicos do país, sobretudo, com a exploração dos recursos madeireiros do Pau-Brasil no século XVI, posteriormente com o cultivo da cana-de-açúcar no século XVIII e com a expansão da cultura do café e das pastagens durante os séculos XIX e XX. Recentemente o desmatamento tem sido relacionado à expansão das áreas urbanas, implantação de atividades econômicas como mineração, indústrias e agricultura.

A Mata Atlântica é um dos biomas mais biodiversos do mundo e possui altas taxas de endemismo e grande número de espécies de plantas, vertebrados terrestres, invertebrados e aves, das quais 80% estão ameaçadas de extinção (MYERS et. al. 2000 e LAURENCE, 2009 *apud* ARANHA, 2011).

Deste modo, os dados obtidos por sensoriamento remoto podem ser fundamentais no estudo de diversas variáveis ambientais, incluindo a redução da vegetação natural e urbana que são essenciais para a minimização dos efeitos do clima urbano. Dentre as mais de cinquenta técnicas de processamento de imagens que possibilitam a exploração dos dados de sensores remotos, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Segundo Jensen (2009) os índices de vegetação são medidas radiométricas que indicam abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo o índice foliar e radiação fotossinteticamente ativa absorvida.

Neste caso, o cálculo do NDVI foi utilizado para identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial em dois períodos sazonais, verão e inverno. De acordo com a carta de NDVI para o episódio de verão (**Figura 27**) é possível notar a diferenciação

entre a área urbana e seu entorno, estando a cidade com valores próximos a zero, enquanto que o campo apresentou predominância de valores positivos.

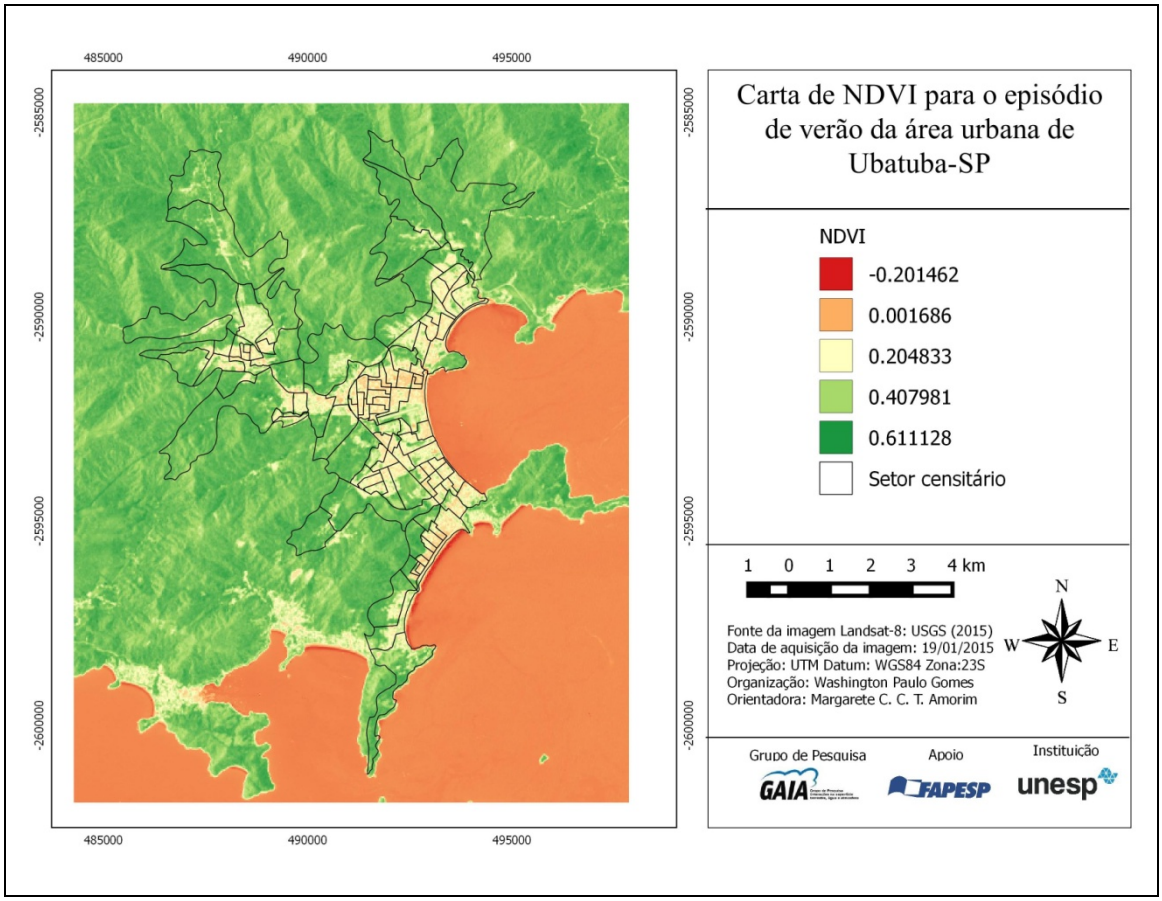


Figura 27 - Carta de NDVI para o episódio de verão da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 5) do *Landsat* 8 de 19/01/2015

A coloração verde expressa valores que representam altos índices de vegetação (valores positivos), já a coloração vermelha representam ausência de vegetação (valores negativos), neste caso, representado pela água do mar, pois a água apresenta valores de reflectância maiores no visível do que infravermelho. A coloração bege e laranja correspondem aos valores próximos de zero, e consequentemente, baixos índices de vegetação. Na carta estão representadas pelas áreas construídas.

Assim, pode-se observar que todo o entorno, marcado pela presença das escarpas da serra do mar e pela densidade da cobertura vegetal proveniente da mata Atlântica, representam valores próximos do extremo positivo (0,6). Entretanto, esse valor diminui gradativamente quando se aproxima do ambiente construído na área central da cidade, evidenciando a pouca cobertura vegetal no espaço intraurbano.

No episódio de inverno (**Figura 28**), é possível perceber que com a diminuição da precipitação e da temperatura nesta época do ano, a vegetação fica menos exuberante. Como se trata de uma área com declividade bastante acentuada é possível identificar em vários pontos de relevo escarpado (acima de 75% de declividade) a presença de rocha exposta ou com vegetação pouco densa.

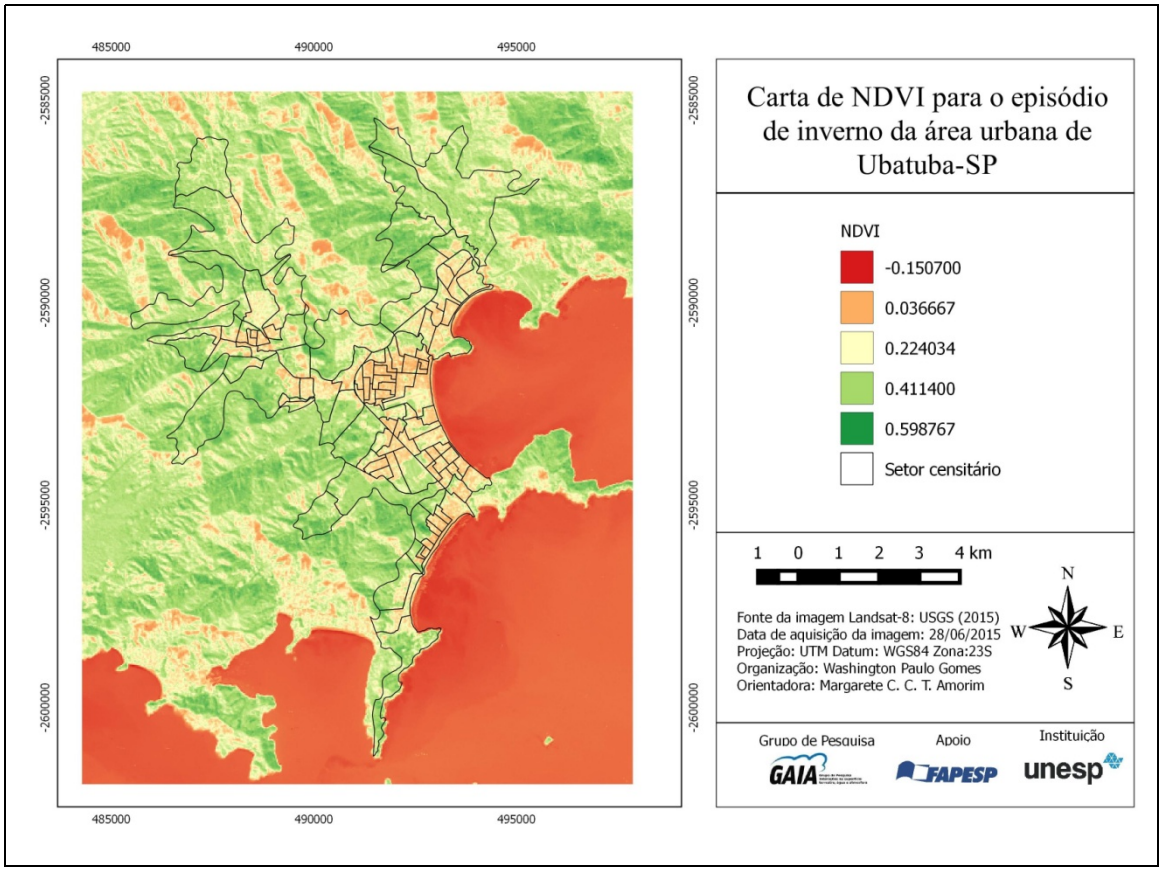


Figura 28 - Carta de NDVI para o episódio de inverno da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 5) do *Landsat* 8 de 28/06/2015

Para este trabalho o monitoramento da vegetação por meio do sensoriamento remoto se mostra bastante adequado e pode contribuir de forma efetiva para o estudo do clima urbano. Conforme nota-se a seguir, a temperatura da superfície da área urbana é resultado direto da cobertura da terra pela presença ou não de vegetação, ou seja, os locais com menores valores de NDVI se mostram com maiores temperaturas da superfície, enquanto que áreas com maiores valores de NDVI apresentam as menores temperaturas.

4.3 - Características da temperatura de superfície

As imagens de satélite ajudam compreender a forma como o desenho das temperaturas intraurbanas, resultantes da distribuição das fontes de calor, contribuem para a geração das ilhas de calor de superfície que ocorrem no espaço.

A utilização do sensor infravermelho termal é uma técnica importante para fornecer a temperatura qualitativa da cidade, podendo contribuir na perspectiva do planejamento urbano, na medida em que são definidos padrões na distribuição da temperatura da superfície de acordo com o uso e a ocupação da terra (AMORIM e MONTEIRO, 2011).

Para a cidade de Ubatuba foram selecionadas cartas de temperatura da superfície representativas do verão e do inverno, uma vez que estas são as estações do ano em que a incidência de radiação solar mais se diferencia e resultam em diferentes respostas da superfície. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite capturadas nos dias 19 de janeiro e 28 de junho de 2015.

A imagem do satélite referente ao episódio de verão, capturada no dia 19 de janeiro de 2015 às 9h58min, apresenta temperaturas dos alvos bastante elevadas, variando entre 24^{o}C e 37^{o}C (**Figura 29**). De acordo com as cartas sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil e com as imagens do satélite GOES 13 disponibilizada pelo CPTEC/INPE, pode-se constatar que o dia de captura da imagem esteve sob atuação da Massa Tropical Atlântica (mTa), o que propiciou o aumento da radiação solar direta sobre a superfície dos alvos, e consequentemente, as altas temperaturas.

Tendo em vista tais informações, foram selecionados quatro pontos distribuídos na carta de temperatura que mais se destacaram por apresentarem temperaturas diferenciadas. Assim, foi realizada a análise das características do entorno e sua relação com a temperatura dos alvos.

O primeiro ponto corresponde a uma área preservada da serra do mar, fora da malha urbana (**Figura 29**a). Trata-se de uma área com altitude bastante elevada, variando aproximadamente entre 350 e 680 metros de altura, com dois vales encaixados e grande densidade de vegetação arbórea superior, características particulares do domínio da mata atlântica. Esta área, assim como grande parte de todas as áreas preservadas da serra do mar, apresentaram as temperaturas de superfícies mais baixas, em torno de 24ºC e 25ºC.

O segundo ponto em destaque está localizado no bairro-praia do Tenório e trata-se de um espaço residencial fechado próximo a orla da praia (**Figura 29**b). É uma das áreas mais valorizadas da cidade. Nota-se, que as ruas e calçadas do condomínio são repletas de vegetação arbórea e os telhados das residências são de cerâmica, que retém menos calor.

Deste modo, as temperaturas de superfície se apresentaram amenas em relação às outras áreas da cidade, variando entre 28ºC e 30ºC.

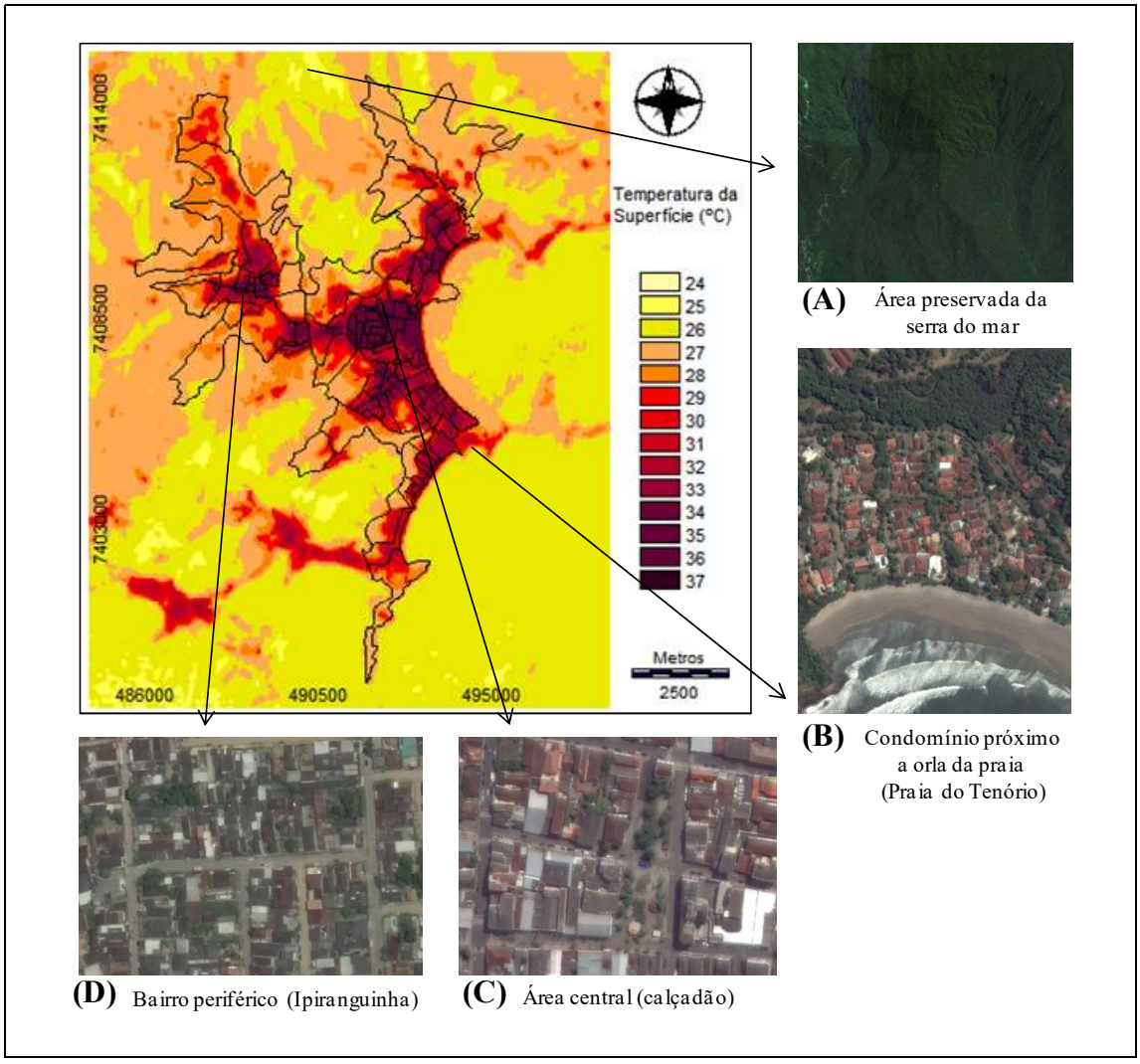


Figura 29 - Carta de temperatura da superfície para o episódio de verão da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS do *Landsat* 8 de 19/01/2015

Na região central de Ubatuba foram detectadas as temperaturas de superfície mais elevadas, chegando a atingir 37ºC (**Figura 29**c). Essa temperatura se justifica devido à densidade de construções, a existência de telhados com materiais que refletem grande quantidade de energia solar e também a retém mantendo a superfície aquecida, sobretudo, na área mais próxima do calçadão que possui a concentração de comércios e principalmente pela baixa presença de vegetação.

A última área em destaque para o episódio de verão localiza-se no bairro do Ipiranguinha, região periférica da cidade ao longo da Rodovia Osvaldo Cruz (**Figura 29**d).

Essa área se destaca por ser um dos bairros mais populosos da cidade e surgiu entre os anos de 1940 e 1950, justamente pela a criação da Rodovia Oswaldo Cruz (SP-125). Trata-se de uma área densamente construída, com pouco espaço entre as casas, em sua maioria com telhas de fibrocimento e pouca vegetação arbórea. Esta área apresentou temperaturas tão elevadas quanto às registradas nas áreas centrais da cidade, variando entre 33ºC e 37ºC de temperatura de superfície.

Na imagem do satélite referente ao episódio de inverno, capturada no dia 28 de junho de 2015às 9h57min, as temperaturas absolutas dos alvos foram mais amenas por toda a cidade, entretanto, também pode-se notar diferenças de até 11°C do centro da cidade em relação às demais áreas (**Figura 30**). De acordo com as cartas sinóticas e as imagens de satélite a região esteve sob atuação da massa Polar atlântica que foi fundamental para a diminuição das temperaturas.

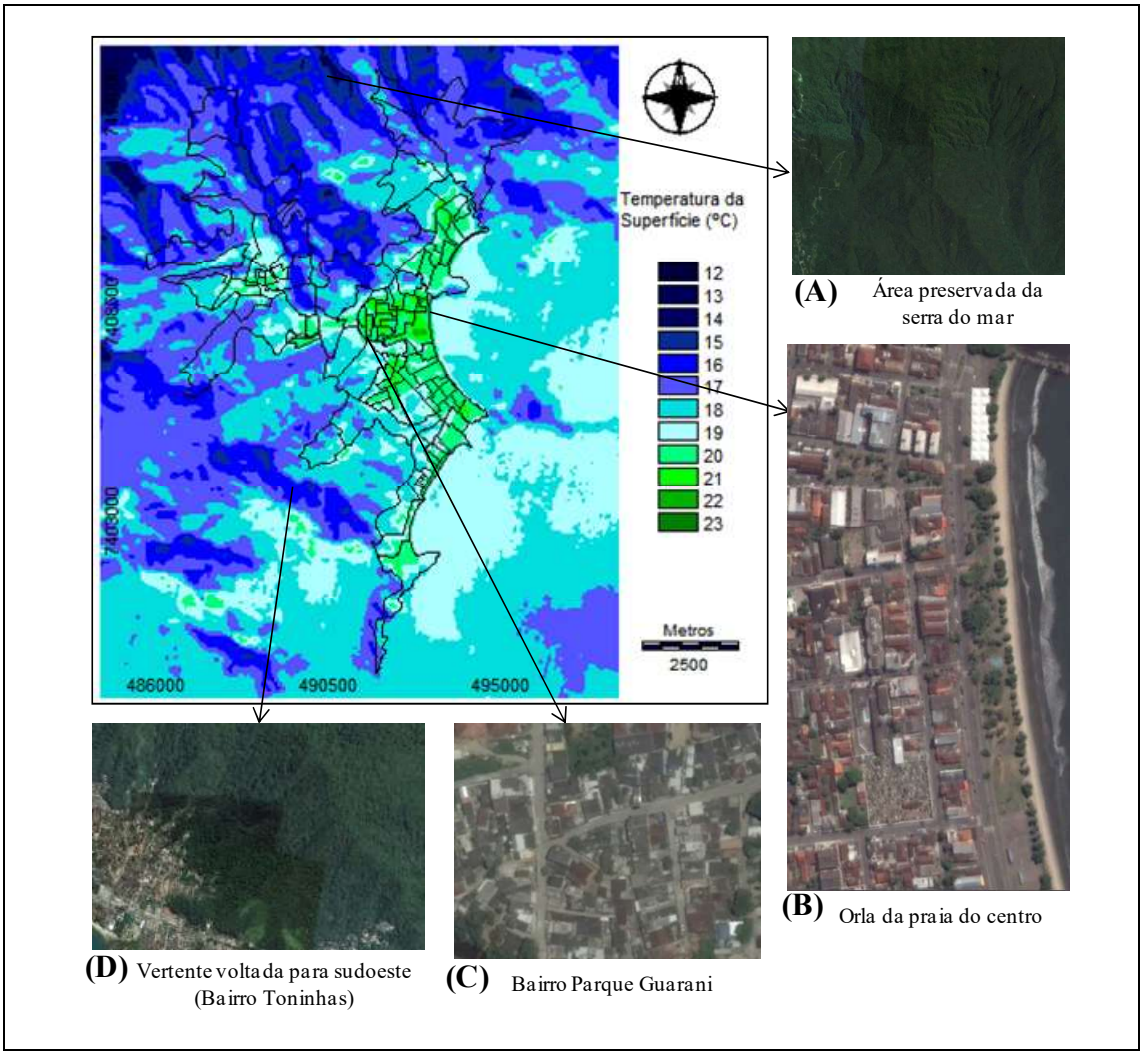


Figura 30 - Carta de temperatura da superfície para o episódio de inverno da área urbana do município de Ubatuba-SP elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS do *Landsat* 8 de 28/06/2015

O primeiro ponto em destaque na imagem referente ao inverno corresponde a mesma área preservada da serra do mar apresentada no episódio de verão (**Figura 30**a). Novamente a região apresentou baixas temperaturas (12ºC e 13ºC) configurando como uma das áreas mais frias da área de estudo, mostrando a importância do papel da cobertura vegetal para a diminuição da temperatura de superfície.

A segunda área em destaque se refere à orla da praia do centro (**Figura 30**b). Trata-se de uma área densamente construída, com apenas uma linha de vegetação arbórea a beira mar. Nesta área da cidade predominam prédios entre três e quatro pavimentos, quase sempre utilizados para atividades de comércio e serviços. As temperaturas de superfície permaneceram entre as mais elevadas, chegando a 22ºC na área construída.

O terceiro ponto em destaque se refere ao bairro Parque Guarani, localizado nas proximidades do aeroporto e da região central da cidade (**Figura 30**c). Este bairro se caracteriza por ser uma das áreas mais vulneráveis do ponto de vista socioambiental da cidade de Ubatuba, pois está permanentemente sujeita a ocorrências de enchentes e inundações (GOMES, 2015). Do ponto de vista da estrutura térmica, também não é diferente, pois todas as casas são construídas com materiais inadequados e com telhas de fibrocimento que retém e armazenam mais calor. São edificações pequenas, quase sem espaço entre elas, irregulares e sem vegetação arbórea nas calçadas e nos quintais. Devido a esses fatores, essa área apresentou uma das maiores temperaturas da superfície, atingindo 23ºC.

O último ponto selecionado para o episódio de inverno possui uma particularidade que pode contribuir para a compreensão das características das temperaturas de superfície, sobretudo, nas áreas preservadas da serra do mar que possuem características de vegetação similares (alta densidade vegetativa). Tal característica se refere à orientação das vertentes, neste caso, vertentes voltadas para quadrante sul, especificamente, para o sudoeste. Por se tratar de uma área de estudo bastante complexa e com altitudes elevadas, o efeito sombra em conjunto com a orientação das vertentes, podem indicar as áreas que recebem menos incidência da radiação solar de forma direta, dependendo do horário do dia (**Figura 30**d).

Desta forma, como as imagens do satélite *Landsat* 8 são capturadas no período da manhã, de acordo com o movimento aparente do sol, as vertentes voltadas para os quadrantes sul e oeste demoram a receber a radiação direta, resultando em temperaturas dos alvos menores quando comparadas com as vertentes voltadas para os quadrantes leste e norte. Neste caso, foi possível identificar diferença de até 8ºC a menos da temperatura da superfície em relação à área construída, sendo que em termos absolutos a temperatura foi de 15ºC.

O solo quando coberto por vegetação, particularidade bastante presente no município de Ubatuba, perde energia através dos processos de fotossíntese, evaporação e evapotranspiração, sendo que nos dois últimos há a transformação do calor sensível em calor latente, diminuindo a temperatura (CARDOSO e AMORIM, 2014). Como no inverno há a diminuição da precipitação e da temperatura, consequentemente a vegetação fica menos exuberante, propiciando o aumento das temperaturas dos alvos nas áreas não construídas, com solos expostos ou com vegetação pouco densa.

Deste modo, no que diz respeito à análise das temperaturas das superfícies intraurbanas, percebeu-se claramente a influência e a importância da vegetação para o aumento ou não da temperatura da superfície. Nas áreas mais próximas às escarpas preservadas da Serra do Mar, as temperaturas se apresentaram de forma mais amenas do que nas áreas densamente urbanizadas.

Mesmo com diferenças absolutas bastante significativas entre os dois episódios (verão e inverno), constatou-se que as áreas com temperaturas de superfícies mais elevadas se repetiram nos dois casos, sendo possível identificar grandes ilhas de calor urbana de superfície espalhadas pela cidade, principalmente na área central, densamente urbanizada.

Como pode-se perceber a cidade não é um todo homogêneo e possui especificidades intraurbanas, sobretudo, em relação às diferenças existentes nas características do uso e da ocupação da terra no seu interior. Áreas com a existência expressiva de vegetação arbórea contribuem para a diminuição das temperaturas, enquanto as áreas com maior densidade de residências e principalmente aquelas com a presença de materiais construtivos inadequados contribuem para o maior aquecimento dos edifícios e a formação de ilhas de calor de superfície.

Desta forma, percebe-se que essas situações de estresse térmico não afetam a todos de maneira igualitária, pois, os mais favorecidos economicamente se utilizam de formas artificiais para a redução da sensação de calor, tais como, materiais construtivos adequados, presença de arborização, casas com loteamentos maiores para facilitar a circulação do ar e a climatização dos ambientes internos.

Com base nos resultados apresentados, pode-se afirmar que as técnicas do sensoriamento remoto são importantes para os estudos no campo da climatologia urbana, pois, com a disponibilidade de informações geradas através dessas técnicas, é possível verificar as diferenças das temperaturas dos alvos no ambiente urbano e a caracterização das ilhas de calor de superfície.

Estudos dessa natureza em cidades de pequeno e médio porte permitem ações efetivas no reordenamento do território, na medida em que ainda não atingiram níveis insustentáveis de crescimento. Assim, ações podem ser tomadas para que os episódios de temperaturas elevadas sejam amenizadas, especialmente no verão, como, por exemplo, utilização de materiais construtivos adequados e aumento da cobertura vegetal arbórea na área urbana.

4.4 - Brisas Marítimas e Brisas Terrestres

O vento consiste no movimento do ar, resultante das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões. Na escala local, a pressão atmosférica está relacionada com as diferenças térmicas, assim, as áreas com maior quantidade de energia radiante promovem a ascensão do ar, gerando os centros de baixa pressão. Já as áreas mais frias, fazem com que o ar permaneça junto à superfície, formando os centros de alta pressão. Desta forma, o ar tende a se deslocar das áreas de alta pressão para as de baixa pressão, preenchendo o "vazio" deixado pelo ar mais aquecido que tende a ascender, gerando o deslocamento horizontal do ar na busca do equilíbrio barométrico. A velocidade do vento é controlada pelo gradiente de pressão estabelecido entre as duas áreas, sendo que quanto maior for o gradiente, maior será a velocidade do vento (MENDONÇA, 2007; AYOADE, 2010, TOMASINI, 2011).

Para Musk (1988), Molina (2004), Dubreuil (2004) e Vemado (2012), as brisas marítimas e terrestres seguem a mesma lógica e trata-se de uma circulação de nível local, com o aquecimento diferencial entre um corpo de água e de terra adjacente. Neste caso, a água, por possuir capacidade térmica maior que o continente, demora mais para aquecer com a mesma quantidade de energia e também demora mais para resfriar.

Durante o dia o continente permanece mais aquecido que a água, e gera aquecimento diferencial do ar em contato com essas superfícies. Esse contraste de temperatura gera um gradiente de pressão horizontal, com a pressão mais alta sobre a superfície da água, direcionando o fluxo do ar com menor temperatura do oceano para o continente (brisa marítima). No período da noite, o solo perde calor mais rápido do que a água, e assim, o gradiente de pressão se inverte, resultando no deslocamento do ar da superfície terrestre para a aquática, configurando a brisa terrestre.

De acordo com Dubreuil (2004), logo no início do dia, com a presença de um gradiente térmico de aproximadamente 1ºC a 3ºC entre a superfície do continente e do mar, a circulação da brisa marítima de escala local entra em funcionamento.

Segundo Musk (1988), na madrugada, em condições calmas e sem nuvens, não há gradiente de pressão entre a terra e o mar, e na seção vertical as superfícies isobáricas (de pressão) são horizontais (**Figura 31**a). Conforme o dia segue, o ar sobre a superfície continental se aquece e se expande em relação ao ar sobre o mar, mais frio. Uma vez que a diminuição da densidade do ar com a altura (ou gradiente vertical de pressão) é maior no ar frio do que no ar quente, as superfícies isobáricas inicialmente horizontais se tornam curvas e quando o ar atinge a altura de aproximadamente 1 km, a pressão é mais alta sobre a terra e o ar começa a fluir em direção ao mar nesta altitude (**Figura 31**b). À noite, temperaturas mais baixas sobre a terra causam a subsidência do ar e divergência em superfície, enquanto que sobre o mar há convergência e fraca ascensão (**Figura 31**c).

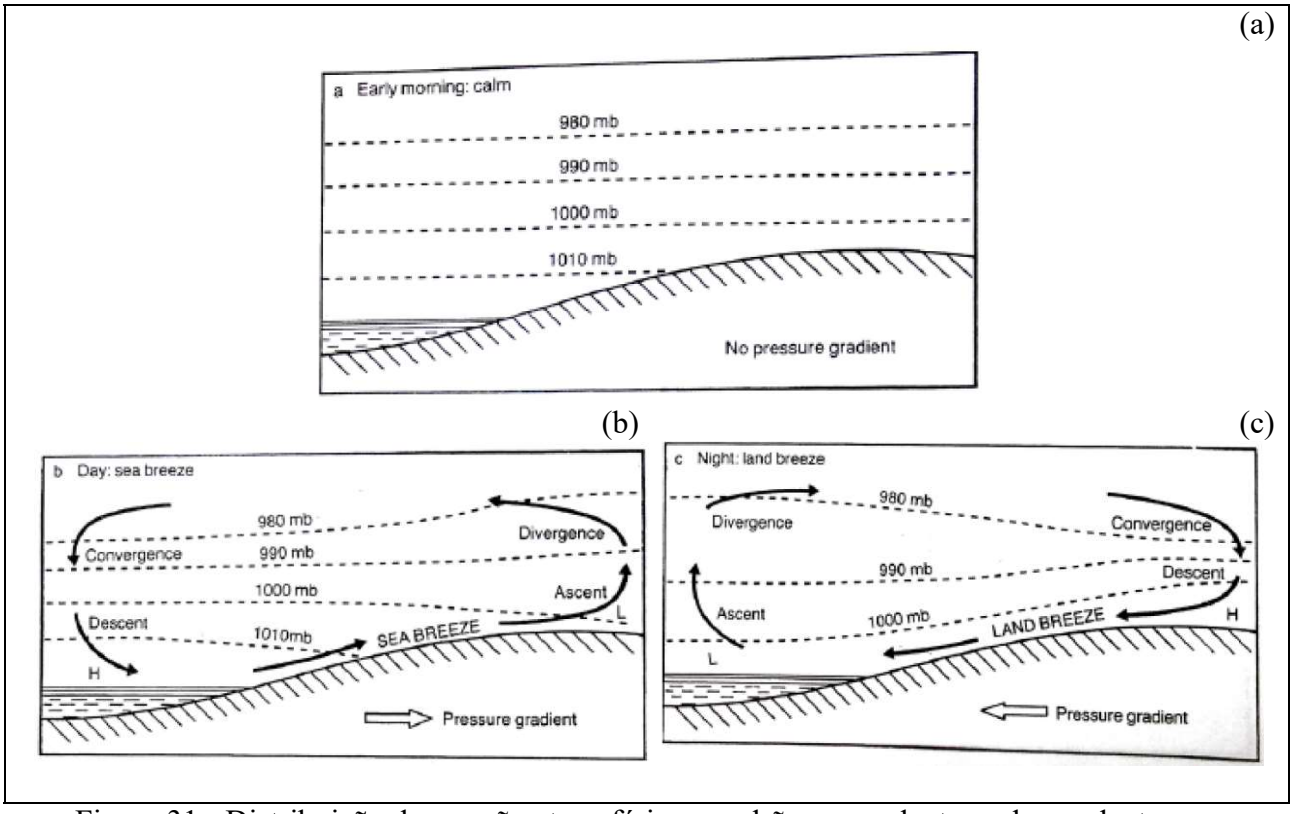


Figura 31 - Distribuição da pressão atmosférica e padrões ascendentes e descendentes associados com o desenvolvimento de brisas marítimas e terrestres.
Fonte: Musk (1988).

Esse aquecimento diferencial entre terra e mar leva ao desenvolvimento de um gradiente de pressão horizontal em níveis mais altos, que provoca um fluxo da terra para o mar. Este fluxo é chamado de "corrente de retorno" e pode se desenvolver antes mesmo da brisa marítima real.

O desenvolvimento de nebulosidade frequentemente ocorre na parte ascendente da circulação e permite a formação de uma linha de nuvens do tipo cumuliforme, paralela à costa e impulsionada para o interior pela brisa do mar (DUBREUIL, 2005).

No período da tarde quando o aquecimento da camada limite acima da terra está no seu máximo à brisa marítima está normalmente em sua forma mais intensa, e pode penetrar dezenas e em alguns casos quando o relevo permite até mais de uma centena de quilômetros interior adentro (OLIVEIRA e SILVA DIAS, 1982).

Vemado (2012) salienta que o estudo das brisas se torna extremamente simples quando as superfícies oceânicas e continentais são tratadas como homogêneas (**Figura 32**). Porém a superfície continental adjacente ao oceano quase nunca é homogênea e na maioria das vezes apresenta formas de difícil descrição por modelos numéricos.

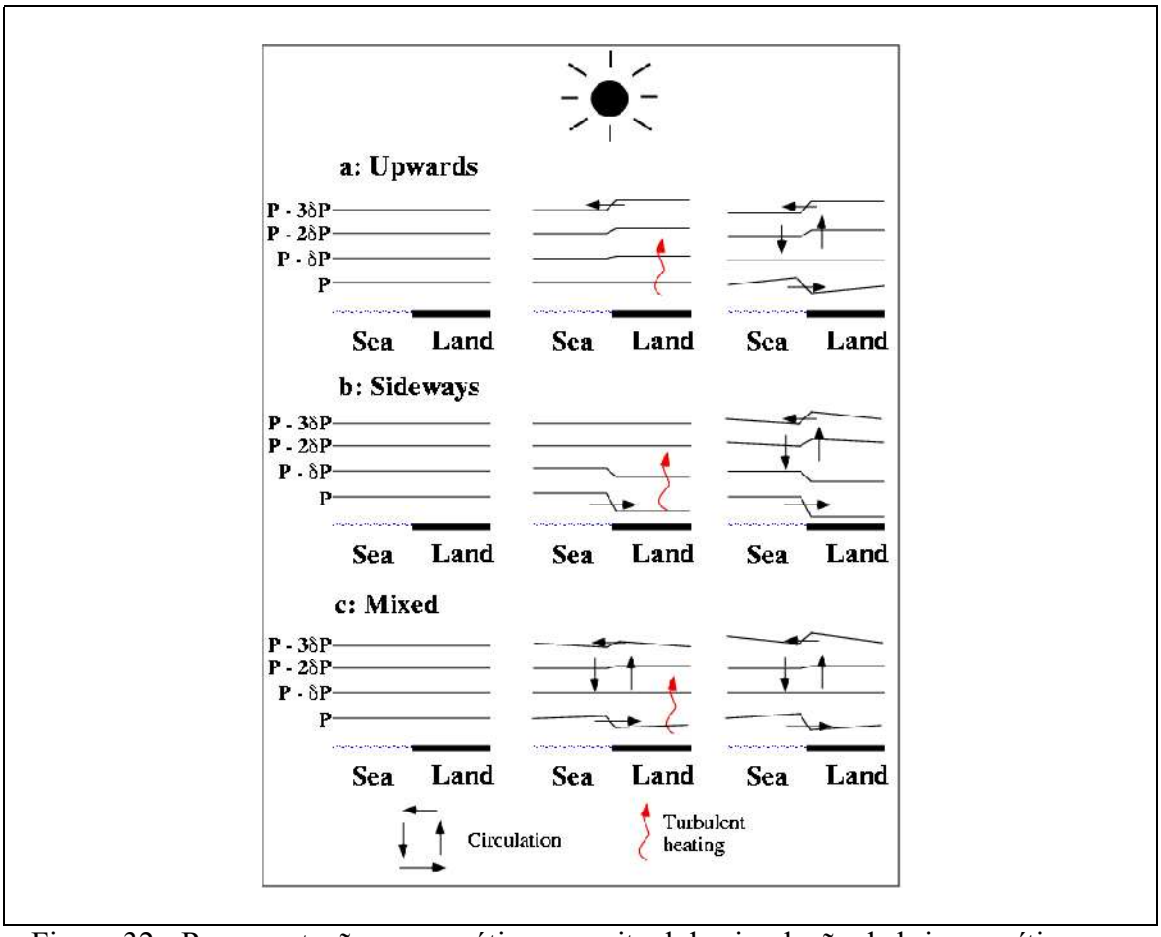


Figura 32 - Representação esquemática conceitual da circulação de brisa marítima em superfícies homogêneas.
Fonte: KNMI *apud* Vemado (2012)

Diversos trabalhos realizados identificaram que a intensidade, duração, e dimensões das brisas são fortemente regidas pela quantidade total de calor fornecido do continente para a

atmosfera, das condições sinóticas predominantes em larga escala e dos efeitos da liberação de calor latente na intensificação das propriedades da brisa (ESTOQUE, 1961; MAGATA, 1965; PEARSON, 1973 *apud* VEMADO, 2012).

As características do relevo também são uns dos principais fatores que podem influenciar na canalização e na formação das brisas. O mesmo pode ser dito sobre a vegetação, pois o aquecimento diferencial das diversas coberturas vegetais pode alterar a quantidade de calor para o início da circulação das brisas.

Como já citado anteriormente, o município de Ubatuba conta com a marcante presença da Serra do Mar, que ao mesmo tempo em que pode canalizar, pode também bloquear as entradas das brisas marítimas ou gerar o fenômeno de brisas de vales e de montanhas, proporcionado pelo aquecimento diferenciado entre as superfícies de encostas e fundos de vales, gerando movimentos anabáticos (brisas dos fundos de vales para o topo) e catabáticos (brisas do topo para os fundos de vales).

A rugosidade da superfície causada pela cidade, também interferem no fluxo e escoamento dos ventos no intraurbano. De acordo com Romero (2011) as diferentes disposições dos edifícios criam conformações urbanas que podem ocorrer servir como barreiras ou canalização do vento (**Figura 33**).

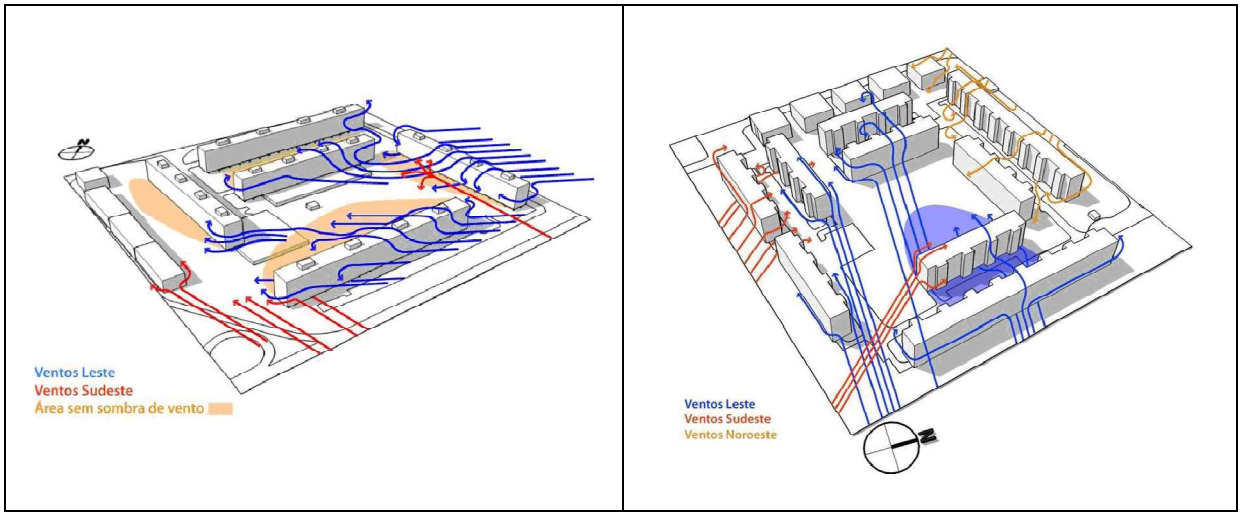


Figura 33 - Fluxo de ventos ar no interior da cidade
Fonte: ROMERO, 2011

No intraurbano ocorre uma estreita relação entre as temperaturas, a geometria das ruas e a circulação do vento. Áreas densamente edificadas com baixa circulação de ar e que recebem grande radiação solar tornam-se mais quentes e geram situações de desconforto.

5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O Sistema Clima Urbano foi a base conceitual que alicerçou a construção de uma metodologia específica para o estudo do clima urbano, tanto de cidades metropolitanas, quanto de cidades de pequeno e médio porte, ao propor o conhecimento detalhado dos diferentes ambientes climáticos intraurbanos e podendo identificar mais detalhadamente os fatores responsáveis pela sua formação, visando contribuir com o planejamento urbano.

No presente estudo o clima será entendido como um sistema, ou seja, a expressão das condições atmosféricas, resultantes da interação de diferentes escalas climáticas e de superfície (MONTEIRO, 1976).

Esta integração é responsável por variações que podem acarretar problemas econômicos e sociais. O sistema climático é constituído por uma série de subsistemas integrados, organizado e hierarquizado horizontalmente (na estrutura) e verticalmente (na função). Em uma perspectiva integrada, no estudo do clima urbano está incluída uma análise espacial, ambiental e regional, a fim de dar subsídios ao ordenamento territorial urbano (AMORIM, 2000).

Partindo desta perspectiva, este trabalho busca realizar o estudo do clima urbano em sua perspectiva integrada, visando dar ênfase na estrutura interna do Sistema Clima Urbano, integrando o ecológico e o urbano, sem desconsiderar as escalas superiores do clima.

De acordo com as adaptações construídas a partir dos roteiros metodológicos propostos por Mendonça (1994), Amorim (2000) e Ugeda Junior (2011), este trabalho foi dividido em quatro momentos que se relacionam entre si.

No primeiro momento, foi realizado o levantamento bibliográfico visando o aprofundamento teórico por meio da bibliografia disponível. Esta etapa se estendeu até o final do trabalho, perpassando por todos os outros momentos.

No segundo momento, foi realizada a análise espacial, partindo da caracterização detalhada da realidade urbana e da análise temporal que envolve a busca do conhecimento da dinâmica atmosférica regional e local. Essas análises tiveram como objetivos a produção e sistematização dos dados necessários para o desenvolvimento do trabalho, por meio de informações existentes na bibliografia, produções cartográficas e banco de dados, com o intuito de compreender o sítio, a estrutura, a morfologia e a função urbana.

No terceiro momento, foram sintetizadas as características geográficas do sítio urbano e as características climáticas regionais e locais, visando estabelecer correlações entre todos os elementos e fatores que constituem o clima em estudo. Deste modo foi possível identificar

a relevância de cada um desses elementos e fatores na configuração do clima urbano. Essas análises foram realizadas através das cartas utilizadas e dos dados meteorológicos coletados.

Finalmente, no quarto e último momento, foi possível identificar as características específicas do clima urbano estudado, com o propósito de fornecer subsídios que auxiliem no desenvolvimento de ações para o reordenamento territorial, visando minimizar os impactos relacionados ao desconforto térmico e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população.

Para o desenvolvimento da pesquisa no âmbito de tal roteiro metodológico adaptado a área de estudo, foi necessária a realização de uma série de procedimentos metodológicos descritos com mais detalhes a seguir.

5.1 - Direcionamento das leituras e fundamentação teórica

A princípio foi realizado um extenso trabalho de levantamento bibliográfico referente aos aspectos teórico-metodológicos que abordam em especial as alterações no campo térmico das cidades.

De modo geral, o processo de revisão bibliográfica levou em consideração três diferentes níveis de abordagem. Primeiro passando pelo pioneirismo estrangeiro, levando em consideração os trabalhos que apresentam os primeiros estudos de clima urbano (JOHN EVELYN, 1661; LUKE HOWARD, 1833; EMILEN RENOU, 1862; KRATZER, 1937; LANDSBERG, 1956; CHANDLER, 1965) e também autores contemporâneos (BRYSON, 1972; LOWRY, 1977; OKE, 1987; GARCIA, 1983; ESCOURROU, 1991; LOPEZ GOMES, 1993).

Após esse primeiro levantamento foi realizada a revisão bibliográfica levando em consideração os trabalhos elaborados no âmbito nacional sobre o clima urbano (MONTEIRO, 1976; LOMBARDO, 1985; DANNI, 1987; MENDONÇA, 1994; PITTON, 1997; AMORIM, 2000; DUMKE, 2007; CRUZ, 2009; FIALHO, 2009; SOUZA, 2010; ASSIS, 2010; LIMA, 2011; UGEDA JUNIOR, 2011; MINAKI, 2013; ORTIZ PORANGABA, 2015).

Posteriormente, buscou-se o aprofundamento teórico-metodológico de trabalhos específicos sobre clima urbano em cidades litorâneas (COLACINO, 1978; KATSOULIS e THEOHARATOS, 1985; ALCOFORADO, 1993; MONTEIRO, 1993; MARTIN VIDE, 1993; MORENO, 1993; BRANDÃO, 2000 e 2003; GUAL, et al., 2002; MENDONÇA, 2002; MALHEIROS, 2006; SERRA PARDO, 2007; MOURA, 2008; KOLOKOTSA, et al., 2009; STEWART E OKE, 2009; ZENG, 2009; ROTH e CHOW, 2012). Essa etapa da revisão

bibliográfica foi de suma importância para o desenvolvimento do trabalho, sendo possível estabelecer relações com a pesquisa em curso e com os temas já desenvolvidos pela comunidade acadêmica nacional e internacional.

Por fim, foram realizados levantamentos bibliográficos referentes ao processo de produção do espaço urbano da área de estudo, envolvendo aspectos do processo de urbanização, expansão da malha urbana, morfologia urbana e especificidades do sítio. O mesmo se repetiu para a revisão bibliográfica referente aos condicionantes geoecológicos que englobam a região, sobretudo, aspectos ligados às características do relevo, vegetação e os efeitos da maritimidade.

5.2 - O paradigma da análise rítmica: questões teóricas e práticas para análises sinóticas

Para a identificação e caracterização da gênese dos sistemas atmosféricos atuantes, é necessário ir além do estabelecimento de padrões médios dos elementos atmosféricos sobre um determinado lugar. Assim, busca-se entender as dinâmicas atmosféricas, levando em consideração o ritmo climático a partir da sucessão dos estados atmosféricos em ordem cronológica (GOMES, 2015).

Deste modo, é preciso considerar as contribuições propostas por Max Sorre, em conjunto com o legado deixado pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, no que se refere à fundamentação teórica da análise rítmica como paradigma do clima. Para Sant' Anna Neto (2008), o que mais nos interessa na obra de Max Sorre são as suas contribuições sobre a análise geográfica do clima, no qual propõe uma revisão conceitual com o intuito de substituir as definições de tempo e clima vigentes.

> As definições clássicas dão importância exagerada à noção de valores médios. Propusemos substituí-lo por uma fórmula mais diretamente utilizável pelos biólogos: o clima, num determinado local, é a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. E o tempo que faz nada mais é do que cada um desses estados considerado isoladamente. Essa definição conserva o caráter sintético da noção de clima, enfatiza seu aspecto local e, ao mesmo tempo, evidencia o caráter dinâmico do clima, introduzindo as ideias de variação e de diferenças incluídas nas de sucessão. (SORRE, 1943, p. 32 *apud* SANT' ANNA NETO, 2008, p.54, grifo nosso).

Neste contexto, Sorre (1951), introduz os conceitos de ritmo e sucessão nos estudos de Climatologia, posteriormente desenvolvido por Monteiro (1971), o que suscitou no surgimento de um novo paradigma.

Para Monteiro (1971), somente com base em uma escala diária se torna possível a associação e a compreensão dos mecanismos atmosféricos em função dos elementos do clima.

Deste modo, o autor afirma que:

> [...] o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (MONTEIRO, 1971, p.9).

Segundo Monteiro (1971), somente a análise rítmica detalhada ao nível temporal é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos de uma determina região.

Para tanto, se faz necessário a elaboração do gráfico de análise rítmica, que pode ser considerado como uma síntese do paradigma apresentado por Monteiro (1971). O gráfico consiste na representação contínua e simultânea dos elementos básicos do clima, fato que contribui para estudos do ritmo climático, buscando entender a formação dos diferentes sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo.

Para a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes no mês representativo de análise, os dados foram agrupados em planilhas eletrônicas no aplicativo *Excel*[4] e foi elaborado o gráfico de análise rítmica, utilizando-se de dados meteorológicos diários dos diferentes elementos do clima (precipitação, temperatura, nebulosidade, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos).

Os dados foram registrados pelas estações meteorológicas automáticas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) e do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e foram analisados em conjunto com as informações contidas nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil[5] e as imagens do satélite GOES 13, disponibilizadas pelo CPTEC/INPE[6] (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Nessa perspectiva, o gráfico de análise rítmica juntamente com as cartas de isotermas, isoígras e perfis longitudinais possibilitaram a interpretação da temperatura e umidade do ar da cidade levando em consideração a dinâmica atmosfera regional e suas características locais.

---

[4] *Excel* é marca registrada da *Microsoft Corporation*

[5] Disponível em <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>

[6] Disponível em < http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>

5.3 - Pontos fixos de medição de temperatura e umidade relativa do ar

Para o levantamento dos dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados registradores automáticos de temperatura e umidade relativa (*Humidity-temperature logger)*, da marca ThermaData™.

Os pontos para a instalação dos sensores foram escolhidos considerando-se as diferenças de temperaturas dos alvos (imagens termais) entre os diferentes tipos de uso e ocupação da terra. A partir da caracterização geoambiental e urbana foi possível definir a distribuição dos pontos fixos de registros de dados em setores representativos da cidade em que os padrões de densidade, construção e vegetação caracterizam o padrão do entorno.

Deste modo, o trabalho de campo ocorreu no mês de novembro de 2015, através da instalação de 15 miniabrigos meteorológicos distribuídos pela malha urbana de Ubatuba. Também foram utilizados os dados das estações meteorológicas automáticas instaladas pelos IOUSP e IAC (**Figura 34**).

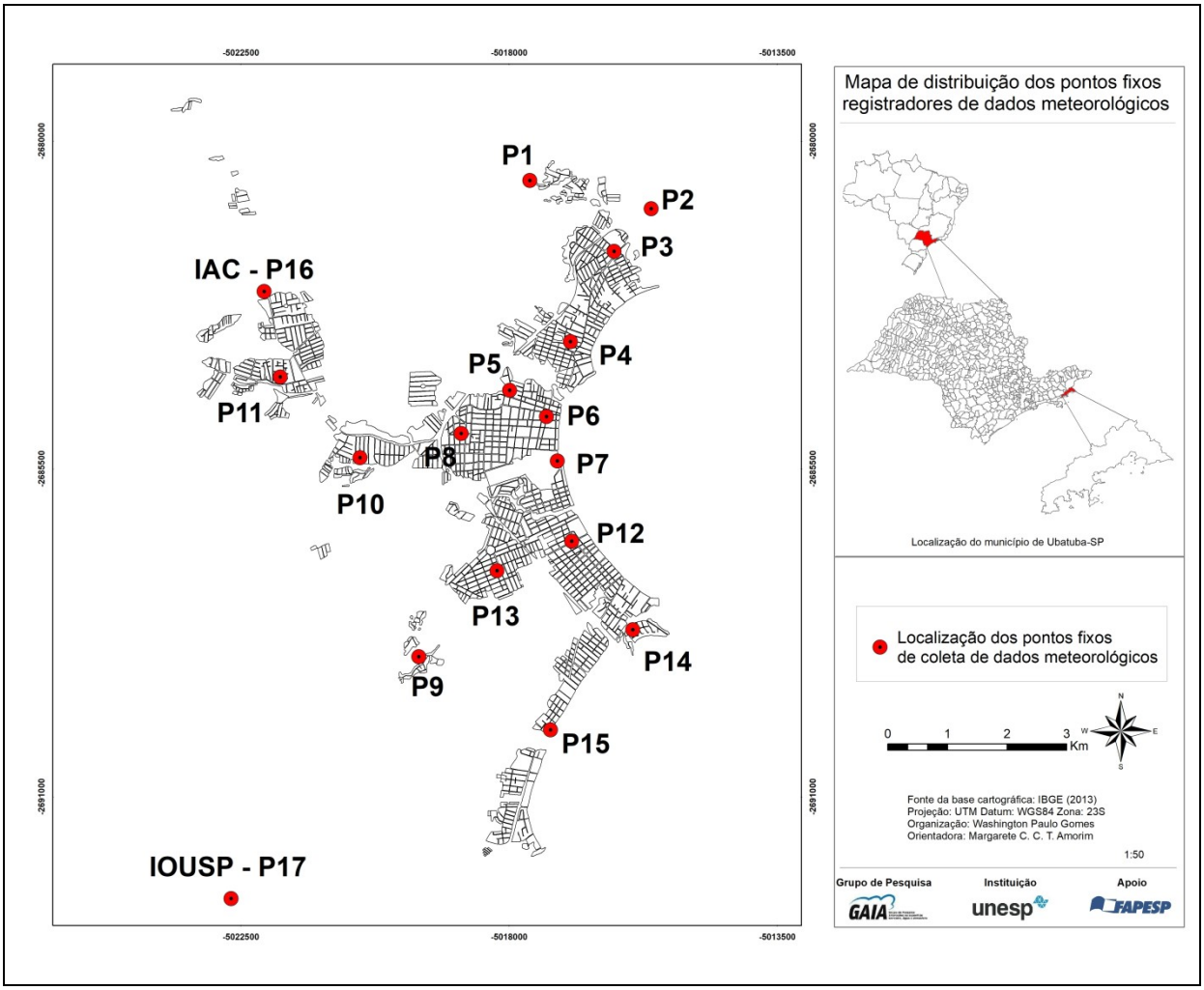


Figura 34 - Mapa de distribuição dos pontos fixos registradores de dados meteorológicos

Os miniabrigos são construídos com madeira, pintados de tinta branca e com paredes duplas perfuradas para a circulação do ar. Todos possuem suporte para a sustentação e fixação em pisos permeáveis e impermeáveis. Os sensores de medições foram acoplados no interior dos miniabrigos por meio de um pequeno suporte, tomando o devido cuidado para que os mesmos não encostassem nas paredes laterais, assim, puderam medir efetivamente a temperatura e umidade relativa do ar (**Figura 35**).



Figura 35 - Processo de preparo dos miniabrigos meteorológicos
a) Preparação dos miniabrigos; b) Miniabrigos com suportes para a sustentação; c) Miniabrigo instalado; d) Sensor automático acoplado no interior do miniabrigo

A instalação dos miniabrigos meteorológicos exigiu a observância de alguns critérios conforme estabelecido por Oke (2004), privilegiando os locais com maior exposição solar; distanciamento de 1,5 metros do solo; distanciamento de árvores e construções que promovessem sombreamento; distanciamento de paredes e telhas que proporcionassem um

maior aquecimento dos sensores; com preferência por locais onde a segurança dos abrigos e sensores não estivesse comprometida por danos ou extravio (TEIXEIRA, 2015).

O tratamento dos dados registrados a partir dos pontos fixos foram tabulados em planilhas eletrônicas no aplicativo *Excel* e, posteriormente, foram processados e interpolados no aplicativo *Surfer*[7] *e ArcGis*[8] a partir da interpolação dos dados obtidos pelo método de *Krigagem*, com a finalidade de analisar a variação da temperatura e umidade relativa em sua dimensão espacial e temporal.

5.4 - Transectos móveis

Os dados de temperatura do ar também foram registrados por meio de medidas itinerantes com a realização de transectos móveis. Tal técnica pode contribuir para a compreensão da análise espacial da temperatura com a finalidade de explicitar como os diferentes condicionantes geoecológicos e urbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos.

De acordo com Amorim (2005) a metodologia para a coleta de temperatura do ar consiste na definição de transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais[9], com os sensores presos em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos que saem da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade (**Figura 36**).

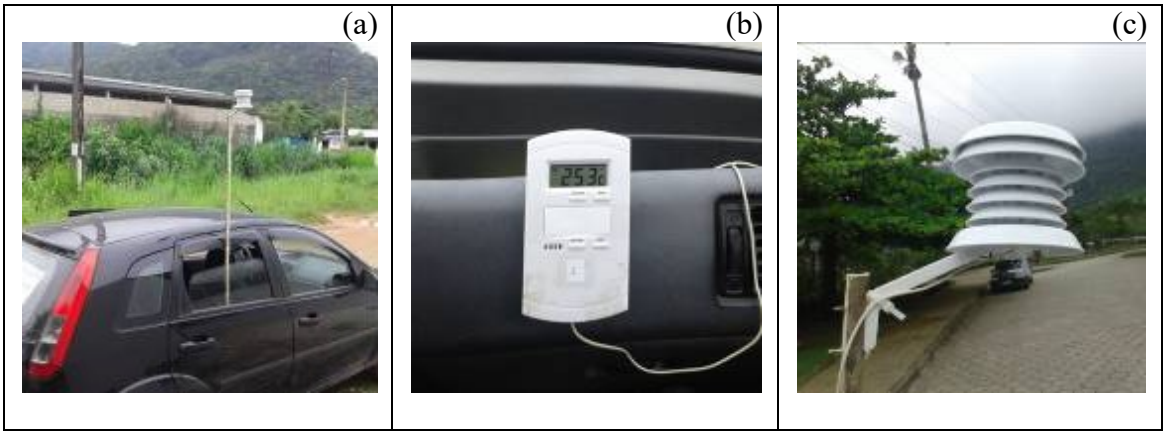


Figura 36 - Métodos e técnicas utilizadas para a realização dos transectos móveisa) Sensor acoplado no exterior do veículo; b) Registrador automático fixo no interior do veículo; c) Detalhe do sensor acoplado no exterior do veículo

[7]*Surfer* é marca registrada da *Golden Software*
[8]*ArcGis* é registrada marca da *Esri*
[9] Foram utilizados sensores da marca *Incoterm.*

Os transectos móveis foram realizados nos períodos da manhã (9h), tarde (15h) e noite (21h), em três episódios, durante os dias 11, 18 e 27[10] de novembro de 2015. Em todos os casos foram realizados dois trajetos simultâneos, um no sentido sul-norte (70 pontos de registros) e outro no sentido oeste-leste (59 pontos de registros), totalizando 129 pontos de registros de temperatura (**Figura 37**).

De acordo com a literatura apresentada para os estudos do clima urbano por meio de transectos móveis, o horário mais adequado para a realização dos mesmos é no período noturno, pois demonstram como as diferentes áreas construídas têm a capacidade de reter ou liberar o calor acumulado durante o dia. Entretanto, devido à particularidade da zona costeira e a necessidade de se considerar a dinâmica das brisas marítimas e terrestres, optou-se neste trabalho pela realização dos transectos móveis nos três períodos do dia.

Devido à particularidade citada, o percurso realizado no sentido sul-norte priorizou o deslocamento por toda a orla da praia, iniciando-se na Rodovia BR-101, passando pelas Praias das Toninhas, Grande, Tenório, Itaguá, Centro, Perequê-açu e finalizando no ambiente rural na estrada do Casanga. O percurso oeste-leste teve início nas proximidades da Serra do Mar (horto florestal), passando pela Rodovia Osvaldo Cruz, Avenida Thomaz Galhardo, Centro, Avenida Maria Alves, Avenida Rio Grande do Sul, Avenida Liberdade e finalizando na orla da praia na Avenida Iperoig.

A velocidade média do veículo foi de 20 km/h e a duração da coleta foi de aproximadamente 50 minutos. Os registros das temperaturas do ar foram realizados respeitando o espaçamento de duas quadras e também em alguns pontos de referência específicos na cidade. Desta forma, foi possível levar em consideração os diferentes usos e ocupação da terra, possibilitando maior compreensão da dinâmica climática local.

Posteriormente, foi realizado o tratamento estatístico dos dados adquiridos pelos transectos móveis. Estes dados foram tabulados em planilhas eletrônicas no aplicativo *Excel*, para a identificação das diferenças de temperaturas entre os pontos e a verificação da intensidade da ilha de calor. Após o cruzamento dos pontos de registro com a planta georreferenciada da cidade foi possível realizar a elaboração das cartas de isotermas e perfis longitudinais por meio do aplicativo *Surfer* e *ArcGis*.

[10] Os transectos também foram realizados nos dias 12 e 19 de novembro de 2015. Porém, estes dados não foram utilizados por orientação metodológica e rigor técnico, pois ocorreram precipitações ao longo dos percursos.

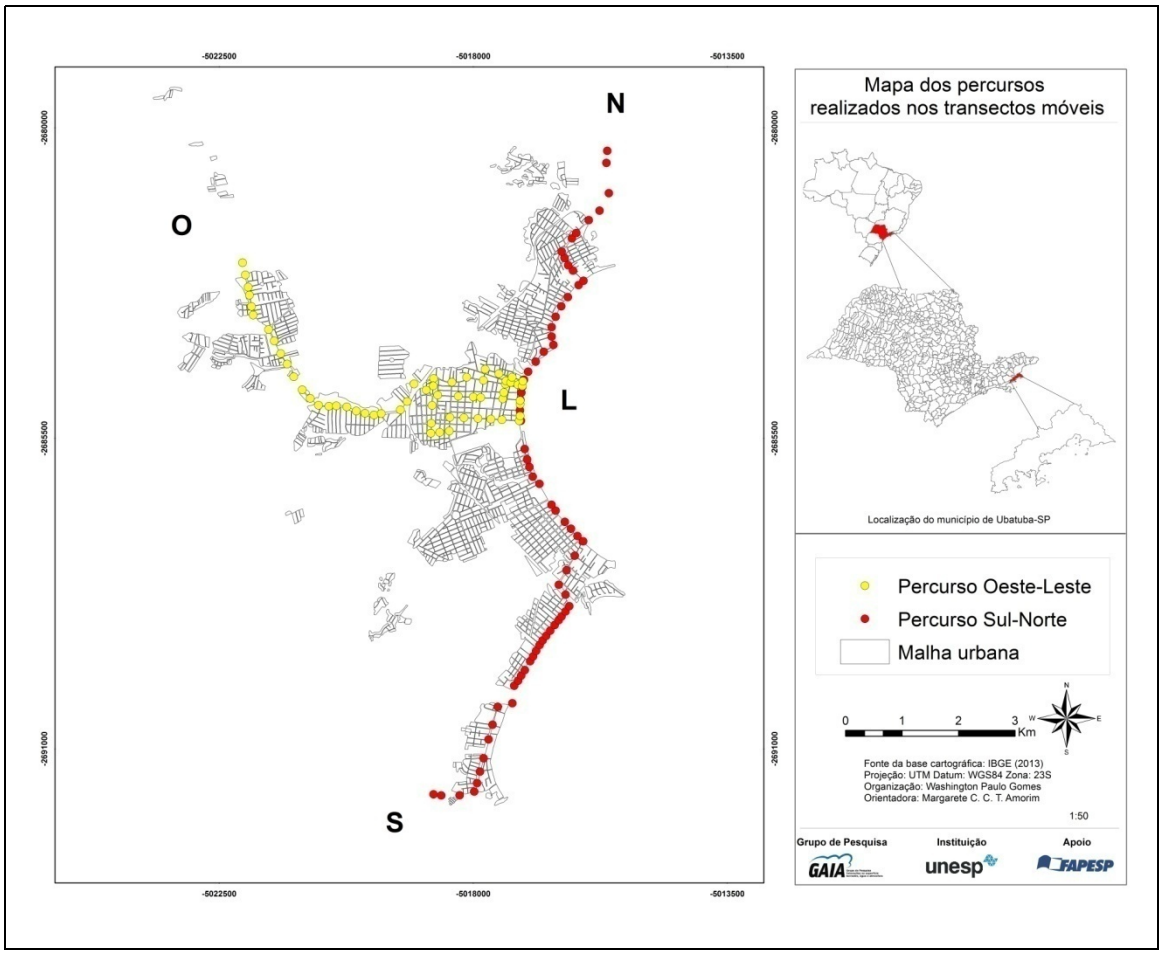


Figura 37 - Delimitação dos percusos realizados nos transectos móveis

5.5 - Uso de geotecnologias aplicadas ao estudo do clima urbano

A utilização de técnicas do sensoriamento remoto tem sido um instrumento bastante importante para a elaboração de diagnósticos das ilhas de calor de superfície e identificação dos níveis de vegetação.

Com a evolução das técnicas e a facilidade de acesso as imagens orbitais, o sensoriamento remoto tem se tornado um importante instrumento para o monitoramento de processos ambientais e tem sido usado com grande frequência nos estudos de climatologia contribuindo para a elaboração de diagnósticos das ilhas de calor de superfície, identificação dos níveis de vegetação e possibilitando a tomada de decisão para a preservação ambiental (RAMOS et al., 2010).

Tais técnicas podem ser consideradas como um avanço no campo da cartografia e consequentemente se apresentam como progressos no campo dos procedimentos metodológicos nos estudos de clima urbano.

Partindo desses pressupostos, fica cada vez mais evidente, nos últimos anos, a importância dos trabalhos utilizando as técnicas do sensoriamento remoto, por meio da utilização do sensor infravermelho termal das imagens de satélites para o diagnóstico das ilhas de calor de superfície e as bandas do vermelho e infravermelho próximo para a identificação de áreas com maiores índices de vegetação.

Assim pode-se obter o maior grau de detalhamento numa visão espacial das temperaturas de superfície, podendo se relacionar com a ausência ou não de áreas verdes, sendo possível identificar as áreas mais quentes e correlacionar com o uso e ocupação da terra em determinada região e seu entorno.

Segundo Meneses e Almeida (2012), o termo sensoriamento remoto foi introduzido no início dos anos 1960 e se tornou uma das mais bem sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em diferentes escalas, sobretudo, na escala global.

De acordo com Jensen (2009), o sensoriamento remoto consiste no registro da informação de uma determinada região, sem contato, por meio de instrumentos, tais como, dispositivos localizados em plataformas como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagem. O objeto imageado é registrado pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética, tal como a luz solar refletida da superfície de qualquer objeto.

Os sensores remotos são dispositivos capazes de registrar a radiação eletromagnética, expressa em termos de comprimento de ondas. O espectro eletromagnético é dividido em regiões ou faixas espectrais, assim, cada alvo da superfície terrestre que emite ou reflete radiação tem um comportamento de onda diferenciado no espectro eletromagnético.

Neste sentido, os estudos aplicados ao clima urbano, se utilizam cada vez mais de dados do sensoriamento remoto e também das técnicas do geoprocessamento por inserirem procedimentos e produtos ricos de conteúdos associados a vários elementos e temas (LIMA, 2013).

5.5.1 - Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Neste trabalho optou-se pela utilização do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) - (*Normalized Difference Vegetation Index*), para identificar os diferentes níveis de vegetação.

O NDVI foi calculado utilizando as porções da energia eletromagnética refletida pela vegetação nas bandas do vermelho (faixa espectral de 0,64 – 0,67 μm) e do Infravermelho próximo (faixa espectral de 0,85 – 0,88 μm) do *Landsat* 8 (**Quadro 1**).

Quadro 1- Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat* 8[11]

Bandas	**Resolução Espectral (μm)**	**Resolução Espacial (m)**
Banda 1 - Coastal aerossol	0.43 - 0.45	30
Banda 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Banda 3 - Green	0.53 - 0.59	30
Banda 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Banda 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Banda 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Banda 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fonte: United States Geological Survey[12].

O princípio físico do NDVI se baseia na assinatura espectral das plantas. As plantas verdes e com vida absorvem fortemente radiação solar na região do vermelho para utilizar esta radiação como fonte de energia no processo de fotossíntese. Por outro lado, as células das plantas refletem fortemente na região do infravermelho próximo. As porções absorvidas no vermelho e refletidas no infravermelho variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, sadias e bem supridas do ponto de vista hídrico for a planta maior será a absorção do vermelho e maior será a reflectância do infravermelho. Assim a diferença entre as reflectâncias das bandas do vermelho e do infravermelho será tanto maior quanto mais verde for a vegetação (VELASCO et al., 2007).

Os cálculos para a verificação dos níveis de vegetação por meio do NDVI foram elaborados no aplicativo *Quantum GIS*[13] e trata-se do modelo resultante da combinação dos

[11] Embora as bandas termais (10 e 11) possuam resolução espacial de 100 metros, elas são processadas e disponibilizadas com uma resolução espacial de 30 metros pela USGS.
[12]Disponível em <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>

níveis de reflectância das bandas espectrais do vermelho e infravermelho. As reflectâncias das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do satélite *Landsat* 8, capturadas nos dias 19 de janeiro de 2015 e 28 junho de 2015, com resolução espacial de 30 metros, resolve-se pela **Equação 1**:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Onde:

IVP é o valor de reflectância da banda no Infravermelho próximo;
VP é o valor de reflectância da banda no vermelho.

A aplicação da equação gera um índice que varia de (-1) a (+1), neste caso, quanto maior o valor do índice (próximo de +1), maior a presença de vegetação no período analisado.

5.5.2 - Processamento de imagens termais: *Landsat* 8

A verificação da temperatura dos alvos e o diagnóstico das ilhas de calor urbana de superfície ocorreram por meio da utilização de técnicas do sensoriamento remoto. As imagens do satélite *Landsat* 8 do canal infravermelho termal/TIRS 1 (banda 10), com resolução espectral de 10.60 - 11.19 μm, e resolução espacial de 100 metros (tratadas e disponibilizadas com 30 metros), foram adquiridas gratuitamente através do site da organização "*United States Geological Survey*" (USGS)[14], e correspondem à órbita/ponto 218/76.

Foram selecionadas cartas de temperaturas da superfície representativas das quatro estações do ano uma vez que a incidência de radiação solar ocorre de maneira mais ou menos inclinada dependendo das estações e resulta em diferentes respostas da superfície. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite capturadas nos dias 19 de janeiro (representativa do verão) e 28 de junho (representativa do inverno) todas do ano de 2015.

Os procedimentos para o mapeamento da temperatura da superfície foram realizados no aplicativo *IDRISI*[15]. Utilizaram-se as constantes de calibração do sensor do satélite para a conversão dos números digitais em energia radiante, representados em tons de cinza.

---

[13] *Quantum GIS* é marca registrada da *QGIS*.
[14] Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov>.
[15] *Idrisi* é marca registrada da *Clark Labs*.

A conversão dos níveis de cinza para informações de radiância foi realizada após a criação de um projeto para importar a imagem do canal térmico (banda 10) no Idrisi, e com a aplicação da **Equação 2**:

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Onde:

L é a radiância do topo da atmosfera (Watts/(m2 * srad * μm));
M_L é o fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda);
Q_{cal} são os valores de pixel quantificados e calibrados do produto padrão (DN);
A_L é o fator aditivo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número da banda).

Os valores de radiância espectral correspondentes aos elementos da fórmula são encontrados no arquivo metadados adquirido em conjunto com os arquivos das imagens (**Equação 3**; **Quadro 2**).

$$L_\lambda = 0{,}0003342 . Q_{cal} + 0{,}10000 \quad (3)$$

Quadro 2 - Valores dos elementos da fórmula de conversão para radiância

$\boldsymbol{M_L}$	0.0003342
$\boldsymbol{A_L}$	0.10000
$\boldsymbol{Q_{cal}}$	Valores de cada pixel da imagem

Fonte: United States Geological Survey

Em seguida, a partir da energia radiante foi possível obter a temperatura dos alvos, em Kelvin, por meio da **Equação 4**:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (4)$$

Onde:

T é a temperatura no satélite em Kelvin;

K2 é a constante de calibração 2;

K1 é a constante de calibração 1;

L é a radiância espectral, em Watts / (metro quadrado ster * * mm).

Os valores das constantes de calibração[16] do *Landsat* 8, que foram substituídos na fórmula para a conversão em temperatura Kelvin são (**Equação 5**; **Quadro 3**):

$$T = \frac{1321{,}08}{\ln\left(\frac{774{,}89}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (5)$$

Quadro 3 - Valores das constantes de calibração do *Landsat*8

Constante 1 - K1	**Constante 2 -K2**
774.89	1321.08

Fonte: United States Geological Survey.

Após esses procedimentos, aplicou-se a fórmula para converter a temperatura Kelvin em graus Celsius, subtraindo os valores de temperatura de cada pixel da imagem por 273,15, por meio da **Equação 6**:

$$°C = ImgK - 273{,}15 \quad (6)$$

Onde:

°*C* é a temperatura da imagem em graus Celsius;

ImgK é a temperatura da imagem em Kelvin;

A utilização das imagens termais serviram para ampliar o conhecimento da área de estudo em relação as respostas térmicas dos alvos e auxiliaram na seleção das áreas escolhidas para a instalação dos miniabrigos meteorológicos e delimitação dos percursos dos transectos móveis.

[16] Os valores das constantes de calibração correspondentes na fórmula são encontrados no arquivo metadados que esta em anexo em conjunto com os arquivos das imagens.

5.5.3 - Composição colorida das imagens de satélites

Para auxiliar na investigação da produção do espaço urbano e na evolução da expansão territorial urbana de Ubatuba, foi elaborada uma série temporal e espacial para a realização da composição colorida com base em imagens do satélite *Landsat* 5 (TM) para os anos de 1985, 1990, 1995 e do satélite *Landsat* 7 (ETM+) para os anos de 2000, 2005, 2010 e 2015.

Para as imagens do *Landsat* 5 foram utilizadas as Bandas 7, 4 e 2 (**Quadro 4**). Foi associada a banda 7 a cor azul, a banda 4 a cor verde e a banda 2 a cor vermelha, compreendendo a composição (7B-4G-2R).

Quadro 4 - Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat*5 (TM)[17]

Bandas	**Resolução Espectral (µm)**	**Resolução Espacial (m)**
Banda 1 - Blue	0.45 - 0.52	30
Banda 2 - Green	0.52 - 0.60	30
Banda 3 - Red	0.63 - 0.69	30
Banda 4 - Near-Infrared	0.76 - 0.90	30
Banda 5 - Near-Infrared	1.55 – 1.75	30
Banda 6 - Thermal	10.40 - 12.50	120
Banda 7 - Mid-Infrared	2.08 - 2.35	30

Fonte: United States Geological Survey[18].

As bandas foram escolhidas, pelo fato do seu resultado final de processamento possibilitar a melhor visualização, quando combinadas em imagem sintética (7B-4G-2R) e também pelo fato de que as faixas espectrais destas imagens possuem aplicações eficientes para o mapeamento do uso e ocupação da terra (RIOS, *et al.*, 2010).

Para o tratamento da composição colorida com as imagens do satélite *Landsat 7* também se utilizou as bandas 7, 4, 2 (7B-4G-2R) e com o resultado dessa composição foi realizado a fusão com a banda 8 Pancromática (resolução espacial de 15 metros), para obter uma imagem de melhor resolução (**Quadro 5**).

[17] Embora a banda termal (6) possua resolução espacial de 120 metros, elas são processadas e disponibilizadas com uma resolução espacial de 30 metros pela USGS.
[18]Disponível em <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>

Quadro 5 - Intervalo espectral das bandas do satélite *Landsat* 7 (ETM+)[19]

Bandas	**Resolução Espectral (µm)**	**Resolução Espacial (m)**
Banda 1 - Blue	0.45 - 0.52	30
Banda 2 - Green	0.52 - 0.60	30
Banda 3 - Red	0.63 - 0.69	30
Banda 4 - Near-Infrared	0.77 - 0.90	30
Banda 5 - Near-Infrared	1.55 – 1.75	30
Banda 6 - Thermal	10.40 - 12.50	60
Banda 7 - Mid-Infrared	2.08 - 2.35	30
Banda 8 - Panchromatic	0.52 – 0.90	15

Fonte: United States Geological Survey[20].

O processo de fusão de imagens de sensoriamento remoto pode ser efetuado tanto com bandas de um mesmo sensor quanto com bandas de diferentes sensores, visando como resultado melhorias na qualidade das imagens (SOARES *et al.,* 2015). Esse processo de fusão amplia a capacidade para novos estudos e aplicabilidades dos resultados, pois é possível a geração de imagens coloridas de 15 metros de resolução espacial também nas bandas Multiespectrais (**Figura 38**).

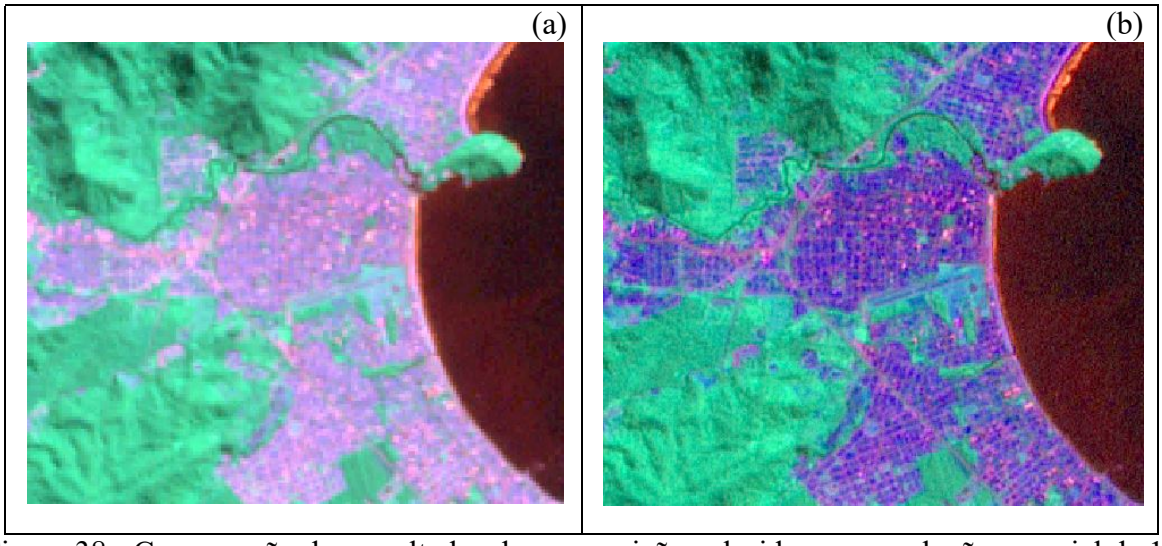


Figura 38 - Comparação dos resultados da composição colorida com resolução espacial de 15 e 30 metros da imagem do satélite *Landsat* 7 do dia 07 de agosto de 2015 a) Composição colorida (RGB) resolução espacial de 30 metros b)Composição colorida (RGB + PAN) com resolução espacial de 15 metros.

[19] Embora a banda termal (6) possua resolução espacial de 60 metros, elas são processadas e disponibilizadas com uma resolução espacial de 30 metros pela USGS.
[20]Disponível em <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>

O procedimento foi realizado por meio da ferramenta "*pan-sharpening*" do aplicativo *ArcGis* e a composição colorida utilizada foi a de falsa-cor, com a finalidade de identificar a expansão e as mudanças na forma urbana em sua variação espaço-temporal.

5.5.4 - Especificidades do sítio urbano: hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado.

Levando em consideração as particularidades da cidade de Ubatuba, localizada entre as escarpas cristalinas da Serra do Mar e a linha de costa, com níveis altimétricos que variam de 0 a 1.600 metros de altitude, com vertentes alongadas, fortes declividades e amplitudes topográficas entre os topos e o fundo dos vales, foi necessário realizar uma caracterização dos aspectos geoecológicos de forma detalhada, com o intuito de compreender como as diferentes formas do relevo podem interferir no clima em escala local e regional.

Para tanto, foram elaboradas as cartas de hipsometria, declividade, orientação das vertentes e relevo sombreado, a partir de imagens adquiridas gratuitamente pelo TOPODATA[21], com resolução espacial de 30 metros.

Os procedimentos de recorte da área de estudo, processamento das imagens e os resultados foram realizados por meio das ferramentas "*Create Tin*" "*Slope*", "*Aspect*" e "*Hillshade*" do aplicativo *ArcGis*. Para uma melhor visualização, os mapas também passaram pelo processamento para a obtenção em formato 3D realizado por meio da aplicação da ferramenta *ArcScene*.

Além da caracterização ambiental da área de estudo, esses procedimentos em conjunto com as características dos elementos urbanos foram de fundamental importância para a escolha dos pontos de coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar (PITTON, 1997).

[21] O projeto Topodata oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>

6 - CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE REGISTRO DE DADOS METEOROLÓGICOS

A definição dos pontos para o registro dos dados meteorológicos ocorreu de acordo com as análises dos condicionantes geoecológicos, geourbanos e também com o auxílio das cartas de temperaturas de superfícies.

Com as informações adquiridas foram possíveis estabelecer os critérios para as instalações dos miniabrigos meteorológicos e para os percursos dos transectos móveis descritos a seguir (**Figura 39**).

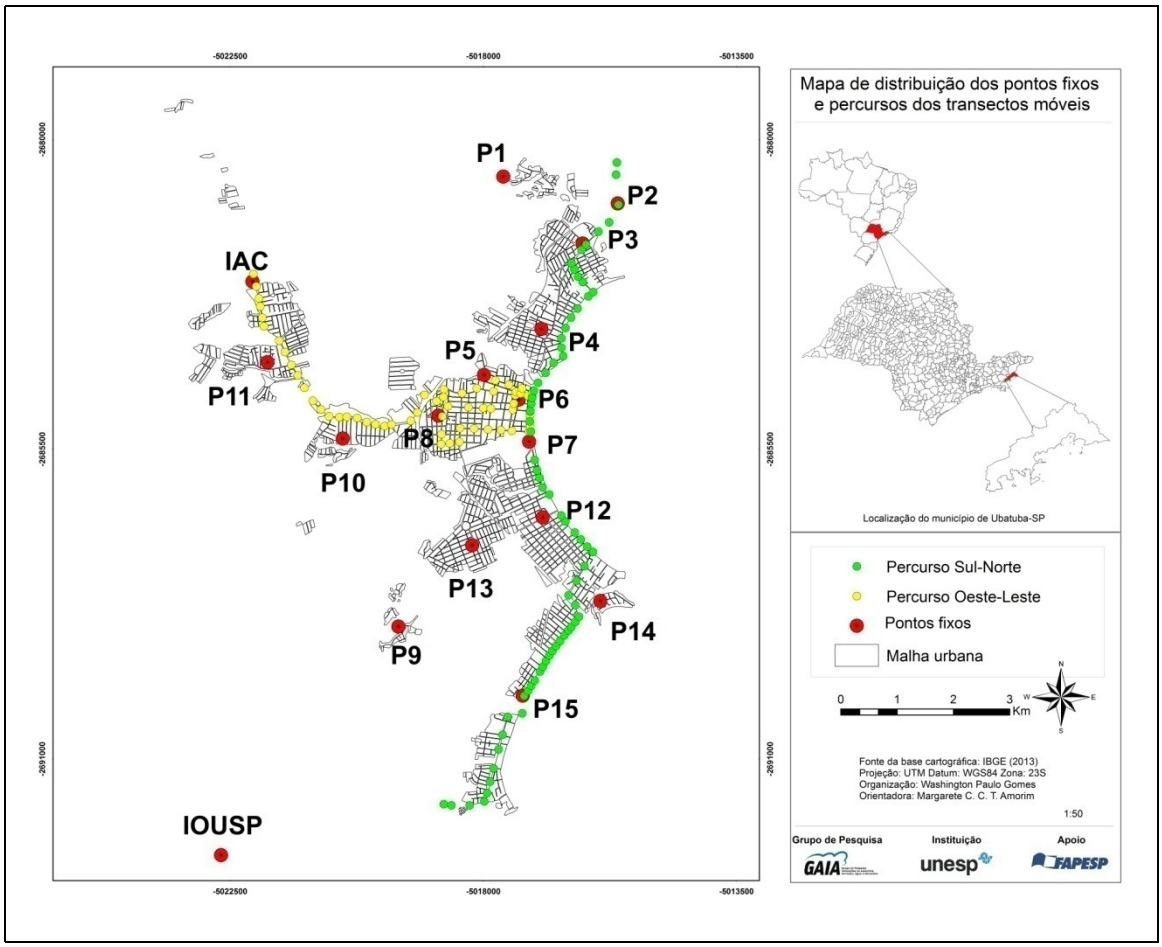


Figura 39 - Distribuição dos pontos fixos e percursos dos transectos móveis

6.1 - Caracterização dos pontos fixos

Para o monitoramento e registros dos dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar em pontos fixos, foram instalados 15 miniabrigos meteorológicos distribuídos

pela malha urbana e pontos rurais. O trabalho também contou com os dados de 2 estações automáticas gerenciadas pelo IAC e IOUSP, totalizando 17 pontos de monitoramento.

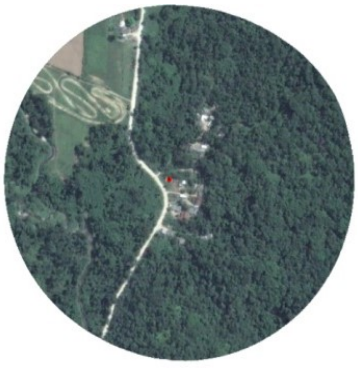
De acordo com outros trabalhos realizados em cidades pequenas e médias do Estado de São Paulo (AMORIM, 2000; UGEDA JUNIOR, 2011; RAMPAZZO, 2015; TEIXEIRA, 2015; ORTIZ PORANGABA, 2015), foram estabelecidos alguns critérios para a instalação dos miniabrigos meteorológicos e adaptações devidos as particularidades da área de estudo:

- A diferenciação do uso e da ocupação da terra urbana;
- Áreas representativas do seu entorno;
- Presença ou não de áreas verdes;
- Áreas que apresentaram diferenças de temperaturas nas imagens termais;
- As características do relevo;
- Distância da orla marítima;

De modo geral, por se tratar de uma cidade relativamente pequena, litorânea, turística e localizada nas proximidades da Serra do Mar, optou-se por distribuir os miniabrigos em áreas diversas que pudessem compreender as características do entorno e suas particularidades.

O **Quadro 6** sintetiza as características do entorno de cada ponto fixo. Para tanto, foi realizado um "*buffer*" no aplicativo *ArcGis* delimitando um raio de 300 metros de distância do local instalado. Cada ponto representa uma área de abrangência de 0,28 km² e as imagens foram adquiridas no *Google Earth* a uma altura de 1.100 metros.

Quadro 6 - Síntese dos pontos fixos de registro dos dados meteorológicos

CARACTERIZAÇÃO	
	
<u>Ponto 1 - Taquaral:</u> Localizado em um bairro com característica rural na encosta da Serra do Mar; com densa vegetação arbórea; altitude de 80 metros; declividade forte ondulada; vertente voltada para Sudeste;	<u>Ponto 2 - Casanga:</u> Área rural localizada na zona norte; densa vegetação arbórea; área plana com 9 metros de altitude;

 Ponto 3 - Zona norte Perequê-açu: Bairro residencial com construção e vegetação esparsa; área plana com 4 metros de altitude e vertente levemente voltada para sudeste; 800 metros da praia;	 Ponto 4 - Zona sul Perequê-açu - Estádio: Área residencial densamente construída com médio padrão construtivo; pouca vegetação arbórea; solo impermeável; área plana com altitude de 3 metros; 370 metros da praia;
 Ponto 5 - Área central - Próximo ao Rio Grande: Localizado no centro da cidade; solo impermeável; densamente construído; com vegetação arbórea no entorno (mata ciliar do rio grande); Altitude de 5 metros;	 Ponto 6 - Área central - Estacionamento Supermercado Paulista: Área comercial localizada na região central da cidade; densamente construída; vegetação arbórea apenas na Praça 13 de Maio e na orla da praia; Altitude de 6 metros
 Ponto 7 – Área central - Orla da Praia - Aeroporto: Localizado no interior do aeroporto da cidade; área pouco construída; vegetação rasteira do tipo gramínea; 100 metros da praia; Altitude de 3 metros;	 Ponto 8 - Área central - Silop: Área densamente construída; vegetação arbórea esparsa; solo impermeável; médio padrão construtivo; área plana com altitude de 5 metros;

 Ponto 9 - Sesmaria: Bairro residencial de baixo padrão construtivo; periférico localizado a 4 km do centro; densamente vegetado; altitude de 14 metros; declividade suave ondulado; vertente voltada para o norte;	 Ponto 10 - Jardim Samambaia: área residencial; densamente construída; vegetação arbórea esparsa; solo permeável; plana com 14 metros de altitude;
 Ponto 11 - Ipiranguinha: área densamente construída com baixo padrão construtivo; solo impermeável; vegetação arbórea ausente, exceto na mata ciliar do rio; Altitude de 9 metros;	 Ponto 12 - Itaguá - Shopping: Bairro residencial e comercial, com alto padrão construtivo; presença de vegetação arbórea; área plana com 3 metros de altitude à 310 metros da orla da praia;
 Ponto 13 - Estufa II: Área residencial de médio/baixo padrão construtivo; vegetação rasteira em alguns terrenos não construídos; solo impermeável; área relativamente plana com 5 metros de altitude;	 Ponto 14 - Bairro-praia - Condomínio Tenório: Área de alto padrão construtivo, localizado a poucos metros da praia; plana com densa vegetação arbórea; Altitude de 9 metros;



Ponto 15 - Praia Grande: Área verticalizada e de alto padrão construtivo entre o pé da Serra do Mar e a orla da praia; Altitude de 4 metros;



Ponto 16 - Instituto Agronômico de Campinas (IAC): Localizado no Horto Florestal, próximo a Serra do Mar, numa área relativamente plana, com densa cobertura vegetal; Altitude de 21 metros;



Ponto 17 - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP): Localizado a 8 Km do centro e próximo ao mar; Área não construída e com densa vegetação arbórea; Altitude de 5 metros;

6.2 - Caracterização dos percursos móveis

Para a realização dos transectos móveis foram delimitados dois percursos com o intuito de registrar os dados de temperatura do ar, um no sentido sul-norte com 70 pontos de registros, e outro no sentido oeste-leste com 59 pontos de registros.

Os inícios dos percursos ocorreram em áreas afastadas da malha urbana densamente edificada, saindo da área rural próxima, passando pelos bairros periféricos, centro e chegaram ao extremo oposto da cidade. Dessa forma, foi possível associar as diferenças térmicas às mudanças do uso e ocupação da terra, sendo que os percursos foram predeterminados levando em consideração a heterogeneidade da paisagem urbana.

O percurso realizado no sentido sul-norte priorizou o deslocamento por toda a orla da praia, iniciando na Rodovia BR-101 e finalizando no ambiente rural na estrada do Casanga. O percurso oeste-leste teve início nas proximidades da Serra do Mar (horto florestal) e finalizando na orla da praia na Avenida Iperoig.

Foram priorizadas áreas com diferentes padrões construtivos e densidade urbana, além dos diferentes usos e ocupações da terra em relação à cobertura vegetal, conforme os quadros sínteses a seguir (**Quadro 7** e **Quadro 8**):

Segmentos do percurso Oeste-Leste	Caracterização	Segmentos do percurso Oeste-Leste	Caracterização
	**Segmento 1** **Localização:** Rodovia Oswaldo Cruz; **Distância:** 0,5 Km **Características:** - Início do percurso; - Área com características do rural; - Densa vegetação Arbórea;		**Segmento 5** **Localização:** Av. Tomas Galhardo; Av. Maria Alves; R. Batista de Oliveira; **Distância:** 3 Km **Características:** - Área central densamente ocupada; - Vegetação arbórea esparsa/ausente;
	**Segmento 2** **Localização:** Rodovia Oswaldo Cruz; **Distância:** 0,8 Km **Características:** - Área parcialmente ocupada; - Condomínios fechados à direita; - Vegetação arbórea à esquerda;		**Segmento 6** **Localização:** Av. Tomas Galhardo; R; Cel. Domiciano; R. Condessa Vimiero; Av. Iperoig; R. Dr. Esteves da Silva; **Distância:** 2,2 Km **Características:** - Área densamente ocupada; - Uso misto residencial/comercial; - Vegetação arbórea esparsa, exceto na Praça 13 de Maio;
	**Segmento 3** **Localização:** Rodovia Oswaldo Cruz; **Distância:** 1,3 Km **Características:** - Área pouco ocupada; - Características periurbanas; - Vegetação arbórea e rasteira.		**Segmento 7** **Localização:** R. Batista de Oliveira; R. Amazonas; Av. Rio Grande do Sul; Av. Liberdade; **Distância:** 1,6 Km **Características:** - Área densamente ocupada; -Uso residencial de médio padrão; - Vegetação arbórea esparsa/ausente;
	**Segmento 4** **Localização:** Rodovia Oswaldo Cruz; **Distância:** 1,4 Km **Características:** - Área de baixo padrão construtivo; - Lotes pequenos e telhado misto; - Vegetação arbórea esparsa na área urbana e densa na margem do Rio Grande;		**Segmento 8** **Localização:** Av. Liberdade; Av. Iperoig; **Distância**: 1 Km **Características:** - Final do percurso; - Área densamente ocupada de uso misto residencial/comercial; - Orla da praia central e vegetação rasteira (aeroporto);

Quadro 7 - Características do percurso Oeste-Leste na área urbana de Ubatuba

Segmentos do percurso Sul-Norte	Caracterização	Segmentos do percurso Sul-Norte	Caracterização
	**Segmento 1** **Localização:** Rodovia Rio Santos (Mirante das Toninhas); **Distância:** 1,1 Km **Características:** - Início do percurso; - Área pouco ocupada; - Entre a orla da praia a Serra do Mar; - Densa vegetação arbórea;		**Segmento 5** **Localização:** Av. Leovegildo Dias Vieira; **Distância:** 1,9 Km **Características:** - Área densamente ocupada; - Construções de médio/alto padrão; - Orla da praia e vegetação arbórea esparsa;
	**Segmento 2** **Localização:** Rodovia Rio Santos (Praia das Toninhas); **Distância:** 1 Km **Características:** - Área parcialmente ocupada; - Construções de médio/alto padrão construtivo; - Vegetação densa no limite com a Serra do Mar;		**Segmento 6** **Localização:** Av. Iperoig; **Distância:**2 Km **Características:** - Área central densamente ocupada; - Uso misto residencial/comercial; - Orla da praia e vegetação arbórea esparsa;
	**Segmento 3** **Localização:** Rodovia Rio Santos (Praia Grande); **Distância:** 1,9 Km **Características:** - Área verticalizada, densamente ocupada na orla da praia; - Alto padrão; - Vegetação densa no limite com a Serra do Mar;		**Segmento 7** **Localização:** **Av.** Gov. Abreu Sodré; R. Imaculada Conceição; Av. Padre Manoel da Nóbrega; **Distância:** 2,5 Km **Características:** - Área densamente ocupada; - Uso residencial de médio/baixo padrão; - Orla da praia e vegetação esparsa;
	**Segmento 4** **Localização:** Rodovia Rio Santos; Av. Cap Felipe; **Distância:** 1,6 Km **Características:** - Área residencial de alto padrão construtivo; - Condomínio fechado (bairro-praia) do Tenório; - Presença de vegetação arbórea;		**Segmento 8** **Localização:** Estrada da Casanga; **Distância:** 1,6 Km **Características:** - Final do percurso; - Área rural; - Densa vegetação arbórea;

Quadro 8 - Características do percurso Sul-Norte na área urbana de Ubatuba

7 - CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE A PESQUISA

De acordo com Sant'Anna Neto (1995), o clima do território paulista possui um carater transicional, palco do conflito entre os sistemas controlados pelas massas intertropicais, extratropicais e sofre grande influência dos sistemas frontais. Esse fator aliado ao posicionamento geográfico do Estado na latitude do Trópico de Capricórnio e das suas condições altimétricas e de continentalidade faz com que a área de estudo seja bastante dinâmica.

Monteiro (1973) apresentou uma proposta de classificação das feições climáticas do território paulista, dentro das células regionais e da articulação com as faixas zonais do clima, levando em consideração os fatores geográficos (SANT'ANNA NETO, 1995). Na proposta aparecem dois climas zonais, três climas regionais e nove feições climáticas distribuidos em seis regiões geográficas do Estado de São Paulo (Litoral, Vale do Paraiba, Planalto Atlântico, Mantiqueira, Depressão e Planalto Ocidental).

Segundo Conti (1975), Monteiro (1976b) e Sant'Anna Neto (1995) as características climáticas do Estado de São Paulo são explicadas por três fatores. O primeiro e mais importante é a configuração geral da circulação atmosférica definidas pelas massas de ar tropicais, extratropicais e as frentes polares. O Segundo está relacionado ao relevo e mais precisamente a altimetria, que aumentam ou diminuem os totais pluviométricos em função de sua posição a sotavento ou a barlavento em relação aos principais sistemas produtores de chuvas, sendo a serra do mar o exemplo marcante desta característica. O terceiro é a maior ou menor proximidade do mar, que influencia de forma significativa na umidade relativa do ar, sendo que as áreas mais úmidas estão localizadas na fachada atlântica e as áreas mais secas estão nas regiões norte e oeste do Estado.

> A fachada atlântica, por razões de circulação atmosférica, notadamente pela frenquencia de atuação das correntes perturbadas da frente polar, ressaltadas pelo efeito das serras do mar e da mantiqueira, detém os maiores índices pluviométricos do território paulista (MONTEIRO, 1976b, p. 19).

De maneira geral, as precipitações diminuem de leste para oeste e de sul para norte, pois estas correntes (de sul e de leste) são responsaveis por cerca de 80% das chuvas no estado. O litoral é caracterizado pela maior quantidade de chuva, com média superior a 2.500 mm no município de Ubatuba (1961-2015). Tanto a maritimidade quanto a presença de

vertentes íngremes próximas a linha costeira são os fatores responsáveis pelas elevadas precipitações associada a circulação atmosférica regional (SANT'ANNA NETO, 1995).

Conti (1975) em seu trabalho sobre a circulação secundaria e efeito orográfico na gênese das chuvas na região do litoral norte paulista, identificou que mesmo em anos secos como em 1963, com precipitações inferiores a 1.300 mm, as precipitações são provenientes de sistemas frontais ainda que em quantidades reduzidas (CONTI, 1975).

O litoral apresenta particularidades na dinâmica climática regional, tanto do ponto de vista pluviométrico quanto pelas características térmicas, pois de acordo com Monteiro (1976b, p. 18) "seja pela presença atenuante das águas oceânicas, seja pela participação ainda significativa dos sistemas extratropicais, canalizados com mais frequência que no interior, o aquecimento é inferior ao do oeste". O oceano possui uma importância significativa e atuam como um eficiente regulador térmico homogeinizando as temperaturas na faixa litorânea, definindo a direção predominante dos ventos e elavando o teor de umidade.

> Ubatuba está na orla marítima, exposta diretamente à ação oceânica, a qual se faz sentir sobretudo através da atuação predominante dos ventos de sudeste, portadores de elevado teor de umidade. A proximidade da Serra do Mar, explica, em partes as violentas quedas de chuva que aí ocorrem com frequencia, as quais resultam de vigorosos movimentos ascendentes da atmosfera, processo esse que, embora seja desencateado por causas diversas é, certamente estimulado pela presença da montanha-barreira que é a Serra do Mar (CONTI, 1975, p. 26).

Deste modo, a área de estudo está localizada em um ambiente bastante complexo e com diversas particularidades na dinâmica climática local e regional. A grande quantidade de umidade relativa do ar provenientes dos ventos alíseos fortalece o efeito orográfico. A geração de instabilidades produtoras de chuvas tanto por fenômenos convectivos isolados, como por sistemas convectivos de mesoescala e também pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atuam na região ao longo do ano.

Neste sentido, partindo dessas caraterísticas foi proposto a elaboração do gráfico de análise rítmica desenvolvido por Monteiro (1971) com o intuito de identificar os sistemas atmosféricos atuantes no período de realização da pesquisa. Para a compreensão dos sistemas atmosféricos no mês de novembro de 2015 foram utilizadas as cartas sinóticas da Marinha do Brasil, as imagens do satélite GOES 13 disponibilizadas pelo CPETC/INPE e os dados registrados pela estação meteorológica do Instituto Agronômico de Campinas. Também foram levados em consideração os dados da estação meteorológica do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e as observações realizadas em campo.

No mês de novembro de 2015, houve a atuação de sistemas extratropicais, intertropicais e frontais, com o predomínio da frente polar atlântica que refletiu em grandes totais pluviométricos (456,5 mm), sobretudo, nos primeiros dias do mês. A temperatura média das máximas foi de 26,8ºC e a média das mínimas de 21,8ºC. A média da umidade relativa do ar para o mês foi de 90% e os ventos predominantes foram provenientes de sudeste (**Gráfico 1**).

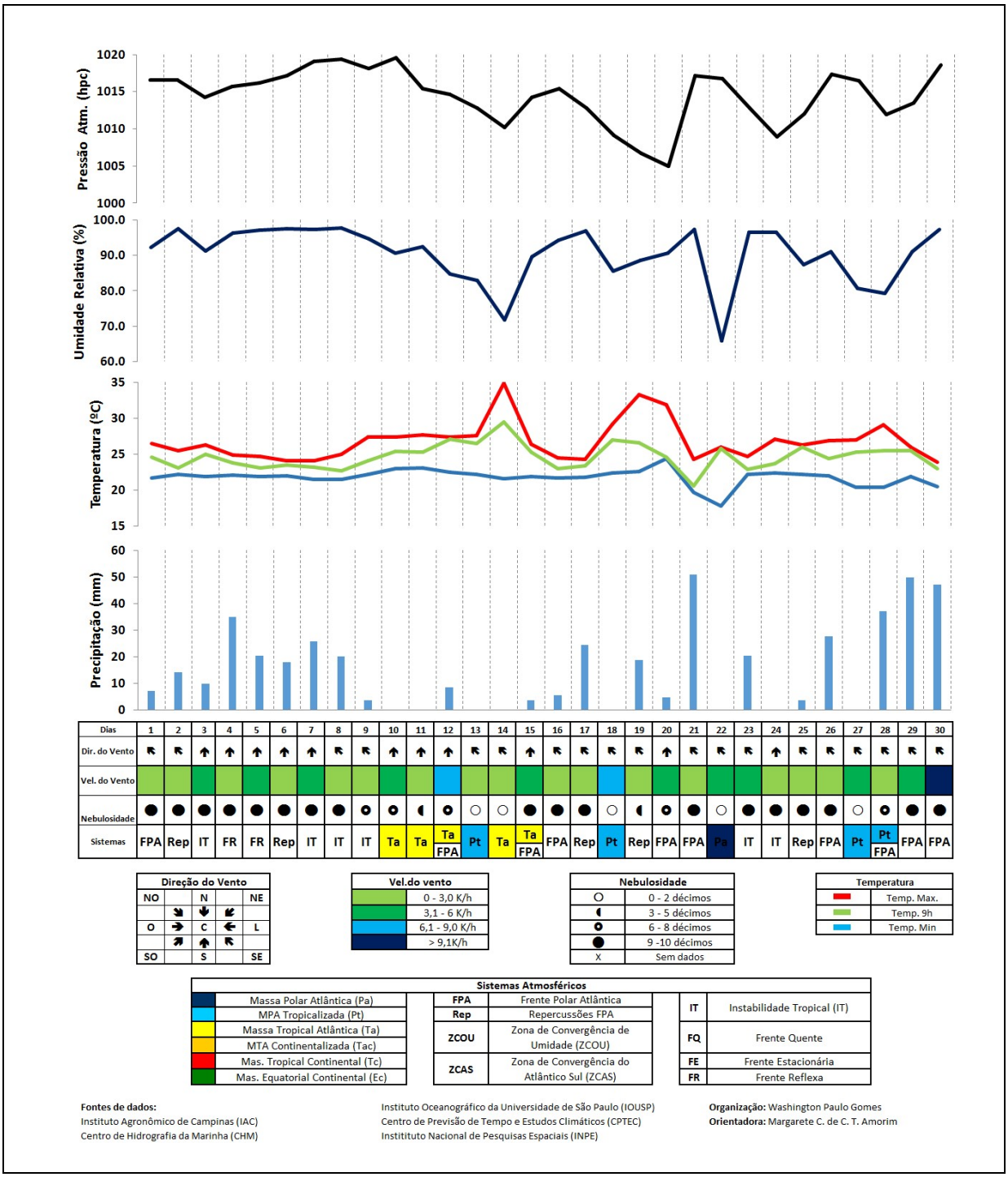


Gráfico 1 - Análise rítmica do mês de novembro de 2015

No primeiro dia houve a entrada da frente polar atlântica no periodo da tarde com totais pluviométricos de 7,1 mm. As temperaturas variaram entre 26,5ºC (máxima) e 21,7ºC (mínima), a umidade relativa do ar foi de 92% e a velocidade do vento foi de 1,2 km/h provenientes de sudeste. O dia seguinte manteve as caracteristicas do primeiro dia e esteve sob influência da repercussão da frente polar atlântica. Novamente houve precipitação (14,2 mm) e diminuição nas temperaturas do ar, variando entre 22,2ºC e 25,5ºC. Devido aos efeitos da precipitação a umidade relativa do ar se apresentou de forma bastante elevada, atindo 97%.

No terceiro dia com a aproximação do sistema de alta pressão da massa polar atlântica houve a diminuição na temperatura mínima para 21,9ºC, entretanto, a partir das 15h houve a atuação de uma instabilidade tropical na região causando precitações de 9,9 mm e a diminuição da pressão atmosférica.

Os dias 4 e 5, foram marcados pela entrada de novos sistemas atmosféricos frontais, caracterizados pelas frentes reflexas que atuaram na região em sequência e em um curto intervalo de tempo. O dia 6 se apresentou como uma consequência da atuação dos dias anteriores com atuação da repercussão da frente polar atlântica. Deve-se destacar que a soma dos totais pluviométricos nos dias foi de 73,4 mm e a direção predominante do vento do quadrante sul.

No dia 7 ocorreu uma situação semelhante ao do dia 3, ou seja, houve uma aproximação do centro de alta pressão da massa polar atlântica resultando na diminuição das temperaturas que variaram entre 21,5ºC e 24,1ºC, entretanto, na área de estudo, atuou novamente uma instabilidade tropical bem definida na carta sinótica que permaneceu nos dias 8 e 9. O total pluviométrico nos três dias foi de 49,8 mm, com ventos predominantes do quadrante sul e sudeste.

Os dias 10 e 11 estiveram sob atuação da massa tropical atlântica. Nestes dias não houve a presença de precipitação e ocorreu o aumento das temperaturas que variaram entre 23ºC e 27,7ºC. A umidade relativa do ar foi de 90%, com ventos provenientes do quadrante leste na estação do IOUSP e quadrante sul na estação do IAC.

O dia 12 também esteve sob atuação da massa tropical atlântica até as 15h. Posteriormente, houve uma rápida passagem da frente polar atlântica e as precipitações chegaram a 8,4 mm. Os ventos foram relativamente mais fortes atingindo 7,9 km/h, proveninentes do sul. O dia seguinte esteve sob atuação da massa polar atlântica tropicalizada, não houve precipitação e as temperaturas variaram entre 22,2ºC (minima) e 27,6ºC (máxima). Os ventos sopraram do sul a uma velocidade de 2,9 km/h.

O dia 14 esteve novamente sob atuação da massa tropical atlântica. Este foi o dia mais quente do mês, com as temperaturas máximas atingindo os 34,9ºC. A umidade relativa se apresentou de forma baixa, sendo registrada 71%. Estes dois últimos dias não apresentaram nenhuma nebulosidade, com céu claro e sem precipitação. Posteriormente, no dia 15, houve a entrada de um sistema frontal, caracterizado pela frente polar atlântica que se entendeu para o dia 16 e repercurtiu no dia 17. As precipitações ocorreram nos três dias com um total pluviométrico de 33,6 mm. Os ventos provenientes do sul sopravam com uma velocidade 7 km/h. Ocorreu a diminuição da tempeturatura do ar e consequentemente o aumento da umidade relativa.

O dia 18 esteve sob influência da massa polar atlântica tropicalizada. As temperaturas variaram entre 22,4ºC e 29,2ºC. Não houvre precitação e a umidade relativa do ar foi de 85%, com ventos de sudeste a 6 km/h. Na sequência, os dias 19, 20 e 21, foram marcados pela entrada de sistemas frontais, sendo que no dia houve a atuação da repercussão da frente polar atlântica e nos dias 20 e 21 a efetiva atuação da frente polar atlântica com o vórtice bem desenhado na carta sinótica e na imagem do satélite. Novamente os totais pluviométricos foram bastante elevados.

O dia 22 esteve sob atuação da massa polar atlântica, quando a temperatura mínima foi de apenas 17,8ºC e a máxima de 26ºC. A umidade relativa do ar foi a mais baixa do mês, atingindo 65%. Não houve precipitação, os ventos foram provenientes de sudeste e apresentou uma alta pressão atmosférica. Os dias 23 e 24 estiveram sob atuação de uma instabilidade tropical, com uma área de baixa pressão bem desenhada sobre a área de estudo. Houve precipitação no dia 23 de aproximadamente 20 mm e ocorreu o aumento das temperaturas mínimas para 22,2ºC e das máximas para 27,1ºC.

Novamente os dias 25 e 26 estiveram sob atuação da repercussão e da frente polar atlântica. Houve precipitação nos dois dias, sendo 3,6 mm e 27,7 mm, respectivamente. As temperaturas permaneceram semelhantes a dos dias anteriores e os ventos sopravam do quadrante sul. O dia 27 esteve sob atuação da massa polar atlântica tropicalizada, com céu claro e sem nuvens, com as temperatuas variando entre 20,4ºC e 27ºC. A umidade relativa do ar na estação do IAC foi de 80,7%.

O dia 28 esteve sob atuação da massa polar atlântica tropicalizada até as 18h, posteriormente, houve a entrada de um sistema frontal que permaneceu até os dias 29 e 30 do mês. Ocorreram fortes precipitações com um total acumulado de 134,1 mm em apenas 3 dias, gerando o aumento da umidade relativa do ar e a diminuição da temperatura do ar.

8 - CARACTERÍSTCAS TÉRMICAS A PARTIR DE MEDIDAS MÓVEIS

Os transectos foram realizados nos dias 11, 18 e 27 de novembro de 2015 em três horários por dia, às 9h, às 15h e às 21h. Para tanto, foram realizados dois percursos simultâneos nos sentidos S-N (70 pontos de registro) e O-L (59 pontos de registro).

As medidas móveis em três horários ocorreram devido as particularidas da área de estudo, com o intuito de verificar a influência das brisas marítimas e terrestres no deslocamento da ilha de calor urbana.

O Quadro 9 apresenta a síntese dos dados apresentados, com as temperaturas registradas durante os trajetos realizados, as diferenças térmicas, as direções e velocidades dos ventos nas estações do IAC e IOUSP, bem como os sistemas atmosféricos atuantes em cada um dos dias de registro dos dados. De modo geral, as diferenças térmicas durante os dias de análise variaram entre 1,9ºC e 5,4ºC, configurando-se em ilhas de calor com intensidades diferenciadas de fraca a forte magnitudes, de acordo com a classificação proposta por Garcia (1996).

Quadro 9 - Diferenças térmicas, direção e velocidade do vento e sistemas atmosféricos atuantes nos dias de registros pelos transectos móveis em novembro de 2015 – Ubatuba-SP

Data	H	T. máx (ºC)	T. mín (ºC)	Diferença térmica (ºC)	D. V. (IA)	V. V. (IA) (Km/h)	D. V. (IO)	V. V. (IO) (Km/h)	Sistemas atmosféricos
11/11/2015	9h	27,9	22,5	5,4	SE	1,8	L	3,9	Massa Tropical Atlântica (mTa)
	15h	29,8	26,0	3,8	S	7,8	L	2,9	
	21h	25,9	23,5	2,4	SE	1,4	O	0,7	
18/11/2015	9h	29,9	25,9	4,0	S	6,1	SO	6,6	Massa Polar Tropicalizada (Pt)
	15h	30,8	27,0	3,8	S	8,9	L	5,4	
	21h	25,9	23,4	2,5	L	1,1	O	0,2	
27/11/2015	9h	28,1	25,1	3,0	S	3,7	L	10,4	Massa Polar Tropicalizada (Pt)
	15h	25,4	23,5	1,9	L	9,6	L	17,5	
	21h	24,4	22,0	2,4	S	3,5	NE	5.1	

8.1 - Características térmicas no dia 11 de novembro de 2015

O primeiro dia de realização dos transectos móveis ocorreu em 11 de novembro de 2015. Nesse dia, a cidade de Ubatuba esteve sob atuação da massa Tropical atlântica (mTa), com temperatura máxima de 29,8°C (às 15h) e a mínima de 22,5°C (às 9h) registradas nos

transectos ao longo do dia. A umidade relativa do ar média para o dia foi de 93%, registrada na estação do IAC. Houve variação na direção e velocidade do vento em todos os horários registrados.

No período da manhã (às 9h), as temperaturas absolutas registradas ao longo dos transectos móveis variaram entre 22,5°C e 27,9°C, apresentando uma diferença máxima de 5,4°C (**Prancha 1**). As maiores temperaturas ocorreram em alguns pontos isolados do centro da cidade, em uma área densamente construída, com pouca vegetação arbórea e com grande fluxo de pessoas e veículos (Segmento 5, **Quadro 7**)

O percurso no sentido S-N, que percorre toda a orla das praias, apresentou pequenas diferenças térmicas entre os pontos, variando entre 2°C e 3°C em relação à menor temperatura registrada ao longo dos trajetos. O percurso O-L, apresentou as maiores diferenças das temperaturas registradas e grande variabilidade entre os pontos, variando entre 0°C e 5,4°C. A menor temperatura absoluta de 22,5°C ocorreu no ponto 17 próximo à madeireira Rondônia, em uma área pouco construída e com grande densidade de vegetação no entorno (Segmento 3, **Quadro 7**).

A grande variabilidade das temperaturas registradas nos percursos ao longo do dia já era esperada e ocorrem devido à maior ou menor intensidade dos raios solares incidindo diretamente sobre as diferentes áreas da cidade e também sobre os sensores utilizados para a coleta dos dados, de acordo com a posição do relevo, o efeito sombra causado pelas edificações, árvores e até mesmo devido à capacidade dos diferentes materiais construtivos de armazenarem e liberarem o calor. Neste caso, vale ressaltar que todas as medidas de prevenção foram tomadas para evitar a incidência direta dos raios solares sobre os sensores com a utilização dos abrigos apresentados anteriormente.

Assim sendo, aliado a esses fatores, pode-se notar que as maiores diferenças das temperaturas ocorreram devido às características da morfologia urbana, adensamento e o uso da terra na área central. Neste caso, os ventos sopravam de sudeste a uma velocidade de 1,8 km/h na estação do IAC e do quadrante leste a 3,9 km/h na estação do IOUSP. Neste horário não foi possível identificar a influência da brisa marítima no deslocamento da ilha de calor urbana, pois a distribuição do aquecimento diferencial das temperaturas nas primeiras horas do dia ocorreu devido às características dos materiais construtivos localizados na área central.

No período da tarde (às 15h), com o aumento das incidências dos raios solares, houve o aumento natural das temperaturas. As medidas móveis variaram entre 26ºC e 29,8ºC, apresentando uma diferença térmica de 3,8ºC.

Como pode-se perceber a diferença máxima foi menor do que o horário anterior e isso ocorre devido a exposição de todas as áreas em relação a trajetória aparente do sol. Neste horário o sol já incidiu sobre toda a superfície da área de estudo e as diferenças ocorrem devido a capacidade de emissão de calor das superfícies de acordo com os diferentes usos e ocupação da terra.

Devido ao aumento da temperatura no período da tarde e a amplitude do gradiente térmico (terra-mar), formou-se uma célula convectiva de baixa pressão no continente e os ventos provenientes do oceano passaram a soprar com mais intensidade, atingindo a velocidade de 7,8 km/h (IAC) e 2,9 km/h (IOUSP).

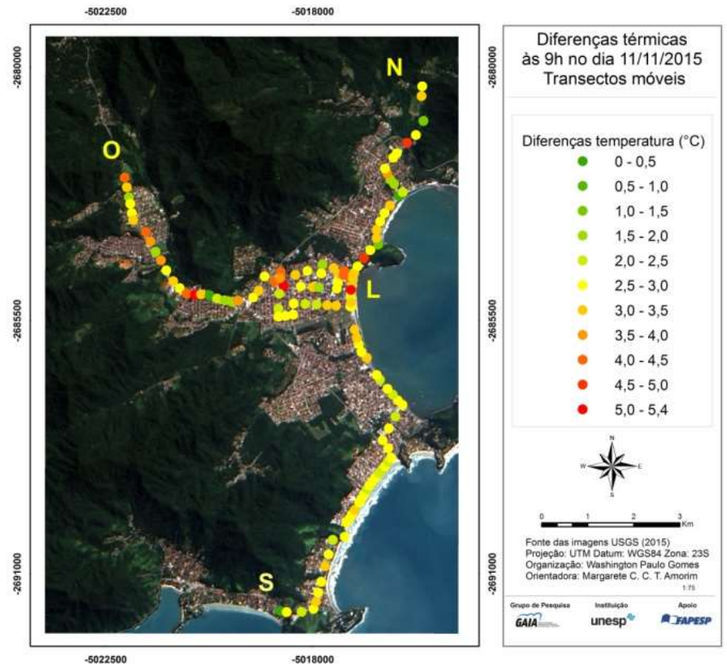
Neste caso, de acordo com a carta das diferenças térmicas é possível identificar que as áreas mais quentes foram deslocadas para as áreas próximas a Serra do Mar (oeste), obtendo uma provável influência dos efeitos da brisa marítima no deslocamento do calor da área central para a área rural, localizada próxima ao horto florestal com densa presença de vegetação.

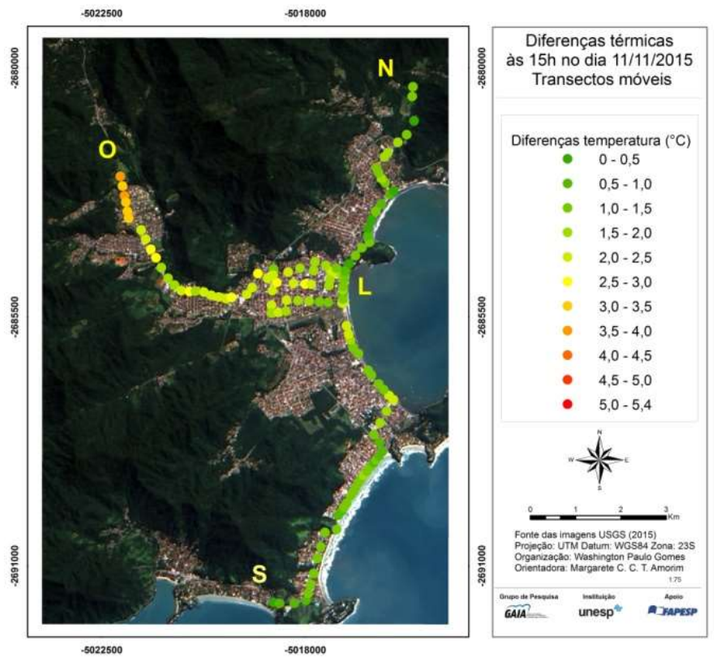
As menores temperaturas foram registradas na orla da praia do Perequê-açu (trajeto S-N), próximas aos quiosques Tarituba em uma área de uso residencial de médio padrão com vegetação esparsa (Segmento 7, **Quadro 8**). Neste caso, pode-se associar as menores temperaturas de acordo com a proximidade do mar durante o dia, pois o mesmo demora mais para se aquecer, e também devido a baixa densidade de construção na faixa entre o mar e a primeira linha de edifícios, o que favorece a circulação do ar e a diminuição da temperatura.

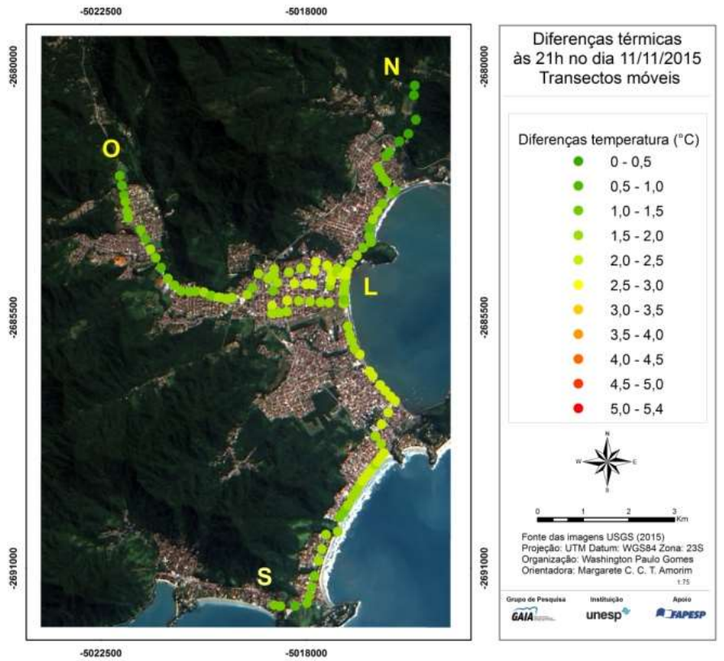
Durante o período da noite (às 21h), houve uma queda nas temperaturas máximas (25,9ºC) e mínimas (23,5ºC), gerando diferença máxima das temperaturas de até 2,4ºC. Essa diferença ocorreu de forma bastante homogênea em vários pontos da cidade em relação ao ponto zero que foi localizado no final do trajeto S-N, no bairro rural da casanga, com grande presença de vegetação arbórea (Segmento 8, **Quadro 8**).

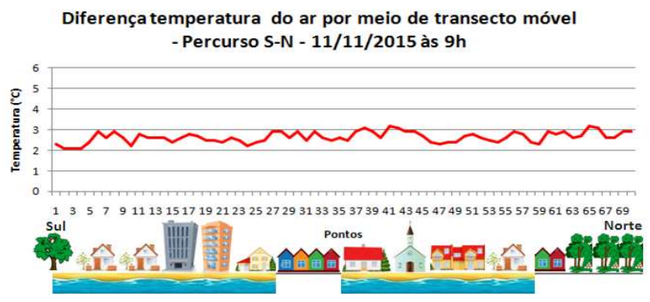
Essas diferenças podem ser caracterizadas pela formação de ilha de calor bem defina na área central da cidade e também nas proximidades da zona sul, no bairro da praia grande com área verticalizada densamente construida de até cinco pavimentos (Segmento 3, **Quadro 8**).

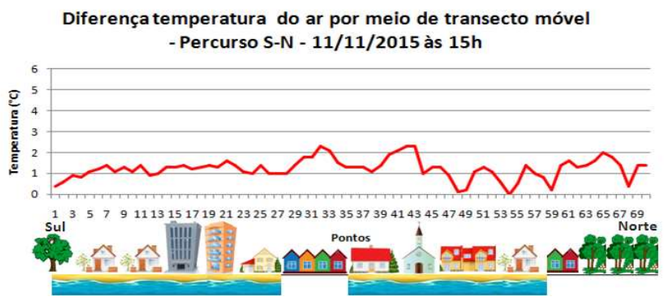
Mesmo que a direção do vento na estação do IOUSP seja proveniente de oeste a 0,7 km/h, não se pode afirmar que a inversão das áreas mais quentes durante a noite ocorreu devido aos efeitos da brisa terrestre. Na estação do IAC não houve alterações nas direções dos ventos, e mesmo durante a noite, foram provenientes de sudeste a 1,4 km/h.

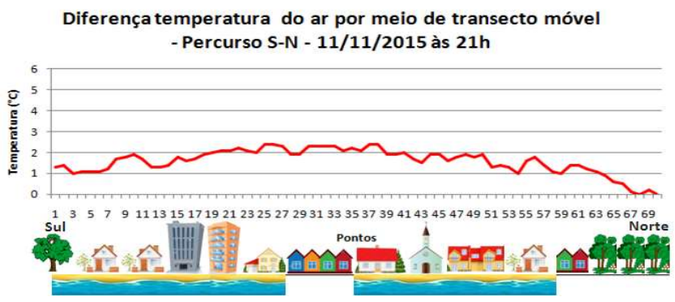


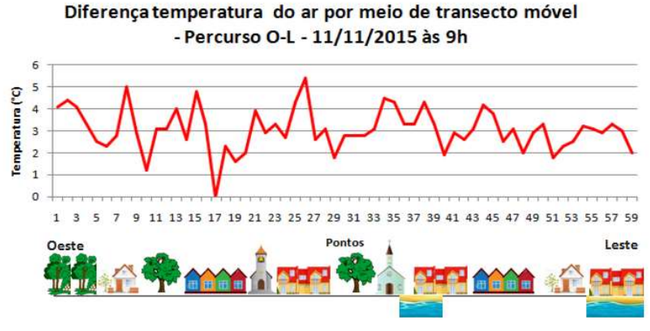


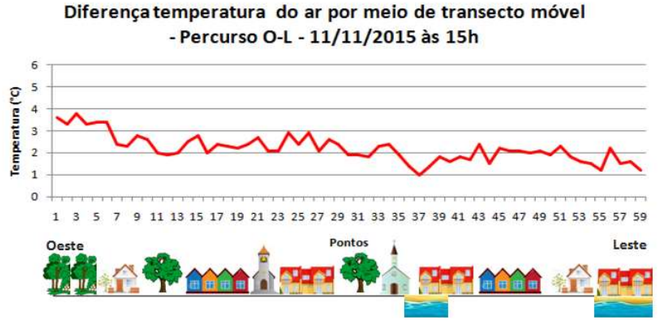


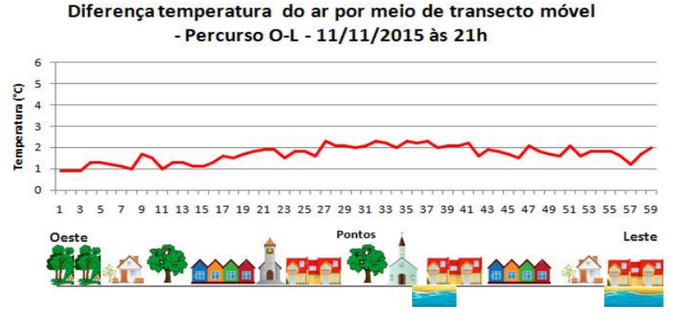












Prancha 1 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 11/11/2015 às 9h, 15h e 21h

8.2 - Características térmicas no dia 18 de novembro de 2015

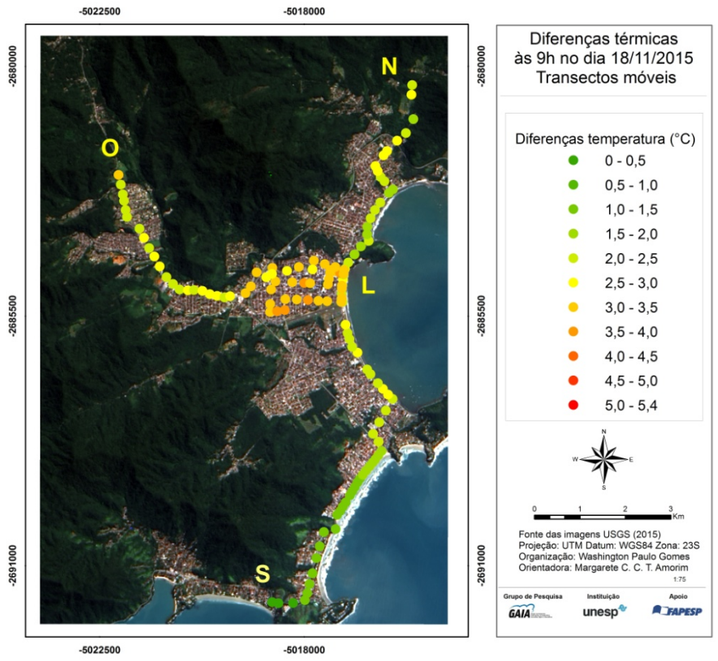
O segundo dia de realização dos transectos móveis ocorreu em 18 de novembro de 2015. Nesse dia, a cidade de Ubatuba esteve sob atuação da massa Polar atlântica tropicalizada (Pt), com temperatura máxima de 30,8°C (às 15h) e a mínima de 23,4°C (às 21h) registradas nos transectos ao longo do dia. A umidade relativa do ar média para o dia foi de 91%, registrada na estação do IAC. Houve variação na direção e velocidade do vento em todos os horários registrados, devido aos resquícios de uma Frente Fria que atuou no dia 16/11/2015 e repercutiu no dia 17/11/2015.

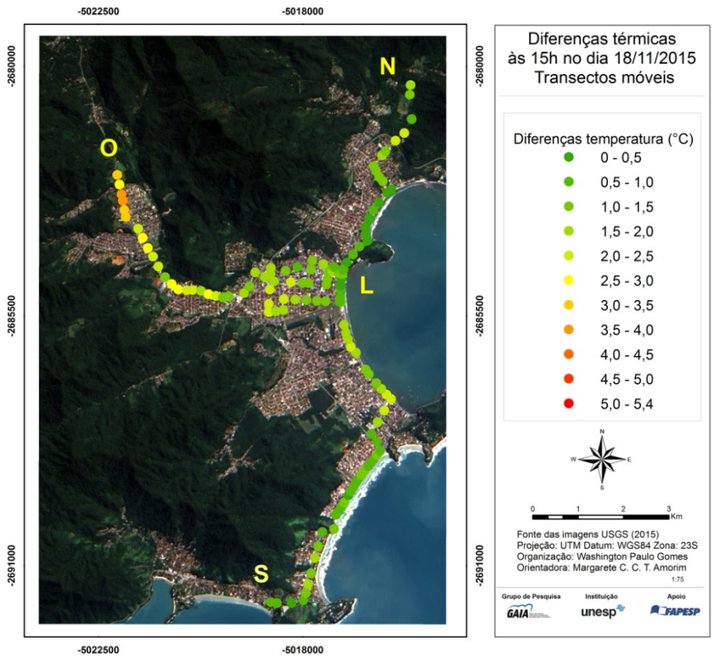
De modo geral, as variações das temperaturas foram semelhantes ao padrão de evolução do dia 11/11/2015. No período da manhã (às 9h), as temperaturas absolutas registradas ao longo dos transectos móveis variaram entre 25,9°C e 29,9°C, apresentando uma diferença máxima de 4°C (**Prancha 2**). As maiores temperaturas prevaleceram na área central e densamente construída da cidade, com pouca vegetação arbórea (Segmento 7, **Quadro 7**).

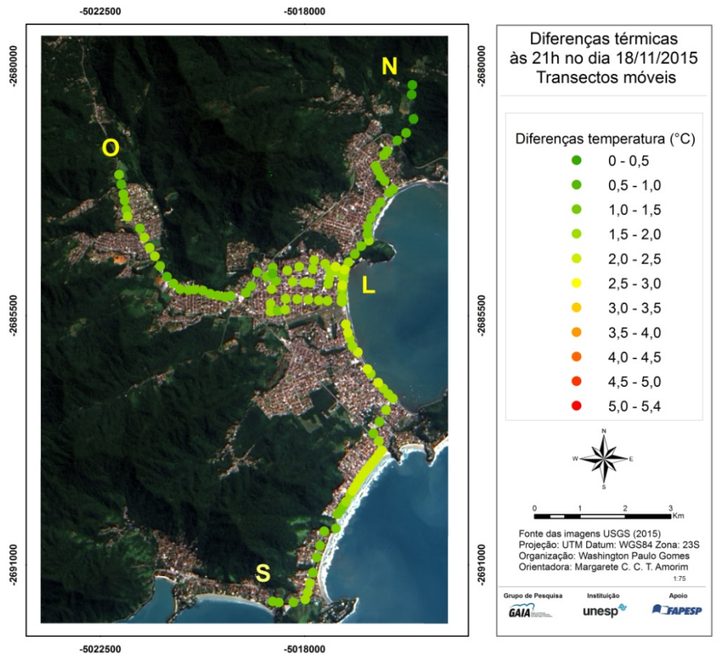
Novamente o percurso no sentido S-N apresentou as menores diferenças térmicas entre os pontos, variando entre 0°C e 3°C, sendo que as menores temperaturas ocorreram no início do trajeto, próximo ao mirante do bairro das Toninhas (Segmento 1, **Quadro 8**). As maiores temperaturas, neste trajeto, ocorreram quando o percurso foi desviado para fora da orla da praia, pois nos pontos 34 (bairro do Itaguá) e 50 (bairro do Perequê-Açu), as temperaturas chegaram próximas dos 3°C de diferença em relação ao início do trajeto, mostrando a influência dos efeitos da maritimidade na diminuição das temperaturas nos locais próximos a orla da praia.

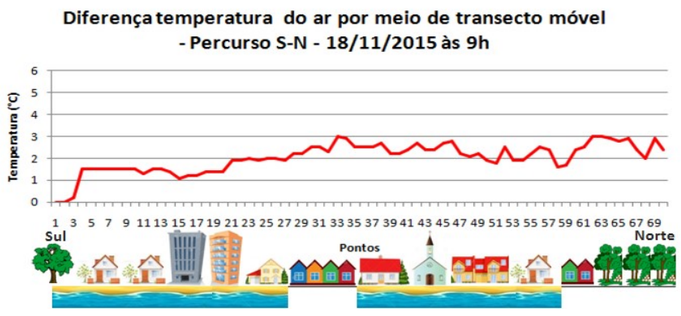
O percurso O-L, apresentou as maiores diferenças das temperaturas registradas, variando entre 2°C e 4°C. As maiores temperaturas foram registradas no final do trajeto, na área central e comercial da cidade na Avenida Rio Grande do Sul (Segmento 7, **Quadro 7**). Os ventos provenientes do quadrante sul, resultado do sistema atmosférico atuante no dia (Pt), não influenciaram de forma efeitva no deslocamento do calor, sendo que as áreas mais quentes permanceram no centro da cidade.

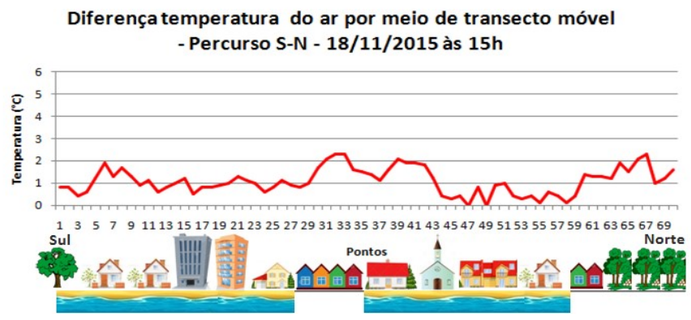
No período da tarde (às 15h), a massa Polar atlântica tropicalizada, continuou perdendo suas características de origem e houve o aumento da temperatura máxima para 30,8ºC e da mínima para 27ºC. A direção predominante do vento continuou proveniente do quadrante sul com 8,9 km/h na estação do IAC e passou para o quadrante leste com 5,4 km/h na estação do IOUSP.

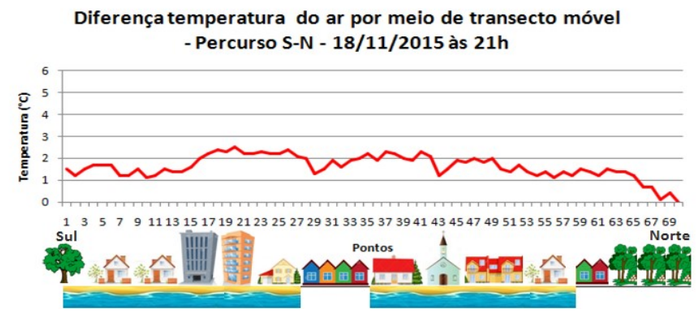


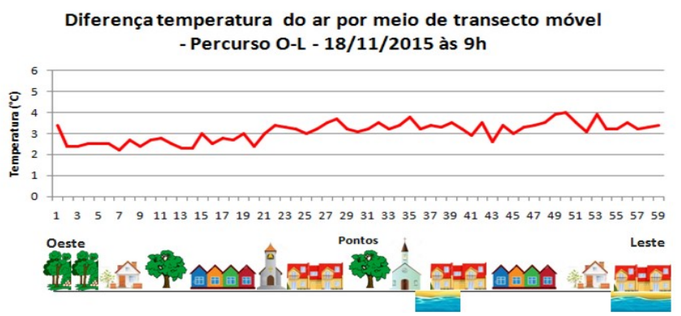


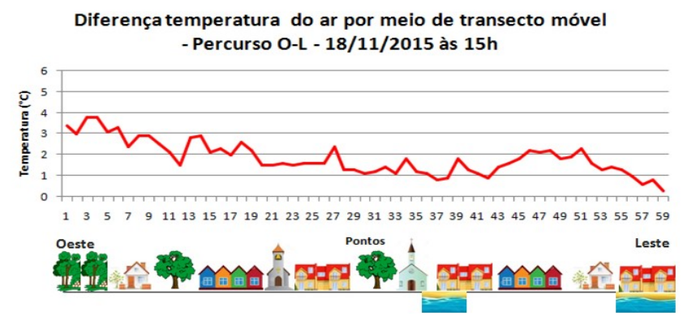


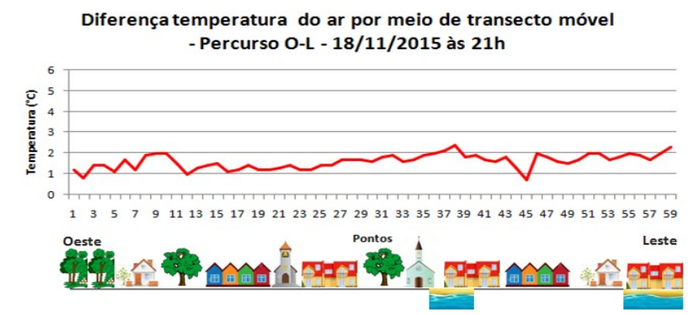












Prancha 2 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 18/11/2015 às 9h, 15h e 21h

Novamente, neste horário, foi possível visualizar que as temperaturas mais elevadas ocorreram próximas a serra do mar, resultado dos efeitos da brisa maritima que foi o suficiente para levar as temperaturas mais elevadas em direção oeste.

As menores temperaturas ocorreram no percurso S-N, próximo ao morro que divide a praia do centro e a praia do perequê-açu, resultado da grande presença de vegetação arbórea e também devido ao sombreamento que as árvores causam na Avenida Félix Guisard.

Durante o período da noite (às 21h), houve a diminuição das temperaturas, as máxima registrada foi de 25,9ºC e a mínima 23,4ºC, gerando ilha de calor urbana noturna com 2,5ºC de intensidade. Os ventos foram provenientes de leste com velocidade de 1,1 km/h na estação do IAC e praticamente nulo na estação do IOUSP, com apenas 0,2 km/h proveniente de oeste.

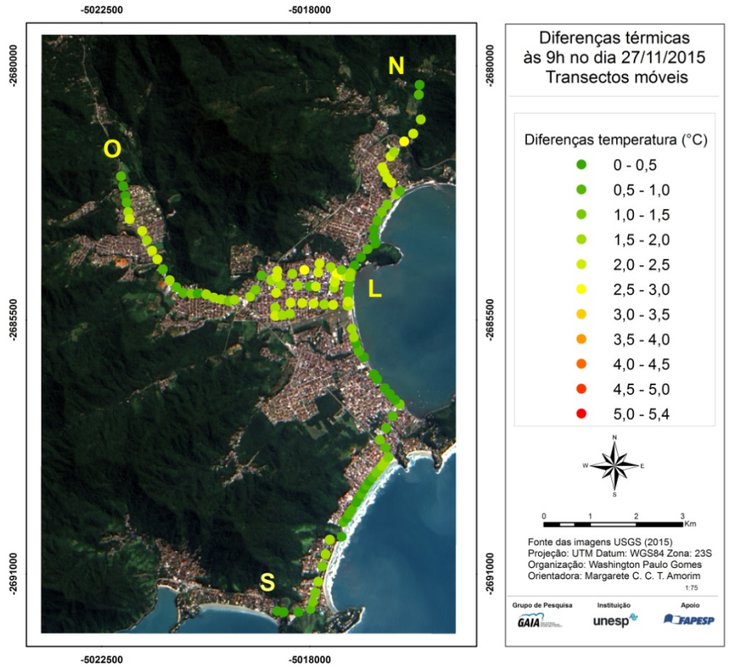
As áreas mais quentes ocorreram no trajeto S-N e foram registradas próximas a orla das praias (Grande, Itaguá e Centro). Essas diferenças podem ser caracterizadas pela formação de ilha de calor de fraca magnitude na área central e na região sudeste, com densa área urbanizada e com materiais construtivos que armazenaram o calor por mais tempo do que as áreas rurais do entorno (Segmentos 3, 4 e 6, **Quadro 8)**.

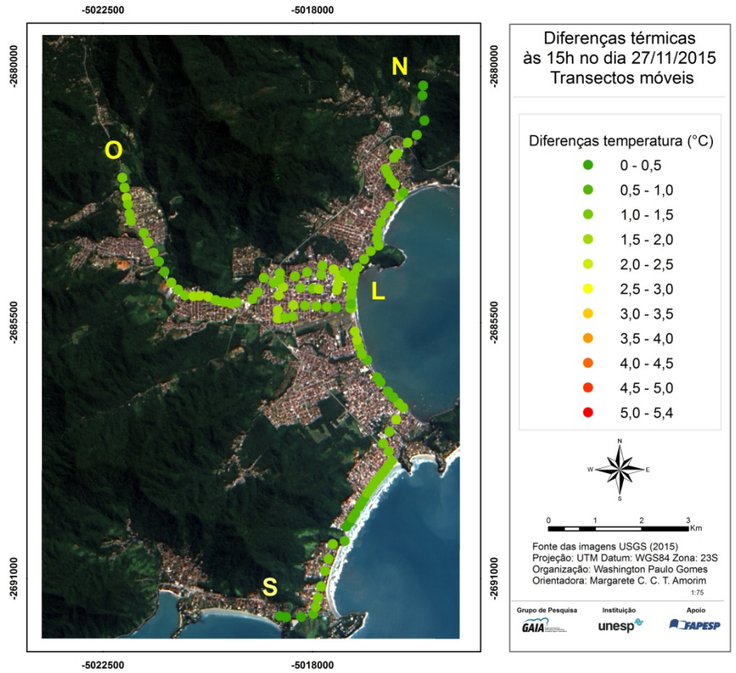
8.3 - Características térmicas no dia 27 de novembro de 2015

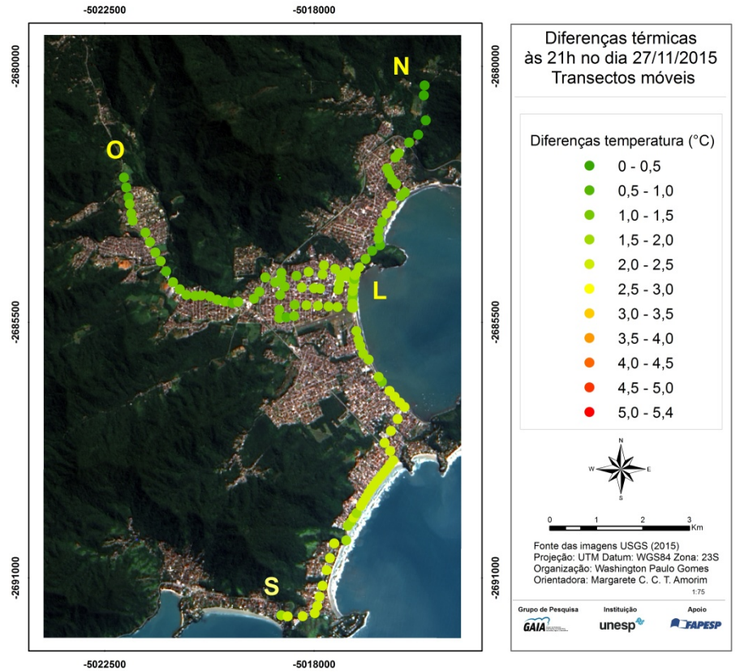
O terceiro e último dia de realização dos transectos móveis ocorreu no dia 27 de novembro de 2015. A cidade esteve novamente sob atuação da massa Polar tropicalizada, com temperatura máxima de 28,1°C (às 9h) e a mínima de 22°C (às 21h) registradas nos transectos móveis ao longo do dia. A umidade relativa do ar média para o dia foi de 89%, registrada na estação do IAC. A direção do vento variou entre o quadrante sul e leste ao longo dia e as velocidades foram mais elevadas no período da tarde.

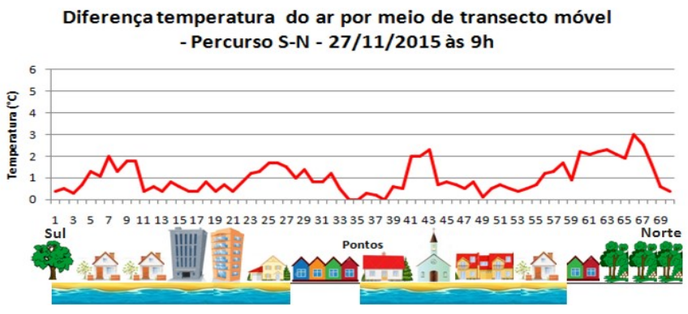
No período da manhã (às 9h), as temperaturas absolutas registradas ao longo dos transectos móveis variaram entre 25,1°C e 28,1°C, apresentando diferença máxima de 3°C (**Prancha 3**). As maiores temperaturas ocorreram na área central e também no bairro do Perequê-açu. Os ventos foram provenientes do quadrante sul com velocidade de 3,7 km/h na estação do IAC e proveniente de leste na estação do IOUSP com a velocidade de 10,4 km/h.

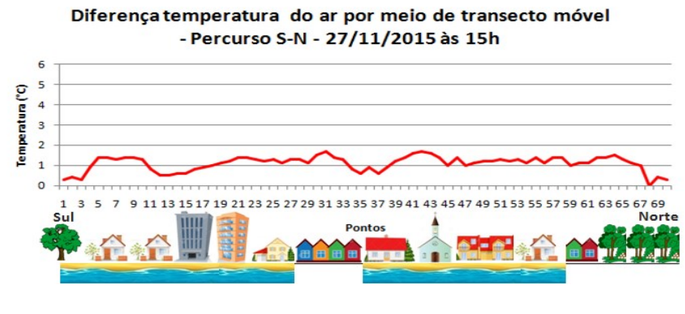
As menores diferenças térmicas ocorreram nos extremos dos transectos, áreas com grandes porcentagens de vegetação arbóreas e pouco construídas. O trajeto S-N apresentou as menores temperaturas, próximas às orlas das praias, enquanto o trajeto O-L apresentou as menores temperaturas próximo ao horto florestal (Segmento 1, **Quadro 7**).

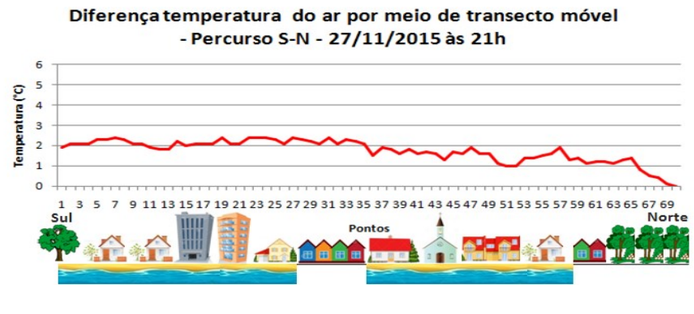


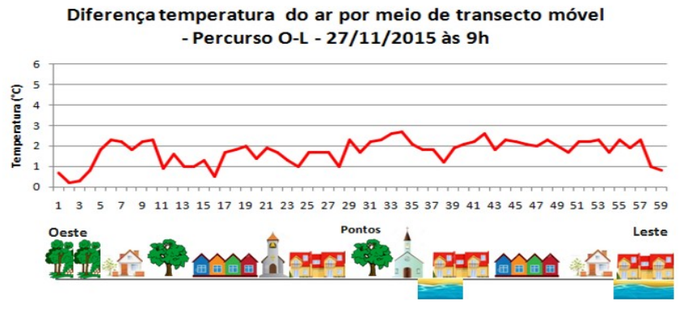


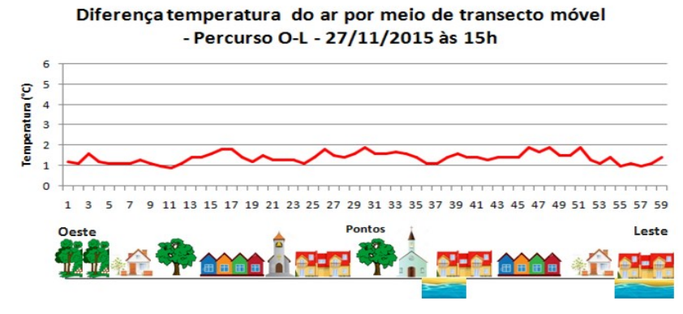


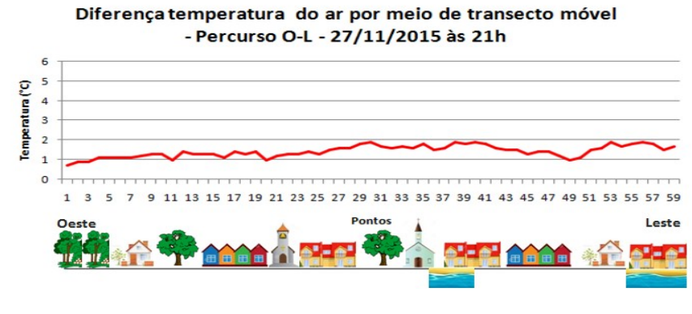












Prancha 3 - Variação espacial e perfil longitudinal da diferença da temperatura do ar por meio dos transectos móveis realizados no dia 27/11/2015 às 9h, 15h e 21h

As maiores diferenças das temperaturas no trajeto S-N ocorreram quando o percurso foi desviado para fora da orla da praia, a partir do ponto 60, no final do bairro do Perequê-Açu, em área residencial de baixo padrão construtivo. As diferenças térmicas chegaram aos 3°C de diferença em relação ao início do trajeto.

No período da tarde (às 15h), as rajadas de ventos foram bastante fortes, chegando a 9,6 km/h na estação do IAC e atingindo 17,5 km/h na estação do IOUSP, ambas provenientes do quadrante leste. O vento com velocidade elevada contribuiu para homogeneizar as temperaturas sobre a cidade, sendo registrada a menor diferença entre todos os transectos (1,9ºC).

Novamente as menores temperaturas foram registradas nas duas extremidades do percurso S-N, sobretudo, no bairro da Casanga (norte) com 23,5ºC em área com grande porcentagem de vegetação arbórea (Segmento 8, **Quadro 8**). A temperatura máxima absoluta registrada pelo transecto foi de 25,5ºC e ocorreu no ponto 31 no calçadão da cidade, área comercial, densamente construída e com grande fluxo de veículos (Segmento 6, **Quadro 7**).

Durante a noite, a intensidade da ilha de calor foi de 2,4ºC e houve queda nas temperaturas absolutas, sendo registrada a máxima de 24,4ºC e a mínima de 22ºC. Os ventos foram provenientes do quadrante sul com velocidade de 2,4 km/h na estação do IAC e de nordeste a 5,1 km/h na estação do IOUSP.

As áreas mais quentes durante a noite se repetiram em relação aos transectos do dia 18 de novembro de 2015 e ocorreu no trajeto S-N, próximo a orla da praia grande, praia do itaguá e praia do centro. Essas diferenças podem ser caracterizadas pela formação de ilha de calor de média magnitude na região sudeste, sob a área verticalizada e densamente construída (Segmentos 3, **Quadro 8**).

8.4 - Síntese das diferenças térmicas por meio das medidas móveis

Conforme citado anteriormente a área de estudo está localizada em um ambiente complexo e sofre interferência de diversos fatores que caracterizam a particularidade climática marcante na região. Levando em consideração essas particularidades e por se tratar de uma cidade localizada na zona costeira deve-se ressaltar a importância da análise levando em consideração a dinâmica das brisas marítimas e terrestres e o contato direto com o oceano que serve como um fator homogeneizador das temperaturas.

Mesmo com a forte presença da dinâmica natural foi possível observar diferentes respostas térmicas variando de acordo com as características do uso e ocupação da terra no

intraurbano. Deste modo, a urbanização associada aos diferentes usos e ocupação foram responsáveis pela variação local da temperatura do ar, gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos e na área central da cidade. Entretanto, este padrão de distribuição altera-se em função da direção e velocidade do vento, que em alguns casos, podem contribuir para o deslocamento das temperaturas mais quentes da cidade para outras áreas.

Diferente do que se verificou em pesquisas realizadas em cidades localizadas no interior do Brasil (FIALHO, 2009; CRUZ, 2009; AMORIM, 2010 e 2015; UGEDA JUNIOR, 2011; PORANGABA, 2015), nas cidades litorâneas o centro da ilha de calor não é bem definido e pode se deslocar de acordo com a direção predominante do vento, sob interferência das brisas.

Durante o dia esse deslocamento pode ocorrer em direção ao continente (oeste) influenciado pela dinâmica das brisas marítimas e, durante a noite, pode ocorrer o processo inverso, com deslocamento em direção ao oceano (leste), influenciado pela brisa terrestre. Outro fator que pode contribuir para manutenção das áreas mais aquecidas próximas as praias, durante a noite, é o processo de inércia térmica da água que pode influenciar na manutenção das temperaturas elevadas por um longo período.

De maneira geral as maiores diferenças de temperaturas ocorreram nos pontos localizados no trajeto O-L que saiu do horto florestal passando pela área central da cidade em direção a orla da praia. A área central densamente urbanizada e com o maior fluxo de pessoas e veículos, geraram os maiores contrastes de temperatura em relação ao entorno rural.

O trajeto S-N que passou pela orla das praias centrais e terminou na área rural no bairro da Casanga apresentou as menores diferenças no intraurbano em relação ao trajeto O-L, mostrando uma maior homogeneidade nas temperaturas neste percurso. As temperaturas foram maiores somente nos pontos localizados fora da orla da praia, nos momentos em que o trajeto desviou da orla marítima e pelo interior dos bairros do Itaguá e Perequê-Açu.

9 - CARACTERÍSTCAS DAS TEMPERATURAS E UMIDADES RELATIVAS DO AR POR MEIO DOS PONTOS FIXOS

Na sequência serão apresentadas as análises horárias (1h, 6h, 9h, 15h e 21h) das variações térmicas e higrométricas registradas no mês de novembro de 2015, levando em consideração os 17 pontos fixos de coleta de dados. Os resultados serão exibidos na forma dos painéis espaço temporais, gráficos *box plot* e por meio da espacialização com o método de interpolação por *Krigagem*.

Com o intuito de diagnosticar a formação das ilhas de calor na área urbana do município de Ubatuba e sabendo que tais ilhas se formam a partir das diferenças de temperaturas entre o urbano e o rural, foi proposto uma análise baseada nos valores das diferenças das temperaturas, com exceção dos gráficos *box plot* que apresentaram a variabilidade das temperaturas absolutas.

9.1 - Temperatura e umidade relativa do ar à 01 hora

Com o intuito de verificar a variabilidade dos dados foi elaborado o gráfico *box plot* no aplicativo *R*[22] (**Gráfico 2**), utilizando os valores absolutos das temperaturas medidas à 1 hora.

O gráfico *box plot* é construído com base nos valores ordenados dos dados, sendo formado por uma caixa central construída paralelamente ao eixo. O limite inferior da caixa corresponde ao percentil 25% (primeiro quartil), o limite superior ao percentil 75% (terceiro quartil) e representam o total de 50% dos dados analisados. A linha no interior da caixa se refere ao valor da mediana e as duas linhas tracejadas que se alongam da caixa central (para cima e para baixo) correspondem aos outros 50% dos dados, sendo os valores mínimos e máximos. Os pequenos círculos que aparecem em algumas representações correspondem aos "*outliers*" (valores atípicos) que são valores discrepantes da maioria dos dados. A análise do gráfico *box plot* pode auxiliar na compreensão e identificação do centro dos dados (mediana), a amplitude (máximo – mínimo), a simetria do conjunto e a presença de "*outliers*".

De acordo com o **Gráfico 2** pode-se perceber uma grande variação dos dados de temperaturas do ar ao longo do mês de novembro de 2015 à 1h. Sendo que nos primeiros dias do mês, quando houve a presença de precipitação, as temperaturas em todos os pontos permaneceram entre 22°C e 24°C. O dia 15 apresentou as maiores temperaturas entre os pontos, devido atuação da massa tropical atlântica (mTa) no dia anterior e as temperaturas

[22] R é software livre com licença publica geral pela GNU - GNL (General Public License)

variaram entre 24,3°C e 27,5°C. As menores temperaturas ocorreram no dia 22, sob atuação da massa polar atlântica (Pa), apresentando uma variação entre 18,2°C e 21,7°C.

De modo geral, a essa hora do dia, percebe-se que as temperaturas se apresentaram de forma bastante homogênea, verificando uma amplitude máxima (diferença) de apenas 3,7°C ocorrida no dia 01. Está homogeneidade dos dados e as pequenas diferenças entre os pontos fixos de temperatura do ar são visíveis pelas espessuras das caixas centrais e das linhas tracejadas.

Ao mesmo tempo é possível identificar a presença dos valores discrepantes em 21 dias, e neste caso, todos eles se referem ao ponto 13, que manteve as maiores temperaturas ao longo do mês.

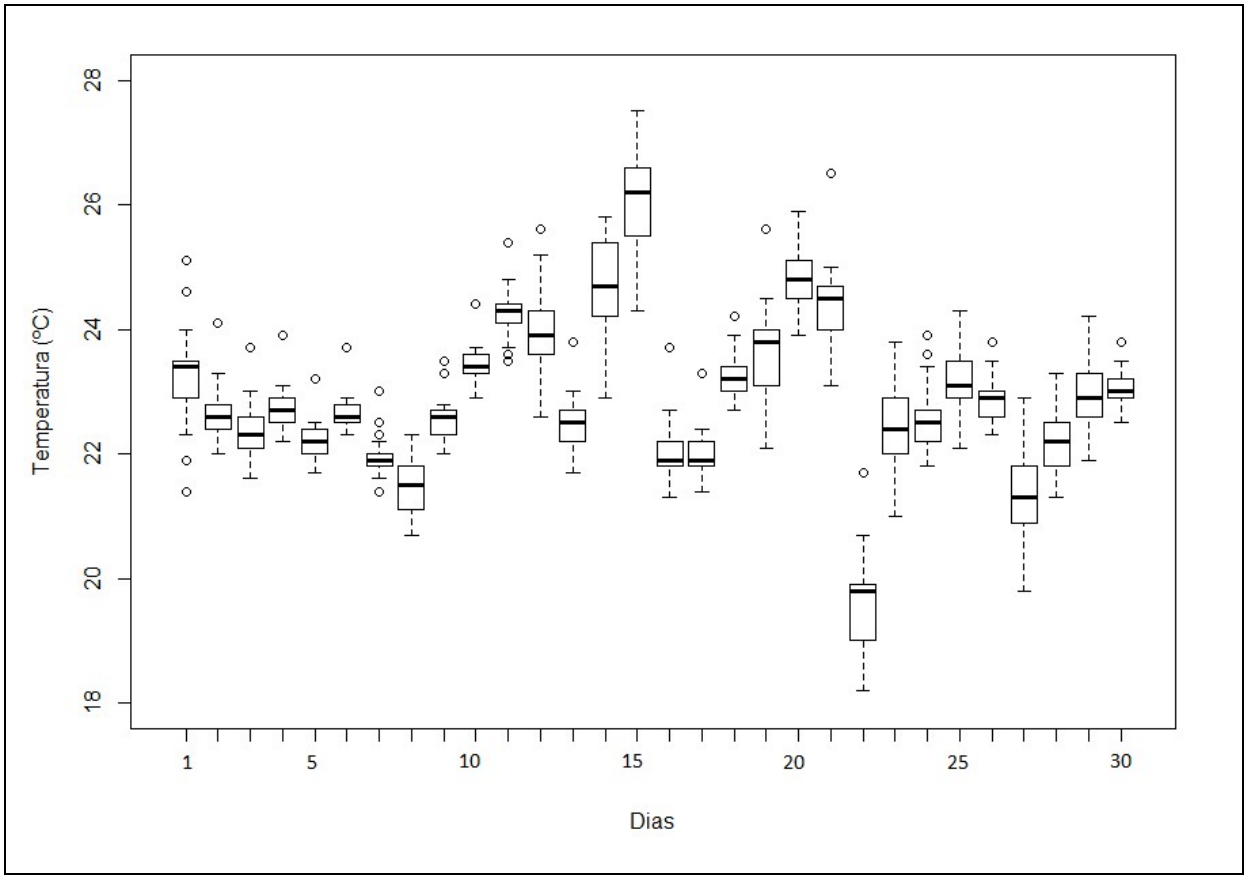


Gráfico 2 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos à 1h

Essas diferenças são melhores representadas no painel espaço temporal, elaborado para verificar a variação da temperatura do ar entre os pontos ao longo do mês analisado (**Figura 40**).

O ponto 2 representativo do rural obteve as menores temperaturas ao longo do mês e foi considerado como o ponto 0 (zero) por apresentar uma grande área de vegetação densa no

entorno. Assim, as diferenças das temperaturas foram obtidas por meio da subtração das temperaturas absolutas de cada ponto em relação às temperaturas absolutas do ponto rural (zero) em todos os dias analisados.

Para realizar a análise dos dados referentes à madrugada é necessário levar em consideração as variações das temperaturas ao longo do dia anterior, de acordo com o sistema atmosférico atuante e, sobretudo, as características do uso e ocupação da terra no entorno de cada ponto, bem como os diferentes tipos de materiais construtivos que são capazes de armazenar mais ou menos calor.

De modo geral é possível observar que em poucos dias as diferenças foram maiores que 2°C, sendo registradas apenas nos dias em que não houve presença de precipitações nos dias anteriores, sobretudo nos dias 1, 12, 14, 15, 19, 22, 23 e 27. Essas diferenças são marcadas principalmente pelos pontos localizados na área central (5, 6 e 8) e também por outros pontos distribuídos na malha urbana, tais como, os pontos 4 (Perequê-açu), 13 (Estufa II) e 17 (IOUSP).

Variação espaço temporal das diferenças térmicas à 1h

Dias / Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	0.9	0.1	0.4	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.8	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.3	0.8	0.7	0.4	0.6	0.2	0.7	0.5	0.5	0.4
Ponto 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ponto 3	0.9	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.8	0.2	0.8	0.9	0.1	0.0	0.1	1.0	0.3	0.4	1.0	0.6	0.2	0.7	0.1	1.2	0.6	0.5	0.0
Ponto 4	2.1	0.8	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.9	1.6	1.0	2.5	2.2	0.9	0.8	0.7	1.9	1.2	1.4	1.7	1.7	0.7	1.3	0.6	1.8	1.3	1.2	0.7
Ponto 5	1.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.0	0.2	0.4	0.2	0.2	0.7	1.0	0.4	2.5	2.0	0.4	0.2	0.2	1.4	0.9	1.3	0.8	1.2	0.3	0.8	0.1	0.9	0.8	0.7	0.2
Ponto 6	2.1	0.8	0.9	0.7	0.6	0.4	0.5	0.9	0.6	0.5	0.8	1.7	0.9	2.9	2.4	0.8	0.6	0.7	1.9	1.2	1.6	1.6	1.4	0.6	1.3	0.6	1.7	1.0	1.1	0.6
Ponto 7	1.6	0.6	0.5	0.3	0.4	0.2	0.4	1.1	0.3	0.4	0.6	1.3	0.5	2.8	1.2	0.5	0.4	0.3	1.0	0.6	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.3	1.1	0.5	0.7	0.3
Ponto 8	1.9	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9	0.7	0.6	1.3	2.0	0.9	2.8	2.3	1.0	0.7	0.6	2.0	1.3	1.6	1.6	1.4	0.7	1.4	0.6	1.9	1.2	1.2	0.4
Ponto 9	2.4	1.0	1.2	0.9	0.7	0.6	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3	1.5	1.4	1.0	0.7	1.5	0.6	1.7	2.0	1.9	0.9	1.2	0.7	2.1	0.9	1.4	0.7
Ponto 10	1.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.5	0.6	0.4	0.4	0.7	1.0	0.7	1.3	1.4	0.6	0.4	0.3	1.2	0.6	1.2	1.0	0.9	0.4	0.6	0.4	1.0	0.4	0.7	0.4
Ponto 11	2.1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.7	0.7	1.0	1.3	0.8	1.4	1.9	0.6	0.4	0.4	1.7	0.9	1.3	1.1	1.1	0.4	1.0	0.6	1.5	1.1	0.8	0.5
Ponto 12	2.6	0.8	1.0	0.6	0.7	0.4	0.6	1.1	0.7	0.6	0.9	1.8	1.0	1.8	2.3	1.1	0.7	0.7	2.1	1.1	1.9	1.7	1.9	1.2	1.4	0.7	2.0	1.2	1.4	0.7
Ponto 13	3.7	2.1	2.1	1.7	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.9	3.0	2.1	2.7	3.2	2.4	1.9	1.5	3.5	1.9	3.4	3.5	2.8	1.8	2.2	1.5	3.1	2.0	2.3	1.3
Ponto 14	2.1	0.6	0.7	0.4	0.3	0.2	0.4	0.6	0.4	0.5	0.7	1.3	0.7	1.5	1.9	0.6	0.5	0.5	1.8	0.6	1.4	1.6	1.8	0.8	0.9	0.5	1.4	0.7	1.0	0.4
Ponto 15	2.0	1.3	1.4	0.8	0.8	0.5	0.8	1.2	0.8	0.8	0.9	1.4	0.9	2.2	1.7	0.9	0.9	0.8	1.9	1.1	1.5	2.0	2.7	1.6	1.4	0.9	2.0	1.7	1.7	0.6
Ponto 16	0.5	0.3	0.5	0.3	0.7	0.3	0.6	1.0	0.6	0.4	0.6	0.3	0.7	1.3	0.6	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6	0.8	0.7	1.2	0.7	0.9	0.6	1.4	0.3	0.8	0.7
Ponto 17	3.2	1.1	1.2	0.9	0.8	0.5	1.1	1.5	1.3	0.8	1.0	2.6	1.2	2.3	2.7	0.9	0.9	1.2	2.4	2.0	1.7	2.5	2.8	2.1	1.9	1.2	2.2	1.6	1.6	1.0

T (°C)
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.2

Figura 40 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos à 1h

Os pontos 1 (Taquaral) e 16 (IAC) não apresentaram grandes diferenças nas temperaturas em relação ao ponto 2 (zero), principalmente devido as características do entorno, pois também estão localizados em áreas com grande porcentagem de vegetação arbórea e baixa densidade construtiva.

Com o intuito de facilitar a visualização e a compressão da distribuição das temperaturas na área urbana de Ubatuba foram elaboradas as espacializações das diferenças térmicas para todos os dias do mês de novembro de 2015 à 1 hora (**Prancha 4**).

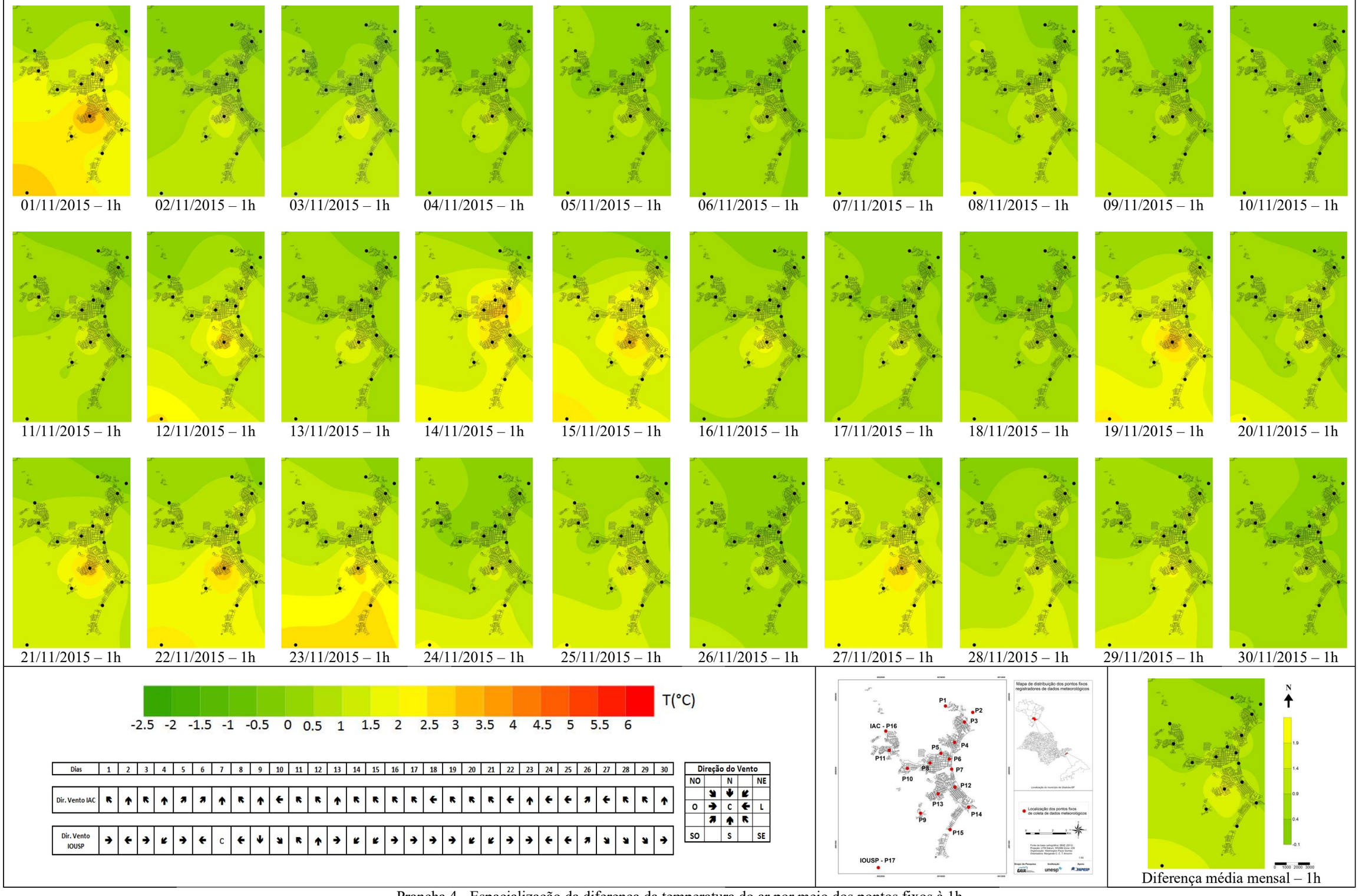
Deste modo, é possível observar espacialmente que os pontos localizados ao norte (1, 2 e 3) e oeste (16) da área urbana apresentaram as menores temperaturas em todos os dias do mês.

No primeiro dia a temperatura mínima absoluta registrada foi de 21,4°C (ponto 2) e a máxima de 25,1°C (ponto 13), totalizando 3,7°C de diferença. Outros pontos também apresentaram diferenças superiores a 2°C, configurando áreas mais quentes localizadas na malha urbana. O ponto 17 (IOUSP) apresentou diferença significativa de 3,2°C e possui uma particularidade em relação aos demais pontos por se localizar a poucos metros do mar. Tal particularidade implica no aumento da temperatura do ar ao longo de todo o mês analisado, pois as características de inércia térmica da água podem influenciar no armazenamento do calor por mais tempo em relação a outras superfícies.

Nas interpolações apresentadas entre os dias 02 a 10, dias em que houve precipitações, é possível visualizar apenas três isotermas distintas de temperaturas, que variam entre 0°C e 1,5°C de diferença. Chegando a 2,1°C apenas nos dias 02 e 03 no ponto 13. As três linhas de diferenças foram marcadas pelas temperaturas entre 0°C e 0,5°C nos pontos localizados ao norte, 0,5°C e 1,0°C localizadas na área central e temperaturas entre 1°C e 1,5°C próximas ao ponto 13, e em alguns casos, se alongando ao ponto 17. Formando pequenas ilhas de calor localizadas.

Os dias 14 e 15 apresentaram a espacialização de uma clássica ilha de calor que ocorreu na área central da cidade com diferenças de 2,9°C e 3,2°C, respectivamente. Essas configurações ocorreram devido à ausência de precipitação nos dias 13 e 14 que estiveram sob atuação da massa Polar tropicalizada e massa Tropical atlântica, respectivamente. Os ventos relativamente francos de 5,7 Km/h (dia 14) e 3,7 Km/h (dia 15) provenientes de sudeste auxiliaram na manutenção da ilha de calor na área central e contribuíram para um pequeno deslocamento do calor para as áreas mais próximas da serra do mar a oeste.

Outros dias do mês também apresentaram diferenças superiores a 2,5°C (19, 21, 22, 23 e 27) e seguiram o mesmo padrão dos dias anteriores com as maiores temperaturas na área central e próximas ao ponto 13.



Prancha 4 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos à 1h

A média das diferenças térmicas apresenta a síntese dos resultados, sendo possível observar a configuração espacial das temperaturas ao longo do mês analisado. Neste caso, os pontos 1 e 3, apresentaram diferenças médias entre 0°C e 0,5°C. Os pontos 5, 7, 10, 11, 14 e 16 apresentaram diferenças médias entre 0,6°C e 1,0°C. Os pontos 4, 6, 8, 9, 12 e 15 apresentaram diferenças médias entre 1,1°C e 1,5°C. E os pontos 13 e 17 apresentaram diferenças médias superiores entre 1,6°C e 2,2°C.

A umidade relativa do ar também apresentaram algumas particularidades em relação a outras regiões, pois trata-se de uma área extremamente úmida, devido à umidade proveniente do oceano (leste) e da densa vegetação presente na serra do mar (oeste). Neste caso, a menor umidade relativa registrada foi de 72% no dia 14 (ponto 5) e a máxima foi de 99%, registrada no dia 06 (ponto 16 - IAC). Em todos os dias do mês de novembro às máximas de umidade relativa do ar foram superiores a 90% à1h, sendo que do total, 28 dias foram registrados no ponto 16, situado no horto florestal próximo a serra do mar com grande presença de vegetação (**Gráfico 3**).

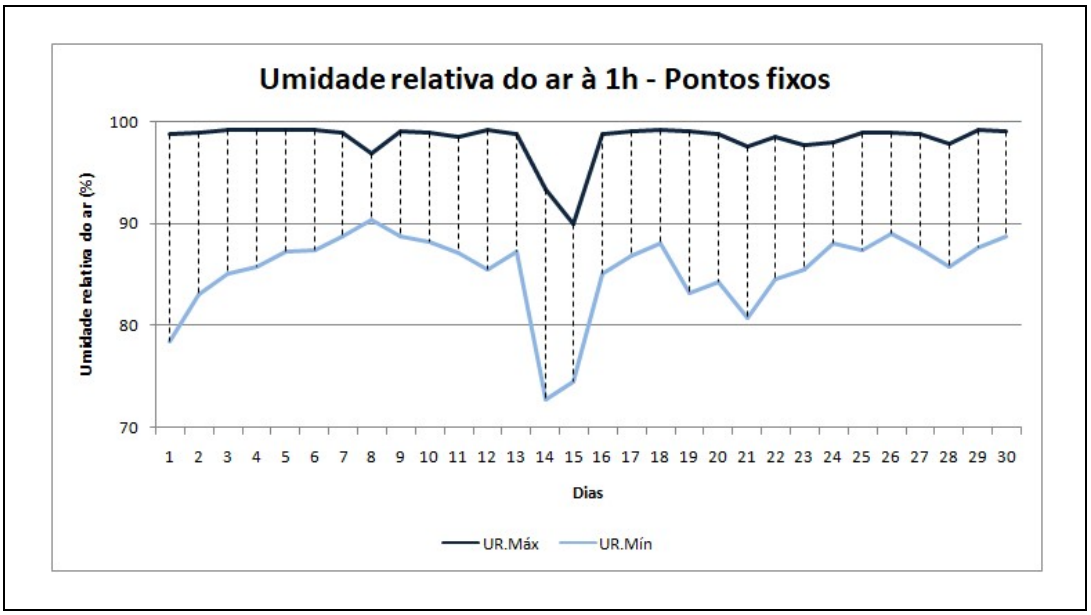
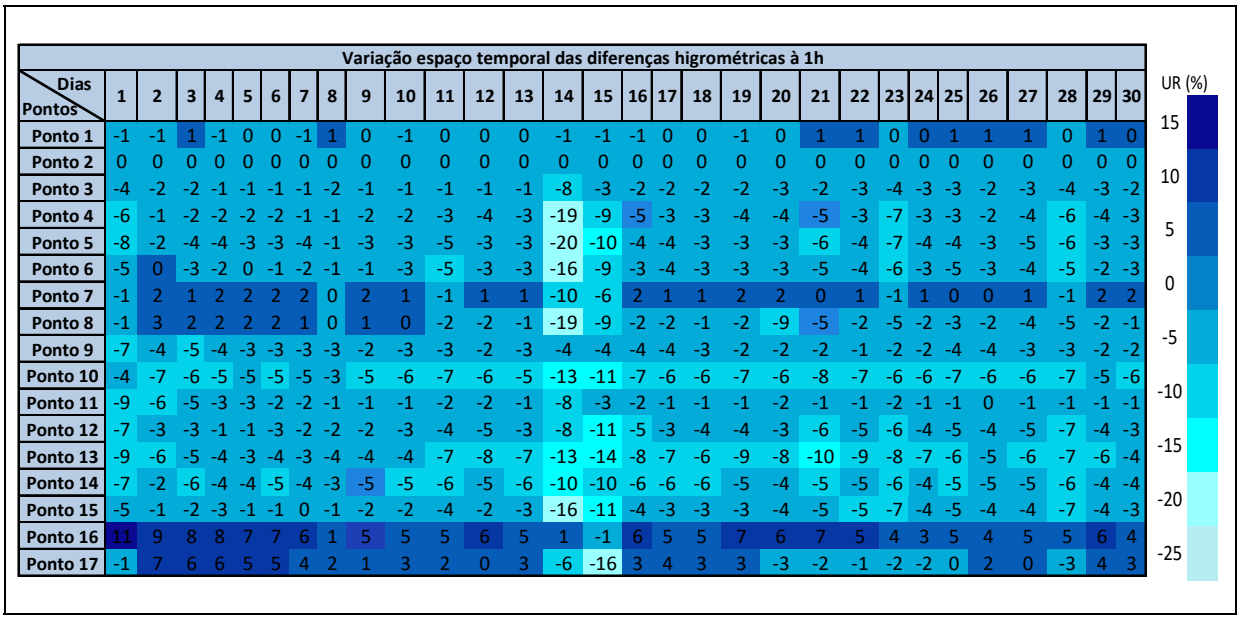


Gráfico 3 - Umidade relativa do ar à 1h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas

Outra particularidade da região litorânea se refere à afirmação de que a temperatura e umidade relativa do ar são inversamente proporcionais. No caso da cidade de Ubatuba essa regra não se aplica em sua totalidade, pois, mesmo que o ponto 13 tenha apresentado as temperaturas mais elevadas durante todos os dias do mês, ele não apresentou os valores mínimos das umidades relativas do ar na mesma proporção, ocorrendo apenas em 14 dias.

De acordo com a **Figura 41**, somente no dia 14 as diferenças da umidade relativa do ar se apresentaram de forma significativa, mostrando valores inferiores a -10% e -20%, registrando uma ilha seca bem definida na área central.



Variação espaço temporal das diferenças higrométricas à 1h

Dias / Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	-1	-1	1	-1	0	0	-1	1	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
Ponto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponto 3	-4	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-8	-3	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-3	-4	-3	-3	-2	-3	-4	-3	-2
Ponto 4	-6	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-3	-19	-9	-5	-3	-3	-4	-4	-5	-3	-7	-3	-3	-2	-4	-6	-4	-3
Ponto 5	-8	-2	-4	-4	-3	-3	-4	-1	-3	-3	-5	-3	-3	-20	-10	-4	-4	-3	-3	-3	-6	-4	-7	-4	-4	-3	-5	-6	-3	-3
Ponto 6	-5	0	-3	-2	0	-1	-2	-1	-1	-3	-5	-3	-3	-16	-9	-3	-4	-3	-3	-3	-5	-4	-6	-3	-5	-3	-4	-5	-2	-3
Ponto 7	-1	2	1	2	2	2	2	0	2	1	-1	1	1	-10	-6	2	1	1	2	2	0	1	-1	1	0	0	1	-1	2	2
Ponto 8	-1	3	2	2	2	2	1	0	1	0	-2	-2	-1	-19	-9	-2	-2	-1	-2	-9	-5	-2	-5	-2	-3	-2	-4	-5	-2	-1
Ponto 9	-7	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-3	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-4	-3	-3	-2	-2
Ponto 10	-4	-7	-6	-5	-5	-5	-5	-3	-5	-6	-7	-6	-5	-13	-11	-7	-6	-6	-7	-6	-8	-7	-6	-6	-7	-6	-6	-7	-5	-6
Ponto 11	-9	-6	-5	-3	-3	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-8	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1
Ponto 12	-7	-3	-3	-1	-1	-3	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-3	-8	-11	-5	-3	-4	-4	-3	-6	-5	-6	-4	-5	-4	-5	-7	-4	-3
Ponto 13	-9	-6	-5	-4	-3	-4	-3	-4	-4	-4	-7	-8	-7	-13	-14	-8	-7	-6	-9	-8	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-6	-7	-6	-4
Ponto 14	-7	-2	-6	-4	-4	-5	-4	-3	-5	-5	-6	-5	-6	-10	-10	-6	-6	-6	-5	-4	-5	-5	-6	-4	-5	-5	-5	-6	-4	-4
Ponto 15	-5	-1	-2	-3	-1	-1	0	-1	-2	-2	-4	-2	-3	-16	-11	-4	-3	-3	-3	-4	-5	-5	-7	-4	-5	-4	-4	-7	-4	-3
Ponto 16	11	9	8	8	7	7	6	1	5	5	5	6	5	1	-1	6	5	5	7	6	7	5	4	3	5	4	5	5	6	4
Ponto 17	-1	7	6	6	5	5	4	2	1	3	2	0	3	-6	-16	3	4	3	3	-3	-2	-1	-2	-2	0	2	0	-3	4	3

Figura 41 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos à 1h

Com exceção dos dias 14, 15, 23 e 28, os pontos localizados na área central (5, 6, 7 e 8) não apresentaram diferenças tão significativas em relação ao ponto zero, não atingindo diferenças superiores a -5% de umidade relativa do ar.

As maiores diferenças negativas foram registradas nos pontos 10, 13 e 14, sendo possível observar nos últimos dias do mês alguns pontos com diferenças entre -5% e -10% de umidade relativa do ar. As maiores diferenças positivas ocorreram no ponto 16 (horto florestal), atingindo +12% de umidade relativa do ar em relação ao ponto zero (ponto2).

9.2 - Temperatura e umidade relativa do ar às 06 horas

As variações das temperaturas do ar às 6 horas seguiram o mesmo padrão das temperaturas no horário anterior, sendo possível observar apenas a diminuição das temperaturas absolutas em todos os pontos, configurando como um dos horários mais frios do dia.

A temperatura mínima absoluta foi registrada no dia 22 (17,8°C) e a máxima no dia 14 (26,4°C). De modo geral, a essa hora do dia, as temperaturas se apresentaram de forma mais

homogênea ao longo do mês, sendo representadas pelas pequenas espessuras das caixas centrais e das linhas tracejadas no gráfico *box plot* (**Gráfico 4**).

Os valores discrepantes foram identificados em 22 dias, sendo 18 dias referentes ao ponto 13 e 4 dias associados ao ponto 17 (IOUSP). Neste caso, vale ressaltar que o ponto 17 atingiu as maiores temperaturas em 8 dias, sobretudo, nos dias sem nuvens pela manhã. Isso ocorreu porque o ponto está localizado próximo à praia e recebeu as incidências diretas dos primeiros raios solares do dia.

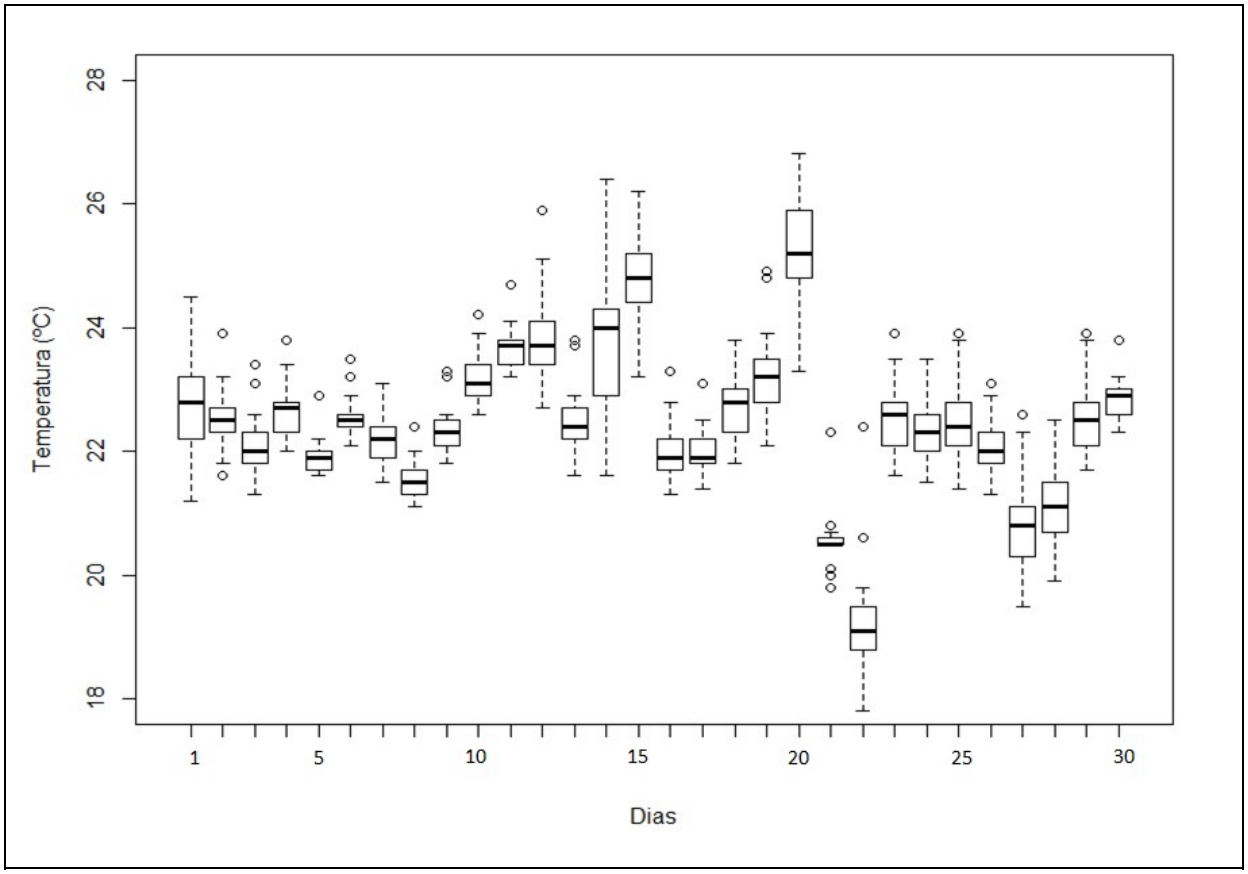
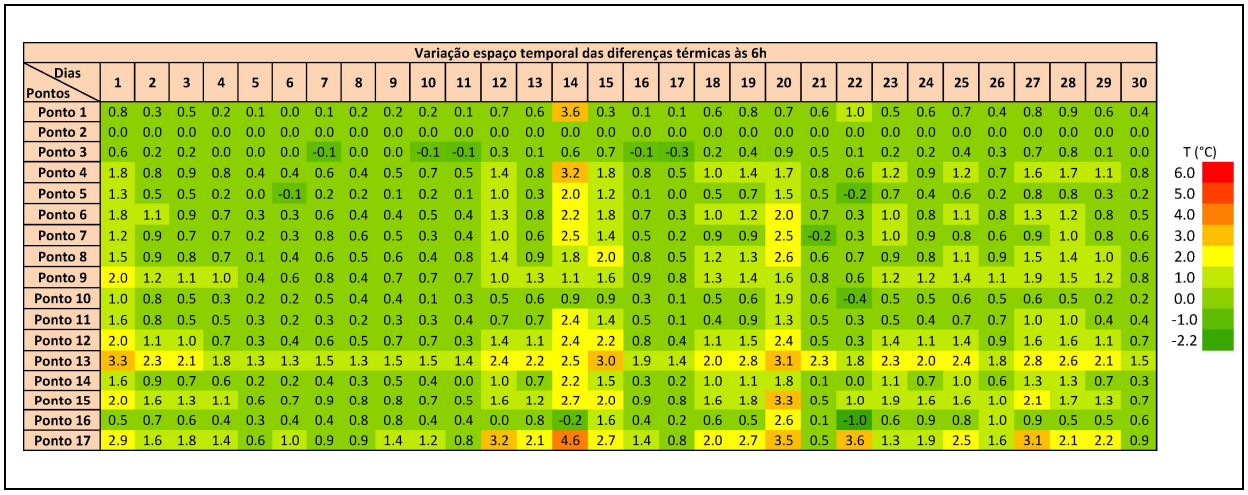


Gráfico 4 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 6h

Somente em sete dias do mês (01, 12, 14, 15, 20, 22 e 27) as diferenças foram superiores a 3,0°C (**Figura 42**), sobretudo, nos dias que não houve precipitação. Novamente as maiores diferenças foram marcadas pelos pontos 13 e 17, e em alguns casos, também pelos pontos localizados nas áreas centrais densamente construídas (pontos 4, 5, 6 e 7).

De modo geral as interpolações nos dias com chuva seguiram o mesmo padrão da 1h, com pequenas diferenças entre os pontos e com destaque para o ponto 13 atingindo as maiores diferenças de até 1,5°C. Entretanto, os dias sem chuva (1, 12, 14, 15, 22 e 27) apresentaram

um padrão diferenciado e, em alguns casos, foi possível observar pequenas diferenças entre os pontos da área central da cidade em relação ao ponto zero.



Variação espaço temporal das diferenças térmicas às 6h

Pontos \ Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.7	0.6	3.6	0.3	0.1	0.1	0.6	0.8	0.7	0.6	1.0	0.5	0.6	0.7	0.4	0.8	0.9	0.6	0.4
Ponto 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ponto 3	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.3	0.1	0.6	0.7	-0.1	-0.3	0.2	0.4	0.9	0.5	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.7	0.8	0.1	0.0
Ponto 4	1.8	0.8	0.9	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.7	0.5	1.4	0.8	3.2	1.8	0.8	0.5	1.0	1.4	1.7	0.8	0.6	1.2	0.9	1.2	0.7	1.6	1.7	1.1	0.8
Ponto 5	1.3	0.5	0.5	0.2	0.0	-0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	1.0	0.3	2.0	1.2	0.1	0.0	0.5	0.7	1.5	0.5	-0.2	0.7	0.4	0.6	0.2	0.8	0.8	0.3	0.2
Ponto 6	1.8	1.1	0.9	0.7	0.3	0.3	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	1.3	0.8	2.2	1.8	0.7	0.3	1.0	1.2	2.0	0.7	0.3	1.0	0.8	1.1	0.8	1.3	1.2	0.8	0.5
Ponto 7	1.2	0.9	0.7	0.7	0.2	0.3	0.8	0.6	0.5	0.3	0.4	1.0	0.6	2.5	1.4	0.5	0.2	0.9	0.9	2.5	-0.2	0.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.9	1.0	0.8	0.6
Ponto 8	1.5	0.9	0.8	0.7	0.1	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	1.4	0.9	1.8	2.0	0.8	0.5	1.2	1.3	2.6	0.6	0.7	0.9	0.8	1.1	0.9	1.5	1.4	1.0	0.6
Ponto 9	2.0	1.2	1.1	1.0	0.4	0.6	0.8	0.4	0.7	0.7	0.7	1.0	1.3	1.1	1.6	0.9	0.8	1.3	1.4	1.6	0.8	0.6	1.2	1.2	1.4	1.1	1.9	1.5	1.2	0.8
Ponto 10	1.0	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.1	0.3	0.5	0.6	0.9	0.9	0.3	0.1	0.5	0.6	1.9	0.6	-0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.2	0.2
Ponto 11	1.6	0.8	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	0.7	2.4	1.4	0.5	0.1	0.4	0.9	1.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.7	0.7	1.0	1.0	0.4	0.4
Ponto 12	2.0	1.1	1.0	0.7	0.3	0.4	0.6	0.5	0.7	0.7	0.3	1.4	1.1	2.4	2.2	0.8	0.4	1.1	1.5	2.4	0.5	0.3	1.4	1.1	1.4	0.9	1.6	1.6	1.1	0.7
Ponto 13	3.3	2.3	2.1	1.8	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5	1.4	2.4	2.2	2.5	3.0	1.9	1.4	2.0	2.8	3.1	2.3	1.8	2.3	2.0	2.4	1.8	2.8	2.6	2.1	1.5
Ponto 14	1.6	0.9	0.7	0.6	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	0.4	0.0	1.0	0.7	2.2	1.5	0.3	0.2	1.0	1.1	1.8	0.1	0.0	1.1	0.7	1.0	0.6	1.3	1.3	0.7	0.3
Ponto 15	2.0	1.6	1.3	1.1	0.6	0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	0.5	1.6	1.2	2.7	2.0	0.9	0.8	1.6	1.8	3.3	0.5	1.0	1.9	1.6	1.6	1.0	2.1	1.7	1.3	0.7
Ponto 16	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4	0.0	0.8	-0.2	1.6	0.4	0.2	0.6	0.5	2.6	0.1	-1.0	0.6	0.9	0.8	1.0	0.9	0.5	0.5	0.6
Ponto 17	2.9	1.6	1.8	1.4	0.6	1.0	0.9	0.9	1.4	1.2	0.8	3.2	2.1	4.6	2.7	1.4	0.8	2.0	2.7	3.5	0.5	3.6	1.3	1.9	2.5	1.6	3.1	2.1	2.2	0.9

Figura 42 - Variação espaço-temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 6h

Os dias 14, 15 e 20 apresentaram as maiores diferenças nos pontos 1, 15 e 17, justamente por serem os pontos que receberam os primeiros raios solares pela manhã. Além destes, os pontos localizados nas áreas centrais (4, 5, 6, 7 e 8) também apresentaram diferenças superiores a 2°C, neste caso, devido às características do uso e ocupação da terra, sendo áreas densamente construídas que armazenaram o calor por muito mais tempo (**Prancha 5**).

A média das diferenças térmicas às 6 horas apresentou uma configuração espacial semelhante ao horário anterior, porém com uma diminuição da intensidade, pois doze pontos apresentaram diferenças inferiores a 1°C.

Neste caso, os pontos 3, 5 e 10 apresentaram diferenças médias entre 0°C e 0,5°C. Os pontos 1, 4, 6, 7, 8, 11, 14 e 16 apresentaram diferenças médias entre 0,6°C e 1,0°C. Os pontos 9, 12 e 15 apresentaram diferenças médias entre 1,1°C e 1,5°C. Os pontos 13 e 17 apresentaram diferenças médias superiores, variando entre 1,9°C e 2,1°C.

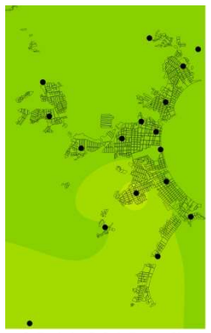
A umidade relativa do ar às 6 horas também se apresentou de forma elevada, mantendo o padrão semelhante ao horário da madrugada (1h). A menor umidade relativa registrada foi de 79% no dia 01 (ponto 11) e a máxima foi de 99%, registrada no dia 19 no ponto 16 - IAC (**Gráfico 5**).


01/11/2015 – 6h


02/11/2015 – 6h


03/11/2015 – 6h


04/11/2015 – 6h


05/11/2015 – 6h

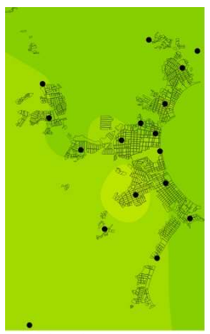

06/11/2015 – 6h


07/11/2015 – 6h


08/11/2015 – 6h


09/11/2015 – 6h


10/11/2015 – 6h

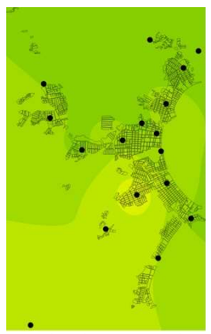

11/11/2015 – 6h


12/11/2015 – 6h


13/11/2015 – 6h


14/11/2015 – 6h


15/11/2015 – 6h

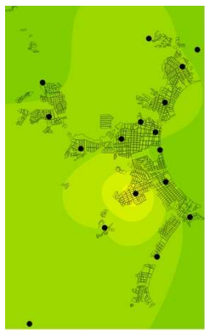

16/11/2015 – 6h

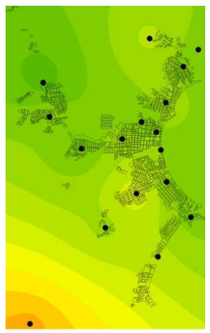

17/11/2015 – 6h

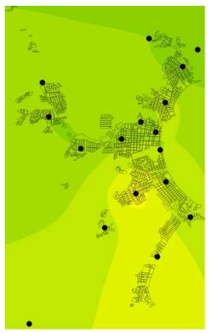

18/11/2015 – 6h

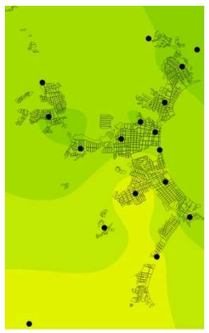

19/11/2015 – 6h


20/11/2015 – 6h


21/11/2015 – 6h


22/11/2015 – 6h

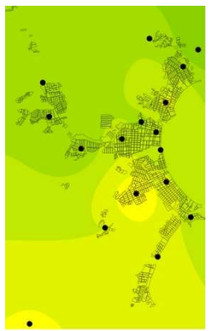

23/11/2015 – 6h


24/11/2015 – 6h


25/11/2015 – 6h


26/11/2015 – 6h


27/11/2015 – 6h


28/11/2015 – 6h

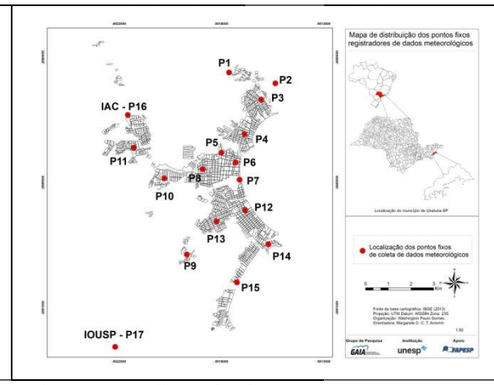

29/11/2015 – 6h

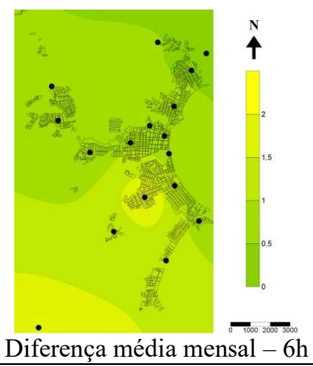

30/11/2015 – 6h



Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dir. Vento IAC	↖	↖	↑	←	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	←	↑	↖	↖	↑	↑	↑	→	↖	↑	←	↑	↖	↖	↖	↖	←
Dir. Vento IOUSP	→	←	→	↙	→	C	←	←	↙	C	↙	←	↑	↙	→	→	←	→	↙	↗	→	→	↘	→	↘	→	→	→	→	→

Direção do Vento				
NO		N		NE
	↘	↓	↙	
O	→	C	←	L
	↗	↑	↖	
SO		S		SE





Diferença média mensal – 6h

Prancha 5 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 6h

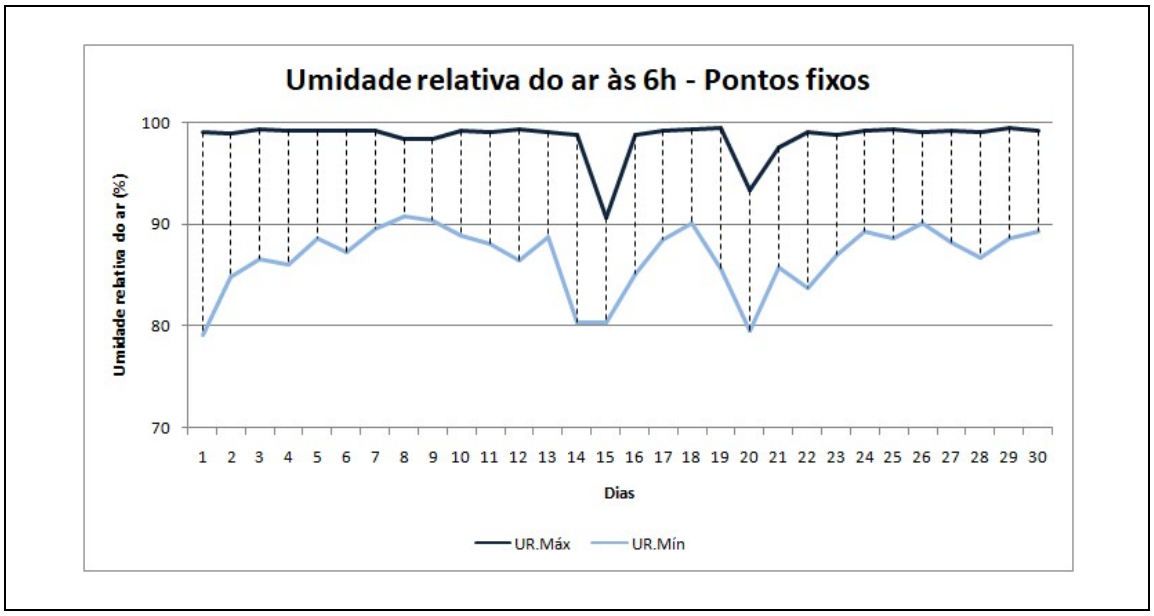


Gráfico 5 - Umidade relativa do ar às 6h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas

Novamente, em todos os dias do mês, as máximas absolutas de umidade relativa do ar foram superiores a 90%. Do total, 27 dias foram registrados no ponto 16, situado próximo a serra do mar com grande presença de vegetação. Os demais dias (8, 15 e 20) foram registrados nos pontos 17, 1 e 2, respectivamente. As mínimas foram registradas pelo ponto 13 em 20 dias do mês.

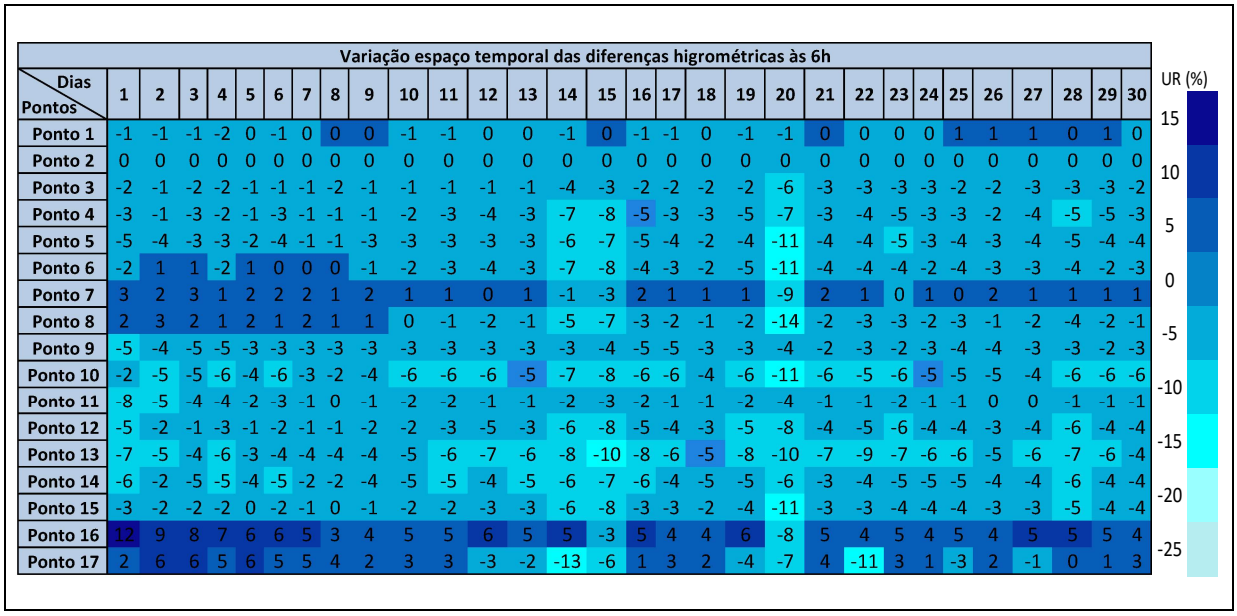
As diferenças diárias das umidades relativas do ar não apresentaram valores tão elevados, sendo a amplitude máxima de 19% no dia 1 e a amplitude mínima de 7% no dia 8 (**Figura 43**). Somente no dia 20 as diferenças da umidade relativa do ar apresentaram valores inferiores a -10% em seis pontos (5, 6, 8, 10, 13 e 15).

As diferenças positivas foram observadas nos pontos 7, 16 e 17, sendo superiores a +5% somente nos pontos 16 (20 dias) e 17 (3 dias). As diferenças negativas prevaleceram entre -2% e -7% de umidade relativa do ar nos pontos localizados na área central (pontos 5 e 6).

Nos primeiros dias do mês é possível identificar pequenas diferenças negativas entre os pontos 10 e 13, variando entre -2% e -8%. Após o dia 15 os pontos 5 e 6, localizados na área central também apresentam valores negativos, sendo possível observar as diferenças de umidade relativa do ar bem definidas em toda a área construída, em que não houve precipitação.

De modo geral a umidade relativa do ar não apresentou grandes diferenças em relação a sua distribuição, e permaneceram próximas aos dados registrados à 1h. Novamente os pontos 1, 7 e 17 apresentaram pequenas diferenças em relação ao ponto 2 (zero), mostrando

características semelhantes. O ponto 16 (horto florestal) apresentou as maiores diferenças, configurando como a área com o maior teor de umidade relativa do ar às 6 horas.



Variação espaço temporal das diferenças higrométricas às 6h

Dias / Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	-1	-1	-1	-2	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Ponto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponto 3	-2	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-4	-3	-2	-2	-2	-2	-6	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-2
Ponto 4	-3	-1	-3	-2	-1	-3	-1	-1	-1	-2	-3	-4	-3	-7	-8	-5	-3	-3	-5	-7	-3	-4	-5	-3	-3	-2	-4	-5	-5	-3
Ponto 5	-5	-4	-3	-3	-2	-4	-1	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-6	-7	-5	-4	-2	-4	-11	-4	-4	-5	-3	-4	-3	-4	-5	-4	-4
Ponto 6	-2	1	1	-2	1	0	0	0	-1	-2	-3	-4	-3	-7	-8	-4	-3	-2	-5	-11	-4	-4	-4	-2	-4	-3	-3	-4	-2	-3
Ponto 7	3	2	3	1	2	2	2	1	2	1	1	0	1	-1	-3	2	1	1	1	-9	2	1	0	1	0	2	1	1	1	1
Ponto 8	2	3	2	1	2	1	2	1	1	0	-1	-2	-1	-5	-7	-3	-2	-1	-2	-14	-2	-3	-3	-2	-3	-1	-2	-4	-2	-1
Ponto 9	-5	-4	-5	-5	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-5	-3	-3	-4	-2	-3	-2	-3	-4	-4	-3	-3	-2	-3
Ponto 10	-2	-5	-5	-6	-4	-6	-3	-2	-4	-6	-6	-6	-5	-7	-8	-6	-6	-4	-6	-11	-6	-5	-6	-5	-5	-5	-4	-6	-6	-6
Ponto 11	-8	-5	-4	-4	-2	-3	-1	0	-1	-2	-2	-1	-1	-2	-3	-2	-1	-1	-2	-4	-1	-1	-2	-1	-1	0	0	-1	-1	-1
Ponto 12	-5	-2	-1	-3	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-3	-5	-3	-6	-8	-5	-4	-3	-5	-8	-4	-5	-6	-4	-4	-3	-4	-6	-4	-4
Ponto 13	-7	-5	-4	-6	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-7	-6	-8	-10	-8	-6	-5	-8	-10	-7	-9	-7	-6	-6	-5	-6	-7	-6	-4
Ponto 14	-6	-2	-5	-5	-4	-5	-2	-2	-4	-5	-5	-4	-5	-6	-7	-6	-4	-5	-5	-6	-3	-4	-5	-5	-5	-4	-4	-6	-4	-4
Ponto 15	-3	-2	-2	-2	0	-2	-1	0	-1	-2	-2	-3	-3	-6	-8	-3	-3	-2	-4	-11	-3	-3	-4	-4	-4	-3	-3	-5	-4	-4
Ponto 16	12	9	8	7	6	6	5	3	4	5	5	6	5	5	-3	5	4	4	6	-8	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4
Ponto 17	2	6	6	5	6	5	5	4	2	3	3	-3	-2	-13	-6	1	3	2	-4	-7	4	-11	3	1	-3	2	-1	0	1	3

Figura 43 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 6h

9.3 - Temperatura e umidade relativa do ar às 09 horas

A essa hora do dia foi possível observar a maior variação das temperaturas do ar, sobretudo nos dias em que não houve presença de precipitação. O aumento das temperaturas e das amplitudes térmicas entre os pontos também foram visíveis nas primeiras horas do dia (**Gráfico 6**).

Quando houve a presença de precipitação, as temperaturas seguiram de forma bastante homogêneas entre todos os pontos, variando entre 22°C e 26°C. Entretanto, nos demais dias as amplitudes térmicas chegaram a 6°C e a temperatura máxima absoluta registrada foi de 32°C no dia 18.

Os valores discrepantes foram identificados em 12 dias, sendo oito referentes ao ponto 13, dois referentes ao ponto 15 e um referente aos pontos 1 e 17. Novamente, vale ressaltar a importância da localização dos pontos em relação aos maiores valores de temperaturas do ar a essa hora do dia. Com exceção do ponto 13, que apresentou uma característica bem marcante de temperaturas mais elevadas em todos os horários analisados, os pontos 15 e 17 estão localizados próximos as praias recebendo a incidência direta dos primeiros raios solares do dia. O ponto 1 estava localizado em uma área com relevo mais elevado (80 metros de altitude) em relação aos demais pontos e não possuía nenhum bloqueio dos raios solares no período da

manhã, fazendo com que as temperaturas se elevassem rapidamente neste período e diminuíam a tarde e a noite (**Figura 44**).

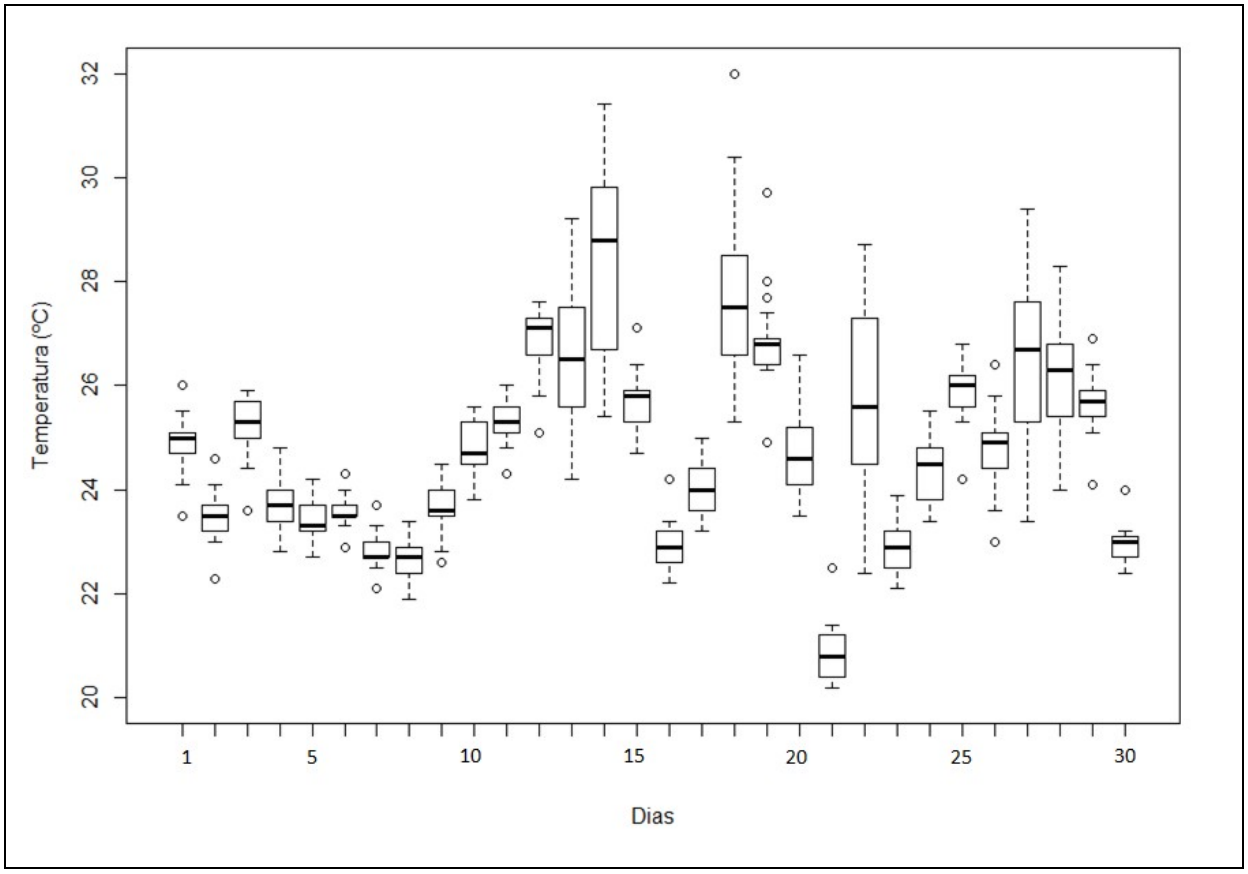


Gráfico 6 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 9h

Variação espaço temporal das diferenças térmicas às 9h

Pontos \ Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.3	-0.1	0.7	0.1	-0.8	4.4	5.9	0.0	0.5	0.5	6.0	-0.1	0.0	-0.1	4.1	0.1	-0.1	-0.4	0.6	6.0	2.5	-0.3	0.0
Ponto 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ponto 3	-1.2	-0.9	-1.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.9	-0.8	-0.6	-1.5	0.3	1.2	0.0	-0.1	-1.2	0.9	-2.0	0.2	-0.3	1.3	-0.2	-0.5	-1.9	-1.9	1.9	-0.3	-1.6	-0.1
Ponto 4	0.3	0.3	0.6	0.3	0.4	0.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.3	0.5	2.0	3.5	1.2	0.9	-0.1	2.9	0.0	1.1	0.3	3.2	0.7	0.9	-0.2	0.0	4.2	1.9	0.2	0.5
Ponto 5	0.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	0.2	0.7	1.0	2.9	0.9	0.2	-0.4	1.6	-0.3	0.9	0.3	1.8	0.2	0.9	0.0	-0.8	3.1	1.4	-0.1	0.2
Ponto 6	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.2	0.4	0.1	0.4	0.5	1.0	1.0	2.0	3.3	1.2	0.6	-0.2	1.9	0.0	1.6	0.8	2.4	0.7	1.1	0.3	-0.1	3.8	1.4	0.0	0.6
Ponto 7	0.8	0.7	1.0	0.4	0.2	0.0	0.2	0.2	0.4	0.7	0.9	1.0	1.6	2.8	1.2	0.3	-0.6	1.5	1.1	2.0	-0.3	2.3	0.9	1.6	0.7	0.1	3.3	1.9	0.7	0.3
Ponto 8	-0.6	0.1	-0.5	0.4	-0.4	-0.2	0.2	0.0	-0.1	-0.3	0.5	-0.1	-0.6	0.5	1.7	1.0	-0.8	-0.2	-0.5	1.4	0.7	-0.5	0.6	-0.1	-0.8	-1.3	0.5	-0.9	-0.6	0.6
Ponto 9	0.4	0.2	0.1	0.8	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.1	0.2	-0.6	-0.2	-0.1	0.9	0.9	-1.1	-0.7	-0.2	0.6	0.9	-0.8	0.5	-0.1	-0.8	-0.5	0.4	-0.7	-0.4	0.7
Ponto 10	0.1	0.3	0.8	0.7	0.9	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	3.4	4.3	1.4	1.0	-0.1	4.0	-0.5	0.9	0.5	4.9	0.3	0.3	0.1	0.2	4.2	2.7	-0.2	0.5
Ponto 11	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.2	0.0	-0.3	-0.2	0.8	0.9	0.9	4.1	5.4	1.2	1.1	0.4	4.4	-0.6	0.5	0.4	5.5	0.1	0.6	-0.1	-0.8	5.2	3.4	-0.5	0.5
Ponto 12	0.3	0.3	0.1	0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.2	0.2	1.0	2.3	1.1	0.6	-0.9	1.4	-0.1	1.7	0.5	1.5	0.9	0.6	-0.5	-0.4	2.4	0.6	0.1	0.6
Ponto 13	1.3	1.4	0.9	1.5	0.8	0.8	1.0	0.7	0.8	0.9	1.1	0.6	0.8	0.8	2.4	1.9	-0.1	0.6	0.5	2.3	2.0	0.7	1.6	1.2	0.0	0.1	1.5	0.5	0.3	1.5
Ponto 14	-0.1	-0.2	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.9	-0.1	0.1	2.7	3.6	0.1	0.1	-1.3	2.5	-0.5	0.7	-0.2	3.7	0.5	0.3	-0.6	0.8	4.3	1.5	0.0	0.4
Ponto 15	0.8	0.6	0.9	1.0	0.3	0.0	0.6	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	2.4	4.3	0.6	0.3	-0.5	2.0	0.8	1.8	0.7	5.0	1.3	0.8	0.2	1.5	5.0	1.6	1.2	0.5
Ponto 16	-0.1	-0.1	0.1	0.4	-0.2	0.0	0.5	-0.8	-1.1	0.6	0.4	0.5	1.7	4.0	0.6	0.6	-1.2	1.0	-0.3	1.1	0.1	2.6	0.6	-0.2	-0.2	-0.5	1.9	0.6	-0.2	0.4
Ponto 17	1.3	0.9	0.9	1.3	-0.4	0.5	0.1	0.5	0.7	-0.2	0.7	0.7	3.9	5.2	1.2	0.8	-0.7	-0.1	2.8	3.1	-0.3	4.9	1.3	1.2	0.6	0.9	3.9	1.6	0.3	0.2

T (°C)
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.2

Figura 44 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 9h

De acordo com as projeções das trajetórias aparentes do sol, elaboradas no site Sun Earth Tools[23] e no aplicativo Analysis SOL-AR 6.2[24], foi possível observar por meio da altura do sol (ângulo formado entre o zênite e a posição do sol no céu) e o azimute (ângulo formado entre a posição do sol em relação ao Norte) que o ponto 2 (zero) não recebia os primeiros raios solares do dia, devido a presença de uma grande vertente localizada a leste com 343 metros de altitude, causando o efeito sombra, e consequentemente, as menores temperaturas do ar em conjunto com a grande presença de vegetação arbórea no entorno (**Figura 45**).

Esses fatores ligados a presença do céu parcialmente aberto, favoreceram a intensificação das diferenças das temperaturas entre os pontos que receberam as incidências dos raios solares em relação ao ponto zero. Neste caso, é possível observar que o ponto 1 apresentou diferenças entre 4°C e 6°C nos dias 13, 14, 18, 22 e 27. Os pontos 15 e 17 também apresentaram diferenças superiores a 4°C nos mesmos dias.

Outros pontos também apresentaram temperaturas mais elevadas, entretanto, os pontos centrais mesmo que tenham apresentado diferenças superiores a 2°C, as mesmas ainda foram pequenas em relação aos pontos citados anteriormente (**Prancha 6**).

Outra particularidade importante que deve ser levada em consideração nos estudos de clima urbano em zonas costeiras se refere a análise de outro elemento do clima, o vento, que pode ser mais ou menos intensificado de acordo com as interferências das brisas marítimas ao longo do dia.

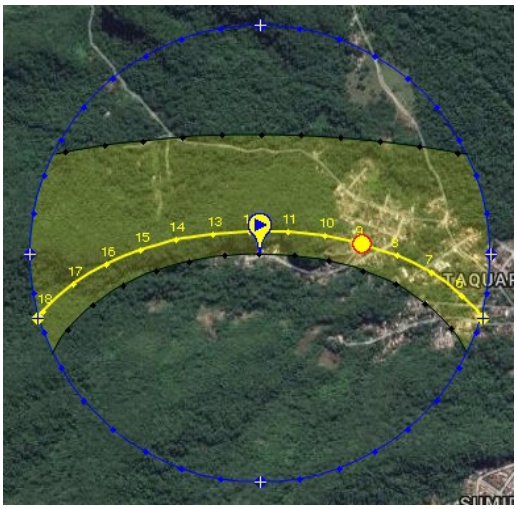
Conforme citado anteriormente, a brisa marítima começa nas primeiras horas do dia e quando ocorrem com baixa intensidade (ventos fracos), pode contribuir para o deslocamento das temperaturas mais elevadas para outras áreas. Neste caso, durante os dias 13, 14, 18, 22 e 27 foi possível verificar o aumento das diferenças das temperaturas nos pontos localizados a oeste (10, 11 e 16), sendo que em todos os dias as direções do vento às 9h foram provenientes do quadrante sul, leste e sudeste, com velocidades inferiores a 6 Km/h.

A média das diferenças térmicas às 9 horas foi pouco significativa, apenas 1°C, e ocorreram principalmente nos pontos localizados na orla da praia (15 e 17), sob interferência dos primeiros raios solares e nos pontos localizados à oeste (10 e 11), sob efeito da brisa marítima, associado as características do entorno de cada ponto.

---

[23]<http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#annual> acessado em 21/02/2017.

[24] Analysis SOL-AR é software livre desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina.



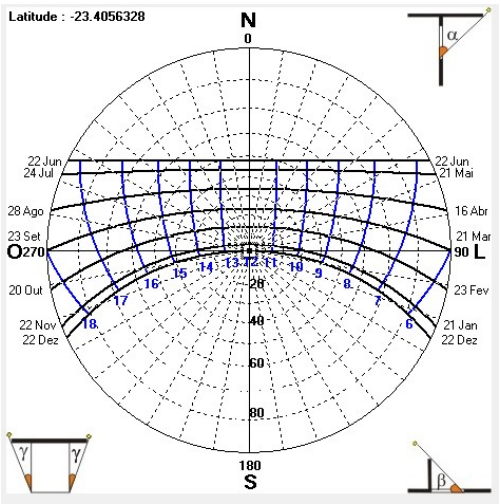
Ponto 1- Taquaral



Ponto 2 - Casanga



Ponto 15 – Praia Grande



Projeções estereográficas das trajetórias aparentes do sol

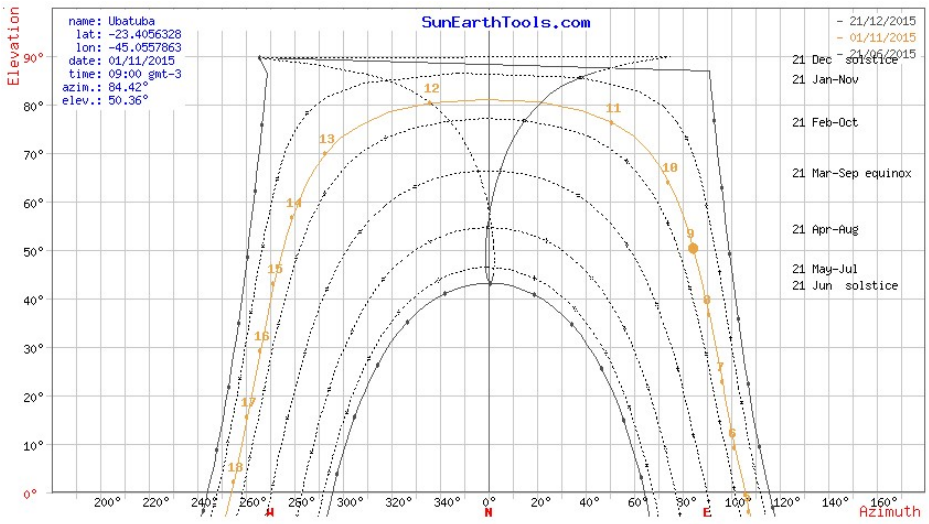
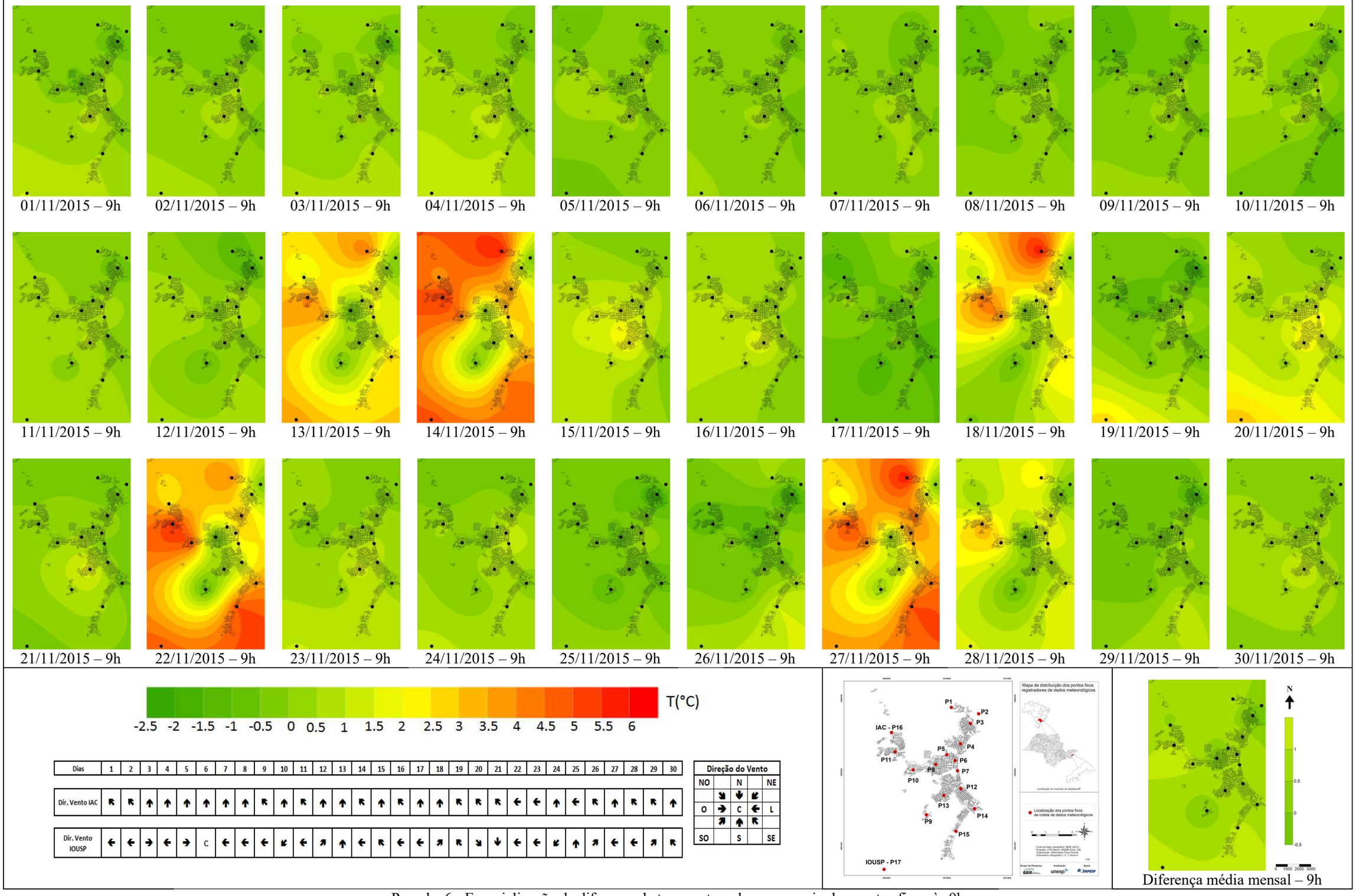


Figura 45- Movimento aparente do sol às 9h do dia 01/11/2015
Fonte: Sun Earth Tools



Prancha 6 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 9h

Mesmo com a presença do sol, a umidade relativa do ar às 9 horas também se apresentou de forma elevada. A menor umidade relativa registrada foi de 65% no dia 22 (ponto 16) e a máxima foi de 98% no ponto 17 registrada no dia 30 (**Gráfico 7**).

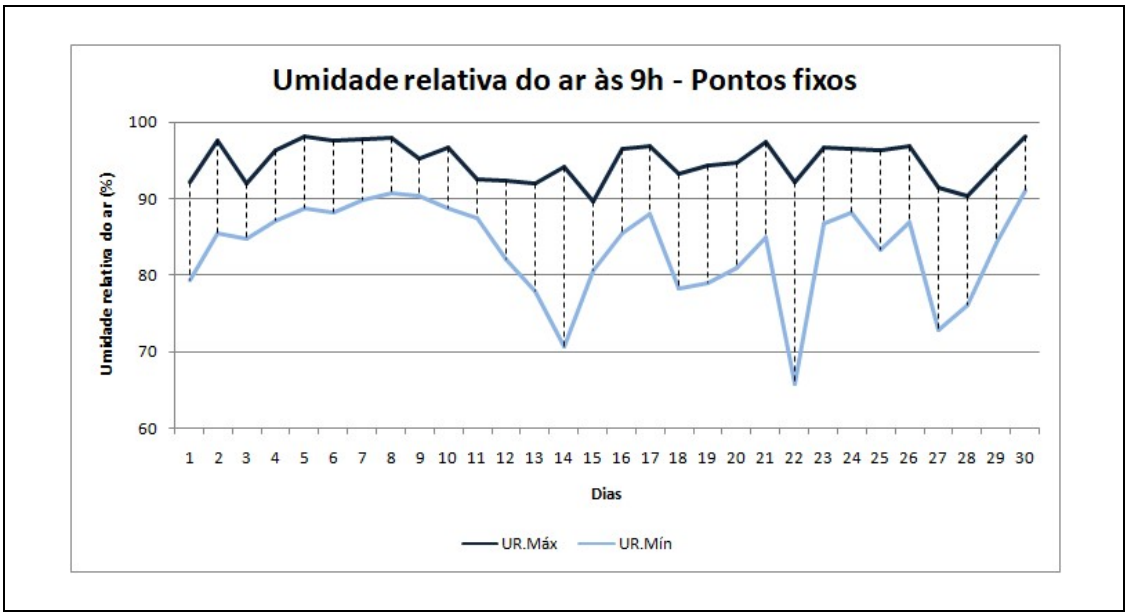


Gráfico 7 - Umidade relativa do ar às 9h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas

Com exceção do dia 15, todos os outros dias apresentaram valores máximos da umidade relativa do ar superiores a 90%, sendo 9 dias registrados no ponto 16 (horto florestal), 7 dias no ponto 17 (IOUSP) e os demais dias distribuídos entres os pontos 1, 2, 8, 10 e 11.

Variação espaço temporal das diferenças higrométricas às 9h

Dias / Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	1	1	0	0	0	-1	0	0	-1	-2	-1	0	-10	-16	0	-1	-1	-15	0	0	0	-9	0	0	1	-1	-19	-6	1	1
Ponto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponto 3	-2	-2	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	-2	-3	-11	-2	-2	-2	-6	-2	-4	-4	-9	-3	-3	-2	-2	-7	-5	-2	-2
Ponto 4	-3	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-3	-7	-7	-22	-6	-5	-3	-8	-5	-4	-3	-12	-4	-3	-5	-2	-13	-12	-3	-3
Ponto 5	-6	-3	-6	-2	-3	-3	-2	0	-4	-3	-4	-9	-8	-21	-6	-3	-5	-9	-9	-7	-5	-15	-4	-5	-9	-6	-16	-14	-6	-3
Ponto 6	-5	-2	-4	-1	-3	-1	-2	0	-4	-2	-5	-8	-9	-20	-5	-3	-6	-10	-8	-7	-5	-15	-3	-6	-9	-9	-13	-9	-6	-2
Ponto 7	-5	0	-5	0	1	2	0	1	-2	0	-2	-7	-7	-17	-4	1	-1	-9	-7	-6	-1	-13	-2	-3	-6	-5	-10	-10	-4	1
Ponto 8	0	2	1	2	2	2	0	1	0	1	-1	-4	1	-7	-6	-3	-3	-5	-7	-8	-3	-5	-3	-1	-4	-5	-4	-4	-3	-1
Ponto 9	-6	-4	-2	-3	-1	-2	-3	-2	-2	0	0	-3	0	-2	-2	-4	-4	-3	-2	-3	-3	3	-2	-2	-2	-5	-1	0	-2	-3
Ponto 10	-5	-3	-5	-2	-3	-5	-3	-2	-5	-4	-4	-10	-11	-20	-6	-6	-6	-13	-7	-7	-7	-21	-4	-5	-6	-5	-15	-13	-5	-4
Ponto 11	-7	-3	-2	-2	-1	-2	-1	0	-1	-1	0	-1	-2	-9	-2	-2	-1	-7	1	-2	-2	-8	-1	1	4	0	-6	-1	0	-1
Ponto 12	-6	-3	-3	-2	-1	-1	-2	-1	-3	0	-2	-6	-6	-15	-5	-3	-4	-8	-6	-9	-5	-11	-5	-4	-5	-6	-9	-7	-4	-2
Ponto 13	-9	-6	-5	-5	-3	-4	-4	-4	-5	-3	-4	-7	-3	-8	-9	-8	-6	-5	-9	-12	-9	-6	-8	-6	-4	-7	-5	-6	-6	-4
Ponto 14	-5	-4	-5	-3	-1	-4	-4	-2	-5	-1	-3	-9	-9	-14	-3	-3	-4	-11	-5	-6	-4	-16	-6	-4	-5	-6	-15	-10	-7	-3
Ponto 15	-5	-4	-5	-3	1	0	-2	0	-3	0	-3	-9	-9	-15	-4	-3	-3	-13	-9	-14	-5	-16	-6	-5	-7	-9	-15	-12	-9	-2
Ponto 16	4	6	1	4	5	5	3	3	0	-2	1	-8	-8	-22	1	1	3	-8	-5	-4	3	-23	2	3	-5	-6	-11	-11	-2	2
Ponto 17	-4	-1	-2	3	6	4	4	3	0	4	1	-6	-13	-23	-2	3	2	-2	-15	-10	2	-22	-1	-3	-5	-10	-14	-8	-6	3

UR (%): 15, 10, 5, 0, -5, -10, -15, -20, -25

Figura 46 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 9h

As diferenças diárias da umidade relativa do ar apresentaram valores mais elevados nos dias 14, 18 e 27, atingindo as amplitudes máximas de 23,3%, 14,9% e 18,5%, respectivamente (**Figura 46**).

Nos primeiros dias do mês, quando houve precipitação, não foi possível identificar grandes diferenças de umidade relativa do ar em relação ao ponto zero, pois ocorreu uma homogeneização por toda a área de estudo. Essas diferenças foram maiores nos dias mais secos (14, 18 e 27), chegando a diferenças negativas de -23% no ponto 17, localizado próximo ao mar. Nestes casos, o baixo teor de umidade relativa do ar esta associado ao aumento das temperaturas do ar registradas pelo sensor, mostrando mais uma vez que as áreas localizadas próximas a praias recebem a incidência dos primeiros raios solares do dia.

9.4 - Temperatura e umidade relativa do ar às 15 horas

As temperaturas às 15 horas foram as mais elevadas do mês e apresentaram grande variabilidade entre os pontos. As máximas absolutas ultrapassaram os 30°C em sete dias, e atingiram 35,8°C no dia 20 (**Gráfico 8**).

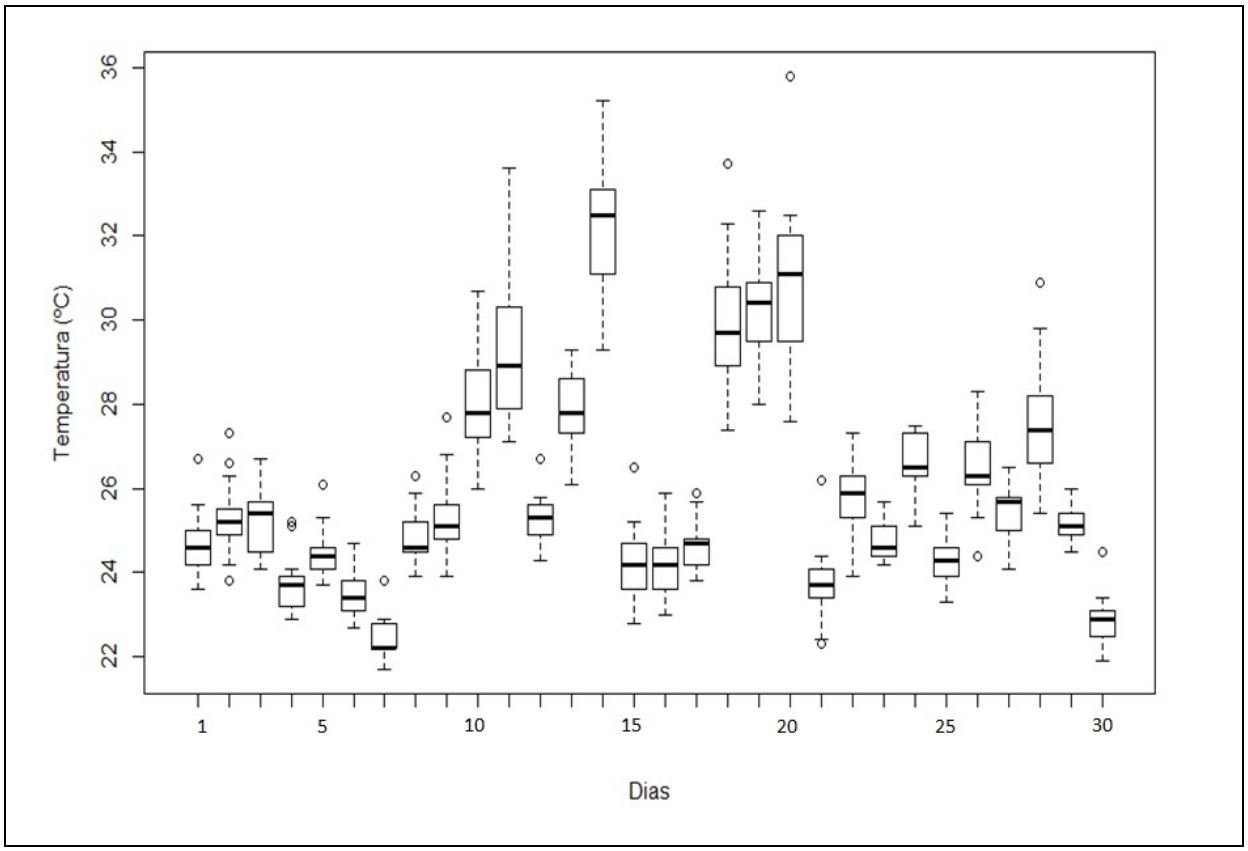


Gráfico 8 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 15h

De acordo com o gráfico *box plot* foi possível observar dois grandes conjuntos de dados, aqueles que permaneceram entre 20°C e 26°C, sobretudo nos dias em que houve precipitações, e também aqueles que ultrapassaram os 30°C, em dias sem precipitação e com céu claro.

Os valores discrepantes foram identificados em 15 dias, sendo 10 deles referentes ao ponto 13, mostrando mais uma vez que o bairro da Estufa II se apresentou como o mais quente da cidade devido às características do entorno do ponto.

De modo geral, a essa hora do dia, o efeito sombra causado pelas variações do relevo passou a ser minimizado, pois todos os pontos já estiveram expostos e receberam de forma semelhante uma grande quantidade de radiação solar. Neste caso, prevaleceram nas análises as características do entorno de cada ponto que possuíam maior ou menor capacidade de armazenar o calor e os efeitos das brisas marítimas que podem interferir no deslocamento do calor armazenado para outras áreas da cidade.

As diferenças térmicas entre os pontos apresentaram valores superiores aos horários anteriores, sobretudo, entre os pontos localizados na área central (5 e 6) e os pontos à oeste (10, 11 e 13). As amplitudes máximas das diferenças térmicas ultrapassaram os 4°C e chegaram a 6,3°C no dia 20 (**Figura 47**).

Variação espaço temporal das diferenças térmicas às 15h

Dias / Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	0.1	0.3	-0.4	-0.2	-0.3	-0.7	-0.3	0.1	-1.8	0.8	-0.4	-0.3	-0.2	-1.3	-1.9	-0.8	-1.4	-0.1	-0.2	-0.2	-1.9	-1.3	-0.5	-0.2	-0.3
Ponto 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ponto 3	0.0	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	0.2	0.5	-0.1	0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.2	-0.7	0.7	-0.3	-0.4	0.1	-0.7	-1.0	-0.7	-1.0	0.0	-0.2	-0.2	-1.0	-1.5	0.4	-0.2	-0.2
Ponto 4	0.6	1.0	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	1.1	0.7	0.6	0.2	1.1	0.3	1.9	0.8	0.5	1.1	-0.2	0.3	0.3	0.6	0.7	0.9	0.6	0.0	-0.5	0.8	0.6	0.3
Ponto 5	0.9	1.1	1.1	0.6	0.1	0.5	0.5	0.6	1.0	1.1	1.4	0.2	1.7	1.8	1.1	1.0	0.2	2.1	1.0	0.8	0.8	1.2	0.7	1.4	0.4	0.4	-0.5	1.4	0.3	0.5
Ponto 6	1.5	2.1	1.9	2.0	1.2	1.1	1.2	0.8	1.7	3.5	4.1	0.9	2.9	1.8	2.0	2.3	1.0	3.9	1.0	3.0	1.1	1.0	1.4	2.0	1.0	1.4	0.2	1.9	0.7	1.2
Ponto 7	0.4	1.0	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.0	0.4	1.7	2.0	0.0	1.7	0.3	0.9	0.2	0.6	1.8	-0.8	0.0	0.5	0.8	0.1	1.1	0.4	-0.1	-1.3	-0.5	0.3	0.3
Ponto 8	0.7	0.7	1.0	0.7	0.0	0.7	0.8	0.3	1.2	1.9	2.5	0.2	1.6	1.8	2.1	1.2	0.6	2.4	0.6	2.6	1.0	0.6	0.2	1.2	0.8	0.8	-0.5	2.0	0.4	0.9
Ponto 9	1.6	1.0	0.7	0.7	0.4	1.1	1.2	-0.2	1.5	0.7	0.8	0.8	1.5	2.0	1.7	0.6	0.1	3.2	2.2	2.9	0.7	-0.5	-0.1	1.0	1.1	-0.1	-1.8	3.9	0.7	0.8
Ponto 10	1.2	1.6	1.8	0.7	0.9	1.3	1.2	1.7	2.7	2.7	3.4	0.5	2.3	2.3	2.4	1.0	0.4	2.8	1.4	2.2	1.3	0.9	1.0	1.9	0.8	0.8	-1.1	2.3	0.6	0.8
Ponto 11	1.1	1.2	1.5	0.7	0.9	0.9	1.1	1.0	3.6	3.1	3.7	0.7	2.6	2.9	1.9	1.4	-0.4	4.3	2.7	2.5	1.0	0.7	1.1	2.1	1.0	1.3	-0.4	2.8	0.7	0.6
Ponto 12	1.0	0.8	0.9	0.4	0.3	0.6	0.7	0.0	1.0	0.5	1.1	0.7	1.0	0.0	1.6	0.3	0.5	1.3	-0.4	-0.3	0.3	0.5	0.3	1.0	0.7	-0.2	-1.1	0.7	0.5	0.7
Ponto 13	2.9	3.1	2.2	1.9	2.0	2.0	2.1	1.3	2.2	4.0	5.8	1.9	2.3	4.1	3.7	1.7	1.5	6.1	2.5	6.3	3.1	2.0	1.2	2.2	1.9	1.4	0.2	5.0	1.3	2.3
Ponto 14	0.8	1.2	1.2	0.4	0.5	0.7	0.5	0.2	1.4	1.3	0.9	1.0	1.4	0.0	1.1	0.7	1.7	1.4	0.1	-0.2	0.0	1.2	0.3	1.4	1.3	0.8	-0.6	1.5	0.4	0.7
Ponto 15	1.8	2.4	0.9	0.9	0.1	0.3	0.5	0.0	0.8	2.1	2.0	0.9	3.0	2.4	1.4	0.1	1.5	4.7	0.7	1.9	1.1	2.0	0.8	2.0	1.1	2.0	0.5	3.9	0.7	1.0
Ponto 16	0.4	0.6	-0.1	0.0	0.2	0.7	1.1	-0.2	0.4	0.7	-0.1	0.1	1.1	1.4	0.7	0.1	0.0	1.6	0.5	2.0	0.3	-0.5	0.1	1.0	0.7	-0.9	-1.9	1.8	0.1	1.1
Ponto 17	0.8	1.3	-0.4	0.0	-0.2	1.1	0.4	-0.7	0.7	-0.2	0.1	0.5	0.8	1.4	0.7	-0.6	0.6	3.0	-1.9	1.6	0.6	0.3	0.1	2.0	1.1	-0.5	-2.2	1.2	0.2	0.2



Figura 47 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 15h

As diferenças superiores a 4°C ocorreram nos dias 10, 11, 14, 18, 20 e 28, sendo que os dias 10, 11 e 14 estavam sob atuação da massa Tropical atlântica, e os dias 18 e 28 estavam sob atuação da massa Polar tropicalizada até o momento de registro dos dados. Durante a

noite do dia 28 houve a entrada de uma frente Polar atlântica (FPA) ocasionando precipitação, suficiente para homogeneizar as temperaturas durante a noite.

As interpolações mostraram que mesmo nos primeiros dias do mês, quando houve precipitações, os pontos 6 e 13 apresentaram diferenças positivas de temperaturas superiores a 2°C, formando pequenas áreas com temperaturas mais elevadas (**Prancha 7**).

Em diversos dias do mês (9, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20 e 28) foi possível identificar que a área central apresentou as maiores temperaturas, com destaque evidente para o ponto 13. Outro fator interessante foram as temperaturas elevadas nos pontos 10, 11 e 16 (horto florestal) localizados próximos a serra do mar que ocorreram devido a canalização dos ventos da brisa marítima que levaram o ar mais quente para essa região.

Como citado anteriormente, essa canalização N-S formada pela posição do relevo favorece a entrada dos ventos nesta direção. Neste caso, verificou-se a predominância da direção dos ventos do sentido sul e sudeste em quase todos os dias do mês na estação do Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

A média das diferenças térmicas às 15 horas variou entre -0,5°C (ponto 1) e 2,7°C (ponto 13). Os pontos 6, 10 e 11 também apresentaram diferenças médias superiores a 1°C, formando uma grande área com temperaturas mais elevadas no sentido SE-NO, reflexo das características das temperaturas ao longo do mês que apresentaram um padrão semelhante.

A umidade relativa do ar às 15 horas também se apresentou de forma elevada. Neste caso, os menores valores de umidade relativa do ar registrada foi de 59% no dia 14 (ponto 5) e a máxima foi de 97% registrada no ponto 16 no dia 04 (**Gráfico 9**).

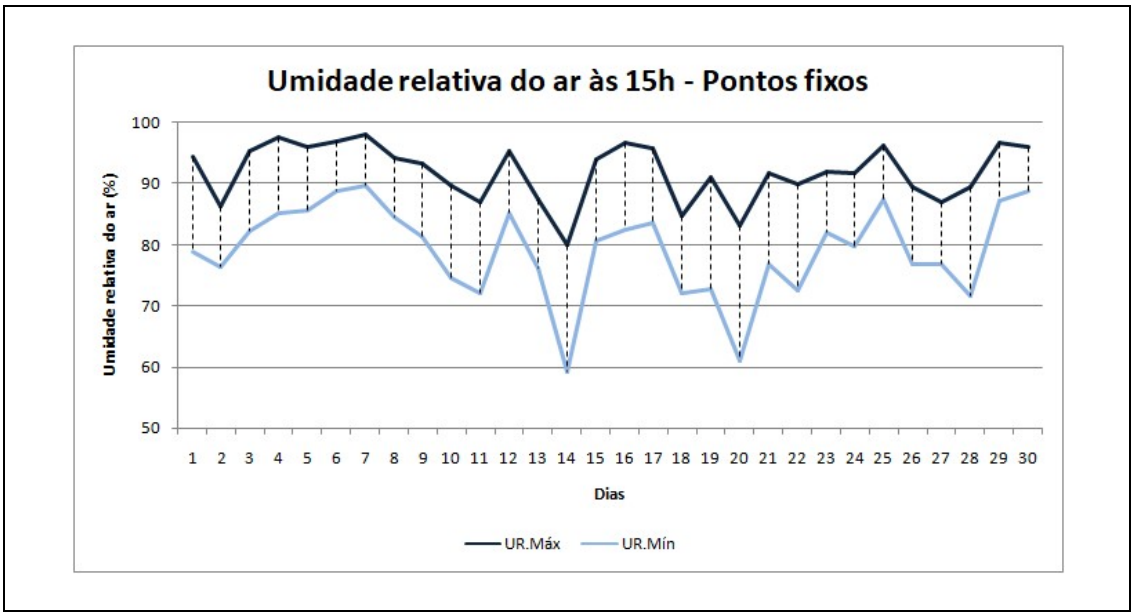
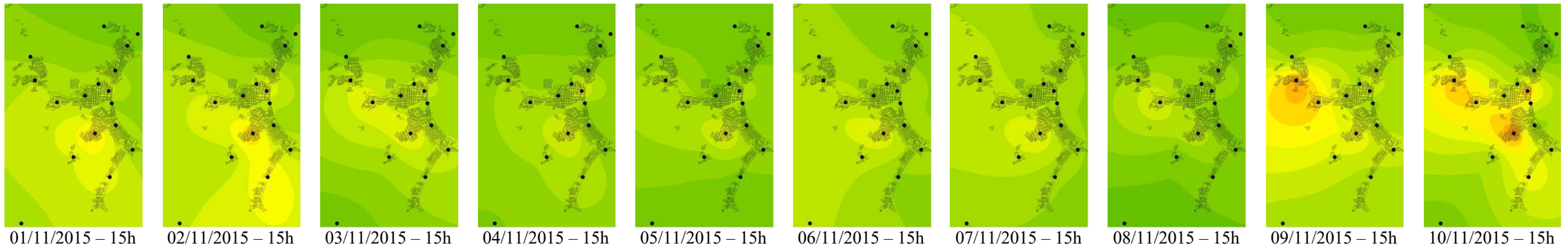


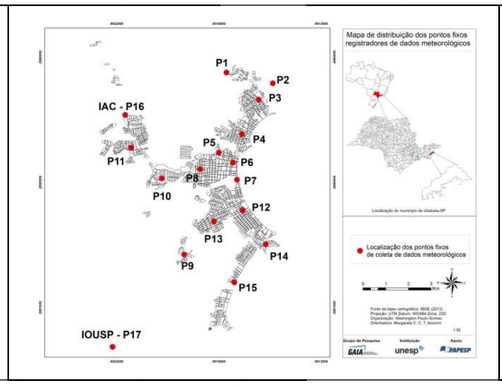
Gráfico 9 - Umidade relativa do ar às 15h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas

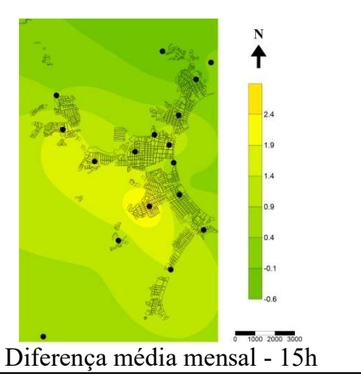




Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dir. Vento IAC	↗	↖	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↖	↑	↑	↑	←	↑	↑	↑	↙	←	↑	↑	↑	←	←	↖	↑	↖
Dir. Vento IOUSP	→	→	↗	↙	↘	→	→	→	↖	→	→	↖	→	→	↘	→	→	→	→	↖	↑	←	→	↗	→	→	→	→	↙	↙

Direção do Vento				
NO		N		NE
	↘	↓	↙	
O	→	C	←	L
	↗	↑	↖	
SO		S		SE



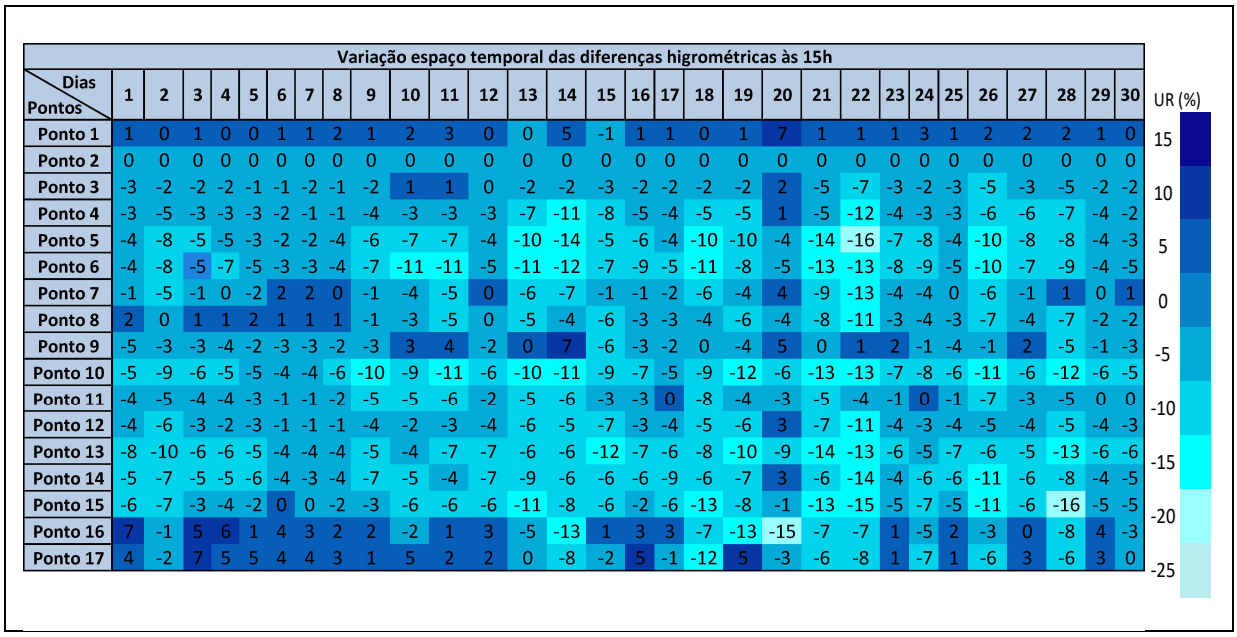


Diferença média mensal - 15h

Prancha 7 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 15h

Com exceção do dia 14, todos os outros dias apresentaram valores máximos da umidade relativa do ar superiores a 80%, sendo 9 dias registrados no ponto 16 (horto florestal), 8 dias no ponto 17 (IOUSP), 7 dias no ponto 1, 5 dias no ponto 9 e 1 dia no ponto 7. Essas valores elevados estão relacionados a localização dos pontos e às características do entorno, sendo que os pontos 1, 9 e 16 possuem grande porcentagem de vegetação e os pontos 7 e 17 estão localizados próximos a praia e receberam umidade direta proveniente do oceano.

De modo geral, as diferenças diárias da umidade relativa do ar não foram muito elevadas, sendo que as maiores diferenças ocorreram nos dias 14 e 22, como resultado das temperaturas mais elevadas nestes dias. O dia 14 apresentou diferença de até -14% no ponto 5 e o dia 22 apresentou diferenças de até -16% no ponto 15 em relação ao ponto zero (**Figura 48**).



Pontos \ Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	1	0	1	0	0	1	1	2	1	2	3	0	0	5	-1	1	1	0	1	7	1	1	1	3	1	2	2	2	1	0
Ponto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponto 3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-2	1	1	0	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	2	-5	-7	-3	-2	-3	-5	-3	-5	-2	-2
Ponto 4	-3	-5	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-4	-3	-3	-3	-7	-11	-8	-5	-4	-5	-5	1	-5	-12	-4	-3	-3	-6	-6	-7	-4	-2
Ponto 5	-4	-8	-5	-5	-3	-2	-2	-4	-6	-7	-7	-4	-10	-14	-5	-6	-4	-10	-10	-4	-14	-16	-7	-8	-4	-10	-8	-8	-4	-3
Ponto 6	-4	-8	-5	-7	-5	-3	-3	-4	-7	-11	-11	-5	-11	-12	-7	-9	-5	-11	-8	-5	-13	-13	-8	-9	-5	-10	-7	-9	-4	-5
Ponto 7	-1	-5	-1	0	-2	2	2	0	-1	-4	-5	0	-6	-7	-1	-1	-2	-6	-4	4	-9	-13	-4	-4	0	-6	-1	1	0	1
Ponto 8	2	0	1	1	2	1	1	1	-1	-3	-5	0	-5	-4	-6	-3	-3	-4	-6	-4	-8	-11	-3	-4	-3	-7	-4	-7	-2	-2
Ponto 9	-5	-3	-3	-4	-2	-3	-3	-2	-3	3	4	-2	0	7	-6	-3	-2	0	-4	5	0	1	2	-1	-4	-1	2	-5	-1	-3
Ponto 10	-5	-9	-6	-5	-5	-4	-4	-6	-10	-9	-11	-6	-10	-11	-9	-7	-5	-9	-12	-6	-13	-13	-7	-8	-6	-11	-6	-12	-6	-5
Ponto 11	-4	-5	-4	-4	-3	-1	-1	-2	-5	-5	-6	-2	-5	-6	-3	-3	0	-8	-4	-3	-5	-4	-1	0	-1	-7	-3	-5	0	0
Ponto 12	-4	-6	-3	-2	-3	-1	-1	-1	-4	-2	-3	-4	-6	-5	-7	-3	-4	-5	-6	3	-7	-11	-4	-3	-4	-5	-4	-5	-4	-3
Ponto 13	-8	-10	-6	-6	-5	-4	-4	-4	-5	-4	-7	-7	-6	-6	-12	-7	-6	-8	-10	-9	-14	-13	-6	-5	-7	-6	-5	-13	-6	-6
Ponto 14	-5	-7	-5	-5	-6	-4	-3	-4	-7	-5	-4	-7	-9	-6	-6	-6	-9	-6	-7	3	-6	-14	-4	-6	-6	-11	-6	-8	-4	-5
Ponto 15	-6	-7	-3	-4	-2	0	0	-2	-3	-6	-6	-6	-11	-8	-6	-2	-6	-13	-8	-1	-13	-15	-5	-7	-5	-11	-6	-16	-5	-5
Ponto 16	7	-1	5	6	1	4	3	2	2	-2	1	3	-5	-13	1	3	3	-7	-13	-15	-7	-7	1	-5	2	-3	0	-8	4	-3
Ponto 17	4	-2	7	5	5	4	4	3	1	5	2	2	0	-8	-2	5	-1	-12	5	-3	-6	-8	1	-7	1	-6	3	-6	3	0

Figura 48 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 15h

Nos pontos onde as temperaturas não se apresentaram de forma elevada às diferenças de umidade relativa do ar também não foram tão grandes, permanecendo entre +5% e -5% em aproximadamente 62% dos casos, entre -5% e -10% em 30% dos casos e entre -10% e -15% em 8% dos casos. Essa homogeneização foi visível nos primeiros dias do mês quando houve precipitação, sendo possível verificar apenas pequenas diferenças negativas entre os pontos 6, 10 e 13 em relação ao ponto 2 (zero).

9.5 - Temperatura e umidade relativa do ar às 21 horas

De acordo com a literatura referente aos estudos do clima urbano, o período noturno é o mais propício para a formação da ilha de calor, devido à elevada capacidade de absorção do calor pelas superfícies urbanas durante o dia, por meio da radiação solar, e pela capacidade de armazenamento e retenção do calor dos diferentes materiais construtivos, sobretudo, o asfalto, paredes de concreto, telhas de fibrocimento e por todas as superfícies impermeabilizadas encontradas na área urbana.

> Durante a noite, a superfície terrestre perde calor para a atmosfera, entretanto, a zona rural, pela sua configuração, é mais eficiente para perder calor por radiação e condução, enquanto os fluxos de energia nas áreas urbanas são muito mais complexos, devido aos obstáculos físicos construídos, à capacidade térmica dos materiais utilizados, a processos de reemissão, à poluição atmosférica e as partículas em suspensão. Todos esses fatores fazem com que a radiação permaneça por mais tempo no espaço urbano e, conseqüentemente este se manterá mais aquecido durante a noite em relação à zona rural. (UGEDA JUNIOR, 2011, p.82).

As transformações das superfícies naturais pelas superfícies urbanas provocam modificações no balanço de energia e geram alterações térmicas positivas nos espaços urbanos. Essas alterações foram visíveis nos dias com condições sinóticas estáveis, sem precipitação e com ventos fracos.

Deste modo, as temperaturas às 21 horas também apresentaram grande variação ao longo do mês, sobretudo, no que se referem aos dias com e sem precipitações. A temperatura máxima absoluta foi de 28,5°C no dia 14 (ponto 13) e a mínima de 19,5°C no dia 21 (ponto 2).

As diferenças entre os pontos não apresentaram valores muito elevados e seguiu o padrão dos horários anteriores, com temperaturas mais homogêneas nos primeiros dez dias do mês, com diferença máxima de apenas 2,4°C, registrada no dia 01. Nos dias em que não houve precipitação as diferenças foram maiores, com destaque para o dia 14 que apresentou variação entre 24,5°C (ponto 2) e 28,5°C (ponto 13), sob atuação da massa Tropical atlântica (**Gráfico 10**).

Os valores discrepantes foram identificados em 24 dias, todos referentes às temperaturas apresentadas pelo ponto 13. Isso mostra mais uma vez que o bairro da Estufa II se apresentou com a área mais quente da cidade em todos os horários analisados. Vale ressaltar que esse ponto está localizado a aproximadamente 2 km de distância do mar em um bairro de classe baixa, com terrenos pequenos, telhados de fibrocimento e com pouca

vegetação arbórea no entorno. Essas características formam condições propícias para o armazenamento do calor e manutenção das maiores diferenças em relação ao ponto zero localizado no ambiente rural, com grande densidade de vegetação arbórea.

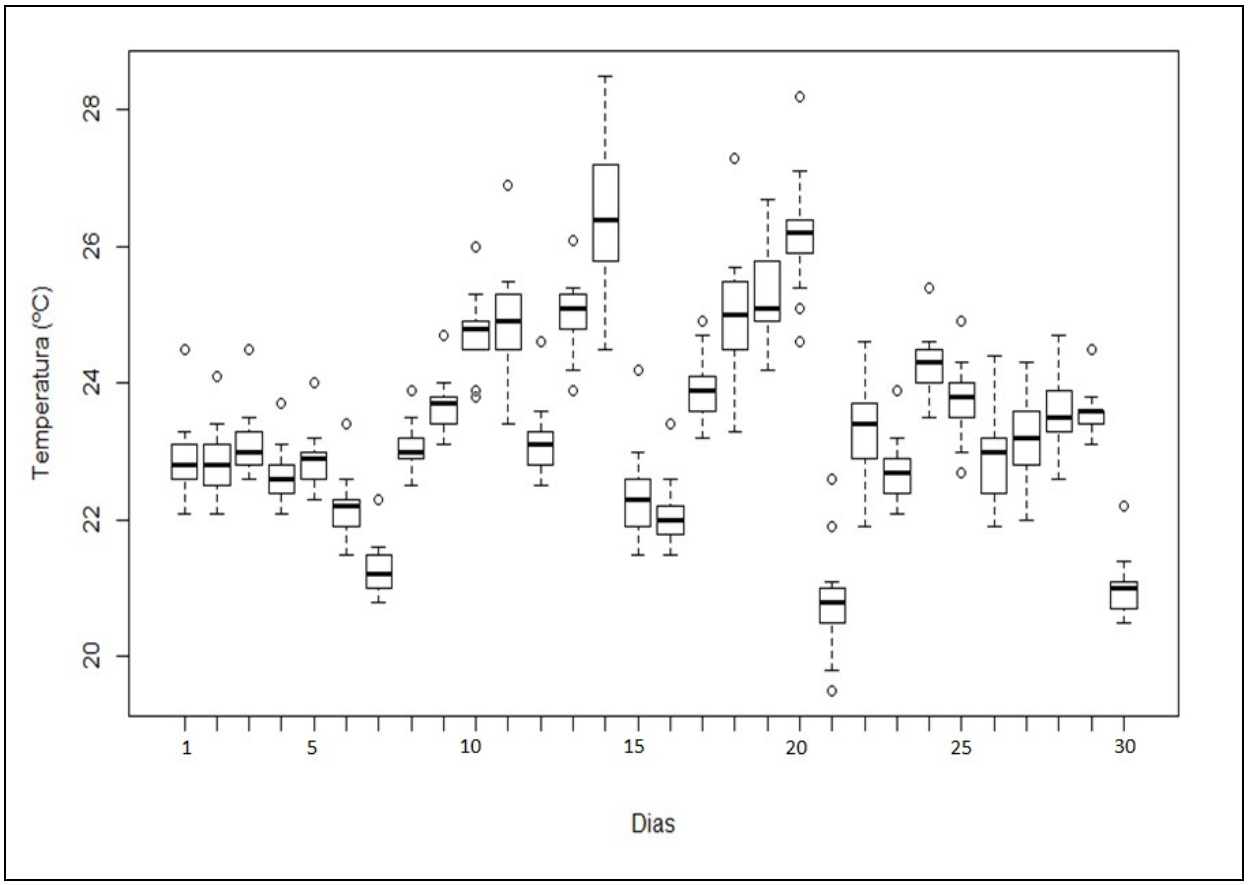
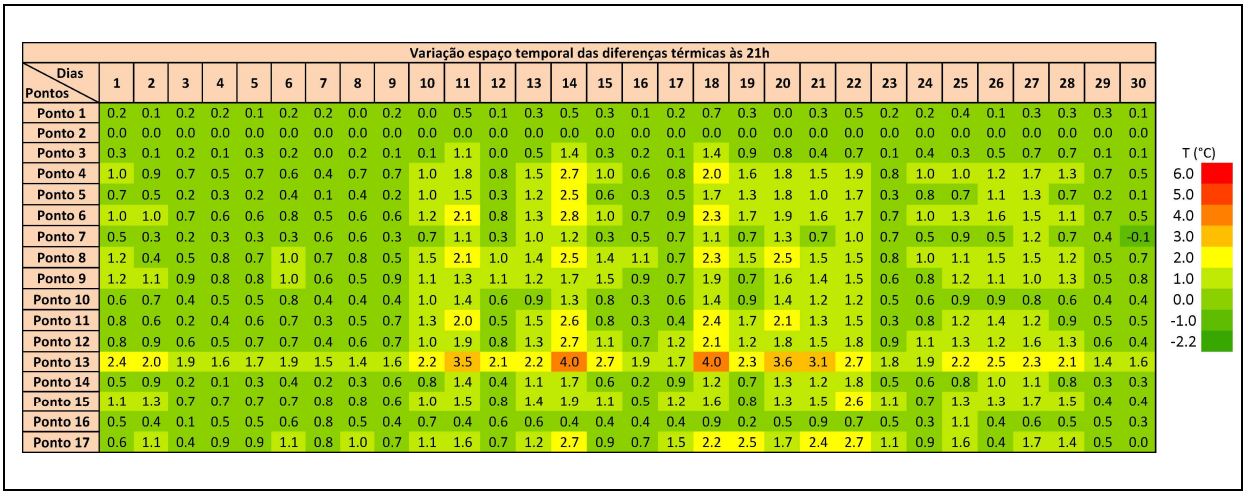


Gráfico 10 - Variabilidade das temperaturas absolutas do ar entre os pontos fixos às 21h

As diferenças térmicas chegaram aos 4°C apenas nos dias 14 e 18, ambos no ponto 13. Conforme citado anteriormente, o dia 14 esteve sob atuação da massa Tropical atlântica, com ventos provenientes do sudeste a 1,2 Km/h na estação do IAC (ponto 16) e com ventos provenientes de oeste a 1 Km/h na estação do IOUSP (ponto 17). Não houve precipitação no dia anterior e a cidade teve as temperaturas mais elevadas em todos os pontos em relação ao ponto zero.

O dia 18 esteve sob influência da massa Polar tropicalizada e as temperaturas variaram entre 23,3°C e 27,3°C às 21h. Na estação do IAC os ventos foram provenientes do quadrante leste com 1,1 Km/h e na estação do IOUSP os ventos foram provenientes de oeste com velocidade de 0,6 Km/h. Não houve precipitação e as temperaturas nas áreas centrais também foram superiores a 2°C, sobretudo nos pontos 4, 6 e 8 (**Figura 49**).



Variação espaço temporal das diferenças térmicas às 21h

Pontos \ Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.5	0.1	0.3	0.5	0.3	0.1	0.2	0.7	0.3	0.0	0.3	0.5	0.2	0.2	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1
Ponto 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ponto 3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	1.1	0.0	0.5	1.4	0.3	0.2	0.1	1.4	0.9	0.8	0.4	0.7	0.1	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	0.1	0.1
Ponto 4	1.0	0.9	0.7	0.5	0.7	0.6	0.4	0.7	0.7	1.0	1.8	0.8	1.5	2.7	1.0	0.6	0.8	2.0	1.6	1.8	1.5	1.9	0.8	1.0	1.0	1.2	1.7	1.3	0.7	0.5
Ponto 5	0.7	0.5	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	0.4	0.2	1.0	1.5	0.3	1.2	2.5	0.6	0.3	0.5	1.7	1.3	1.8	1.0	1.7	0.3	0.8	0.7	1.1	1.3	0.7	0.2	0.1
Ponto 6	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	0.6	1.2	2.1	0.8	1.3	2.8	1.0	0.7	0.9	2.3	1.7	1.9	1.6	1.7	0.7	1.0	1.3	1.6	1.5	1.1	0.7	0.5
Ponto 7	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.7	1.1	0.3	1.0	1.2	0.3	0.5	0.7	1.1	0.7	1.3	0.7	1.0	0.7	0.5	0.9	0.5	1.2	0.7	0.4	-0.1
Ponto 8	1.2	0.4	0.5	0.8	0.7	1.0	0.7	0.8	0.5	1.5	2.1	1.0	1.4	2.5	1.4	1.1	0.7	2.3	1.5	2.5	1.5	1.5	0.8	1.0	1.1	1.5	1.5	1.2	0.5	0.7
Ponto 9	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	1.0	0.6	0.5	0.9	1.1	1.3	1.1	1.2	1.7	1.5	0.9	0.7	1.9	0.7	1.6	1.4	1.5	0.6	0.8	1.2	1.1	1.0	1.3	0.5	0.8
Ponto 10	0.6	0.7	0.4	0.5	0.5	0.8	0.4	0.4	0.4	1.0	1.4	0.6	0.9	1.3	0.8	0.3	0.6	1.4	0.9	1.4	1.2	1.2	0.5	0.6	0.9	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4
Ponto 11	0.8	0.6	0.2	0.4	0.6	0.7	0.3	0.5	0.7	1.3	2.0	0.5	1.5	2.6	0.8	0.3	0.4	2.4	1.7	2.1	1.3	1.5	0.3	0.8	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.5
Ponto 12	0.8	0.9	0.6	0.5	0.7	0.7	0.4	0.6	0.7	1.0	1.9	0.8	1.3	2.7	1.1	0.7	1.2	2.1	1.2	1.8	1.5	1.8	0.9	1.1	1.3	1.2	1.6	1.3	0.6	0.4
Ponto 13	2.4	2.0	1.9	1.6	1.7	1.9	1.5	1.4	1.6	2.2	3.5	2.1	2.2	4.0	2.7	1.9	1.7	4.0	2.3	3.6	3.1	2.7	1.8	1.9	2.2	2.5	2.3	2.1	1.4	1.6
Ponto 14	0.5	0.9	0.2	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.6	0.8	1.4	0.4	1.1	1.7	0.6	0.2	0.9	1.2	0.7	1.3	1.2	1.8	0.5	0.6	0.8	1.0	1.1	0.8	0.3	0.3
Ponto 15	1.1	1.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	1.0	1.5	0.8	1.4	1.9	1.1	0.5	1.2	1.6	0.8	1.3	1.5	2.6	1.1	0.7	1.3	1.3	1.7	1.5	0.4	0.4
Ponto 16	0.5	0.4	0.1	0.5	0.5	0.6	0.8	0.5	0.4	0.7	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.9	0.2	0.5	0.9	0.7	0.5	0.3	1.1	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3
Ponto 17	0.6	1.1	0.4	0.9	0.9	1.1	0.8	1.0	0.7	1.1	1.6	0.7	1.2	2.7	0.9	0.7	1.5	2.2	2.5	1.7	2.4	2.7	1.1	0.9	1.6	0.4	1.7	1.4	0.5	0.0

Figura 49 - Variação espaço temporal das diferenças térmicas nos pontos fixos às 21h

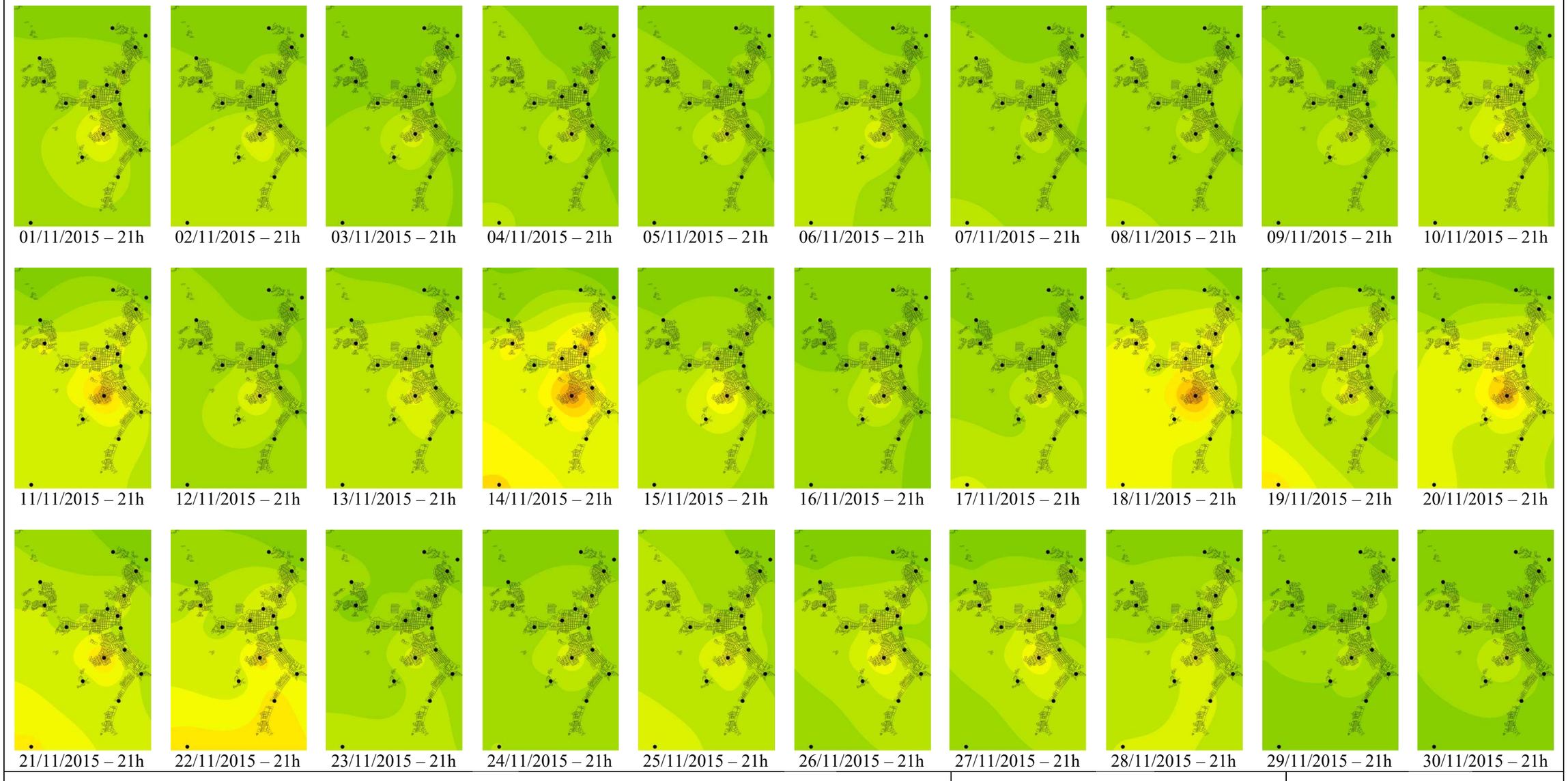
De acordo com as interpolações foi possível visualizar que outros dias (11, 19, 20, 21 e 22) também apresentaram diferenças térmicas na área central em relação ao ponto zero, variando entre 1,5°C e 2,5°C.

De modo geral, percebeu-se nestes dias, que os pontos localizados ao norte (1, 2 e 3) e o ponto localizado a oeste (16 - horto florestal), apresentaram as menores temperaturas, durante o período da noite. Isso ocorreu devido a grande quantidade de cobertura vegetal no entorno dos pontos que favoreceram a diminuição das temperaturas de forma mais rápida do que nos pontos localizados na área densamente construída (**Prancha 8**).

O ponto 14 localizado no bairro-praia do Tenório, caracterizado por um bairro de classe alta com padrão construtivo elevado e com presença de vegetação arbórea nas ruas e jardins, não apresentou temperaturas elevadas, permanecendo sempre 1°C, 2°C ou até 3°C de diferença negativa em relação ao ponto mais quente (ponto 13). A maior diferença em relação ao ponto zero ocorreu no dia 18 atingindo 1,8°C. Durante 22 dias do mês as diferenças não foram superiores a 1°C.

Durante a noite, não foi possível estabelecer relações do deslocamento da ilha de calor urbana em relação aos efeitos da brisa marítima, isso devido ao fato das estações meteorológicas localizadas nos pontos 16 e 17, possuírem interferências e características próprias de suas localizações.

A estação do IAC está encaixada no grande vale com posição S-N próxima a serra do mar e cercada por vegetação. A estação do IOUSP está distante da área central, próxima a praia e consegue captar de forma mais efetiva os efeitos da brisa de vertente, pois está localizada ao lado de um grande morro de aproximadamente 435 metros de altitude.



Prancha 8 - Espacialização da diferença da temperatura do ar por meio dos pontos fixos às 21h

A média das diferenças térmicas às 21 horas variou entre 0°C e 2,3°C, sendo que os pontos 1, 3, 5, 7, 10, 14 e 16 apresentaram diferenças médias menores do que 1°C, os pontos 4, 6, 8, 9, 15 e 17 apresentaram diferenças médias entre 1°C e 1,5°C e o ponto 13 apresentou diferença média de 2,3°C. Espacialmente essa configuração apresenta as temperaturas mais elevadas na área central com destaque para o ponto 13 e também uma elevação nas temperaturas nos pontos próximos ao mar, durante a noite.

A umidade relativa do ar às 21 horas também se apresentou de forma elevada. Neste caso, os menores valores de umidade relativa ar registrada foi de 76% no dia 14 (ponto 13) e a máxima foi de 99% no ponto 16, registrada no dia 05 (**Gráfico 11**).

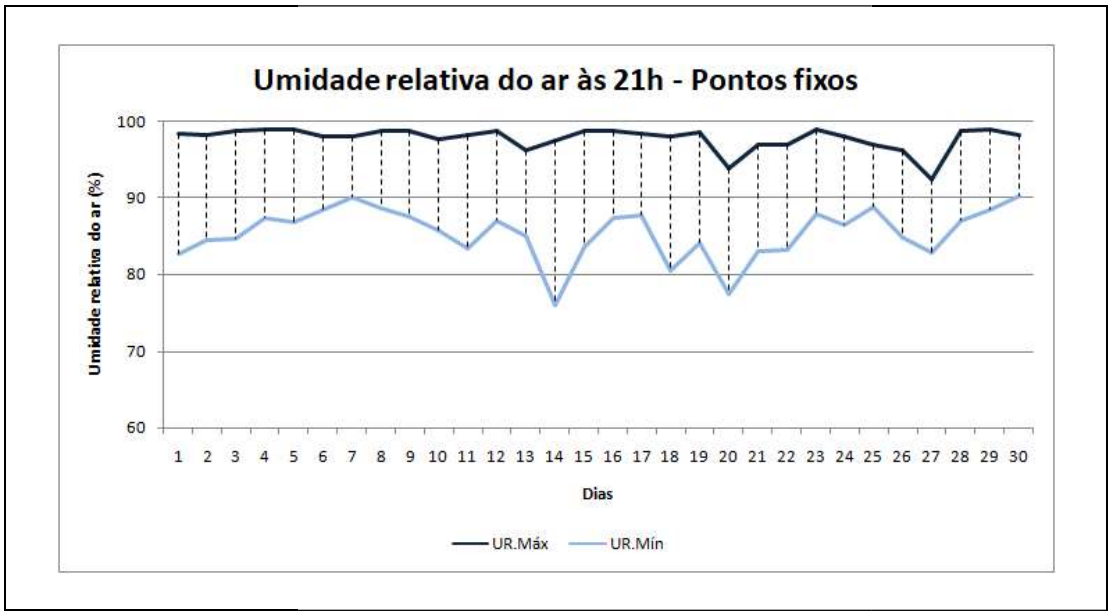
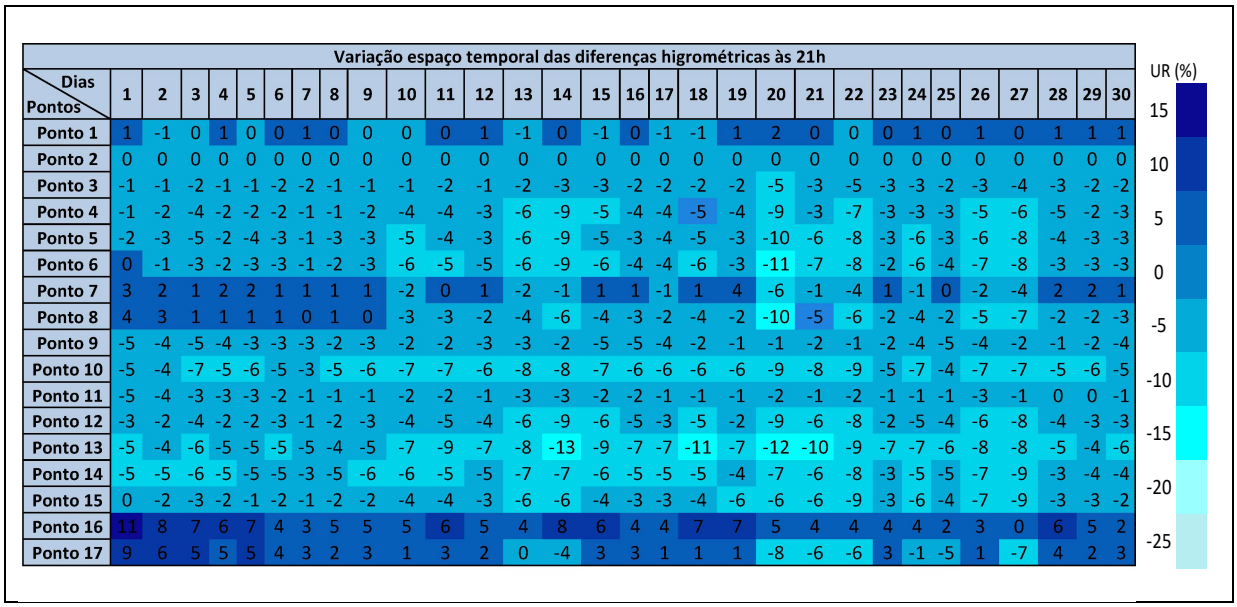


Gráfico 11 - Umidade relativa do ar às 21h nos pontos fixos - Máximas e Mínimas

Novamente todos os dias apresentaram valores máximos de umidade relativa do ar superiores a 90%. Sendo 28 dias registrados no ponto 16 (horto florestal) e 2 dias registrados no ponto 17 (IOUSP). Esses valores mostraram a importância da vegetação para manutenção da umidade relativa elevada, diretamente associadas a diminuição das temperaturas nestes locais.

As diferenças diárias da umidade relativa do ar foram mais acentuadas nos dias com as maiores diferenças de temperaturas do ar, ocorrendo nos dias 14, 18, 20 e 21. Todos esses dias apresentaram diferenças higrométricas entre -10% e -13% e todas elas foram registradas no ponto 13 (**Figura 50**).



Variação espaço temporal das diferenças higrométricas às 21h

Pontos \ Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ponto 1	1	-1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	-1	0	-1	0	-1	-1	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
Ponto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponto 3	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-5	-3	-5	-3	-3	-2	-3	-4	-3	-2	-2
Ponto 4	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-4	-4	-3	-6	-9	-5	-4	-4	-5	-4	-9	-3	-7	-3	-3	-3	-5	-6	-5	-2	-3
Ponto 5	-2	-3	-5	-2	-4	-3	-1	-3	-3	-5	-4	-3	-6	-9	-5	-3	-4	-5	-3	-10	-6	-8	-3	-6	-3	-6	-8	-4	-3	-3
Ponto 6	0	-1	-3	-2	-3	-3	-1	-2	-3	-6	-5	-5	-6	-9	-6	-4	-4	-6	-3	-11	-7	-8	-2	-6	-4	-7	-8	-3	-3	-3
Ponto 7	3	2	1	2	2	1	1	1	1	-2	0	1	-2	-1	1	1	-1	1	4	-6	-1	-4	1	-1	0	-2	-4	2	2	1
Ponto 8	4	3	1	1	1	1	0	1	0	-3	-3	-2	-4	-6	-4	-3	-2	-4	-2	-10	-5	-6	-2	-4	-2	-5	-7	-2	-2	-3
Ponto 9	-5	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-3	-2	-2	-3	-3	-2	-5	-5	-4	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-4	-5	-4	-2	-1	-2	-4
Ponto 10	-5	-4	-7	-5	-6	-5	-3	-5	-6	-7	-7	-6	-8	-8	-7	-6	-6	-6	-6	-9	-8	-9	-5	-7	-4	-7	-7	-5	-6	-5
Ponto 11	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-3	-3	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-3	-1	0	0	-1
Ponto 12	-3	-2	-4	-2	-2	-3	-1	-2	-3	-4	-5	-4	-6	-9	-6	-5	-3	-5	-2	-9	-6	-8	-2	-5	-4	-6	-8	-4	-3	-3
Ponto 13	-5	-4	-6	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-7	-9	-7	-8	-13	-9	-7	-7	-11	-7	-12	-10	-9	-7	-7	-6	-8	-8	-5	-4	-6
Ponto 14	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-3	-5	-6	-6	-5	-5	-7	-7	-6	-5	-5	-5	-4	-7	-6	-8	-3	-5	-5	-7	-9	-3	-4	-4
Ponto 15	0	-2	-3	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-4	-4	-3	-6	-6	-4	-3	-3	-4	-6	-6	-6	-9	-3	-6	-4	-7	-9	-3	-3	-2
Ponto 16	11	8	7	6	7	4	3	5	5	5	6	5	4	8	6	4	4	7	7	5	4	4	4	4	2	3	0	6	5	2
Ponto 17	9	6	5	5	5	4	3	2	3	1	3	2	0	-4	3	3	1	1	1	-8	-6	-6	3	-1	-5	1	-7	4	2	3

Figura 50 - Variação espaço temporal das diferenças higrométricas nos pontos fixos às 21h

Em todos os dias do mês, apenas nos pontos 1, 7, 8, 16 e 17 apresentaram diferenças positivas em relação ao ponto 2 (zero), configurando como as áreas mais úmidas da cidade, relacionadas a presença de vegetação e a proximidade com o mar. Entretanto, mesmo que as diferenças higrométricas tenham sido pequenas, ainda foi possível identificar a áreas mais secas bem definidas na região central da cidade nos dias 14, 18, 20 e 21 (pontos 4, 5 e 6).

9.6 - Síntese das diferenças térmicas e higrométricas por meio dos pontos fixos

A área de estudo apresenta características próprias, o que eleva o grau de complexidade do ambiente. Tais complexidades, associadas às alterações na paisagem causadas pela introdução das áreas edificadas, redução das áreas com vegetação no intraurbano e incorporação das encostas preservadas da serra do mar junto à malha urbana, tem capacidade para alterar o clima na escala local, sobretudo, em dias com condições atmosféricas estáveis.

De modo geral, não foi possível identificar ilhas de calor tão expressivas e definidas como as encontradas na literatura e nos trabalhos de clima urbano desenvolvidos nas cidades interioranas do Brasil. A zona costeira apresentou variações térmicas e higrométricas bastante próprias em diversas horas do dia, variando de acordo com a trajetória aparente do sol, com a orientação da vertente, o efeito sombra natural e artificial, bem como as características do uso e ocupação da terra no entorno de cada ponto analisado.

Outro elemento indispensável para os estudos de clima urbano nas cidades litorâneas se refere às análises das brisas marítimas e terrestres, e no caso da cidade em questão, as brisas de vale e de montanha. As últimas, em muitos casos, não são possíveis de serem mensuradas devido à falta de equipamentos numa escala fina de detalhes.

Diversas questões podem ser levantadas em relação à intensidade das ilhas de calor apresentadas na área de estudo, sobretudo, questões ligadas à interferência na qualidade de vida das pessoas que são diretamente afetadas nas áreas mais quentes da cidade. Principalmente a população economicamente desfavorecida que habitam nos bairros da Estufa II (ponto 13), Seis Marias (ponto 9), Perequê-açu (ponto 3), Ipiranguinha (ponto 11) e entre outros, que em muitos casos não possuem condições financeiras e materiais para amenizar o calor por meio da artificialização com a utilização do ar condicionado ou pela substituição e utilização de materiais construtivos mais adequados.

Áreas com padrões construtivos mais elevados, terrenos grandes e com presença de vegetação arbórea no entorno, como o caso do ponto 14, localizado no bairro-praia do Tenório, apresentaram temperaturas mais amenas em diversas horas do dia, sobretudo, durante a noite, mostrando a importância da vegetação na área urbana para a redução das temperaturas na escala local.

Por fim, mesmo que os ambientes externos não apresentem diferenças térmicas significativas, tem que se levar em consideração a utilização dos diferentes tipos de materiais construtivos, pois as maiores diferenças podem estar localizadas no interior das residências.

10 - CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

Devido às particularidades da área de estudo localizada na zona costeira, um dos principais elementos que devem ser analisados com o maior nível de detalhe se refere a circulação do ar na escala local, notadamente marcada pelas brisas marítimas e terrestres geradas pela diferença do gradiente de pressão terra-mar.

O ar se desloca das zonas de alta pressão para as zonas de baixa pressão e sofrem influências de diversos fatores, como a maior ou menor incidência de radiação solar que aquece as superfícies de formas diferenciadas, a latitude, a força de Coriolis devido ao movimento de rotação da terra, as características do relevo e também pela rugosidade da superfície causada pela cidade (TUBELIS e NASCIMENTO, 1984 apud MUNHOZ e GARCIA, 2008; BURGARD, 2011; OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

As brisas marítimas favorecem o surgimento de alguns tipos de tempo próprios das zonas costeiras e são fortemente influenciadas pela interface oceano-atmosfera-continente. Estes tipos de tempo particulares são relativamente frescos, úmidos, em dias ensolarados e apresentam inúmeras repercussões sobre as atividades humanas. As condições favoráveis ao desenvolvimento da brisa marítima estão ligadas ao aquecimento diurno rápido do continente, enquanto que a temperatura da superfície do mar no mesmo período é praticamente constante (DUBREUIL, 2004).

O contraste de calor entre o mar e a terra resulta em um gradiente de temperatura sobre essas superfícies de acordo com as diferentes propriedades do balanço de energia das áreas continentais e aquáticas. O mar é um fluido em movimento contínuo e possui maior capacidade térmica, neste caso, qualquer aquecimento ou resfriamento são distribuídos a uma profundidade considerável e, portanto, o aumento ou a diminuição da temperatura da superfície da água ocorre de forma menos brusca do que as variações de temperaturas no continente que possui menor condutividade e aquece e resfria rapidamente (ABBS e PHYSICK, 1992 *apud* CORPETTI e PLANCHON, 2011; BONNARDOT et al. 2001; BENLEFKI et al. 2015).

Essas diferenças de temperatura na escala local resultam em uma variação da pressão atmosférica, formando um gradiente de pressão horizontal na camada inferior da atmosfera desenvolvendo o sistema de brisas. O fluxo de vento do mar em direção ao continente durante o dia é conhecido como brisa do mar e o fluxo contrário do continente para o mar durante a noite é conhecido como brisa terrestre (BONNARDOT, 2001; CARREGA, 2008).

A célula de circulação da brisa marítima começa nas primeiras horas do dia e se expande para a terra. De acordo com Corpetti e Planchon (2011) na costa de muitos países tropicais quentes, onde o gradiente de pressão ocorre de forma constante, a chegada da brisa marítima pode ser esperada regularmente todos os dias ao mesmo tempo, sendo que a sua extensão vertical geralmente é maior em áreas tropicais do que nas zonas temperadas. Em climas tropicais, com uma alternância entre períodos chuvosos e secos, o período seco é a estação ensolarada e a mais favorável para a brisa marítima.

Quando a brisa marítima penetra no interior, o efeito sobre os elementos do clima podem ser bem marcantes. A brisa marítima geralmente é acompanhada pela diminuição da temperatura do ar, aumento da umidade relativa e pelas variações na direção e aumento velocidade do vento.

A maior intensidade de aquecimento continental durante o dia e a menor influência da força de Coriolis nas latitudes intertropicais favorecem, quando o relevo permite, a maior penetração da brisa marítima para o interior do continente (DUBREUIL, 2004).

A existência da brisa marítima pode ser muitas vezes deduzida pelo desenvolvimento de uma faixa de nebulosidade que ocorre na parte ascendente da circulação. Esse limite é conhecido como frente da brisa marítima, uma descontinuidade espacial e atmosférica de mesoescala marcando um contraste termodinâmico que separa o ar mais quente do continente do ar mais frio do mar. O ar marinho mais denso, estável e fresco eleva o ar continental mais quente e instável, ativando a convecção no nível da frente da brisa e permite a formação de uma linha de nuvens do tipo cumuliforme, paralela à costa e impulsionada para o interior (MUSK, 1988; DUBREUIL, 2004; CORPETTI E PLANCHON, 2011).

Na área de estudo pode-se observar dois fenômenos interessantes (**Figura 51**), o primeiro é a formação da frente da brisa marítima causada pelos contrastes térmicos terra-mar gerando a condensação do ar e formando uma faixa nebulosa sobre todo o Litoral Norte do Estado. O segundo se refere a interferência de um dos principais fatores geográficos da região, a Serra do Mar. As escarpas íngremes da Serra do Mar constituem barreiras aos fluxos atmosféricos e intensificam a ação oceânica nas vertentes à barlavento. As altitudes elevadas que atingem os 1.600 metros bloqueiam as passagens das nuvens, diminuindo a área de abrangência de penetração da brisa marítima e intensificam os efeitos orográficos na região (CONTI, 1975).

Diversos trabalhos já foram realizados com o intuito de caracterizar a direção predominante do vento no Estado de São Paulo. Para Monteiro (1976b) enquanto a região sul do Estado exibe a predominância dos ventos de sudeste, o Vale do Paraiba, a Mantiqueira e a

parte norte do Estado são mais afetados pelos ventos de nordeste. O litoral norte devido a sua posição longitudinal e pelas fortes influências da massa Tropical atlântica e aos efeitos das brisas marítimas, apresenta direção predominante do vento proveniente de sudeste (CONTI, 1975; MONTEIRO, 1976b)

a) Imagem Landsat 8 - 06/01/2016



b) Imagem Landsat 8 - 15/10/2014

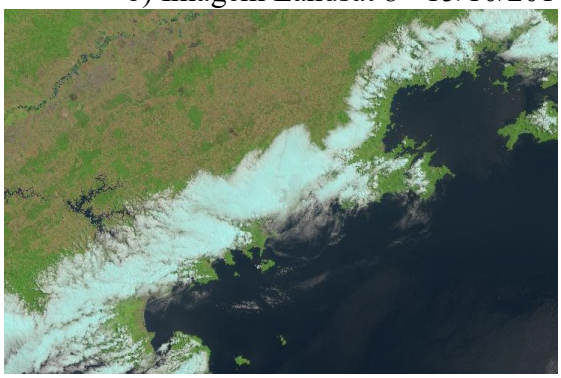


Figura 51 - Bloqueio causado pela Serra do Mar e formação de nuvens sobre o litoral norte
Fonte: United States Geological Survey

Entretanto, a direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, em função dos diversos fatores que influenciam no clima pelas características geográfica da região. A rugosidade da superfície marcadas pela cidade, vegetação, relevo e as diferentes estações do ano interferem de forma bastante significativa nas características do vento na área de estudo (VENDRAMINI, 1986 *apud* MUNHOZ e GARCIA, 2008)

Deste modo, foi proposto neste capítulo evidenciar algumas dessas características particulares na região ao longo do ano de 2015 e, posteriormente, focar a análise no mês de novembro, quando foram realizadas as coletas dos dados de temperatura com os pontos fixos e transectos móveis. Para tanto, foram utilizadas os dados horários de direção e velocidade do vento das duas estações meteorológicas instaladas no município de Ubatuba (IAC e IOUSP).

Conforme citado anteriormente as duas estações estão localizadas em áreas com características bastante peculiares. A estação do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) localiza-se no horto florestal, próximo a Serra do Mar em um vale encaixado Norte-Sul, cercado por grandes paredões com elevados níveis altimétricos. A estação do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) localiza-se próximo ao mar em uma estreita planície costeira, marcada pela presença de uma grande escarpa de 324 metros de altitude ao norte (**Figura 52**).

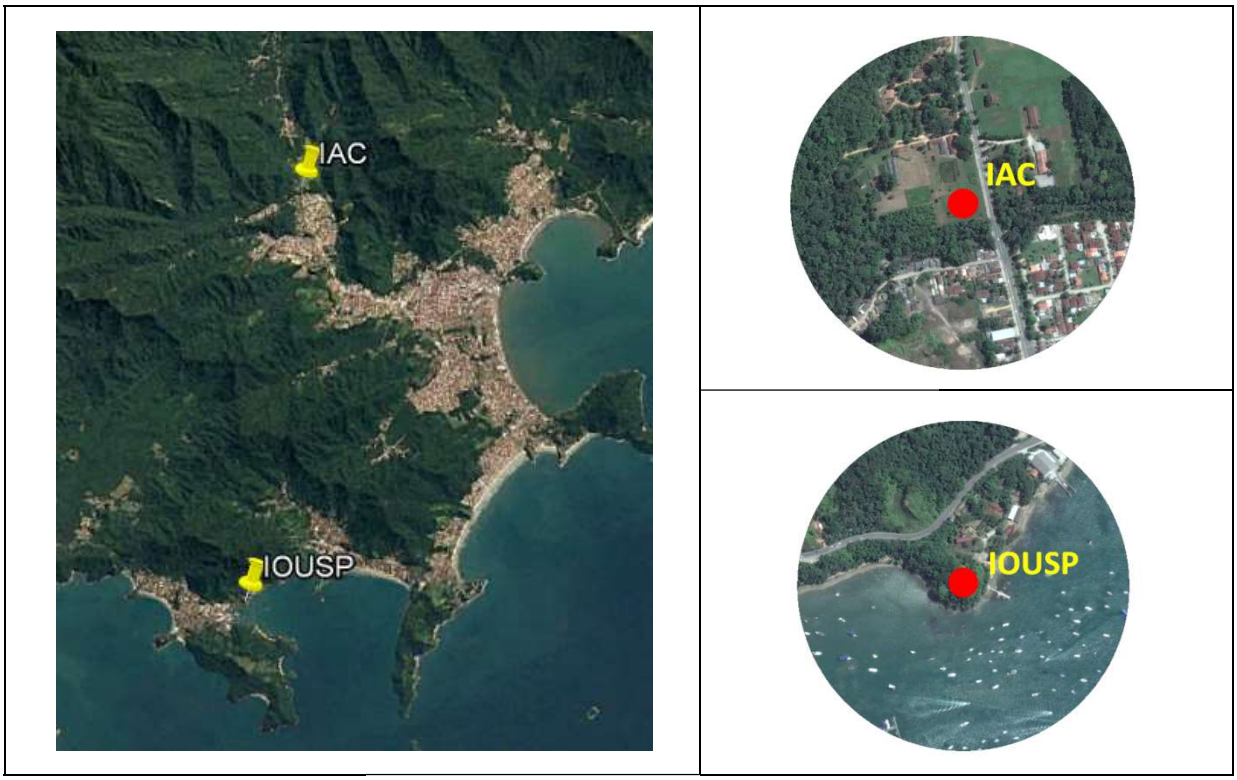


Figura 52 - Localização das estações IAC e IOUSP

De acordo com o **Quadro 10** verificou-se que os meses com as maiores velocidades do vento não ocorreram da mesma forma nas duas estações. Na estação do IAC as maiores velocidades do vento, superiores a 20 km/h, foram registradas nos meses de agosto, setembro e outubro, enquanto que na estação do IOUSP as velocidades superiores a 20 km/h foram atingidas em sete meses devido a sua localização a beira mar. Neste caso, é valido ressaltar que mesmo estando mais exposta, a estação do IOUSP está localizada em uma pequena enseada cercada pelos espigões da Serra do Mar que terminam diretamente no oceano e formam uma barreira física que podem minimizar os fluxos diretos de leste e sul.

De acordo com a velocidade média do vento, não houve um padrão em relação às duas estações meteorológicas e também em relação aos meses do ano. Tendo em vista que o movimento advectivo do ar ocorre das áreas de alta para as baixa de pressão, a velocidade do vento por sua vez também é controlada pelo gradiente de pressão. Assim, quanto maior for o gradiente, mais veloz será o vento (MENDONÇA e DANI-OLIVEIRA, 2007).

As variações na velocidade média do vento podem estar relacionadas à localização do município na faixa de transição entre os sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais e sofrem influência dos sistemas frontais, além das características do relevo que pode canalizar o maior fluxo de ventos para algumas áreas da cidade. Deste modo, determinadas condições sinóticas podem gerar maiores instabilidades e consequentemente ventos mais fortes ou

também apresentarem condições favoráveis para a formação de brisas marítimas com velocidades mais acentuadas.

Quadro 10 - Velocidade do vento em Ubatuba (Km/h) - 2015 – IAC e IOUSP

Meses	Velocidade do vento - 2015					
	IAC			IOUSP		
	Máximo	**Mínimo**	**Média**	**Máximo**	**Mínimo**	**Média**
Jan	14,2	0,7	3,9	17,6	0,0	4,0
Fev	12,3	0,7	3,0	24,7	0,0	4,2
Mar	11,3	0,7	2,7	24,3	0,0	3,9
Abr	17,0	0,8	2,9	23,8	0,0	4,0
Mai	11,9	1,0	2,6	18,1	0,0	3,1
Jun	17,6	0,7	2,9	20,3	0,0	3,1
Jul	19,4	1,0	2,7	13,8	0,0	2,7
Ago	22,1	1,0	3,2	21,3	0,0	3,6
Set	26,8	1,0	3,7	17,9	0,0	3,8
Out	22,1	1,0	3,8	23,0	0,0	4,9
Nov	13,8	1,0	3,4	19,7	0,0	3,8
Dez	14,1	0,7	3,5	20,2	0,0	3,9

A direção predominante do vento foi caracterizada por meio da análise de frequência das observações horárias, para cada um dos doze meses do ano, utilizando-se a **Equação 12**:

$$f(x) = \left(\frac{n}{N}\right).100 \qquad (12)$$

Onde:

f(x) é a frequência de ocorrência do vento em uma determinada direção;

n é o numero de ocorrências de uma determinada direção;

N é o número total de observações.

Os resultados estão apresentados em porcentagem no **Quadro 11** para a estação do IAC e **Quadro 12** para a estação do IOUSP. Como pode-se observar as duas estações apresentaram diferenças significativas em relação a direção do vento no ano de 2015. Na estação do IAC as direções predominantes foram provenientes de Sudeste (34%), Leste (29%) e Sul (17%). Enquanto que na estação do IOUSP as direções predominantes foram Oeste (34%), Leste (28%) e Nordeste (14%). A representação gráfica da frequência da direção predominante do vento para o ano de 2015 foi apresentado na **Figura 53**.

Quadro 11 - Frequência da direção do vento em Ubatuba-SP (%) - 2015 - Estação IAC

Meses	Direção do vento (%) - IAC - 2015							
	N	**NE**	**L**	**SE**	**S**	**SO**	**O**	**NO**
Jan	3,1	12,8	26,8	15,6	16,8	20,5	3,0	1,5
Fev	3,6	14,6	30,2	19,9	17,1	11,2	1,9	1,5
Mar	3,1	13,0	31,0	21,2	20,2	6,9	1,9	2,7
Abr	1,7	8,2	30,5	27,3	21,0	8,7	1,3	1,3
Mai	0,0	3,1	37,5	38,2	19,1	1,7	0,4	0,0
Jun	2,9	13,9	37,5	13,2	13,6	10,1	5,8	2,9
Jul	0,0	2,6	39,9	48,3	8,8	0,4	0,0	0,0
Ago	0,0	0,7	44,8	48,8	5,5	0,3	0,0	0,0
Set	0,0	1,1	23,9	62,0	12,1	0,7	0,0	0,1
Out	0,0	0,1	21,7	59,7	17,2	1,2	0,0	0,0
Nov	0,0	1,3	16,7	35,6	38,2	7,1	1,1	0,1
Dez	3,2	10,9	18,3	18,5	21,0	21,5	4,2	2,4
2015	1,5	6,8	29,9	34,0	17,5	7,5	1,6	1,1

Quadro 12 - Frequência da direção do vento em Ubatuba-SP (%) - 2015 - Estação IOUSP

Meses	Direção do vento (%) - IOUSP - 2015							
	N	**NE**	**L**	**SE**	**S**	**SO**	**O**	**NO**
Jan	5,6	10,5	33,2	4,0	2,0	6,0	32,1	6,3
Fev	5,7	10,0	31,3	3,3	1,2	5,2	35,2	7,9
Mar	7,3	11,3	30,6	2,6	1,3	5,1	34,0	7,3
Abr	3,8	10,8	26,9	4,2	0,7	6,3	40,4	6,7
Mai	6,7	13,7	20,6	2,7	0,9	5,0	40,2	9,9
Jun	7,9	21,1	18,6	1,9	0,4	3,2	39,9	6,4
Jul	5,0	16,8	19,1	1,9	1,1	5,5	43,1	6,7
Ago	5,8	13,8	32,4	1,9	0,4	4,6	34,1	6,6
Set	5,0	16,6	28,2	3,1	1,7	8,3	30,8	6,1
Out	6,6	14,5	29,5	4,0	1,7	8,9	28,6	5,5
Nov	6,3	12,9	34,0	5,4	2,5	6,8	24,4	4,4
Dez	4,6	16,4	35,9	4,3	1,6	5,9	25,8	5,0
2015	5,8	14,1	28,3	3,3	1,3	5,9	34,0	6,6

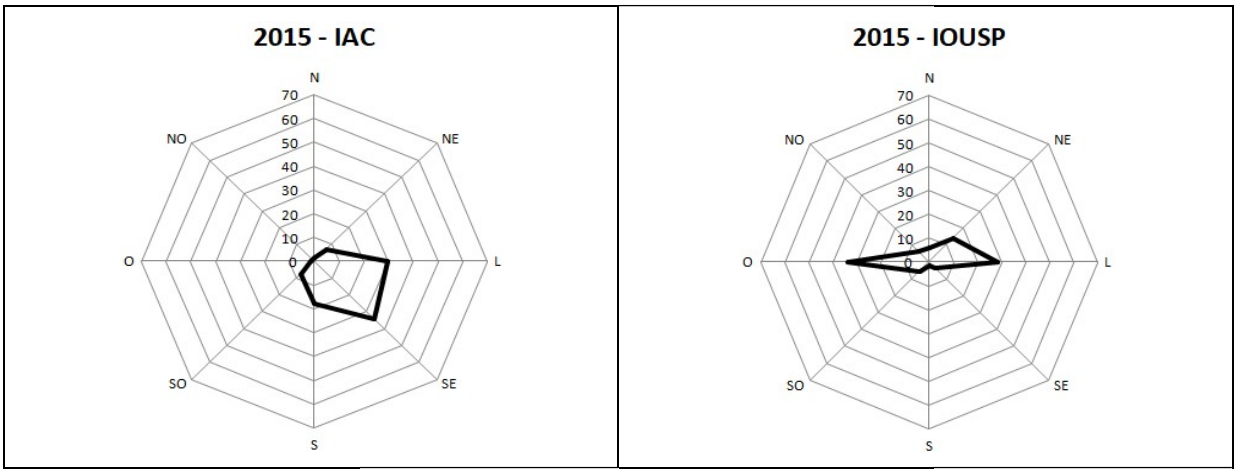


Figura 53 - Frequência anual da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estações IAC e IOUSP

A predominância dos ventos do quadrante Sudeste na estação do IAC está diretamente relacionado à localização da estação meteorológica. Conforme citado anteriormente a mesma localiza-se no vale encaixado Norte-Sul cercada pelas vertentes íngremes da Serra do Mar. Neste caso, o vento proveniente de todo o quadrante Sul e Leste permanece canalizado até chegar às proximidades da estação. Os ventos provenientes dos quadrantes Oeste, Noroeste, Norte e Nordeste, representaram menos de 11% da frequência total dos ventos horários no ano de 2015. Esses valores podem ser interpretados como uma baixa frequência de registro dos movimentos do ar causados pela brisa terrestre na estação.

A estação do IOUSP apresentou uma particularidade bastante significativa onde as duas direções predominantes do vento são representadas por quadrantes opostos Oeste e Leste. A estação apresentou baixas frequências de ventos provenientes de todo o quadrante Sul devido ao bloqueio causado pelos espigões localizados ao Sul da região.

De acordo com as diferenças da direção predominante do vento entre as duas estações e nas suas particularidades apresentadas, foram elaborados as representações gráficas das variações horárias dos ventos para ambas estações em quatro períodos do dia: madrugada (0h às 6h), manhã (7h às 12h), tarde (13h às 18h) e noite (19h às 23h). Os períodos foram escolhidos com o intuito de identificar a ocorrência dos fenômenos da brisa marítima e brisa terrestre na área de estudo (**Figura 54**).

A estação do IAC não apresentou diferenças significativas entre os períodos do dia e pouca variação em relação ao total anual. O período da madrugada foi caracterizado pelas predominâncias nas direções Leste (44%) e Sudeste (33%). Durante o período da manhã, as direções predominantes foram provenientes de Sudeste (34%), Leste (27%) e Sul (22%). À tarde, ocorreu o aumento das direções do quadrante Sudeste (31%), Sul (26%) e Leste (16%), seguido de Sudoeste (15%). No período da noite, os ventos predominantes foram novamente de Sudeste (39%) e Leste (30%). De modo geral, mesmo nos diferentes períodos do dia as canalizações dos ventos ocasionada pela interferência do relevo foram predominantes do quadrante Sudeste, enquanto que os ventos do quadrante Oeste, Noroeste e Norte foram bastante pequenos e não passaram de 2% na maioria dos casos.

Neste caso, pode-se constatar que as ocorrências das brisas terrestres foram pequenas na estação do IAC. Entretanto, a estação também sofre influência das brisas de vale e de montanha que possuem características semelhantes a das brisas marítimas e terrestres e se formam de acordo com o aquecimento diferencial entre as superfícies das encostas e os fundos de vales. Durante o dia, as encostas dos vales permanecem mais expostas à radiação e aquecem com mais intensidade desenvolvendo o gradiente de pressão relativamente fraco,

fazendo com que os ventos se movimentem vale acima, gerando as brisas de vale (movimento anabático). Durante a noite, o gradiente de pressão se inverte devido ao resfriamento mais acentuado das encostas dos vales, neste caso, o ar mais frio e denso escoa pelas escarpas da serra para os vales, gerando a brisa de montanha (movimentos catabáticos) (MENDONÇA E DANI-OLIVEIRA, 2007; TOMASINI, 2011; OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

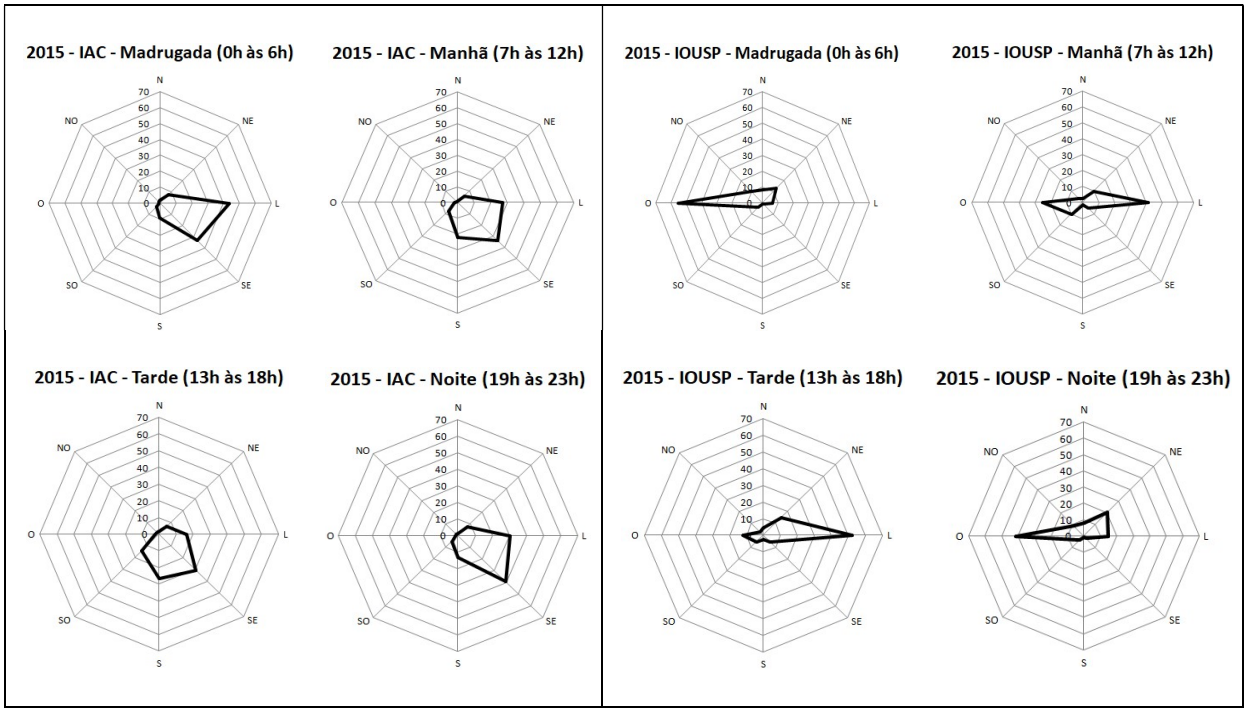


Figura 54 - Frequência anual horária da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estações IAC e IOUSP

Desta forma não fica evidente quais fenômenos interferem com maior frequência durante o período da noite na estação do IAC, em alguns casos, pode ocorrer a combinação das brisas terrestres e de montanha causando ventos fracos do quadrante Norte e Noroeste.

A estação do IOUSP apresentou particularidades significativas entre os períodos do dia e a variação em relação direção do vento anual. O período da madrugada foi caracterizado pelos ventos de Oeste (55%), no período da manhã a direção predominante do vento foi proveniente do quadrante Leste (41%). À tarde, ocorreu o aumento das direções do quadrante Leste (52%) e no período da noite, os ventos predominantes voltaram a ocorrer do quadrante Oeste (42%).

De modo geral, ocorreu uma grande diferença entre o dia e a noite, sendo que nos períodos da manhã e tarde os ventos predominantes foram sempre do quadrante Leste, enquanto que a noite e madrugada os ventos foram marcantes do quadrante Oeste (**Figura**

54). Neste caso, pode-se destacar dois fatores que influenciaram as particularidades da área de estudo. O primeiro se refere à presença marcante da brisa marítima durante o dia fazendo com que os ventos predominantes fossem do quadrante leste. O segundo pode estar relacionado à ocorrência da brisa terrestre e também aos efeitos da brisa de montanha causadas pela proximidade com uma grande escarpa da Serra do Mar de aproximadamente 320 metros de altura localizada ao Norte e cerca de 50 metros da estação meteorológica.

Com o intuito de identificar a ocorrência das variações sazonais da direção predominante do vento foi realizada a caracterização para os doze meses do ano de 2015, novamente para as duas estações meteorológicas (**Figura 55** e **Figura 56**).

Nos primeiros seis meses do ano (janeiro a julho) a direção predominante foi proveniente do quadrante Leste, com algumas variações para Sudeste na estação do IAC (**Figura 55**). Os quadrantes Norte, Noroeste e Oeste apresentaram baixas frequências, sendo praticamente nulo ao longo de todo o ano. A predominância dos ventos do quadrante Leste está associada aos fluxos de ventos na escala sinótica, com grande atuação da massa Tropical atlântica nos meses mais quentes do ano e também na escala local com as formações das brisas marítimas e pela posição do relevo que age como um fator geográfico importante na canalização dos ventos.

Nos meses de julho a outubro, houve a predominância dos ventos de Sudeste. Esse período foi marcado pelas passagens mais acentuadas dos sistemas frontais, caracterizados pelas Frentes Polares na região. Os meses de Novembro e Dezembro também apresentaram particularidades, mesmo sendo meses com características mais quentes e com atuação dos sistemas tropicais, no ano de 2015 houve grandes passagens de sistemas frontais fazendo com que a direção predominante do vento na estação do IAC fosse proveniente do quadrante Sul.

A estação do IOUSP apresentou um padrão semelhante ao ocorrido nas variações anuais, com as duas direções predominantes do vento de quadrantes opostos Leste-Oeste (**Figura 56**). De modo geral, percebe-se que a direção do vento na estação do IOUSP está mais relacionada às variações na escala local devido as particularidades relacionadas à sua localização. Entretanto, de acordo com a posição geográfica do litoral norte e pela forma como o arco da frente Polar atlântica geralmente chega na região, fica evidente que as direções predominantes do vento do quadrante Oeste nos meses de junho, julho e agosto seguem as características da atuação dos sistemas frontais.

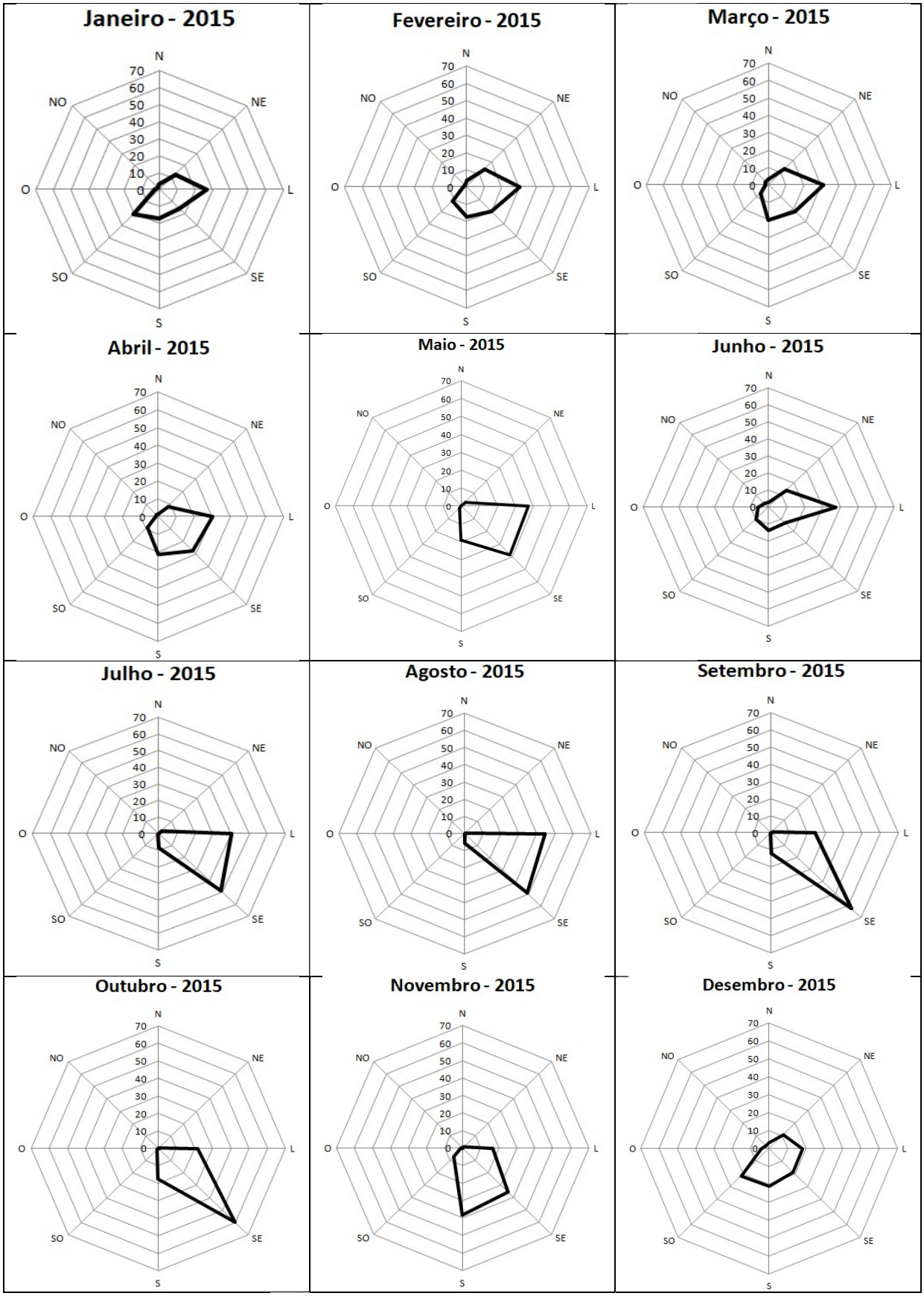


Figura 55 - Frequência mensal da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estação IAC

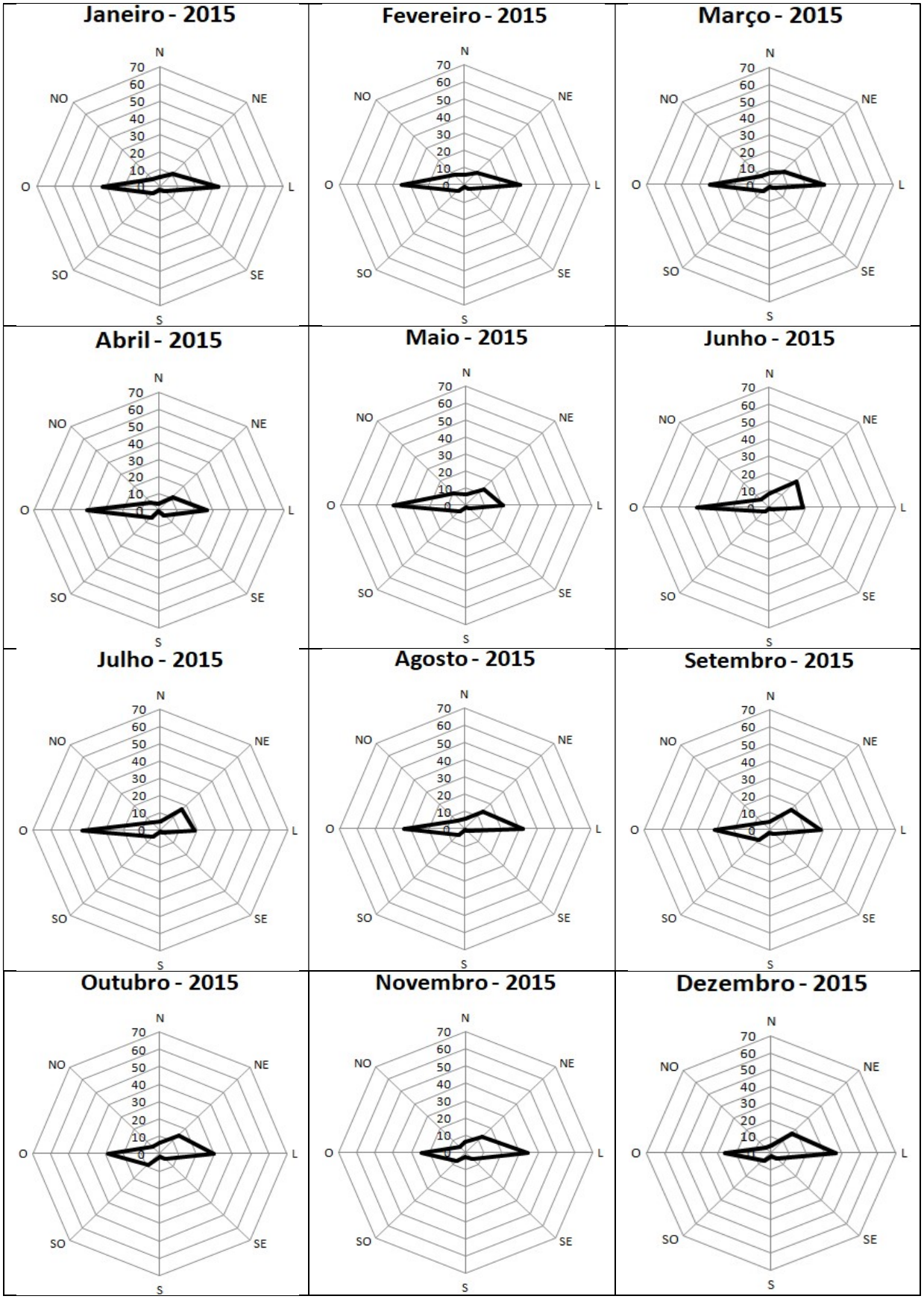


Figura 56 - Frequência mensal da direção predominante do vento em Ubatuba-SP (%) - Estação IOUSP

A partir da caracterização geral da direção e velocidade do vento para os meses de 2015, foi realizada a caracterização diária para o mês de coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar (novembro), com o objetivo de identificar a variação horária do vento e a formação das brisas marítimas na escala local, que podem interferir no deslocamento da ilha de calor da área central para o interior durante o dia e também para as áreas mais próximas da praia durante a noite.

De acordo com os gráficos apresentados para os trinta dias do mês de novembro na estação do IAC, pode-se perceber o aumento considerável na velocidade do vento no período da manhã, sobretudo, a partir das 9h (**Prancha 9** e **Prancha 10**). Esse aumento ficou bem definido nos dois últimos gráficos da **Prancha 10** que apresentaram a média da velocidade e direção do vento para o mês de novembro e também para o ano de 2015. Na média a velocidade máxima atingiu os 8 km/h no período da tarde e voltou a diminuir no período da noite. Conforme apresentado anteriormente a direção permaneceu quase sempre associado aos ventos provenientes do quadrante Sudeste, devido particularmente a penetração da brisa marítima pelo vale encaixado, característico da localização da estação meteorológica.

A diferença entre a velocidade dos ventos diurnos e noturnos, está associado ao maior aquecimento do continente durante o dia, originando o gradiente térmico terra-mar. Essa variação de temperatura gera um gradiente de pressão causando o deslocamento do ar da zona de maior pressão para a zona de menor pressão. Quanto maior a diferença de pressão entre a superfície aquática e terrestre, maior será a velocidade do vento, neste caso, formando a brisa marítima. Durante a noite esse gradiente se inverte, porém com uma diferença de pressão menor em relação ao dia, fazendo com que a velocidade dos ventos sejam menores, sobretudo em noites estáveis, conforme podemos observar nos dias de realização dos transectos móveis 11, 18 e 27 de novembro.

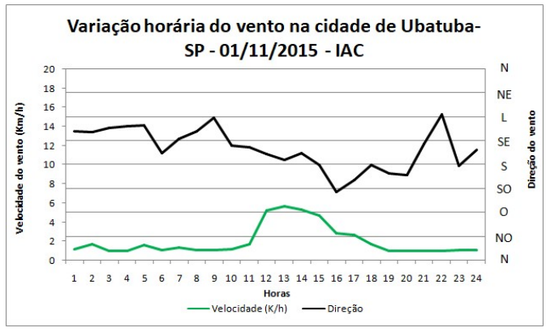
Nos dias caracterizados pela atuação da Frente Polar Atlântica as variações da direção do vento ocorreram com mais intensidade. Nesses casos os ventos registrados foram provenientes de diversas direções, tais como, Sul, Sudeste, Oeste, Sudoeste e até Leste e Nordeste, conforme observado no dia 21 de novembro.

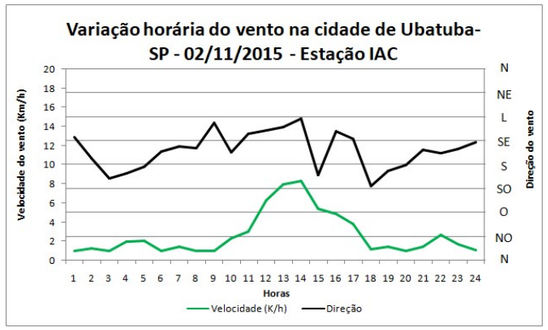
A estação do IOUSP apresentou características um pouco diferentes (**Prancha 11** e **Prancha 12**). Neste caso, levando em consideração a média horária para o mês de novembro e anual, a velocidade máxima do vento atingiu 6 km/h durante o período da tarde, com o aumento a partir das 9h e uma diminuição a partir das 19h. Em relação à direção predominante do vento as variações ocorreram em diversos períodos do dia. Durante a madrugada a direção média do vento foi proveniente do quadrante Sudoeste. Ao longo do dia

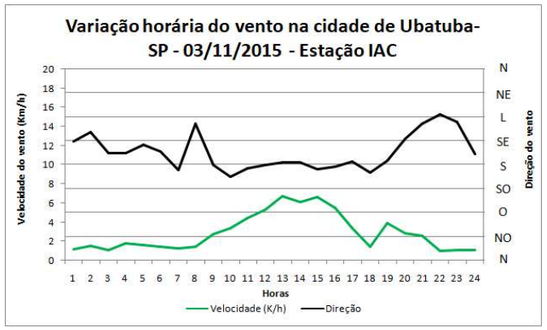
a direção começou a se modificar, passando pelo quadrante Sul, Sudeste até chegar no quadrante Leste nas últimas horas da tarde. Durante a noite ocorreu novamente uma inversão da direção do vento, passando para Sudoeste.

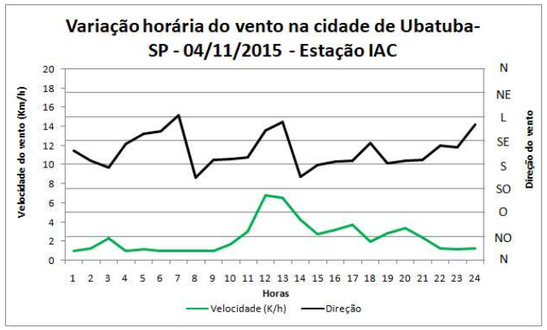
De modo geral, ficou evidente que as maiores velocidades dos ventos ocorreram ao longo do dia, sobretudo no período da tarde. Entretanto, em alguns casos, sob atuação da Frente Polar Atlântica as variações do vento foram muitos maiores, tanto na direção quanto em sua velocidade. Nesses dias sob condições instáveis (8, 23 e 24) as maiores velocidades ocorreram durante a madruga e a noite, passando dos 15 km/h.

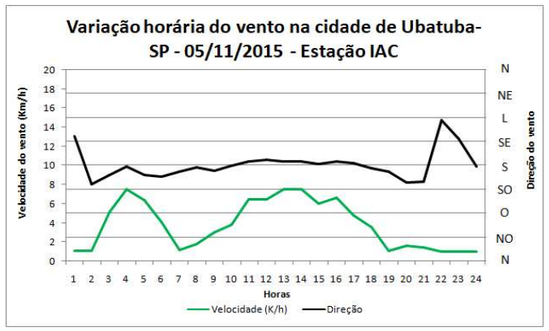
A direção do vento na estação do IOUSP não apresentou um padrão. Em alguns casos, ocorreram grandes variações ao longo do mesmo dia. Podemos citar como exemplo o dia 15 de novembro que no período da manhã e começo da tarde estava sob atuação da massa Tropical atlântica com o céu aberto e estável, com direção predominante do vento de Sudoeste, Sudeste e Leste. Porém, com entrada da Frente Polar Atlântica no final do período da tarde houve uma grande variação do vento em várias direções em um curto período de tempo, passando para Noroeste, Norte, Nordeste, Sudoeste e Oeste. Isso se repetiu em outros dias sob atuação de sistemas instável e com chuva.

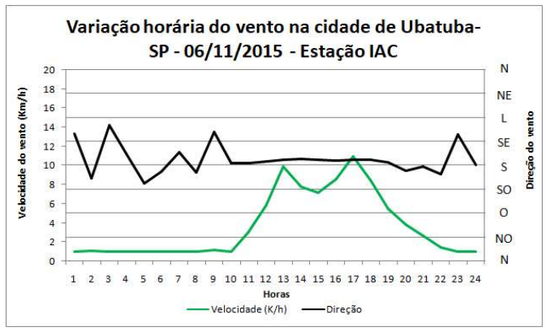


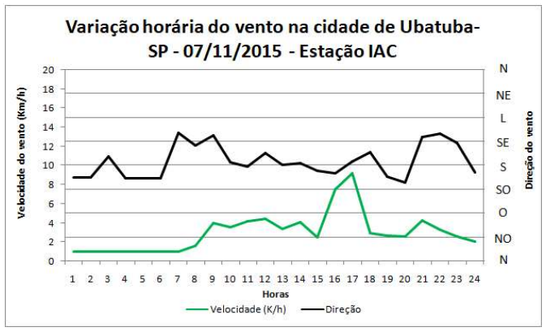


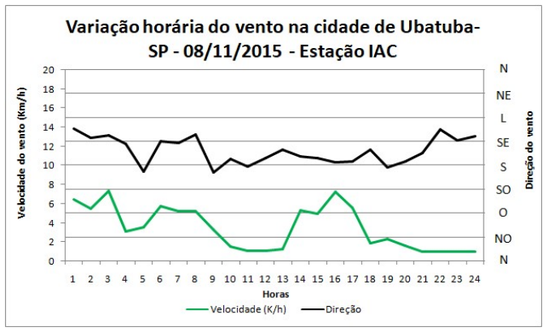


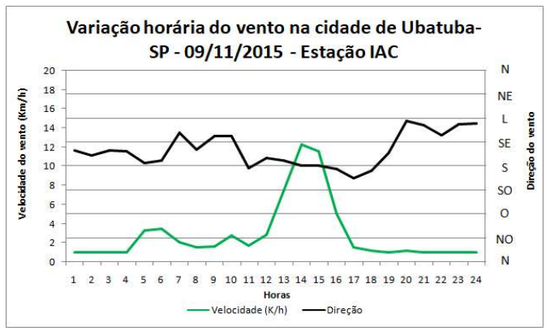


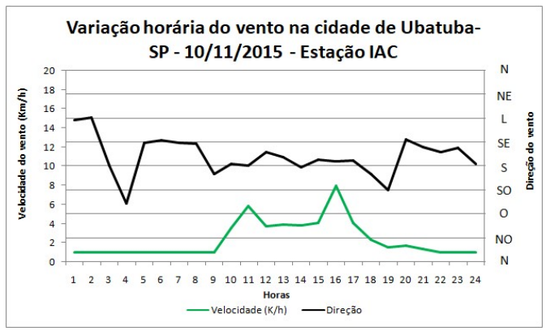


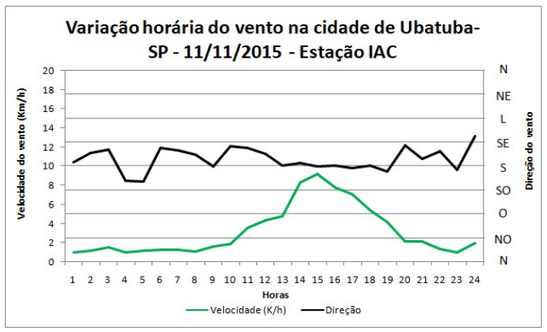


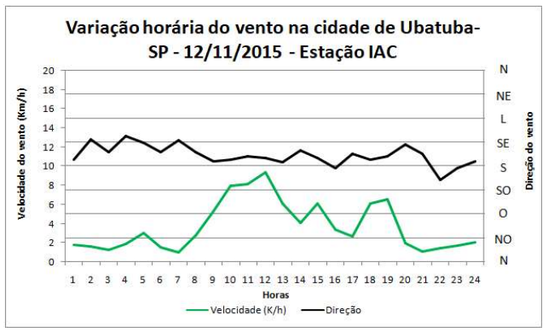


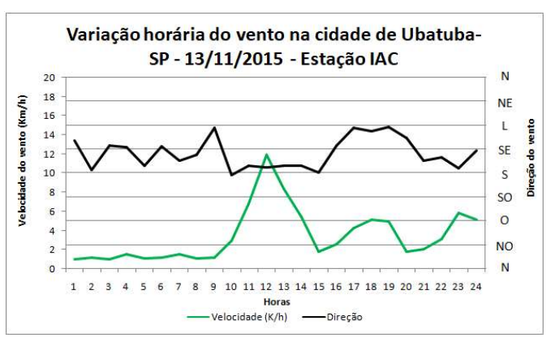


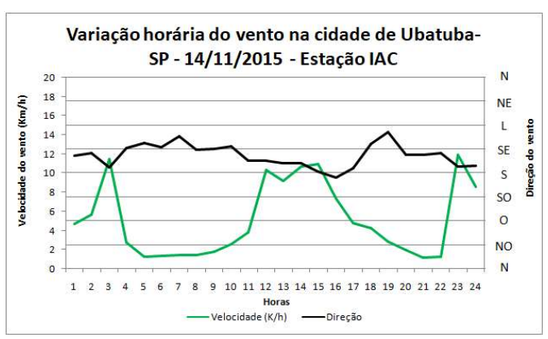


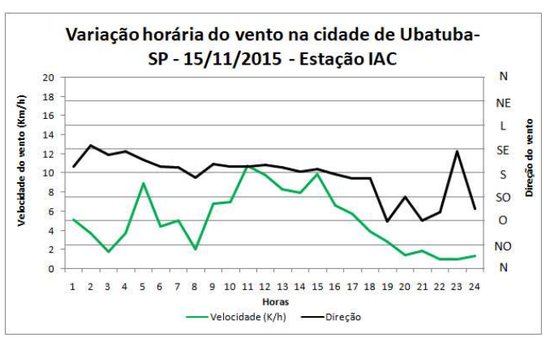


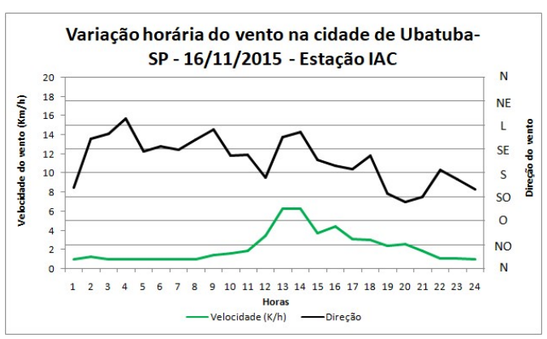




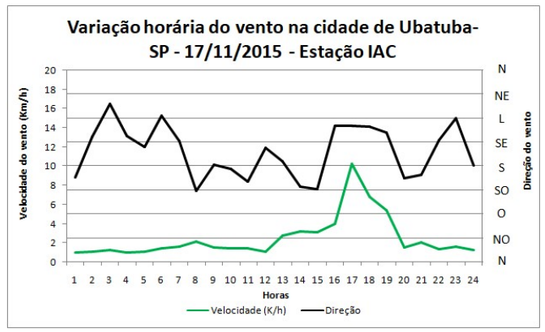


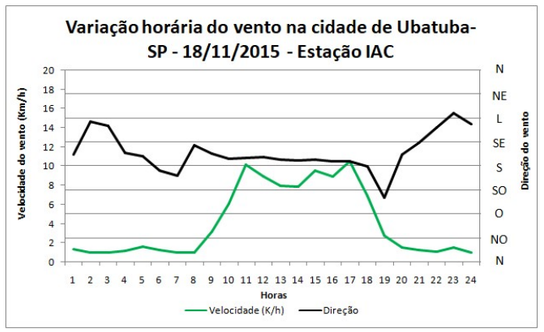


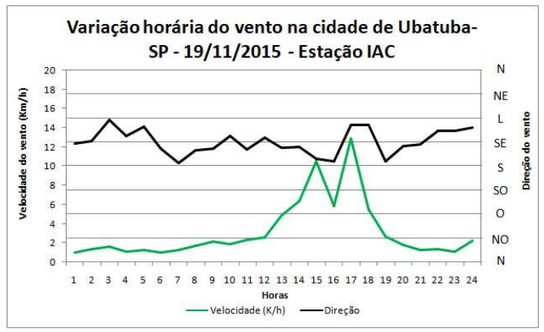


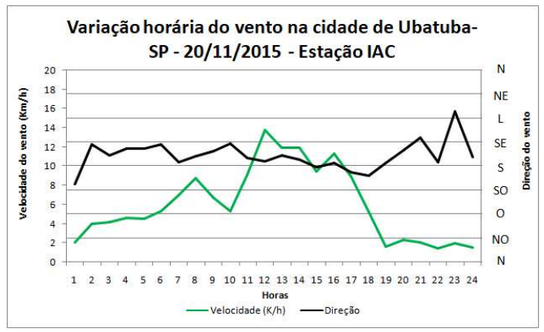


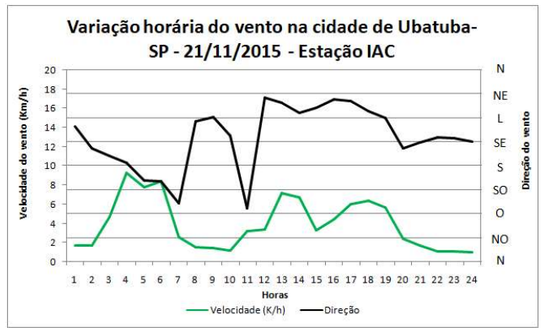
Prancha 9 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IAC

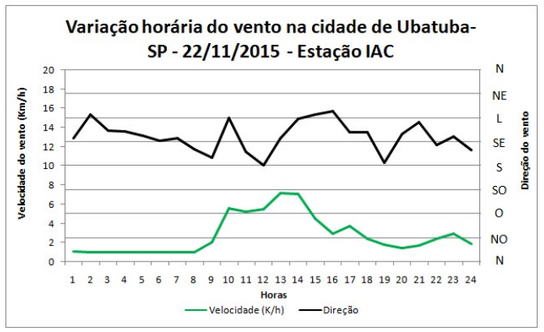


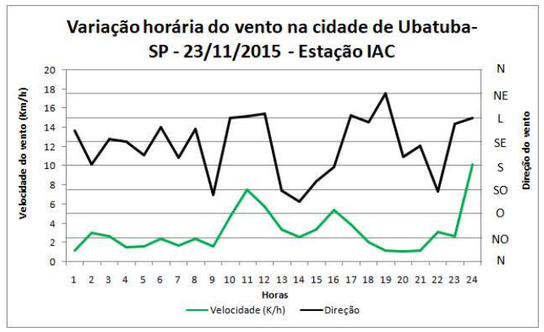


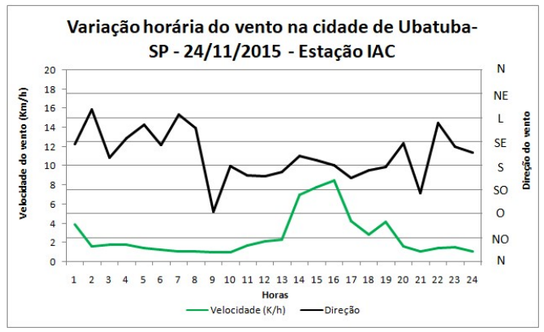


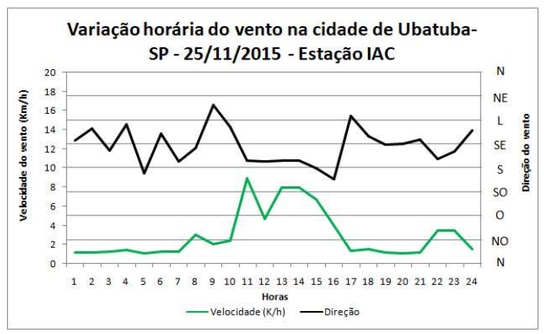


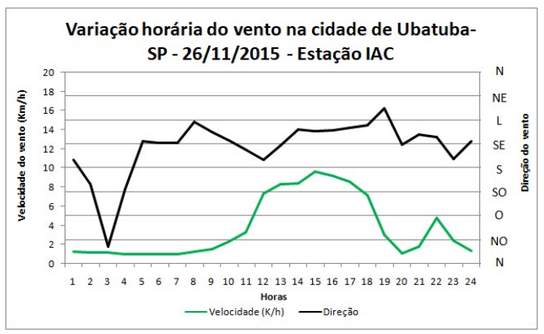


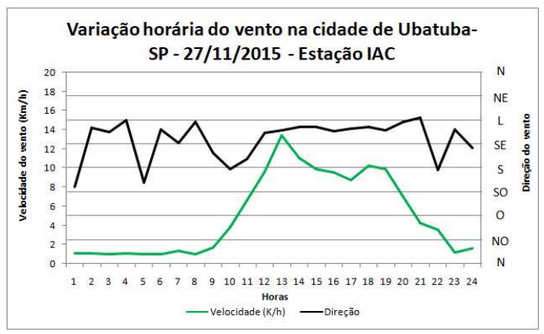


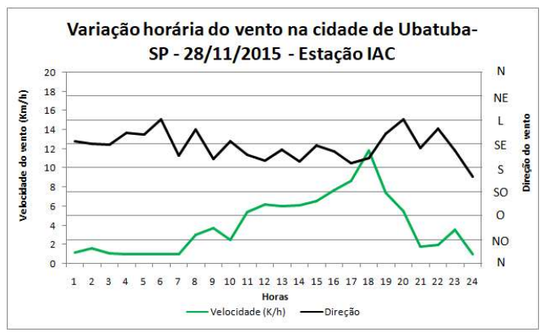


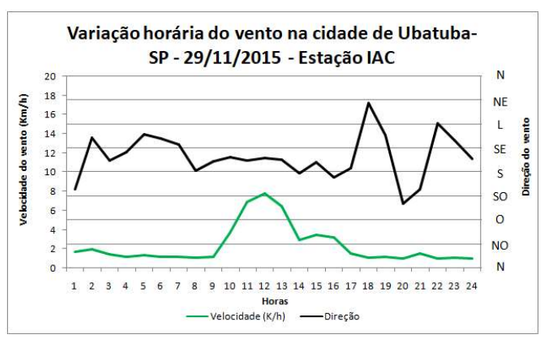


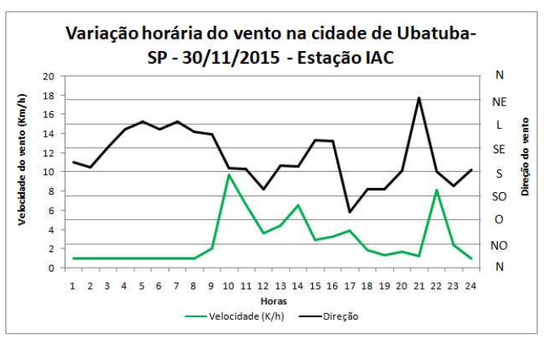


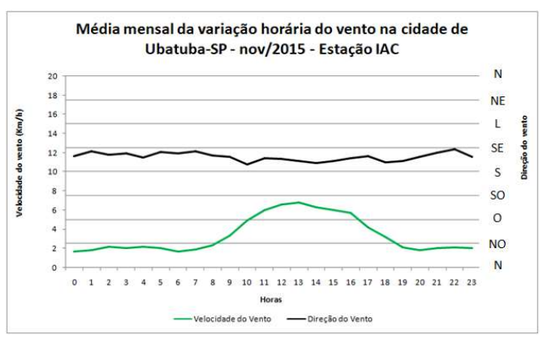


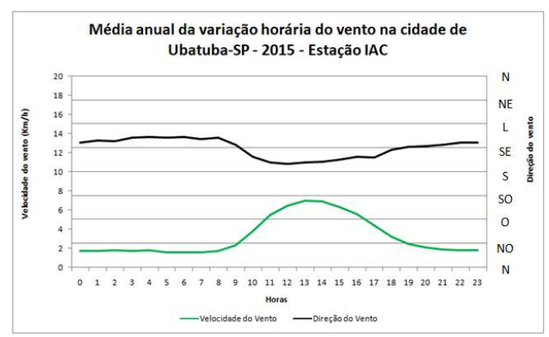




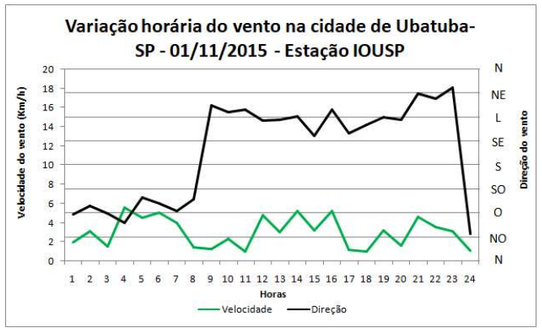


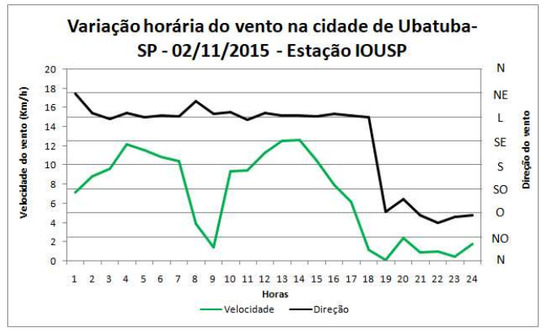


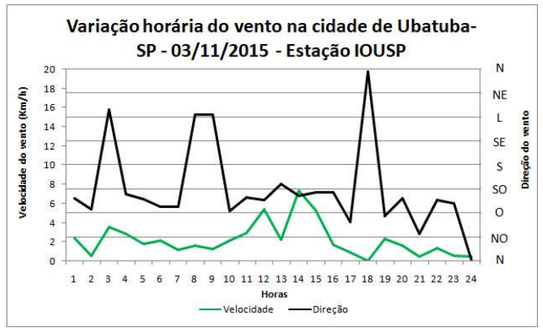


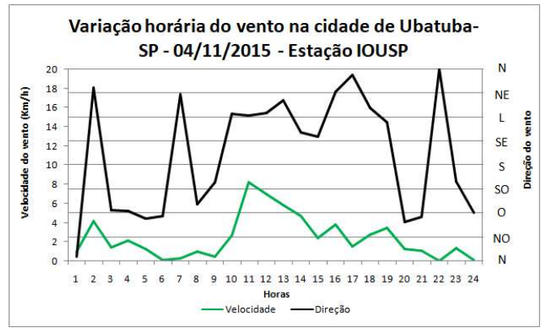


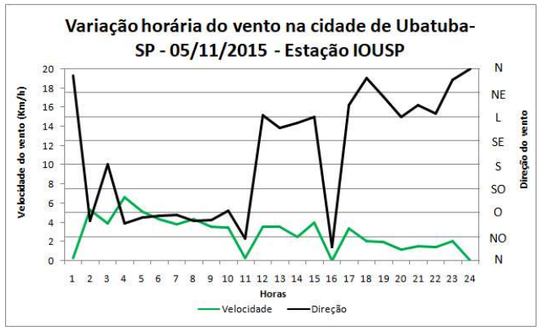
Prancha 10 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IAC (continuação)

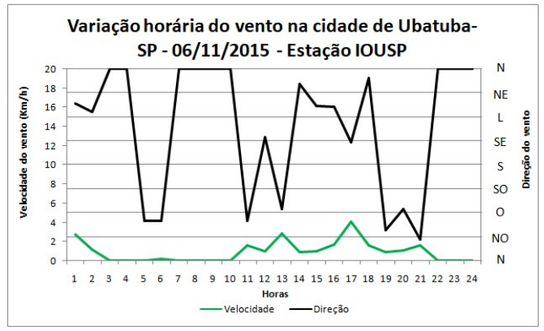


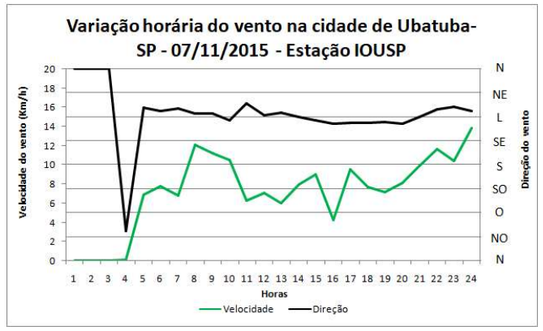


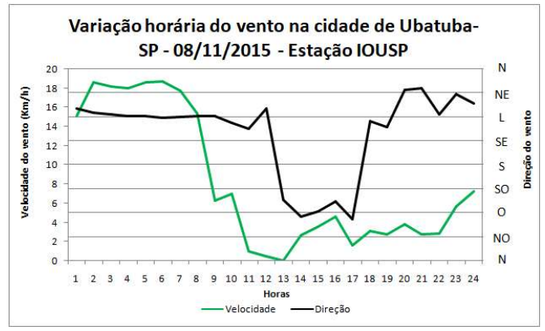


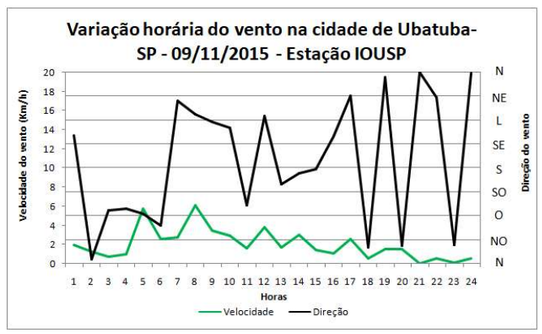


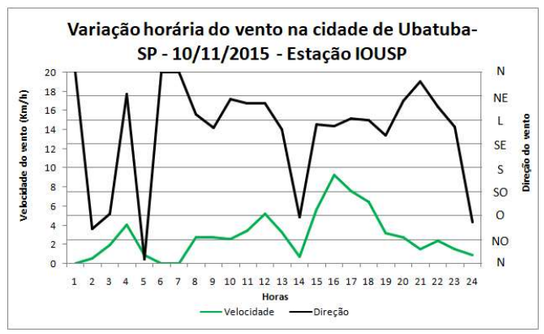


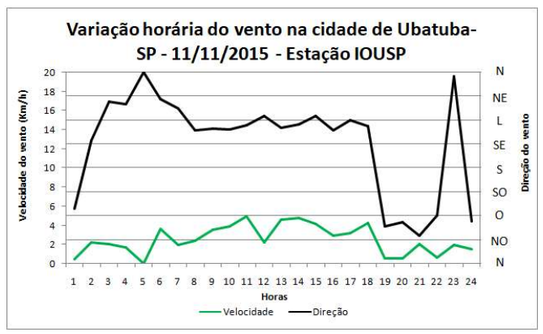


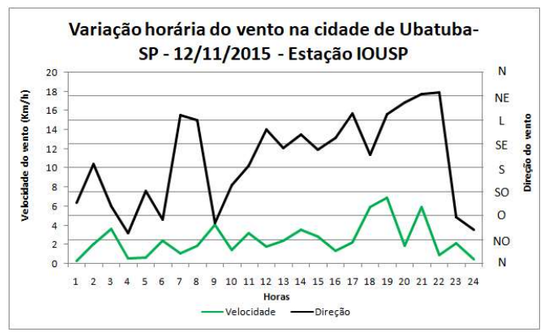


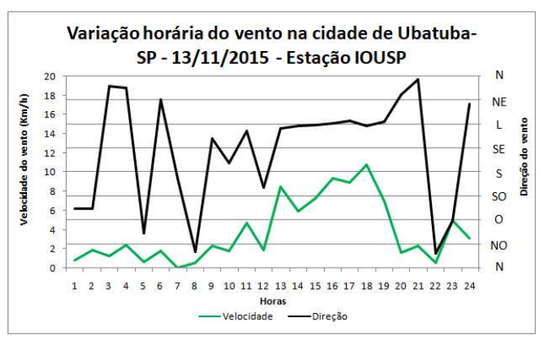


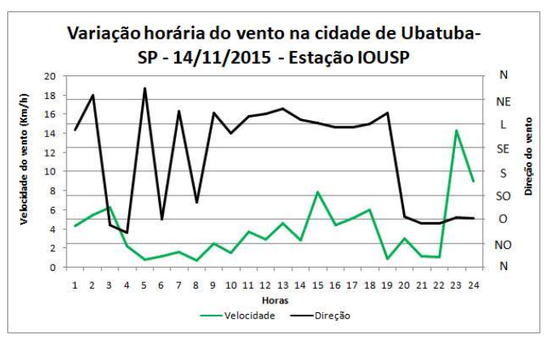


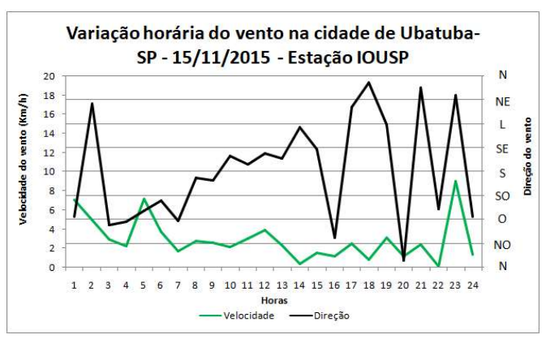


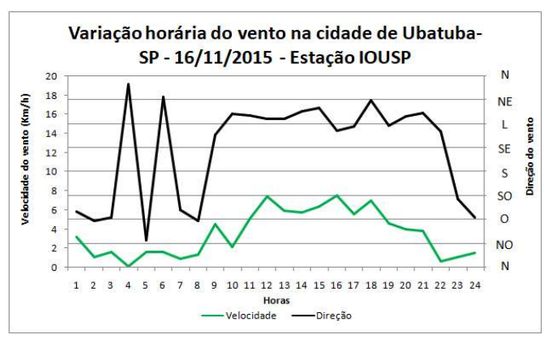




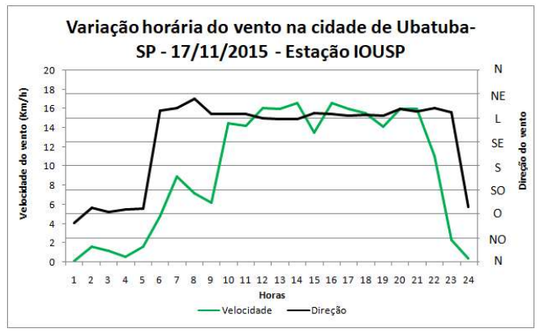


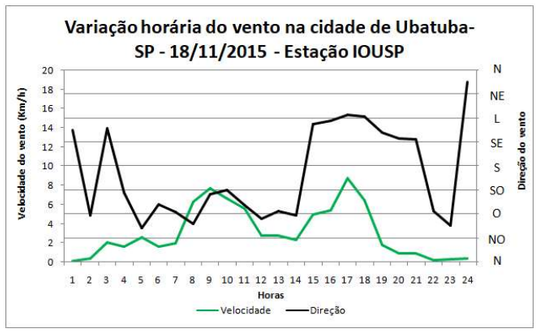


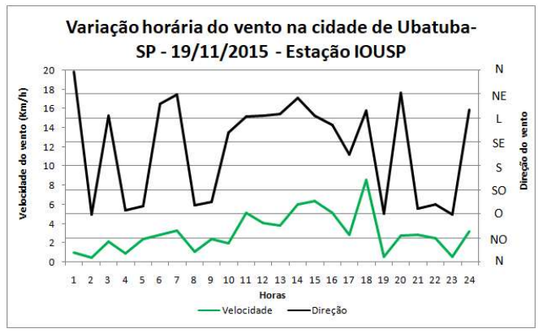


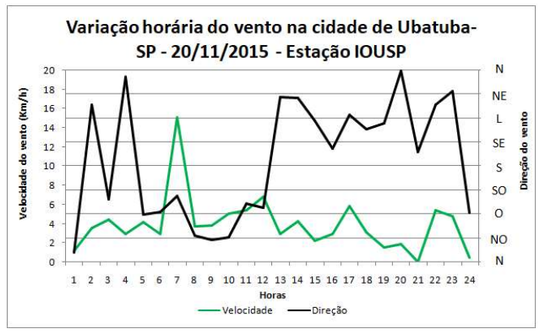


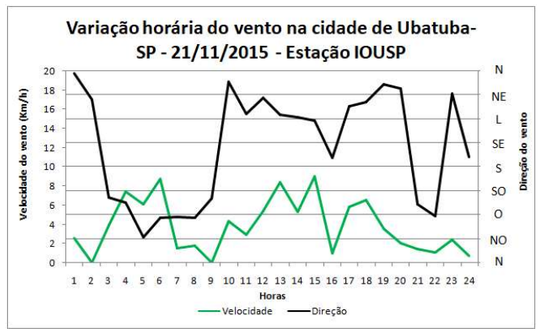
Prancha 11 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IOUSP

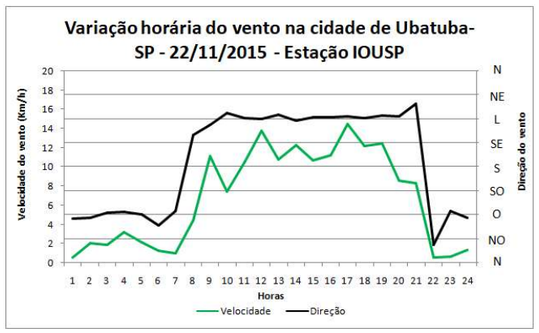


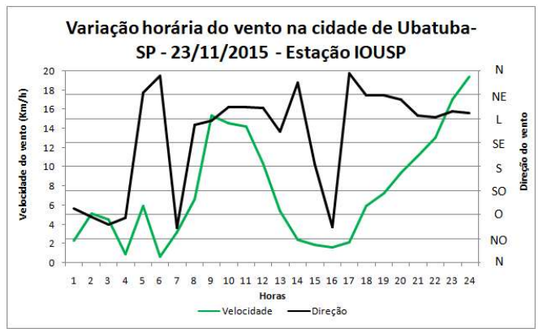


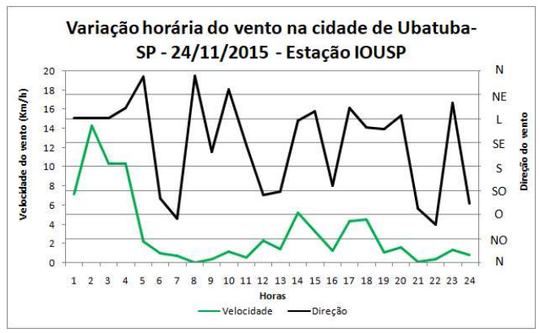


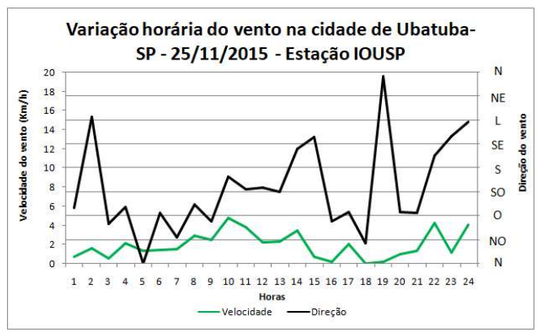


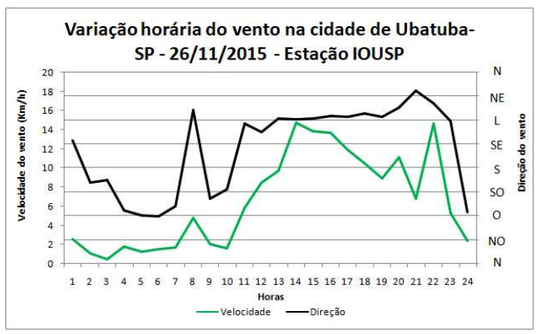


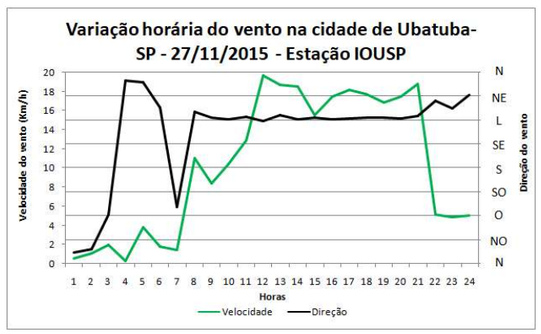


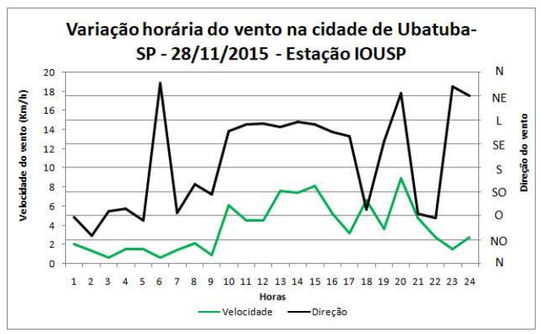


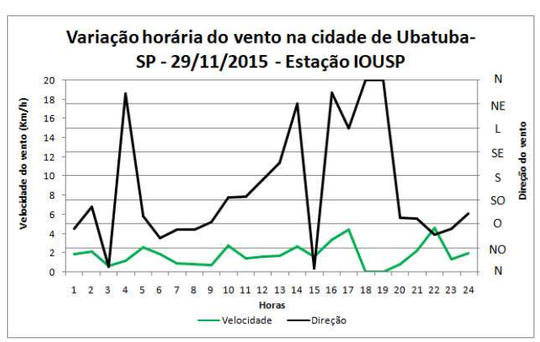


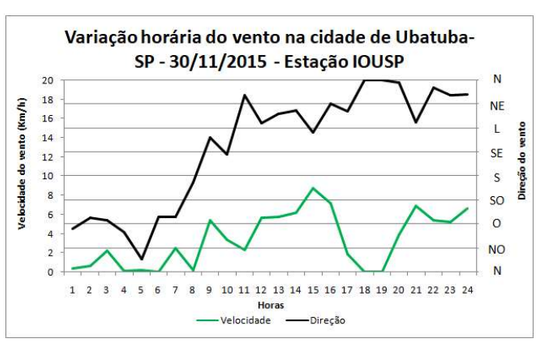


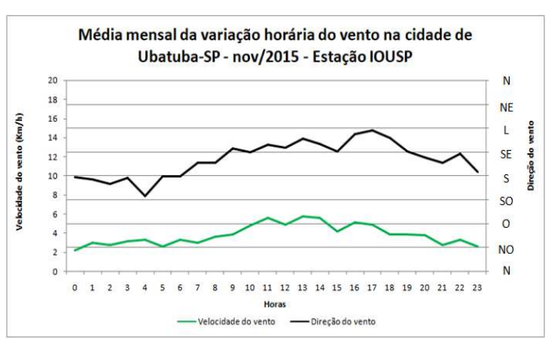


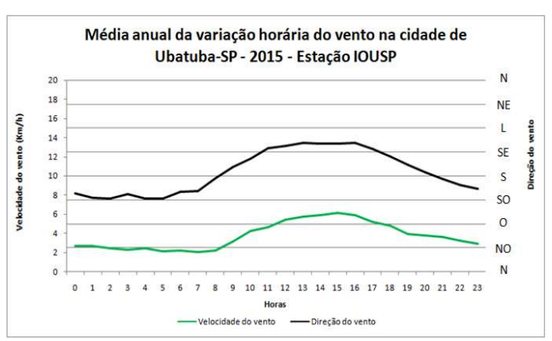












Prancha 12 - Variação horária do vento na cidade de Ubatuba-SP - Novembro de 2015 - Estação do IOUSP (continuação)

10.1 - Síntese dos dados de direção e velocidade do vento

Conhecer o regime de vento se torna cada vez mais importante, pois as suas interferências na vida da população são vivenciadas cotidianamente. Deste modo, trabalhos que se referem à qualidade do ar, à dispersão de poluentes atmosféricos, às dinâmicas das queimadas e ao conforto térmico têm aumentado ao longo dos anos (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

Compreender a dinâmica das variações do vento não é uma tarefa fácil e requer uma quantidade de instrumentos ainda pouco acessíveis para a comunidade acadêmica. Além disso, se torna extremamente necessário estabelecer relações entre as diferentes escalas do clima, pois as variações locais da direção e velocidade do vento sofrem grandes influências das escalas sinóticas e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a região. Assim, se torna importante a realização de uma análise mais detalhada dos episódios por meio da sucessão habitual dos tipos de tempo e da análise rítmica.

Diferentes de outros trabalhos realizados na zona costeira brasileira, a brisa marítima na cidade de Ubatuba não alcança grandes profundidades em sua penetração para o interior do continente, devido à presença marcante da Serra do Mar que atua como barreira aos fluxos atmosféricos e impede que a frente da brisa se estenda.

De acordo com os dados de direção e velocidade do vento a brisa marítima normalmente começou no período da manhã, poucas horas depois do nascer do sol. As velocidades variaram bastante ao longo dia com médias entre 3 km/h e 8 km/h, sendo que as maiores velocidades ocorreram no período da tarde.

As duas estações apresentaram características e particularidades próprias de suas localizações, devido a interferência direta do relevo, da proximidade do mar, da morfologia urbana e dos sistemas atmosféricos atuantes.

A estação do IAC apresentou direções predominantes de Sudeste em várias horas do dia, enquanto que a estação do IOUSP apresentou variações em sentidos opostos: Oeste (noite) e Leste (dia). De modo geral, não foi possível definir com precisão a formação da brisa terrestre nas duas estações meteorológicas. Em alguns casos, foram registradas frequências de ventos provenientes dos quadrantes Oeste, Noroeste e Norte, porém podem estar associados a formação da brisa de montanha. Mesmo com a formação desses dois sistemas no período da noite os ventos foram relativamente fracos e não contribuíram de forma notável para o deslocamento da ilha de calor das áreas centrais para os bairros localizados próximos a linha de costa.

11 - MODELAGEM DA TEMPERATURA NA ÁREA URBANA DE UBATUBA

O diagnóstico das ilhas de calor urbanas tem se mostrado um importante instrumento 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 das ilhas de calor (DUBREUIL et al., 2010).

De acordo com Amorim et al. (2015), a maioria dos estudos se utiliza de transectos móveis ou medidas fixas para diagnosticar as ilhas de calor urbanas e se produzir a representação espacial das mesmas. No entanto, o conhecimento real do clima local ainda requer novas formas de representação, sobretudo, que levem em consideração as características de uso e ocupação da terra.

Vários autores têm proposto metodologias que se utilizam do SIG (Sistema de Informação Geográfica) para interpolar as temperaturas do ar através da incorporação de dados como a altura dos edifícios, superfícies impermeáveis e vegetação (OKE, 2004; STEWART e OKE, 2009; FOISSARD *et al*. 2013; FOISSARD, 2015; TEIXEIRA, 2015; AMORIM *et al*. 2015).

Deste modo, a espacialização da temperatura do ar baseada nos valores medidos associados às características da superfície oferece um avanço significativo em relação às formas tradicionais de representações cartográficas, auxiliando no maior detalhamento das características das temperaturas em locais onde não foram coletadas informações.

A estimativa da temperatura do ar por meio da modelagem das ilhas de calor urbanas, considerando-se a densidade de construções, vegetação, relevo e neste caso, a distância do mar, se mostra como um importante instrumento para a gestão do espaço urbano sendo possível contribuir para intervenções mais localizadas que podem amenizar as ilhas de calor atmosféricas ligadas ao processo de urbanização.

A urbanização gera uma grande extensão de superfícies impermeáveis e a redução das superfícies ocupadas por vegetação. Essas mudanças na ocupação da terra produzem a modificação do balanço energético na cidade favorecendo o aprisionamento da radiação, sobretudo, devido à configuração em "*canyons*" das ruas e das fachadas dos edifícios, resultando na pequena diminuição da temperatura na cidade após o pôr do sol, formando ilhas de calor urbanas noturnas (OKE, 1978).

> L'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène lié à l'urbanisation, il dépend de l'occupation du sol et des conditions météorologiques. La

> morphologie du bâti, la présence de végétation, la perméabilité du sol, la nature des surfaces, la proximité d'une rivière sont des éléments qui influencent l'ICU et qui expliquent en partie sa répartition en ville, (Oke 1987). Les types de temps jouent un rôle prépondérant sur la fréquence d'apparition de l'ICU et son intensité. Les situations favorables à sa formation sont des conditions radiatives avec un vent relativement faible (FOISSARD, 2011, p. 261).

Para se compreender a configuração espacial da formação da ilha de calor urbana gerada por meio da alteração do uso e ocupação da terra é necessário realizar uma análise do sítio de estudo.

Deste modo, um dos objetivos da modelagem, é delimitar a área de representatividade dos pontos de registros das temperaturas, por meio da correlação entre a distribuição das temperaturas observadas, e a fração de cobertura da terra no entorno de cada ponto. A fração de "vegetação baixa" está relacionada à presença de gramíneas, pastos e jardins. A fração de "vegetação alta" está ligada à presença de árvores de grande porte e a fração de "área construída" está ligada a presença de edifícios, estacionamentos e superfícies impermeáveis.

A etapa de espacialização da ilha de calor urbana é realizada pela regressão linear múltipla, selecionando as melhores regressões. A determinação das variáveis explicativas é obtida por meio dos fatores que obtiveram as maiores correlações.

Deste modo, o procedimento da modelagem da ilha de calor urbana a partir da classificação do uso da terra tem como objetivo, estimar a temperatura do ar no ambiente urbano e rural próximo, onde não houve pontos de registro, considerando-se as características da superfície (área construída, vegetação, distância do mar e temperatura da superfície), delimitando a área de representatividade de cada ponto analisado.

O procedimento se utiliza da carta de uso da terra, obtida por meio da classificação não supervisionada (cluster) de acordo com o NDVI e a composição colorida das imagens do satélite *Landsat* 8. Após esse procedimento, identifica-se a frequência em porcentagem das diferentes classes em cada ponto de medida de temperatura. Em seguida, por meio da técnica estatística de regressão linear buscam-se as maiores correlações entre a temperatura medida e a frequência do uso da terra em janelas. Por fim, realizam-se os procedimentos da regressão múltipla que busca a correlação entre o uso da terra em porcentagem, a temperatura do ar em janelas que determinam o tamanho da zona de abrangência e podendo inserir também outros fatores como o relevo, a distância do mar e a temperatura de superfície. A temperatura do ar é uma variável dependente, enquanto que as classes de uso da terra são variáveis independentes (**Figura 57**).

A modelagem da ilha de calor urbana foi realizada a partir de dados da temperatura do ar registrada às 21 horas do dia 14 de novembro de 2015 em 17 pontos fixos distribuídos na área urbana de Ubatuba. Também foram utilizadas as imagens do satélite *Landsat* 8, capturadas no dia 16 de setembro de 2015. Os pontos de coletas de temperatura do ar foram inseridos levando em consideração as diferentes características da superfície, como, por exemplo, o uso da terra, o relevo, a densidade de construções e vegetação arbórea.

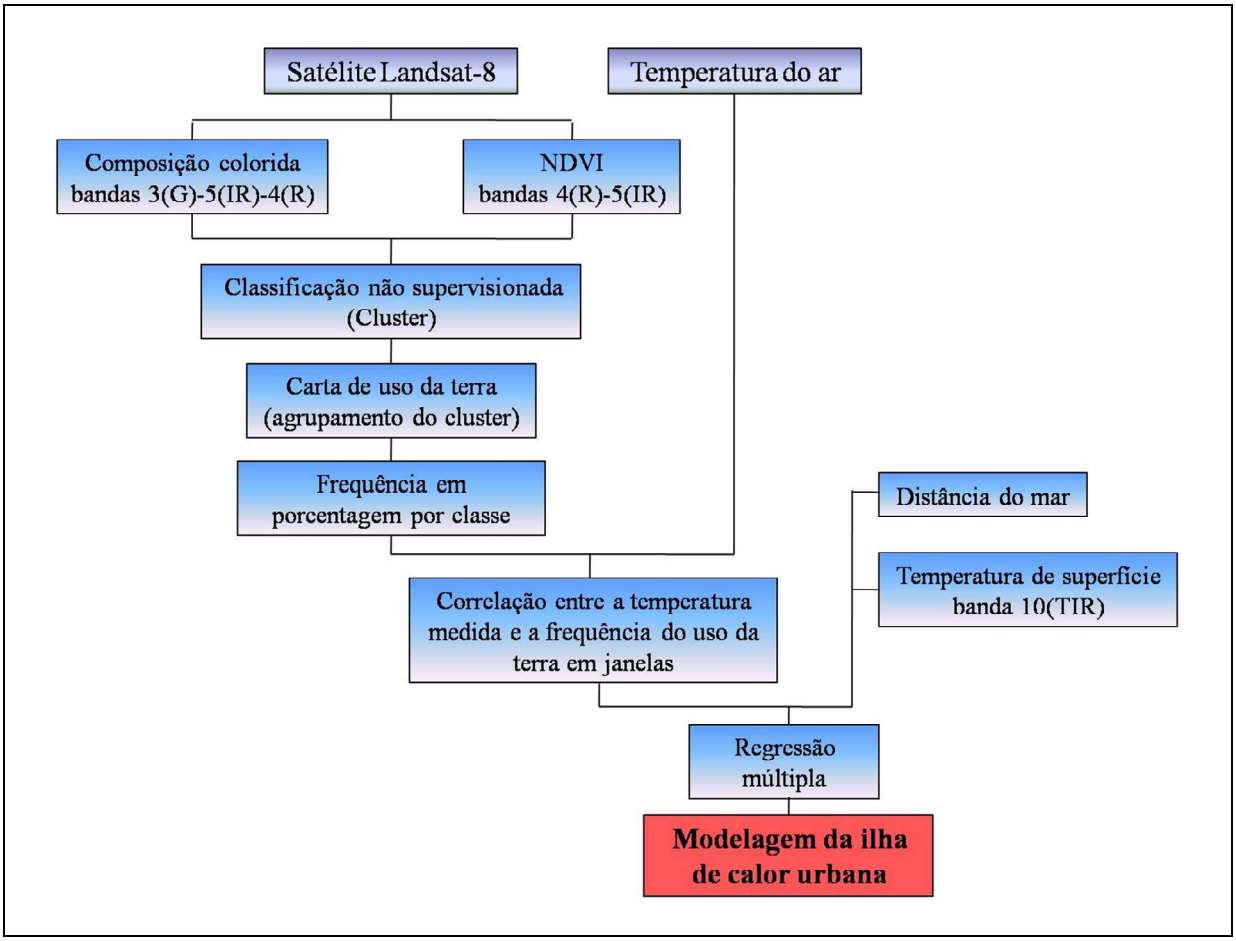


Figura 57 - Procedimentos aplicados para a realização da modelagem da ilha de calor

No dia 14 de novembro de 2015 foi registrada uma ilha de calor de média magnitude que atingiu a intensidade de 4ºC, segundo a classificação de García (1996). A atmosfera estava estável, sem precipitação, sob a atuação de uma massa Tropical Atlântica. A estação meteorológica do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) registrou temperatura de 24,9°C e ventos fracos de 1,2 km/h provenientes de sudeste às 21h.

O processo de realização da modelagem das ilhas de calor urbana foi realizado no aplicativo IDRISI e se iniciou com a elaboração da composição colorida das bandas 3, 5 e 4

do satélite *Landsat* 8 (**Figura 58**a). A composição colorida permitiu diferenciar as áreas urbanas (tons de rosa) e rurais (tons de verde).

Na sequência, por meio da junção das bandas 4 e 5 do satélite *Landsat* 8 foi realizado o procedimento para obtenção do NDVI, que permite identificar a distribuição da densidade de vegetação (**Figura 58**b). Os maiores valores se referem às áreas com grande densidade de vegetação (tons de verde), localizadas nas encostas da serra do mar, e as áreas urbanas (tons de amarelo e vermelho) apresentaram os menores valores de densidade de vegetação.

Posteriormente foi realizada a classificação automática do uso da terra a partir da técnica *cluster*. Para definição do método de classificação não supervisionada foram utilizadas os componentes NDVI e composição colorida. A classificação não supervisionada agrupa os *pixels* segundo as suas características espectrais organizando-os em agrupamentos de acordo com as classes de uso da terra. A imagem é automaticamente classificada em classes espectrais baseado no agrupamento natural encontrado nos dados que resultam na identificação de tipos de cobertura da terra. Neste caso, foram gerados onze diferentes classes (**Figura 58**c).

A partir da classificação *cluster* realizou-se o agrupamento das classes por meio da análise da carta de composição colorida, extração dos valores NDVI, imagens do *Google Earth* e do conhecimento de campo. Deste modo, foi gerada a classificação final com a redução para quatro classes levando-se em consideração o elemento que predominou em cada *pixel*: área urbana, vegetação baixa (rasteira) e vegetação alta (densa) e água (**Figura 58**d).

Essas classes foram escolhidas por serem fundamentais para diferenciar as temperaturas do ar e contribuir para a geração das ilhas de calor urbana (LOWRY, 1977; OKE, 2004; STEWART e OKE, 2009; FOISSARD, 2015; AMORIM *et al*., 2015). A classe "vegetação alta" reuniu as áreas com cobertura vegetal arbórea presentes nas áreas das encostas da serra do mar, nos parques e nos fundos de vale. A "vegetação baixa" considerou as áreas de pastagens, os terrenos urbanos sem construções com presença de gramados e as áreas de transições entre a área urbana e a serra do mar. A classe "área urbana" agrupou todas as áreas impermeabilizadas tanto com alta, média e baixa densidade de construções. A classe "água" surge como um dos diferenciais em relação a outras aplicações da técnica da modelagem da ilha de calor urbana e a sua utilização foi fundamental para diferenciar a superfície aquática das outras segmentações, visto que não foram coletados medidas de temperatura do ar no mar.

Posteriormente foi elaborada a carta de proximidade do mar (em metros) a partir da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), disponibilizada no site do INPE

(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) junto ao banco de dados Geomorfométricos do Brasil pelo projeto Topodata (**Figura 58**e). A elaboração deste procedimento foi de fundamental importância para o desenvolvimento da pesquisa e se apresenta como um diferencial em relação aos outros trabalhos devido às especificidades do sítio e as características da área de estudo, pois conforme citado anteriormente, a aplicação da modelagem da ilha de calor urbana na zona costeira requer a aplicação de novas técnicas e adaptações.

Com o objetivo de calcular a relação entre a temperatura do ar e o uso da terra, inicialmente buscou-se avaliar quantos *pixels* de cada classe estavam no entorno de cada ponto de temperatura medida, para tanto, foi realizado o procedimento para identificar a frequência em porcentagem por cada classe de uso da terra.

Em seguida, chegou-se à correlação entre a temperatura do ar medida e a frequência de cada classe de uso da terra em janelas móveis de tamanho variável entre 3x3 *pixels* (90 x 90 metros), 5x5 *pixels* (150 x 150 metros) e de 9x9 *pixels* (270 x 270 metros) e assim por diante, considerando que a resolução espacial do *Landsat* 8 nas bandas selecionadas são de 30 metros. Esse procedimento é fundamental porque não se sabe inicialmente qual a área de influência do uso da terra sobre as medidas de temperatura para cada ponto e isso justifica o teste com essas janelas de tamanho "móveis" (AMORIM *et al*., 2015).

Essa etapa objetivou selecionar a área de abrangência onde a relação estatística entre a temperatura e a classe de uso da terra foi melhor estabelecida. A estatística é trabalhada em planilhas do aplicativo *Excel*, onde os dados da extração das porcentagens são relacionados com a temperatura do ar a partir do gráfico de dispersão que exibe o coeficiente de correlação (TEIXEIRA, 2015).

No presente estudo, o processo de realização das correlações estatísticas foram realizados nas classes 1 (área urbana), 2 (vegetação baixa) e 3 (vegetação alta). Neste caso, conforme citado anteriormente, não foram realizadas correlações entre a temperatura medida e a classe 4 (água) pelo fato de que não foram realizadas medidas de temperaturas do ar sobre o mar.

As melhores correlações estatísticas entre as classes 1 (área urbana), 2 (vegetação baixa) e 3 (vegetação alta) e a temperatura do ar ocorreram em diferentes janelas. No caso da classe 1, a maior correlação entre a temperatura do ar e a porcentagem desse tipo do uso da terra foi encontrada na janela de 41x41 *pixels* com 0,68. Na classe 2, a maior correlação também foi encontrada na janela de 41x41 *pixels* com 0,59. E na classe 3, a maior correlação foi encontrada na janela de 7x7 *pixels* com 0,71.

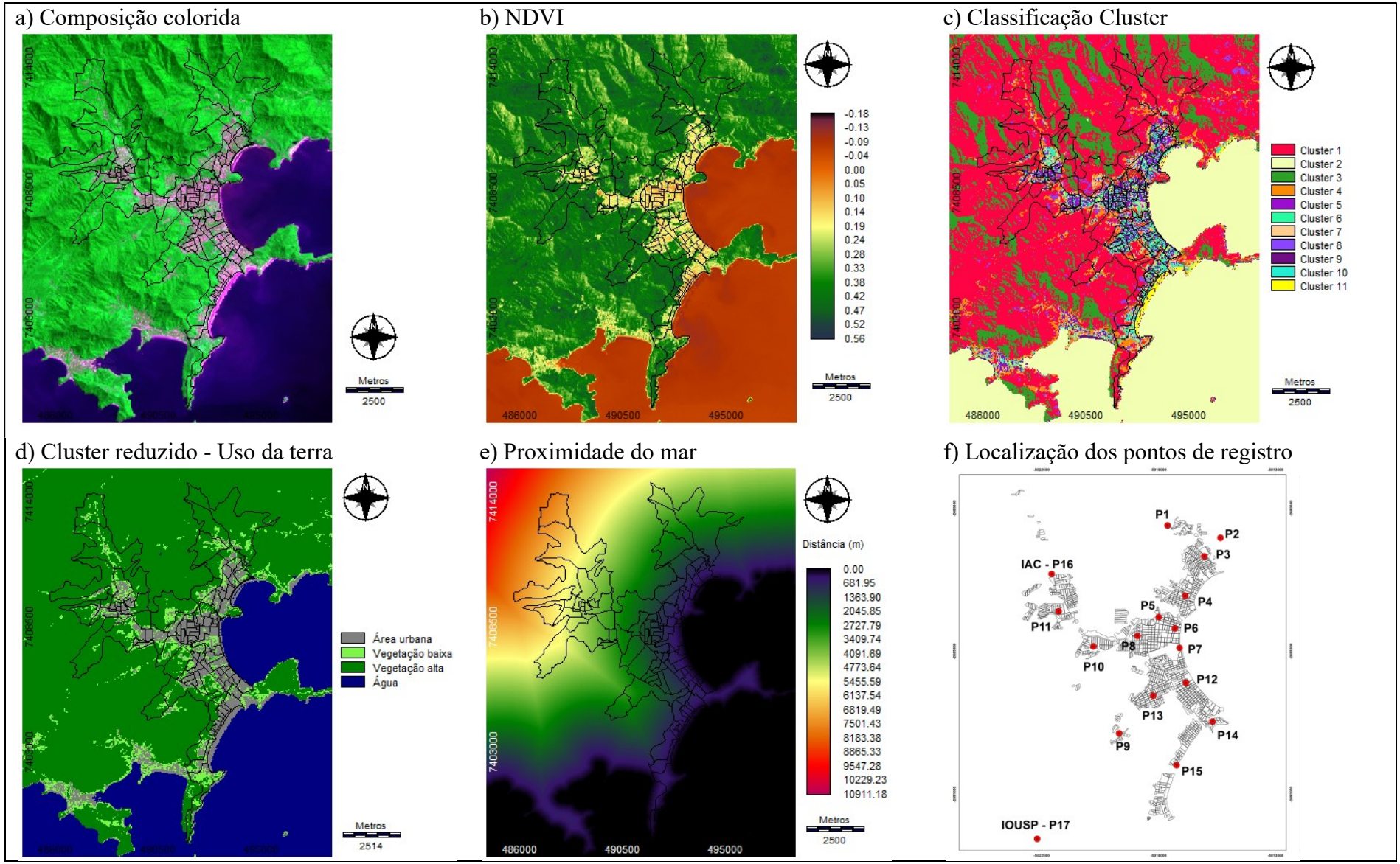


Figura 58 - Cartas geradas para elaboração da modelagem da temperatura do ar (Imagens do satélite *Landsat* 8 - 16/09/2015)

Para aplicação no modelo foram usadas as classes que obtiveram os maiores valores na correlação, ou seja, as classes 1 (área urbana) e 3 (vegetação alta). Estas classes e janelas se mostraram mais representativas na relação entre a temperatura do ar e o uso da terra devido aos coeficientes de regressão e, por este motivo, foram selecionadas para a composição do modelo.

Posteriormente realizou-se o coeficiente de determinação (R^2) entre a frequência da ocorrência de cada classe na janela correspondente em relação a temperatura do ar. Neste caso, pode-se observar no **Gráfico 12** a relação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 1 (área urbana) por pixel na janela 41x41 (1230x1230 metros), com os valores do R^2 igual a 0,46. Conforme a linha de tendência, a temperatura aumenta de acordo com o aumento da frequência em porcentagem da área construída (área urbana).

De modo geral, o coeficiente de determinação indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados, sendo uma medida da proporção da variabilidade de uma variável, explicada pela variabilidade da outra. Pode ser usado como uma estatística de teste para avaliação da existência de uma relação útil, entre a variável dependente e independente, em um modelo de regressão linear.

Ao se plotar num gráfico cartesiano, os pares de informação referente a cada observação, obtem-se uma "nuvem" de pontos definidos pelas coordenadas X e Y de cada ponto. Essa nuvem, por sua vez, definirá um eixo ou direção que caracterizará o padrão de relacionamento entre X e Y. A regressão será linear se observada uma tendência ou eixo linear na nuvem de pontos cartesianos. A relação entre as variáveis será direta (ou positiva) quando os valores de Y aumentarem em decorrência da elevação dos valores de X e será inversa (ou negativa) quando os valores de Y variarem inversamente em relação aos de X (LIRA, 2004).

O coeficiente de determinação deve ser interpretado como a proporção de variação total da variável dependente Y que é explicada pela variação da variável independente X. Assim sendo, de acordo com o **Gráfico 12**, pode-se concluir que 46% das variações de Y (temperatura do ar) são explicadas pela variação de X (área construída).

Da mesma forma o **Gráfico 13** mostra a relação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 3 (vegetação alta) por pixel na janela 7x7 (210x210 metros), com os valores do R^2 igual a 0,51, ou seja, 51% das variações de Y (temperatura do ar) são explicadas pela variação de X (vegetação alta). A linha de tendência mostra que a temperatura diminui de acordo com o aumento da vegetação.

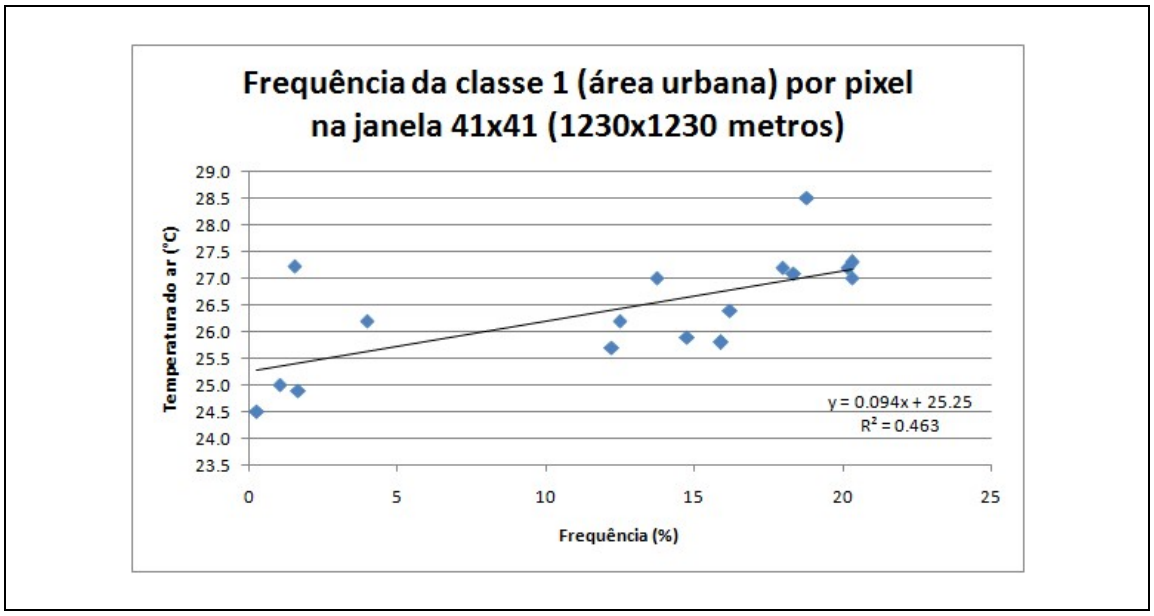


Gráfico 12 - Correlação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 1 (área construída) por pixel na janela 41x41 (1230x1230 metros)

O resultado mostra a importância da vegetação nas áreas urbanas como fator fundamental para a diminuição das temperaturas. Nas áreas com a presença de 20% a 25% de vegetação apresentaram diferenças de 3°C a 4°C de diferença em relação às áreas densamente urbanizadas.

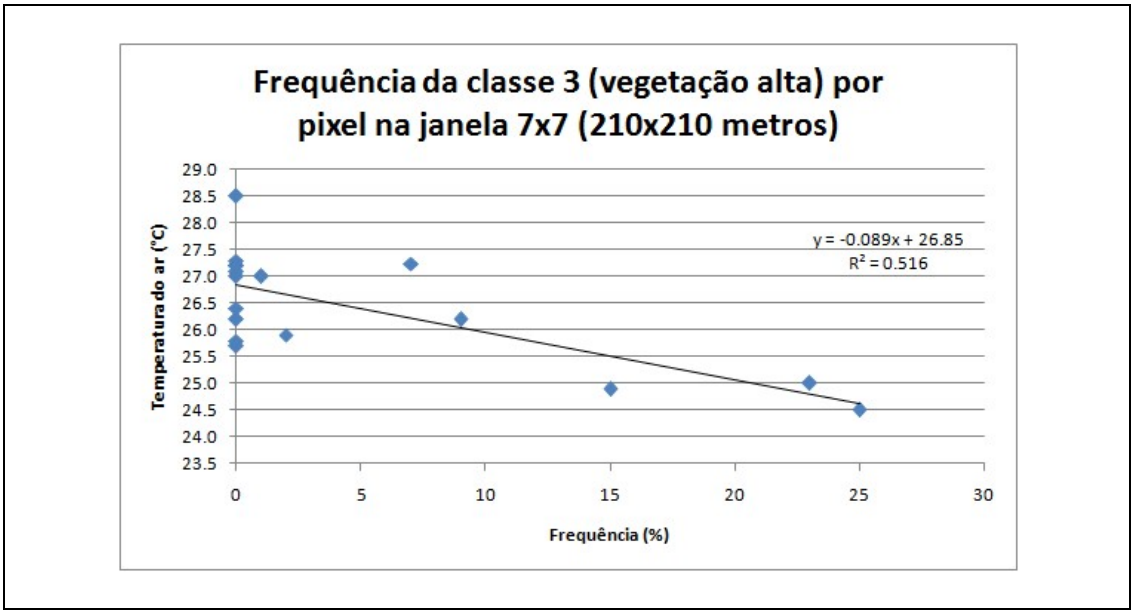


Gráfico 13 - Correlação entre a temperatura do ar e a frequência da classe 3 (vegetação alta) por pixel na janela 7x7 (210x210 metros)

Posteriormente, foram inseridas outras duas variáveis no modelo que se apresentaram importantes nas fases de testes. A primeira é a correlação da temperatura do ar em relação à proximidade do mar. Embora os valores de correlações não sejam muito elevados, esse fator surge como uma importante variável no modelo por se tratar de uma zona costeira, onde a maritimidade influencia de forma efetiva na distribuição da temperatura do ar, tanto pelos os efeitos da brisa marítima, brisa terrestre e inércia térmica.

De acordo com o **Gráfico 14** apenas 10% das variações da temperatura do ar podem ser explicadas pela proximidade do mar, isso pelo o fato de se tratar de um ambiente extremamente complexo, onde outras variáveis adquirem importâncias significativas no que se refere às condições climáticas locais, e entre elas, a distribuição da temperatura do ar. Mesmo assim, pode-se verificar que a partir de 2.500 metros de distância do mar ocorre uma relativa diminuição da temperatura do ar, com exceção do ponto 11 que está a 4.450 metros, porém recebe grande influência da porcentagem de área construída ao seu entorno.

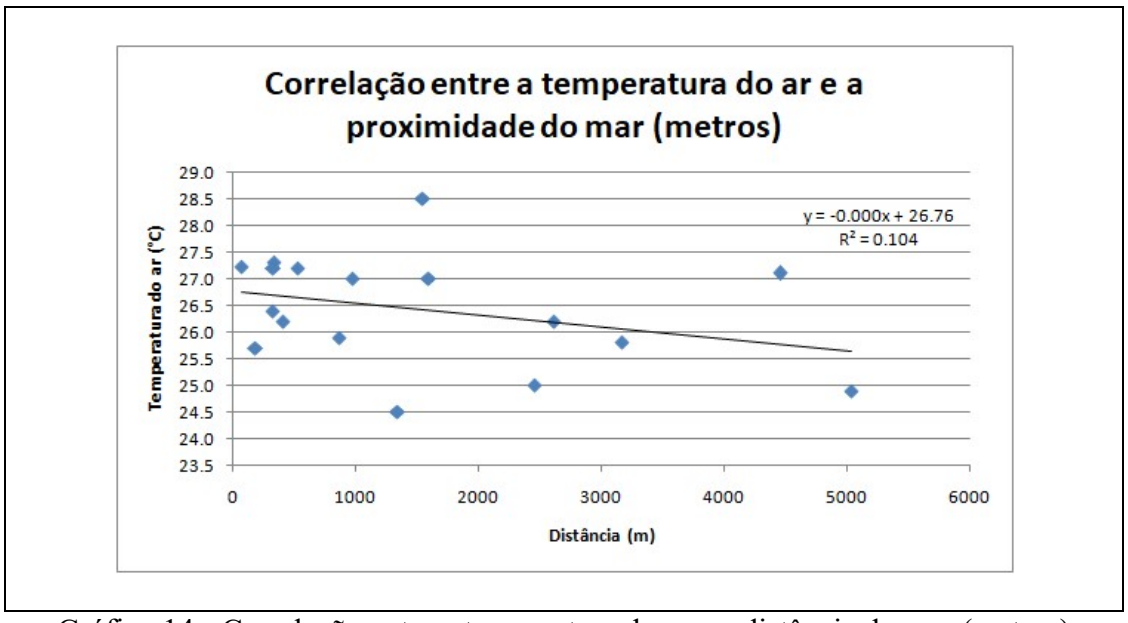


Gráfico 14 - Correlação entre a temperatura do ar e a distância do mar (metros)

Outra importante variável inserida no modelo foi à correlação entre a temperatura do ar e a temperatura de superfície elaborada por meio do tratamento da banda termal do satélite *Landsat* 8 (**Gráfico 15**). Neste caso, conforme ocorreu o aumento da temperatura da superfície também ocorreu o aumento da temperatura do ar nos pontos coletados. O coeficiente de determinação foi de aproximadamente 31%.

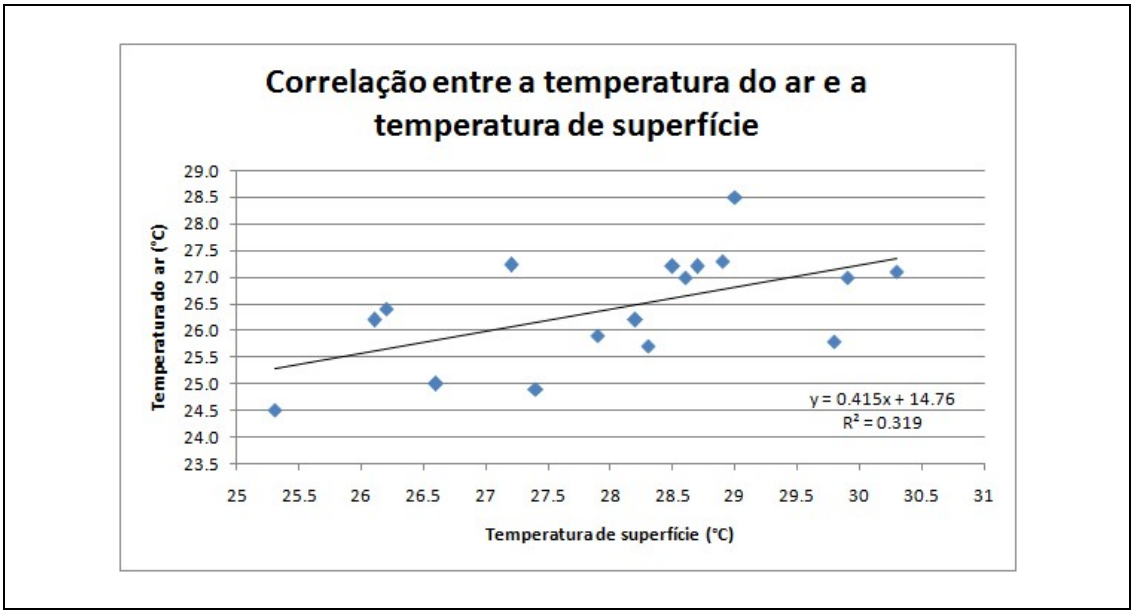


Gráfico 15 - Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura de superfície

Na **Figura 59** é possível observar a matriz da correlação geográfica da ilha de calor urbana com as variáveis de uso e ocupação da terra, sendo possível observar a correlação entre as variáveis descritivas da modelagem e a nuvem de pontos ilustrando a estrutura das correlações.

De acordo com Dubreuil *et al*. (2002), no caso de aplicação da regressão linear múltipla é importante que as variáveis independentes descritas (X_1, X_2, X_3...Xn) não tenham boas correlações entre elas. Pois, quanto maior a correlação entre as variáveis independentes (covariância), maior será a variabilidade de Y sendo explicada pelas mesmas variáveis.

Em um exemplo hipotético de regressão linear múltipla com duas variáveis independentes (X_1, X_2) e uma variável dependente (Y), se os valores do R^2 de X_1 e X_2 forem iguais a 0,5 e a covariância entre elas for nula, significa que cada uma das variáveis explicam 50% da variabilidade de Y, totalizando 100% de explicação do modelo. Entretanto, quando a covariância entre os dados não for nula, significa que uma mesma parcela da variabilidade de Y é explicada por X_1 e também por X_2 (**Figura 60**).

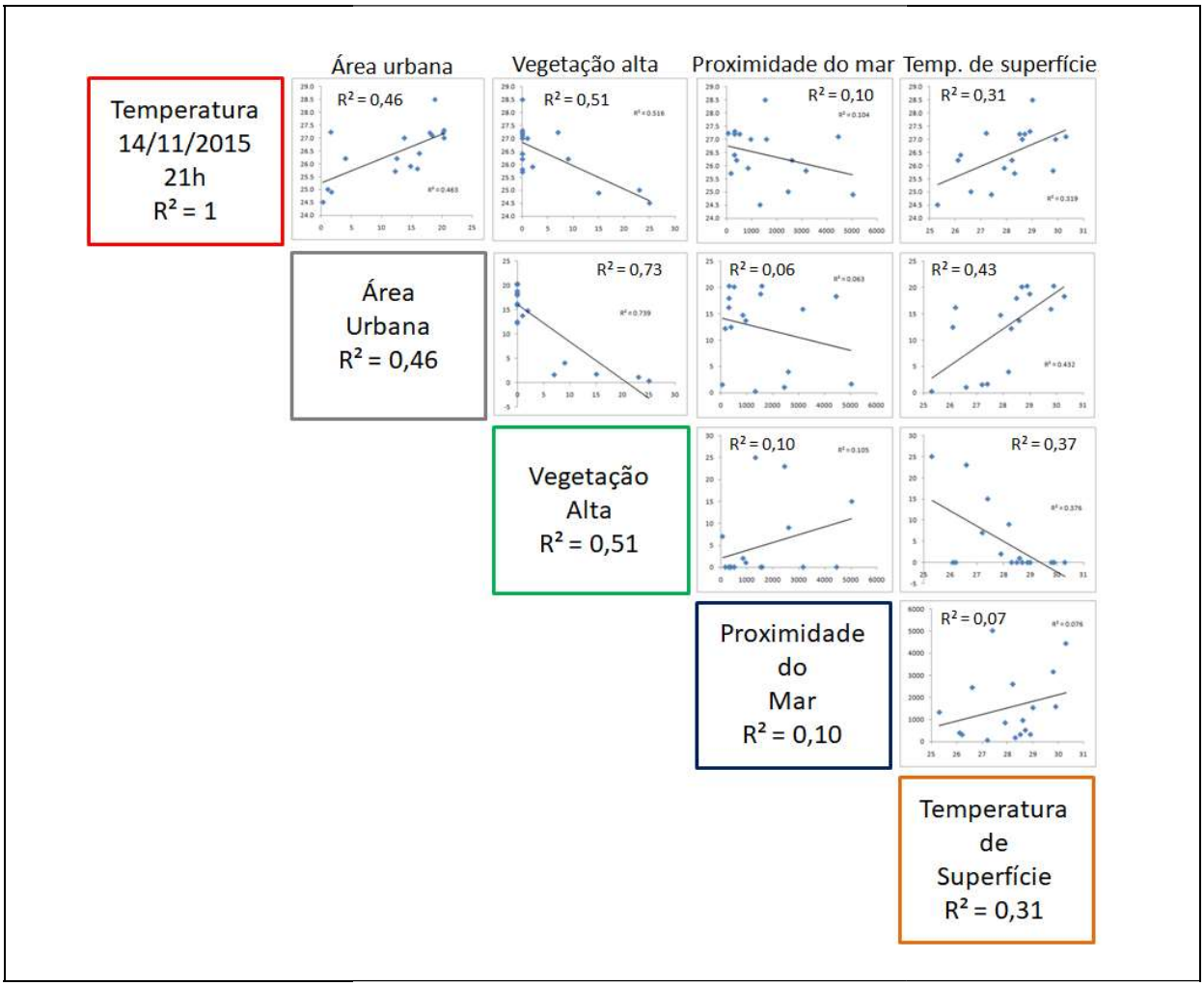


Figura 59 - Matriz de correlação da modelagem ilha de calor e das variáveis de ocupação da terra. Adaptado de Foissard (2015).

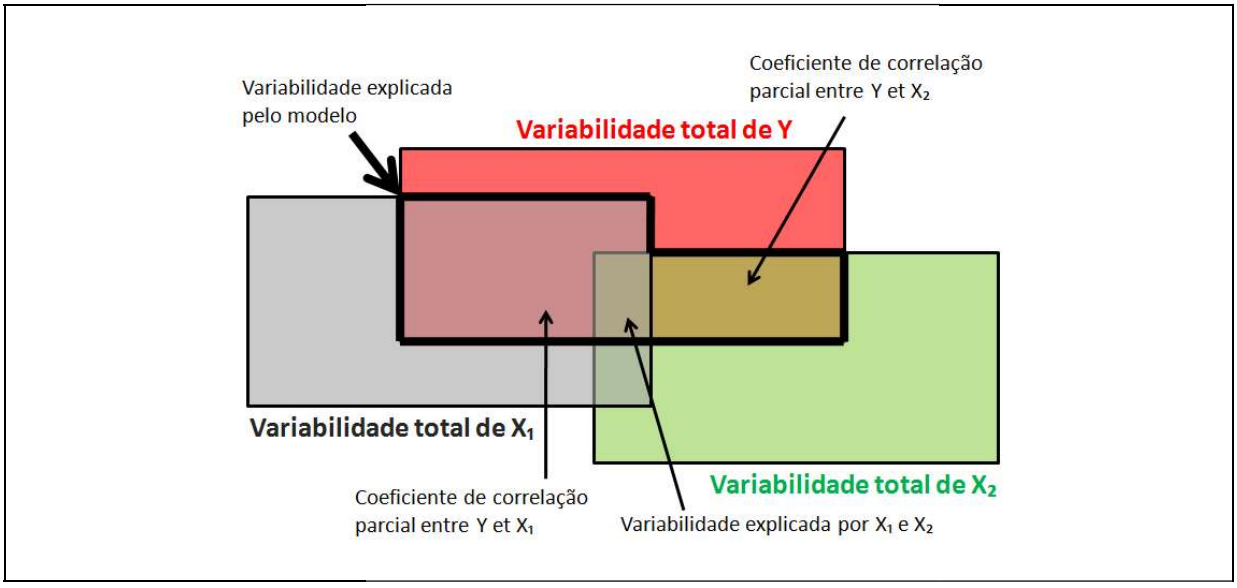


Figura 60 - Esquema da variância de cada elemento na modelagem. Adaptado de Foissard (2015)

A seguir serão apresentados dois exemplos de aplicação da técnica da modelagem da ilha de calor urbana. A primeira utilizando três variáveis (área urbana, vegetação alta e proximidade do mar), e a outra incluindo a variável temperatura de superfície, totalizando quatro variáveis.

Vale ressaltar que também foram realizados testes de aplicação do modelo com a utilização da variável das características do relevo (altitude), porém os resultados não foram significativos. Assim sendo, as características do relevo foram retirados do processo de elaboração dos modelos finais e consequentemente os modelos foram desenvolvidos apenas para as regiões com altitudes inferiores a 100 metros, pois não havia dados medidos de temperatura do ar em altitudes superiores.

11.1 - Aplicações dos modelos de regressões múltiplas e análise dos resultados

Com essas informações foram feitas relações estatísticas por meio da regressão linear múltipla entre a intensidade da ilha de calor atmosférica nos locais onde as temperaturas foram registradas e os parâmetros geográficos da superfície. O modelo discriminou os melhores indicadores espaciais para cada categoria de forma a estimar os resultados para toda a imagem através de regressão linear múltipla.

O uso da regressão linear múltipla descreve uma relação entre as variáveis geográficas "explicativas" (ocupação da terra) e a variável a ser "explicada" (temperatura) pelo modelo (CARREGA, 2008 *apud* FOISSARD, 2015).

A regressão linear múltipla é descrita pela **Equação 7**:

$$Y' = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta n x n + b \qquad (7)$$

Essa equação é definida pela temperatura estimada (Y′), as variáveis geográficas (Xn) e os parâmetros a serem determinados (βn e b). A equação da nuvem de pontos observados segundo as variáveis explicativas é descrita pela **Equação 8**. Onde "Y" corresponde a temperatura observada e "ε" representa o conjunto dos resíduos definidos pela **Equação 9**.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta n x n + \varepsilon \qquad (8)$$

$$\varepsilon = Y - Y' \qquad (9)$$

A análise dos resíduos é importante para verificar adequabilidade do modelo. Como observado na **Equação 9**, o resíduo é dado pela diferença entre a temperatura medida (observada) e a temperatura estimada (modelizada). Assim, quanto menor for à diferença da temperatura modelizada em relação à temperatura medida em cada ponto, melhor e mais fiel a realidade será o modelo.

Deste modo, com o objetivo de analisar a ilha de calor atmosférica diagnosticada em Ubatuba no episódio do dia 14 de novembro de 2015, elaboraram-se dois exemplos de modelagem das temperaturas do ar generalizadas em cada ponto, conforme citado anteriormente, levando em consideração três e quatro variáveis.

Com base nas informações adquiridas em todo o processo de elaboração, a melhor correlação obtida para o modelo baseado em três variáveis explicativas (área urbana, vegetação alta e proximidade do mar), foi definida pela **Equação 10**:

$$Ta = 26.3597 + 0.0361 * C1 - 0.0574 * C3 - 0.0001 * P \qquad (10)$$

Onde:

Ta é a temperatura do ar estimada;

*C1 é a p*orcentagem da classe 1 (área urbana) no uso da terra dentro da janela 41x41 *pixels* em torno da cada estação;

*C3 é a p*orcentagem da classe 3 (vegetação alta) no uso da terra dentro da janela 7x7 *pixels* em torno da cada estação;

P é a proximidade do mar.

Conforme verificado na **Figura 61**, os resultados da regressão linear múltipla apresentaram uma correlação global ajustada de R = 0.69 e de R^2 ajustado = 0.47. Neste caso, pode-se observar que o modelo explica 47% da variabilidade da temperatura.

De acordo com os coeficientes apresentados, nota-se que cada uma das variáveis obtiveram diferentes valores de importância nos parâmetros multiplicadores da regressão linear múltipla. A maior importância foi à diminuição da temperatura em relação à presença de vegetação, com multiplicador negativo (-0.05). Em seguida, a classe que representa a área urbana obteve o coeficiente positivo (0.03) e isso significa a importância das áreas densamente construídas para o aumento das temperaturas e geração da ilha de calor urbana. Outro fator interessante foi a diminuição da temperatura em relação à distância do mar, com o coeficiente negativo (-0.00007). Neste caso, mesmo que o coeficiente negativo em relação à

proximidade do mar seja pequeno, ele acaba se aliando aos coeficientes negativos da vegetação densa que também estão relativamente distantes do mar, sobretudo, nas escarpas da serra do mar com a formação das áreas preservadas da mata atlântica.

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

Temperatura_14_09_15_21h_pontos_fixos = 26.3597 + 0.0361*cl1_41x41 - 0.0574*cl3_7x7 - 0.0001*distanceaomar

Regression Statistics :

Apparent R = 0.737825 Apparent R square = 0.544386
Adjusted R = 0.692314 Adjusted R square = 0.479299
F (3, 13) = 5.177650

ANOVA Regression Table

Source	apparent degrees of freedom	sum of squares	mean square
Regression	3	9.44	3.15
Residual	13	7.90	0.61
Total	16	17.34	

Individual Regression Coefficients

	Coefficient	t_test (13)
Intercept	26.359732	30.853151
cl1_41x41	0.036149	0.711411
cl3_7x7	-0.057383	-1.226781
distanceaomar	-0.000073	-0.534234

Figura 61- Resultados da regressão múltipla gerada a partir dos dados de temperatura do ar, área construída, vegetação alta e distância do mar

Os resultados da modelagem da ilha de calor urbana estão espacializados na **Figura 62**. Como se pode observar, a distribuição das temperaturas no intraurbano e no entorno rural se apresentaram entre 23°C e 26,5°C. De modo geral, as áreas com temperaturas mais elevadas (25,5°C a 26,5°C) ocorreram nas regiões centrais da cidade, densamente edificadas, pouco arborizadas e próximas ao mar. As áreas mais afastadas, sobretudo, aquelas com a maior presença de vegetação, apresentaram as menores temperaturas entre 23°C e 23,5°C. Conforme se aproxima das áreas de transição entre a vegetação densa e as áreas urbanizadas, principalmente aquelas com a presença de vegetação rasteira, as temperaturas variaram entre 23,5°C e 24,5°C.

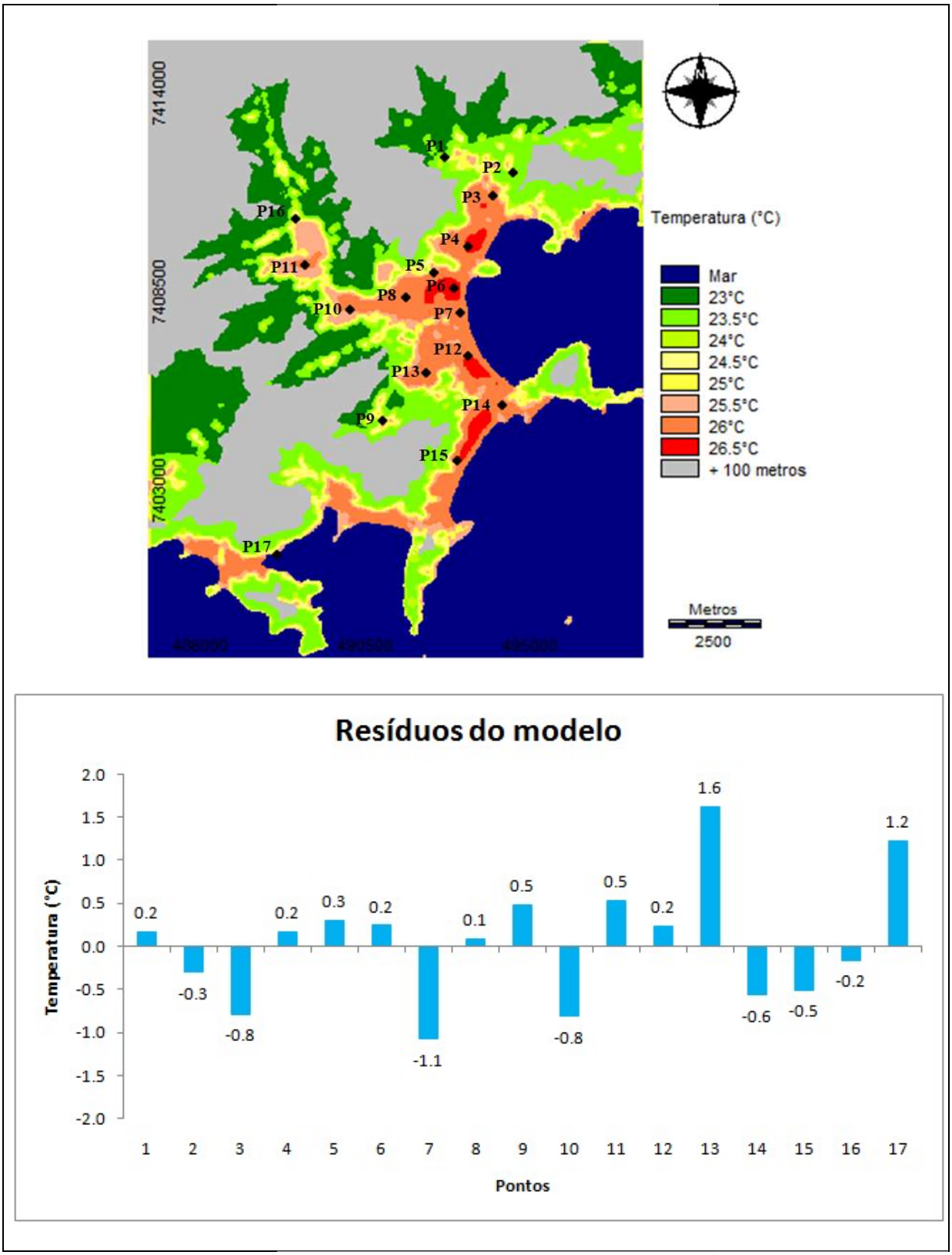


Figura 62 - Modelagem da temperatura e análise dos resíduos da área urbana de Ubatuba - 14/11/2015 às 21h

Com base nos resultados apresentados pelos resíduos e na estrutura do modelo, verificou-se a existência de uma grande correlação entre as características da ocupação da

terra e a modelagem da ilha de calor urbana. Entretanto, é importante observar algumas diferenças entre as temperaturas registradas e as temperaturas estimadas (**Figura 62**). Neste caso, em onze pontos tais diferenças foram menores ou iguais a 0,5°C. Três pontos apresentaram diferenças entre 0,6°C e 1°C e outros três pontos com diferenças maiores do que 1°C.

Conforme citado anteriormente os valores positivos no gráfico se referem aos pontos em que a temperatura medida (observada) foi maior do que a temperatura estimada (modelizada) e, consequentemente, os valores negativos se referem aos pontos em que as temperaturas estimadas foram maiores do que a realidade. Neste modelo, dez pontos obtiveram valores positivos e sete pontos obtiveram valores negativos.

De certo modo, isso significa que em dez pontos as temperaturas do modelo foram menores do que a realidade, neste caso, o modelo não apresentou tantas diferenças no intraurbano, minimizando os efeitos das temperaturas mais elevadas, sobretudo em relação aos pontos 13 e 17 que obtiveram no modelo temperaturas inferiores. O mesmo aconteceu em relação aos sete pontos em que as temperaturas do modelo foram maiores do que a realidade, como, por exemplo, o ponto 7 que obteve diferença de 1,1°C.

Posteriormente, foi analisado o modelo baseado em quatro variáveis explicativas (área urbana, vegetação alta, proximidade do mar e temperatura de superfície). Neste caso, a melhor correlação foi definida pela **Equação 11**:

$$Ta = 17.8250 + 0.0078 * C1 - 0.0367 * C3 - 0.0002 * P + 0.3211 * TP \qquad (11)$$

Onde:

Ta é a temperatura do ar estimada;

*C1 é a p*orcentagem da classe 1 (área urbana) no uso da terra dentro da janela 41x41 *pixels* em torno da cada estação;

*C3 é a p*orcentagem da classe 3 (vegetação alta) no uso da terra dentro da janela 7x7 *pixels* em torno da cada estação;

P é a proximidade do mar;

TP é a Temperatura de superfície.

Conforme verificado na **Figura 63**, os resultados da regressão linear múltipla apresentaram uma correlação global ajustada de R = 0.71 e de R^2 ajustado = 0.51. Neste caso,

pode-se observar que o modelo com a inserção da temperatura de superfície explica 51% da variabilidade da temperatura.

Embora tenha apresentado valores diferentes, os coeficientes seguem a mesma lógica do modelo anterior, pois nota-se que cada uma das variáveis obtiveram diferentes valores de importância nos parâmetros multiplicadores da regressão linear múltipla. Entretanto, neste modelo a maior importância foi dada ao aumento da temperatura do ar em relação ao aumento da temperatura de superfície, com multiplicador positivo (0.3). Outro multiplicador positivo se refere à classe que representa a área urbana e obteve o coeficiente positivo (0.007). Em seguida, a diminuição da temperatura de acordo com a presença de vegetação, obteve multiplicador negativo (-0.03), juntamente com a diminuição da temperatura em relação à distância do mar (-0.0002).

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

Temperatura_14_09_15_21h_pontos_fixos = 17.8250 + 0.0078*cl1_41x41 - 0.0367*cl3_7x7 - 0.0002*distanceaomar + 0.3211*BANDA_10_TERMAL

Regression Statistics :

Apparent R = 0.778397 Apparent R square = 0.605901
Adjusted R = 0.717604 Adjusted R square = 0.514956
F (4, 12) = 4.612309

ANOVA Regression Table

Source	apparent degrees of freedom	sum of squares	mean square
Regression	4	10.51	2.63
Residual	12	6.84	0.57
Total	16	17.34	

Individual Regression Coefficients

	Coefficient	t_test (12)
Intercept	17.825034	2.833567
cl1_41x41	0.007776	0.145669
cl3_7x7	-0.036715	-0.769190
distanceaomar	-0.000228	-1.311826
BANDA_10_TERMAL	0.321141	1.368603

Figura 63 - Resultados da regressão múltipla gerada a partir dos dados de temperatura do ar, área construída, vegetação alta, distância do mar e temperatura de superfície

Os resultados da modelagem da ilha de calor urbana com a inserção da temperatura de superfície estão espacializados na **Figura 64**. A distribuição das temperaturas no intraurbano

e no entorno rural se apresentaram entre 23°C e 28°C. De modo geral, as distribuições das temperaturas foram semelhantes ao modelo anterior, entretanto, com a inserção da banda termal é possível visualizar maiores diferenças no intraurbano, com a formação de ilha de calor bem definida na área central da cidade, apresentando intensidade de 5°C em relação ao entorno rural.

Seguindo o mesmo padrão, as áreas mais distantes do mar com presença de vegetação densa apresentaram as menores temperaturas entre 23°C e 24°C e as áreas com vegetação rasteira apresentaram temperaturas entre 24°C e 25,5°C. As áreas com temperaturas mais elevadas (26°C a 28°C) ocorreram nas regiões centrais da cidade, densamente edificadas, pouco arborizadas e próximas ao mar.

Neste caso, a utilização da imagem termal foi fundamental para verificar com maior nível de detalhes as diferenças de temperaturas no intraurbano. A mesma permite caracterizar as diferentes respostas térmicas no intervalo espectral do infravermelho termal em relação aos diferentes tipos de materiais construtivos, como por exemplo, telhados de fibrocimento, alumínios e cerâmicas. Ou até mesmo, áreas com presença de vegetação, como parques, praças e alguns bairros socioeconomicamente privilegiados que se utilizam de materiais construtivos que armazenam menos calor.

Entretanto, o modelo também apresentou algumas diferenças entre as temperaturas observadas e as temperaturas estimadas, sendo possível visualizar no gráfico de resíduos (**Figura 64**). Neste caso, pode-se observar que em doze pontos as diferenças foram menores ou iguais a 0,3°C, sendo oito menores do que 0,1°C, mostrando uma grande aproximação do modelo com a realidade nestes pontos. Da mesma forma em que os pontos anteriores se aproximaram da realidade, outros quatro pontos apresentaram diferenças superiores a 1°C, chegando a 1,8°C no ponto 17, onde a temperatura medida foi de 27,2°C e a temperatura estimada no modelo foi de 25,4°C. Essa diferença também minimiza de alguma forma os efeitos das diferenças no intraurbano.

Conforme citado anteriormente os valores positivos no gráfico se referem aos pontos em que a temperatura medida (registrada) é maior do que a temperatura estimada (modelizada) e, consequentemente, os valores negativos se referem aos pontos em que as temperaturas estimadas são maiores do que a realidade. Neste modelo, nove pontos obtiveram valores positivos, seis pontos obtiveram valores negativos e dois pontos ficaram muito próximos de zero, mostrando uma boa eficácia da aplicação do modelo.

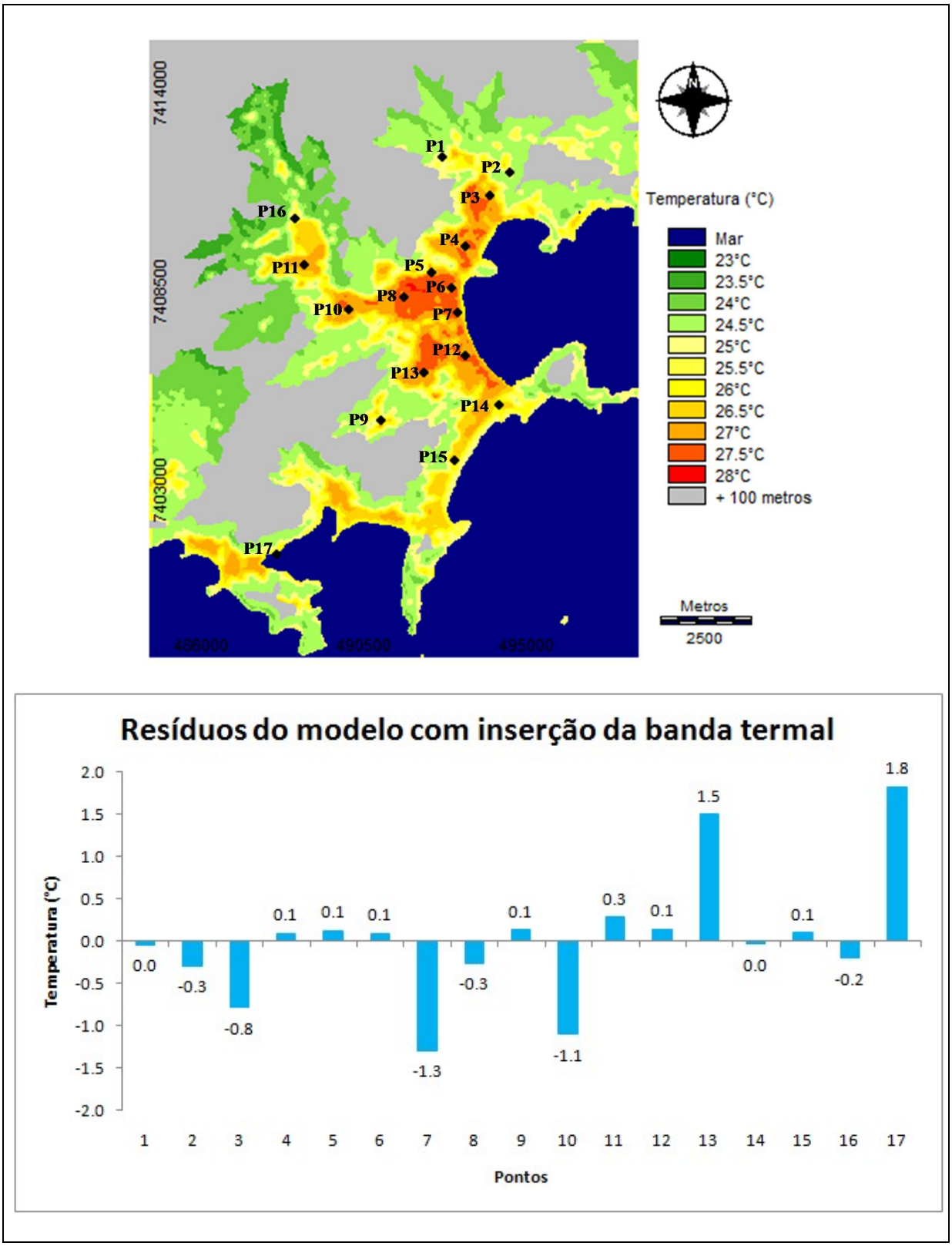


Figura 64 - Modelagem da temperatura e análise dos resíduos da área urbana de Ubatuba com inserção da banda termal - 14/11/2015 às 21h

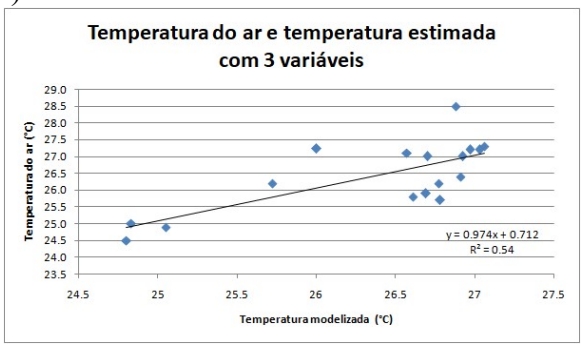
11.2 - Análise comparativa dos modelos e descrição dos resíduos

Com base no que foi apresentado e com o objetivo de realizar uma análise comparativa entres as duas aplicações da modelagem da ilha de calor urbana, serão destacados algumas observações predominantes no que se refere aos resultados finais do modelo.

Para tanto, foram realizadas as correlações entre as temperaturas do ar e as temperaturas estimadas com os dois modelos apresentados (**Gráfico 16**). Primeiramente, pode-se observar no **Gráfico 16**a, a correlação em relação às temperaturas estimadas com a utilização de três variáveis. O valor do $R^2 = 0,54$ significa uma relação explicativa próxima à apresentada pelo modelo em que 54% da temperatura observada é explicada pela temperatura estimada. O **Gráfico 16**b apresenta as temperaturas do ar em relação às temperaturas estimadas com a utilização de quatro variáveis. Os valores do $R^2 = 0,47$ mostram um fator explicativo de 47% entre a temperatura observada e a temperatura estimada.

Nos dois gráficos é possível identificar uma concentração dos dados entre 26,5°C e 27°C e uma linha de tendência de aumento da temperatura modelizada de acordo com o aumento da temperatura do ar.

a) Três variáveis



b) Quatro variáveis

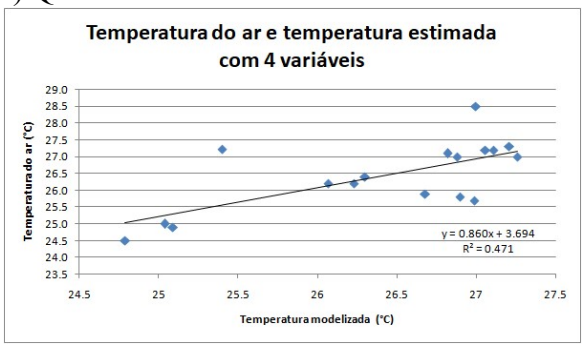


Gráfico 16 - Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura modelizada

Mesmo que as temperaturas estimadas com as três variáveis tenham um coeficiente de relação maior, não é certo afirmar que ele seja melhor modelo. Pois conforme a análise dos resíduos, as diferenças entre cada um dos pontos são menores com a utilização da banda termal (**Figura 65**).

Modelo com 3 varavéis			
Pontos	Temperatura do ar (°C)	Temperatura modelo (°C)	Diferenças (Resíduos)
1	25.0	24.8	0.2
2	24.5	24.8	-0.3
3	25.9	26.7	-0.8
4	27.2	27.0	0.2
5	27.0	26.7	0.3
6	27.3	27.1	0.2
7	25.7	26.8	-1.1
8	27.0	26.9	0.1
9	26.2	25.7	0.5
10	25.8	26.6	-0.8
11	27.1	26.6	0.5
12	27.2	27.0	0.2
13	28.5	26.9	1.6
14	26.2	26.8	-0.6
15	26.4	26.9	-0.5
16	24.9	25.1	-0.2
17	27.2	26.0	1.2

Modelo com 4 varavéis			
Pontos	Temperatura do ar (°C)	Temp. modelo com termal (°C)	Diferenças (Resíduos)
1	25.0	25.0	0.0
2	24.5	24.8	-0.3
3	25.9	26.7	-0.8
4	27.2	27.1	0.1
5	27.0	26.9	0.1
6	27.3	27.2	0.1
7	25.7	27.0	-1.3
8	27.0	27.3	-0.3
9	26.2	26.1	0.1
10	25.8	26.9	-1.1
11	27.1	26.8	0.3
12	27.2	27.1	0.1
13	28.5	27.0	1.5
14	26.2	26.2	0.0
15	26.4	26.3	0.1
16	24.9	25.1	-0.2
17	27.2	25.4	1.8

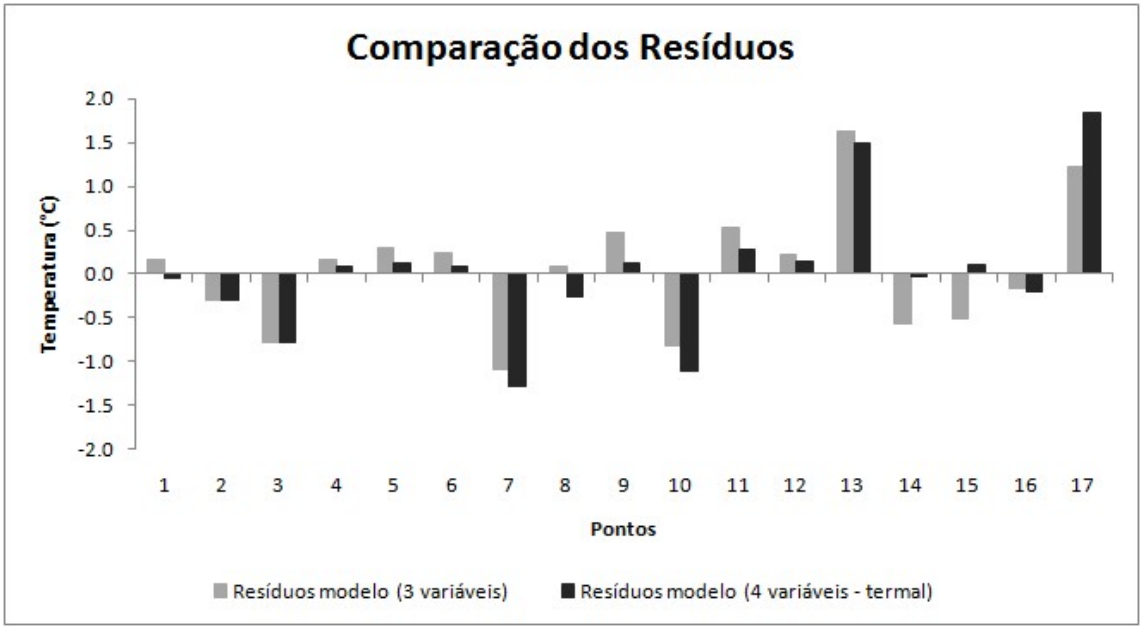


Figura 65 - Comparação entre os modelos utilizados e análise dos resíduos

A comparação dos resíduos mostra que em apenas três pontos (7, 10 e 17) os resíduos com o modelo de quatro variáveis foram maiores do que os resíduos com três variáveis. Ao se realizar os cálculos do erro padrão de estimativa (**Equação 11**), por meio da raiz da soma dos quadrados dos resíduos obtêm-se o desvio padrão do modelo em graus.

$$\sqrt{\frac{SSresidual}{N-1}} \tag{11}$$

Onde

SSresidual é a soma dos quadrados do resíduo;

N é o total da amostra;

Neste caso, os resultados mostraram que o modelo com três variáveis obteve o desvio padrão de 0,70ºC, enquanto que o modelo com quatro variáveis obteve o desvio padrão de 0,76ºC. Esse resultado confirma mais uma vez que os modelos foram próximos espacialmente e estatisticamente.

De modo geral, os resultados mostraram a importância da vegetação nas áreas urbanas como fator fundamental para a diminuição das temperaturas. As áreas com a presença de 20% a 25% de vegetação apresentaram diferenças de temperaturas de 3°C a 4°C em relação às áreas densamente construídas. Outro resultado se refere aos diferentes tamanhos das janelas móveis utilizadas durante o procedimento, neste caso, foi possível observar que as maiores janelas foram utilizadas para a classe de urbanização, mostrando o efeito global de aumento da temperatura na escala da aglomeração urbana, e as menores janelas mostraram o papel local da vegetação para resfriar o clima e minimizar a intensidade da ilha de calor urbana.

É válido ressaltar que trata-se de um ambiente muito complexo, quanto os modelos foram capazes de explicar cerca de 50% das variações da temperatura ocorridas na área urbana de Ubatuba. Neste caso, se outras variáveis tão importantes quanto às características de ocupação da terra pudessem entrar no modelo, tais como, os efeitos da maritimidade, as brisas marítimas e terrestres e os valores correspondentes a capacidade de inércia térmica do mar, provavelmente os resultados dos modelos seriam mais completos.

Ainda assim, esta metodologia se apresenta como uma inovação no campo da climatologia urbana e está bem adequada na escala de estudo das cidades pequenas e médias, minimizando os efeitos microclimáticos e permitindo uma cartografia na escala da aglomeração, tornando-se um importante instrumento para a gestão do espaço urbano sendo possível contribuir para intervenções mais localizadas que podem amenizar as ilhas de calor atmosféricas (AMORIM *et al*., 2015).

12 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades possuem particularidades do ponto de vista climático que são intensificados de acordo com as suas características. Toda cidade gera um clima próprio, resultado da combinação das interações naturais com o processo de produção do espaço urbano na escala local. Entretanto, o acelerado processo de crescimento das cidades tem provocado a degradação do meio físico e alterado o seu clima local gerando ilhas de calor de magnitudes cada vez maiores, contribuindo para situações de desconforto térmico, principalmente, para a população em situações de vulnerabilidade socioeconômica.

Este trabalho contribuiu para reafirmar que a cidade não é todo homogêneo e possui especificidades no intraurbano, tanto do ponto de vista natural, mas principalmente, em relação às diferenças existentes nas características do uso e da ocupação da terra no interior da cidade. A cidade de Ubatuba apresenta particularidades nas características naturais, o que eleva o grau de complexidade do ambiente. Tais complexidades, associadas às alterações na paisagem causadas pela introdução das áreas edificadas, redução das áreas com vegetação no intraurbano e incorporação das encostas preservadas da Serra do Mar junto à malha urbana, contribuem na alteração do clima na escala local, sobretudo, em dias com condições atmosféricas estáveis.

A lógica de configuração espacial na cidade de Ubatuba está relacionada à ocupação da orla marítima por loteamentos turísticos voltados para segundas residências. A especulação imobiliária na região contribuiu para intensificação do processo de segregação socioespacial e influenciou na expansão das áreas urbanas com o surgimento dos bairros-praias ocupados pela elite socioeconômica da capital paulista que encontraram no Litoral Norte um espaço de lazer. A pressão exercida pela urbanização turística interferiu diretamente no modo de vida da população local e produziu uma lógica de segregação socioespacial, contribuindo para o deslocamento dessa população em direção aos bairros caracterizados como sertões periféricos.

Mesmo com a forte presença da dinâmica natural foi possível observar diferentes respostas térmicas variando de acordo com as características do uso e ocupação da terra no intraurbano, responsáveis pelas diferenças locais da temperatura do ar, gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos e na área central da cidade. Entretanto, este padrão de distribuição altera-se em função da direção e velocidade do vento, que em alguns casos, podem contribuir para o deslocamento das temperaturas mais quentes para outras áreas da cidade.

Conforme citado anteriormente, diferente do que se verificou em outras pesquisas realizadas em cidades interioranas do Brasil, nas cidades costeiras o centro da ilha de calor não é bem definido e pode se deslocar de acordo com a direção predominante do vento, sob interferência das brisas. Durante o dia esse deslocamento pode ocorrer em direção ao continente (oeste) influenciado pela dinâmica das brisas marítimas e, durante a noite, com deslocamento em direção ao oceano (leste), influenciado pela brisa terrestre. Outro fator que pode contribuir para manutenção das áreas mais aquecidas próximas as praias, no período da noite, é o processo de inércia térmica da água que tem a capacidade de armazenar o calor por um período maior de tempo.

Deste modo, não foi possível identificar ilhas de calor tão expressivas e definidas como as encontradas na literatura. A zona costeira apresentou variações térmicas e higrométricas bastante próprias em diversas horas do dia, variando de acordo com a trajetória aparente do sol, com a orientação da vertente, o efeito sombra, e as características do uso e ocupação da terra no entorno de cada ponto analisado.

As maiores diferenças entre os pontos fixos ocorreram em condições de estabilidade atmosférica, predominando as características do entorno de cada ponto. Foi possível perceber que os pontos localizados na área central densamente construídas e o ponto 13 (Estufa 2) ocupado predominantemente por casas de baixo padrão construtivo, terrenos menores e vegetação esparsa, registraram maiores intensidades da ilha de calor urbana. Áreas com padrões construtivos mais elevados, terrenos grandes e com presença de vegetação arbórea no entorno, como o caso do ponto 14, localizado no bairro-praia do Tenório, apresentaram temperaturas mais amenas em diversas horas do dia, sobretudo, durante a noite, mostrando a importância da vegetação da área urbana para a redução das temperaturas na escala local.

Os resultados obtidos pelos transectos móveis evidenciaram as particularidades da área de estudo, pois apresentaram diferentes resultados nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite). De maneira geral as maiores diferenças térmicas ocorreram nos pontos localizados no trajeto O-L que saiu do horto florestal passando pela área central da cidade em direção a orla da praia. A área central densamente urbanizada e com o maior fluxo de pessoas e veículos, geraram os maiores contrastes de temperatura em relação ao entorno rural. O trajeto S-N que passou por toda a orla das praias centrais e terminou na área rural no bairro da Casanga apresentou as menores diferenças no intraurbano, mostrando uma maior homogeneidade nas temperaturas neste percurso próximo a costa. Neste percurso as temperaturas foram mais elevadas nos momentos que houve os desvios do trajeto para fora da orla marítima (bairro do

Perequê-Açu), quando os efeitos da brisa marítima eram minimizados pelo bloqueio das residências, associados aos diferentes usos e ocupação da terra.

As imagens do satélite *Landsat* 8 foram utilizadas para diagnosticar as ilhas de calor de superfícies e também para auxiliar na caracterização da vegetação por meio do índice de vegetação (NDVI). As temperaturas mais elevadas dos alvos ocorreram na área central da cidade e também no bairro do Ipiranguinha, sobretudo, devido a grande densidade de construções, a existência de telhados de fibrocimento com materiais que retém a maior quantidade de calor e principalmente pela baixa presença de vegetação arbórea. Em relação ao NDVI, mesmo que grande parte do município esteja localizado dentro do Parque Estadual da Serra do Mar o índice de vegetação foi menor no período do inverno, quando a vegetação fica menos exuberante.

As brisas marítimas começam nas primeiras horas do dia, sendo intensificadas no período da tarde, porém não alcançam grandes profundidades no interior do continente, devido à presença marcante da Serra do Mar que atua como barreira aos fluxos atmosféricos e impede o deslocamento da brisa. A presença da Serra do Mar fortalece o efeito orográfico e contribui para os totais pluviométricos elevados na região com médias superiores a 2.500 mm.

A modelagem das temperaturas levando em consideração as características do uso e ocupação da terra e as relações com a proximidade do mar se apresenta como uma inovação no campo da climatologia urbana e surgem como um avanço nas técnicas apresentadas em relação às outras formas tradicionais de representação espacial das ilhas de calor por meio das interpolações. Está bem adequada na escala de estudo das cidades pequenas e médias, permitindo uma cartografia na escala da aglomeração (AMORIM, et al. 2015). Os resultados mostraram a importância da vegetação nas áreas urbanas como fator fundamental para a diminuição das temperaturas. As áreas com a presença de 20% a 25% de vegetação apresentaram diferenças de temperaturas de 3°C a 4°C em relação às áreas densamente construídas.

As áreas com a existência expressiva de cobertura vegetal arbórea, materiais construtivos adequados, loteamentos maiores que facilitam a circulação do ar, contribuem para a diminuição das temperaturas e consequentemente propíciam condições favoráveis para o conforto térmico, sem a necessidade de utilização de formas artificiais como a climatização dos ambientes internos. Assim, estudos dessa natureza em cidades de pequeno e médio porte permitem ações efetivas no planejamento das cidades, com o objetivo de contribuir para que medidas sejam tomadas para que as situações de desconforto térmico sejam minimizados.

13 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAIN, R. **Morphologie urbaine. Geógraphie, aménagement et architecture de La ville**. Paris, Armand Collin, 2005.

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

AMORIM, M.C.C.T. **Intensidade e Forma da Ilha de Calor Urbana em Presidente Prudente/SP**. Geosul (UFSC), Florianópolis, v. 20, n.39, p. 65-82, 2005.

AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L. **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França).** *Confins*(Paris), v.7, p.1-16, 2009.

AMORIM, M.C.C.T. **Climatologia e Gestão do Espaço Urbano**. Revista Mercator, p. 71-90, 2010.

AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. **As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal**. Confins, 13, p. 1-18, 2011.

AMORIM, M.C.C.T.; SANT´ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. **Climatologia Urbana e Regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo. Outras Expressões. 2013.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. **Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 11, v. 16, p. 29-45, 2015.

AMORIM, M. C. C. T. (Tese de Livre docência) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP. 2017. 178p.

ANDRADE, C. E.; CUNHA, C. M. L. **Análise do relevo do Litoral Norte Paulista (Brasil) através da cartografia geomorfológica.** VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, maio de 2010.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H.; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. **Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Santa Catarina, *Anais...*Florianópolis: INPE, 2007

ARANHA, L. B. **Modelagem da dinâmica da paisagem do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), Ubatuba, SP: subsídios para o Plano de Restauração.** (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na saúde da população urbana do município de São Luís (MA)**. (Tese de Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP. 2014. 290p.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial.** (Tese de Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 319p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BELLO FUENTES, V. **La isla de calor y los usos del suelo en Guadalajara**. Serie Geográfica, vol. 4, p. 83-97, 1994.

BELLA FUENTES, V. **La isla de calor nocturna y los usos del suelo en Alcalá de Henares.** In: Anales de Geografia de la Universidad Complutense, vol. 15, 1995, Madrid. Anais… Madrid: UC, 1995, p. 119-130.

BENLEFKI, A.; DOUAIBA, B.; ABBES, A. **A sea breeze numerical simulation and circulation analysis in Oran, Algeria, urban atmosphere**. Journal of Urban and Environmental Engineering, v.9, n.2, p.139-145, 2015.

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. **A análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...,* Goiás: INPE, 2005.

BIGOT, S.; PLANCHON, O. **Identification and characterization of sea breeze days in Northern France using Singular Value Decomposition**. In: International Journal of Climatology, 23, p.1397-1405, 2003.

BONNARDOT, V.; CARE, V.; PLANCHON, O.; CAUTENET, S. **Sea breeze mechanism and observations of its effects in the Stellenbosch wine producing area.** Wynboer October, p. 117-113, 2001

BONNARDOT, V.; PLANCHON, O.; CAUTENET, S. **The sea breeze development under an offshore synoptic wind in the South Western Cape and implications over the Stellenbosch wine-producing area**.In: Theoretical and Applied Climatology, 81, p.203-218, 2005.

BORNSTEIN, R. **Observations of the urban heat Island Effect in New York City**. Journal of Applied Meteorology, American Meteorological Society, Boston, vol.7, p. 281-290, 1968

BRANDÃO, Ana Maria P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996. 362f.

BRANDÃO, A. M. P. M. A ilha de calor de outono na cidade do Rio de Janeiro: configuração em situações sinóticas contrastantes. In: SANT' ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas.** Maringá, Cap. 10, p. 193-210, 2000.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: MENDONÇA, F; MONTEIRO, C. A. F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo, Cap. 04, p.121-154, 2003.

BRIGATTI, N. **Variação do nível do mar associada às situações sinóticas na gênese dos episódios extremos no município de Ubatuba/SP**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

BRYSON, R. A., ROSS, J. E. **The climate of the city. Urbanization and environment**. Belmont: Duxbury Press, 1972.

BRÚSSOLO, R. G. **O clima e a cidade: ilhas de calor em Assis (SP).** (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2015. 170p.

BURGARD, S. et al. **Direção horária predominante e de rajada de vento em localidades dos campos gerais do Paraná e arredores**. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 7, V. 8, 2011.

CALDEIRA, T. P. R. **Cidades de Muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo**. São Paulo, Edusp, 2000.

CAPEL, H. **La morfología de las ciudades** – 2. Aedes facere: Técnica, cultura y classe social en La construcción de edifícios. Barcelona, Serbal. 2002.

CARLOS. A. F. A. **O espaço urbano: novos escritos sobre a cidade**. São Paulo: FFCL, 2007

CASTILHO, F. J. V. **Abordagem geográfica do clima urbano e das enfermidades em São José do Rio Preto/SP**. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, SP, 2006.

CASTRO, D. M. D L.; BRUNA, G. C. **Políticas públicas de ocupação do solo e desenvolvimento sustentável: o caso do município de Ubatuba**. *XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental*, Cancún, México, 2002.

CARDOSO, R. S; AMORIM, M. C. C. T. **Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto.** Revista do Departamento de Geografia-USP, v. 28, p.39-64, 2014.

CARREGA, P. **Le vent: importance, mesures, modélisation et tribulations.** Bulletin de la Société géographique de Liège, 51, p.17-29, 2008.

CARREGA, P. **Le climat urbain de Nice en milieu géographique contrasté : synthèse par approche inductive.** Climatologie, v. 10. 2013.

CARRERAS, C.; MARIN, M.; MARTIN VIDE, J.; MORENO, C. M.; SABÍ, J. **Modificaciones térmicas en las ciudades: avance sobre la isla de calor en Barcelona**. Documentos d'analisi geográfica, n. 17, p. 51-77, 1990.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchison of London, 1965. 287p.

COLACINO, M. **Infrared Radiometric Measurements for the Study of Rome Urban Heat Island**. Archiv fur Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, n. 26, p. 207-217, 1978

COLLISHON, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. São Paulo, IGEOG/USP, 1975. (Série teses e monografias nº18).

CORPETTI, T., PLANCHON, O. **Front detection on satellite images based on wavelet and evidence theory: application to the sea breeze fronts**. In: Remote Sensingof Environment, 115, p.306-324, 2011.

CORRÊA, R. L. **O Espaço urbano**. Editora Ática, São Paulo , 2005.

CORTÉS, J. M. G. **Entre o público e o privado, uma viagem de ida e volta**. In: Políticas do espaço: arquitetura, gênero e controle social. São Paulo, Senac, 2008.

CUNHA, R. L. E; SILVA, K. O. **Apropriação territorial das praias e o uso do espaço público pelos hotéis da via costeira Natal/RN**.Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 12, n. 38, p. 29-40, 2011.

CRUZ, G. C. F. **Clima urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira.** Tese de doutoramento. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo/Brasil, 366 p, 2009.

CRUZ, O. **Contribuição Geomorfológica ao estudo de escarpas da serra do mar**.Revista, Instituto Geológico, São Paulo, l990.

DAMATO, F.; PLANCHON, O.; DUBREUIL, V. **A remote sensing study of the inland penetration of sea breeze fronts from the English Channel**. In: Weather, 58, p.219-226, 2003.

DANNI, I. M. **A ILHA TÉRMICA DE PORTO ALEGRE** (Monografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.

DANNI, I. M. **Aspectos têmporo - espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982 – contribuição ao estudo do clima urbano.** (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

DANTAS, E. W. C. **Construção da imagem turística de Fortaleza/Ceará**. Revista Mercator, ano 01, n. 01, 2002.

DANTAS, E. W. C. **Apropriação do espaço público pelo comércio ambulante: fortaleza-ceará-brasil em evidência (1975 A 1995**). Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidade de Barcelona, v. IX, n. 202, 2005.

DANTAS, E. W. C. **Mar à Vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**, 2 ed., Fortaleza, 2011.

DORIGON, L. P. **Clima urbano em Paranavaí/PR: análise do espaço intraurbano** (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2015.

DUBREUIL, V.; MONTGOBERT, M. ; PLANCHON, O. **Une méthode d'interpolation des températures de l'air en Bretagne : combinaison des paramètres géographiques et des mesures infrarouge NOAA-AVHRR**. *Hommes et Terres du Nord ; 2002-1*; pp. 26-39, 2002.

DUBREUIL, V.; DAMATO, F.; PLANCHON, O; PASSOS, M. **Contribuição dos dados GOES para a cartografia das frentes da brisa marítima no Nordeste**. Anais VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica Aracaju, 2004.

DUBREUIL, V. **Clima e teledetecção: uma abordagem geográfica**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, nº 1, p. 76-99, 2005.

DUBREUIL, V.; DELAHAYE, C.; LE STRAT, A. **Dynamiques d'occupation et d'utilisation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil.** Confins [Online], 10-2010, http://confins.revues.org/6845.

DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; FOISSARD, X.; PLANCHON, O. Climatologie urbaine et îlot de chaleur urbain à Rennes, in P.Clergeau (dir.) **Ville et biodiversité: les enseignements d'une recherche pluridisciplinaire.** Presses Universitaires de Rennes, pp.105-122, 2010.

DUMKE, L. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AU-RMC).** (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2009.

FARIAS FILHO, J. A. **Litoralização Metropolitana. Uma avaliação das políticas urbana e ambiental no litoral metropolitano cearense**. In: XIV Encontro Nacional da ANPUR, 2011, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: ANPUR, 2011. v. 1. p. 01-20.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo. 2009. 259 f.

FIDA, A. RICCI, F. **Litoral norte paulista: a exclusão do caiçara no século XX**. In: XIX Encontro Regional de História. ANPUH/SP – USP, São Paulo, 2008.

FOISSARD, X.; QUENOL, H.; DUBREUIL, V. **L'influence de la variabilité des facteurs météorologiques sur l'occurrence et l'intensité de l'ilot de chaleur urbain rennes en 2010.** Actes du 24e Colloque de l'AIC, Rovereto, Italie, sept.2011. p.261-266, 2011.

FOISSARD, X.; QUENOL, H.; DUBREUIL, V. **Analyse et spatialisation de l'ilot de chaleur urbain dans l'agglomeration rennaise.***Actes du XXVIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie.* Cotonou: Bénin, 2013.

FOISSARD, X. **L'îtlot de chaleur urbain et le changement climatique: application à l'agglomération rennaise**. (Tese de Doutorado). Université Rennes 2 Haute-Bretagne, Rennes, França. 2015.

FROTA, A, B; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª Edição, Studio Nobel, São Paulo, 2001.

FUNDAÇÂO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlántica período 2012-2013**. Relatório técnico. 2014.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación.** Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p.

GARCÍA, M. C. M. **La Cartografía del Fenómeno de la "Isla de Calor"**. NOTES DE GEOGRAFIA FÍSICA, Barcelona, v. 19, p. 73 – 81, 1990.

GARCÍA, M. C. M. **La Intensidad de la "Isla de Calor" de Barcelona. Comparación con otras Ciudades Españolas.** ALÍSIOS Revista de Geografia, Barcelona, v.1, p. 47- 53, 1991.

GARCÍA, M. C. M. **Unas Notas Históricas Acerca de la Climatología Urbana.** NOTES DE GEOGRAFIA FÍSICA, Barcelona, v. 20- 21, p. 137 – 141, 1991-1992.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zoas de calor em áreas urbanas**. Tradução Silvia Helen Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GOMES, W. P.; AMORIM, M. C. C. T. **Caracterização e classificação dos eventos extremos de precipitação através das técnicas estatísticas do desvio padrão e percentil, na cidade de Ubatuba/SP (2000-2010).** In: IX Semana de Geografia, 2013, Ourinhos. **Anais eletrônicos**...Ourinhos; UNESP, 2013. Disponível em <http://www.ourinhos.unesp.br/semana/documentos/ANAIS.pdf>. Acessado em: 16 fev. 2014.

GOMES, W. P. **A gênese e a distribuição socioespacial das chuvas no município de Ubatuba-SP.** (Monografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2015. 104f.

GOTTDINER, M. **A produção social do espaço**. São Paulo, Edusp, 2010.

GUAL, M.; PERELLÓ, J.; RAMIS, C. **La isla de calor urbana en Palma de Mallorca**. Revista Española de Física, vol.16, n. 1, p. 39-43, 2002.

HERZ, R. Manguezais do Brasil. São Paulo, 1991.

INNERARITY, D. **Os espaços da cidade**. In: O novo espaço público. Lisboa: Teorema, Cap. 4. p. 104-141, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acessado em 05/03/2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO SE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. 1981.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

JOHNSON, D. B. **Urban modification of diurnal temperature cycles**. In: Birmingham, U. K. Journal of climatology. v. 5, p. 221-225, 1985.

JORGE, M. C. O. **Zoneamento ambiental no município de Ubatuba – SP**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

KATSOULIS, B. D.; THEOHARATOS, G. A. **Indications of the urban heat island in Athens, Greece**. Journal of Applied Meteorology, American Meteorological Society, Boston, vol.24, p. 1296-1302, 1985.

KRATZER, A. **The climate of cities** (Das Stadtklima). American Meteorological Society, 45, Beacon Street Boston 8, Massachusetts, 1956.

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

LANDSBERG, H. E. **Meteorological observations in urban areas**.*Meteorological Monographs,* v. 11, n. 33, p. 91-99, October, 1970.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**.New York: Academia Press, 1981.

LIMA, G. N. **Características do clima urbano de Nova Andradina-MS**. (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2011. 174f.

LIRA, S. A. **Análise de correlação: abordagem teórica e desconstrução dos coeficientes com aplicações.** (Dissertação de Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2004. 209f.

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

LOMBARDO, M. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações e método.** Tese (Titulo de Livre Docência em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

LÓPEZ GÓMEZ, A. L. (Coord.), FERNÁNDEZ GARCÍA. F.; ARROYO, F.; VIDE, J. M.; CUADRAT, J. M. **El clima de las ciudades españolas**. Madrid: Catedra, 1993.

LOWRY, W. P. **Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis**. Journal of applied meteorology. v. 16, p. 129-135, fev. 1977.

LUCHIARI, M. T. D. P. **O lugar no mundo contemporâneo: turismo e urbanização em Ubatuba/SP.** (Tese de Doutorado), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

MATZARAKIS, A. **Country Report Urban Climate Research in Germany.** International Association for Urban Climate, Newsletter 11, 4-6, 2005

MARTÍN VIDE, J. LÓPEZ. Los climas urbanos en Cataluña. In: GÓMEZ, A. (Cood.); FERNÁNDEZ GARCÍA.; F., ARROYO, F.; MARTÍN VIDE, J.; CUADRAT, J. M. **El clima de las ciudades españolas**. Madrid: Cátedra, 1993.

MENDONÇA, E. M. S. **Apropriações do espaço público: alguns conceitos**.ESTUDOS E PESQUISAS EM PSICOLOGIA, UERJ, RJ, v. 7, n. 2, p. 296-306, ago. 2007.

MENDONÇA, F. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR.** Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso In: SANT' ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas.** Maringá, Cap. 09, p. 165-192, 2000.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. **L'étude du climat urbain au Brésil: Etat actuel et contribution de la télédétection**; in Environnement et télédétection au Brésil, Presses Universitaires de Rennes, p.135-146, 2002.

MENDONCA, F.; DUBREUIL, V**. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba - PR)**. Revista RA'E GA - O Espaço Geográfico em análise, n. 9, pp. 25-35, 2005.

MENDONÇA, F. O Estudo do clima urbano no Brasil. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. Cap. 06, p. 175-192, 2003.

MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MENDONÇA, M. A **dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC**. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**.UNB, Brasília, 2012.

MIYAZAKI, V. K. **Estruturação da cidade e morfologia urbana: um estudo sobre cidades de porte médio da rede urbana paulista**.(Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2013.

MINAKI, C. **O clima urbano como indicador de qualidade ambiental: estudo de caso da paisagem urbana de Araçatuba/SP**. (Tese de Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP. 2014. 266f.

MOLINA, C. A. **Estimación de la ocurrencia de la brisa marina em Alicante**. In: García Codron, J.C.; Diego Liaño, C.; Fdez. de Arróyabe Hernáez, P.; Garmendia Pedraja, C.; Rasilla Álvarez, D. (Eds.). (2004). El Clima entre el Mar y la Montaña.Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, 4, 21-30, 2004.

MONTEIRO, A. **O clima urbano de Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território**. Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997, 485 p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise rítmica em climatologia.** São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São de Paulo: estudo em forma de atlas.** São Paulo: IGEOG/USP, 1973.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, nº 25).

MONTEIRO, C. A. de F. **O clima e a organização do espaço de São Paulo: problemas e perspectivas.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976b. (Série Teses e Monografias, nº 28).

MOREIRA, E. B. M. **Balanço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife-PE por sensoriamento remoto.** (Tese de Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife-PE, 2014.

MORENO, L. T. **Os trabalhadores artesanais do mar em Ubatuba/SP: a dinâmica territorial do conflito e da resistência.** (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. **Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.1, 30-34, 2008.

MUSK, L. F. **Weather Systems**. New York: Cambridge University Press, 1988.

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

OKE T. R. **Boundary Layer Climates**.London: Metheuen & Co, 1978.

OKE T. R. **The energetic Basis of the urban heat Island.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108, 1982

OKE, T.R. **Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites**. International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Banff, 25-29 October, 2004.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA DIAS, P. L. **Aspectos observacionais da brisa marítima em São Paulo**. p. 129-161. 1982.

OLIVEIRA JUNIOR, J. F. et al. **Caracterização do Regime de Vento no Município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010)**. *Floresta Ambient., Vol.20 / Issue 4, p. 447-459, 2013*

ORTIZ PORANGABA, G. F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã.** (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

PÉREZ GONZÁLES, M. E., GARCÍA RODRÍGUES, M. P. **Cartografia térmica del área metroplitana de Madrid a partir del sensor ETM del LANSAT 7.** In: Anales de Geografía de la Universidad Complutense, vol. extraordinario, 2002, Madrid. Anais…Madrid: UC, 2002, p. 377-386.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas.** (Tese DE Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997. 272p.

RADAMBRASIL 1983 - **Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro e Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1983. v32 ,7 80 p

RAMOS, R. R. D*.et, al.* **Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) naavaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação**. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, p. 01-06, 2010.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da geografia do clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília.** (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2015. 324p.

RIBEIRO, I. C. **Atenção é proibida a entrada: acesso à praia e ocupação da orla marítima em Angra dos Reis/RJ**. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. 2014.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation**. Biological conservation, 142, p. 1141-1153, 2009.

RIOS, R. O.; ALMEIDA, M. G.; RIBEIRO, M. M. **Análise do uso e ocupação do solo da cidade de Vitória-ES usando a composição colorida de imagens orbitais fornecidas pelo satélite landsat-7**. I ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL11 - 13 de Novembro de 2010, São João del-Rei, MG; pg 251 – 257. 2010.

RODRIGUES, A. M. **Propriedade fundiária urbana e controle socioespacial urbano**. XIII Coloquio Internacional de Geocrítica El control del espacio y los espacios de control Barcelona, 5-10 de mayo de 2014.

ROSSATO, P. S. **O sistema termodinâmico do clima urbano de Nova Palma, RS: contribuição ao clima urbano de cidades pequenas**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2010.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** 1992. Disponível em: citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/download/245/224 > Acessado em novembro de 2015.

ROSS, J. L. S; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, v. 10. 1997.

ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A. M. S.; FLORENZANO, T. G. **Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia – GO, p. 01 – 08, 2005.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlação entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de salvador**. (Dissertação de mestrado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 1981.

SANTANA, A. M. S. de. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista.** (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, SP, 1990.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendências da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica.** (Tese de Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, SP, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima.** Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima:** gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. Revista da ANPEGE. V. 4, 2008.

SARAVÍ, G. A. **Mundos aislados: segregación urbana y desigualdad en la ciudad de México**.EURE, vol. XXXIV, núm. 103, diciembre, 2008, pp. 93-110.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005.

SERPA, A. **Periferização e metropolização no Brasil e na Bahia: O exemplo de Salvador**. GeoTextos, vol. 3, n . 1 e 2, 2007.

SERRA PARDO, J. A. S. **Estudio de la Isla de calor de la ciudad de Ibiza**. Investigaciones Geográficas. Universidad de Alicante, Alicante, n. 44, 2007, p. 55-73.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F..**O Campo Térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos**. *GeoSul*, Florianópolis: Edufsc, n. 9, ano 5, p. 20-60, 1990.

SOARES, R. B.; SOARES, C. B. S. S.; COSTA, J. A. L.; COSTA, S. S. **Aplicação de técnicas de fusão em imagens Landsat 8/OLI**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

SORRE, M. **Les Fondements de la Géograhie Humaine**. Tome Premier: Les fondaments biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951

SOUZA, M. B. **Influência de lagos artificiais no clima local e no clima urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP)**. (Tese de Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo. 2010. 204f.

SOUSA, D. O.; BAPTISTA, G. M. M. **Análise da influência da resolução espacial na determinação das ilhas urbanas de calor em São Paulo, por meio dos sensores ASTER e MODIS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...,* Goiás: INPE, 2005.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **O chão em pedaços: urbanização, economia ecidades no Estado de São Paulo**. Tese (Livre Docência). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004. 510f.

SPOSITO, M. E. B.; GÓES, E. M. **Espaços fechados e cidades: insegurança urbana e fragmentação socioespacial.** São Paulo, Editora Unesp, 2013.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. **Newly developed "thermal climate zones" for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer**. Preprints, T. R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment, January 11–15, Phoenix, AZ, 2009.

STEWART, I., OKE, T. Classifying climate field sites by "local climate zones": the case of Nagano, Japan. **THE SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE**, 2009, Yokohama, Japan. Disponível em: <http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1090515165722002.pdf>. Acesso em: 24 de mai. 2011.

TAHA, H.; AKBARI, H.; ROSENFELD, A.; HUANG, J. **Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo**. Building and Environment, v. 23, Issue 4, p. 271–283, 1988.

TAPPER, N. J. et al. **Modeling the winter urban heat island over Christchurch, New Zealand**. Journal of Applied Meteorology, 20, p. 365-376.

TEIXEIRA, D. C.F. **O clima urbano de Rancharia (SP)** (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2015. 217p.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. M. **Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature** (III): metrópoles brasileiras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...,* Goiás: INPE, 2005.

TOMASINI, J. **Padrão de variabilidade do vento à superfície, em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil: Implicações Ambientais**. (Monografia) - Centro Universitário Univantes, Lageado-RS, 2011.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

VELASCO, G. D. N. *et, al.* **Aplicação do índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações.** Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 2, n. 3, 2007.

VEMADO, F. **Análise da circulação de brisa marítima e seus impactos sobre a precipitação na Região Metropolitana de São Paulo por meio do modelo ARPS.**(Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VIEIRA, R. S. **Paisagens invisíveis: os sertões de Ubatuba**. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VILLAÇA, F. **Espaço Intra-urbano no Brasil**. São Paulo, Studio Nobel, 2001.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. **Complete urban surface temperatures,** Journal of Applied Meteorology, 36, No. 9, 1117-1132, 1997.

VOOGT, J. A.; OKE, T.R. **Thermal remote sensing of urban climates**, Remote Sensing of Environment, 86, 370-384, 2003.

WHITACKER, A.; MIYAZAKI, V. **O estudo das formas da cidade no âmbito da Geografia Urbana. Apontamentos metodológicos.**Revista de Geografia e Ordenamento do Território. n° 2 (Dezembro). Centro de estudos e Ordenamento do Território. Lisboa/Porto: 2012, p.307-327.

ZANZARINI, F. V. *et, al.* **Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.6, p.608–614, 2013.

ZAVATINI, J. A. Desenvolvimento e perspectivas da climatologia geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas In: SANT' ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas.** Maringá, Cap. 12, p. 225-252, 2000.

ZENG, Y; QIU, X. F; GU, L. H; WANG, K. F. **The Urban Heat Island in Nanjing**. Quaternary International n. 208, v.1, p. 38-43, October 2009