UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS

O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO INTRA-URBANO E A FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E DE FRESCOR URBANAS EM SANTA MARIA/RS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Eduino Rodrigues da Costa

Santa Maria
2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO INTRA-URBANO E A FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E DE FRESCOR URBANAS EM SANTA MARIA/RS

por

Eduino Rodrigues da Costa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

Santa Maria, RS, Brasil
2009

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências

A Comissão Examinadora abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO INTRA-URBANO E A FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E DE FRESCOR URBANAS EM SANTA MARIA/RS

elaborada por
Eduino Rodrigues da Costa

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Geografia

Comissão Examinadora

Prof. Mauro Kumpfer Werlang, Dr.
(Presidente/Orientador-UFSM)

Profª. Magaly Mendonça, Dra.
(UFSC)

Prof. José Luiz Silvério da Silva, Dr.
(UFSM)

Santa Maria, 18 de dezembro de 2009.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha filha Maria Eduarda
à minha família, amigos, professora Maria da Graça Barros
Sartori e à todos os estudiosos da climatologia urbana.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e sabedoria;

À Universidade Federal de Santa Maria pela qualidade e gratuidade do ensino;

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para que este trabalho fosse desenvolvido;

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências pela oportunidade de crescimento intelectual e humano;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências pelo esforço na busca pela qualidade da formação acadêmica à nível de Mestrado;

À Professora Doutora Maria da Graça Barros Sartori, pela disponibilidade de orientação, amizade e pelas brilhantes sugestões de aperfeiçoamento deste trabalho;

Ao Professor Doutor Mauro Kümpfer Werlang por ter se disposto a assumir a co-orientação deste trabalho na ausência da orientadora titular;

Aos professores José Luiz Silvério da Silva e Eduardo Schiavone Cardoso pelas contribuições e sugestões quando da qualificação deste trabalho;

À Professora Doutora Magaly Mendonça pela participação na banca de defesa e pelas sugestões visando à melhoria do trabalho;

À todos os meus mestres (do Ensino Fundamental ao Ensino Superior) muito obrigado pelos ensinamentos e sobretudo por contribuírem para que eu me tornasse mais humano;

Aos colegas da turma de mestrado do 3º trimestre de 2007, pelo convívio e troca de experiências;

Aos amigos Carlos Gilberto Konrad, Francieli Francisca Marmentini Rovani, Flávio Wachholz, Eliége Cassiele Buffon, Heliana de Moraes Alves, João Henrique Quoos, Mariana Xavier de Oliveira, Aline Carlise Slodkowski, Roberto Vergílio Seidel; Joana D'Arc Portela, Eduardo Pastório e a professora Claudete de Bortoli Moraes, pela amizade verdadeira;

À Vanessa Fantini pelo apoio técnico-cartográfico, pelo amor e companheirismo;

À minha família pelo apoio, incentivo e motivação para sempre seguir em frente superando barreiras, limites e dificuldades;

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO INTRA-URBANO E A FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E DE FRESCOR URBANAS EM SANTA MARIA/RS

AUTOR: Eduino Rodrigues da Costa
ORIENTADOR: Mauro Kumpfer Werlang
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 18 de dezembro de 2009.

A urbanização e as transformações impostas pela ação do homem desequilibram o complexo sistema natural, modificando os elementos e as características do clima na escala local. Considerando a influência da urbanização como fato derivador do clima local e responsável pela geração de um clima especificamente urbano, este trabalho, teve por objetivo analisar o campo termo-higrométrico, bem como a formação de ilhas de calor e de frescor urbanas em Santa Maria/RS, relacionando-as as variáveis geourbanas e geoecológicas existentes na área de estudo. Para isso utilizou-se a metodologia dos transectos, que consiste em coletas móveis em pontos pré-estabelecidos. Foi estabelecido dois transectos para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar: um no sentido norte/noroeste-sul/sudeste (NNW-SSE), ligando a rua Sete de Setembro, no bairro Perpétuo Socorro, ao final da avenida Fernando Ferrari no bairro Nossa Senhora de Lourdes e o outro no sentido leste/nordeste-oeste/sudoeste (ENE-WSW), ligando a rua Major Duarte ao começo da rua Venâncio Aires próximo, ao Arroio Cadena. Os dados foram coletados nos dias 14 de agosto de 2008 e 06 de janeiro de 2009, sob domínio das condições atmosféricas pela Massa Polar Atlântica no inverno e pela Massa Polar Velha ou modificada no verão, respectivamente. As coletas foram realizadas em cinco horários diferentes (9h, 12h, 15h, 18h e 21h), com o intuito de verificar as respostas térmicas e de umidade dos pontos pré-estabelecidos e distribuídos ao longo dos transectos, num total de 13 pontos ao longo do transecto 1 (NNW-SSE) e de 15 no transecto 2 (ENE-WSW). De posse dos dados de temperatura e umidade do ar, foram confeccionados os cartogramas do campo termo-higrométrico. Para tal foi utilizado o aplicativo “Surfer for Windows” 8.0. Na elaboração dos cartogramas do campo térmico foram estabelecidas escalas de cores para os valores de temperatura, onde as cores frias foram associadas a temperaturas mais baixas e as cores quentes a temperaturas mais altas. Nos cartogramas do campo higrométrico os valores de umidade foram representados utilizando uma variação da cor azul. Assim, o azul mais claro foi utilizado para representar os valores de umidade mais baixos e, a cor azul escura, para os valores mais altos. Como resultados destaca-se que os campos térmico e higrométrico da área de abrangência dos transectos, tanto no dia de coleta sob domínio da Massa Polar Atlântica, no inverno, quanto no domínio da Massa Polar Velha ou modificada, no verão, estão condicionados ao movimento aparente diário do sol e a exposição das vertentes à radiação solar. Ao analisar o campo térmico do dia 06 de janeiro de 2009, nos cinco horários de coleta, percebe-se o movimento migratório das ilhas de

calor da vertente leste, para as vertentes voltadas para o quadrante norte e oeste. As condições de tempo ocorridas no dia 06 de janeiro de 2009 (verão), com céu limpo, ventos calmos a leve e com forte incidência de radiação solar na superfície, favoreceram a formação de ilhas de calor e de frescor de magnitude media, forte e muito forte, bem como o contraste térmico entre o centro e a periferia da área de estudo.

Palavras-chave: campo termo-higrométrico; ilhas de calor e de frescor; transectos; clima urbano; variáveis geourbanas e geoecológicas.

ABSTRACT

THE THERMO-HYGROMETRIC FIELD INTRA-URBAN AND FORMATION OF HEAT ISLANDS AND URBAN COOL IN SANTA MARIA/RS

AUTHOR: Eduino Rodrigues da Costa
ADVISOR: Mauro Kumpfer Werlang
Date and Place of Defense: Santa Maria, December 18, 2009.

Urbanization and the changes imposed by man disturb the complex natural system, modifying the elements and characteristics of climate on a local scale. Considering the influence of urbanization as derived from the fact that the local climate and responsible for the generation of an urban environment specifically, this work was to analyze the field thermo-hygrometric and the formation of heat islands and urban cool in Santa Maria RS (Rio Grande do Sul, State of Southern of Brazil), relating these variables geourbans and geoecologycs in the study area. To accomplish this work was used the methodology of the transects, consisting of mobile collections in points pre-established. It was established two transects for data collection of temperature and relative humidity of the atmospheric air: one has the direction more or less in a north/northwest-south/southeast (NNW-SSE), linking "Street Sete de Setembro", in "Neighborhood Perpétuo Socorro", the end "Fernando Ferrari Avenue" in "Neighborhood Nossa Senhora de Lourdes" and the other in the east/northeast-west/southwest (WSW-ENE), linking the "Street Major Duarte" to get "Street Venâncio Aires" near the Arroio Cadena at Central portion of the Santa Maria City. The data were collected on days August 14, 2008 and January 06, 2009, the area was under the weather for the South Atlantic Polar Mass in winter time and the Old Polar Mass or modified in the summer, respectively. Were made cotte measures at five different times (9, 12, 15h, 18h and 21h), in order to verify the responses of thermal and humidity from the points pre-established and distributed along the transects, totaling 13 points of measures along the transect 1 (NNW-SSE) and 15 in the transect 2 (ENE-WSW). Armed with the data of temperature and humidity, were made cartograms of the field thermo-hygrometric. For this application was used the Software Surfer for Windows 8.0. In the preparation of cartograms of the thermal field were established color scales to represent the values of temperature, so the cool colors were associated with lower temperatures and the warm colors at higher temperatures. Cartograms of hygrometric field values were represented in the cartogram using a variation of blue scale, so the lighter blue was used to represent the values of lower humidity and dark blue for higher values. The results highlight that the hygrometric and thermal fields of the coverage area of the transects, both on the day of collection in the field of Mass Polar Atlantic in winter time and in the field of Old Polar Mass or modified in the summer, need to move apparent daily sun exposure of the slopes and to solar radiation. By analyzing the thermal field of January 06, 2009 in five hours of collection, it became clear the migratory movements of the heat islands of the eastern slope, during the morning, to the slopes facing the north and west quadrant, during periods of midday and afternoon. The weather conditions that occurred on January 06, 2009 (summer), with clear skies, calm winds and a light with high incidence of solar radiation on the surface, favored the formation of heat islands and freshness of magnitude rating, strong and very strong. Was verified the thermal contrast between the center and periphery of the study area.

Keywords: thermo-hygrometric field; heat islands and cool; transects, urban climate, variables geourbans and geoecologyc.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1-Representação esquemática da atmosfera urbana.....24
FIGURA 2- Perfil da Ilha de Calor urbana.....29
FIGURA 3- Secção transversal de uma Ilha de Calor Urbana.....30
FIGURA 4- Compartimentação geomorfológica do sítio urbano de Santa Maria/RS.....36
FIGURA 5- Principais funções desempenhadas pelas áreas verdes nas cidades.....42
FIGURA 6- Área de abrangência dos transectos.....51
FIGURA 7-Localização da Zona Urbana do município de Santa Maria/RS.....57
FIGURA 8- Perfil topográfico e tipo de cobertura encontrada ao longo do transecto 1.....58
FIGURA 9-Ponto 1, na rua Sete de Setembro em frente ao Clube Atiradores Esportivo.....59
FIGURA 10- Ponto 2 na esquina da Rua Sete de Setembro com Ary Domingues.....60
FIGURA 11- Ponto 3, na Rua Sete de Setembro travessa com Avenida Itaimbé.....60
FIGURA 12- Ponto 4, em frente a Rede Vivo supermercados na rua Sete de Setembro.....61
FIGURA 13- Ponto 5, na Avenida Rio Branco em frente à um estacionamento.....62
FIGURA 14- Ponto 6 na Avenida Rio Branco esquina com a Rua Silva Jardim.....62
FIGURA 15- Ponto 7, na Acampamento em frente ao Edifício das Clínicas.....63
FIGURA 16- Ponto 8, na Rua do Acampamento próximo a parada de ônibus.....64

FIGURA 17- Ponto 9, na Avenida Fernando Ferrari em frente a Gênesis Academia.....64
FIGURA 18- Ponto 10, na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua Mariano da Rocha.....65
FIGURA 19- Ponto 11, na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua General Neto.....65
FIGURA 20- Intenso fluxo de veículos na Avenida Fernando Ferrari.....66
FIGURA 21- Ponto 12 (Fernando Ferrari esquina com a Rua Geraldo Aronis).....67
FIGURA 22- Ponto 13 (Canteiro do trevo no final da Avenida Fernando Ferrari).....67
FIGURA 23: Perfil topográfico e tipo de cobertura encontrada ao longo do transecto 2.....68
FIGURA 24- Ponto 1, no início do transecto 2.....69
FIGURA 25-Ponto 2, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Salamarte.....70
FIGURA 26- Ponto 3, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Antônio Azambuja.....71
FIGURA 27- Ponto 4, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Mário Druk.....71
FIGURA 28- Ponto 5, na Rua Venâncio Aires em frente à Sarturi Rações.....72
FIGURA 29- Ponto 6 na Rua Venâncio Aires ao lado da 6ª Brigada.....73
FIGURA 30- Ponto 7, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Appel.....73
FIGURA 31- Ponto 8, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Conde de Porto Alegre.....75
FIGURA 32- Ponto 9, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Duque de Caxias.....75
FIGURA 33- Ponto 10 na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Floriano Peixoto.....75
FIGURA 34- Ponto 11, na Praça Saldanha Marinho em frente ao Theatro Treze de Maio.....76
FIGURA 35- Praça Saldanha Marinho.....77
FIGURA 36- Ponto 12 (Parque Itaimbé sobre o Viaduto Heitor Campos).....77

FIGURA 37- Ponto 13, na Rua Major Duarte em frente a Regina Cabeleireira.....78
FIGURA 38- Ponto 14, na Rua Major Duarte esquina com a Rua Abreu Coelho.....79
FIGURA 39- Ponto 15 na Rua Major Duarte esquina com a Rua Euclides da Cunha.....79
FIGURA 40- Mapa de uso do solo da zona urbana de Santa Maria/RS, área de abrangência dos transectos.....82
FIGURA 41- Mapa de Exposição das Vertentes da Zona Urbana de Santa Maria/RS área de abrangência dos transectos.....83
FIGURA 42- Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 13 de agosto de 2008.....84
FIGURA 43- Imagem de satélite (Figura 37A) e carta sinótica (Figura 37B) do dia 14 de agosto e imagem de satélite (Figura 37C) e carta sinótica (Figura 37D) do dia 15 de agosto de 2008.....85
FIGURA 44- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 9 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.....89
FIGURA 45- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS às 12 horas do dia 14 de agosto de 2008 sob domínio da Massa Polar Atlântica.....91
FIGURA 46- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 15 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.....93
FIGURA 47- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 18 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.....95
FIGURA 48- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 21 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.....97
FIGURA 49- Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 05 e imagem de satélite (C) e carta sinótica (D) do dia 06 de janeiro de 2009.....98
FIGURA 50- Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 07 de janeiro de 2009.....99

FIGURA 51- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 09 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha.....102
FIGURA 52- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 12 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha.....104
FIGURA 53- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 15 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha.....106
FIGURA 54- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 18 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha.....108
FIGURA 55- Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 21 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha.....110

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Usos do solo predominante na área de abrangência dos transectos.....81
TABELA 2-Vertentes predominantes na área de abrangência dos transectos.....81
TABELA 3- Dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.....86
TABELA 4- Dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.....100

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Contribuições da vegetação para a melhoria do meio ambiente citadino.....42
QUADRO 2- Fatores geográficos produtores de climas locais.....48

SUMÁRIO

RESUMO.....vi
ABSTRACT.....viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....ix
LISTA DE TABELAS.....xiii
LISTA DE QUADROS.....xiv
INTRODUÇÃO.....17
1.1 Objetivos.....18
1.1.1 Objetivo Geral.....18
1.1.2 Objetivos Específicos.....18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....20
2.1 Alterações ambientais advindas da urbanização e a geração de um clima especificamente urbano.....20
2.2 O fenômeno das Ilhas de Calor e de Frescor Urbanas.....25
2.3 Variáveis geourbanas e geoecológicas e sua importância na formação do campo termo-higrométrico.....32
2.3.1. O sítio urbano.....32
2.3.2. Orientação e declividade das vertentes.....33
2.3.3. Hipsometria e geomorfologia do sítio urbano.....34
2.3.4. Insolação.....37
2.3.5. Vegetação.....38
2.3.6. Uso do solo urbano.....43
2.4 Escalas de abordagem climática: do zonal ao microclima.....45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....50
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....55

4.1 Aspectos gerais da cidade de Santa Maria/RS.....55
4.2 Caracterização geourbana e geoecológica da área de abrangência dos transectos.....58
4.2.1 Características geoecológicas e geourbanas do entorno aos pontos de coleta distribuídos ao longo do transecto 1.....58
4.2.2 Características geoecológicas e geourbanas do entorno aos pontos de coleta distribuídos ao longo do transecto 2.....68
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....80
5.1 Uso do solo e exposição das vertentes da área de abrangência dos transectos.....80
5.2 Circulação atmosférica regional, condições atmosféricas no dia 14/08/2008 e o campo termo-higrométrico na cidade de Santa Maria/RS.....84
5.3 Circulação atmosférica regional, condições de tempo no dia 06/01/2009 e o campo termo-higrométrico na cidade de Santa Maria/RS.....98
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....111
7 REFERÊNCIAS.....114

INTRODUÇÃO

A urbanização impõe modificações e/ou derivações ao ambiente natural, tornando-o cada vez mais artificializado, resultando no agravamento dos problemas ambientais e na redução da qualidade de vida dos citadinos.

Ações antrópicas como a impermeabilização do solo, substituição de áreas verdes por construções e complexos industriais, o crescente fluxo de pessoas e circulação de automóveis, aumento da rugosidade da superfície urbana pelo adensamento de edifícios, verticalização, além do aporte de materiais como asfalto e concreto, modificam o balanço de energia intra-urbano. Dessa alteração surgem as ilhas de calor que são extremamente desconfortáveis aos moradores dos grandes e médios centros urbanos, onde geralmente atingem maior magnitude.

De acordo com Lombardo (1985, p.15):

> No contexto do território brasileiro, em que a degradação ambiental ocorre de maneira diversa e em vários níveis temporal e espacial é nas áreas metropolitanas que se notam as maiores alterações. Em contrapartida a natureza aí, reage violentamente às manipulações do homem e, nessa contradição de forças, provoca desastres ambientais que podem ocasionar elevados custos sociais, na medida que interferem diretamente na qualidade de vida dos habitantes.

A urbanização e as transformações impostas pela ação do homem não desequilibram apenas o complexo sistema natural, mas também modificam os elementos e características do clima na escala local, dando origem ao clima urbano. Neste sentido, Sartori (1986, p.53) destaca que a urbanização impõe modificações no clima local comprometendo a própria atmosfera da cidade, originando o clima urbano.

De acordo com Monteiro (2003, p. 19), o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. No tocante ao planejamento e à qualidade de vida dos citadinos, Mendonça (2003, p. 93) destaca que o clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades.

Mendonça (2003, p. 93) destaca, ainda que, sendo a cidade palco de intensas atividades humanas, as condições climáticas daí resultantes derivam da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído.

Ainda de acordo com Mendonça (2003, p. 94), as atividades socioeconômicas urbanas, de maneira generalizada, são fatores da formação do clima urbano, sendo que a intensidade do adensamento humano e urbano e a localização geográfica da cidade desempenham forte influência em tal formação.

Características do espaço intra-urbano, como presença ou ausência de áreas verdes, maior ou menor densidade de edificação e de população, impermeabilização do solo por superfícies asfálticas ou concretadas, são elementos responsáveis, de acordo com Mendonça (2003, p. 95), pela geração de bolsões climáticos intra-urbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frescor, topoclimas, microclimas).

Considerando a influência da urbanização como fato derivador do clima local e responsável pela geração de um clima especificamente urbano, pretende-se, neste trabalho, analisar o campo termo-higrométrico, buscando identificar a formação de ilhas de calor e de frescor urbanas em Santa Maria, em função das variáveis geourbanas e geoecológicas existentes na área de estudo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar o campo termo-higrométrico em condições de tempo pré-estabelecidas, bem como espacializar as ilhas de calor e de frescor, relacionando-as às variáveis geourbanas e geoecológicas intra-urbanas da cidade de Santa Maria.

1.1.2 Objetivos específicos

a) estudar o campo termo-higrométrico intra-urbano de Santa Maria, segundo a metodologia de coleta de dados ao longo de transectos;

b) identificar e espacializar a ocorrência das ilhas de calor e de frescor urbanas;

c) avaliar a influência do uso do solo, sombreamento, cobertura vegetal, fluxo de veículos e pessoas, morfologia, tipologia do sítio, e orientação das vertentes, ou seja, das variáveis ou elementos geourbanos e geoecológicos na formação das ilhas de calor e de frescor urbanas em Santa Maria;

d) testar metodologia de coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar a partir de transectos em horários e situações de tempo pré-estabelecidas (um dia sob domínio da Massa Polar Atlântica no inverno e um sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada no verão), com o intuito de averiguar o comportamento do sitio urbano em relação a entrada de radiação e à circulação atmosférica regional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alterações ambientais advindas da urbanização e a geração de um clima especificamente urbano

A cidade é a mais fiel manifestação da materialidade da ação humana sobre a natureza e onde se tornam nítidas as relações entre o social e o natural, bem como suas contradições. Neste contexto, Mendonça (1994, p. 198) destaca que o fato urbano é a expressão máxima e paradoxal da alteração e dependência humana de um substrato natural que a contém e lhe dá sustentação.

Encarada como produto resultante do meio físico e/ou natural e da ação humana, a cidade é a maior expressão social do espaço produzido e sua realidade mais complexa e transformada (LOMBARDO, 1985, p.17).

As cidades, em menor ou maior grau, apresentam problemas sócio-ambientais advindos em sua maioria do crescimento horizontal e vertical desordenado e pouco planejado; da falta de infra-estrutura relacionada aos transportes, moradia, saneamento básico, saúde, educação; das alterações provocadas à dinâmica natural, como a impermeabilização do solo, ocupação irregular de morros e encostas, supressão da vegetação, entre outros, tendo como resultado a perda ou redução da qualidade de vida e/ou ambiental.

Várias e complexas são as alterações ambientais provocadas pela urbanização, principalmente aquelas que ocorre de forma rápida e desordenada. Neste sentido, Lombardo (1985, p. 16) destaca que a urbanização desordenada causa problemas ecológicos como o desequilíbrio crescente entre a população e os meios materiais e, em contrapartida, a contaminação em todas as suas manifestações.

Para Sposito (1994, p. 61) “nos países em desenvolvimento a urbanização espontânea e desordenada, donde a falta de planejamento é uma característica, atesta elevados níveis de degradação ambiental e as cidades manifestando todo tipo de problemas, relacionados ao inchaço populacional que vivem”. Neste sentido, Silva; Tommaselli; Amorim (2002, p. 146) destacam que a urbanização no Brasil se desenvolveu, em grande maioria, de forma desordenada, principalmente após a década de cinqüenta, com o êxodo rural, que originou novas cidades e provocou o crescimento das já existentes.

A concentração da população nas áreas urbanas e a expansão espacial implicaram em modificações substanciais da paisagem original, fazendo com que a cidade gerasse suas próprias condições ambientais, nem sempre favoráveis aos seus ocupantes. Embora a urbanização tenha implicado, na maioria das vezes em modificações e/ou alterações das condições naturais e conseqüente criação de espaços artificializados e derivados, onde a qualidade de vida se torna extremamente precária, nota-se que a industrialização também se constitui num dinamizador deste processo, principalmente pelo aporte de fuligem, fumaça, gases e substâncias tóxicas à atmosfera, resultando no aumento das ocorrências de doenças respiratórias associadas à poluição do ar.

Neste sentido, Drew (1986, p.177) destaca que as áreas urbano-industriais representam a mais profunda modificação humana da superfície da Terra, da atmosfera e do ecossistema terrestre.

Conforme Drew (1986, p.177):

> Virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e a industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. Regra geral, a intensidade da mudança está ligada à densidade da área edificada e à extensão da industrialização, principalmente da indústria extrativa ou pesada. O gradiente da severidade da mudança vai do interior rural, através dos subúrbios e ao centro comercial ou ao núcleo industrial. As áreas urbanas horizontais, com muitos espaços verdes, costumam alterar menos o ambiente que os centros industrializados compactos e verticais.

Gonçalves (2003, p. 76), ressalta que o processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local. A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como conseqüência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

> A cidade modifica o clima através das alterações em sua superfície, produzindo aumento de calor, modificações no fluxo de vento, diminuição da umidade relativa, e diminuição da infiltração da água das chuvas, em função do aumento da superfície impermeável formada pela pavimentação e área construída. Isso ocorre porque a substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos provoca mudanças nos processos de absorção, transmissão e reflexão, e nas características da atmosfera local (DUARTE, 2000).

O espaço urbano como resultado da ação humana sobre um dado espaço natural é palco de profundas transformações e alterações ambientais, tais como

impermeabilização do solo, ocupação de áreas de risco, canalização de arroios e riachos, retirada da vegetação natural, entre outras.

De acordo com Ayoade (1998, p. 300):

> O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas. O homem tem exercido um impacto tão grande nessas áreas, que o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes. Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. Os pântanos são drenados e as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e telhados de prédios. Como resultado, a radiação em ondas longas e a de ondas curtas são reduzidas sobre as áreas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade. Os nevoeiros e neblinas são mais espessos, ocorrendo com mais freqüência e persistência, prejudicando a visibilidade. A turbulência cresce, os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas.

Estas alterações ambientais resultam na perda da qualidade de vida e ambiental dos citadinos, uma vez que podem contribuir para acentuar o desconforto térmico provocado pela ilha de calor urbana, ou no caso das enchentes, resultarem em alagamentos, deslizamentos e consequentemente em perdas humanas e materiais.

O acelerado crescimento demográfico mundial e a concentração de população nas grandes cidades vêm intensificando, nas últimas décadas, as relações homem/espaço, gerando impactos ambientais diversos (OLIVEIRA, et al, 2000). Os ambientes urbanos destacam-se pela intensidade com que tais impactos ocorrem, notadamente no âmbito da camada de cobertura urbana, que tem suas características climáticas acentuadamente alteradas quanto aos aspectos de composição do ar, radiação de energia, temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos (LANDSBERG, 1970)

Neste sentido, Amorim (2005, p. 122) ressalta que a cidade constitui a forma mais evidente de transformação da paisagem natural. A modificação nos elementos do clima possui grande repercussão ecológica, pelo fato de afetar de maneira imediata os habitantes através do desconforto térmico e da concentração de poluentes.

Como resultado das transformações impostas pelas atividades humanas nas cidades, Amorim (2005, p. 122) destaca o fenômeno da ilha de calor urbana

caracterizada pelo aumento da temperatura do ar nas cidades em relação ao meio rural e as áreas menos urbanizadas.

Habitualmente, as ilhas de calor ocorrem no centro das cidades, onde as construções formam um conjunto denso e compacto. O parâmetro mais importante que caracteriza a ilha de calor é sua intensidade ou magnitude, que geralmente evolui mediante a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (AMORIM, 2005, p. 122).

Segundo Garcia (1996), pode-se classificar a ilha de calor de fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos oscilam entre 0°C e 2°C, média magnitude entre 2°C e 4 °C, forte entre 4ºC e 6ºC e muito forte quando as diferenças forem superiores a 6ºC.

Espaço inteiramente transformado pelas ações humanas, a cidade tem entre suas mais evidentes manifestações a formação de um clima próprio, sendo que o Clima Urbano "resulta das modificações radicais que os processos de urbanização produzem na natureza da superfície e nas propriedades atmosféricas de dado local" (OKE, 1978).

Neste sentido, o clima urbano é produzido pela ação do homem sobre a natureza e se relaciona à produção de condições diferenciadas de conforto/desconforto térmico, à poluição do ar, às chuvas intensas, às inundações e aos desmoronamentos das vertentes dos morros – eventos de grande custo social (LOMBARDO, 1985).

O clima urbano, que é resultado da ação antrópica conjugado com os aspectos geoambientais do sítio urbano, insere-se nesse contexto,..."variando quanto às dimensões do espaço geográfico/atmosférico e quanto ao dinamismo das atividades desenvolvidas pelo homem nas cidades" (OLIVEIRA, 1987, p. 13).

No estudo do clima da cidade, Oke (1976 apud MENDONÇA, 1994, p.14) estabeleceu duas escalas segundo a qual o clima urbano poderia ser compreendido: 1) "urban boundary layer" (camada limite urbana), que engloba o fato urbano e a atmosfera por todo este alterada, sendo definida por fenômenos de meso-escala; e, "urban canopy layer" (camada de cobertura urbana), que compreende a atmosfera intra-espaço urbano e é definida por processos de micro-escala.

No entanto, sobre as áreas rurais circunvizinhas se forma, segundo Sellers ;Robinson (1986, p. 291), a "Urban Plume", resultante da área urbana, logo acima da

“rural boundary layer” (Camada Limite Rural), conforme ilustra a Figura 1, onde além da representação da atmosfera urbana vê-se que o vento regional é importante no deslocamento do ar que envolve a cidade e conseqüentemente na distribuição espacial das camadas da atmosfera urbana .

De acordo com Mendonça (1994, p. 14), embora esta taxonomia tenha sido aceita no mundo como um todo, suas dimensões espaciais têm variado em grandeza, não havendo concordância no que diz respeito à extensão do *boundary* e da *canopy layer.* E ainda a inexistência de subúrbios nas cidades pequenas, por exemplo, impede a formação ali de “ambientes de transição” entre o rural e o urbano propriamente ditos.

Saydelles (2005, p. 27) destaca que:

> A qualidade de vida no ambiente urbano está diretamente vinculada aos processos que ocorrem dentro da Camada de Cobertura Urbana, sendo estes dependentes da concentração dos materiais introduzidos no espaço natural das cidades. A camada atmosférica próxima à superfície terrestre apresenta, como características, o resultado das interações entre estes dois meios. Assim, é por meio deste complexo conjunto de inter-relações que o clima urbano e suas derivações, como o fenômeno da ilha de calor, são produzidos.

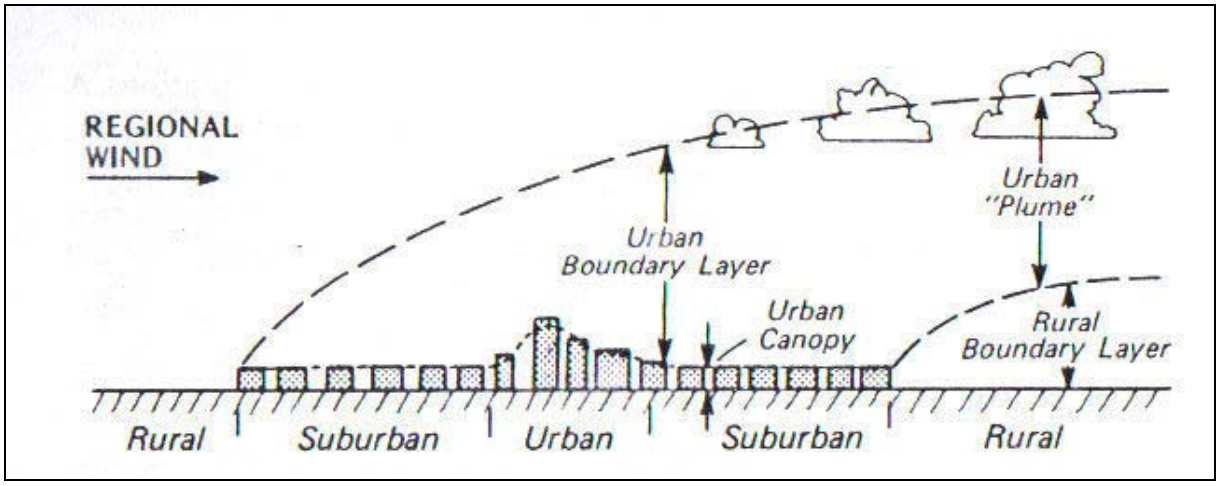


Figura 1: Representação esquemática da atmosfera urbana.
Fonte: SELLERS, A.H.;ROBINSON, P.J. (1986, P. 291).

De acordo com Landsberg (2006, p.95), os primeiros que estudaram os climas já tinham consciência do fato de que a atividade humana parecia causar mudanças nos mesmos. Os primeiros registros meteorológicos já mostravam diferenças entre as cidades e o campo que foram comentadas desde o pioneiro estudo específico do clima de uma cidade (HOWARD, 1833)- o de Londres (LANDSBERG, 2006. p. 95).

Os primeiros estudos acerca do clima urbano abordavam as alterações dos elementos climáticos de acordo com a abordagem meteorológica, analisando os elementos do clima de forma disparatada e desconectada da influência das variáveis geourbanas e geoecológicas do sítio urbano. Após pioneiros estudos realizados em Londres, várias pesquisas foram empreendidas, principalmente em regiões de clima temperado e com enfoque meramente meteorológico (MONTEIRO, 1976).

Estes estudos sob o viés estritamente meteorológico abordavam as transformações impostas pelas cidades sobre os valores dos elementos climáticos, no entanto os faziam sem levar em consideração a influência antrópica bem como as particularidades geourbanas e geoecológicas específicas de cada núcleo urbano.

Saydelles (2005, p. 19) destaca que ao aplicar os princípios da teoria da representatividade sistêmica, preconizada por Ludwig Von Bertalanffy, alicerçada na análise rítmica da circulação atmosférica regional através da identificação dos tipos de tempo, Monteiro (1976) propôs uma metodologia específica para o estudo do clima das cidades, definindo-o de Sistema Clima Urbano (SCU).

A partir desta proposição teórico-metodológica, o clima urbano pode ser definido, segundo Monteiro (1990, p.11), “como um sistema complexo, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente”.

Monteiro (1976) para efeito de análise, subdividiu o Sistema Clima Urbano em três subsistemas: a) termodinâmico, b) físico-químico e c) hidrometeórico, e respectivos canais de percepção climática: a) conforto térmico, b) qualidade do ar e c) impacto meteórico. Neste trabalho, utilizou-se do subsistema termo-dinâmico e sua estratégia de abordagem para estudar o campo termo-higrométrico e a formação de ilhas de calor e de frescor através da metodologia de transectos.

2.2 O fenômeno das ilhas de calor e de frescor urbanas

As alterações ambientais advindas da urbanização produzem modificações no clima local resultando na maioria das vezes na redução da qualidade de vida e ambiental dos moradores das cidades.

Neste sentido Lombardo (1985, p.77) destaca que:

> A urbanização, considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se o aumento das

> superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentrações de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos, contaminação da atmosfera através da emanação dos gases, poeiras e partículas.

Neste sentido, Sartori (2000, p.3) destaca que, independente do grau de urbanização, as cidades modificam as componentes da superfície terrestre, absorvedora e irradiadora de energia, criam nova estrutura física e provocam alterações do clima local, tanto mais acentuadas quanto maior for o organismo urbano.

Gonçalves (2003, p. 76) destaca que:

> A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como conseqüência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Dentre os vários produtos derivados do clima urbano tem-se o fenômeno das ilhas de calor, caracterizado como uma anomalia térmica resultante, entre outros fatores, das diferenças de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes da superfície urbana. As superfícies pavimentadas, densamente ocupadas e pouco arborizadas absorvem mais radiação solar, fazendo com que o ar em contato se aqueça mais rapidamente. Já as áreas mais arborizadas e vegetadas utilizam parte da radiação solar para os processos de evapotranspiração e fotossíntese, restando menos energia para aquecer o ar.

As cidades ainda podem ter queima de madeiras para aquecimento interno de residências no inverno e ainda pode haver alguma influência dos sistemas de circulação de ar pontuais (ar condicionado, *splits*).

Para Mendonça (1994, p.57):

> As cidades têm apresentado, genericamente, temperaturas mais elevadas que as suas áreas circunvizinhas sejam estas cobertas por vegetação natural, cultivos ou solos nus. Esta característica geral levou os estudiosos do clima urbano a denominarem de Ilha de Calor Urbano às diferenças de temperaturas entre a cidade e o seu entorno rural.

Lombardo (1985, p. 23) destaca que as cidades contribuem para a alteração do balanço de energia, gerando bolsões sobre as áreas urbanas, denominadas ilhas de calor. A autora destaca ainda que o fenômeno das ilhas de calor refletem a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais, constituindo-se num

referencial de que nos espaços urbanos ocorre a máxima atuação humana sobre a organização da superfície terrestre.

Dentre os vários fatores responsáveis pela formação da ilha de calor, Oke (1972) destaca que este fenômeno é o resultado das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização.

Garcia (1996, p. 123) destaca que a formação da ilha de calor se deve à pouca energia consumida em evaporação, à maior capacidade térmica dos materiais urbanos e à redução do albedo, ao calor gerado pelos habitantes e pelas atividades urbanas, e à diminuição das perdas de calor por irradiação noturna.

De acordo com Amorim (2005, p. 130), há várias causas que originam as ilhas de calor e dentre elas destacam-se: o armazenamento de calor durante o dia na cidade, graças às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construções e sua devolução para a atmosfera durante a noite; a produção do calor antropogênico (circulação de veículos e pessoas); a diminuição da evaporação decorrente da substituição da superfície original por concreto e asfalto e a canalização fechada de rios e córregos e a menor perda de calor sensível, devido à redução da velocidade do vento originada pelas edificações.

A redução das perdas de calor por irradiação noturna se deve à presença de elevados níveis de radiação de onda longa na camada de poluição que cobre a cidade, o que representa uma forte proteção contra a perda de radiação durante a noite, ao não permitir que a cidade devolva o calor às camadas superiores da atmosfera (GEIGER, 1990, p. 503).

Segundo Ayoade (1998, p. 302), o fenômeno das ilhas de calor urbano é causado pelos seguintes fatores:

a) a capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;

b) o acréscimo de calor por combustão, aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;

c) a secura das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para evaporação. A maior parte da energia será usada para aquecer o ar. A secura das superfícies urbanas deve-se a remoção do escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;

d) a diminuição no fluxo dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;
e) o efeito de estufa da camada da poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbano. Há redução na radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada de poluição.

Para Eriksen (1978 apud LOMBARDO, 1985.p. 25), a ilha de calor urbana pode ser atribuída aos seguintes fatos:
a) efeitos da transformação de energia no interior da cidade, com formas específicas (estruturas verticais artificialmente criadas), cores e materiais de construção (condutibilidade);
b) redução do resfriamento causado pela diminuição da evaporação (poucas áreas verdes, transporte de água da chuva através de canalização);
c) produção de energia antropogênica, por meio da emissão de calor pelas indústrias, trânsito e habitações.

Lombardo (1985, p. 24), destaca que o efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados.

Conforme ilustra a Figura 2, o pico máximo de elevação da temperatura da ilha de calor se localiza no centro da cidade, justamente a área mais pavimentada, densamente ocupada e construída, onde o fluxo de pessoas e veículos e a poluição do ar é mais acentuado. Isto confirma Spirn (1995) ao afirmar que a área central da cidade, com seus edifícios altos e próximos uns dos outros, em ruas estreitas com pátios confinados, forma tipicamente o centro da ilha de calor. Ali, a capacidade térmica dos edifícios e da pavimentação é maior, e menor a circulação do ar.

A Figura 2, mostra também que a intensidade da ilha de calor diminui do centro da cidade (Central Business District) em direção a zona rural, sendo as áreas residenciais urbanas e suburbanas arborizadas, parques ajardinados e vales de rios, os pontos relativamente mais frios dentro da ilha de calor.

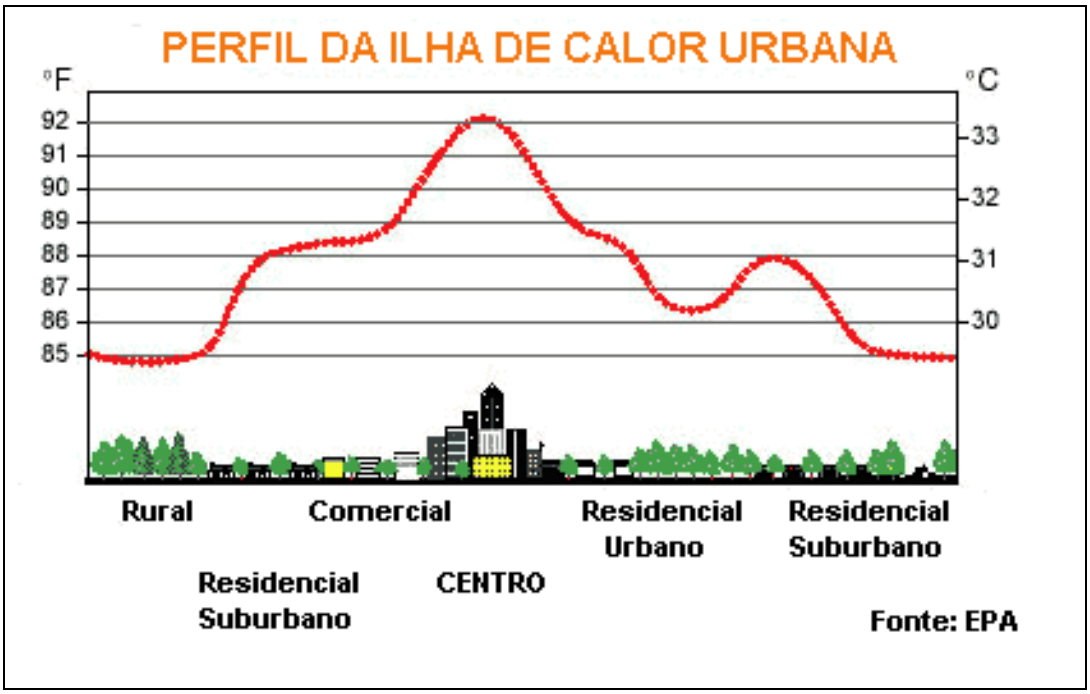


Figura 2: Perfil da Ilha de Calor urbana.
Fonte: EPA (Environmental Protect Agency), 2008.

Para Oke (1978, p. 254), a área central da cidade com presença de edificações mais altas, próximas umas das outras (canyons urbanos), formando ruas mais estreitas, onde a circulação do ar é menor, constitui-se no local onde há maior desenvolvimento e intensidade da ilha de calor, denominado de "*Peak*" (Cume), coincidindo, conforme Mendonça (1994), com o CBD (Central Business District) das cidades ocidentais.

O "Peak" ou (Cume) segundo Oke (1978, p.255) corresponde à área dentro da cidade onde é maior a amplitude térmica entre o urbano e o rural (ΔT_{u-r}), ou seja, onde está localizada a ilha de calor de maior intensidade. A figura 3 ilustra o perfil de uma típica ilha de calor urbana.

À medida que se estende do centro da cidade em direção à periferia a temperatura do ar decai, e na fronteira com a área rural tem-se a formação de ilhas de frescor urbanas, também denominadas por Oke (1978) como "Ladeira" (*Cliff*), relacionadas às influências da vegetação e da menor densidade populacional e das edificações.

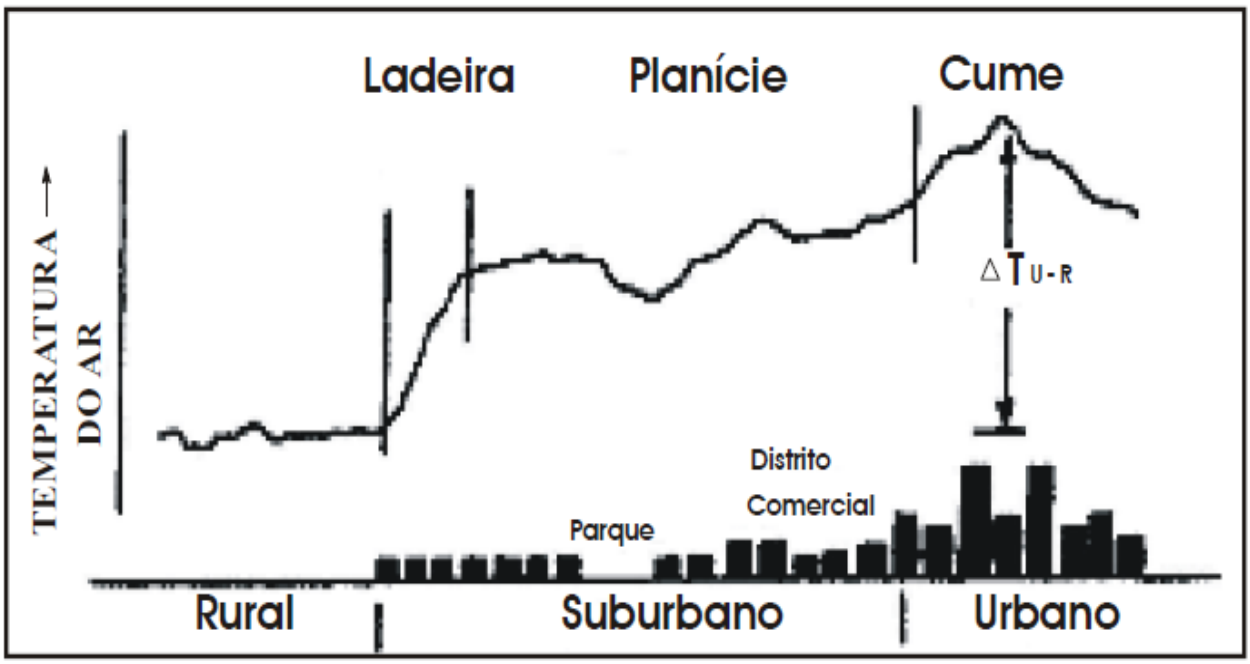


Figura 3: Secção transversal de uma Ilha de Calor Urbana.
Fonte: Oke (1978, p.255).

Para Oke (1982):

> A ilha de calor urbano é mais pronunciada na fronteira cidade-campo, a sotavento, acompanhando o contorno da área urbanizada; no interior da cidade há menor gradiente horizontal de temperatura, variando conforme as características e heterogeneidade do ambiente construído.

Ainda de acordo com Oke (1982):

> Um parque ou um lago apresenta temperaturas relativamente inferiores em relação às áreas industriais, comerciais e residenciais ou mesmo centrais. A ilha de calor sofre variações diurnas marcantes e o calor da cidade pode ser deslocado de acordo com a direção predominante do vento. A intensidade da mesma é influenciada pelas diferentes velocidades de resfriamento entre o ambiente urbano e seu entorno rural, que ao pôr-do-sol produzem um aumento da ilha de calor, até atingir o auge em poucas horas. A influência da ilha de calor ao nível dos prédios estende-se atmosfera acima, na forma de um domo.

Neste sentido, a ilha de calor se desenvolve mais facilmente em condições de tempo com vento calmo e céu limpo que facilita a entrada de radiação e o aquecimento do sítio urbano, sendo que a existência da mesma no centro da cidade é suficiente para desencadear uma circulação local do ar mais fresco, oriundo das áreas mais arborizadas, para as áreas centrais mais pavimentadas e aquecidas.

De acordo com Lombardo (1985, p.26):

> A ilha de calor pode, também, causar um aumento de precipitação nas áreas urbanas. O efeito da rugosidade das construções, o ar quente ascendente e o aumento dos núcleos de condensação devido à concentração de aerossóis[1], podem provocar um aumento da quantidade de precipitação de 5% a 10%, registrando-se também a elevação da incidência de granizos. O efeito da geada é reduzido em torno de 25%. Por outro lado, a flora e a fauna tendem a adaptar-se ao calor dos centros urbanos.

A ilha de calor possui relação direta com o calor e a quantidade de poluentes na camada limite urbana, pois conforme destaca Lombardo (1985, p. 39), quanto maior a quantidade de fontes de calor e de contaminação, mais acentuada será a ilha de calor. A umidade relativa do ar também sofre uma redução nos seus valores nas áreas centrais da cidade mais aquecidas.

As ilhas de calor podem ser extremamente desconfortáveis no verão, já no inverno reduzem o desconforto térmico gerado pelas baixas temperaturas na zona temperada, bem como o consumo de energia para a geração de calor artificial.

A ilha de calor pode ser extremamente nociva à saúde humana. Neste sentido, Spirn (1995, p. 70) destaca que “pessoas com mais de oitenta anos e as que sofrem de hipertensão, doenças, respiratórias e cardíacas e de diabetes são as mais sujeitas a morrerem por excesso de calor”. A autora destaca que as mortes são mais freqüentes entre os pobres, nas partes mais densas da cidade, e menos freqüentes entre os ricos e nos subúrbios, ou seja, “As pessoas nas partes mais densas da cidade estão, assim, sujeitas não apenas a maiores variações da temperatura do ar, mas também ao calor adicional que se irradia dos edifícios e pavimentação circundante”.

As áreas mais arborizadas e menos pavimentadas da cidade apresentam, na maioria das vezes, menor temperatura em relação ao centro mais densamente urbanizado, com suas ruas pavimentadas. As ilhas de frescor são bolsões de ar menos aquecido relacionado a presença de vegetação nas cidades, que provocam o *efeito oásis* e o *efeito parque,* contribuindo para a formação de áreas menos aquecidas no sítio urbano da cidade. Geralmente o efeito ilha de frescor é mais pronunciando na periferia das cidades, mais arborizadas, com menor densidade de construções, menor produção de calor antropogênico e com superfícies menos pavimentadas.

---

[1] Aerossóis são partículas em suspensão na atmosfera.

2.3 Variáveis geourbanas e geoecológicas e sua importância na formação do campo termo-higrométrico

A análise integrada das variáveis geourbanas (prédios, casas, ruas pavimentadas) e geoecológicas (relevo, tipologia do sítio, vegetação, exposição das vertentes à entrada de radiação solar, tipos de solos/rochas) é muito importante no estudo do clima urbano e do campo termo-higrométrico. Considerando a co-participação destes dois conjuntos de variáveis (geourbanas e geoecológicas) na formação de ambientes climáticos diferenciados no interior das cidades, procurou-se descrever a importância de cada uma delas para a produção do clima urbano e suas derivações.

2.3.1. O sítio urbano

A morfologia, estrutura e heterogeneidade do sítio são variáveis importantes que devem ser analisadas de forma detalhada visando a compreensão da dinâmica e formação do clima urbano.

De acordo com Saydelles (2005, p. 10):

> Para melhor compreender o ambiente climático interno das cidades, é indispensável o entendimento das complexas relações existentes entre seu sítio urbano e as diversas funções desenvolvidas no espaço urbano (expressas através do uso e ocupação do solo urbano), na análise climática local e no planejamento urbano.

Monteiro (1990, p.83) destaca que:

> Qualquer análise introdutória para o estudo de um clima urbano requer uma acurada observação tanto da tipologia do sítio como dos modelos de morfologia urbana e do imenso espectro de combinações que se podem configurar. E acima de tudo a ordem de grandeza observável entre o “porte” do sítio e aquele da cidade.

Neste sentido, Mendonça (1994, p. 24) destaca que a formação de condições climáticas intra-urbanas, derivadas diretamente da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação e funcionalidade urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local/urbano), bolsões climáticos intra-urbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frio, mesoclimas, topoclimas e microclimas) carece ainda de mais atenção dos estudiosos do clima das cidades.

Conforme Geiger (1990), de maneira geral pode-se dizer que o clima da cidade depende em grande parte da situação topográfica da mesma (...). É evidente

que, numa situação fechada e abrigada dos ventos, num vale, o clima de dentro e de fora da cidade apresentará naturalmente maiores diferenças do que se a cidade estiver situada num planalto exposto ao vento. Situações de encosta ou à beira-mar favorecem determinadas características do clima urbano. Quando se ampliam as cidades e ainda mais quando se criam novas cidades, dever-se-ão de antemão tomarem linha de conta, mais do que tem acontecido até hoje, as leis da climatologia urbana que atualmente conhecemos.

Conforme Monteiro (1990, p.84) a grande variedade de tipos de sítios de cidade tem sido considerada através dos tempos, como cidades em acrópole, cidades em vale, etc. Para a consideração da gênese do “clima urbano” importa muito avaliar, nesta gama variada de sítios, as topografias que possibilitam a implantação urbana em termos de algumas antinomias (ou dualismos) pertinentes, tais como convergência-divergência e continuidade-descontinuidade.

Monteiro (1990, p. 86) destaca ainda que no relacionamento sítio – edificação urbana, não há como excluir a consideração da “função urbana”. Uma fábrica de cimento, por exemplo, localizada numa cidade de grande porte, além da dispersão ou difusão das emissões sobre o corpo geral da cidade, terá efeitos muito menores do que se instalada em um pequeno núcleo urbano num fundo de vale encaixado.

Contudo, destaca-se que o estudo do clima urbano não deve considerar apenas os fatores geoecológicos, mas também aspectos socioeconômicos e sua materialidade no espaço urbano.

2.3.2. Orientação e declividade das vertentes

De acordo Mendonça (1994, p. 35), a disposição das faces das vertentes do relevo pode influenciar de maneira direta na formação de topoclimas ou microclimas pois, dependendo da mesma, o balanço de energia à superfície do solo pode se dar de maneira diferenciada.

Este fator se torna mais notável quanto mais a localidade se encontra afastada do Equador pois, “(...) em regiões de excesso de calor e com posições do Sol próximas do zênite a diferença das exposições das encostas não tem o mesmo significado prático que apresenta nas nossas latitudes de zona temperada (GEIGER,1990).

A orientação da vertente em relação a entrada de radiação e ao movimento aparente do sol é muito importante, pois as faces voltadas para os raios solares recebem mais energia do que aquela protegidas aquecendo-se mais rapidamente, contribuindo para a configuração de topo e microclimas. Neste sentido, no hemisfério sul, as faces de vertentes voltadas para o norte, noroeste, nordeste, oeste e leste recebem mais energia calorífica-luminosa do que aquelas voltadas para o sul, sudoeste e sudeste.

Conforme Mendonça (1994, p. 33) a variação da inclinação das vertentes do relevo de um determinado local desempenha, associada à variação altimétrica e orientação do mesmo, importante papel na distribuição da energia calorífico-luminosa das mesmas. Neste sentido, Mendonça (1994, p. 35) destaca que a conjugação da declividade da encosta à sua exposição solar é fundamental para a compreensão da variação do balanço de energia das mesmas.

O fluxo radiativo de uma vertente bastante inclinada para o quadrante norte, em área subtropical austral, será bem mais intenso do que de uma outra com a mesma inclinação e no mesmo local, mas voltada para o sul. Do mesmo modo, o sombreamento de edifícios e árvores, dentre outros, será muito mais expressivo em áreas planas que naquelas inclinadas e voltadas para o norte no mesmo local (MENDONÇA, 1994, p.33).

As vertentes orientadas para o quadrante leste recebem a insolação pela parte da manhã e caracterizam-se por apresentar as temperaturas em elevação; as vertentes orientadas para o quadrante norte recebem intensa insolação ao meio dia, horário em que as temperaturas estão mais altas; e as vertentes voltadas para o quadrante oeste recebem insolação mais intensa pela parte da tarde, cujas temperaturas são mais elevadas e responsáveis pela sensação de desconforto térmico, principalmente nos dias de verão, como também em dias de altas temperaturas em qualquer época do ano (SAYDELLES, 2004, p. 158).

2.3.3. Hipsometria e geomorfologia do sítio urbano

Para Mendonça (1994, p. 31):

> Uma carta hipsométrica e geomorfológica possibilita a observação tanto da variação altimétrica quanto das principais feições geomorfológicas do relevo do sítio escolhido para estudo, fatores importantíssimos na construção do clima urbano, pois, os elementos do clima são diretamente

> influenciados pela variação destes; o estudo de tal influência compõe um dos clássicos campos da climatologia.

Gustavson (1990 apud Mendonça, 1994, p. 31) relacionou efeitos da topografia e ventos à variação térmica da superfície de rodovias e, Geiger (1990), destacou a influência da altitude na formação de microclimas, utilizando os termos *zonas quentes* e *zonas frias* para segmentos de vertentes.

Mendonça (1994, p. 31) destaca ainda que quanto maior for a movimentação e a variação altimétrica do relevo de um determinado sítio urbano, maiores serão as variações de temperatura e umidade, dentre outros elementos, no clima local e intra-urbano.

Analisando-se a Figura 4, referente a compartimentação geomorfológica do sítio urbano de Santa Maria elaborada por Sartori (1979), percebe-se que o núcleo central da cidade está concentrado, principalmente, no compartimento denominado de “festão colinoso mais elevado”, vindo a constituir-se no setor mais elevado do sítio urbano (altitude entre 130 e 150 metros), com vertentes alongadas e bem definidas, estendendo-se no sentido das periferias da cidade.

Conforme Saydelles (2005, p. 116), o centro da cidade também apresenta a maior densidade horizontal e desenvolvimento vertical das edificações, vindo a alterar a topografia natural. Do núcleo central urbano em direção as periferias da cidade, percebe-se uma diminuição das cotas altimétricas de 150 metros no festão colinoso mais elevado para 70 ou 100 metros nas colinas mais baixas e várzeas. Além da alteração da topografia natural pelo desenvolvimento vertical das edificações, a ausência de áreas verdes no núcleo da cidade, segundo Sartori (1986, p. 63), também parece ser um agravante para originar em Santa Maria um clima urbano acentuado, já que a vegetação fornece umidade ao ar pela evapotranspiração, diminuindo a temperatura do ar nas suas vizinhanças. A autora destaca que as únicas áreas verdes que aparecem no sítio urbano de Santa Maria se localizam na encosta do Planalto e nos morros testemunhos.

Em relação à ventilação, Sartori (1984, p. 67) destaca que o sistema de arruamento de Santa Maria, disposto no sentido ENE-WSW e SSE-NNW, favorece a ventilação natural canalizando os ventos predominantes de leste e sudeste, os de norte e noroeste, mais intensos por ocasião das pré-frontais, e os mais frios do quadrante sul. Por isso, a cidade apresenta muitas vezes, problemas de excesso de ventilação, que resulta em desconforto para a população. Em conseqüência, há

certos locais da área urbana como a antiga rua 24 horas, que sofrem os efeitos do excesso de ventos, enquanto outros sofrem pela falta de ventilação, devido ao abrigo imposto pelos edifícios maiores.

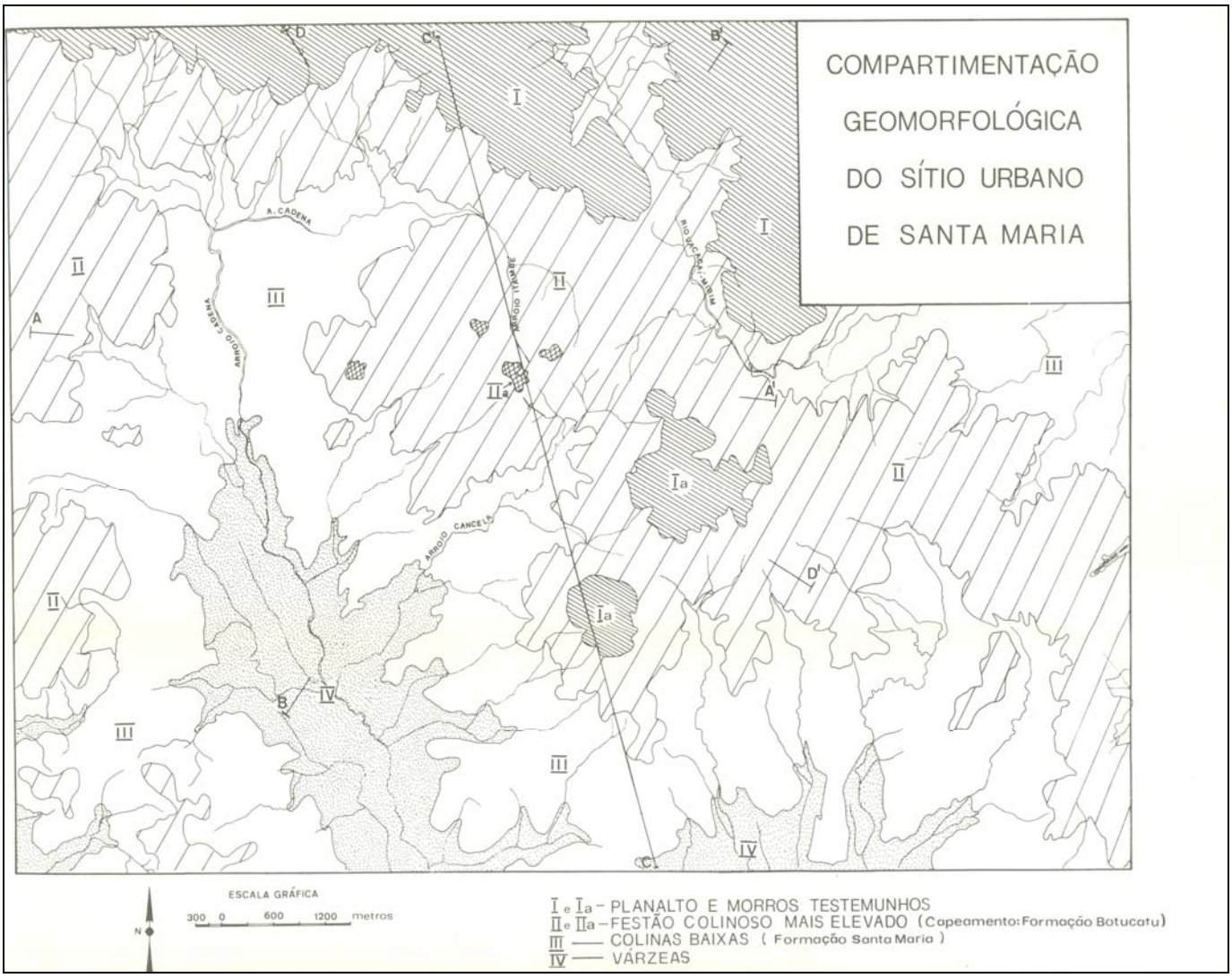


Figura 4: Compartimentação geomorfológica do sítio urbano de Santa Maria/RS.
Fonte: Sartori (1979, p.129).

Em relação à geologia do sitio urbano Saydelles (2005, p.116) destaca que o centro da cidade, está assentado sobre a Formação Caturrita, constituída por arenitos intercalados com clásticos finos de origem fluvial e, segundo Sartori (2000, p. 200), é “o setor mais elevado da área sedimentar (150m), com declividades entre 6,9% e 8,3%, constituindo-se no divisor d’água entre as principais mini-bacias do sítio: as dos afluentes do rio Vacacaí-Mirim (a leste) e as do Arroio Cadena (a oeste)”. No entanto, a maior parte do sítio urbano está assentada sobre a Formação Santa Maria, composta por siltitos e arenitos argilosos estratificados e lamitos,

caracterizando-se por uma topografia mais suave de coxilhas, com declividades inferiores a 6% e altitudes que não ultrapassam os 100 metros (SARTORI, 1979; MACIEL FILHO, 1990).

O crescimento urbano de Santa Maria encontra obstáculos de ordem topográfica ou natural como a presença da encosta íngreme do Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná, ao norte do núcleo central, e a presença, à leste/sudoeste de morros testemunhos, como o Cerrito e o Mariano da Rocha.

Segundo Sartori (2000), nos setores sudoeste, oeste e noroeste e no extremo leste encontram-se limitantes de outra natureza, representado pelas instituições militares, que impedem o desenvolvimento da malha citadina.

O sítio urbano de Santa Maria, devido as suas peculiaridades topográficas, caracteriza-se por apresentar, segundo Sartori (2000, p.200):

> (...), uma topografia mais plana e suave, a oeste e sudoeste e “fechada”, em todo o quadrante norte e a sudeste, o que interfere significativamente nas condições climáticas na escala local e da cidade (mesoclima), que, por sua vez, são influenciados pelas componentes geourbanos (topoclima e microclima), frutos do processo de evolução e crescimento do espaço urbanizado.

Por isso, a detalhada cartografia tanto da topografia como da geomorfologia é importante na determinação de ambientes climáticos específicos devido às diferenças de temperatura e umidade encontradas numa topografia variada e diferentemente exposta a insolação.

2.3.4. Insolação

De acordo com Saydelles; Sartori (2004, p.453), a insolação controla os índices de temperatura e umidade do ar, responsáveis pela sensação de bem-estar e conforto térmico da população.

Para Neves (1989, p.97), a influência do sol decorre basicamente do excesso de iluminamento (a luminosidade natural no ambiente arquitetônico) e da insolação (efeito calorífico) que causam desconforto.

Mascaró (1996, p. 58) destaca que:

> A insolação no ambiente urbano é decisiva no comportamento da temperatura e umidade, a qual depende do fator de céu visível (ou configuração do céu), que determina variáveis graus de insolação sobre as superfícies e, com isso, uma infinidade de microclimas.

Diferenças de insolação advindas do maior ou menor sombreamento, da orientação das faces das vertentes, do fator de céu visível produzem diferenças de aquecimento das superfícies urbanas e do índice de umidade.

Assim, de acordo com Sartori (2000, p. 11), em regiões temperadas e subtropicais, ruas estreitas, sem vegetação, delimitadas por edifícios altos são mais quentes no verão e início do outono (como a rua Floriano Peixoto no centro de Santa Maria), devido ao pequeno ângulo de visão do céu, representado pela maior proporção de área edificada.

São, portanto, desconfortáveis aos habitantes pelo calor, aliado aos problemas de ventilação, já que as ruas são canais de circulação dos ventos, fazendo com que se acelerem na parte central (limites laterais) e nas esquinas alcancem quase o dobro da velocidade do centro, com ocorrência de turbulência e redemoinhos, pegando de surpresa muitos pedestres. Isto é fato comum em muitas esquinas da área central de Santa Maria (SARTORI, 2000, p. 11).

Ainda de acordo com Sartori (2000, p.11), as ruas largas, arborizadas e com edifícios baixos nas mesmas regiões, apresentam as temperaturas mais altas no inverno e na primavera, com grande amplitude térmica diária, em conseqüência do maior ângulo de céu visível e a menor proporção de área edificada, o que permite maior insolação durante o dia e maior irradiação à noite. Neste caso, as avenidas Rio Branco, Presidente Vargas e Medianeira, na cidade de Santa Maria, servem de exemplo.

Por sua vez, a insolação direta no centro de Santa Maria, conforme Saydelles; Sartori (2004) é favorecida pela orientação de suas vertentes, as quais em sua maioria estão voltadas para os quadrantes que recebem intensa incidência solar direta, durante o período da tarde (N e W), podendo comprometer o conforto térmico da população durante os meses de verão.

2.3.5. Vegetação

A presença de vegetação nas cidades, além de ser um indicador de qualidade ambiental e de vida, se constitui num regulador do clima urbano, tanto ao nível de escala mesoclimática quanto microclimática.

De acordo com Mascaró (1996, p.76), a vegetação atua sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos, contribuindo para o controle da radiação solar,

temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva e para amenizar a poluição do ar.

A análise dos perfis térmicos das áreas estudadas evidencia o efeito amenizador, do ponto de vista térmico, que é proporcionado pela presença da vegetação nos diversos recintos urbanos, reduzindo os valores da temperatura do ar, sobretudo nos horários entre 09:00h e 15:00h.

De acordo com Ferreira, et al. (2007, p. 4), a presença de vegetação, que geralmente apresenta em média valores de albedo alto, intensifica o valor do albedo nas regiões urbanas. A estrutura do dossel urbano causa variabilidades significativas na evolução tanto temporal quanto espacial do albedo da superfície.

Vários são os benefícios de ordem econômica, social e ambiental advindos da presença de árvores e parques nas cidades. Neste sentido, a vegetação e as áreas e/ou cinturões verdes, são extremamente importantes para o ambiente da cidade, pois além de se constituírem em “refrigeradores naturais”, amenizando a sensação de desconforto térmico provocado pelas ilhas de calor, ainda servem no caso dos parques como pontos de encontro, caminhada, recreação e ainda ajuda na infiltração de águas meteóricas (recarga subterrânea).

A falta de áreas verdes nas cidades resulta na perda da qualidade de vida e no aumento do desconforto térmico intra-urbano, pois a vegetação exerce influência na temperatura do ar através do controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar (MASCARÓ, 1996. p.77).

De acordo com (Mascaró, 1996. p.77):

> Sob grupamentos arbóreos, a temperatura do ar é de 3°C a 4°C menor que nas áreas expostas à radiação solar. A diferença se acentua com a redução do deslocamento do ar entre as áreas ensolaradas e sombreadas e com o aumento do porte da vegetação. A composição de grupamentos arbóreos constituídos por espécies de diferentes portes contribui para a redução da temperatura do ar; as várias camadas de copa ampliam a absorção da radiação solar e a estratificação da temperatura do ar sob a vegetação.

Ainda de acordo com Mascaró (1996, p.79), “a vegetação não somente intercepta a radiação solar e modifica as características do vento, mas também reduz a incidência da precipitação sobre o solo e altera a concentração da umidade na atmosfera e nas superfícies adjacentes”. A umidade relativa do ar é maior nas áreas arborizadas do que naquelas desprovidas de vegetação.

De acordo com Lombardo (1985, p.25), “é no centro das áreas urbanas, em lugares pobres em vegetação, que as temperaturas alcançam valores máximos. Por outro lado, os valores mínimos são registrados em áreas verdes e reservatórios d’água”. A ausência de vegetação e espelhos de água nas cidades reduz a evaporação sendo que a radiação solar que não é usada na evaporação é carreada para o aquecimento das ruas, edifícios e do ar da cidade (LOMBARDO, 1985, p.33).

> “As áreas verdes são de grande importância pelas contribuições que oferecem para a melhoria da qualidade de vida dos que moram na cidade. Dentre as principais contribuições destacam-se: o conforto térmico pela amenização do clima urbano, retirada de poluentes da atmosfera, aumento da evapotranspiração e, conseqüentemente, da umidade do ar, diminuição de ruídos, atenuação do impacto pluvial, auxílio na captação de águas pluviais, redução da poeira, redução e condução dos ventos, além das atribuições recreativas e de lazer da população em geral” (AMORIN, 2001, p. 46).

A falta de vegetação nas áreas urbanas traz conseqüências negativas para o meio ambiente urbano como: “alterações do clima local, enchentes, deslizamentos e falta de áreas de lazer para a população” (AMORIM, 2005, p. 38).

De acordo com Minaki; Amorim (2007, p. 297) inúmeras são as funções das áreas verdes urbanas que podem ser destacadas, entre elas:

1) *Função ecológica-ambiental* – as áreas verdes desempenham função ecológica-ambiental na cidade quando agem como obstáculos contra o vento, protegem a qualidade da água e solo, proporcionam o equilíbrio do índice de umidade, reduzem os ruídos, filtram o ar, dão suporte para a fauna e promovem melhorias no clima da cidade.

2) *Função estética e paisagística* – as áreas verdes desempenham a função estética e paisagística quando se tornam um ambiente agradável e atraente a todos os citadinos, estando, portanto, intimamente ligada à diversificação da paisagem construída e do embelezamento da cidade. Para que esta função seja desempenhada, faz-se necessário o planejamento paisagístico de forma a realçar o ambiente físico da cidade. Para tanto, devem ser utilizadas espécies vegetais com sua diversidade de formas, cores, estruturas e dimensões.

3) *Função climática* – as áreas verdes desempenham a função climática na amenização do clima urbano, proporcionando conforto térmico aos habitantes, no aumento da evapotranspiração e umidade do ar e na diminuição da temperatura, devido ao efeito sombra.

4) *Função de defesa* – as áreas verdes desempenham a função de defesa quando absorvem os gases poluentes, filtrando o ar e liberando oxigênio e quando funcionam de barreiras, reduzindo o volume dos ruídos, entre outros.

5) *Função psicológica* – as áreas verdes desempenham função psicológica quando proporcionam relaxamento físico e psicológico. Aqui, a função estética relaciona-se com a diversidade de emoções e sentimentos que a área verde proporciona.

6) *Função recreativa e de lazer* – as áreas verdes desempenham a função recreativa e de lazer quando oferecem possibilidades aos citadinos de utilizarem o tempo livre caminhando, descansando, brincando, expondo-se ao sol, conversando com outras pessoas, praticando esportes, entre outras atividades.

De acordo com Monteiro (1976, p. 139):

> Na estrutura urbana, as áreas verdes – vistas, em geral, do ponto de vista estético e, agora, como 'focos de purificação do ar' – desempenham grande papel pela riqueza das contribuições dos seus atributos na qualidade ambiental urbana. Além daquelas que geralmente se lhes imputam, elas constituem verdadeiras válvulas reguladoras do escoamento, pela possibilidade de infiltração em meio à massa de edificações e ruas pavimentadas. Deveriam, pois ser elementos obrigatórios na cidade intertropical, em vez de serem vistas com certa ojeriza por um verdadeiro complexo de inferioridade que conduz ao abate sistemático de árvores e eliminação de resíduos e nichos de vegetação, inclusive nas cabeceiras dos mananciais. Além do quê, são complementos necessários ao lazer, especialmente para as classes que não dispõem de recursos para buscar amenidades fora da circunscrição urbana.

A figura 5 ilustra as principais funções desempenhadas pelas áreas verdes (canteiros centrais, parques urbanos e praças) nas cidades:

a) conforto lúmico;

b) manutenção sobre o vento e circulação do ar;

c) conforto acústico;

d) melhoria visual do ambiente urbano;

e) manutenção sobre a temperatura e umidade do ar;

f) redução da poluição atmosférica.

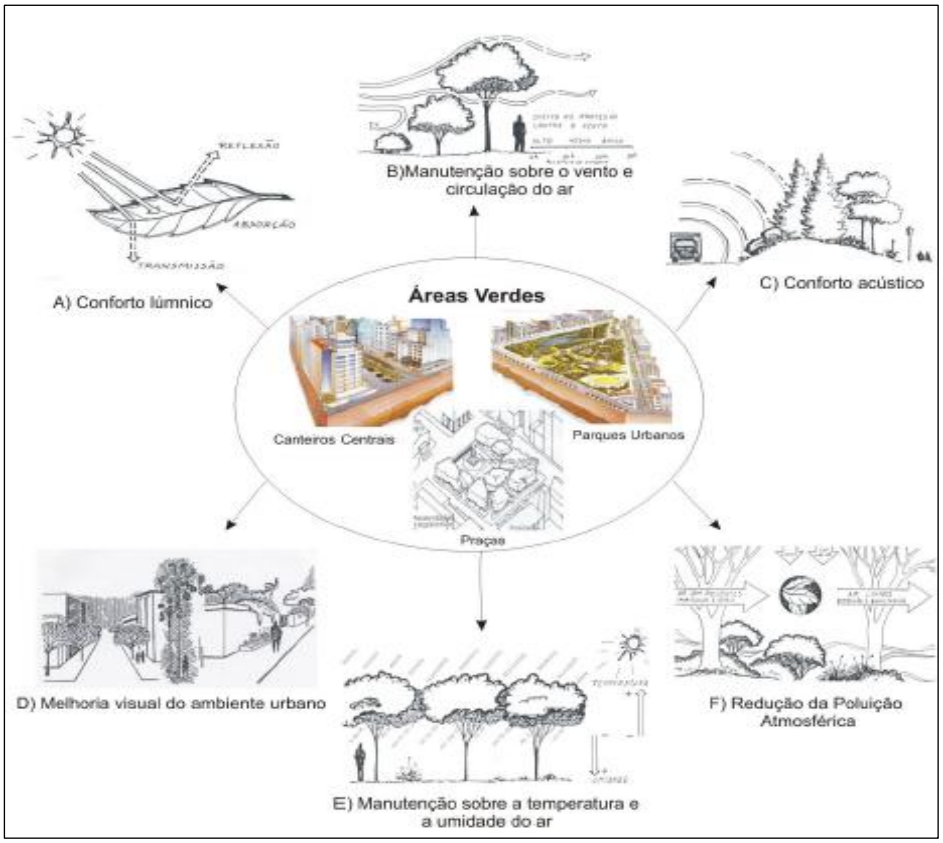


Figura 5: Principais funções desempenhadas pelas áreas verdes nas cidades.
Fonte: Rosset (2005, p.02).

No Quadro 1 tem-se as contribuições da vegetação para a melhoria do meio ambiente urbano e da qualidade de vida nas cidades.

Composição Atmosférica
- Ação purificadora por fixação de poeiras e materiais residuais; - Ação purificadora por depuração bacteriana e de outros microorganismos; - Ação purificadora por reciclagem de gases através de mecanismos fotossintéticos; - Ação purificadora por fixação de gases tóxicos.
Equilíbrio solo-clima-vegetação
- Luminosidade e temperatura: a vegetação ao filtrar a radiação solar, suaviza as temperaturas extremas; - Umidade e temperatura: a vegetação contribui para conservar a umidade do solo, atenuando sua temperatura; - Redução na velocidade do vento; - Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade; - Abrigo à fauna existente; - Influencia no balanço hídrico.
Níveis de Ruído
- Amortecimento dos ruídos de fundo sonoro contínuo e descontínuo de caráter estridente, ocorrentes nas grandes cidades.
Estético
- Quebra da monotonia da paisagem das cidades, causada pelos grandes complexos de edificações; - Valorização visual e ornamental do espaço urbano; - Caracterização e sinalização de espaços, constituindo-se em um elemento de interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

Quadro 1: Contribuições da vegetação para a melhoria do meio ambiente citadino.
Fonte: Guzzo (1999, p. 07).

Assim, Gomes; Soares (2003, p. 21) destacam que:

> A vegetação age purificando o ar por fixação de poeiras e materiais residuais e pela reciclagem de gases através da fotossíntese; regula a umidade e, temperatura do ar; mantém a permeabilidade, fertilidade e umidade do solo e protege-o contra a erosão, e; reduz os níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho das cidades. Ao mesmo tempo, do ponto de vista psicológico e social, influenciam sobre o estado de ânimo dos indivíduos massificados com o transtorno das grandes cidades, além de propiciarem ambiente agradável para a prática de esportes, exercícios físicos e recreação em geral.

2.3.6. Uso do solo urbano

De acordo com Mendonça (1994, p. 38), a partir da cartografação do uso do solo é possível identificar os elementos integrantes do espaço urbano responsáveis pela formação do(s) clima(s) urbano(s). A importância de tal documento foi claramente argumentada por Monteiro (1990) e vários de seus tipos foram elaborados nos mais diferentes trabalhos.

Mendonça (1994, p. 38) destaca que:

> Uma carta de uso do solo urbano como subsídio ao estudo do clima da cidade deverá destacar atributos formadores da cidade e seu entorno tais como: estruturação urbana, disposição vertical (altura das construções) e horizontal (adensamento) das edificações, distribuição de áreas verdes, asfaltamento, superfícies líquidas, fronteira urbano-rural e, desde que possível também aspectos da funcionalidade urbana e coloração das edificações. O maior detalhamento possível desta carta, sem que isso signifique sua complexização ou ilegibilidade, deve ser procurado.

Para Dumke (2007, p. 174), imprescindível no estudo do clima urbano, a carta de uso do solo deve ser apropriada para subsidiá-lo. Assim, a representação cartográfica deve identificar os elementos integrantes do espaço urbano que interferem na formação do seu clima.

Monteiro (1990, p. 90) destaca que:

> Uma boa carta de uso do solo é um documento básico e tem sido sempre exaltado como imprescindível ao estudo do clima urbano. Contudo ela deve ser complementada e enriquecida, neste caso, de uma série de atributos informativos que habitualmente este tipo de modelo cartográfico negligencia ou omite. Tal é, por exemplo, o caso da coloração-em cor e tonalidade-que é de grande significado para o componente do “albedo” ou seja a capacidade de absorver ou refletir a radiação solar recebida. Do mesmo modo que a “verticalidade” do urbano para associá-la e incorporá-la à hipsometria topográfica.

Ainda de acordo com Monteiro (1990, p. 91):

> O geógrafo pesquisador do clima urbano terá que produzir um documento especial, acoplando uso do solo, à geomorfologia, associando o primitivo às derivações, de modo a revelar as feições geoecológicas resultantes e penetrando na trama do urbano, tanto em morfologia quanto nos aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana: tráfego de veículos automotores, concentrações de condicionadores de ar nas ruas centrais de negócios, etc, etc. Sem esquecer que um tal documento deve inserir a cidade no seu entorno, capacitando-o a exibir as articulações especiais do urbano, sub-urbano e rural.

Os vários usos do solo urbano atuam diretamente na formação do clima urbano, pois os diferentes componentes da superfície urbana, como as áreas verdes, superfícies líquidas, superfícies densamente construídas (casas, prédios), ruas pavimentadas, solos expostos possuem diferentes albedos que proporcionam maior ou menor armazenamento de energia e consequentemente criam bolsões climáticos intra-urbanos (como ilhas de calor, ilhas de frescor, topoclimas e microclimas).

O mau uso do solo urbano, gerado muitas vezes por pressões socioeconômicas, atua diretamente criando condições desconfortáveis aos habitantes da cidade, como o estresse térmico ao calor, problemas respiratórios relacionados a poluição do ar e perdas econômicas e sociais associadas a episódios de inundação, que desorganizam a circulação de veículos e aceleram os processos erosivos causando, entre outros impactos, o deslizamento de encostas e a destruição de habitações localizadas em áreas consideradas de risco.

Neste sentido, dentre os principais fatores que contribuem para desencadear os desastres nas áreas urbanas destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar.

Assim, o planejamento das atividades urbanas e do uso do solo urbano, assume papel de destaque, pois, a partir da tomada de medidas e decisões, pode-se intervir de forma concreta, visando diminuir a perda da qualidade de vida e ambiental e reduzir os episódios desconfortáveis que, na maioria das vezes, acabam atingindo as camadas mais empobrecidas da população que vive nas cidades.

2.4 Escalas de abordagem climática: do zonal ao microclima

A escala de abordagem permite ao pesquisador dar um tratamento adequado ao seu objeto de estudo, utilizando para isto materiais e técnicas específicas que permitirão ao mesmo atingir seus objetivos.

Neste sentido Nunes (1998, p. 71) destaca que:

> A escala de abordagem é um dos aspectos mais importantes das ciências atmosféricas, definindo numa pesquisa não apenas a área e período de abrangência, mas também as técnicas e os métodos a serem empregados em busca de seus objetivos.

As condições atmosféricas de uma dada área refletem as interações que ocorrem entre as variáveis climáticas e geográficas locais e a circulação atmosférica regional, que, por sua vez, está atrelada à distribuição zonal dos centros de ação atmosféricos.

Neste sentido, Ribeiro (1992, p. 289) destaca que a integração de fenômenos num dado tempo e espaço criariam unidades, sendo que a cada nível escalar corresponderia uma abordagem específica, coerente com a extensão espacial, duração do fenômeno e técnicas analíticas empregadas. A taxonomia proposta pelo autor, baseia-se em alguns critérios:

1) distinção entre escalas superiores (mais próximas do nível planetário) e inferiores (mais próximas da superfície terrestre);

2) os processos físicos interativos em escalas superiores modificariam sucessivamente o comportamento da atmosfera em escalas inferiores;

3) os processos físicos em escalas inferiores repercutiriam de forma limitada nos processos superiores;

4) quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior o tempo de sua permanência e vice-versa e;

5) a extensão de determinada combinação na atmosfera resultaria em atributo tridimensional.

Como base para a taxonomia dos níveis de abordagem do clima Ribeiro (1992, p.290), apresenta três níveis interativos:

> 1. macroclimático: interação entre radiação solar, curvatura da Terra e movimentos de rotação e translação; 2. mesoclimático: interação entre energia disponível para processos de evaporação e geração de campos de pressão e feições do meio terrestre; e 3. microclimático: interação entre sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e *momentum.* As ordens de grandeza propostas são:

> 1. clima zonal: onde se define a circulação geral da atmosfera, com extensão horizontal de 1.000 a 5.000km, e vertical, abrangendo toda a atmosfera, com duração de um estado climático de uma semana a seis meses; 2. clima regional: gerado pela ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por fatores de superfície que engendram os centros de ação. Sua extensão horizontal situa-se entre 150 e 2.500 Km, limitando-se a vertical à abaixo da tropopausa. Os estados de tempo durariam de 1 a 30 dias; 3. clima local ou mesoclima: gerados pelas variações no interior do clima regional graças a feições fisiográficas - com destaque para o relevo, ou antrópicas - como alteração da cobertura do solo e composição da atmosfera. A escala espacial de abrangência varia de 1,5 a 800km, embora geralmente se considere a amplitude de variação média entre 15 e l50km.; as variações estariam compreendidas entre 12 horas e uma semana; 4. topoclima: derivação do clima local dada a rugosidade do terreno. Sua extensão horizontal se estende de 0,5 a 5km, e a vertical, de 50 a 100m. A duração dos processos seria bastante efêmera e 5. microclima: definido pela amplitude das trocas gasosas e energéticas entre feições ou estruturas particularizadas dispostas na superfície terrestre e o ar que as envolve. Seus limites são de difícil definição, variando de 0,1 a 10.000m.

De acordo com Mascaró (1996, p. 35), a informação climática deve ser considerada em três níveis: macroclima, mesoclima e microclima, e destaca que:

> Os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma dada região, dando detalhes de insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade e ventos. Os dados mesoclimáticos, nem sempre de fácil obtenção, informam as modificações do macroclima provocadas pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água, vegetação ou tipo de coberturas de terreno, como, por exemplo, salitreiras. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios.

Monteiro (1976; 2003) apresentou uma taxonomia escalar voltada aos estudos climáticos, relacionando-os aos níveis de urbanização e para cada ordem de grandeza uma estratégia de abordagem específica. Assim, as escalas de abordagem do clima foram divididas em: Zonal, Regional, Sub-regional e Local, o qual subdivide-se em Mesoclima, Topoclima e Microclima.

Na escala zonal, por obra da latitude, decisiva no próprio fenômeno de diversificação, produz-se uma variedade setorial que, se não se afirma em faixas contínuas, organiza-se em grandes células (MONTEIRO, 2003, p. 34).

Na escala regional, Monteiro (2003, p. 34) destaca que:

> Nesta, os centros de ação e os sistemas meteorológicos vinculados a faixas zonais diferentes participariam no sentido de produzir uma organização climática, gerada pelos mecanismos da circulação atmosférica regional, capaz de manter a organização espacial através do ritmo de sucessão temporal dos seus estados.

A definição do clima regional no interior de um clima zonal deve-se a ação modificadora da circulação geral da atmosfera, provocada, segundo Ribeiro (1993, p.289), “(...) por um conjunto de fatores de superfície, como a distribuição entre as áreas continentais e oceânicas, forma dos continentes, correntes marítimas, rugosidade dos continentes (incluindo as altitudes relativas) e continentalidade/maritimidade”.

De acordo com Saydelles (2005, p. 45):

> Outra escala de abordagem é a sub-regional e sua inclusão nos espaços climáticos é apontada por Monteiro (1976) como fácies do clima regional, com extensão superficial variando em centenas de quilômetros. Articula-se com espaços urbanos, ao nível de megalópoles e grandes áreas metropolitanas, relativos às individualizações que estas proporcionam frente à circulação atmosférica regional e sub-regional.

O autor destaca ainda que a influência da configuração do relevo, através da diferenciação altimétrica e da sua cobertura vegetal, atua juntamente com a ação antrópica através da alteração da superfície natural e a substituição por materiais artificiais, interferindo no balanço energético e na formação dos climas locais.

Na proposta de Monteiro (2003), o Clima Local compreende superfícies de centenas de quilômetros e abrange as áreas metropolitanas, onde ocorrem as maiores alterações na atmosfera.

Submetido aos controles atmosféricos determinados pelos níveis superiores associados à conformação do sítio, o Clima Local tem, além disso, a ação antropogênica como um de seus fatores de organização. Devido a ela, alteram-se o balanço de energia, a umidade, a nebulosidade, a precipitação e o sistema de circulação do vento; formam-se ilhas de calor e há poluição e produção de chuva ácida (NUNES, 2003, p. 106).

No nível Local, a conformação do terreno, o tipo de solo e a cobertura vegetal podem ocasionar pequenas alterações no tempo e determinar o clima predominante em determinado lugar (DUMKE, 2007, p.115). A diferenciação climática é potencializada por meio de um conjunto de aspectos do ambiente, como a quantidade de energia disponível, as propriedades termofísicas dos materiais da superfície, as características e a distribuição da vegetação e do relevo (COLLISCHON, 1998). O Quadro 2 apresenta os principais fatores geográficos, produtores de climas locais, conforme Yoshino (1975, apud COLLISCHON, 1998, p. 29).

Tipos de superfície	Itens a serem observados
• Rochas	Tipo, cor, condutividade térmica
• Solo	tipo, textura, cor, conteúdo de ar e umidade e condutividade térmica
• Água	área superficial, profundidade e movimentos
• Vegetação	tipo, altura, densidade, cor e mudanças sazonais
• Agricultura	cultivo, tipo, altura, cor e mudanças sazonais
Propriedades da superfície	
• Forma geométrica	plana, convexa, côncava, escarpada
• Suprimento de energia	latitude e altitude, grau de obstrução do horizonte natural, aspecto, declividade e exposição
• Exposição	proteção proveniente de feições orográficas, proteção proveniente de construções, árvores etc.
• Rugosidade topográfica	Áreas Rurais: extensão das florestas, campos e cultivos, posição de quebra ventos e grau de agrupamento ou dispersão do *habitat* rural
	Áreas Urbanas: distribuição e altura média dos diferentes tipos de áreas construídas, orientação e exposição das ruas, blocos e construções individuais; densidade de parques, praças e outros espaços livres, perfil vertical da área
• Albedo	tipo de superfície
• Capacidade radiativa	temperatura padrão e máxima da superfície; radiação terrestre observada

Quadro 2: Fatores geográficos produtores de climas locais.
Fonte: Yoshino (1975, apud COLLISCHON, 1998, p. 29).

Para Monteiro (2003, p. 35), um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geoecológica, base da identificação dos mesoclimas, passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas.

Para Monteiro (2003, p. 29), o Mesoclima corresponde ao espaço urbano de uma cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole e possui como fator de organização o próprio urbanismo. Outra subdivisão do clima local, e por extensão no mesoclima, são os topoclimas, que possuem extensão de algumas dezenas de metros, e correspondem a espaços urbanos relativos a uma pequena cidade, ou então, a algumas fácies de bairros. Possui como fatores de organização a própria configuração arquitetônica.

Para Ribeiro (1992), o topoclima restringe-se à forma do relevo ou ao tamanho da vertente que lhe dá origem, podendo variar de 0,5 a 5 Km de extensão e interferir verticalmente em até 50 a 100 metros (limite da camada superficial).

A última subdivisão do clima local corresponde ao microclima, o qual está relacionado ao espaço urbano da grande edificação, habitação e setor de habitação.

O fator de organização do clima nesta escala é a habitação, sendo necessárias técnicas especiais de análise e instrumentos especiais para sua observação e mensuração (MONTEIRO, 2003, p. 29).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para analisar o campo termo-higromético intra-urbano de Santa Maria, bem como identificar e espacializar as ilhas de calor e de frescor, foi preciso estabelecer alguns passos metodológicos essenciais, que nortearam o desenvolvimento do trabalho.

Num primeiro momento foi feito uma revisão bibliográfica a cerca da temática clima urbano. Para tal procedeu-se uma revisão na literatura nacional e internacional sobre clima urbano, campo termo-higrométrico, ilhas de calor e de frescor urbanas, entre outros. Também foi utilizado o referencial teórico metodológico do SCU (Sistema Clima Urbano) desenvolvido por Monteiro (1976), e que é largamente utilizado em estudos de clima urbano das cidades brasileiras tanto, das metrópoles, quanto das cidades de médio e pequeno porte. Esta metodologia de estudo permite integrar, segundo a perspectiva sistêmica os elementos geoecológicos com os geourbanos para explicar as derivações produzidas pela urbanização, bem como a formação de um clima especificamente urbano. De acordo com a proposta teórica elaborada por Monteiro (1976), o SCU (Sistema Clima Urbano) é composto por três subsistemas com seus respectivos canais de percepção: a) termodinâmico (conforto térmico), b) físico-químico (qualidade do ar) e c) hidrometeórico (impacto meteórico).

Neste trabalho foi dada ênfase ao subsistema termodinâmico e seu respectivo canal de percepção, pois este se relaciona ao objetivo do trabalho que consiste em estudar e/ou analisar o campo termo-higrométrico, bem como os fenômenos das ilhas de calor e de frescor urbanas de Santa Maria, relacionando-os aos elementos geourbanos e geoecológicos locais numa concepção ou abordagem sistêmica.

Para estudar o campo termo-higromético intra-urbano primeiramente foi estabelecida a metodologia de coleta dos dados em trabalho de campo. Utilizou-se a metodologia dos transectos, que consiste em coletas móveis em pontos e horários pré-estabelecidos.

Foram estabelecidos dois transectos para a coleta dos dados de temperatura e umidade do ar. O transecto 1 com orientação geral mais ou menos norte-sul/sudeste (N-SE) e o transecto 2 orientação oeste/sudoeste-leste/nordeste (WSW-ENE), conforme a Figura 6.

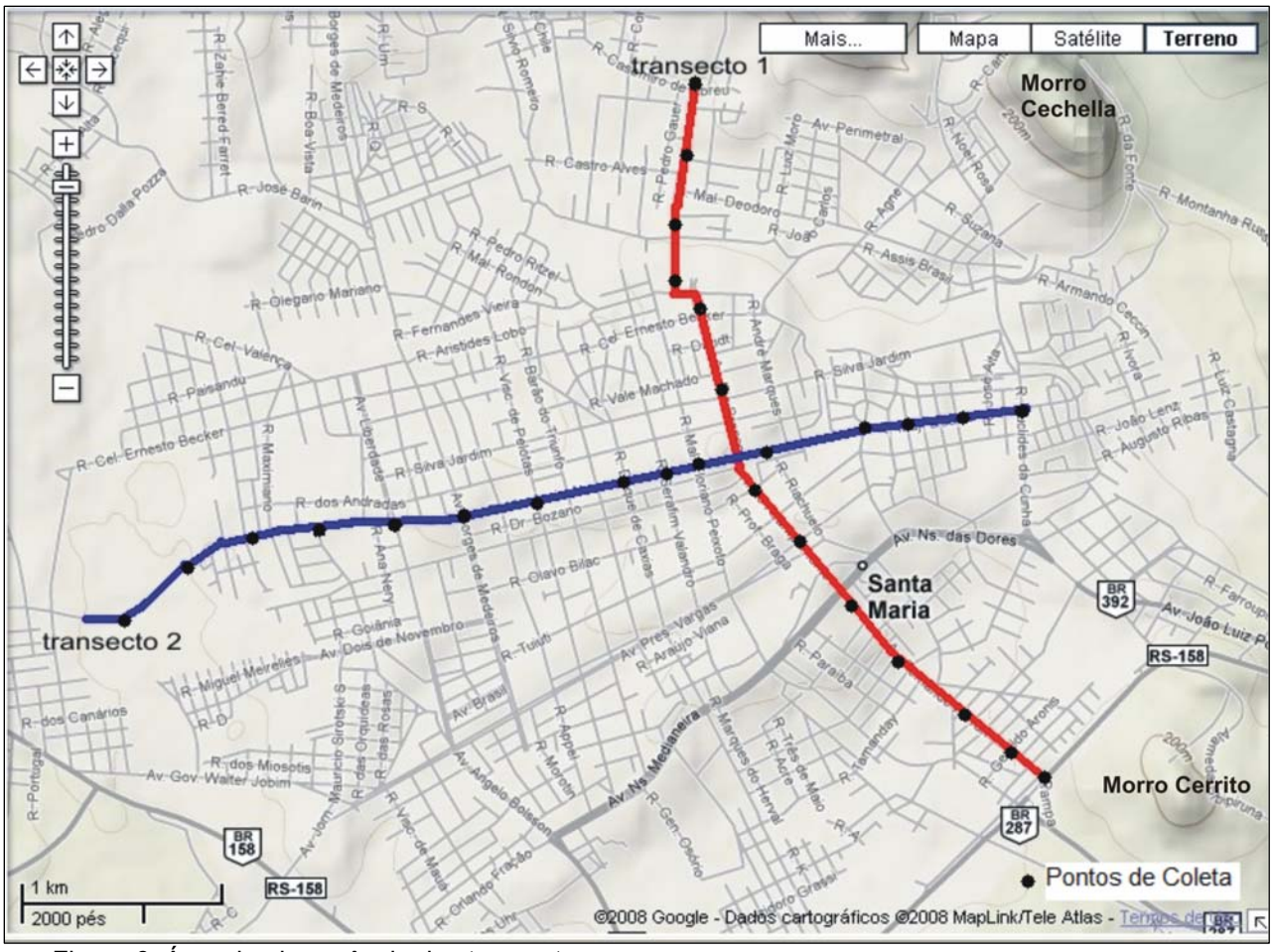


Figura 6: Área de abrangência dos transectos.
Fonte: Google Maps (2009).
Org.: COSTA, E.R.da.

O transecto 1 tem início na frente do Clube Atiradores Esportivo, na Rua Sete de Setembro (Bairro Perpétuo Socorro), sobe a Avenida Rio Branco, segue pela Rua do Acampamento e desce até o final da Avenida Fernando Ferrari, totalizando aproximadamente 4.900 metros. O transecto 2, por sua vez, tem início no começo da Rua Venâncio Aires, próximo do Arroio Cadena, e término na esquina da Rua Major Duarte com a Rua Euclides da Cunha, com extensão de aproximadamente 5.250 metros.

Foram pré-estabelecidos 13 pontos de coleta de temperatura e umidade do ar ao longo do transecto 1 e, 15 pontos ao longo do transecto 2. Os pontos distribuídos ao longo dos dois transectos apresentam características geourbanas e geoecológicas próprias, que permitem que a temperatura e a umidade do ar apresentem valores diferenciados em função de atributos específicos, justificando assim a escolha.

Os pontos de leitura foram estabelecidos levando em consideração uma equidistância de mais ou menos 300 metros um do outro. Com o auxílio do aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global), marca Garmin-Etrex, do Departamento de Geociências/UFSM, foram obtidas as coordenadas planas do sistema UTM (Universal Transversa de Mercator/ Datum Horizontal: Córrego Alegre e Datum Vertical: Marégrafo de Torres) de cada ponto. As coordenadas foram utilizadas na espacialização dos pontos quando da confecção dos cartogramas do campo térmico e higrométrico, através do programa *Surfer for Windows* 8.0.

No processo de coleta dos dados foram utilizados dois termo-higrômetros digitais da marca Matsutek®. Na coleta dos dados de temperatura e umidade nos pontos pré-estabelecidos, os termômetros ficaram a uma altura média de 1,5 metros e protegidos do vento e da insolação direta.

Foram registradas imagens dos pontos de coleta com o uso de uma câmera digital da marca *Olympus*® do Departamento de Geociências/UFSM. Posteriormente estas imagens foram geradas em extensão JPEG e inseridas em arquivo JPEG.

A coleta dos dados ao longo dos dois transectos foi realizada em duas situações de tempo específicas: um dia sob domínio da Massa Polar Atlântica no inverno, e outro sob a influência da Massa Polar Velha ou modificada no verão, em cinco horários diferentes (9h, 12h, 15h, 18h e 21h) com o intuito de verificar as respostas térmicas e de umidade dos pontos pré-estabelecidos e distribuídos ao longo dos transectos.

O primeiro trabalho de campo ocorreu no dia 14 de agosto de 2008 (inverno), sob domínio da Massa Polar Atlântica, e o segundo no dia 06 de janeiro de 2009 (verão) sob ação da Massa Polar Velha ou modificada. Cabe salientar que no dia 06 de janeiro devido ao horário de verão as coletas foram realizadas uma hora depois, ou seja, as 10, 13, 16, 19 e 22 horas, para haver correspondência com o horário solar ou normal.

A sistemática de coleta dos dados ocorreu da seguinte maneira: a Professora Maria da Graça percorreu todo o transecto 1 nos horários de coleta com veículo próprio e o transecto 2 foi percorrido de motocicleta por este pesquisador. O tempo de coleta dos dados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos foi aproximadamente entre 30 a 40 minutos, em cada um dos horários.

Para analisar a circulação atmosférica regional e as condições atmosféricas no dia 14 de agosto de 2008 e 06 de janeiro de 2009, foram utilizadas imagens de

satélites GOES-10 e 12 (canal-4 Infravermelha) fornecidas pelo CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br) e cartas sinóticas de pressão ao nível do mar fornecidas pela Marinha do Brasil/Depto. de Hidrografia e Navegação (www.mar.mil.gov.br/dhn).

De posse dos dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados ao longo dos dois transectos, nos dias 14 de agosto de 2008 e 06 de janeiro de 2009 nos horários das 9, 12,15,18 e 21 horas foram elaborados os cartogramas do campo térmico e higrométrico da área de estudo. Foram elaborados 10 cartogramas (5 para o campo térmico e 5 para o campo higrométrico) do dia 14 de agosto de 2008 e, 10 cartogramas (5 para o campo térmico e 5 para o campo higrométrico) do dia 06 de janeiro de 2009.

A partir destes cartogramas foi possível distinguir e espacializar as ilhas de calor e de frescor ao longo dos transectos. Os cartogramas foram confeccionados com o auxílio do aplicativo *Surfer for Windows®*, utilizando o interpolador *Krigagem Ordinária.* Na elaboração dos cartogramas do campo térmico foram estabelecidas escalas de cores para os valores de temperatura. As cores frias foram associadas a temperaturas mais baixas e as cores quentes a temperaturas mais altas. Nos cartogramas do campo higrométrico os valores de umidade foram representados utilizando uma variação da cor azul. O azul mais claro foi utilizado para representar os valores de umidade mais baixos e a cor azul escura para os valores de umidade mais altos.

A magnitude das ilhas de calor foi definida com base em Garcia (1996), que determinou quatro classes, a saber: ilha de calor de fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos oscilam entre 0ºC e 2ºC, média magnitude entre 2ºC e 4ºC, forte entre 4ºC e 6ºC e muito forte quando as diferenças forem superiores a 6ºC.

Com o intuito de verificar a relação do fenômeno das ilhas de calor e de frescor com os elementos geourbanos e geoecológicos da área de abrangência dos transectos foram elaborados dois mapas, sendo um de orientação de vertentes e outro do uso do solo urbano. Estes mapas são fundamentais para explicar as derivações produzidas pela cidade sobre o ambiente atmosférico urbano e na conseqüente formação de bolsões climáticos intra-urbanos como as ilhas de calor e de frescor. O mapa de uso do solo urbano da área de abrangência dos transectos foi elaborado com o auxílio do aplicativo Spring 4.3.3 com base na imagem de satélite IKONOS II de Santa Maria ano 2004, georreferenciada, e sobre a qual foi feita a

edição vetorial das classes de uso da terra: vegetação arbórea, campo, solo exposto, açudes, agricultura, área de lazer, uso comercial, uso residencial, uso institucional, uso industrial e uso misto (residencial e comercial).

O mapa de orientação de vertentes foi elaborado a partir de uma carta topográfica de Santa Maria//Diretoria de Serviço Geográfico/Ministério do Exército/SE(SH.22.V.C.IV/1-SE)/ano 1976, na escala 1:25.000, sobre a qual foram digitalizadas as curvas de nível gerando a partir destas um modelo numérico do terreno, sob o qual foi realizado o fatiamento e definidas as classes de orientação levando em consideração uma circunferência de 360º, dividida em quatro quadrantes e associadas às classes temáticas da seguinte maneira: 0-45º e 315-360º Norte; 45-135º Leste; 135-225º Sul e 225- 315º Oeste, conforme metodologia de (BIASI, 1992).

Foram atribuídas cores a cada classe de exposição de vertentes, assim as vertentes com orientação norte aparecem no mapa em vermelho, as de leste em laranja, as de oeste em amarelo e as de sul protegidas da insolação direta em azul.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Aspectos gerais da cidade de Santa Maria/RS

A cidade de Santa Maria (RS) está localizada no centro do Estado do Rio Grande do Sul, numa área de transição morfológica denominada de Depressão Periférica Sul-rio-grandense, com altitudes médias de 100 metros (SAYDELLES, 2005, p. 97).

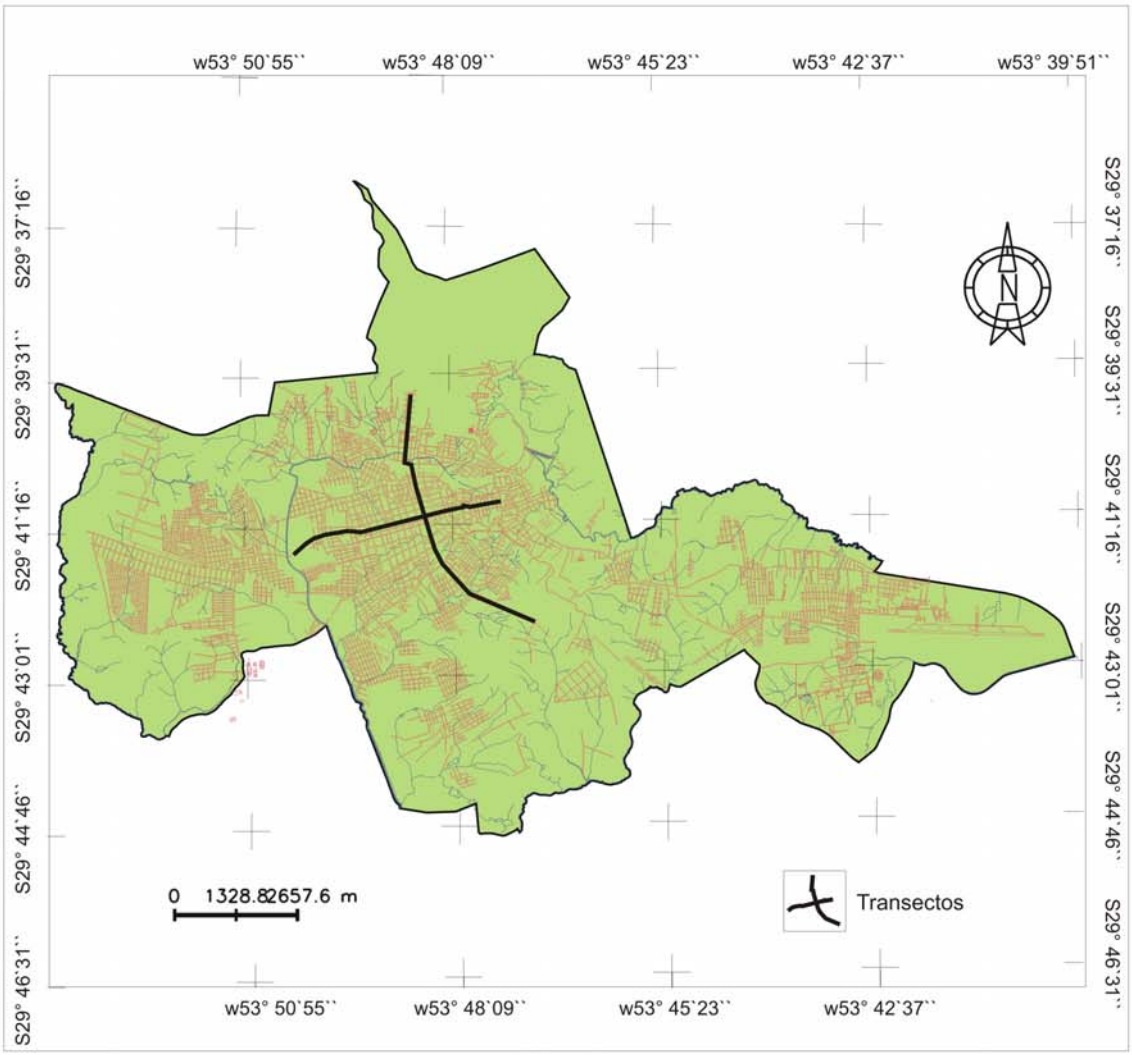
Com uma população de 263.403 habitantes em 2007 (IBGE), constitui-se numa cidade de médio porte, caracterizada pela prestação de serviços educacionais, de saúde, comercial e militar. Santa Maria se constitui também num importante centro político-econômico regional e grande pólo de atração populacional. Sua crescente projeção como centro educacional à torna, conforme observa Sartori (2000), no mais importante centro urbano do interior do Rio Grande do Sul neste setor, com ampla área de atuação, onde milhares de jovens de outras localidades (mesmo fora do Estado) se estabelecem à procura das escolas de Ensino Médio e dos cursos de graduação oferecidos pela Universidade Federal de Santa Maria, Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Faculdade Metodista (FAMES), Faculdade de Direito de Santa Maria (FADISMA), Faculdades Palotinas (FAPAS).

A cidade se destaca como pólo regional atraindo pessoas da região e de outras partes do Estado em busca de serviços relacionados à saúde, principalmente no Hospital Universitário de Santa Maria (público), do Hospital de Caridade Dr. Astrogildo de Azevedo, Casa de Saúde e o Hospital da Brigada Militar de Santa Maria. O setor terciário e o primário são os dois setores econômicos que mais empregam mão de obra no município, já o setor secundário, segundo Sartori (1979), ocupa um percentual de população ativa inferior ao setor primário. A industrialização não tem muita expressão e é pouco diversificada. No geral, são indústrias de pequeno e médio porte, voltadas para o beneficiamento de produtos agrícolas ou para os setores mobiliários, metálicos, calçadistas, de laticínios, de bebidas, entre outros. A indústria da construção civil tem aumentado cada vez mais sua importância nos últimos anos e vem promovendo significativas alterações na topografia do espaço urbano santamariense, sobretudo nos bairros centrais da cidade. De acordo com Sartori (1980, p. 42) a cidade de Santa Maria, localizada no

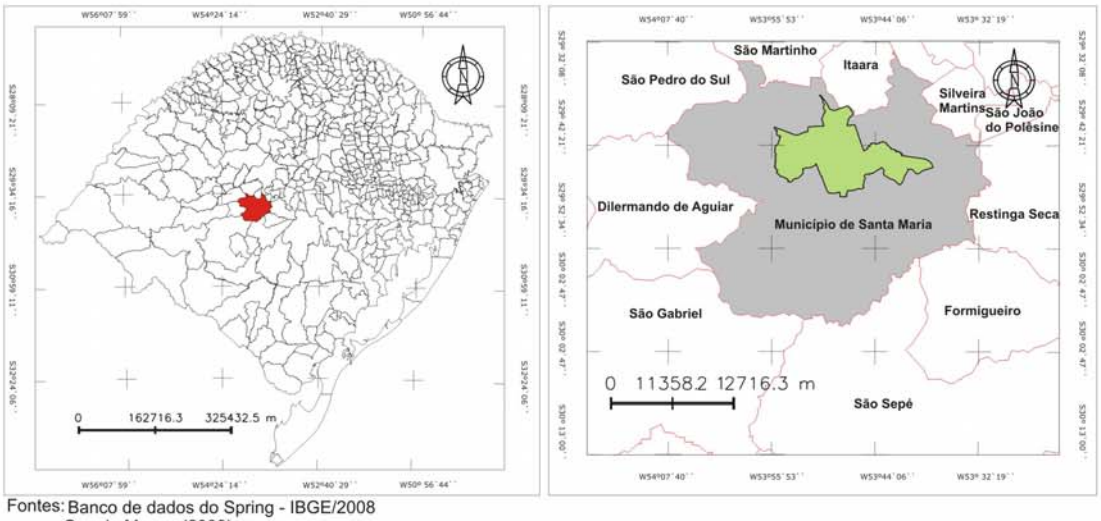
centro geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, a 29º 41’ 25” de latitude sul e 53º48’ 42” de longitude oeste, ocupa posição privilegiada para o estudo climático, pois tem condições de refletir o comportamento da circulação atmosférica regional, ficando continuamente submetida aos efeitos dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (Massas e Frentes Polares) de maior participação e dos Sistemas Intertropicais (Massas Tropicais Marítimas e Continentais) que se alternam na circulação atmosférica secundária do Estado, ao longo do ano

O clima de Santa Maria caracteriza-se por apresentar, segundo Sartori (2000), o mês mais quente (janeiro) com temperaturas médias acima de 24ºC e média das máximas de 32ºC, a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 13ºC e 15ºC e a média das temperaturas mínimas entre 7ºC e 10ºC. O outono e a primavera apresentam temperaturas intermediárias. Machado (1950) com base na observação estática dos elementos climáticos (temperatura, chuva, ventos, entre outros) caracterizou a região climática da Depressão Central onde se localiza a cidade de Santa Maria. Segundo este autor, a Depressão Central ou Periférica Sul-rio-grandense é quente; a temperatura média anual é de 19,4ºC; as temperaturas máximas absolutas já ultrapassaram 40,5ºC; os valores extremos: 42,6ºC, em Alegrete, e 5,1ºC abaixo de zero em Cachoeira do Sul.

As normais anuais de chuva são superiores a 1.300 mm e inferiores a 1.800 mm; número de dias de chuva por ano entre 100 e 126; a média mensal de chuva fica entre 90 e 100 mm, fazendo parte do regime de chuvas de inverno, exceto o oeste da região que acompanha a faixa de outono (MACHADO, 1950). O vento predominante na região é o de leste com velocidades de 1,5 a 2 m/s (SARTORI, 2000). É grande a formação de nevoeiros notadamente no centro e no leste da região. As primeiras geadas ocorrem em abril, salvo no extremo leste, onde se verificam em maio, as últimas, formam-se em outubro, exceto no extremo leste, onde são observadas em setembro. Já nevou de junho a agosto, em raras localidades (Santa Cruz do Sul e Santa Maria), na maior parte da região não ocorre o fenômeno (MACHADO, 1950). A cidade de Santa Maria, inserida no contexto climático regional, reflete a participação tanto dos sistemas atmosféricos extratropicais (massas e frentes polares), quanto dos intertropicais (massas e correntes perturbadas), embora sejam os primeiros que controlam mais de 90% dos dias do ano, e dão origem aos tipos de tempo mais freqüentes na região e no Estado. A figura 7 localiza a área de estudo no Estado do Rio Grande do Sul.



Localização da Zona Urbana de Santa Maria/RS



Fontes: Banco de dados do Spring - IBGE/2008
Google Mapas (2009)

Figura 7: Localização da zona urbana do município de Santa Maria/RS.
Elaboração: Costa, E.R.da (2009).

4.2 Caracterização geourbana e geoecológica da área de abrangência dos transectos

4.2.1 Características geoecológicas e geourbanas do entorno aos pontos de coleta distribuídos ao longo do transecto 1

O transecto 1 tem início em frente ao Clube Atiradores Esportivo no Bairro Perpétuo Socorro (131 metros de altitude). O ponto 1 (em frente ao clube atiradores esportivos), localiza-se numa área com uso do solo predominantemente residencial. As ruas são pavimentadas e a vegetação existente é encontrada nos pátios e jardins de residências, conforme a figura 9. A presença da vegetação natural (arbórea de grande porte) do Rebordo do Planalto pode conferir maior valor de umidade do ar ao ponto 1.

Na figura 8 tem-se um perfil topográfico (N-S) e o tipo de cobertura do solo encontrado ao longo do transecto 1. Nota-se que o maior adensamento de edificações se dá na área do Bairro Centro (Central Bussines District), sendo que as áreas mais abertas e com presença de vegetação arbórea e rasteira são encontradas nos extremos norte e sul do transecto.

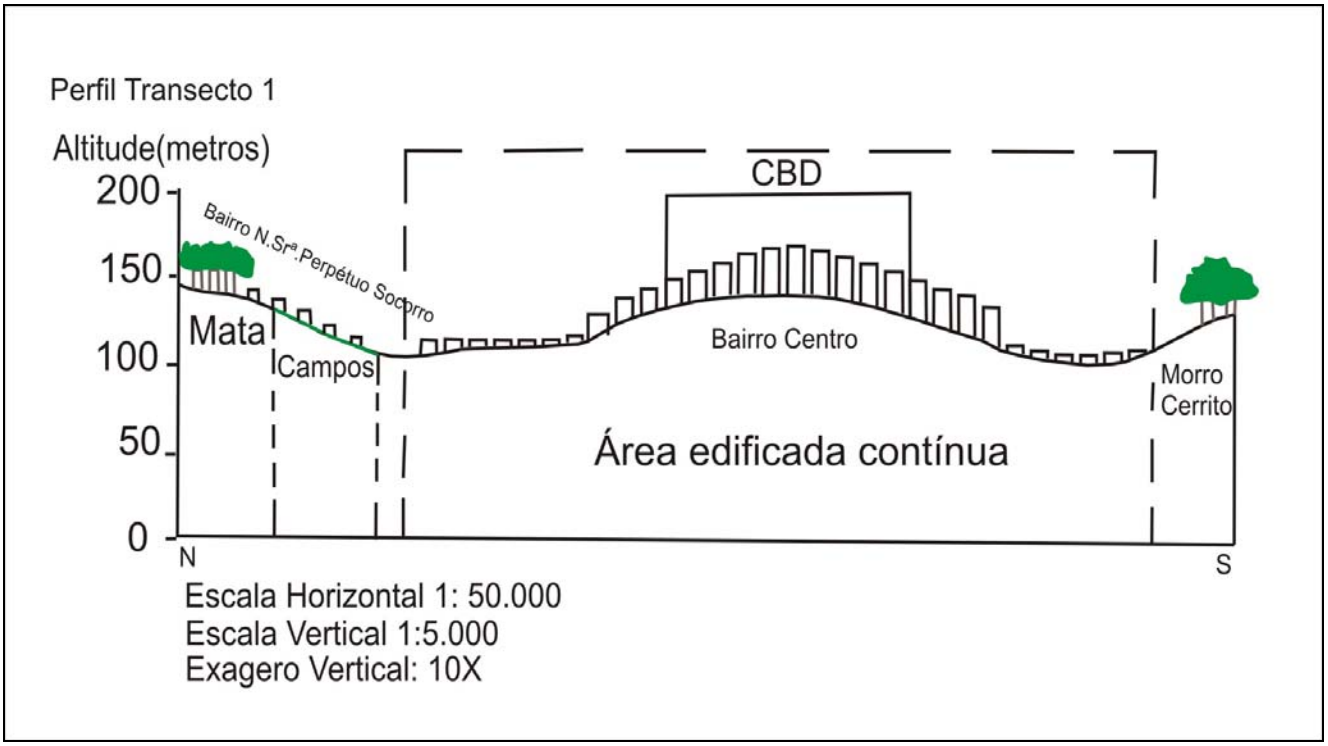


Figura 8 : Perfil topográfico (N-S) e tipo de cobertura encontrada ao longo do transecto 1.
Fonte: Modificado de Sartori (1979, p.129).

Figura 9: Ponto de coleta nº1, na rua Sete de Setembro em frente ao Clube Atiradores Esportivo .
Fonte: Trabalho de Campo.
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 2, na esquina da Rua Sete de Setembro com Ary Domingues, apresenta-se pouco arborizado. Caracteriza-se por apresentar trânsito intenso de veículos. As ruas são pavimentadas e o uso do solo é misto (residencial e comercial). Está situado numa altitude de 122 metros. A figura 10 ilustra este ponto.

O ponto 3 caracteriza-se por apresentar intenso fluxo de veículos, residências de um piso e rua pavimentada. A vegetação ciliar (ripária) é encontrada apenas nas margens do arroio Cadena. Situa-se a 108 metros de altitude. A figura 11 mostra o aspecto geral desse ponto de coleta.

O ponto 4, localizado em frente a Rede Vivo Supermercados, caracteriza-se por apresentar-se pavimentado com pouca vegetação e intenso fluxo de veículos. Esse ponto esta ilustrado pela figura 12. Situa-se numa área de uso do solo misto (residencial e comercial) e a uma altitude de 111 metros.

Figura 10: Ponto coleta nº2 na esquina da Rua Sete de Setembro com a Rua Ary Domingues.
Fonte: Trabalho de Campo.
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 11: Ponto de coleta nº3, na Rua Sete de Setembro travessa com Avenida Itaimbé.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 12: Ponto de coleta nº4, em frente a Rede Vivo supermercados na rua Sete de Setembro.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009)..

O ponto 5, localizado no canteiro central da Avenida Rio Branco após a rua Ernesto Becker, caracteriza-se por apresentar uma maior presença de vegetação arbórea e arbustiva nos canteiros, intenso fluxo de veículos nas duas pistas principalmente nos horários de pico e prédios bordeando as calçadas, conforme ilustra a figura 13. O uso do solo é misto (residencial e comercial). A altitude do ponto 5 é de 114 metros correspondendo ao início do festão colinoso em sua face norte, onde se encontra o bairro Centro da cidade de Santa Maria.

O ponto 6 ilustrado na figura 14, está localizado na Avenida Rio Branco esquina com a Rua Silva Jardim, caracteriza-se por apresentar intenso fluxo de veículos e pessoas, prédios de dois ou mais andares. A vegetação é escassa sendo a altitude do ponto é de 132 metros.

O ponto 7 localizado na rua do Acampamento em frente ao edifício das clínicas, caracteriza-se pelo intenso fluxo de veículos e pessoas. A rua do Acampamento apresenta pequenos arbustos esparsos sobre as calçadas. O uso do solo é predominantemente comercial, sendo que os edifícios, na sua maioria possuem de dois a três andares, conforme pode ser observado na figura 15. A altitude desse ponto é de aproximadamente 142 metros.

Figura 13: Ponto de coleta nº5, na Avenida Rio Branco em frente à um estacionamento.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 14: Ponto de coleta nº6 na Avenida Rio Branco esquina com a Rua Silva Jardim.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 15: Ponto de coleta nº7, na Rua do Acampamento em frente ao Edifício das Clínicas.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 8, localizado na rua do Acampamento em frente parada de ônibus após a rua José Bonifácio, caracteriza-se por apresentar intenso fluxo de veículos e pessoas. O uso do solo é predominantemente comercial e a vegetação é praticamente ausente. A altitude do ponto é 147 metros e a figura 16 ilustra esse ponto de coleta.

O ponto 9 localiza-se na Avenida Fernando Ferrari, em frente à Gênesis Academia. O uso do solo no entorno é misto e apresenta vegetação arbustiva no canteiro central e em alguns jardins de residências (figura 17). Nesse local a altitude do ponto é de 131 metros. Já o ponto 10, situado na esquina da Rua Mariano da Rocha com a Avenida Fernando Ferrari, pertence a uma área caracterizada pelo intenso fluxo de veículos, presença de arbustos nos canteiros e árvores em alguns pátios de residências, (figura 18). As ruas são pavimentadas com “unistein”, um tipo de pavimento de concreto mais claro que o asfalto, e, portanto com menor capacidade de reter o calor. O uso do solo nesta área é misto e a altitude do ponto é de 116 metros. O ponto 11, situado na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua General Neto, está numa área caracterizada pela presença de árvores e arbustos nos canteiros e jardins de algumas residências, pela presença de uma pequena

pracinha (Figura 19) e pelo intenso fluxo de veículos (Figura 20). A altitude do ponto é de 105 metros.

Figura 16: Ponto de coleta nº8, na rua do Acampamento próximo a parada de ônibus.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 17: Ponto de coleta nº9, na Avenida Fernando Ferrari em frente a Gênesis Academia.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 18: Ponto de coleta 10, na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua Mariano da Rocha.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 19: Ponto de coleta nº11, na Avenida Fernando Ferrari esquina coma Rua General Neto.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 20: Intenso fluxo de veículos na Avenida Fernando Ferrari em dias úteis.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 12, posicionado na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua Geraldo Aronis (figura 21), pertence a uma área caracterizada pela maior presença de vegetação arbórea e arbustiva, menor fluxo de veículos e pessoas, e residências de um a três andares. O uso do solo é predominantemente residencial e a altitude do ponto é 114 metros.

O ponto 13 está, situado no canteiro do trevo no final da Avenida Fernando Ferrari com BR-158 e pertence a uma área caracterizada pela menor densidade de residências e maior presença de gramíneas, conforme ilustra a figura 22. A vegetação do Morro Cerrito, pode contribuir para o aumento dos índices de umidade relativa do ar próximo ao ponto de coleta. A altitude deste ponto é de aproximadamente 128 metros.

Figura 21: Ponto de coleta nº12 na Avenida Fernando Ferrari esquina com a Rua Geraldo Aronis.
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da. (2009).

Figura 22: Ponto de coleta nº13 (Canteiro do trevo no final da Avenida Fernando Ferrari).
Fonte: Trabalho de Campo (08 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da. (2009).

4.2.2 Características geoecológicas e geourbanas do entorno aos pontos de coleta distribuídos ao longo do transecto 2

O transecto 2 estende-se do começo da Rua Venâncio Aires, em frente a uma casa branca, na periferia oeste da cidade (Figura 6) até a esquina com a Rua Euclides da Cunha (porção leste). A figura 23 representa o perfil topográfico (W-E) e o tipo de cobertura encontrada ao longo do transecto 2, com uma variação de 72 metros.

Nota-se que no extremo oeste onde tem começo o transecto 2 às edificações são mais esparsas, sendo mais abundantes os espaços abertos e a cobertura de gramíneas. A concentração de edificações e a maior pavimentação do solo aumentam em direção ao Bairro Centro da cidade, onde se localiza o CBD (Central Bussines District) de Santa Maria.

O parque Itaimbé é a única área verde contínua do Bairro Centro, se constituindo numa importante área de lazer e ao mesmo tempo contribuindo significativamente para a melhoria da qualidade de vida e ambiental de seus freqüentadores.

A área onde está localizado o ponto 1 caracteriza-se pela baixa concentração de casas, presença maior de vegetação arbórea e arbustiva e campos limpos (figura 24). O fluxo de veículos em dias úteis é constante e o uso do solo é predominantemente residencial. A altitude nesse ponto é de 75 metros.

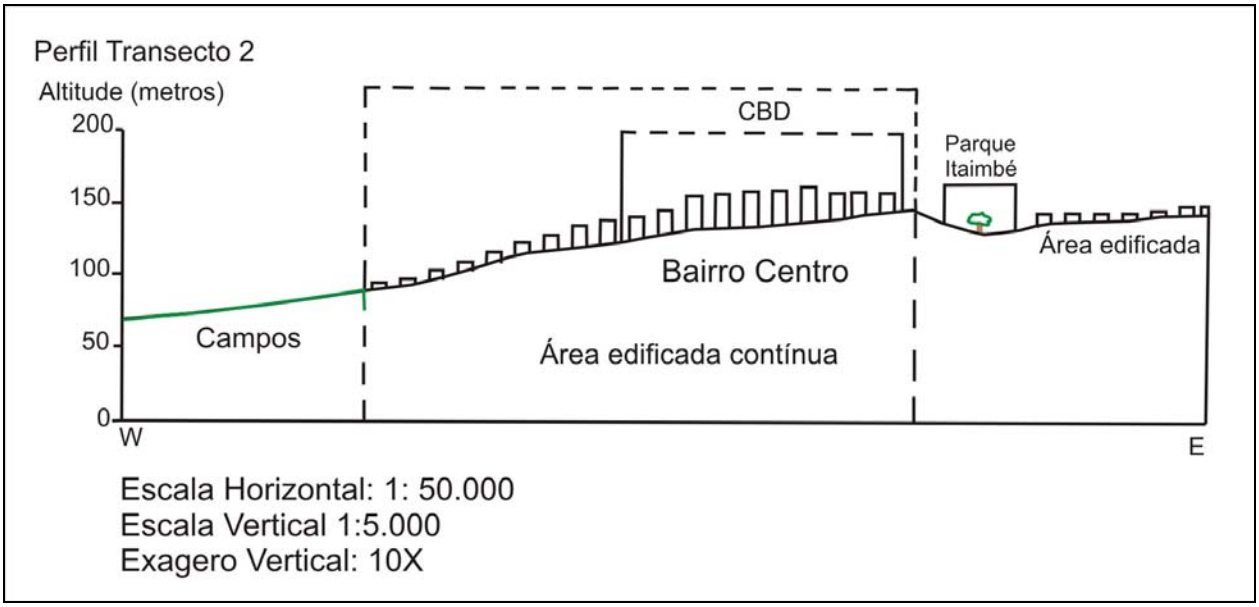


Figura 23: Perfil topográfico (W-E) e tipo de cobertura encontrada ao longo do transecto 2.
Fonte: Modificado de Sartori (1979, p.129).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 24: Ponto de coleta nº1 no início do transecto 2.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 2 localiza-se na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Salamarte. A área em entorno se caracteriza pela presença de vegetação (árvores, arbustos e gramíneas) nos quintais de residências. A concentração de casas de um piso é maior do que no ponto 1. A região do entorno do ponto 2 é muito pouco sombreada e sofre influência de superfícies pavimentadas, como o asfalto conforme pode ser visto na figura 25. A altitude do ponto é de 79 metros.

Figura 25: Ponto de coleta nº 2, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Salamarte.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009 às 16 horas).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 3 localiza-se na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Antônio Azambuja. A área caracteriza-se pela escassa presença de vegetação, o solo é bastante impermeabilizado e há fluxo constante de veículos. A figura 26 ilustra esse ponto. O uso do solo é misto (comercial e residencial) e a altitude do ponto é 90 metros.

O ponto 4 situa-se na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Mário Druk, em área caracterizada pela presença esparsa de árvores de pequeno porte ao longo das calçadas. O fluxo de veículos é pouco intenso e o uso do solo é predominantemente residencial, conforme pode ser visualizado na figura 27. A altitude do ponto é 96 metros.

O ponto 5 localiza-se na Rua Venâncio Aires em frente a um estabelecimento comercial (Sarturi Rações), com entorno de escassa presença de vegetação. O fluxo de veículos é intenso. O solo é pavimentado e o uso é predominantemente residencial. A altitude do ponto é de 113 metros. A figura 28 ilustra esse ponto.

Figura 26: Ponto de coleta nº3, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Antônio Azambuja.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 27: Ponto de coleta nº4, na Rua Venâncio Aires, esquina com a Rua Mário Druk.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 28: Ponto de coleta nº5, na Rua Venâncio Aires em frente à Sarturi Rações.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 6 esta situado na Rua Venâncio Aires ao lado da 6ª Brigada (Regimento Mallet). Esse ponto caracteriza-se pelo intenso fluxo de veículos em dias úteis, presença de um prédio residencial de três andares, além de vegetação arbórea de porte médio a alto nos canteiros ao lado da 6ª Brigada (Figura 29). O uso do solo nesta área é misto (residencial e comercial). A altitude nesse ponto é de 122 metros.

O ponto 7, localizado na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Appel, tem o entorno caracterizado pela presença de prédios residenciais com mais de dois andares e de árvores de porte médio no pátio do prédio histórico. O local é muito impermeabilizado e apresenta fluxo intenso de veículos em dias de semana. O uso do solo é misto (comercial e residencial). A altitude do ponto é de 124 metros. A figura 30 ilustra esse ponto.

O ponto 8, posicionado na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Conde de Porto Alegre, apresenta em seu entorno alta concentração de prédios, ausência de vegetação, solo altamente impermeabilizado, intenso fluxo de veículos e moderado fluxo de pessoas (Figura 31). Verifica-se também a existência de um “canyon”

urbano formado pelos prédios mais elevados situados nas laterais da rua. O uso do solo na área é misto (comercial e residencial) e a altitude do ponto é de 132 metros.

Figura 29: Ponto de coleta nº6 na Rua Venâncio Aires ao lado da 6ª Brigada.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Org.: COSTA, E.R.da (2009).

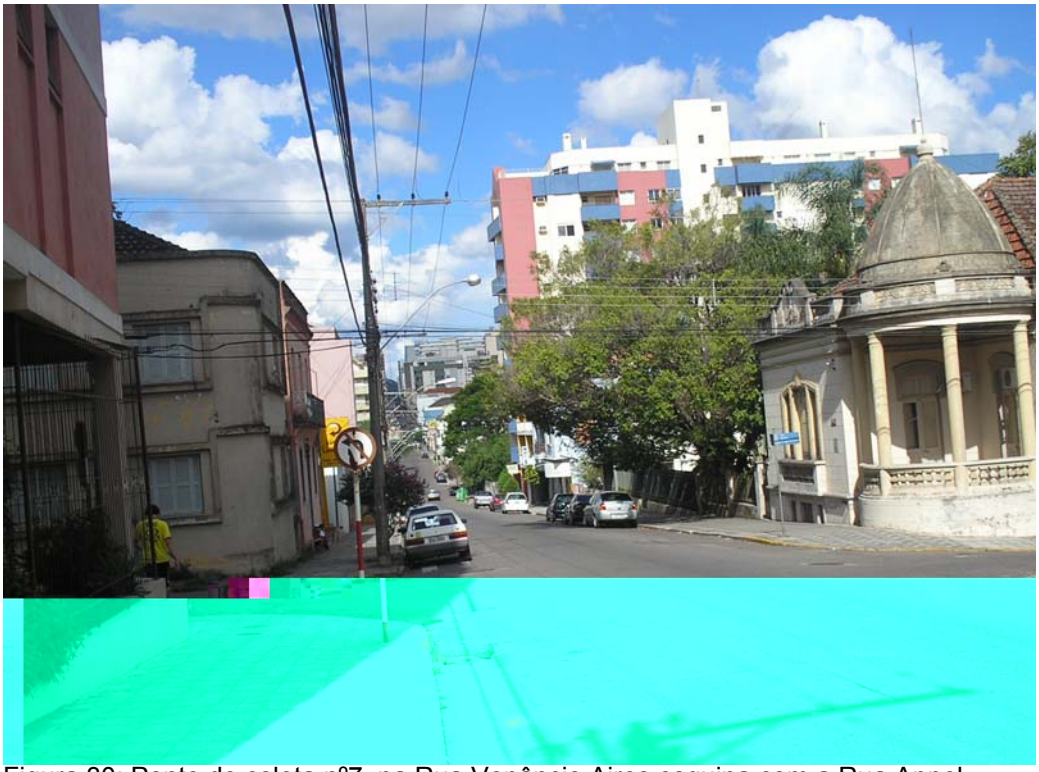


Figura 30: Ponto de coleta nº7, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Appel.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 31: Ponto 8, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Conde de Porto Alegre.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da. (2009).

O ponto 9 situado na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Duque de Caxias, já próximo ao centro da cidade, caracteriza-se pela alta concentração de prédios, ausência de vegetação, solo altamente impermeabilizado, intenso fluxo de veículos e moderado fluxo de pessoas (figura 32). Verifica-se também, a formação de um “canyon” urbano definido pelos prédios mais altos presentes nas laterais da rua. O uso do solo na área é misto (comercial e residencial). A altitude no ponto é de 135 metros.

O ponto 10 localiza-se na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Floriano Peixoto e está no centro de Santa Maria, onde há maior concentração de edifícios com mais de dois andares, intenso fluxo de veículos e pessoas em dias úteis, alta impermeabilização do solo e ausência de vegetação (figura 33). O uso do solo é misto (comercial e residencial). Verifica-se também sombreamento pelas edificações e canalização do ar por efeito do “canyon” urbano. A altitude no ponto é de 139 metros.

Figura 32: Ponto de coleta nº9, na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Duque de Caxias.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009 às 16 horas).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 33: Ponto de coleta n°10 na Rua Venâncio Aires esquina com a Rua Floriano Peixoto.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 11 está situado na Praça Saldanha Marinho em frente ao Theatro Treze de Maio. Seu entorno caracteriza-se pela presença de prédios, árvores de porte médio a alto, concentração de pessoas e intenso fluxo de veículos nas ruas que a circundam. As figuras 34 e 35 ilustram esse ponto. A praça se constitui numa área de lazer e ao mesmo tempo comercial, dado a presença do comércio informal (camelôs). A altitude do ponto é de 147 metros.

O ponto 12, no Parque Itaimbé sobre o Viaduto Heitor Campos, caracteriza-se pela maior presença de vegetação, intenso fluxo de veículos e presença de prédios residenciais nos arredores do parque (Figura 36). A altitude no ponto é de 130 metros.

Figura 34: Ponto de coleta nº11, na Praça Saldanha Marinho em frente ao Theatro Treze de Maio.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 35: Praça Saldanha Marinho.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 36: Ponto de coleta nº12 (Parque Itaimbé sobre o Viaduto Heitor Campos).
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

O ponto 13 localiza-se na Rua Major Duarte e seu entorno caracteriza-se pela baixa densidade de vegetação, presença de prédios residenciais e baixo fluxo de veículos e pessoas. O uso do solo é predominantemente residencial (figura 37). A altitude no ponto é de 136 metros.

O ponto 14 situa-se na Rua Major Duarte esquina com a Rua Abreu Coelho, área caracterizada pela presença de árvores isoladas, baixo fluxo de veículos e de pessoas (Figura 38). O uso do solo é predominantemente residencial e a altitude no ponto é de 137 metros.

O ponto 15, está posicionado na Rua Major Duarte esquina com a Euclides da Cunha, em área caracterizada pelo baixo fluxo de pessoas e veículos, presença de casas de um piso e árvores isoladas em alguns pátios de residências (figura 39). Na Rua Euclides da Cunha o fluxo de veículos é constante. O ponto 15 recebe influência do Rebordo do Planalto, o que pode influenciar no aumento dos índices de umidade do ar, devido a sua proximidade (aproximadamente 1.700 metros). A altitude do ponto é de 140 metros.

Figura 37: Ponto de coleta nº13, na Rua Major Duarte em frente a Regina Cabeleireira.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 38: Ponto de coleta nº 14, na Rua Major Duarte esquina com a Rua Abreu Coelho.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

Figura 39: Ponto de coleta nº15 na Rua Major Duarte esquina com a Rua Euclides da Cunha.
Fonte: Trabalho de Campo (18 de janeiro de 2009).
Autor.: COSTA, E.R.da (2009).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi subdividida em 3 subitens afim de facilitar o entendimento das condições atmosféricas dominantes, bem como do campo termo-higrométrico e a consequente formação de ilhas de calor e de frescor intra-urbanas em Santa Maria/RS nos dias pré-selecionados.

5.1 Uso do solo e exposição das vertentes da área de abrangência dos transectos

O uso do solo urbano juntamente com a exposição das vertentes são dois elementos geourbanos e geoecológicos de importância para a formação de bolsões climáticos intra-urbanos como as ilhas de calor e de frescor.

A figura 40 mostra o mapa de uso do solo e a figura 41 o mapa de orientação de vertentes da área urbana de Santa Maria. Analisando-se o mapa do uso do solo urbano na área de abrangência dos transectos nota-se a predominância dos usos residenciais e misto, na zona urbanizada da cidade e, os campos e a vegetação arbórea, na periferia.

O Bairro Centro, Bairro Nossa Senhora de Lourdes e Bairro Nossa Senhora das Dores são os únicos que apresentam na mesma área os usos residencial e misto (residencial e comercial). No Bairro Centro há também, além da alta impermeabilização do solo, o intenso fluxo de pessoas e automóveis, o que contribui para torná-lo mais aquecido.

É importante destacar que a vegetação arbórea no interior do perímetro urbano está restrita apenas as praças, canteiros e pátios de residências. No tocante a vegetação urbana o Parque Itaimbé, localizado no Bairro Centro torna-se importante, pois tem condições de favorecer a formação de ilhas de frescor a nível de microclima como será visto posteriormente. As superfícies pavimentadas abrangem a maior porção da área de abrangência dos transectos, sendo responsáveis pela formação das ilhas de calor.

Os usos do solo urbano e as orientações de vertentes predominantes na área de abrangência dos transectos estão representados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Analisando-se a tabela 1 verifica-se o predomínio do uso residencial, seguido pelos usos relacionados à vegetação arbórea e campos. Em relação a orientação das vertentes verifica-se o predomínio das de oeste seguidas, pelas de sul.

As vertentes com orientação sul predominam na porção norte da área de estudo (Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná) e na porção sul (sul do festão colinoso). Já na porção central da área de estudo predominam tanto vertentes com orientações norte, oeste e leste, conforme ilustra a figura 41.

Tabela 1: Usos do solo predominante na área de abrangência dos transectos

Usos do solo	Área (hectares)
Residencial	823,21
Vegetação arbórea	605,52
Campos	492,39
Misto (residencial e comercial)	89,94
Solo exposto	39,47
Institucional	36,43
Área de lazer	18,78
Agricultura	8,99
Açudes	3,28
Uso industrial	0,2

Fonte: Banco de Dados do Spring-IBGE/2008; Imagem IKONOS II de Santa Maria/RS ano de 2004.

Tabela 2: Vertentes predominantes na área de abrangência dos transectos

Vertentes	Área (hectares)
Oeste	546,04
Sul	473,34
Leste	253,35
Norte	229,05

Fonte: Banco de Dados do Spring-IBGE/2008; Imagem IKONOS II de Santa Maria/RS ano de 2004.

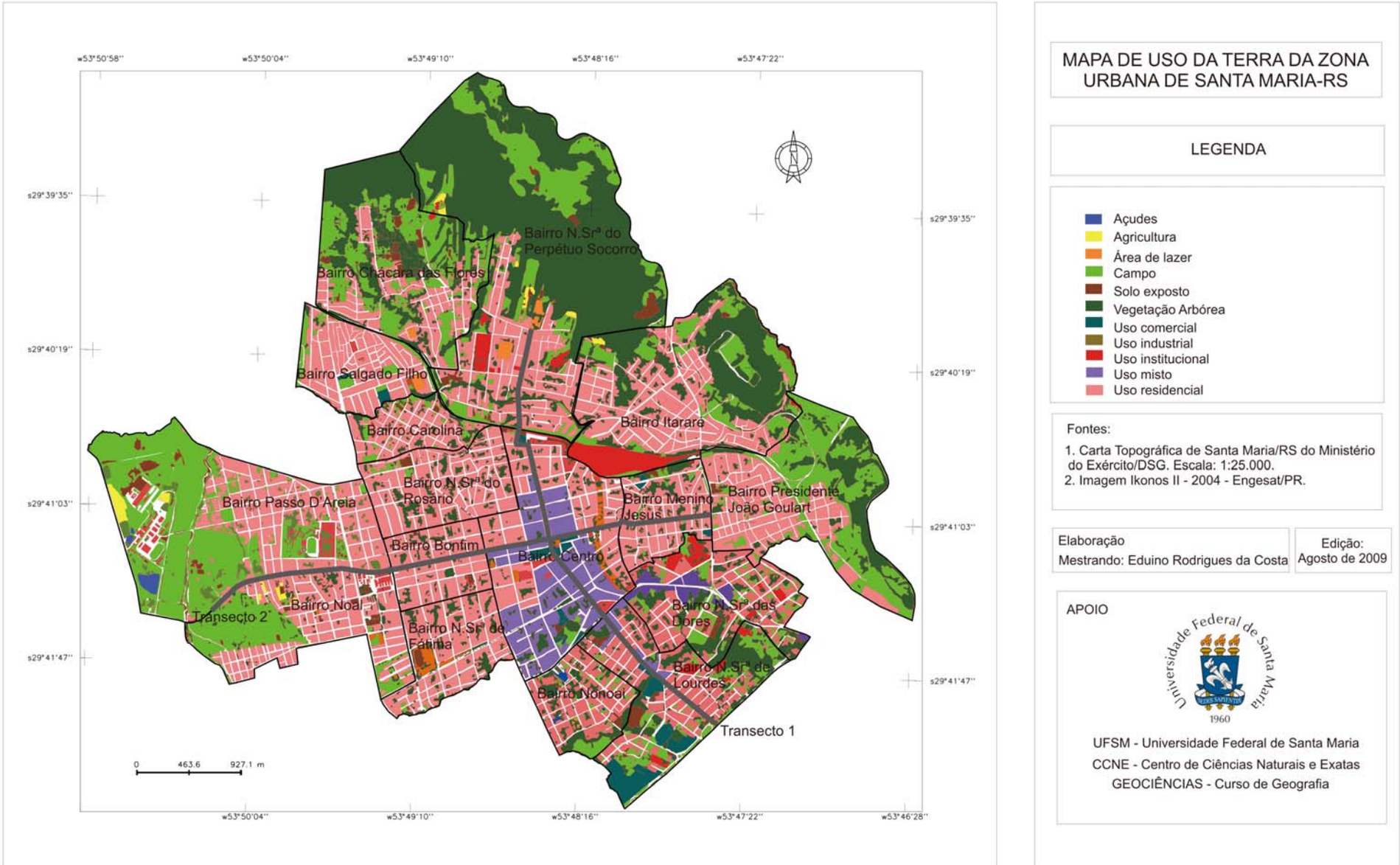


Figura 40: Mapa do Uso do Solo da Zona Urbana de Santa Maria-RS, área de abrangência dos transectos.
Organizador: COSTA, E. R. da (2009).

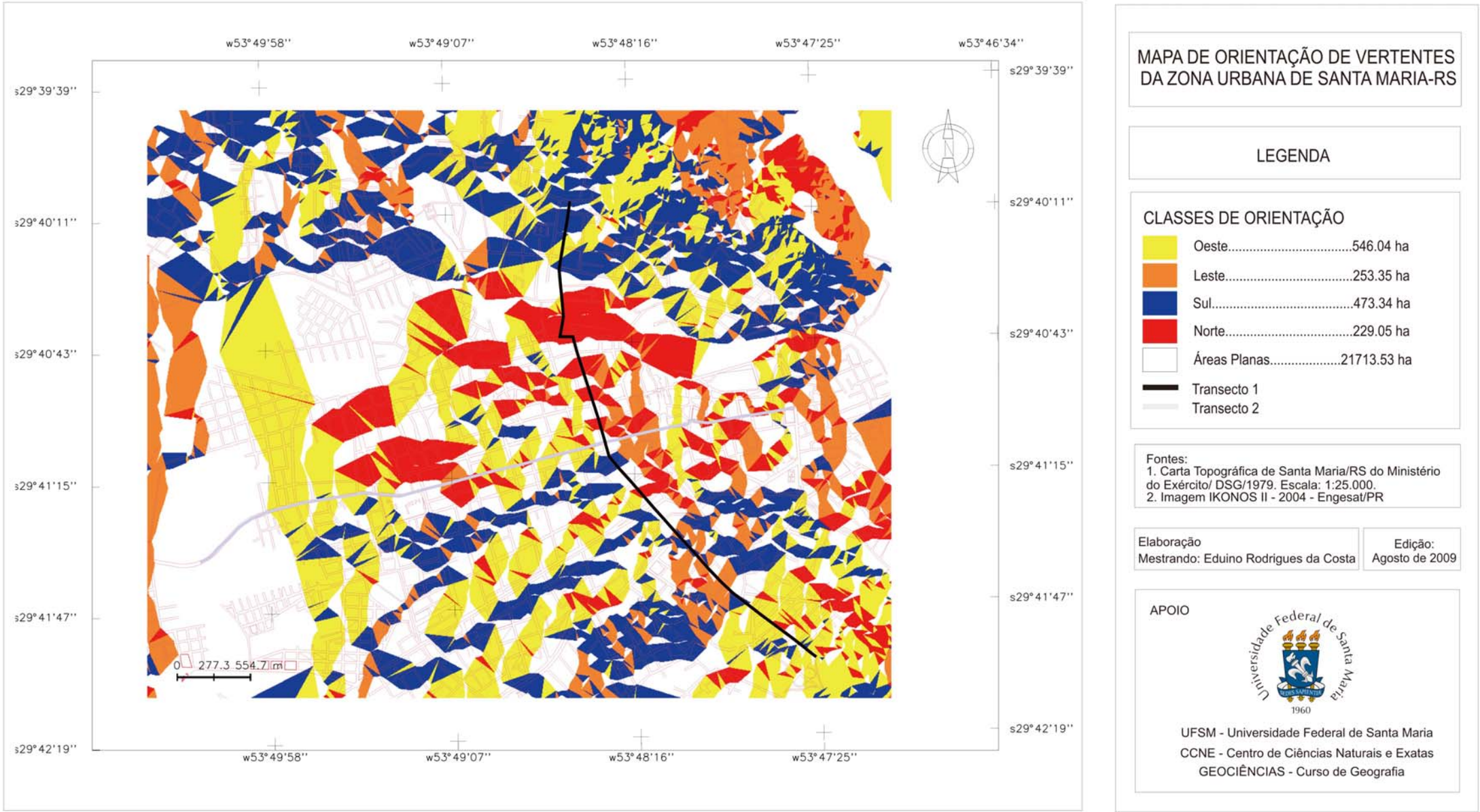


Figura 41: Mapa de orientação de vertentes da Zona Urbana de Santa Maria-RS, área de abrangência dos transectos.
Organizador: COSTA, E. R. da (2009).

5.2 Circulação atmosférica regional, condições atmosféricas no dia 14/08/2008 e o campo termo-higrométrico na cidade de Santa Maria/RS

Analisando-se a imagem de satélite (Figura 42A) e a carta sinótica (Figura 42B) do dia 13 de agosto de 2008, nota-se a presença de uma Frente Polar Atlântica atuando sobre o Oceano Atlântico e nos Estados de Santa Catarina e Paraná. O Anticiclone Tropical Atlântico com seu centro de ação posicionado sobre o oceano está exercendo influencia sobre as condições de tempo do litoral das regiões Sudeste e Nordeste. As condições de tempo atmosférico no Rio Grande do Sul encontram-se sob o domínio da Massa Polar Atlântica.

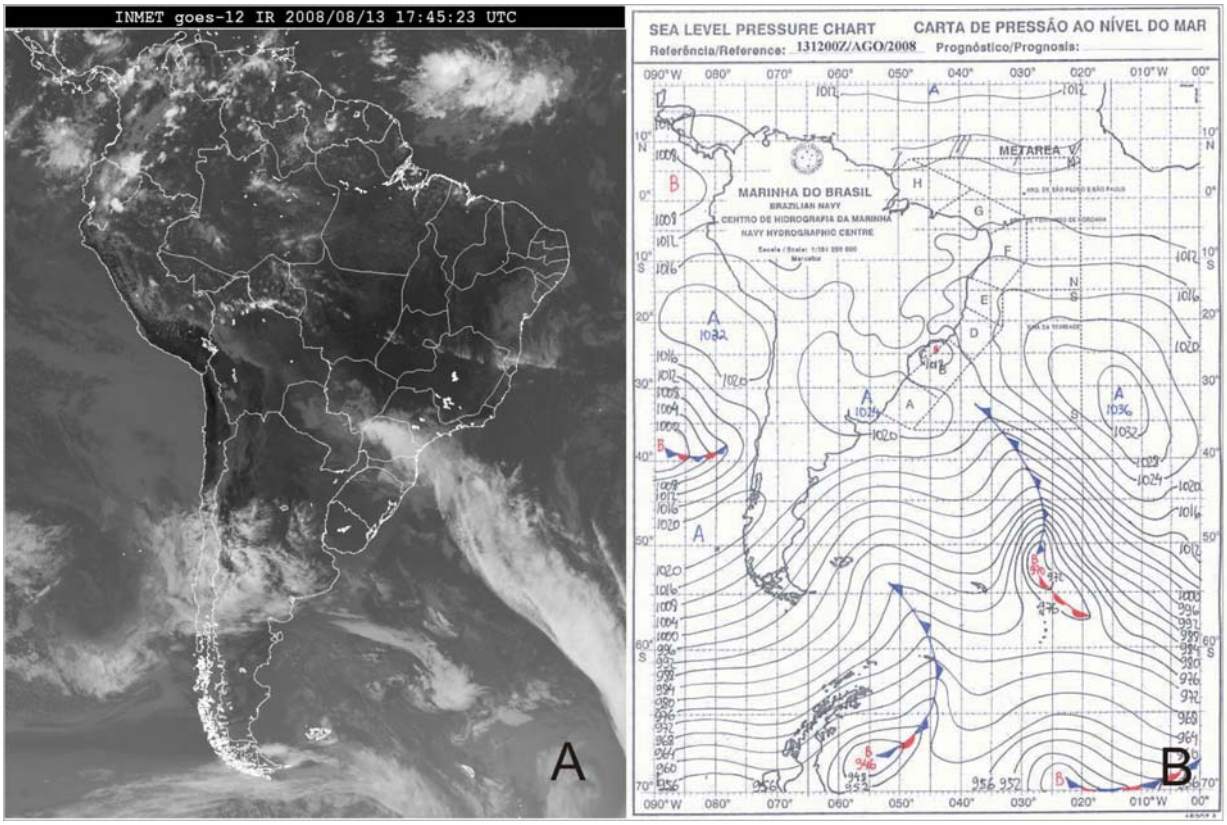


Figura 42: Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 13 de agosto de 2008.
Fonte: CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br); Marinha do Brasil (www.mar.mil.br/dhn).
Org.: COSTA, E.R.da (2009).

No dia 14 de agosto de 2008 a Massa Polar Atlântica estava dominando as condições de tempo em Santa Maria e no Estado do Rio Grande do Sul. Porém, na divisa do Rio Grande do Sul com o Uruguai encontra-se posicionada uma nova Frente Polar Atlântica conforme figuras 43A e 43B. Pela manhã o céu estava encoberto (nevoeiro de inversão elevada). Às 10 horas da manhã o céu começa a limpar, fazendo aumentar a entrada de radiação na superfície. O dia apresentou-se parcialmente nublado (sol entre poucas nuvens) com vento predominante do

quadrante sul (leve à calmo). No dia 15 de agosto (Figuras 43C e 43D) as condições de tempo se mantém idênticas às do dia anterior, com a Massa Polar Atlântica dominando as condições de tempo no Rio Grande do Sul. A Frente Polar Atlântica encontra-se estacionária entre os estados do Paraná e São Paulo e sobre o Oceano Atlântico.

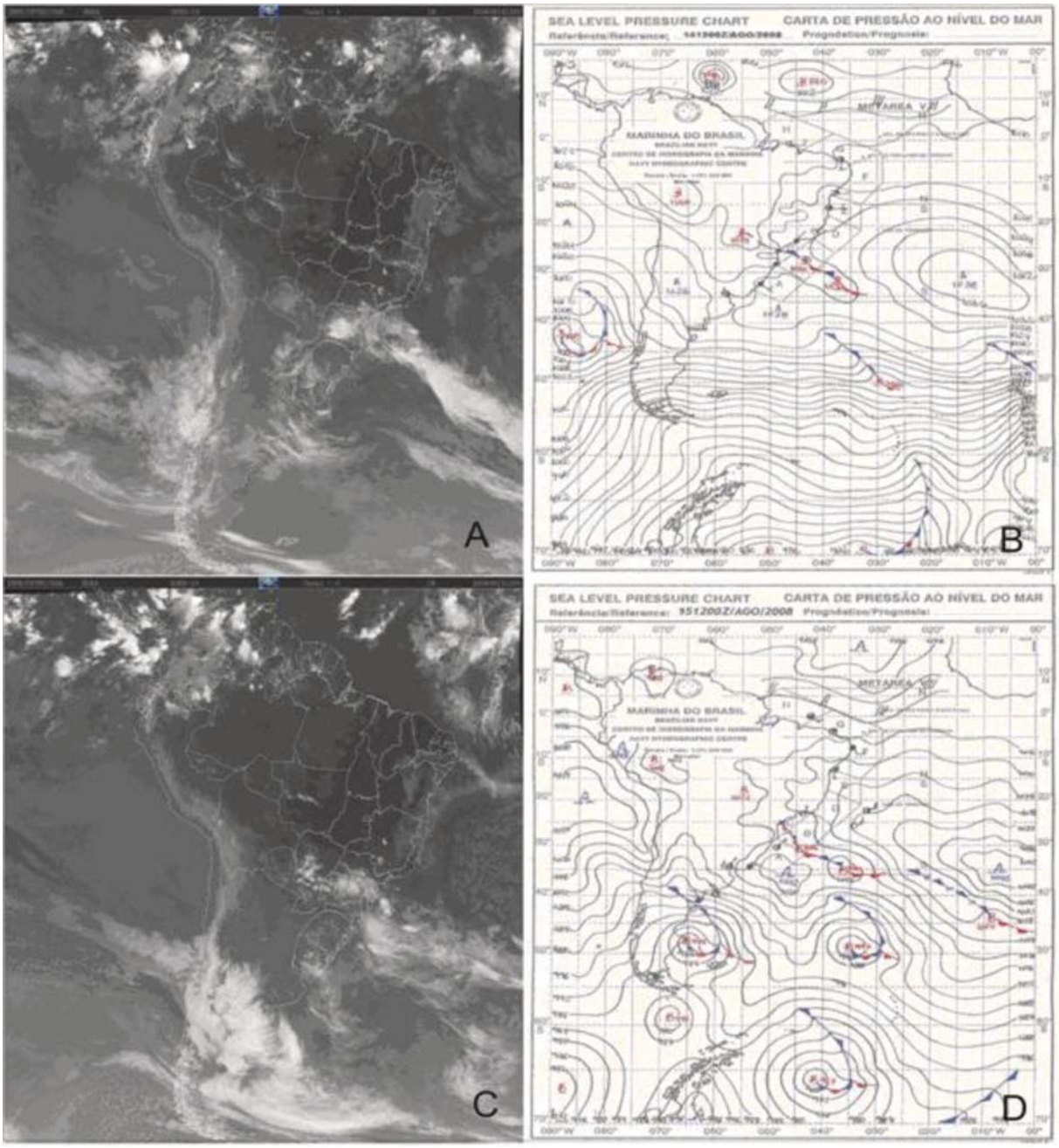


Figura 43: Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 14 de agosto e imagem de satélite (C) e carta sinótica (D) do dia 15 de agosto de 2008.
Fonte: CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br); Marinha do Brasil (www.mar.mil.br/dhn).
Org.: COSTA, E.R.da (2009).

A tabela 3 ilustra os dados de temperatura e umidade do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 14 de agosto.

Tabela 3: Dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica

Transecto 1											Transecto 2										
Pontos	Horários de coleta										Pontos	Horários de coleta									
	9 horas		12 horas		15 horas		18 horas		21 horas			9 horas		12 horas		15 horas		18 horas		21 horas	
	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)		T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)
1	14	78	19	73	23	62	21	62	19	76	1	19	64	23	51	23	61	19	67	17	84
2	14	79	20	65	23	63	20	64	19	78	2	18	63	21	58	23	63	18	75	17	85
3	14	79	20	65	23	61	20	61	19	79	3	18	64	20	63	23	62	18	78	17	87
4	14	78	21	61	24	58	20	68	18	80	4	16	68	20	62	23	65	18	78	16	87
5	15	77	22	60	23	60	20	70	18	81	5	15	72	19	67	23	60	17	79	16	88
6	14	78	22	58	23	60	21	67	19	80	6	14	75	20	61	23	60	17	81	16	88
7	15	77	23	58	24	54	20	68	19	79	7	15	74	20	61	23	61	17	80	17	86
8	15	76	22	58	24	55	20	67	19	79	8	16	73	20	60	22	62	17	80	17	86
9	15	76	22	60	23	59	20	68	19	76	9	16	72	20	61	23	61	17	80	17	86
10	16	74	23	57	23	60	19	75	18	79	10	16	71	20	60	24	63	17	80	17	86
11	15	74	23	60	24	58	19	75	18	79	11	16	72	20	61	24	58	17	80	17	86
12	16	73	24	53	25	58	19	75	18	80	12	17	71	20	62	23	61	17	81	17	87
13	17	72	23	56	25	59	19	76	18	80	13	16	70	20	60	23	61	17	82	17	87
											14	14	75	20	62	23	60	17	83	17	83
											15	15	72	21	60	23	59	16	83	17	84

Analisando-se o campo térmico da área de abrangência dos transectos 1 e 2 às 9 horas da manhã do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica (Figura 44A), observou-se que os pontos 1, 2, 3, 4 e 6 do transecto 1 apresentaram os menores valores de temperatura do horário de observação (14ºC), constituindo-se numa ilha de frescor de forte magnitude (-5ºC em relação ao ponto mais aquecido). Os bairros da cidade de Santa Maria situados na porção norte da área de estudo, tais como o bairro Chácara das Flores, bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Salgado Filho e o Bairro Itararé, apresentaram-se menos quentes ou mais frios em relação aos bairros situados na porção central, leste, oeste e sul.

Isto pode estar relacionado a influência do Topo e Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná ao norte mais ameno e úmido neste horário (9 horas), da altimetria em torno de 130 metros, do sombreamento provocado pela presença de vegetação arbórea e da orientação sul e oeste de suas vertentes, que os tornam protegidos da insolação direta.

De acordo com Saydelles (2005, p. 134):

> Pode-se justificar o aparecimento de superfícies com temperaturas mais baixas neste setor do entorno da cidade pela união de três elementos: a altimetria, a cobertura vegetal e a morfologia desta unidade geomorfológica (Rebordo do Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná). A altimetria, de aproximadamente 350 metros, impõe um efeito atenuador sobre a temperatura, pois, segundo Ayoade (1991): a temperatura do ar diminui a uma taxa média de 0,6ºC a cada 100 metros de altitude crescente. Este elemento (altitude), por si só, já seria responsável pelo decréscimo dos valores médios das temperaturas do ar nestas áreas em relação à urbana, uma vez que o desnível altimétrico é de aproximadamente 300 metros. Por outro lado, a presença de uma densa cobertura vegetal (remanescentes da Mata Atlântica Subtropical), que encobre toda esta unidade, favorece a diminuição dos valores térmicos, pois proporciona o sombreamento da superfície, bem como utiliza a maior parte da radiação incidente não para o aquecimento da superfície ou do ar, mas no processo de fotossíntese, liberando-o posteriormente sob forma de evapotranspiração, o que favorece o declínio térmico.

O ponto 6 do transecto 2, localizado na rua Venâncio Aires ao lado da 6ª Brigada de Infantaria Blindada, e o ponto 14, situado na rua Major Duarte esquina com a rua Abreu Coelho no Bairro Menino Jesus, constituíram-se em ilhas de frescor na escala microclimática, em virtude dos mesmos estarem localizados em área sombreada, sendo que o ponto 14 pode ainda sofrer o efeito direto do Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná neste horário. Os pontos 1, 2 e 3 do transecto 2 posicionados na Rua Venâncio Aires, assim como toda a porção oeste da área de estudo (bairros Passo da Areia, Noal e Patronato), apresentaram os maiores valores

de temperatura do ar às 9 horas (entre 18 e 19ºC). Isto pode estar relacionado a presença de solos expostos e à baixa inércia termal dos solos rurais neste horário, o que provoca maior aquecimento da superfície e consequentemente do ar. O ponto 1, situado na rua Venâncio Aires em frente a uma casa branca, na periferia oeste da cidade e caracterizado pela baixa concentração de casas, uma presença maior de vegetação arbórea e arbustiva, campos limpos, e aberto à insolação direta apresentou o maior valor de temperatura (19ºC), constituindo-se numa ilha de calor de média magnitude (4ºC). Os pontos 9 e 10 do transecto 1, localizados na Avenida Fernando Ferrari, assim como os demais pontos localizados no bairro Nossa Senhora de Lourdes situado na vertente sul do "festão colinoso", onde há menor incidência solar direta, e as vertentes são de orientação predominante sul e oeste, apresentaram também menores valores de temperatura (15ºC). Os pontos localizados no bairro Centro, onde predominam as edificações mais altas da cidade, que atuam como obstáculos a insolação direta e favorecem o sombreamento neste horário (9h), apresentaram valores de temperatura mais baixos em relação à porção oeste da área de estudo mais aquecida. Isto se explica porque a superfície urbana mais pavimentada e muitas vezes sombreada pela presença de "canyons" urbanos demora mais para se aquecer nas primeiras horas da manhã do que as áreas periféricas mais abertas à entrada de radiação solar.

Em relação ao campo higrométrico (Figura 44B), observa-se que a porção norte da área de estudo correspondente aos bairros Chácara das Flores, Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Salgado Filho e Itararé, apresentou os maiores índices de umidade do ar (superior à 75%) no horário de observação. O processo de evapotranspiração da vegetação do Rebordo do Planalto, muito próximo, contribui para aumentar os índices de umidade do ar nestes locais. Os pontos 5 e 6 do transecto 1 localizados na Avenida Rio Branco, caracterizada pela presença de árvores e arbustos ao longo de seu canteiro central apresentaram valores de umidade em torno de 77%, bem superior aos demais pontos localizados no bairro Centro. Os pontos de 1 a 5 do transecto 2, localizados na rua Venâncio Aires, apresentaram os menores valores de umidade do ar às 9 horas, em função do aquecimento verificado no local. Os pontos 7 e 8 do transecto 1, na rua do Acampamento, menos arborizada e mais pavimentada, apresentaram valor de umidade do ar superior (76%) aos pontos 12 e 13 mais próximos do morro testemunho Cerrito (extremo sudeste). Como o vento predominante era do

quadrante sul, este pode ter deslocado a umidade produzida no morro testemunho em direção norte, fazendo com que a rua do Acampamento apresenta-se mais úmida do que o habitual.

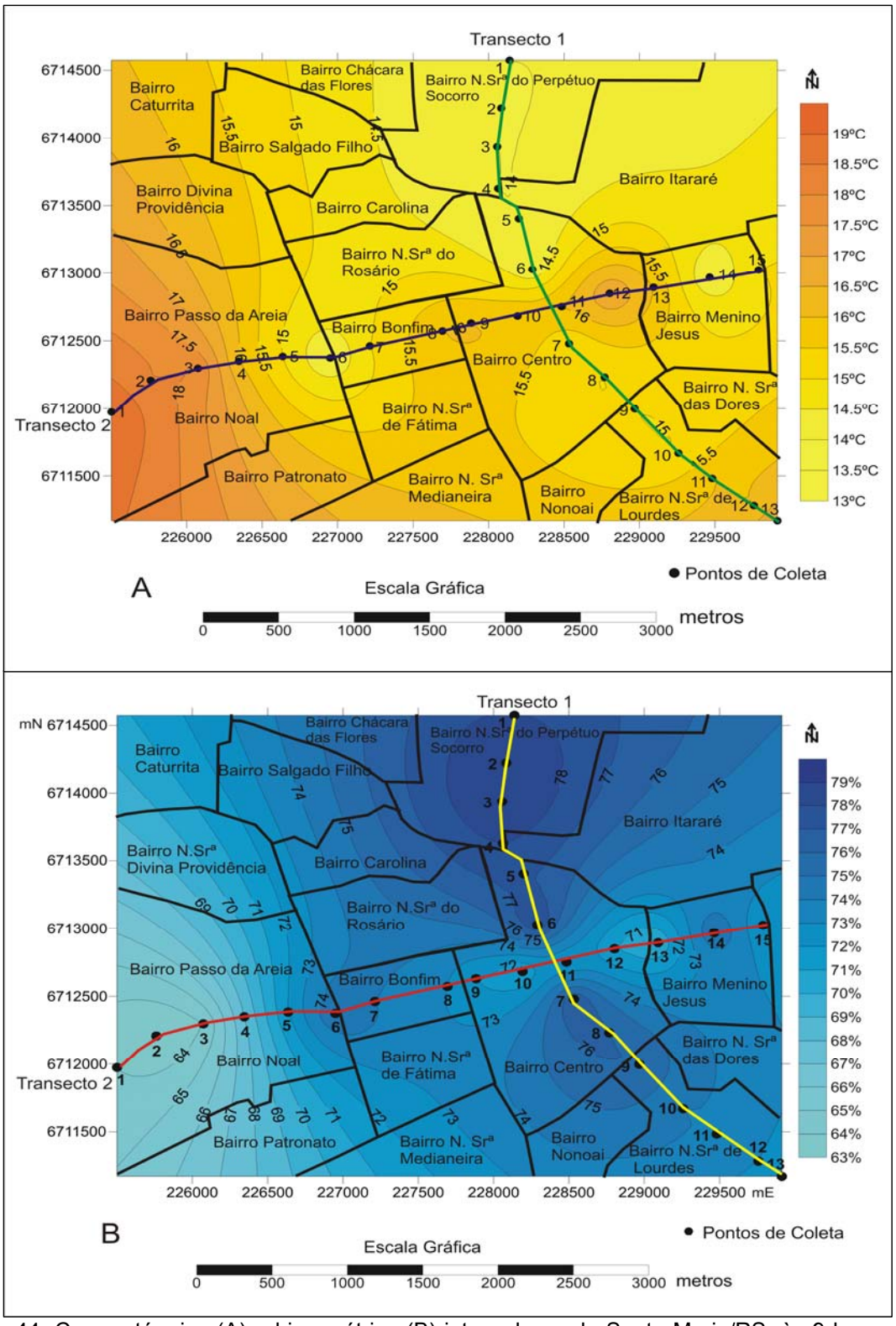


Figura 44: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 9 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da (2009).

Analisando-se o campo térmico das 12 horas (Figura 45A), percebe-se que os bairros da porção norte da área de estudo apresentaram os menores valores de temperatura do horário (entre 19 e 20ºC). Esta termometria pode estar ainda relacionada à influência do Rebordo do Planalto, mas também a posição solar.

Os pontos 5 e 6 do transecto 1 na Avenida Rio Branco, vertente norte do "festão colinoso", se constituíram numa ilha de calor de fraca magnitude (2ºC).

O ponto 7 do transecto 1 na Rua do Acampamento em frente ao Edifício das Clínicas (figura 15), caracterizado pelo fluxo acentuado de veículos, pessoas, alta impermeabilização do solo e concentração de edifícios residenciais e comerciais, apresentou intenso aquecimento ao meio dia (23ºC), configurando-se numa ilha de calor de média magnitude (3ºC). Os pontos 1 e 2 do transecto 2 localizados na Rua Venâncio Aires, caracterizados pela menor presença de casas, solos rurais expostos e mais abertos a insolação, configuraram-se em uma ilha de calor de média magnitude (3ºC), conforme a figura 45A.

Os pontos 10, 11, 12 e 13 do transecto 1, embora localizados no extremo sul da área de estudo (Avenida Fernando Ferrari), apresentaram os maiores valores de temperatura entre 23ºC e 24ºC, em virtude da orientação oeste da vertente onde estão situados. Os bairros do sul e sudoeste da área urbana, tais como o bairro Patronato, bairro Nonoai, bairro Nossa Senhora Medianeira e o bairro Nossa Senhora de Lourdes, apresentaram-se bastante aquecidos às 12 horas (temperatura superior à 21ºC). O ponto 5 do transecto 2, na rua Venâncio Aires, apresentou o menor valor de temperatura do horário (19ºC). O vento do quadrante sul pode ter deslocado o ar menos quente do ponto 6, onde há presença de vegetação arbórea, para o ponto 5 mais pavimentado e com pouca vegetação.

O ponto 5 do transecto 2 se constituiu numa ilha de frescor de média intensidade (-3ºC). Os pontos 13 e 14 do transecto 2, posicionados na vertente leste do "festão colinoso", constituíram uma ilha de frescor de fraca magnitude (-2ºC).

Em relação ao campo higrométrico (Figura 45B), percebe-se que a porção norte da área de estudo, menos aquecida e influenciada pela presença do Rebordo do Planalto, também apresentou os maiores valores de umidade relativa do ar (73%). O bairro Centro caracterizado pela intensa pavimentação do solo, fluxo acentuado de pessoas e veículos, concentração de edifícios e menor presença de vegetação, registrou os menores valores de umidade do ar (58%). Os bairros

situados no sul da área de estudo, mais abertos a insolação e mais aquecidos apresentaram baixos índices de umidade do ar.

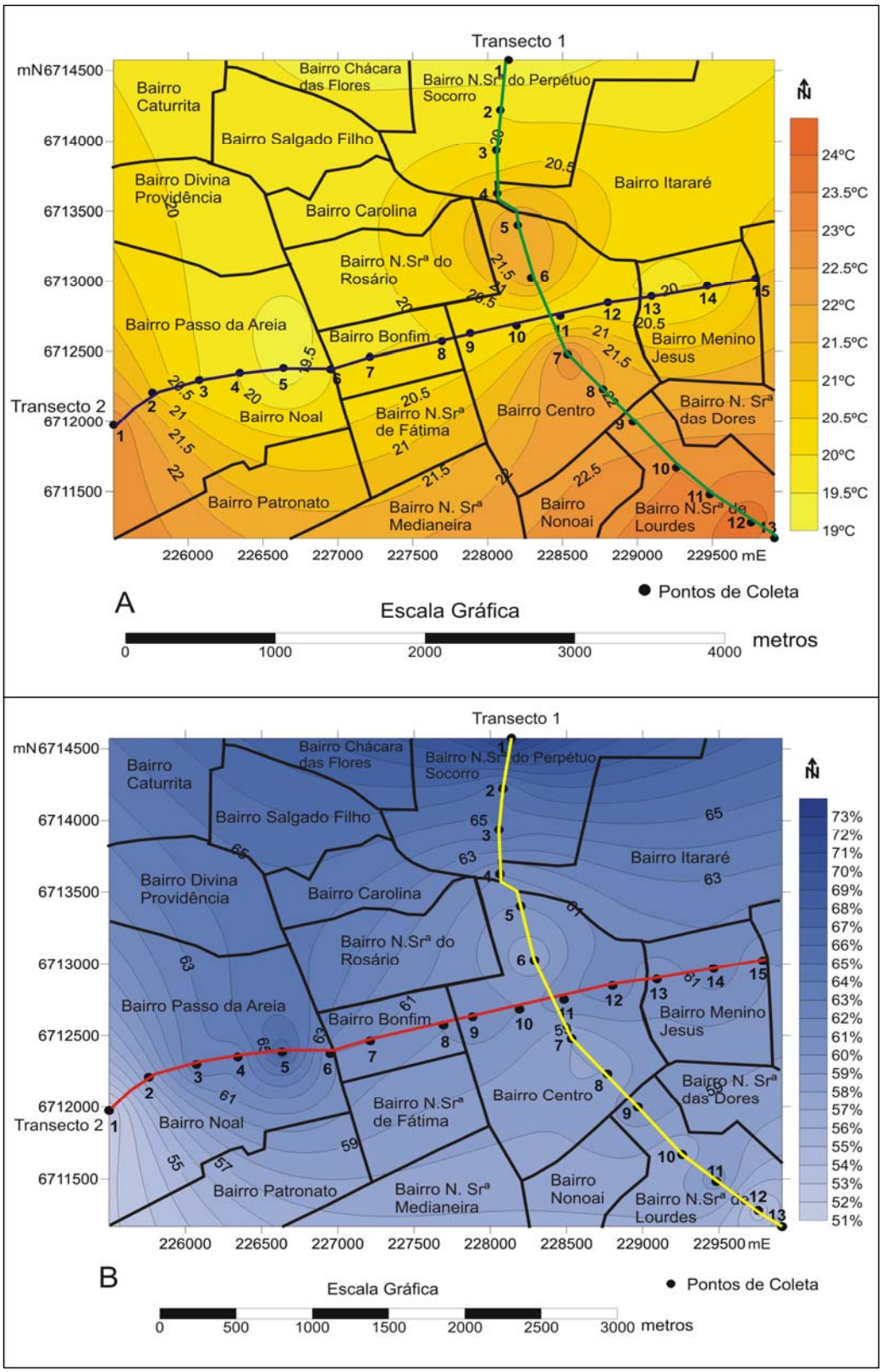


Figura 45: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS às 12 horas do dia 14 de agosto de 2008 sob domínio da Massa Polar Atlântica.
Fonte: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da. (2009).

Às 15 horas a área de estudo apresentou os maiores valores de temperatura (superiores à 22ºC) e os menores valores de umidade do ar (inferiores à 65%).

Analisando-se o campo térmico das 15 horas (Figura 46A), verifica-se que a área central do bairro Centro, compreendida entre os pontos 10 (rua Venâncio Aires esquina Floriano Peixoto) e 11 (Praça Saldanha Marinho) do transecto 2, e pontos 7 e 8 do transecto 1, na rua do Acampamento, revelam uma ilha de calor de fraca magnitude (2ºC).

O ponto 4 do transecto 1, na rua Sete de Setembro no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, com ausência de vegetação, solo altamente impermeabilizado, intenso fluxo de veículos e vertente orientada para o quadrante norte (figura 41), configurou-se numa ilha de calor de fraca magnitude (1ºC).

O bairro Centro e o bairro Nossa Senhora de Lourdes apresentaram-se mais aquecidos do que os demais bairros situados na área de abrangência dos transectos. Os pontos 11, 12 e 13 do transecto 1 localizados no bairro Nossa Senhora de Lourdes, numa área bastante arborizada e com reduzido fluxo de veículos, apresentaram os maiores valores de temperatura no horário(25ºC), constituindo-se numa ilha de calor de fraca magnitude. O que explica tal temperatura, talvez seja a orientação oeste da vertente, onde tais pontos se localizam (figura 41). Já os pontos 9 e 10 localizados no mesmo bairro, porém situados numa vertente com orientação sul se constituíram numa ilha de frescor de fraca magnitude (2ºC).

O ponto 8 do transecto 2, na rua Venâncio Aires esquina com a rua Conde de Porto Alegre com alta concentração de prédios, ausência de vegetação, solo altamente impermeabilizado, intenso fluxo de veículos, moderado fluxo de pessoas e existência de “canyon” urbano formado pelos prédios situados nas laterais da rua, constitui-se numa ilha de frescor de fraca magnitude (-2ºC).

Os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 do transecto 2, na porção oeste da área de estudo, caracterizados pela maior presença de vegetação arbórea e gramíneas, solo pouco pavimentado e ausência de edifícios, apresentaram valores de temperatura um pouco menores que os do bairro Centro (23ºC).

Em relação ao campo higrométrico (Figura 46B), notou-se que os pontos 7 e 8 do transecto 1 na rua do Acampamento, caracterizada pelo intenso fluxo de veículos, ausência de vegetação e presença de prédios comerciais e residenciais, apresentaram os menores índices de umidade do ar (entre 54 e 55%).

O Bairro Centro, como um todo, apresentou baixos valores de umidade do ar. Os maiores índices de umidade do ar foram encontrados nos bairros situados nas porções norte e oeste da área de estudo, conforme a Figura 46B.

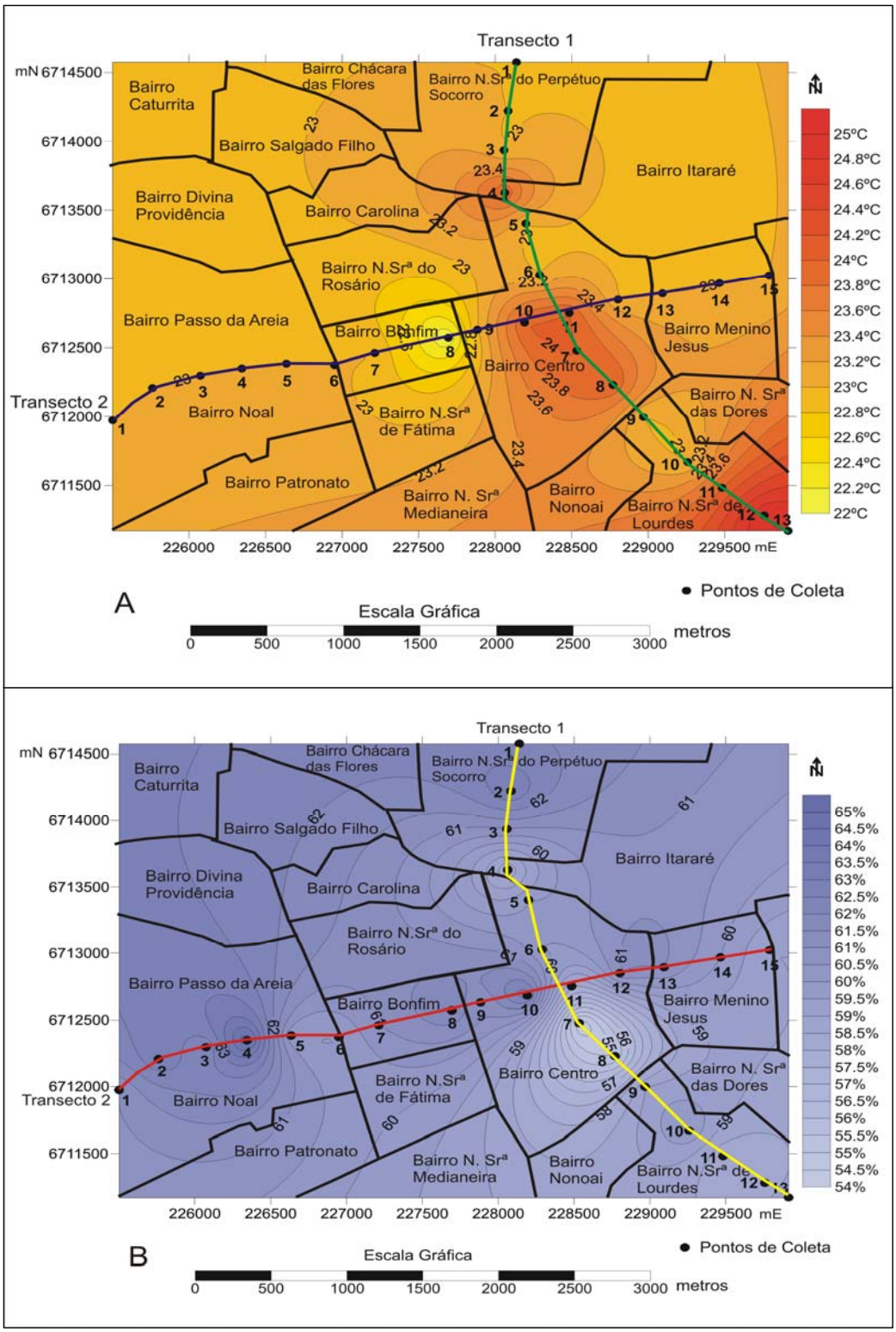


Figura 46: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 15 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da (2009).

Às 18 horas, a entrada de radiação é nula (agosto), então a energia armazenada pela superfície durante o dia vai gradualmente sendo perdida para o espaço, ocasionando o abaixamento da temperatura.

Analisando-se o cartograma do campo térmico das 18 horas (Figura 47A), percebeu-se que os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do transecto 1 ao longo da vertente norte do “festão colinoso” os pontos 7 e 8 na rua do Acampamento, caracterizado pela ausência de vegetação, intenso fluxo veículos e pessoas, e presença de edifícios comerciais e residenciais e os pontos 10, 11, 12 e 13 na Avenida Fernando Ferrari, sobre uma vertente com orientação norte, apresentaram os maiores valores de temperatura do horário de coleta.

O ponto 6 do transecto 1, na Avenida Rio Branco esquina com a Silva Jardim, com intenso fluxo de veículos e pessoas, prédios de dois ou mais andares e escassa vegetação, configurou-se numa ilha de calor de média magnitude (4ºC).

O ponto 8 do transecto 1, também na Rua do Acampamento, com pavimentação do solo, ausência de vegetação, intenso fluxo veículos e pessoas e presença de edifícios comerciais e residenciais, configurou-se numa ilha de calor de média magnitude (3ºC). Os pontos 11, 12, 13, 14 e 15 do transecto 2, localizados na vertente leste do “festão colinoso” protegida da insolação direta neste horário (18 horas), apresentaram os menores valores de temperatura, sendo que o ponto 15 configurou-se numa ilha de frescor de média magnitude (-4ºC).

Os pontos 1, 2, 3 e 4 do transecto 2 na Rua Venâncio Aires, onde é menor a presença de casas e edifícios e há amplos espaços vegetados, apresentaram valores de temperatura entre 18 e 19ºC. Os pontos 7, 8, 9, 10 e 11 do transecto 2 situados ao longo da Venâncio Aires e caracterizados pela presença de prédios com mais de dois andares e pela presença de um “canyon” urbano, apresentaram os menores valores de temperatura do horário (entre 16 e 17ºC).

Em relação ao campo higrométrico (Figura 47B), os menores valores de umidade foram encontrados no transecto 1 mais aquecido e os maiores valores no transecto 2 menos quente. Os pontos 7 e 8 do transecto 1, em função da ausência de vegetação, alta pavimentação do solo, intenso fluxo de veículos e pessoas e presença de edifícios comerciais e residenciais, apresentaram menores valores de umidade do ar (68%). Já os pontos 12, 13, 14 e 15 do transecto 2, caracterizados pela maior presença de vegetação, apresentaram os maiores índices de umidade do ar (entre 80 e 82%).

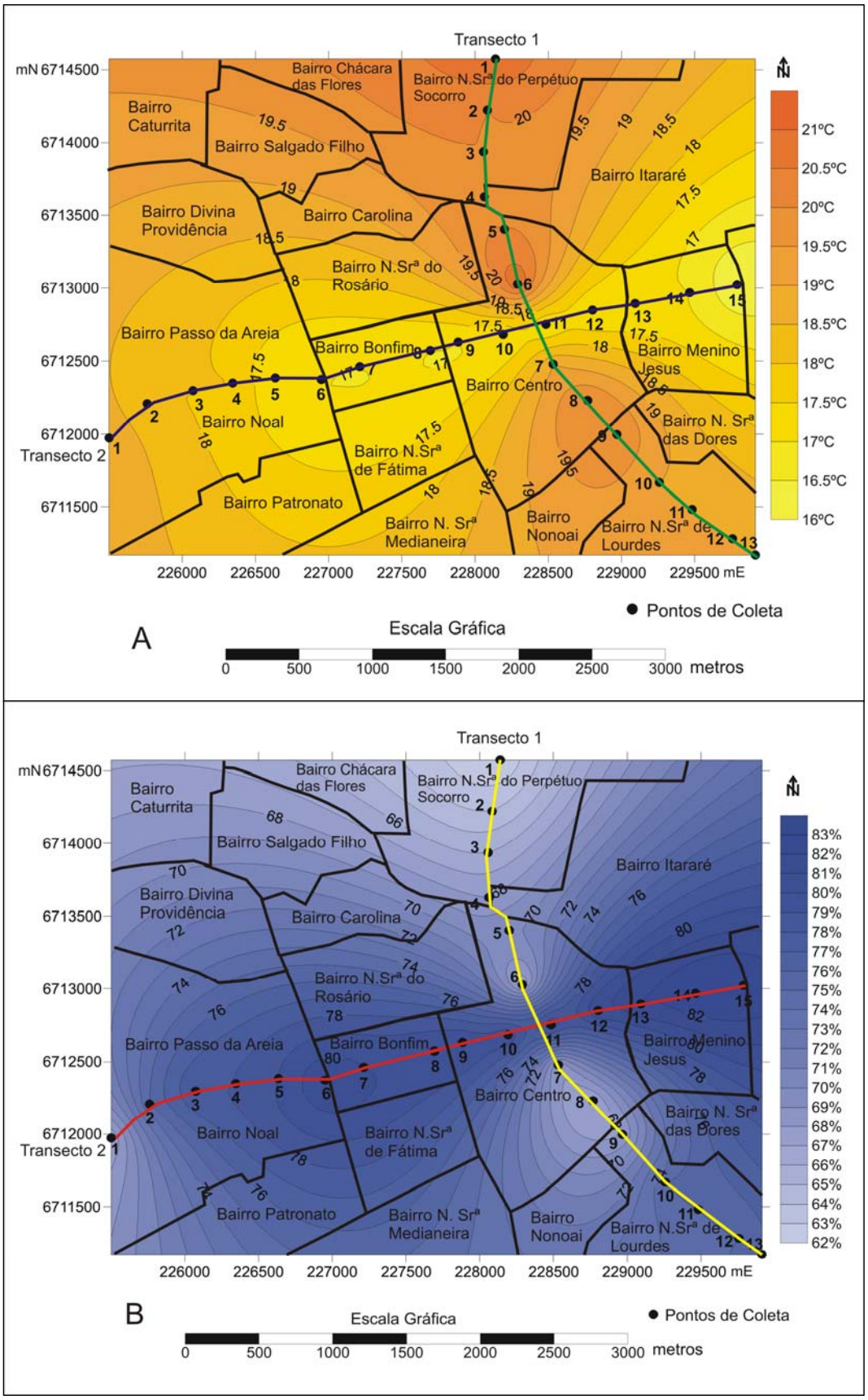


Figura 47: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 18 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da. (2009).

Analisando-se o campo térmico das 21 horas (Figura 48A), percebe-se a semelhança deste com o das 18 horas. Os pontos do transecto 1 apresentaram-se mais quentes do que os do transecto 2. Os pontos 1, 2 e 3 do transecto 1, posicionados na rua Sete de Setembro (bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro), definiram uma ilha de calor de média magnitude (3ºC).

O ponto 6 do transecto 1, na Avenida Rio Branco esquina com a Silva Jardim, com a presença de prédios de dois ou mais andares e escassa vegetação no ponto de coleta, constituiu-se numa ilha de calor de média magnitude (3ºC). Igual comportamento térmico pode ser verificado nos pontos 7, 8 e 9 do transecto 1.

Os pontos 10, 11, 12 e 13 do transecto 1 na Avenida Fernando Ferrari (bairro Nossa Senhora de Lourdes) apresentaram valores de temperatura em torno de 18ºC.

Os pontos de 8 a 15 do transecto 2 apresentaram temperatura constante às 21 horas (em torno de 17ºC). Os bairros situados na porção leste da área de estudo, como o Nossa Senhora das Dores, Menino Jesus, Itararé, registraram temperaturas mais baixas em relação ao Centro mais aquecido .

O fato do bairro Centro (CDB) de Santa Maria apresentar-se mais quente do que as áreas periféricas às 21 horas e ser também o centro de duas ilhas de calor de média magnitude (4ºC), coincide com os resultados obtidos na maioria dos estudos realizados, os quais revelam que as “Ilhas de Calor Urbano” destacam-se melhor à noite, tendo como *cume* (Peak) da Ilha de Calor a área mais densamente urbanizada (OKE, 1982).

Os pontos de 1 a 6 do transecto 2, localizados na Rua Venâncio Aires, em área caracterizada por abundante presença de vegetação arbórea, arbustiva e gramíneas, solos expostos, topografia mais suave, baixíssima presença de edifícios, além de reduzido fluxo de veículos e pessoas às 21 horas, apresentou as mais baixas temperaturas do horário (16ºC). O ponto 5 do transecto 1 configurou-se numa ilha de frescor de média magnitude (-3ºC).

Em relação ao campo higrométrico (Figura 48B), percebe-se que a porção oeste da área de estudo apresentou os maiores índices de umidade do ar, dada a presença maior de vegetação e de áreas menos pavimentadas. O ponto 12 do transecto 2, próximo ao Parque Itaimbé, apresentou valor de umidade do ar superior à 86%. Os pontos ao longo do transecto 1 apresentaram os menores índices de umidade do ar (entre 76 e 80%), conforme a figura 48B.

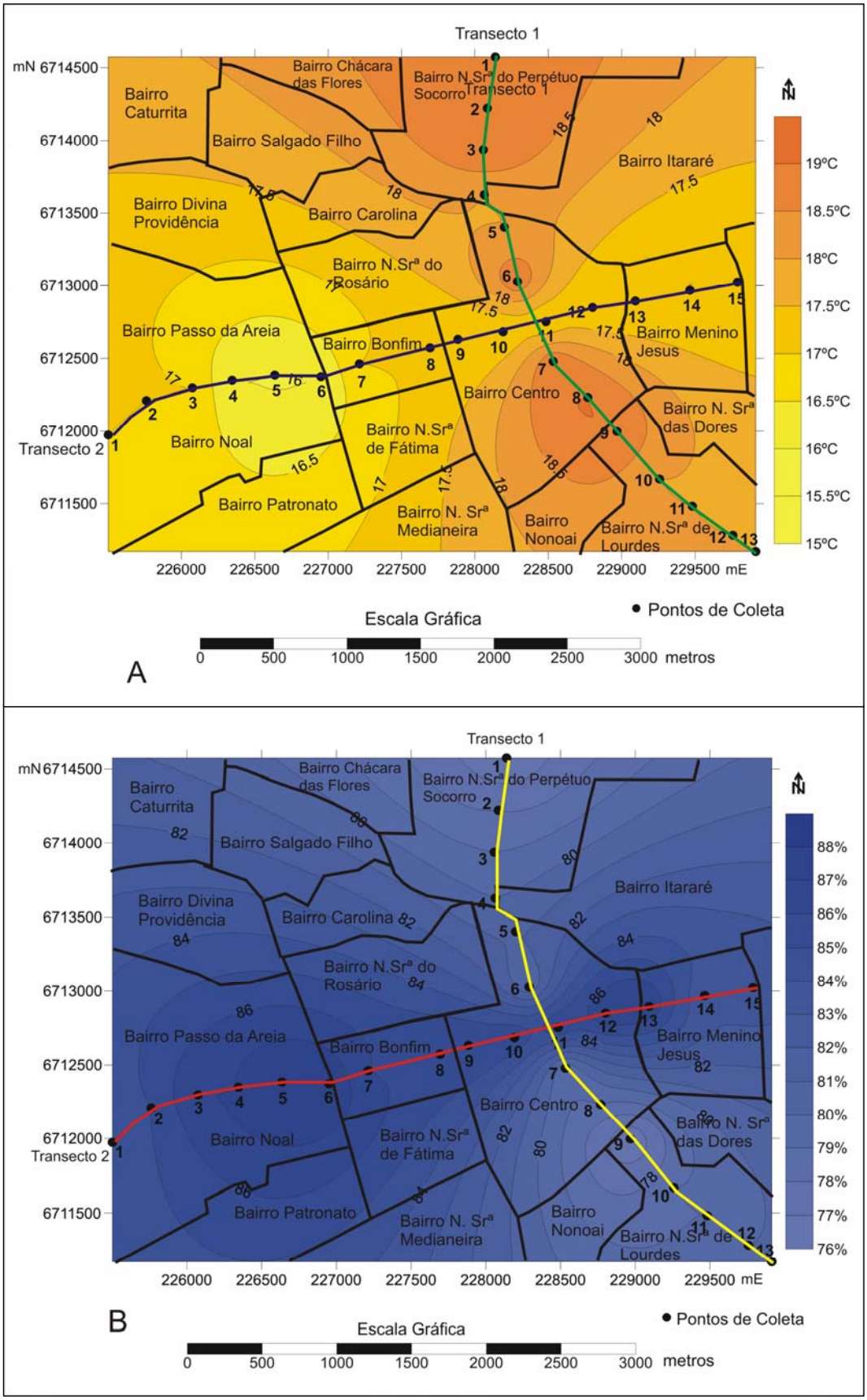


Figura 48: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 21 horas do dia 14 de agosto de 2008, sob domínio da Massa Polar Atlântica.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da. (2009).

5.3 Circulação atmosférica regional, condições de tempo no dia 06/01/2009 e o campo termo-higrométrico na cidade de Santa Maria/RS

Analisando-se as imagens de satélites e cartas sinóticas dos dias 05, 06 e 07 de janeiro de 2009 (Figuras 49A, 49B, 49C, 49D, 50A e 50B), nota-se que as condições atmosféricas sobre o Estado e a cidade de Santa Maria, encontravam-se sob domínio da Massa Polar Velha ou Modificada. O Anticiclone Polar Atlântico, já em processo de aquecimento, encontra-se posicionado sobre o oceano exercendo influência sobre quase toda Região Sul, e a sua dianteira encontra-se uma Frente Polar Atlântica atuando na Região Sudeste. O Anticiclone do Atlântico, posicionado próximo do continente africano, domina as condições de tempo da maior parte do litoral da Região Nordeste.

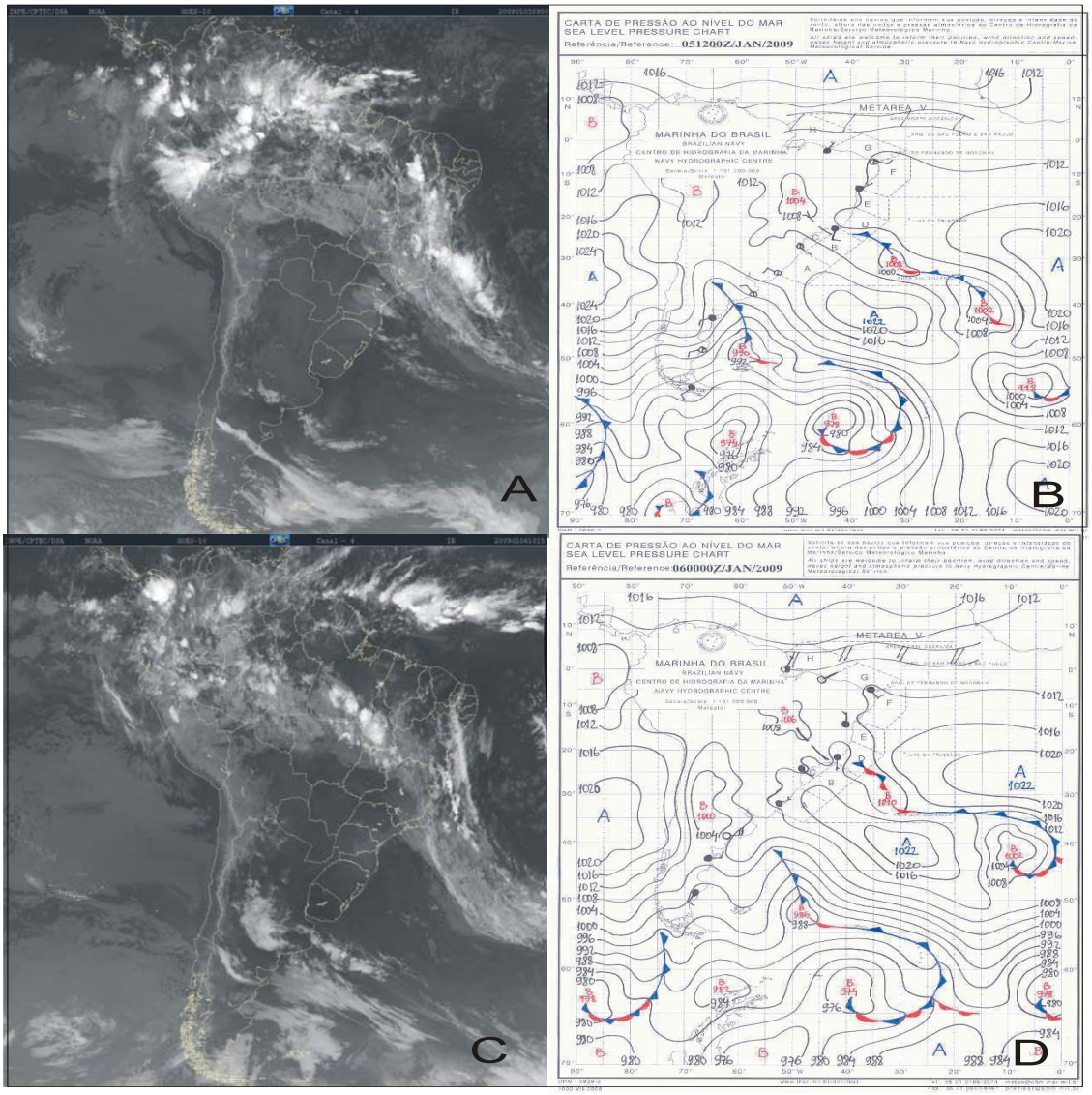


Figura 49: Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 05 e imagem de satélite (C) e carta sinótica (D) do dia 06 de janeiro de 2009.
Fonte: CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br); Marinha do Brasil (www.mar.mil.br/dhn).
Org.: COSTA, E.R.da (2009).

No dia 05 de janeiro uma nova frente polar, em frontogênese na latitude da Patagônia, desloca-se em direção ao sul do Brasil. No dia 06, a Frente Polar Atlântica se encontra posicionada no Estuário do Prata e no dia 07 já está posicionada na divisa do Rio Grande do Sul com a República do Uruguai.

De 05 a 07 de janeiro, o Estado encontra-se numa fase pré-frontal com domínio das condições de tempo pela Massa Polar Velha ou modificada. O tipo de tempo em Santa Maria é o Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização.

De acordo com Sartori (1981, p. 105):

> O Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização está ligado à Massa Polar Velha ou Modificada registrando altas temperaturas (máx. > 25ºC), ressecamento do ar, declínio da pressão, céu limpo, ventos variáveis e calmas e orvalho. Quando em fase pré-frontal ocorrem chuvas provocadas por Instabilidades de Noroeste e Calhas Induzidas definindo-se os fluxos de W, NW, N e SW até muito fortes, com umidade relativa de até 45%.

No dia 06, as condições de tempo apresentaram-se favoráveis à coleta dos dados, pois o céu limpo favoreceu a entrada de radiação e a consequente elevação da temperatura e o vento do quadrante sul, de fraca velocidade, e calmas favoreceram a formação das ilhas de calor e de frescor no sítio urbano de Santa Maria/RS. A tabela 4 ilustra os dados de temperatura e umidade do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 06 de janeiro de 2009.

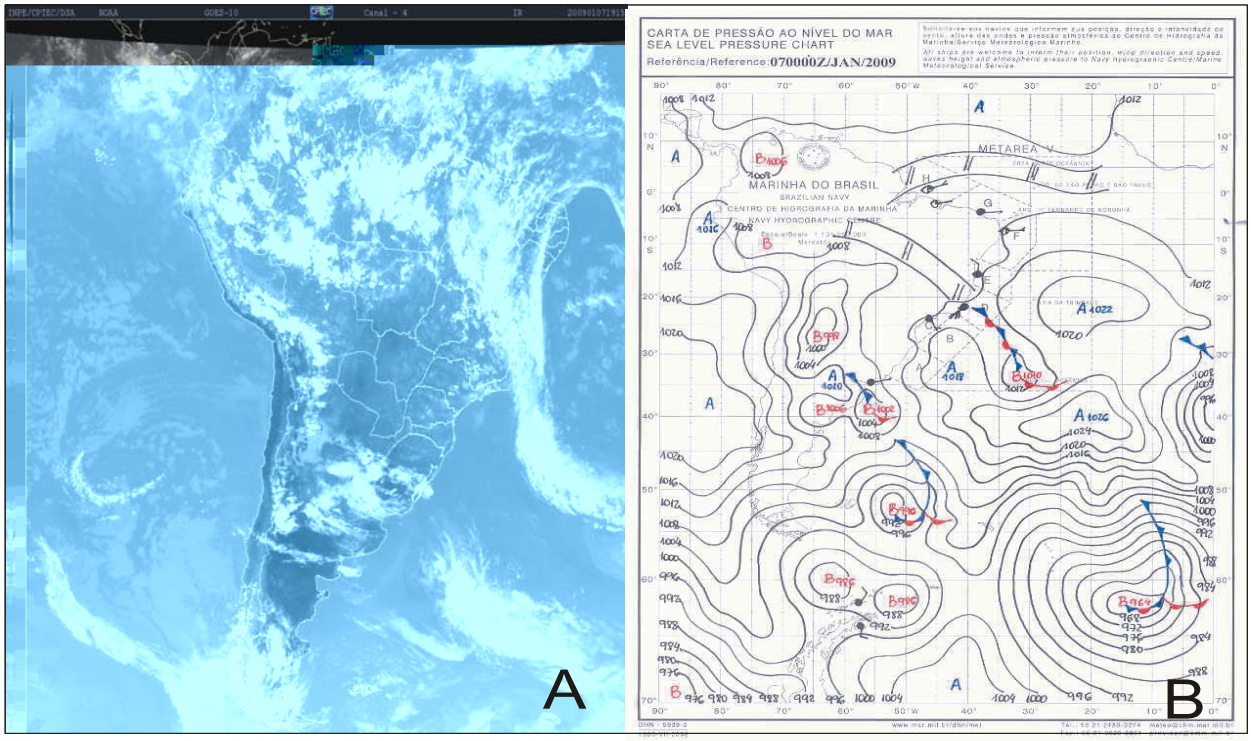


Figura 50: Imagem de satélite (A) e carta sinótica (B) do dia 07 de janeiro de 2009.
Fonte: CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br); Marinha do Brasil (www.mar.mil.br/dhn).
Org.: COSTA, E.R.da. (2009).

Tabela 4: Dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados nos pontos distribuídos ao longo dos transectos no dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada

Transecto 1											Transecto 2										
Pontos	Horários de coleta										Pontos	Horários de coleta									
	9 horas		12 horas		15 horas		18 horas		21 horas			9 horas		12 horas		15 horas		18 horas		21 horas	
	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)		T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)	T(ºC)	UR(%)
1	29	52	32	34	32	34	31	41	26	53	1	25	59	33	37	36	34	34	41	29	51
2	29	52	33	34	33	34	30	43	27	51	2	26	58	34	39	37	33	35	40	29	51
3	29	53	34	33	34	33	30	44	27	52	3	26	56	35	33	37	31	35	37	29	51
4	29	54	34	33	35	32	31	43	26	53	4	26	58	35	33	37	31	34	39	29	50
5	29	52	34	32	34	33	31	42	26	56	5	27	62	35	35	38	30	34	40	29	50
6	32	49	35	31	34	31	31	41	27	53	6	27	57	35	34	38	31	35	41	29	50
7	32	46	35	31	35	31	31	41	25	51	7	27	56	35	34	38	31	35	38	29	51
8	33	46	34	31	35	31	32	42	25	57	8	27	55	35	32	38	30	35	38	29	50
9	33	46	34	32	35	32	32	42	26	50	9	27	55	36	32	38	32	35	36	29	51
10	33	47	35	31	35	33	32	43	26	53	10	27	54	36	32	39	30	35	38	29	51
11	34	43	36	31	34	34	32	43	25	52	11	28	54	35	32	37	32	34	39	29	52
12	33	43	36	31	34	35	32	43	25	55	12	27	56	34	33	36	32	33	40	28	51
13	32	45	36	31	34	34	32	43	25	59	13	29	55	35	32	37	32	33	40	28	52
											14	30	48	36	32	37	32	33	41	28	53
											15	30	49	37	31	38	32	33	40	28	54

Analisando-se o campo térmico (Figura 51A) da área de estudo, às 9 horas do dia 06 de janeiro, sob domínio da Massa Polar Velha ou Modificada, e numa situação de verão com intensa insolação e elevado aquecimento do solo e do ar, pode-se verificar que a porção leste da área de estudo apresentou as temperaturas mais elevadas do horário. A insolação e a configuração do campo térmico da área de estudo acompanham o movimento aparente do sol, sendo que no horário das 9 horas as vertentes voltadas para o quadrante leste recebem mais energia se aquecendo mais rápido. Neste sentido, os bairros localizados na porção leste da área de estudo tais como Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora de Lourdes, Menino Jesus e Itararé, apresentaram-se mais quentes do que os da porção oeste, mais protegida da insolação direta.

O ponto 6 do transecto 1, na Avenida Rio Branco esquina com a Rua Silva Jardim, onde há intenso fluxo de veículos e pessoas, prédios de dois ou mais andares e escassa vegetação, configurou-se numa ilha de calor de magnitude muito forte (7ºC). Os pontos 7 e 8 do transecto 1, na Rua do Acampamento apresentaram temperaturas elevadas (superior a 32ºC) porque é alta a impermeabilização do solo, há ausência de vegetação, intenso fluxo de pessoas e veículos e presença de prédios comerciais e residenciais. O bairro Nossa Senhora de Lourdes como um todo apresentou temperaturas superiores à 31ºC, às 9 horas. O ponto 11 do transecto 1, na Avenida Fernando Ferrari, com intenso fluxo de veículos e aberto à insolação direta, constituiu-se numa ilha de calor de elevada magnitude (9ºC). Os pontos 1, 2 e 3, no início da rua Venâncio Aires, numa área caracterizada pela topografia plana, menor concentração de edifícios e presença de vegetação arbórea e arbustiva em amplos espaços abertos, apresentaram os menores valores de temperatura do horário (entre 25 e 26ºC). O ponto 1 do transecto 2 configurou-se numa ilha de frescor de grande magnitude (-9ºC). Já os pontos de 7 a 10 do transecto 2, localizados numa vertente com orientação oeste e protegidos da insolação direta, apresentaram valores de temperatura em torno de 27ºC, inferior aos registrados nas áreas voltadas para o quadrante leste (superior à 29ºC).

O Ponto 12 do transecto 2, em cima do Viaduto Heitor Campos, no Parque Itaimbé, configurou-se numa ilha de frescor de forte magnitude (-7ºC). Isto demonstra a importância do Parque Itaimbé na geração de uma ilha de frescor na escala microclimática.

Em relação ao campo higrométrico (Figura 51B) percebe-se que a porção oeste da área de estudo apresentou os maiores índices de umidade do ar (superior a 56%), sendo que os menores índices foram verificados ao longo do transecto 1 (menor que 52%).

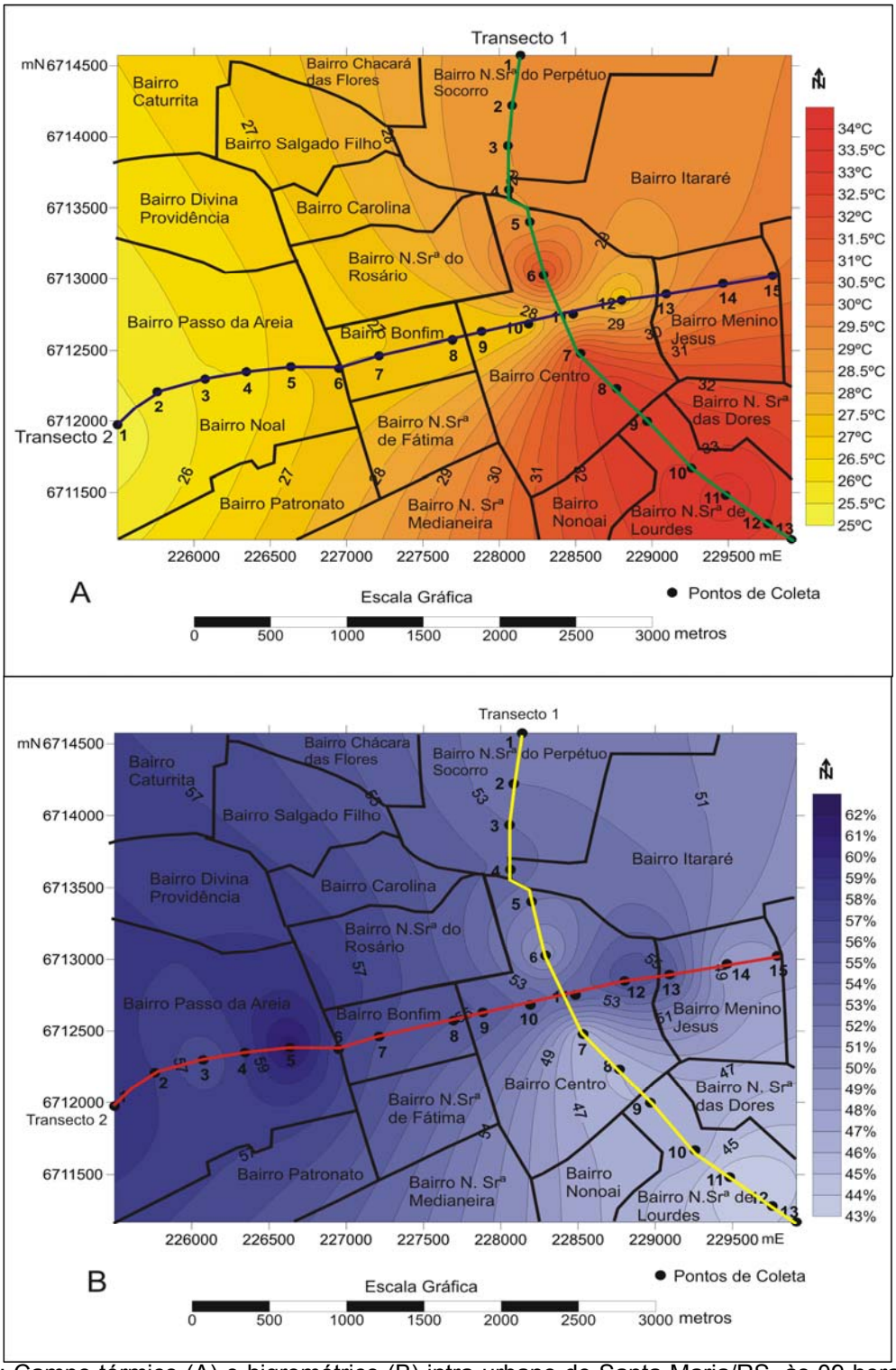


Figura 51: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 09 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da (2009).

Às 12 horas, as vertentes voltadas para o quadrante norte recebem insolação direta aquecendo-se mais rapidamente. Analisando-se o campo térmico das 12 horas do dia 06 de janeiro (Figura 52A), percebe-se que os pontos 14 e 15 do transecto 2 na rua Major Duarte, em uma área aberta à insolação direta, apresentaram os maiores valores de temperatura do ar. O ponto 15, o último do transecto 2, na esquina com a rua Euclides da Cunha, caracterizado pelo baixo fluxo de pessoas e veículos, presença de casas de um piso e árvores isoladas em alguns pátios de residências, configurou-se numa ilha de calor de forte magnitude (5ºC).

A porção leste da área de estudo apresentou-se bastante aquecida. O bairro Centro, com concentração de edifícios, intenso fluxo de veículos e pessoas, escassa presença de vegetação e impermeabilização do solo, apresentou elevadas temperaturas configurando um “peak” ou cume de uma ilha de calor de forte magnitude (5ºC), conforme a figura 52A. Os pontos 11,12 e 13 do transecto 1, ao longo da Avenida Fernando Ferrari numa vertente com orientação oeste e aberta à insolação direta, apresentaram elevadas temperaturas, constituindo-se em uma ilha de calor de média magnitude (4ºC). O ponto 12 do transecto 2 situado nas proximidades do Parque Itaimbé, configurou-se numa ilha de frescor de média magnitude (-3ºC). Os pontos 1 e 2 do transecto 1, na rua Sete de Setembro próximo do Rebordo, apresentaram os menores valores de temperatura do horário (entre 32 e 33ºC). O ponto 1 se constituiu numa ilha de frescor de forte magnitude (-5ºC). Os bairros situados na porção norte da área de estudo (Caturrita, Chácara das Flores, Salgado Filho e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro) próximos do Rebordo do Planalto apresentaram os menores valores de temperatura do horário (inferior à 34ºC). Os pontos 1 e 2 do transecto 2, na rua Venâncio Aires, na porção oeste da área de estudo, apresentaram valores de temperatura mais baixos em relação a área central (inferior à 34ºC). O ponto 1 caracterizado pela baixa concentração de casas, presença maior de vegetação arbórea e arbustiva e campos limpos, constituiu-se numa ilha de frescor de média magnitude (-4ºC).

Em relação ao campo higrométrico (Figura 52B), verifica-se que a porção oeste da área de estudo apresentou os maiores índices de umidade do ar (superior à 36%), em função da maior presença de vegetação e menor pavimentação do solo.

Os bairros situados ao norte da área de estudo apresentaram-se mais úmidos do que o bairro Centro, em função da floresta do Rebordo do Planalto e do processo de evapotranspiração, que aumenta a quantidade de umidade no ar. Já o bairro

Centro e a área situada na porção leste da área de estudo apresentaram os menores índices de umidade do ar (inferior a 34%) em função do maior aquecimento destes locais.

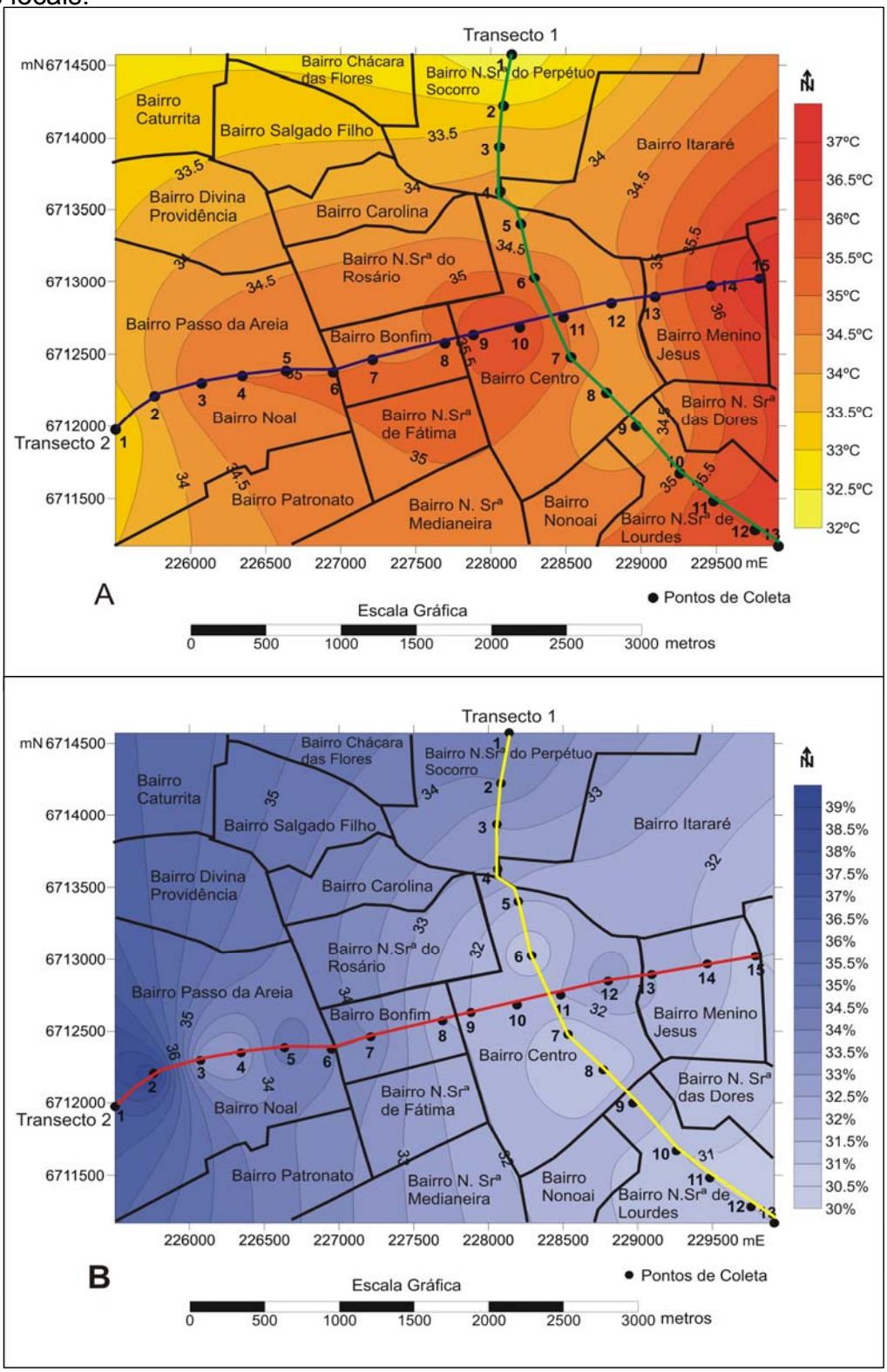


Figura 52: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 12 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor.: COSTA, E.R.da. (2009).

Às 15 horas, as vertentes voltadas para o quadrante oeste e norte recebem diretamente a insolação, aquecendo-se mais rapidamente. Por outro lado, as vertentes voltadas para o quadrante leste e sul recebem menos insolação aquecendo-se mais lentamente.

Analisando-se o campo térmico das 15 horas (Figura 53A), constatou-se que a porção oeste da área de estudo, justamente a que recebe diretamente a insolação neste horário, apresentou os maiores valores de temperatura (37ºC). O transecto 2 apresentou-se bem mais aquecido do que o transecto 1. O bairro Centro, em virtude do maior adensamento urbano, presença de edificações mais elevadas, maior fluxo de veículos e pessoas e esparsa presença de vegetação, apresentou-se bastante aquecido, se constituindo no "*peak*" ou *cume* de duas ilhas de calor, uma definida pelos pontos 6 e 7 do transecto 2, com forte magnitude (6ºC), e outra no pontos 8, 9 e 10 com magnitude muito forte (7ºC), de acordo com os postulados da literatura nacional e internacional (Oke, 1982; Lombardo, 1985; Mendonça, 1994; Garcia,1996). Os pontos 13,14 e 15 do transecto 2, na rua Major Duarte e em vertente com orientação norte e aberta à insolação, apresentaram-se bastante aquecidos. O ponto 15 do transecto 2, na esquina com a rua Euclides da Cunha caracterizada pelo baixo fluxo de pessoas e veículos, presença de casas de um piso e árvores isoladas em alguns pátios de residências e aberto a insolação direta, apresentou elevada temperatura (38ºC), constituindo-se numa ilha de calor de forte magnitude (6ºC).

O ponto 12, localizado no transecto 2 próximo ao Parque Itaimbé, constituiu-se numa ilha de frescor de média magnitude (-3ºC). Os pontos 1, 2 e 3 do transecto 1 na Rua Sete de Setembro (bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro), sobre uma vertente com orientação sul e sofrendo a influência dos processos de evapotranspiração da vegetação do Rebordo do Planalto, apresentaram os menores valores de temperatura do horário (entre 32 e 34ºC), sendo que o ponto 1 se constituiu numa ilha de frescor de magnitude muito forte (-7ºC). Os pontos de 9 a 13 do transecto 1, localizados na Avenida Fernando Ferrari (porção sul do festão colinoso) e protegidos da insolação direta, apresentaram menores valores de temperatura em relação ao Centro mais aquecido. O ponto 13 mais próximo do morro testemunho Cerrito constituiu-se numa ilha de frescor de forte magnitude (-6ºC). Em relação ao campo higrométrico (Figura 53B), percebe-se que o entorno da área de estudo apresentou os maiores índices de umidade do ar (superior à

33ºC). O bairro Centro, por suas características geoecológicas e geourbanas específicas e bastante aquecido, apresentou os menores índices de umidade do ar (inferior à 32%). Às 15 horas foram registrados os maiores valores de temperatura e os menores índices de umidade do trabalho de campo.

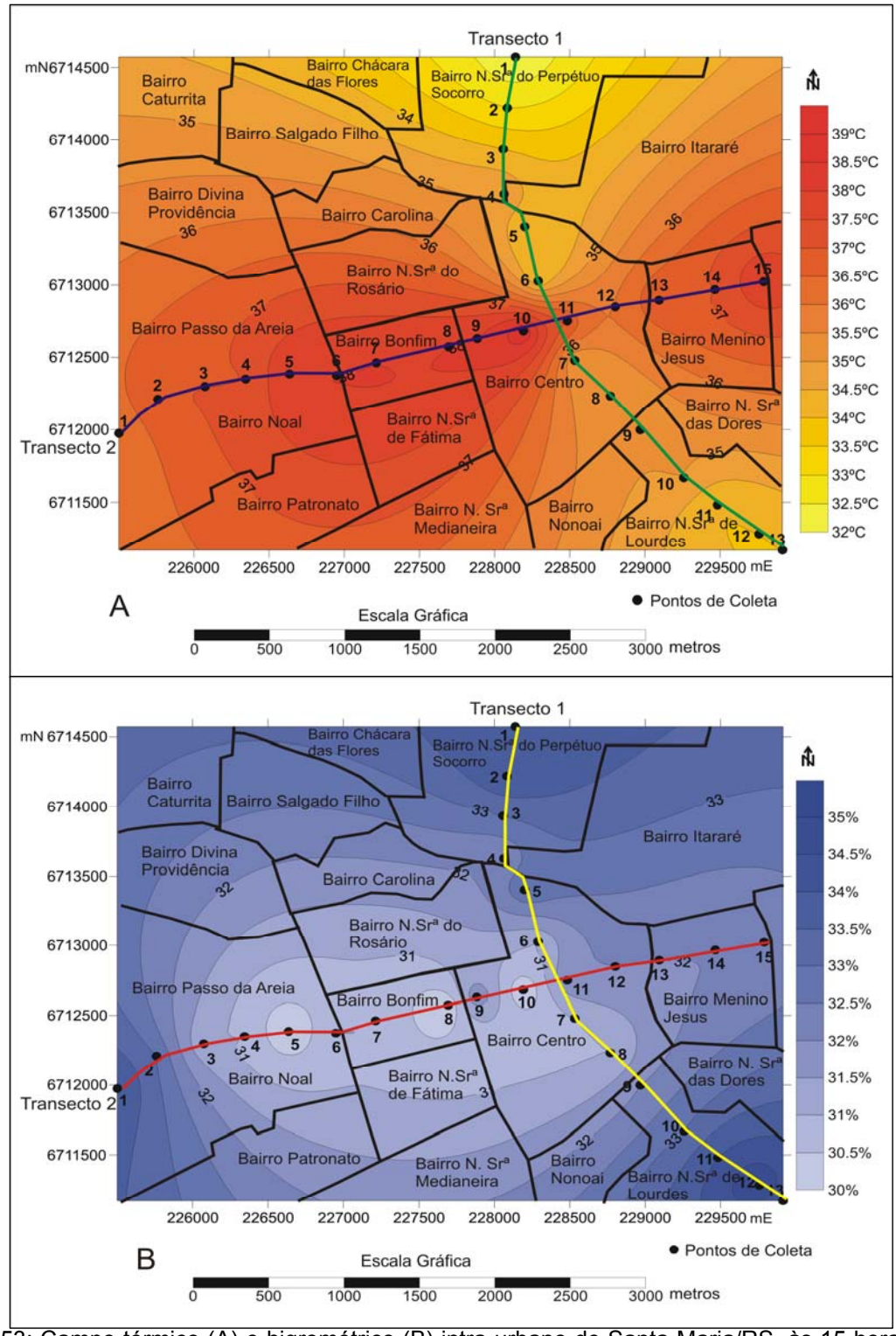


Figura 53: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 15 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da (2009).

Às 18 horas, o balanço de radiação é quase nulo, em função do horário de verão. A partir deste horário a superfície do solo vai lentamente perdendo para a atmosfera a energia acumulada durante o dia.

Analisando-se o campo térmico das 18 horas (Figura 54A), percebe-se que a porção oeste da área de estudo apresentou os maiores valores de temperatura do horário (superior à 34ºC). Os pontos 2 e 3 do transecto 2 constituíram-se em uma ilha de calor de média magnitude (4ºC). O ponto 7 do transecto 2, na rua Venâncio Aires, caracterizado pela presença de prédios residenciais, escassa presença de vegetação, intenso fluxo de veículos, alta impermeabilização do solo e posicionado numa vertente com orientação oeste, aberta à insolação, constituiu-se numa ilha de calor de forte magnitude (5ºC). Os pontos 8 e 9 do transecto 2, com características geoecológicas e geourbanas semelhantes ao ponto 7, definiram uma ilha de calor de forte magnitude (5ºC).

Os pontos de 12 a 15 do transecto 2 apresentaram valores de temperatura de 33ºC, inferiores aos registrados no Centro. Os pontos de 1 a 6 do transecto 1 apresentaram os menores valores de temperatura do horário (inferior à 32ºC). Os pontos 2 e 3 do transecto 1 localizados na Rua Sete de Setembro (bairro Perpétuo Socorro) constituíram uma ilha de frescor de forte magnitude (-5ºC).

Os pontos 7 e 8 do transecto 1, embora situados na Rua do Acampamento com intenso fluxo de veículos e pessoas, concentração de edifícios comerciais e escassa presença de vegetação, definiram uma ilha de frescor de média magnitude (-4ºC). As temperaturas nos pontos 7 e 8 podem estar relacionados ao sombreamento causado pelos edifícios situados ao longo da rua do Acampamento no horário (18 horas). Os pontos de 9 a 13, na Avenida Fernando Ferrari, apresentaram menor temperatura (32ºC) em relação ao Centro.

Em relação ao campo higrométrico (Figura 54B) percebe-se que os bairros situados na porção norte, tais como o Caturrita, Chácara das Flores, Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Salgado Filho e o Itararé, registraram os maiores índices de umidade do ar (superior à 40%). Os pontos de 9 a 13 do transecto 1, ao sul do “festão colinoso”, apresentaram índices de umidade do ar (entre 42 e 43%) superiores aos registrados no bairro Centro e na porção oeste da área de estudo, que, por sua vez, apresentou os menores índices de umidade do ar no horário (inferior à 41%) em função do aquecimento maior destas áreas, e consequentemente, da relação inversa entre temperatura e umidade relativa do ar.

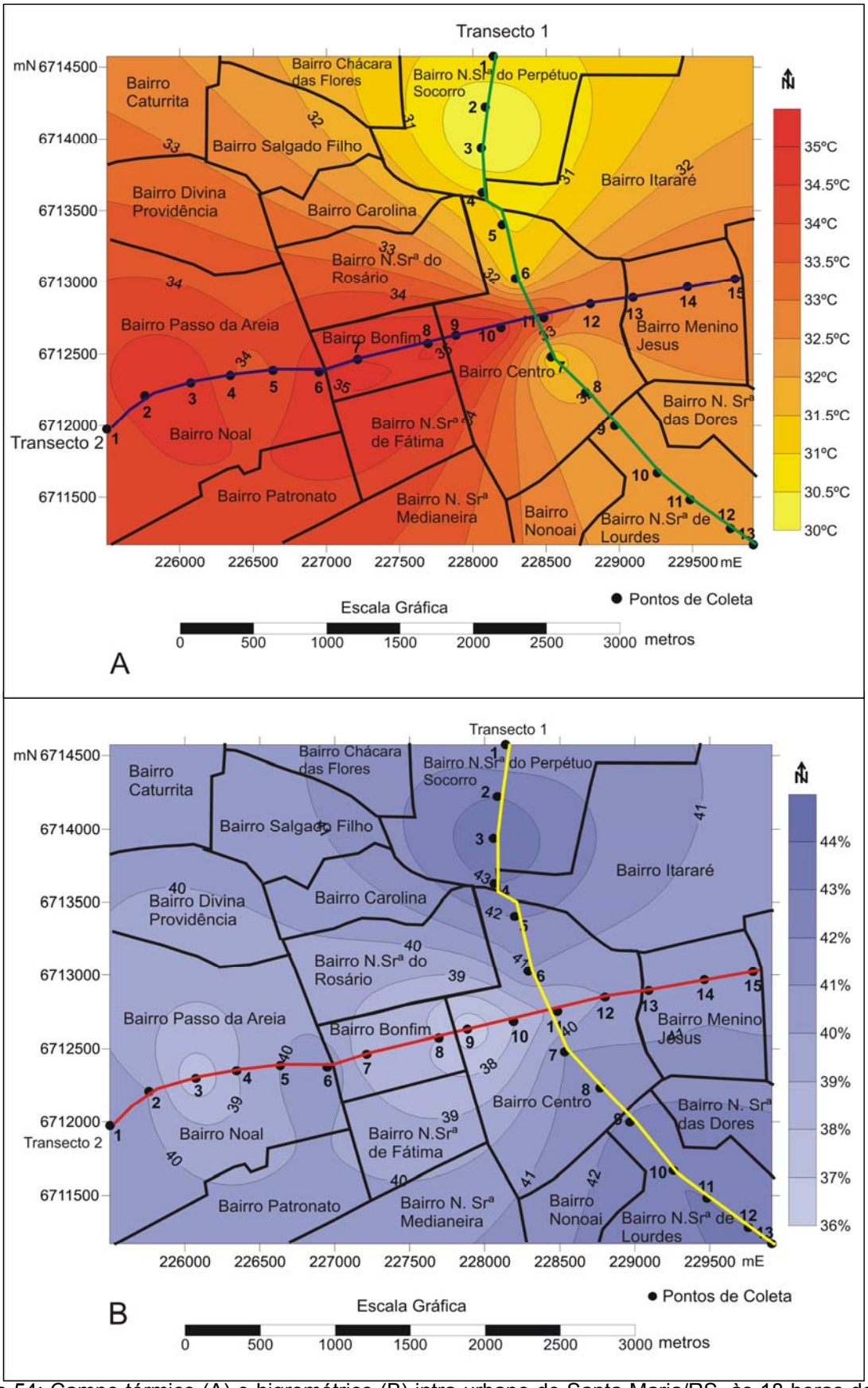


Figura 54: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 18 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da (2009).

Às 21 horas, a superfície urbana e o entorno rural já se encontram em acelerado processo de resfriamento pela liberação do calor armazenado durante o dia, principalmente sob condições de céu limpo e calmaria.

Analisando-se o campo térmico das 21 horas (Figura 55A), percebe-se que a porção oeste e o bairro Centro mantiveram-se aquecidos, apresentando os maiores valores de temperatura da área de estudo (superior à 27ºC), semelhantemente ao campo térmico das 18 horas.

A temperatura apresentou-se bastante homogênea do ponto 1 ao 11 do transecto 2 (29ºC). Estes pontos definiram uma ilha de calor de média magnitude (4ºC). Os pontos 13, 14 e 15 do transecto 2, na rua Major Duarte, apresentaram-se mais aquecidos (28ºC) do que os pontos distribuídos ao longo do transecto 1, formando uma ilha de calor de média magnitude (3ºC).

Os pontos de 1 a 4 do transecto 1, na rua Sete de Setembro, registraram valores de temperatura em torno 27ºC, inferiores aos do transecto 2. Os pontos 4 e 5 do transecto 1 individualizaram uma ilha de frescor de fraca magnitude (-2ºC).

Os pontos 7 e 8 do transecto 1, embora situados em uma rua com intenso fluxo de veículos, concentração de edifícios comerciais e residenciais, escassa presença de vegetação e alta impermeabilização do solo, como é a rua do Acampamento, definiram uma ilha de frescor de média magnitude (-3ºC). Os pontos de 10 a 13 do transecto 1, na Avenida Fernando Ferrari, porção sul do “festão colinoso”, apresentaram os menores valores de temperatura do horário (inferior à 26ºC), se constituindo numa ilha de frescor de média magnitude (-4ºC). A presença do morro testemunho, Cerrito e sua vegetação pode, em determinadas condições de tempo e horário, exercer influência sobre o comportamento térmico e higrométrico dos pontos 11, 12 e 13 do transecto 1.

Em relação ao campo higrométrico (Figura 55B) verifica-se que os menores valores de umidade do ar foram registrados na porção oeste da área de estudo e no bairro Centro (inferior à 51%), justamente as áreas mais aquecidas do horário de registro dos dados. Os maiores valores de umidade do ar foram registrados no centro das ilhas de frescor localizadas ao longo do transecto 1 e na porção leste da área de estudo (superior à 53%). Os bairros situados na porção norte da área de estudo, como o bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Chácara das Flores, Salgado Filho e Itararé, em função da presença do Rebordo do Planalto e da influência de sua vegetação, apresentaram-se mais úmidos do que o bairro Centro.

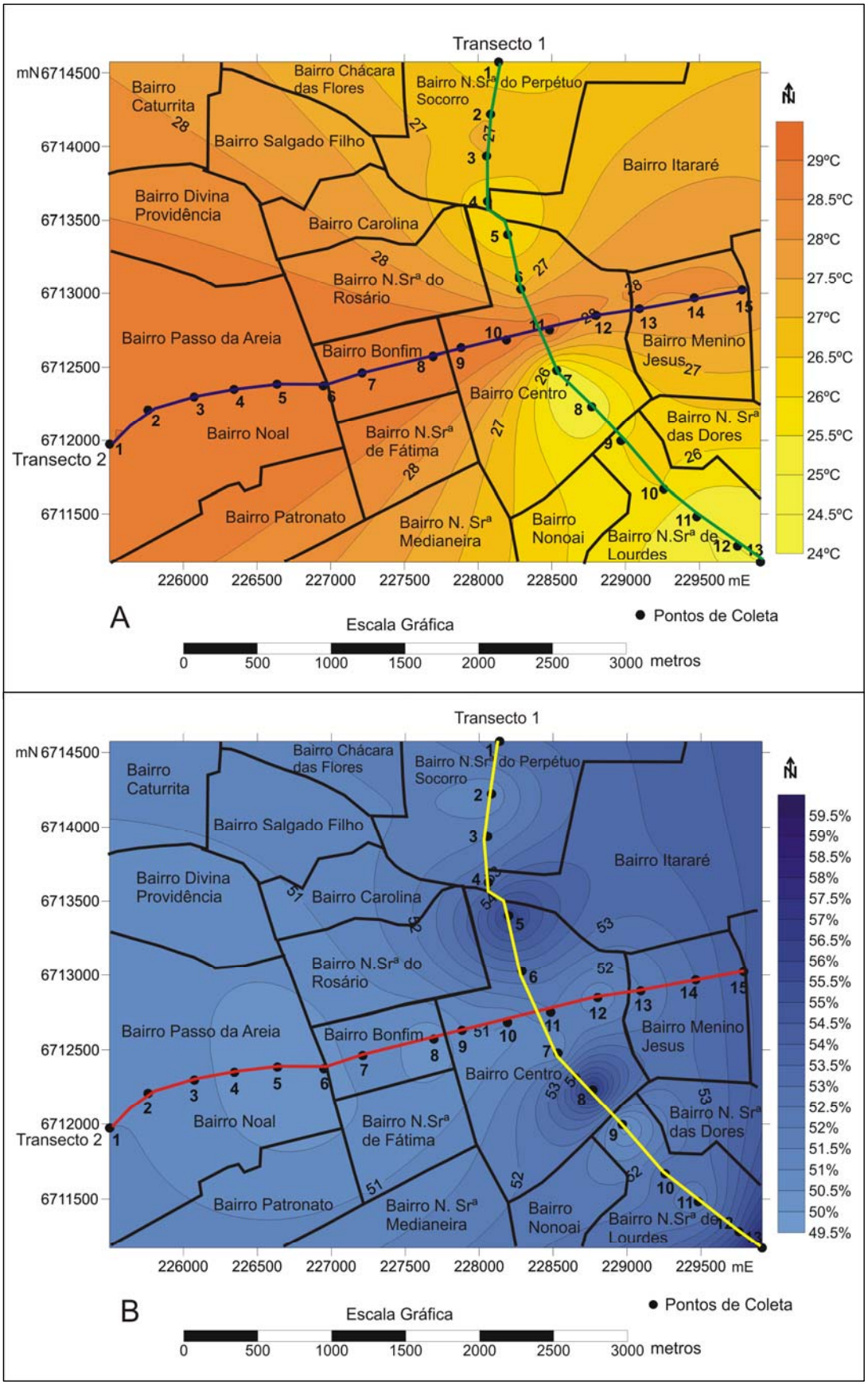


Figura 55: Campo térmico (A) e higrométrico (B) intra-urbano de Santa Maria/RS, às 21 horas do dia 06 de janeiro de 2009, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.
Fonte dos dados: Trabalho de Campo.
Autor: COSTA, E.R.da. (2009).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os campos térmico e higrométrico da área de abrangência dos transectos, tanto no dia de coleta sob domínio da Massa Polar Atlântica, no inverno, quanto no domínio da Massa Polar Velha ou modificada, no verão, estão condicionados ao movimento aparente diário do sol e a exposição das vertentes à radiação solar.

Condicionantes geoecológicos do sítio urbano de Santa Maria, como a proximidade do Rebordo do Planalto e sua vegetação possivelmente exercem influência sobre o campo térmico e higrométrico das áreas próximas a este compartimento geomorfológico. Neste sentido, os pontos 1, 2, 3 e 4 do transecto 1, bem como os bairros situados ao norte da área de estudo, como o Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Chácara das Flores, Itararé, Salgado Filho e Caturrita, podem ter seus valores de temperatura e umidade influenciados pela ação moderadora da vegetação do Rebordo do Planalto.

O papel da mistura e da inércia térmica dos solos rurais na configuração do campo térmico e higrométrico da área de estudo, somente ficou bem evidente às 9 horas do dia 14 de agosto de 2008, quando do domínio das condições de tempo pela Massa Polar Atlântica. Estes fatores, aliados a presença de campos e espaços abertos à insolação direta na porção oeste da área de estudo fizeram com a mesma apresentasse temperaturas mais elevadas do que o Centro de Santa Maria, às 9 horas da manhã. No entanto, deve-se destacar que é somente no período da manhã que a área central irá apresentar as temperaturas mais brandas, pois no decorrer do dia com o gradativo aumento da incidência da insolação, esta área irá corresponder ao centro da ilha de calor urbana, sobretudo à noite, conforme o modelo proposto por Oke (1982).

Somente no inverno o CBD (Central Bussines District) de Santa Maria apresentou temperaturas mais brandas que o entorno às 9 horas da manhã, pois no verão tal área, bem como a parte oeste da cidade, apresentou-se mais aquecida que o entorno rururbano. Neste sentido, os cartogramas do campo térmico das 18 horas no inverno e das 18 horas no verão, exemplificam o comportamento diferenciado em relação a temperatura entre o centro da cidade e a periferia.

Analisando-se o campo termo-higrométrico da cidade de Santa Maria nas duas situações de tempo atmosférico pré-selecionadas ficou evidente a importância do Parque Itaimbé para a configuração de uma ilha de frescor na escala

microclimática. Isto demonstra a importância da vegetação na regulação térmica da cidade, contribuindo decisivamente para reduzir o desconforto térmico gerado pelas ilhas de calor no verão e para a melhoria da qualidade ambiental dos citadinos.

No dia 14 de agosto de 2008, às 9 horas da manhã, o céu encontrava-se encoberto (nevoeiro de inversão elevada); às 10 da manhã a nebulosidade diminui e aumenta a entrada de radiação solar. O dia todo o céu permaneceu parcialmente nublado (sol entre poucas nuvens) com vento intraurbano leve do quadrante sul. Esta nebulosidade, aliada a característica de menor entrada e concentração de radiação no inverno, fez com que não houvesse grandes diferenças térmicas entre o centro e a periferia da área de estudo, pois as ilhas de calor e de frescor verificadas, nos horários de coleta, foram todas de fraca e média magnitude, conforme Garcia (1996).

A maior amplitude térmica encontrada na área de estudo no dia 14 de agosto de 2008 foi de 6ºC às 9 horas da manhã, em função do maior aquecimento do entorno rural da porção oeste em relação ao centro da cidade, conforme cartograma da figura 44A. Os resultados encontrados por Saydelles (2005, p.188) quando da análise da cartografia térmica digital topoclimática de Santa Maria, às 9h e 45 minutos do dia 19/06/2002, são semelhantes aos encontrados nesta dissertação quando da análise do campo térmico e higrométrico das 9 horas do dia 14 de agosto de 2008, principalmente em relação as áreas mais e as menos aquecidas do horário.

Igualmente ao encontrado por Saydelles (2005), as áreas com temperaturas mais elevadas às 9 horas localizavam-se na porção oeste da área de estudo, as com temperaturas mais baixas na porção norte, as de temperatura moderada no centro e leste e de temperatura mais brandas na porção sul.

Ao se analisar o campo térmico do dia 06 de janeiro de 2009 nos cinco horários de coleta dos dados (9, 12, 15, 18 e 21 horas), percebeu-se, o movimento migratório das ilhas de calor da vertente leste, no período da manhã, para as vertentes voltadas para o quadrante norte e oeste, nos períodos do meio-dia e à tarde. A maior amplitude térmica encontrada na área de estudo no dia 06 de janeiro foi de 9ºC, às 9 horas da manhã, mas diferentemente do que ocorreu às 9 horas do dia 14 de agosto de 2008, a área mais aquecida não foi o oeste, mas o leste e o bairro Centro (CBD) de Santa Maria.

As condições de tempo ocorridas no dia 06 de janeiro de 2009 (verão), com céu limpo, ventos calmos à leve e com forte incidência de radiação solar na

superfície, favoreceram a formação de ilhas de calor e de frescor de magnitude média, forte e muito forte, bem como o contraste térmico entre o centro e a periferia da área de estudo. Sob tais condições de tempo, as variáveis geourbanas e geoecológicas do sítio urbano conseguiram responder termicamente ao nível de topo e microclima às imposições da circulação atmosférica a nível regional, configurando o clima urbano.

O bairro Centro, onde se concentra o maior número de edifícios com até 20 andares, desenvolvimento vertical significativo e alta densidade populacional, com ruas asfaltadas e intensa movimentação de tráfego tanto de veículos quanto de pedrestes, se constituiu no cume ou "*peak*" de algumas ilhas de calor observadas durante a análise dos campos térmicos das duas situações trabalhadas em seus respectivos horários.

O bairro Centro apresenta ainda a maioria de suas vertentes expostas para os quadrantes oeste e sul recebendo assim maior insolação durante o meio dia e à tarde, o que contribui para a formação de ilhas de calor de elevada magnitude no verão, acentuando o desconforto térmico.

A imposição dos fatores relevo, cobertura vegetal, altimetria e uso dos solos rurais circunvizinhos imperam na definição e no comportamento do campo térmico de superfície santamariense no nível mesoclimático, fato que certamente influencia na diversificação do cenário topoclimático (SAYDELLES, 2005, 136). Isto ficou comprovado neste estudo, podendo-se acrescentar ainda o papel da orientação das vertentes, a altura do sol (ângulo solar), movimento aparente diário do sol e o tipo de uso do solo urbano, entre outros fatores na configuração do campo térmico e higrométrico da área em estudo.

A metodologia empregada na coleta (transectos) e na análise dos dados (Sistema Clima Urbano) possibilitou a obtenção dos valores de temperatura e umidade relativa da área de estudo em duas situações meteorológicas distintas, bem como permitiu relacionar a constituição do campo térmico e higrométrico à circulação atmosférica regional e sua interação com os elementos geoecológicos e geourbanos encontrados no sítio urbano de Santa Maria.

Assim os objetivos propostos foram alcançados, destacando-se a importância deste tipo de estudo para o planejamento urbano/ambiental da cidade visando a melhoria da qualidade de vida e o bem-estar dos citadinos.

7 REFERÊNCIAS

ADEBAYO, Y.R. Aspects of the variation in some characteristics of radiation budget within the urban canopy of Ibadan. **Atmospheric Environment, 24**: 9–17, 1990.

AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de Calor em Birigüi/SP. **Revista Brasileira de Climatologia Geográfica**, v. 1, n.1, p. 121-130, 2005.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução.: Maria Juraci Zani dos Santos. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332p.

BIASI, M. de. A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia.** n. 6. São Paulo: USP, 1992, p. 45-60.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre:** uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local. 1998. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia/CFCH/UFSC, Florianópolis, 1998.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1986. 210p.

DUARTE, D.H.S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos, na região de clima tropical continental**. São Paulo: USP, 2000.

DUMKE, E.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)**. 2007. 429f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

FERREIRA, M.J., OLIVEIRA, A.P., SOARES, J., BÁRBARO, E. W., CODATO, G., MARCIOTTO, E.R. E SILVA, M. Evolução diurna do balanço de radiação na superfície da cidade de São Paulo, Brasil. In: 8º CONGRESO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2007, Cuzco. **Anais**..., Cuzco/Peru, 2007.p.1-9.

GARCÍA, F.F. **Manual de climatología aplicada:** clima, médio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 1996. 285p.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia – o clima da camada de ar junto ao solo**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. 639p.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer**. Colorado, 2007. Versão 8.0. 1 CD-ROM. Software.

GOMES, M.A.S.; SOARES, B.R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.1, n.1, p. 19-29, jun, 2003.

GONÇALVES, N.M.S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.de A.; MONTEIRO, C.A.F. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2003.192p.

GUSTAVSON, T. Variation in road surface temperature due to topography and wind. **Theoretical and applied climatology**, n.41, 1990, p.227-236.

GUZZO, P. **Estudo dos espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes de dois setores urbanos**. 1999. 125f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente)-UNESP – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Imagens de Satélites GOES-12. Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 20. jan. 2009.

INPE/DPI (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Processamento de Imagens). **SPRING**. São José dos Campos, 2005. Versão 4.3.3. Sistema de Informações Geográficas.

LANDSBERG, H.E. Man-Made Climatic Changes. **Science**, n.170, p. 1265-1274, 1970.

_____. O clima das cidades. Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.18, p.95-111, 2006.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.224p.

MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91p.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Universidade Federal de Santa Maria/CCNE/Departamento de Geociências, Santa Maria: Ed. da UFSM, 1990.

MARINHA DO BRASIL. Cartas sinóticas de superfície. Disponível em: <https: //www.mar.mil.br/dhn/meteo/prev/avisos/avisos.htm>. Acessos em: 13. ago.2008 e 06.jan.2009.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra-D.C. Luzzato, 1996.199p.

MENDONÇA, F.de A. **O clima e o planejamento urbano das cidades de porte médio e pequeno:** proposições metodológicas para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994, 322f. Tese (Doutorado em Geografia)-Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

_____. Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbana-metropolitana: esboço metodológico da experiência sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. In: **Revista de Meio Ambiente e Desenvolvimento** -

Cidade e Ambiente Urbano. Publicação quadrimestral do Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR. n. 3, 2001. p. 79-95.

_____. Clima e planejamento urbano em Londrina. In: MENDONÇA, F.de A.; MONTEIRO, C.A.F. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2003.192p.

MENDONÇA, F.de A.; MONTEIRO, C.A.F. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2003.192p.

MINAKI, C.; AMORIM, M.C.C.T. Clima Urbano em Guararapes/SP:episódios de verão e de inverno. **Geografia**, Rio Claro, v.32, n.2, p.295-318, mai./ago.2007.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976.184f. Tese (Livre docência em Geografia). Instituto de Geografia da USP, São Paulo, Série Teses e Monografias, 1976.

_____. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "clima urbano". **Geosul**, Florianópolis, ano V, n.9, p. 80-114, jul. 1990.

_____. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F.de A.; MONTEIRO, C.A.F. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2003.192p.

NEVES, L. P. **Adoção do Partido na Arquitetura**. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBa,1989. 206p.

NUNES, L.H. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista do Instituto de Geografia**. São Paulo, v.19, n.1/2, p. 71-73, 1998.

_____. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Revista Terra Livre** – Mudanças Climáticas: Repercussões Globais e Locais, ano 19, v. 1, n. 20, AGB, São Paulo, 2003, p. 101-110.

OLIVEIRA, I.M.D. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa em Porto Alegre em Janeiro de 1982:** contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/ FFLCH/USP, São Paulo, 1987.

OLIVEIRA, I. M. D.; BAKONYI, S. M. C.; BRITTO, D. M.; DANI, I.; IURK, J. N.; LOPES, E. A.; MARQUES, A. C.; PINHEIRO, C. F.; SANTIS, D. G. D.; TELES, M. A.; VESTENA, L. R; WATANABE, B.. Implicações da Verticalidade no Perfil Térmico Urbano: O Exemplo de Curitiba/PR. In: **IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA**, 2000, Rio de Janeiro. Clima & Ambiente: Riscos, Impactos e Sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2000 (apresentado).

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. Londres: Ethuen & Co, 1978.372p.

RIBEIRO, A.G. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v.23, n.45-46, p. 288-294, 1992.

ROSSET, F. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas, estudo de caso:** Erechim, RS. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)-Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos, 2005.

SANT'ANNA NETO, J.L. (Org.). **Os climas das cidades brasileiras:** São Luís (MA), Aracajú(SE), Campo Grande(MS), Petrópolis(RJ), Sorocaba(SP), Penápolis(SP) e Presidente Prudente (SP), UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia-FCT, Programa de Pós-Graduação em Geografia-Laboratório de Climatologia, 2002. 227p.

SARTORI, M.G.B. **O clima de Santa Maria, RS:** do regional ao urbano. 1979. 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/FFCLH/USP, São Paulo, 1979.

_____. A circulação atmosférica regional e as famílias de tipos de tempo identificadas na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.3, p.101-110, 1981.

_____. Balanço Sazonário da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria-RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.2, p.41-53, 1980.

_____ .Considerações sobre a ventilação nas cidades e sua importância no planejamento urbano. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.6, p.59-74, 1984.

_____ . Modelização do clima urbano de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.8, p. 53-65, 1986.

_____. **Clima e Percepção**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 2000.

SAYDELLES, A.P. **Estudo do campo térmico e das Ilhas de Calor urbano em Santa Maria-RS**. 2005. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, 2005.

SAYDELLES, A.P.; SARTORI, M.G.B. Estudo da insolação direta na área central do perímetro urbano de Santa Maria-RS. **Geografia**, v. 29, n. 3, p. 453-468, 2004.

SELLERS, A.H.; ROBINSON, P.J. **Contemporary Climatology**. New York-USA: Longman Group Limited, 1986. 440p.

SILVA, L.T.da.; TOMMASELLI, J,T.G.; AMORIM, M.C.C.T. O clima urbano de Penápolis-SP: um episódio de inverno. In: SANT'ANNA NETO, J.L. (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**: São Luís (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP), UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia-FCT, Programa de Pós-Graduação em Geografia-Laboratório de Climatologia, 2002. 227p.

SPIRN, A. W. **O Jardim de Granito**: A natureza do Desenho da Cidade. São Paulo: Editora da USP, 1995. 345p.

SPOSITO, M.E.B. **Capitalismo e urbanização**. 5.ed. São Paulo: Contexto, 1994. 80p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Perfil da ilha de calor urbana. Disponível em: http://www.epa.gov/. Acesso: Jan/2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses: MDT/Universidade Federal de Santa Maria**. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. 6. ed. rev. e ampl. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2006. 67 p.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo