

GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES

**VARIABILIDADE DA RADIAÇÃO EM ONDAS LONGAS EM UMA
CIDADE DE PORTE MÉDIO: Experimentos nos espaços livres
em São Carlos-SP.**

São Carlos
2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
ENGENHARIA AMBIENTAL

GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES

VARIABILIDADE DA RADIAÇÃO EM ONDAS LONGAS EM UMA
CIDADE DE PORTE MÉDIO: Experimentos nos espaços livres em
São Carlos-SP.

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências da Engenharia
Ambiental, da Escola de Engenharia de São
Carlos, Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO AUGUSTO FELÍCIO

São Carlos
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

N513v Neves, Gustavo Zen de Figueiredo
Variabilidade da radiação em ondas longas em uma
cidade de porte médio: experimentos nos espaços livres
em São Carlos-SP / Gustavo Zen de Figueiredo Neves;
orientador Ricardo Augusto Felício. São Carlos, 2014.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental e Área de
Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2014.

1. Clima urbano. 2. Climatologia dinâmica. 3.
Paisagismo. 4. Temperatura de superfície. 5.
Planejamento urbano. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Geógrafo **GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES**

NEVES, G. Z. F. **Variabilidade da radiação em ondas longas em uma cidade de porte médio: Experimentos nos espaços livres em São Carlos-SP**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

Data da Defesa: 01/12/2014

Prof. Dr. **Ricardo Augusto Felício**
(Orientador)

(Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo/FFLCH-USP)

APROVADO

Prof. Associado **Francisco Arthur da Silva Vecchia**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Titular **Silvio Soares Macedo**

(Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo/FAU-USP)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

**À minha família pela educação e
aos professores pela formação.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Ricardo Augusto Felício, orientador, por ter aceitado o desafio da pesquisa, aos conselhos e orientações durante o trabalho;

- Ao Prof. Titular Sílvio Soares Macedo, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, coordenador do Projeto Temático QUAPÁ-SEL, pelo auxílio financeiro para aquisição dos equipamentos e as orientações de pesquisa;

- Ao Prof. Associado Francisco Arthur da Silva Vecchia, Diretor do Centro de Ciências da Engenharia Aplicadas ao Meio Ambiente – CCEAMA/USP, pela amizade, diálogos filosóficos e orientações de pesquisa;

- Aos amigos do Núcleo de Climatologia: Grace, Elis Dener, Núria, Rafael, Perucci, Danniele, Bruno e os técnicos André e Betão;

- Ao Prof. Msc. Valdir Specian, Universidade Estadual de Goiás, Diretor do Campus Iporá, pela amizade, confiança e apoio;

- Aos colegas de São Carlos, da Pós-Graduação em Geotecnia e Engenharia Ambiental e do Atletismo CAASO;

- À CAPES pelo auxílio financeiro;

- Aos colegas da Universidade Estadual de Goiás, pela oportunidade do profícuo convívio acadêmico e de pesquisa;

- Aos amigos pesquisadores do Grupo de Estudos da Localidade, da FFCLRP/USP, pela aprendizagem e conhecimento;

- À minha família de Curitiba por ter compreendido minha ausência nos anos que se passaram e que virão;

- À família de Ribeirão Preto, que me acolheu, deu suporte e confiança para eu pudesse seguir em frente;

- À mulher da minha vida, Carla, pela atenção, dedicação e amor.

"[...] as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese [...] devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define".

**Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro
Análise Rítmica em Climatologia (1971).**

RESUMO

NEVES, G. Z. F. **Variabilidade da radiação em ondas longas em uma cidade de porte médio: Experimentos nos espaços livres em São Carlos-SP.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

O balanço de energia e o fluxo radiativo produzidos nas superfícies urbanas não são objetos de muitos estudos no Brasil. Este trabalho objetivou verificar a variabilidade dos fluxos de energia em ondas longas em uma cidade Tropical de Altitude de porte médio. A metodologia fundamenta-se na utilização de um termômetro digital infravermelho fixado em um tripé, com a aferição manual de pontos cardeais e colaterais nas inclinações de -10° , 0° , 10° , 25° e 35° , em diversas classificações do uso do solo urbano definidas pelo Laboratório Quadro do Paisagismo do Brasil - QUAPÁ. Realizaram-se onze experimentos de campo na cidade de São Carlos-SP em episódios climáticos representativos de Inverno e Verão. As invasões polares na cidade de estudo, em fase de domínio, impõem as condições iniciais dos tipos de tempo com valores termais de superfície mais brandos quando comparados com a fase tropicalizada. Nas pesquisas de campo as temperaturas mais elevadas foram registradas para as angulações -10° e 0° altura aproximada ao nível do pedestre. Os padrões térmicos observados *in situ* foram correspondentes para algumas tipologias e outras não, pois dependem de fatores multi escalares como advecção, camada intraurbana, fluxos de calor sensível e calor latente.

Palavras-chave: Clima Urbano; Climatologia Dinâmica; Paisagismo; Temperatura de Superfície; Planejamento Urbano.

ABSTRACT

NEVES, G. Z. F. **Variability of longwave radiation in a midsize city: Experiments in free spaces in São Carlos-SP.** 2014. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

The energy balance and the radiative flux produced in urban areas are not objects of many studies in Brazil. This research aimed to determine the variability of flows of energy in long waves in a Tropical midsize city. The methodology is based on the use of an infrared digital thermometer fixed on a tripod, with the manual measurement of cardinal points and the side slopes of -10° , 0° , 10° , 25° , and 35° , in various classifications of urban land use defined by the Laboratory Quadro do Paisagismo do Brasil - QUAPÁ. Has been made in São Carlos-SP eleven field trials representative climatic episodes in winter and summer. The polar invasions in the city of study, in phase of domain, imposes the initial conditions of weather types with thermal values surface over mild compared with the tropicalized phase. In field trials the highest temperatures were recorded for the angles -10° and 0° to the approximate height of the pedestrian level. The thermal patterns observed in local were corresponding to some classifications and not to others, because they depend on multi scalar factors as advection, intraurban layer, flows sensible heat and latent heat.

Keywords: Urban Climate; Dynamic Climatology; Landscaping; Surface Temperature; Urban Planning.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente de Emissividade (ϵ) para algumas superfícies.....	24
Tabela 2: Organização das escalas espacial e temporal do clima.....	29
Tabela 3: Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.....	32
Tabela 4: Dias com chuva em São Carlos – Período estudado 1977/2011*.....	45
Tabela 5: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 1.....	62
Tabela 6: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 1.....	63
Tabela 7: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 1.....	64
Tabela 8: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 1.....	64
Tabela 9: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 1.....	65
Tabela 10: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 2.....	71
Tabela 11: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 2.....	71
Tabela 12: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 2.....	72
Tabela 13: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 2.....	73
Tabela 14: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 2.....	73
Tabela 15: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 3.....	80
Tabela 16: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 3.....	80
Tabela 17: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 4.....	85
Tabela 18: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 4.....	86
Tabela 19: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 4.....	87
Tabela 20: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 4.....	88
Tabela 21: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 4.....	89
Tabela 22: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 5.....	94
Tabela 23: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 5.....	95
Tabela 24: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 5.....	96
Tabela 25: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 5.....	96
Tabela 26: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 5.....	97
Tabela 27: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 6.....	103
Tabela 28: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 6.....	103
Tabela 29: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 6.....	104
Tabela 30: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 6.....	105
Tabela 31: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 6.....	105
Tabela 32: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 7.....	111
Tabela 33: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 7.....	111
Tabela 34: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 7.....	112
Tabela 35: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 7.....	113
Tabela 36: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 7.....	113
Tabela 37: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 8.....	118
Tabela 38: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 8.....	119
Tabela 39: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 8.....	120
Tabela 40: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 8.....	120
Tabela 41: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 8.....	121
Tabela 42: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 9.....	126
Tabela 43: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 9.....	127
Tabela 44: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 9.....	128
Tabela 45: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 10.....	132
Tabela 46: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 10.....	133
Tabela 47: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 10.....	134
Tabela 48: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 10.....	134
Tabela 49: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 10.....	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da energia solar total para o sistema Terra-Atmosfera.....	22
Figura 2: Absorção seletiva da radiação solar e terrestre por parte da atmosfera.....	23
Figura 3: Composição do espectro eletromagnético.....	25
Figura 4: Balanço global de energia.....	26
Figura 5: Estrutura vertical da atmosfera.....	30
Figura 6: Canal conforto térmico – Subsistema termodinâmico.....	34
Figura 7: Simplificações das formas urbanas (classificadas de 1 a 4).....	37
Figura 8: (A): Espaços Livres às margens do Córrego do Gregório, Av. Comendador Alfredo Maffei, na região central de São Carlos-SP; (B): Nivelamento das calçadas inadequado para a circulação de pedestres na Rua Crisântemos, região norte de São Carlos-SP.....	38
Figura 9: Planta do centro de São Carlos e o padrão de ocupação dos lotes e quadras no século XIX.....	39
Figura 10: Taxa geométrica de crescimento populacional, 1940/2000 (PMSC, 2003).....	40
Figura 11: Localização das áreas de estudo.....	41
Figura 12: Feições climáticas individualizadas no Estado de São Paulo.....	43
Figura 13: Totais pluviométricos mensais de São Carlos segundo as normais climatológicas (2002/2012).....	44
Figura 14: Fluxograma de ordenamento dos procedimentos metodológicos.....	46
Figura 15: Parcelamento tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP.....	49
Figura 16: Parcelamento não tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP.....	50
Figura 17: Parcelamento não tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP.....	51
Figura 18: Encraves e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP.....	52
Figura 19: (1) Representação esquemática dos ângulos de visada; (2) Posições cardeais e colaterais no sentido horário. (A) Termômetro digital infravermelho; (B) Datalogger de temperatura e umidade/Abrigo Meteorológico; (C) Tripé de alumínio.....	54
Figura 20: Relação da Distância do alvo para o Diâmetro de medição.....	56
Figura 21: <i>Data Logger</i> de temperatura e UR.....	56
Figura 22: Abrigo Meteorológico.....	57
Figura 23: Tripé de alumínio.....	57
Figura 24: Representação espacial dos experimentos de campo em São Carlos.....	60
Figura 25: Fotografia aérea das imediações do Ponto 1.....	61
Figura 26: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 23/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.....	66
Figura 27: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (23/08/2013).....	68
Figura 28: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (23/08/2013).....	68
Figura 29: Fotografia aérea das imediações do Ponto 2.....	69
Figura 30: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 28/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.....	75
Figura 31: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (29/08/2013).....	77
Figura 32: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (29/08/2013).....	77
Figura 33: Fotografia aérea das imediações do Ponto 3.....	78
Figura 34: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 29/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.....	81
Figura 35: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (29/08/2013).....	83
Figura 36: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (29/08/2013).....	83
Figura 37: Fotografia aérea das imediações do Ponto 4.....	84
Figura 38: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 30/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.....	90
Figura 39: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (30/08/2013).....	92
Figura 40: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (30/08/2013).....	92
Figura 41: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 5.....	93
Figura 42: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 31/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.....	98
Figura 43: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (31/08/2013).....	100

Figura 44: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (31/08/2013).	100
Figura 45: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 6.	101
Figura 46: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 02/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	106
Figura 47: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (02/09/2013).	108
Figura 48: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (02/09/2013).	108
Figura 49: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 7.	109
Figura 50: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 05/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	114
Figura 51: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (05/09/2013).	116
Figura 52: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (05/09/2013).	116
Figura 53: Fotografia aérea das imediações do Ponto 8.	117
Figura 54: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 06/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	121
Figura 55: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (06/09/2013).	124
Figura 56: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (06/09/2013).	124
Figura 57: Fotografia aérea das imediações do Ponto 9.	125
Figura 58: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 07/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	128
Figura 59: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (07/09/2013).	130
Figura 60: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (07/09/2013).	130
Figura 61: Fotografia aérea das imediações do Ponto 10.	131
Figura 62: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 08/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	135
Figura 63: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (08/09/2013).	137
Figura 64: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (08/09/2013).	137
Figura 65: Fotografia aérea das imediações do Ponto 11.	138
Figura 66: Registros fotográficos das visadas cardeais e colaterais do Ponto 11 e o perfil transversal da localidade. Fonte: Acervo pessoal (2014).	139
Figura 67: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo -10° nos setores cardeais e colaterais.	142
Figura 68: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 0° nos setores cardeais e colaterais.	145
Figura 69: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 10° nos setores cardeais e colaterais.	147
Figura 70: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 25° nos setores cardeais e colaterais.	149
Figura 71: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 35° nos setores cardeais e colaterais.	152
Figura 72: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 04/02/2014, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos.	153
Figura 73: Representação gráfica de alguns elementos meteorológicos – Episódios representativos dos experimentos de campo.	155
Figura 74: Representação gráfica de alguns elementos meteorológicos – Episódio representativo do experimento de campo no período de Verão.	156
Figura 75: Parcelamento do solo e volumetria intraquadra.	158
Figura 76: Parcelamento do solo e volumetria intraquadra: Síntese.	167
Figura 77: Arborização Intraquadra.	168
Figura 78: Espaços Livres Intraquadra.	169
Figura 79: Recuos Intraquadra.	170
Figura 80: Representação esquemática da atmosfera urbana com destaque para as diferentes dimensões na área suburbana.	174

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Experimento de Campo referente ao Ponto 1.....	67
Quadro 2: Experimento de Campo referente ao Ponto 2.....	76
Quadro 3: Experimento de Campo referente ao Ponto 3.....	82
Quadro 4: Experimento de Campo referente ao Ponto 4.....	91
Quadro 5: Experimento de Campo referente ao Ponto 5.....	99
Quadro 6: Experimento de Campo referente ao Ponto 6.....	107
Quadro 7: Experimento de Campo referente ao Ponto 7.....	115
Quadro 8: Experimento de Campo referente ao Ponto 8.....	123
Quadro 9: Experimento de Campo referente ao Ponto 9.....	129
Quadro 10: Experimento de Campo referente ao Ponto 10.....	136

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

cm – Centímetro

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

S – Diâmetro do Ponto

DSA – Divisão de Satélites Ambientais

D – Distância do Alvo

K_{EX} – Entrada de Energia Solar

fPA – Frente Polar Atlântica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR – Infravermelho Termal

L - Leste

mPA – Massa Polar Atlântica

mPV – Massa Polar Velha

mTA – Massa Tropical Atlântica

mTC – Massa Tropical Continental

μm - Micrômetro

mm – Milímetro

N – Norte

NE - Nordeste

NO - Noroeste

O – Oeste

PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos

SCU – Sistema Clima Urbano

SEL – Sistema de Espaços Livres

STA – Sistema Terra Atmosfera

S – Sul

SE – Sudeste

SO - Sudoeste

UCL – *Urban Canopy Layer*

UR – Umidade Relativa do Ar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	17
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1 SISTEMA TERRA - ATMOSFERA.....	22
3.2 LEI DE STEFAN-BOLTZMAN	23
3.3 O BALANÇO DE RADIAÇÃO.....	24
3.4 ESCALAS DE ABORDAGEM EM CLIMATOLOGIA.....	26
3.5 CAMADA LIMITE PLANETÁRIA	30
3.6 CLIMA URBANO.....	31
3.7 SISTEMAS DE ESPAÇOS LIVRES	36
4 ÁREA DE ESTUDO	39
4.1 EXPANSÃO URBANA DE SÃO CARLOS	39
4.2 ASPECTOS FÍSICOS DE SÃO CARLOS.....	41
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
5.1 MÉTODO	46
5.1.1 Gabinete	46
5.1.2 Laboratório.....	47
5.1.3 Campo	53
5.2 MATERIAIS	55
5.2.1 Termômetro Digital Infravermelho.....	55
5.2.2 Data Logger de temperatura e umidade relativa do ar.....	56
5.2.3 Abrigo Meteorológico	57
5.2.4 Tripé de alumínio	57
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
6.1 EXPERIMENTOS DE CAMPO.....	59
6.1.2 Ponto 2 – Espaços Livres – “Calçadão”.....	69
6.1.3 Ponto 3 – Espaços Livres - Parques.....	78
6.1.4 Ponto 4 – Espaços Livres – “USP Campus II”	84
6.1.5 Ponto 5 – Espaços Livres – Conjuntos Habitacionais Verticalizados	93
6.1.6 Ponto 6 – Espaços Livres – “Avenida São Carlos”	101
6.1.7 Ponto 7 – Espaços Livres – “Bairros Jardins”	109
6.1.8 Ponto 8 – Espaços Livres – “Distrito Industrial”	117

6.1.9 Ponto 9 – Espaços Livres – “Conjuntos Habitacionais Térreos”	125
6.1.10 Ponto 10 – Espaços Livres – “Zona Leste”	131
6.1.11 Ponto 11 – Experimento Diurno e Noturno	138
6.1.12 Episódio climático representativo dos experimentos de campo....	154
6.3 ANÁLISE DOS MAPAS QUAPÁ-SEL	156
6.3.1 Parcelamento do solo e volumetria intraquadra.....	156
7 CONSIDERAÇÕES.....	171
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

É na cidade que a ação do homem se faz com intensidade máxima. O ritmo e a magnitude de produção e armazenamento de calor são profundamente alterados e diferenciados daqueles na zona rural. Este ambiente socialmente construído caracterizou o século XX pela origem de grandes áreas urbanas e conseqüente comprometimento da qualidade ambiental à medida que a urbanização se intensifica (BRANDÃO, 2003).

A formação de condições climáticas intra-urbanas, derivadas da heterogeneidade do tecido urbano e sua estrutura morfológica, carece de estudos do clima das cidades. O conhecimento mais detalhado do seu comportamento torna possível identificar os fatores causadores da diferenciação climática (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003, p. 96) e a interação com os indivíduos que nela vivem.

A proposição teórica do Sistema Clima Urbano elaborada por Monteiro (1976) aponta que a percepção do conforto térmico humano, chamada de componente termodinâmica, possui uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana e suas funções estão intimamente ligados neste processo de produção.

Para um indivíduo que se desloca pelos espaços livres de uma cidade, há um fluxo radiativo emitido pelas superfícies incidindo sobre ele. Este fluxo deve ser sentido principalmente pelos indivíduos cujos corpos ainda não atingiram o equilíbrio térmico com o meio urbano (MACHADO, 2009, p. 130), que é composto por uma variedade de materiais, como o concreto, rocha, asfalto, placas metálicas, tijolos e da própria população em vias de grande circulação cuja amplitude térmica é maior na base das estruturas (paredes, ruas e calçadas).

Por estes fatores não terem sido objetos de muitos estudos, principalmente no Brasil, onde a literatura sobre o tema é escassa, é justamente no cenário urbano em uma cidade de porte médio, de clima tropical de altitude, que procuramos desenvolver o trabalho experimental da observação direta destes fluxos, na escala microclimática, abaixo da linha de

cobertura de elementos construídos como casas e edifícios. Isso permitirá uma nova perspectiva pela qual o balanço energético pode ser experimentado do ponto de vista terrestre e não apenas extraterreno bastante difundido pela utilização de imagens e sensores de satélite. Segundo MACHADO (2009, p. 15), a observação direta dos fluxos pode ser mais reveladora do que a observação do dado aéreo, cuja natureza homogeneizadora pode esconder a essência dos fenômenos que aí se estabelecem.

Para uma avaliação mais acurada, é possível analisar o fato climático por meio dos episódios representativos ou *períodos de observação* dos tipos de tempo, ou seja, a intensidade e a duração de cada massa de ar que predomina sobre um determinado lugar, relacionada aos fenômenos de circulação atmosférica. As consequências do avanço de uma frente fria sobre uma determinada localidade apresentam as características peculiares de cada época do ano analisada (outono, inverno e etc.).

A cidade de São Carlos foi escolhida como referência espacial de estudo por apresentar um papel relevante no cenário regional, estadual, e mesmo nacional. A pujança econômica do Estado de São Paulo, provocada por diversos motivos, principalmente econômicos, resultou no crescimento exponencial das cidades de pequeno e médio porte. Em São Carlos não foi diferente. O desenvolvimento da cidade possui íntima relação com os ciclos econômicos provenientes da agricultura cafeeira, da ferrovia que liga o interior paulista ao porto de Santos-SP, os fluxos migratórios advindos da instalação e consolidação de indústrias de vários seguimentos, principalmente automobilístico e elétrico.

Para Donoso e Queiroga (2012), as principais indústrias que se desenvolveram foram de caráter urbano-industrial e difere São Carlos de outros municípios da região, como Araraquara e Ribeirão Preto, que se industrializaram a partir das atividades agroindustriais. Nas décadas de 1950 e 1960, com a criação da Universidade de São Paulo e Universidade Federal de São Carlos nas áreas de ciências Exatas, ao envolver milhares de estudantes, professores e funcionários, a cidade ficou conhecida como a “Capital da Tecnologia”, pela sua vocação em pesquisas acadêmicas e incubadora de projetos de alta tecnologia.

Segundo o IBGE (2012), São Carlos possui mais de cem mil veículos e vinte e cinco mil motocicletas. Estes e outros fatores refletiram no desenvolvimento e na reorientação dos eixos de expansão urbana (LIMA, 2007, 121), em mais áreas impermeabilizadas no seu núcleo urbano, a verticalização das moradias em diferentes setores e bairros, acréscimo da frota automobilística e conseqüente aumento do ritmo das atividades humanas sobre a cidade.

Em São Carlos, vários trabalhos foram desenvolvidos na área de clima urbano relacionados à temperatura e umidade do ar, áreas verdes e sombreamento, precipitação, simulações numéricas e etc. na tentativa de apontar subsídios para os tomadores de decisão (secretarias municipais de obras, meio ambiente e outras) equacionar os problemas advindos da formação da ilha de calor, desconforto térmico, estimativa da vazão dos rios e das chuvas concentradas.

Entretanto, não há trabalhos experimentais voltados à observação da variação superficial da temperatura e do fluxo radiativo nos espaços livres, que são um dos principais elementos da estrutura urbana. É onde a sociedade faz seu uso cotidiano na forma de mobilidade, circulação, parcelamento e propriedade da terra urbana.

De fato, surgem duas perguntas fundamentais que norteiam a pesquisa:

- A evolução do fluxo radiativo diurno e noturno varia na fase de transição da Massa Polar Atlântica em diferentes épocas do ano?
- Qual é a variação da radiação de ondas longas emitida em diferentes tipologias urbanas nos espaços livres?

A presente pesquisa está disposta da seguinte forma:

Na segunda Seção, são apresentados os objetivos deste trabalho.

Na Seção 3 apresentamos a revisão bibliográfica fundamental com a menção dos principais autores nas áreas de Climatologia Dinâmica e Meteorologia; o estudo e aplicabilidade direcionados ao clima urbano; outros trabalhos recentes colhidos em periódicos indexados nacionais e internacionais, como também teses e dissertações elaboradas nos principais

centros de pesquisa e Programas de Pós-Graduação Brasileiros nas áreas de Geografia, Engenharia Ambiental, Arquitetura e outros, sobre a temática central em questão.

A Seção 4 destina-se a apresentação da área de estudo ressaltando os períodos de desenvolvimento e expansão urbana da cidade; os aspectos fisiográficos característicos de São Carlos, com destaque para a classificação climática e seu regime de chuvas.

Na Seção 5 discutimos a metodologia adotada para a realização do trabalho, detalhando a ordem metodológica da pesquisa, seja na classificação e parcelamento das quadras do Projeto QUAPÁ-SEL, a realização dos experimentos de campo, o tratamento e apresentação dos dados colhidos.

Na Seção 6 apresentamos os resultados dos experimentos de campo realizados entre o período de Outono e Verão, realizados em onze pontos da cidade e as discussões sobre os mapas QUAPÁ-SEL, alicerçadas nos aspectos morfológicos – parcelamento do solo e volumetria intraquadra e outros três mapas auxiliares de arborização, espaços livres e faixas de recuos.

Nas Seções 7 e 8, apresentamos as conclusões da pesquisa e algumas sugestões para futuros trabalhos.

2. OBJETIVOS

- O objetivo geral deste trabalho é verificar as variações dos fluxos de energia em ondas longas, por meio de termômetros infravermelhos e do ar, em diversas tipologias urbanas da cidade de São Carlos.

2.1 Objetivos Específicos

- Estabelecer áreas e tipologias urbanas predispostas a experimentação de campo na cidade de São Carlos, de acordo com a metodologia do Projeto QUAPÁ-SEL;

- Escolher episódios climáticos pós-frontais em condições de ausência de nuvens no céu, por meio da observação da sucessão dos estados atmosféricos, ligados à circulação regional da atmosfera no Estado de São Paulo.

- Testar o termômetro infravermelho por meio de experimentos aleatórios na cidade;

- Realizar os experimentos fixos com os termômetros infravermelhos, nas localidades pré-definidas no tecido urbano de São Carlos;

- Analisar qualitativamente os resultados obtidos nos experimentos fixos com a leitura dos mapas do Projeto QUAPÁ-SEL, com vistas ao planejamento e tomada de decisão de espaços livres qualificados e termicamente confortáveis aos cidadãos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema Terra - Atmosfera

A existência da atmosfera é vital para a manutenção da biosfera terrestre. É nela que ocorrem os fenômenos climáticos. Se não existisse essa massa gasosa, não haveria vida na Terra, nem ocorreriam os ventos, chuvas, nuvens e outros fenômenos meteorológicos (CONTI, 1998, p. 11).

A atmosfera é caracterizada por fenômenos cuja escala espaço-tempo cobrem uma gama muito ampla. As características das escalas espaciais são determinadas pelo seu tamanho típico ou comprimento de onda (VOOGT e OKE, 1997). O intrincado jogo de relações físicas que se estabelece a partir da Terra para a Atmosfera, e vice-versa, ora efeito dos gases, ora efeito das partículas sólidas e líquidas que compõem este meio, interagem radiativamente modificando o balanço de massa e energia (MACHADO, 2009, p. 20).

Dentro deste sistema, na entrada de energia solar, uma parte é perdida pela reflexão das partículas que compõem a atmosfera, nuvens e superfície terrestre. Esta quantidade refletida está vinculada ao tipo de albedo (α_{T-A}) do Sistema Terra-Atmosfera (STA). O total de energia refletida é dada por $K_{EX(\alpha_{T-A})}$ o restante é armazenado como energia e emitido como radiação em ondas longas $L^*_{(T-A)}$ (Figura 1).

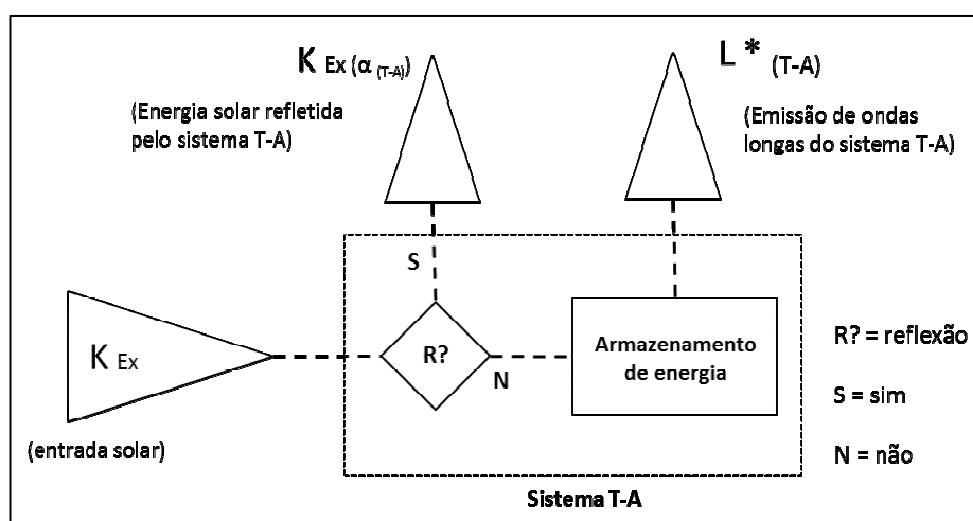


Figura 1: Representação da energia solar total para o sistema Terra-Atmosfera. **Fonte:** OKE, 1983, adaptado por HOFFMANN, M, 2013.

Os fenômenos produzidos na Troposfera resultam dos processos de transferência, transformação e armazenamento de energia e matéria que ocorrem no ambiente formado pela interface terra-atmosfera e que corresponde ao STA (MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M., 2007, p. 32).

A Troposfera é a camada onde os fenômenos climáticos se reproduzem e se individualizam em elementos do tempo e do clima. Nesta camada é que os fluxos de matéria e energia próprios do STA ganham complexidade, pelas interações entre a superfície e a camada de ar sobrejacente e as atividades humanas que nela se realizam. Alguns de seus gases são extremamente eficazes na absorção da radiação de ondas longas emitidas pela superfície da Terra, conforme ilustra a Figura 2.

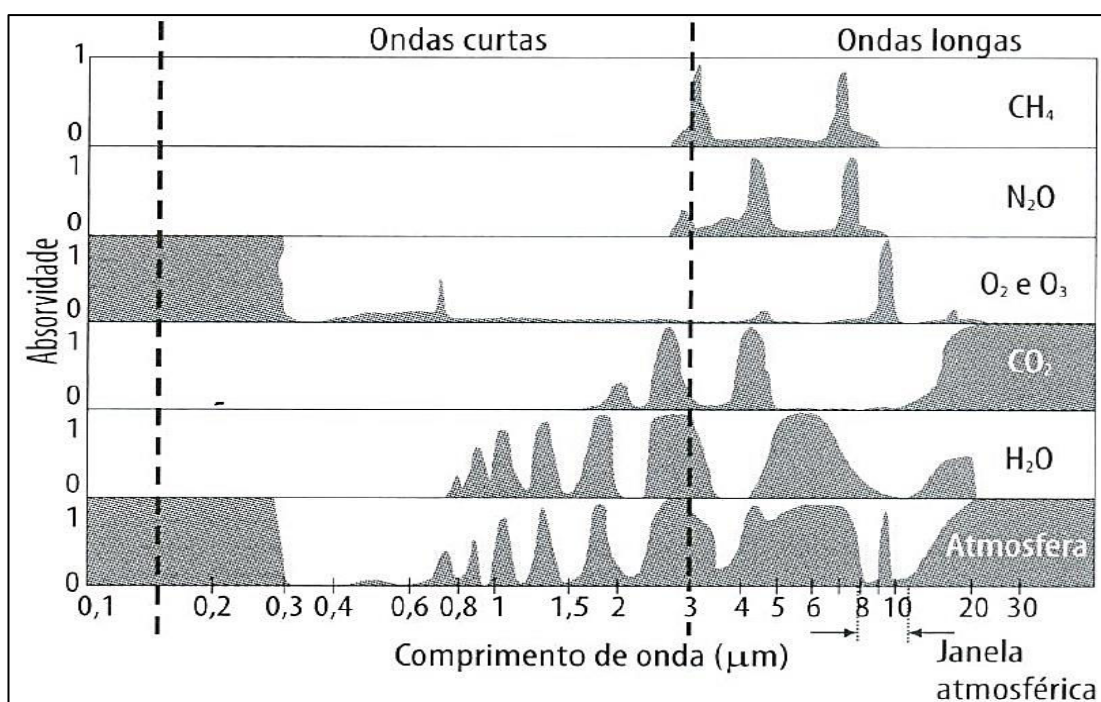


Figura 2: Absorção seletiva da radiação solar e terrestre por parte da atmosfera. **Fonte:** OKE, 1978.

3.2 Lei de Stefan-Boltzman

Em 1879, Josef Stefan mostrou experimentalmente que a radiação emitida pelo corpo negro em todos os comprimentos de onda era proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta. Ludwig Boltzman, em 1884, chegou à comprovação teórica dessa proporcionalidade, através da Termodinâmica.

A expressão analítica que traduz a constante de Stefan-Boltzman é a seguinte (Coulson, 1975; Varejão-Silva, 2006):

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

sendo que ε é o poder emissivo do corpo, conhecido como coeficiente de emissividade (Tabela I); σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($= 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} .\text{K}^{-4}$).

Tabela 1: Coeficiente de Emissividade (ε) para algumas superfícies.

Superfícies	Emissividade
Gramado	0,90 a 0,95
Concreto	0,90 a 0,96
Parede de Tijolo	0,85 a 0,90
Madeira	0,95
Ferro/Aço	0,24
Copa de árvore	0,90 a 0,95
Asfalto	0,95
Água	0,92 a 0,98

Fonte: Oke (1987); Contemp (2013).

3.3 O Balanço de Radiação

A radiação é o principal modo de propagação de energia no STA, uma vez que é por meio da radiação que a energia do Sol chega a Terra. A radiação solar corresponde à emissão de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas (Figura 3).

O espectro eletromagnético é composto por um feixe de raios diferenciados pela magnitude de seus comprimentos de onda e pela frequência com que essas ondas se manifestam (dada em ciclos por segundo), ou pela distancias próprias ondas entre si, tomadas como comprimento de onda (em

centímetro – cm, micrômetro, μm ou angstrom – \AA) (MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M., 2007, p. 33).

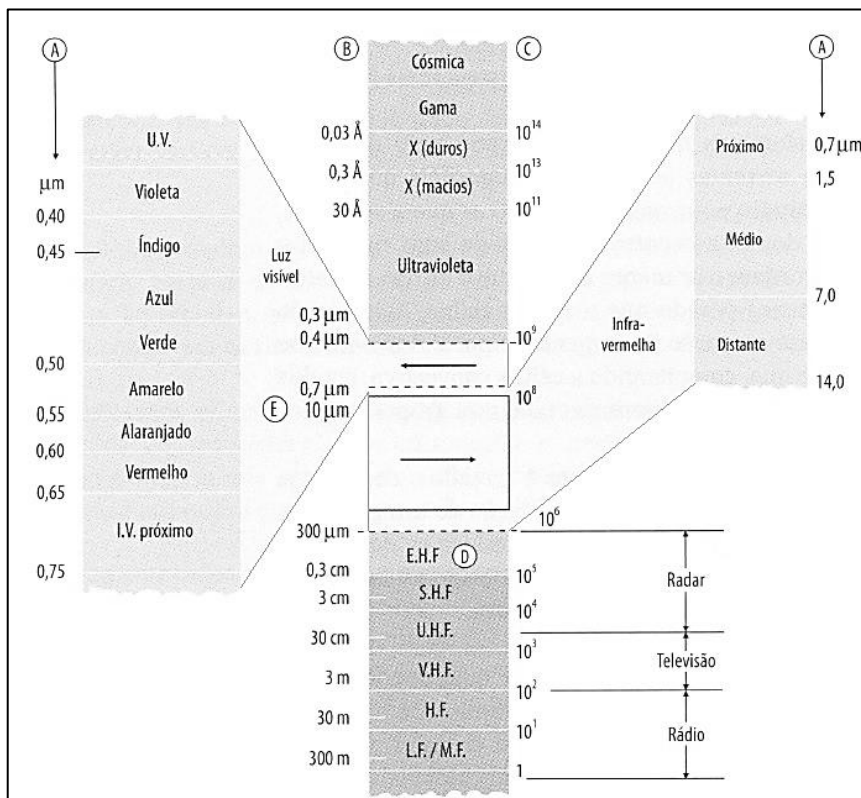


Figura 3: Composição do espectro eletromagnético. Em (A) e (B), os comprimentos de onda são dados em micrômetro (μm : $1\mu\text{m} = 10^{-4}$ cm) e em Angstrom (\AA : $1\text{\AA} = 10^{-8}$ cm). Em (C) é apresentada a frequência em Hertz (Hz: $1\text{Hz} = 1$ ciclo/s). **Fonte:** Coelho, 1976 in Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I.M., 2007.

No STA, a radiação proveniente do Sol é o *input* do Sistema e os processos de emissão, reflexão, transmissão e absorção são os responsáveis pelos fluxos que se efetuam entre a superfície e a atmosfera, responsáveis pelo aquecimento. A troca desses fluxos pode ser contabilizada por meio do balanço de radiação médio anual para o Planeta.

Os processos de balanço de energia são aqueles que envolvem as ondas curtas, relacionadas à radiação solar; as ondas longas são relacionadas à radiação terrestre e a transferência de energia por convecção. As ondas curtas são contabilizadas como saldo de energia e, as ondas longas, como perda de energia (MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M., 2007, p. 34, 35, 36; MACHADO, 2009, p. 127). Essa energia ao atravessar a atmosfera tem seus valores alterados conforme suas características físico-químicas de seus

componentes, uma vez que a atmosfera interage com 50% da energia que entra no Sistema (Figura 4).

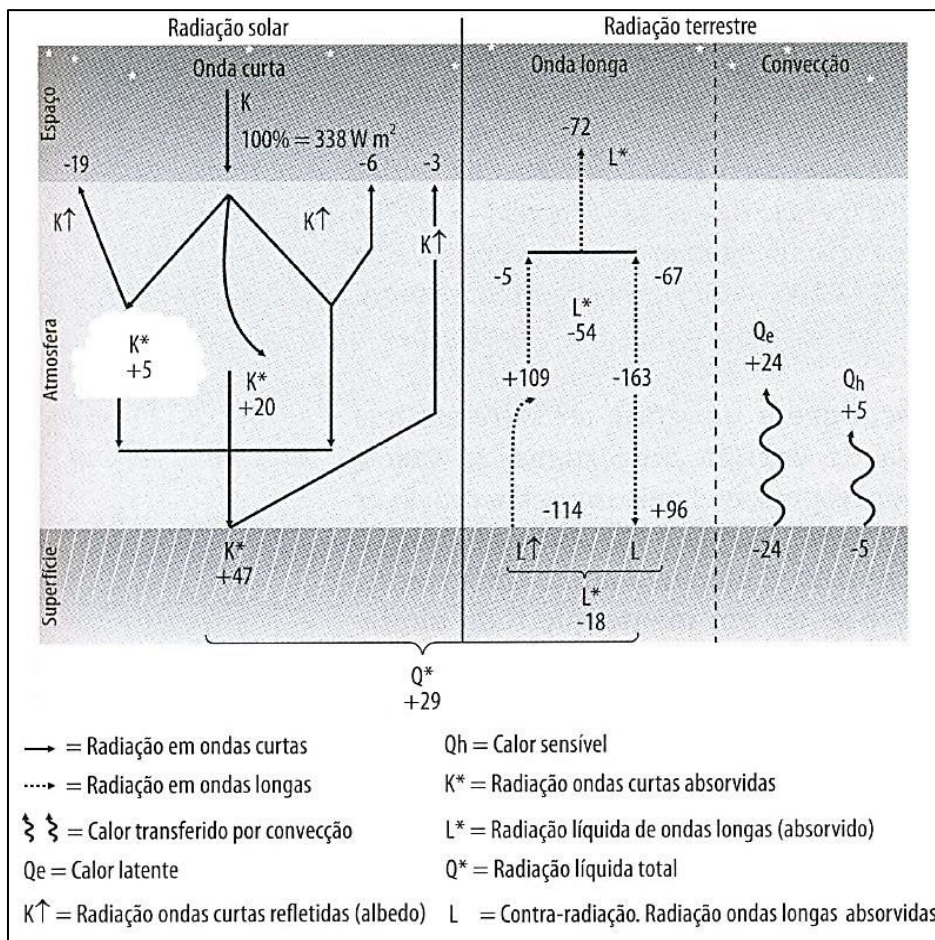


Figura 4: Balanço global de energia. **Fonte:** Oke, 1978, adaptado por Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I.M., 2007.

Ao se mencionar o balanço e fluxo de energia pressupõe-se que a fonte de energia seja natural, ou seja, a radiação solar, que de acordo com Azevedo (2001), ao atravessar a atmosfera, parte da energia solar é convertida em radiação infravermelha. Parte da radiação infravermelha que chega a superfície é interceptada pela atmosfera é reemitida em ondas longas.

3.4 Escalas de Abordagem em Climatologia

Segundo Ribeiro (1993, p. 1), a escala é uma referência de valor arbitrária segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno. O comportamento do tempo e do clima resulta das interações ocorridas na

interface multiespectral que altera a radiação solar através do meio terrestre, envolvendo a litosfera, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera, repercutindo, particularmente, no estado da atmosfera (RIBEIRO, 1993, p.1).

Concordamos com Ribeiro (1993, p.1), quando menciona que o sistema taxonômico climático possui critérios orientadores dispostos a seguir:

- São consideradas escalas superiores àquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores àquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra;
- As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores;
- As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores;
- O grau de dependências da radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores;
- Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro;
- A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em Climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre.

É importante observar que, com a redução das escalas de grandeza espacial, altera-se a velocidade das mudanças temporais dos parâmetros climáticos considerados. Exige-se um ajustamento da unidade de tempo adequado para captar as mudanças que fluem em ritmos diferenciados para cada unidade de grandeza espacial.

Os níveis de grandeza têmporo-espacial para a adequada utilização dos dados meteorológicos são apresentados por vários autores e definidos em (Tabela 2):

Nível Zonal: a zonalidade é produzida pela distribuição latitudinal da radiação solar, envolvendo a curvatura da superfície do planeta e a inclinação do seu eixo em relação ao Plano de Eclíptica. São necessários longos períodos de observação meteorológica, trinta anos, segundo a Organização Meteorológica Mundial.

Nível Regional: O enfoque sugerido para a compreensão dos climas regionais apoia-se na busca do ritmo da variação anual e mensal dos elementos do clima que representem os mecanismos de atuação dos sistemas atmosféricos característicos da circulação intermediária entre a circulação primária e a secundária. Há que se fazer um estudo dos fatores geográficos naturais que provocam a definição de cada espaço regional, como elemento causador da modificação da circulação geral da atmosfera e geração do clima regional.

Nível Local: A configuração do terreno, o tipo de solo e sua cobertura vegetal são considerados como feições da localidade, sujeito a pequenas mudanças no tempo, determinando o clima que predomina em determinado lugar, da ordem de centenas de quilômetros quadrados, chamado de clima local. A permanência dos estados atmosféricos na escala do clima local pode perdurar entre 12 horas e uma semana, pois apesar da influência dos fatores fisiográficos e antrópicos na construção do mesoclima, quem comanda sua gênese, é a sucessão habitual de sistemas e subsistemas atmosféricos, configurados pela variação diária dos elementos climáticos, o que resulta na definição dos tipos de tempo que, por sua vez, possuem duração mínima de 12 horas.

Topoclima: O topoclima corresponde a uma derivação do clima local devida à rugosidade do terreno, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno, durante o período diurno, para as diversas faces de exposição à radiação solar. Os dados necessários para o estudo dos topoclimas devem ser gerados em estações não convencionais, fixas ou móveis, objetivando a elaboração de transetos e perfis geoecológicos. As observações devem ser episódicas e as referidas estações devem ser, preferencialmente, automáticas e com os seus sensores conectados em terminais de registro eletrônico de informações na escala horária. Devem-se valorizar os registros relacionados ao balanço de energia, à transferência de umidade através do sistema solo-planta-atmosfera e à transferência de massa e *momentum*, sempre numa perspectiva da variação do tempo diurno e noturno.

Microclima: define-se através da magnitude das trocas gasosas e energéticas entre feições ou estruturas particularizadas dispostas na superfície da Terra e o ar que a envolve. É a camada de ar junto ao solo até uma altura de dois metros, na qual se encontram condições essencialmente diversas daquelas levantadas pelos postos meteorológicos convencionais. Nesta escala, os processos significativos são a transferência vertical de calor, *momentum* e umidade. O primeiro por radiação e todos os três por turbulência (ATKINSON, 1987; AYOADE, 1988; GEIGER, 1961; 1975; MONTEIRO, 1976; OLIVER & FAIRBRIGE, 1987; PEDELABORDE, 1959; RIBEIRO, 1993; SMITH, 1975; VECCHIA, 1997, p. 45).

Tabela 2: Organização das escalas espacial e temporal do clima. **Fonte:** Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I.M., 2007.

ORDEM DE GRANDEZA	SUBDIVISÕES	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL	TEMPORALIDADE DAS VARIÁÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS	EXEMPLIFICAÇÃO ESPACIAL
Macroclima	Clima zonal	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, mares etc.
	Clima regional				
Mesoclima	Clima regional	2.000 km	12 km a	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
	Clima local	a 10 km	100 m		
	Topoclima				
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

As escalas temporais do clima se dividem em:

Escala Geológica: são estudados os fenômenos climáticos que ocorrem no Planeta desde a sua formação, como a Paleoclimatologia, que os climas do passado a partir alguns indicadores biológicos.

Escala Histórica: também estuda o clima do passado, mas somente do período da história registrada pelo homem.

Escala contemporânea: a análise dos tipos de tempos, a variabilidade climática de curta duração, as tendências climáticas e o estabelecimento de médias são abordagens que o climatólogo trabalha nesta escala contemporânea (MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. 2007, p. 24, 25).

3.5 Camada Limite Planetária

A Camada Limite Planetária (CLP) pode ser definida como a região da atmosfera que é diretamente afetada pelas propriedades da superfície terrestre, como fricção, aquecimento e resfriamento, que geram turbulência e podem assim manter essa região misturada até certa altura, onde há uma inversão térmica que limita a troca de ar (Garratt, 1992, p.1; Freire, 2012, p. 15).

Quando o Sol aquece a superfície terrestre surge um gradiente de temperatura que transfere calor por correntes convectivas das camadas mais baixas para as camadas mais altas da troposfera. A movimentação permite que os gases das camadas subjacentes se misturem com os das camadas sobrejacentes, aumentando a profundidade da camada limite (OKE, 1987; FIGUEIREDO, 2013, p. 31).

Os climas que se estabelecem nesta camada possuem uma relação escalar fundamental com a Troposfera e a Estratosfera. E as trocas de energia e constituintes que se estabelecem são funções de sua estrutura vertical e de sua massa. Possui ainda duas subcamadas: a camada de rugosidade, com altura equivalente à altura destes elementos e, e a camada superficial turbulenta, com altura àquela dos elementos rugosos e definidos até a cota onde ainda se verifica o efeito não uniforme da mistura turbulenta gerada a partir da superfície, conforme ilustra a Figura 5 (MACHADO, 2012, p. 20).

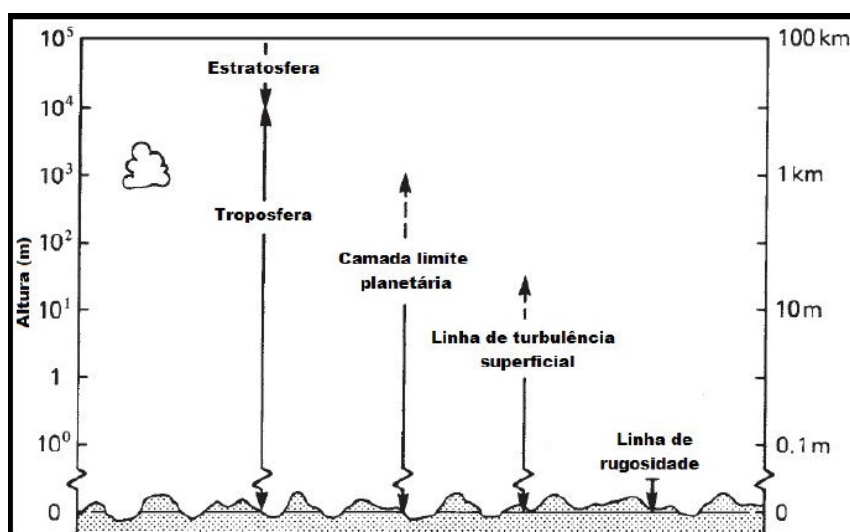


Figura 5: Estrutura vertical da atmosfera. Fonte: OKE (1987), adaptado.

3.6 Clima Urbano

Os estudos científicos sobre o clima urbano emanam no início do século XIX, principalmente na Alemanha, França e Inglaterra, com a preocupação do inglês Luke Howard e do francês Emilien Renou, ao observarem que as temperaturas do ar são frequentemente mais altas na cidade que na área rural à sua volta. Após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu um interesse renovado sobre o assunto e muitos trabalhos foram desenvolvidos na América do Norte e Europa Ocidental (BRANDÃO, 2003, p. 121, 122; ASSIS, 2005, p. 94).

A partir da década de 1960, houve um aumento expressivo do número de estudos e do interesse sobre os processos atmosféricos, na construção de modelos e o apontamento das principais causas para a formação da ilha de calor e balanço de energia (CHANDLER, 1961, 1962, 1965; LANDSBERG, 1956; BORNSTEIN, 1968; DETTWILLER, 1970; PETERSON, 1973; TERJUNK, 1974; SCHMIDT, 1974; EAGLEMAN, 1974; JAUREGUI, 1984; OKE, 1981, 1982, 1987, 1988), como sendo a maior capacidade de estocagem de calor em função das propriedades dos materiais e equipamentos urbanos; a redução do fluxo de calor latente (trocas térmicas úmidas) e aumento do calor sensível (trocas térmicas secas) em função da redução da superfície líquida e áreas verdes, que resultam em menores perdas de radiação de ondas longas.

Estas são algumas das interferências que alteram o balanço de energia que acabam por gerar ambientes climáticos específicos e, muitas vezes, inconvenientes ao pleno desenvolvimento das funções urbanas (BRANDÃO, 2003, p. 122).

No Brasil, os estudos científicos sobre o clima urbano partem da obra de Monteiro (1976), que por meio de dez enunciados, propôs a terminologia Sistema Clima Urbano (SCU) para denominar um sistema singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e passível de auto regulação.

A Tabela 3 apresenta a caracterização geral dos três canais em uma comparação paralela entre eles.

Tabela 3: Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção. **Fonte:** MONTEIRO, 2003, p. 46.

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico Conforto Térmico	II Físico-Químico Qualidade do ar	III Hidrometeorológico Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto-motores Indústrias obras-Limpas	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra-estrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Segundo o autor, o SCU produz variados elementos classificados em três subsistemas: o termodinâmico, o físico-químico e o hidro meteorológico, que correspondem aos canais de percepção humana de conforto térmico, qualidade do ar e o impacto meteorológico, respectivamente.

Em função da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço inclui o espaço concreto e tridimensional onde age a atmosfera, além dos espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano.

A natureza tridimensional da cidade pode implicar em diversos padrões micro escalares de temperatura. Esses padrões são influenciados pelas

propriedades térmicas dos diversos materiais que compõem a superfície e pela orientação das faces destas superfícies durante o dia e as noites (VOOGT e OKE, 2003; MACHADO, 2009, 46).

Logo, o subsistema central do trabalho com a radiação em ondas longas refere-se ao conforto térmico, pois as componentes termodinâmicas do clima conduzem para a ação do conforto térmico urbano e é para onde se associam todas as outras componentes do SCU.

Os aspectos sensoriais do conforto térmico indicam seu caráter subjetivo, uma vez que as sensações termo-fisiológicas apresentam um estado mental no qual a satisfação ou bem-estar deve-se às condições térmicas do ambiente. A reação (psicológica e subjetiva) do indivíduo em relação ao ambiente térmico é determinada pela produção e pela emissão de calor produzido pelo organismo, determinado como função dele, seis parâmetros adotados pelo conforto térmico: 1) temperatura do ar; 2) temperatura radiante; 3) velocidade do ar; 4) umidade do ar; 5) nível metabólico do organismo e 6) isolamento térmico da vestimenta (VECCHIA, 1997, p. 6). O SCU relaciona-se diretamente com os quatro primeiros dentro do subsistema termodinâmico.

Para Monteiro (2003, p. 44), “esse canal (termodinâmico) atravessa toda sua estrutura, pois é o insumo básico transformado na cidade em que suas funções estão intimamente ligadas no processo de transformação do sistema” (Figura 6). A análise termodinâmica da cidade fornece subsídios aos arquitetos, urbanistas e é nesse nível de criação dos espaços livres e habitacionais que se estabelecem os mecanismos de “reciclagem” e adaptação do sistema urbano ao clima e sua qualidade ambiente.

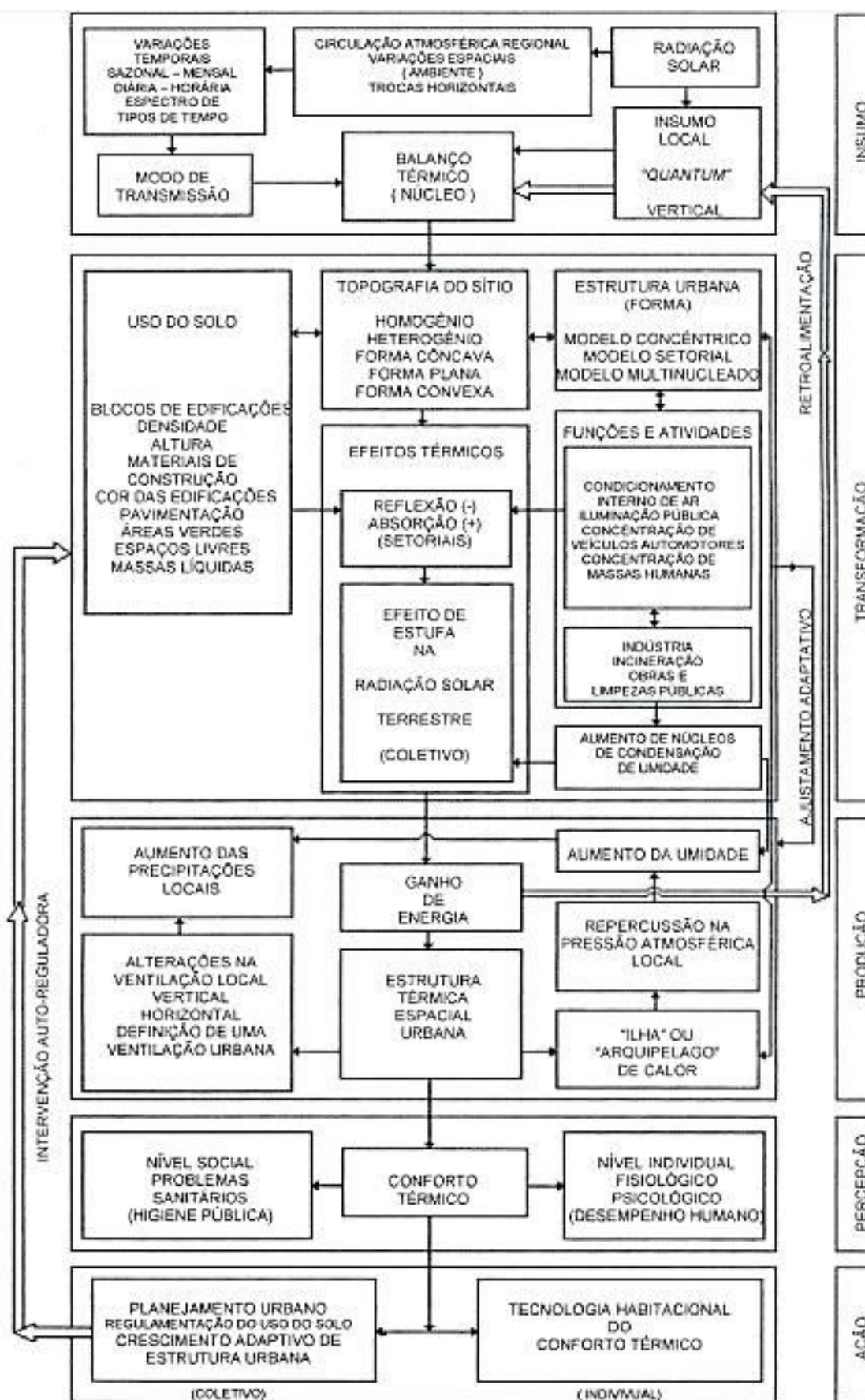


Figura 6: Canal conforto térmico – Subsistema termodinâmico. **Fonte:** MONTEIRO, 2003, p. 47.

O que interessa em uma primeira aproximação é o clima na camada abaixo das coberturas urbanas (*Urban Canopy Layer* – UCL), onde habitam e onde é o lugar da existência dos seres humanos (MACHADO, 2009, p.11).

Nos estudos do clima dos ambientes urbanos há que se perceber um ritmo reflexo imposto pelos elementos climáticos que se traduz por meio das sensações térmicas extremas das atividades diárias dos indivíduos que constituem o aglomerado urbano e o processo de verticalização que modula o balanço de energia em uma paisagem com horizontes cada vez mais restritos (VECCHIA, 1997, p. 8; MACHADO, 2009, p. 16).

A identificação dos ritmos climáticos e seus episódios tem fundamental importância como elemento integrante do estudo dinâmico do Clima, através da sua gênese, aplicado ao meio urbano.

Monteiro (2003, p. 48), afirma que o estudo do clima da cidade implica obrigatoriamente em observação complementar fixa permanente, sobretudo como trabalho de campo com observações móveis e episódicas.

A definição e escolha de episódios climáticos representativos dão referência às condições atmosféricas vigentes no local e a compreensão dos encadeamentos sucessivos de tipos de tempo, definindo-se as fases características dos estados Pré-Frontal e Pós-Frontal, descritas a seguir para a cidade de São Carlos, de acordo com Vecchia, 1997, p. 10; Modna, 2004, p. 27:

A fase Pré-frontal é marcada pela instabilidade atmosférica decorrente da aproximação de uma massa de ar fria da região polar, com ocorrências de nuvens cirrus na fase de prenúncio, aumento da temperatura, redução da umidade do ar e rajadas na entrada da massa, na fase de avanço. A Pós-Frontal é determinada pelas características da origem da massa de ar, com temperaturas menores, valores elevados de umidade relativa na fase de domínio. Na transição, a massa Polar entra na porção central do continente e perde gradativamente sua intensidade, adquire características climáticas locais e se tropicaliza.

3.7 Sistemas de Espaços Livres

A configuração básica da cidade é dada por elementos do espaço urbano como ruas, calçadas, lotes, edifícios, os espaços livres de edificações, todos com diferentes usos. Entende-se que os espaços livres são tidos como lugares de acessos às edificações, circulação de pedestres, de veículos e transportes terrestres e de outros usos (LEME, 2001, p. 2).

Para Magnoli (1982), “o Espaço Livre é todo espaço não ocupado por um volume edificado (espaço-solo, espaço-água, espaço-luz) ao redor das edificações e que as pessoas têm acesso”.

De acordo com Macedo (2010, p. 14), o sistema de espaços livres (SEL) é o conjunto e as relações de todos os espaços livres existentes, independente de sua dimensão, qualificação estética e funcional e de sua localização, sejam públicos e privados.

Os espaços livres públicos constituem-se de todos aqueles de propriedade pública, com diferentes graus de acessibilidade e apropriação. Os espaços livres privados são aqueles inseridos em áreas particulares cujo acesso não é possibilitado ao público (MACEDO, op. cit. p.15 e 16).

Tanto os espaços livres públicos quanto os privados, formam um subsistema dentro do sistema de espaços livres e podem ser categorizados em três grupos: de caráter ambiental (áreas especialmente protegidas); de práticas sociais (circulação de pedestres e infraestrutura urbana) e espaços particulares (acesso privado e uso coletivo em ocasiões especiais), Macedo (2012, p. 149 e 150).

O espaço livre é inerente à forma urbana. Ela é derivada do crescimento em extensão da população e a implantação de modelos urbanísticos como os loteamentos fechados, parques industriais e outros.

Para Macedo (et al op. cit. p. 9):

Consideram-se os espaços livres como um dos principais estruturadores urbanos, pois neles e por eles grande parte da vida cotidiana tem lugar, assim como são um dos principais palcos dos conflitos e acordos da sociedade. O espaço livre público, a rua em especial, tem papel estruturador na

constituição da forma urbana, pois reflete as formas de mobilidade, acessibilidade e circulação, parcelamento e propriedade da terra urbana.

E completa:

Se a forma da cidade tem sido desqualificada como objeto de análise, do mesmo modo que o são os espaços livres em geral. Exemplo disto é a ampla negligência, por parte do Poder Público e da população, na maioria das cidades brasileiras na constituição da rua, principal espaço livre urbano, com calçadas geralmente subdimensionadas e leito carroçável nem sempre apto à circulação adequada.

A forma da cidade brasileira está ligada ao processo de produção, aos padrões culturais, sociais e as características biofísicas e climáticas (MACEDO et al, op. cit. p. 9) e não possui uma forma padronizada, apesar de apresentar características comuns. Fato este, constatado pela mancha urbana e da inserção desta no suporte físico em diferentes paisagens.

Para os mesmos autores, as manchas urbanas podem ser classificadas como (Figura 7):

- 1- Lineares: encontradas em meio a vales, serras e terrenos de alta declividade, orlas marinhas e fluviais e ao longo de estradas;
- 2- Compactas: cidades cujo segmento se dá pela adição de segmentos urbanos de maneira contínua e concêntrica;
- 3- Tentaculares: estruturadas por um núcleo central, compacto do qual irradiam braços de urbanização ao longo de eixos viários ou corpos d'água;
- 4- Mistas: estruturas que congregam dois ou mais tipos listados (2012, p. 10).

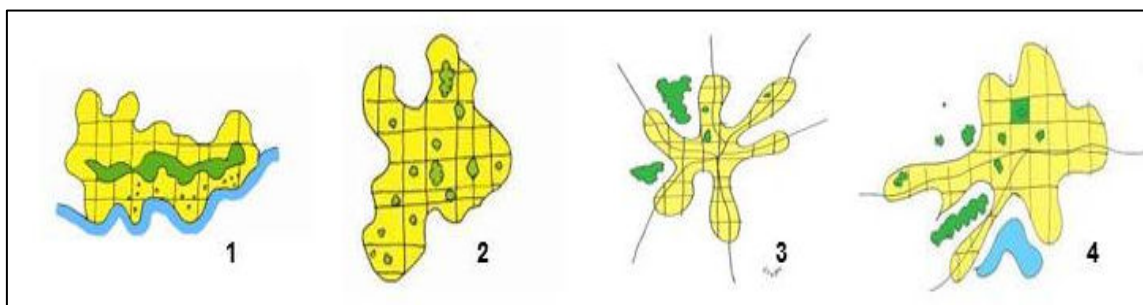


Figura 7: Simplificações das formas urbanas (classificadas de 1 a 4). **Fonte:** (MACEDO, 2013, p. 16).

Tais figuras representam as possibilidades estruturais em que podem apresentar as manchas urbanas nas cidades e, da mesma forma, o acesso de seus cidadãos aos espaços livres está diretamente ligado à forma do perímetro da cidade.

Para Donoso (2011, p. 154), na cidade de São Carlos, o sistema de espaços livres voltados aos pedestres é incipiente. No centro da cidade de encontram-se alguns espaços livres utilizados pela população, como praças centrais, os espaços com equipamentos esportivos e o mercado municipal. As outras regiões da cidade apresentam praças formais e informais que atendem à população local (Figura 8).



Figura 8: (A): Espaços Livres às margens do Córrego do Gregório, Av. Comendador Alfredo Maffei, na região central de São Carlos-SP; (B): Nivelamento das calçadas inadequado para a circulação de pedestres na Rua Crisântemos, região norte de São Carlos-SP. **Fonte:** Acervo pessoal (2013).

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 Expansão Urbana de São Carlos

O processo de expansão e desenvolvimento da cidade está intimamente ligado aos ciclos econômicos do interior paulista e também brasileiro, identificados em três períodos: o período do café, que foi de 1857 até 1929; da consolidação industrial, de 1930 a 1959 e o período da expansão urbana descontínua, de 1960 a 1977.

A cidade se desenvolve no contexto da expansão cafeeira no interior do Estado de São Paulo, no século XIX, sobretudo pela instalação do modal ferroviário até o porto de Santos. Tal fato originou grande fluxo migratório para o município com o crescimento urbano (FABBRO NETO, 2004, p.65).

O primeiro período iniciou-se com o traçado do primeiro eixo viário e com e os arruamentos implantados em função do eixo. O padrão urbano característico desse período foi o traçado ortogonal e homogêneo, durante o século XIX (LIMA, 2007, p. 11, 12). O miolo das quadras era composto por espaços livres formados pelas áreas não edificadas no fundo dos lotes (Figura 9).

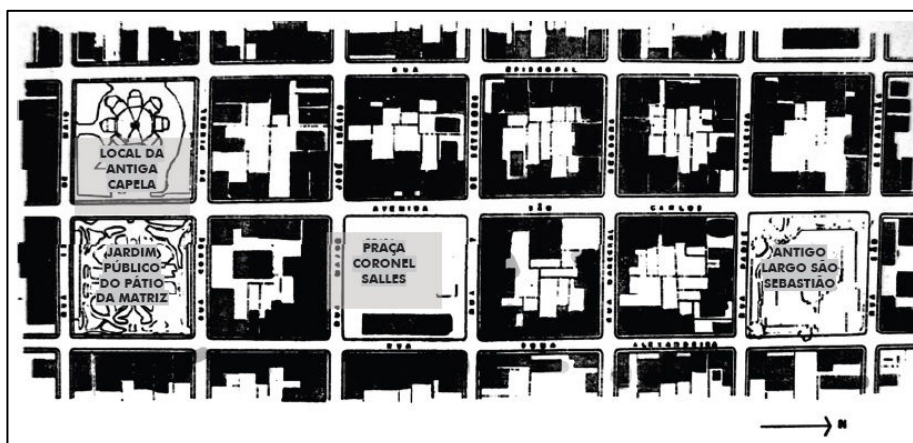


Figura 9: Planta do centro de São Carlos e o padrão de ocupação dos lotes e quadras no século XIX. **Fonte:** Marques, 1986, p. 206.

No período de 1930 a 1959, a cidade de São Carlos consolida sua economia industrial com o surgimento do setor mecânico e elétrico, motivado pela instalação da Escola de Engenharia de São Carlos na região Centro-Norte da cidade. A produção de loteamentos para a população de baixa renda

creceu exponencialmente nos limites da área urbana, motivada pela falta de fiscalização e empecilho legal para atenuar a ação dos loteadores (LIMA, op. cit. p. 13).

O terceiro período, de 1960 a 1977, a industrialização cresceu em todo o Estado de São Paulo, sobretudo em São Carlos, com a implantação do Programa de Cidades Médias pelo Governo Federal e a criação da Universidade Federal de São Carlos, no final da década de 1960 (LIMA, op. cit. p. 14; FABBRO NETO, op. cit. p. 65).

O mercado imobiliário se tornou cada vez mais especulativo e a segregação urbana foi crescente. Entre 1962 e 1977 foram criados dois Planos Diretores e um conjunto de Leis Urbanísticas (leis de loteamentos em 1962 e 1971 e lei de zoneamento, em 1971). Em 1977, a nova lei de perímetro urbano abriu precedência para uma ocupação cada vez mais extensiva e segregada da área urbana de São Carlos (DEVESCOVI, 1985, p. 197; DOZENA, 2001, p. 92; LIMA, op. cit. p. 14).

Até 1950 a população era de 50.000 habitantes, aproximadamente. Em menos de 20 anos o crescimento foi de 75%, registrando mais de 85.000 habitantes, em 1970 (PMSC, 2003) (Figura 10).

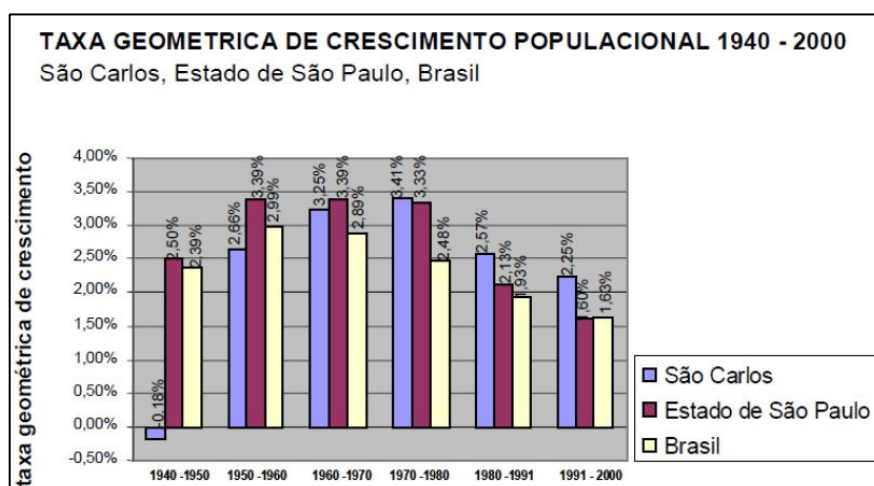


Figura 10: Taxa geométrica de crescimento populacional, 1940/2000 (PMSC, 2003).

Em 2001, com a intenção de adequar-se ao Estatuto das Cidades, a Prefeitura Municipal de São Carlos elaborou o Plano Diretor Municipal voltado para o zoneamento, plano físico territorial e áreas de especial interesse. Nos anos seguintes de 2002, 2004 e 2005, várias audiências públicas foram realizadas para aprofundar o debate sobre os diferentes aspectos do Plano

Diretor, como Urbanização, Transporte e Habitação (PMSC, 2003; 2005; FABBRO NETO, op. cit, p. 73, 74). Entretanto, o documento não faz considerações a respeito do microclima ou amenização de ilhas de calor na cidade.

4.2 Aspectos Físicos de São Carlos

O município de São Carlos limita-se ao Norte com os municípios de Rincão, Luiz Antônio, Santa Lúcia; ao Sul por Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina; a Leste por Descalvado e Analândia e a Oeste por Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense. A cidade localiza-se na região Central do Estado de São Paulo, (Figura 11).

Sua área territorial é de 1.137,33 km², sendo 67,25 km² de área urbana, 6% da área total do município, onde residem 221,950 habitantes e tem uma densidade demográfica de 195,15 hab/km² (IBGE, 2010).

Localizada na Latitude de 22°10' e Longitude de 47°53', São Carlos têm na posição geográfica um dos fatores de maior significado na sua definição climática. Nesta latitude a trajetória do Sol resulta intensa insolação durante o ano todo e sua posição representa uma importante mudança no recebimento de energia solar na Terra.

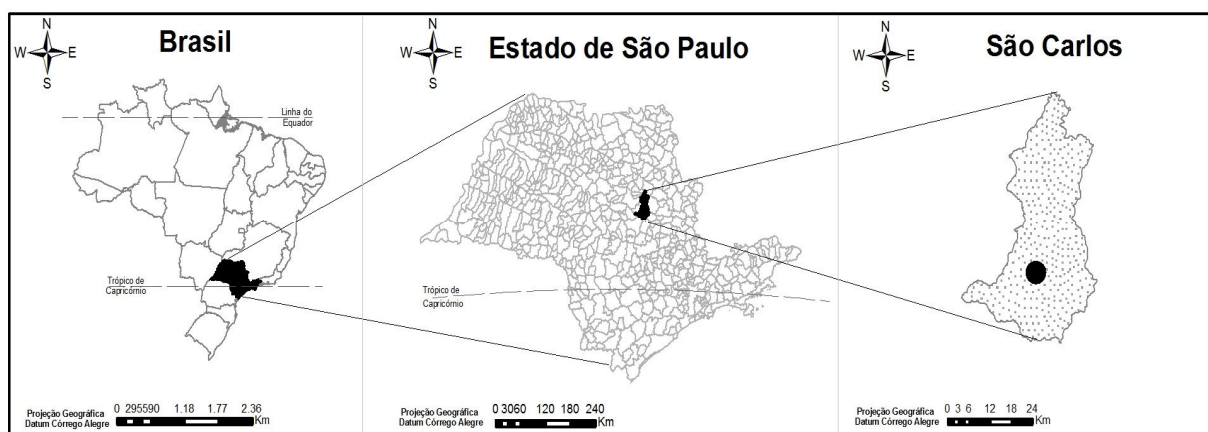


Figura 11: Localização das áreas de estudo. **Elaboração:** O autor. ● Área Urbana de São Carlos-SP

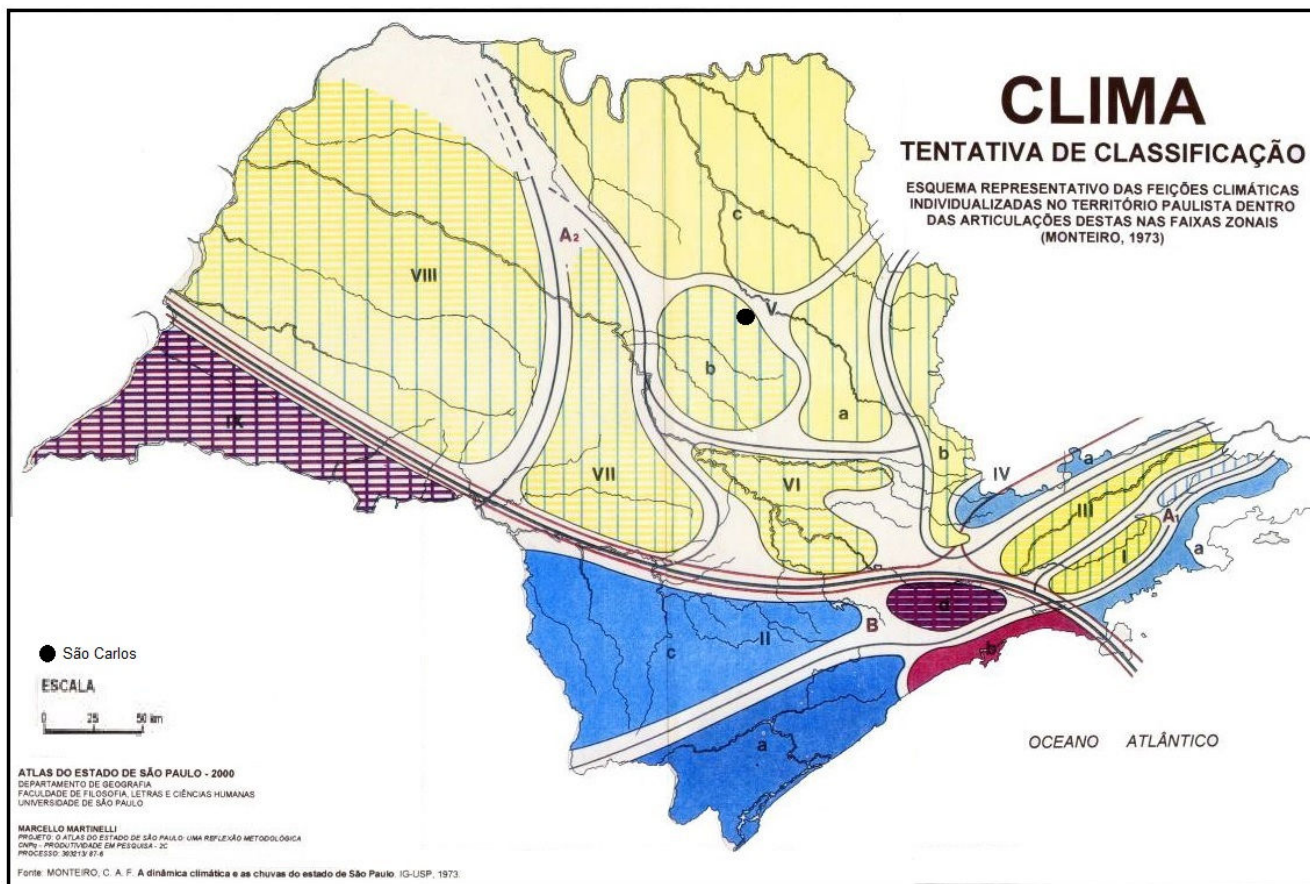
Somando-se a isso, as características topográficas faz com que a cidade tenha um significativo desnível altimétrico em relação aos municípios vizinhos (FERRARI, 2012, p. 25), estando há 850 metros acima do nível do mar.

A alta complexidade que envolve a caracterização da área é resultado das ações de gênese climática, com a região transicional de conflito entre os sistemas atmosféricos polares e intertropicais que a cidade se situa.

Localiza-se na zona considerada tropical de altitude, no domínio de clima *Cwa* da classificação internacional de Köppen, caracterizada por clima quente com inverno seco, no qual a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C (FERRARI, op. cit. p. 25).

Segundo a classificação climática elaborada por MONTEIRO (1973) analisando a dinâmica das massas de ar, a cidade de São Carlos é qualificada como a região de climas controlados por massas equatoriais e tropicais, caracterizando-se por climas tropicais alternadamente secos e úmidos (*Vb*). No período seco a frequência de chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor Norte que se constitui na área de inverno mais nitidamente seco do Estado de São Paulo (Figura 12).

A parte Setentrional da Depressão Paulista, ao Norte da cidade de Limeira (*Va*), apresenta peculiar característica em função da reduzida nebulosidade e moderação na umidade do ar. São Carlos, a Noroeste dessa cidade, revela ligeiro aumento de precipitações e nebulosidade por efeito orográfico no inverno. O número de dias de chuva mantém unidade dentro das normais de área (MONTEIRO, 1973, p. 123; VECCHIA, 1997, p. 24, 25).



CLIMAS ZONAIS	CLIMAS REGIONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		LITORAL	PLANALTO ATLÂNTICO	VALE DO PARAÍBA	MANTIQUEIRA	DEPRESSÃO	PLANALTO OCIDENTAL
CONTROLAOS POR MASSAS EQUATORIAIS E TROPICAIS	A1 CLIMAS ÚMIDOS DAS COSTAS EXPOSTAS ÀS MASSAS mT	I NORTE	I BACIA SUPERIOR DO PARAÍBA	III VALE DO PARAÍBA	IV SERRA (BORDA DO PLANALTO)		
	A2 CLIMAS TROPICAIS ALTERNADAMENTE SECOS E ÚMIDOS				C ON T R A F O R T E	V SETOR NORTE VI "PERCÉE DO TIETÊ	VII SERRA DE BOTUCATU VIII OESTE
CONTROLAOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES	B CLIMAS ÚMIDOS DA FACE ORIENTAL E SUB-TROPICAL DOS CONTINENTES CONTROLADO POR MASSA mT	II CENTRO II SUL	II BACIA PAULISTANA II BACIA DO PARANAPANEMA				IX SUDOESTE

Figura 12: Feições climáticas individualizadas no Estado de São Paulo. Fonte: MONTEIRO (1973) in MARTINELLI (2010), modificado.

Os índices pluviométricos em São Carlos definem duas estações bem distintas, caracterizadas pelos seus índices pluviométricos: uma seca e outra chuvosa. A estação seca estende-se de Abril a Setembro (Figura 13), caracterizada por precipitações escassas. Nesse período predominam as massas de ar Tropical Atlântica e Tropical Continental sobre a região (VECCHIA, 1997, p. 24).

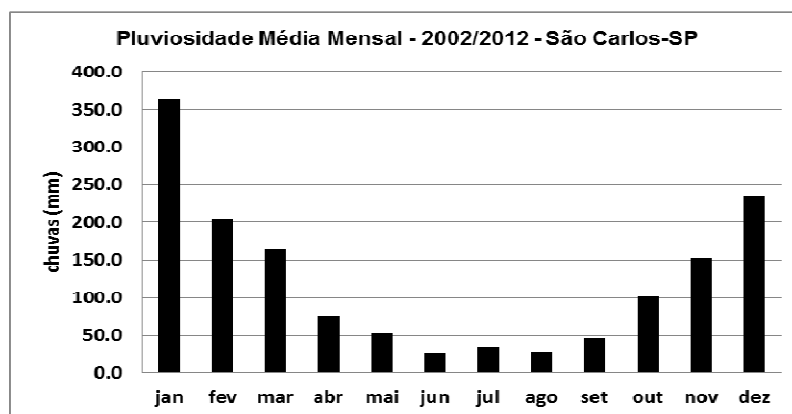


Figura 13: Totais pluviométricos mensais de São Carlos segundo as normais climatológicas (2002/2012). **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2012). **Elaboração:** O autor.

A estação chuvosa ocorre nos meses de Outubro a Março, devido às incursões da massa Equatorial Continental e ao dinamismo da Frente Polar Atlântica sobre a Tropical Atlântica, que responde em grande parte, pela gênese das chuvas que se produzem durante a atuação de sistemas frontais nesse período do ano (MONTEIRO, 1973; BARBOSA, 2009).

O quadro a seguir (Tabela 4) apresenta dados de trinta e dois anos com a quantidade e porcentagem de dias com chuvas em São Carlos.

Tabela 4: Dias com chuva em São Carlos – Período estudado 1977/2011*.

Mês	Total de Dias Estudados	Dias Com Chuva	%
Jan	992	628	63.3
Fev	904	512	56.6
Mar	992	450	45.4
Abr	960	252	26.3
Mai	992	225	22.7
Jun	960	141	14.7
Jul	992	106	10.7
Ago	992	113	11.4
Set	960	243	25.3
Out	992	327	33.0
Nov	960	431	44.9
Dez	992	568	57.3
Total	11688	3996	34.2

* Os anos de 2008 e 2009 não foram contabilizados por apresentarem informações inconsistentes. **Fonte:** Agência Nacional de Águas - ANA (2012).

Os meses de Julho e Agosto são os períodos do ano que apresentam as menores porcentagens de dias com chuvas com 10,7% e 11,4%, respectivamente, em São Carlos.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 Método

Para o desenvolvimento do trabalho se estabeleceu um cronograma de prioridades, visando obter informações que subsidiassem a teoria e o método por meio de pesquisas em diversas fontes.

A Figura 14 apresenta o ordenamento dos procedimentos metodológicos.

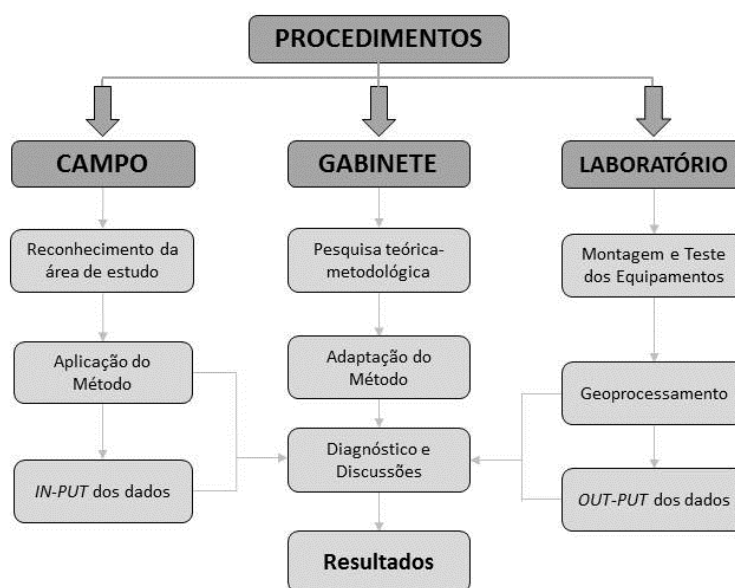


Figura 14: Fluxograma de ordenamento dos procedimentos metodológicos.

5.1.1 Gabinete

Esta etapa reuniu atividades voltadas à preparação da pesquisa com uma revisão bibliográfica preliminar, a definição do tema e os objetivos do trabalho, apresentados anteriormente.

Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, verificando os autores clássicos em climatologia urbana, os diferentes métodos de escaneamento infravermelho de radiação em ondas longas realizados em centros urbanos. Além disso, foram verificados diferentes trabalhos realizados na cidade de São Carlos a respeito de clima urbano, sobretudo nas áreas de radiação em ondas longas, temperatura do ar e os sistemas de espaços livres.

Após a revisão bibliográfica sistemática, foi possível adaptar o método (VOOGT e OKE, 1997; MACHADO, 2009) e seu potencial uso nas áreas de estudo pré-selecionadas na cidade de São Carlos.

Com a aplicação dos experimentos fixos realizados em vias públicas como praças, calçadas, massa arbórea e edificada obteve-se os valores de temperatura desses elementos urbanos que foram tabulados e apresentados na Seção 6 deste documento e consequente análise e discussão da evolução e distribuição termal em diferentes áreas na cidade de São Carlos.

5.1.2 Laboratório

A etapa de laboratório contemplou a montagem dos equipamentos descritos na subseção 5.2 e a realização de experimentos fixos, descritos na subseção seguinte.

Para a interpretação e o reconhecimento dos sistemas atmosféricos atuantes na região, foram adquiridas as imagens do Satélite Geoestacionário GOES-13, Canal 4 do infravermelho (IR), disponibilizadas pela Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do CPTEC-INPE, entre 9h e 15h, nos dias de experimentos de campo.

5.1.2.1 Mapas do Quadro do Paisagismo no Brasil

Desde 2012, o projeto interdisciplinar intitulado “Os sistemas de espaços livres na constituição da forma urbana no Brasil: produção e apropriação” (QUAPÁ-SEL II), coordenado pelo Laboratório LAB-QUAPÁ da FAUUSP, investiga as relações entre sistemas de espaços livres e a forma urbana brasileira, considerando sua produção a partir dos processos socioeconômicos e ambientais, seus aspectos comuns e especificidades locais. Dentre seus objetivos está a construção de referencial metodológico para a análise qualitativa destas relações (CAMPOS *et al*, 2013, pg. 2; MACEDO, 2010a; 2010b, 2013).

O estudo voltou-se para uma das condições básicas de determinação de morfologias urbanas: o parcelamento do solo, pois “*pode ser feito por loteamento, garantindo a conexão ao sistema viário existente, ou por*

desmembramento, com o reaproveitamento de vias já abertas” (Lei Federal 6.766/79).

A investigação entre os sistemas de espaços livres são apresentados em forma de mapas e estão divididos em três grupos principais segundo o parcelamento das quadras, mencionados a seguir:

- (I) O parcelamento tradicional, com a quadra subdividida em diversos lotes;
- (II) O parcelamento não tradicional onde a quadra apresenta poucos lotes de grandes dimensões;
- (III) Enclave constituindo porção do território, descontinuidades com relação ao tecido e malha viária do entorno, baixa conectividade e sem acessibilidade (Figura 75).

Cada um dos grupos foi subdividido em categorias por tipos que relacionam os espaços livres e os volumes edificados, se predominantemente horizontais ou verticais, de portes variados. Na mesma categoria, podem coexistir edificações de usos distintos, desde que suas características gerais sejam semelhantes em termos de volumetria construída e espaços livres resultantes.

A unidade para análise e classificação por tipo predominante são as quadras. Utiliza-se conjuntamente o *Google Earth* com suas imagens aéreas e a ferramenta *Google street view* que permite uma visualização acurada sobre os aspectos supracitados a esclarecer possíveis dúvidas por parte do elaborador do mapa.

Considerando como critério de abordagem inicial o parcelamento do solo, associa-se volumetria construída e espaços livres às três categorias listadas. Com relação às quadras de parcelamento tradicional temos (Figura 15):

- Edificações horizontais de pequeno porte constituído, por exemplo, por trechos significativos de sobrados ou mesmo as vilas operárias;
- Edificações horizontais de portes variados, mesclando, por exemplo, edificações de pequeno porte e galpões;
- Quadra verticalizada: com domínio de edificações verticais, acima de quatro pavimentos;

- Edificações horizontais e verticais: sem predomínio de um tipo ou outro na quadra.



Figura 15: Parcelamento tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP. **Fonte:** Campos *et al* (2013, pg. 10).

As quadras de parcelamento não tradicional foram separadas por (Figuras 16 e 17):

- Edificações horizontais de médio porte dispersas: campus universitário;
- Edificações horizontais de grande porte: os grandes galpões industriais ou mesmo um *shopping center*;
- Edificações horizontais de médio porte não dispersas: são as quadras industriais, com galpões, de menor porte, lado a lado;
- Quadra condomínio vertical: duas ou mais torres residenciais ou comerciais e de serviços, dispostas em terreno de grande porte isolado do tecido ao redor.
- Condomínios horizontais: edificações horizontais, separadas do tecido urbano no entorno;
- Conjuntos habitacionais: implantação característica de edifícios com cerca de quatro pavimentos, com repetição de volumetria construída.

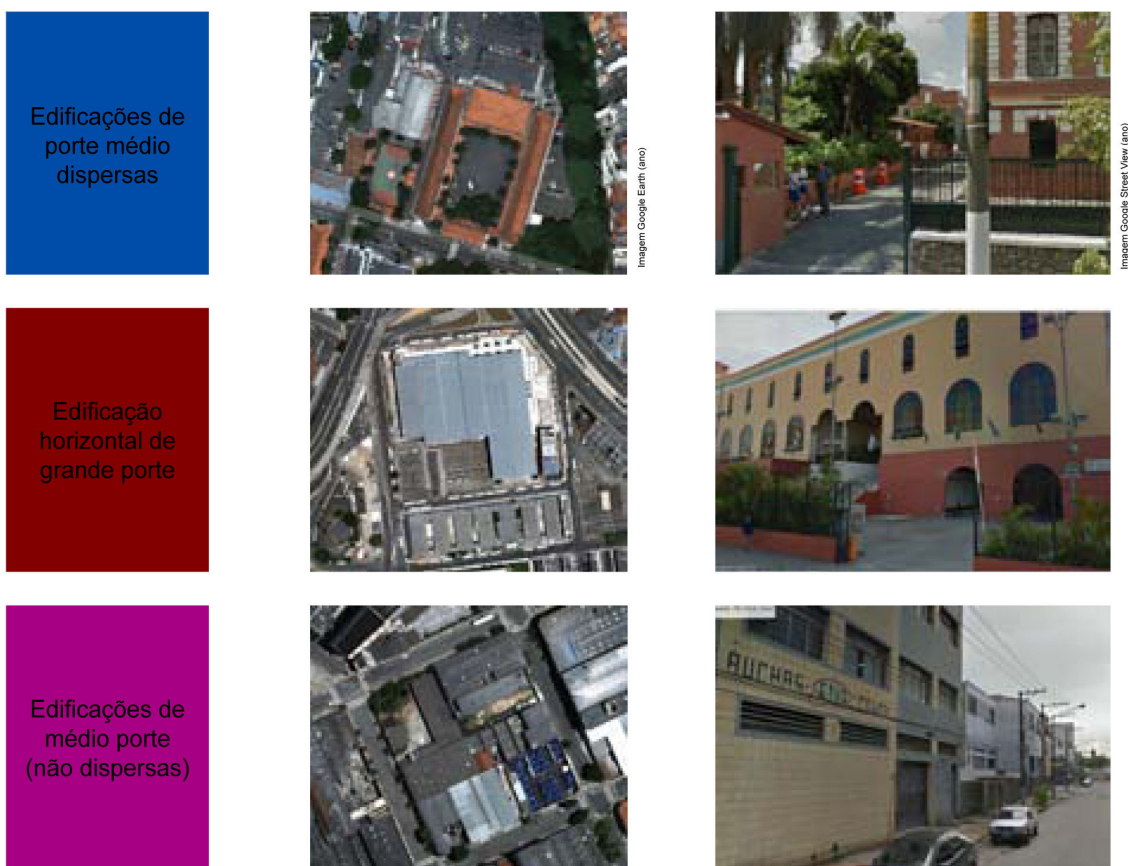


Figura 16: Parcelamento não tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP. **Fonte:** Campos *et al* (2013, pg. 12).

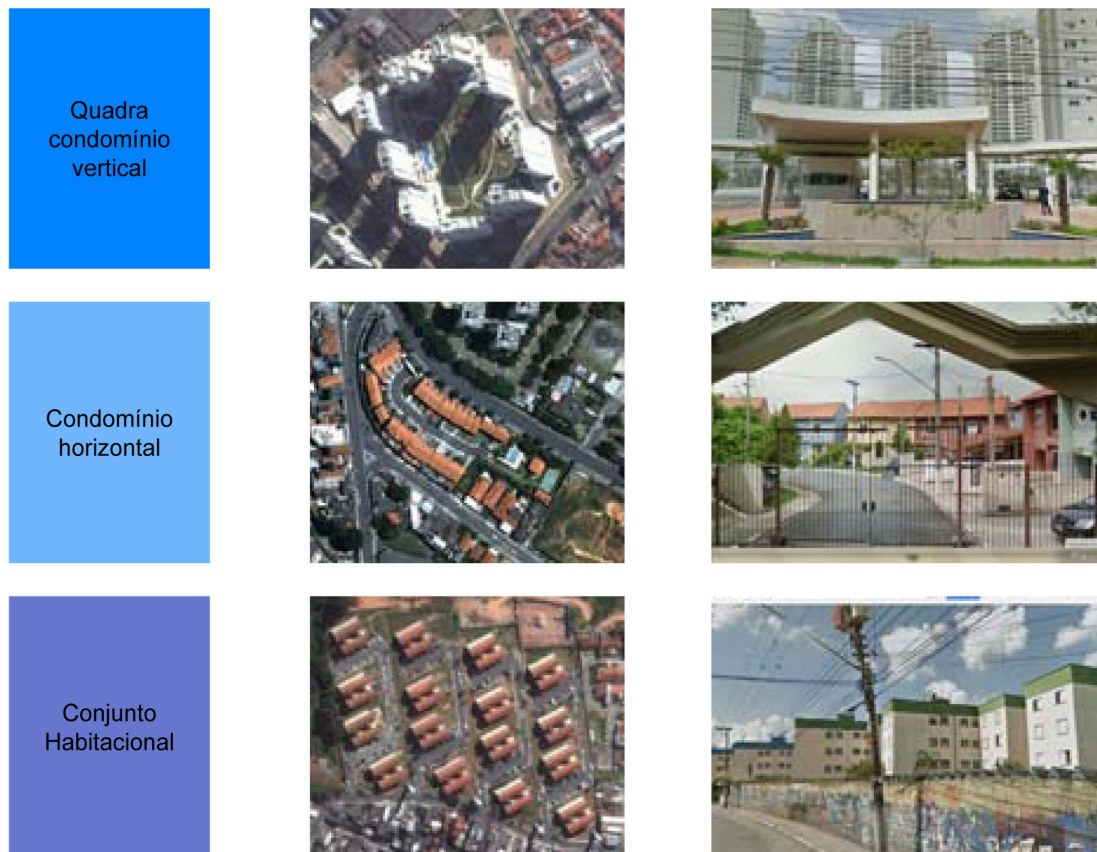


Figura 17: Parcelamento não tradicional e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP. **Fonte:** Campos *et al* (2013, pg. 12).

O terceiro grupo, que constitui encraves interrompendo as conexões do tecido urbano, é composto por (Figura 18):

- Estruturas com pouco volume edificado: onde existe predomínio de espaços livres como Aeroportos;
- Loteamentos horizontais, com cercamento – por enquanto não se separou os loteamentos residenciais dos industriais devido aos poucos exemplos verificados;
- Grandes conjuntos de edificações dispersas como campus universitário;

As glebas não parceladas ou em processo de ocupação foram destacadas do restante como áreas não consolidadas.



Figura 18: Encraves e volumetria construída intraquadra – Aspectos Morfológicos de São Paulo-SP. **Fonte:** Campos *et al* (2013, pg. 13).

Outros elementos foram trabalhados como a vegetação arbórea intraquadra e/ou em glebas não parceladas que se avaliada em conjunto com os recuos existentes, estruturas implantadas como praças e parques, pode orientar intervenções e políticas públicas no sentido de intensificar a arborização viária, a implantação de espaços livres públicos, ou alternativas adequadas aos locais. Foram estabelecidas quatro faixas para análise: 0 a 10% e 10% a 30%, para que se destacassem as quadras de bairros jardim de outras quadras praticamente sem arborização, de 30 a 70% e mais de 70% (Figura 76).

O mapa de espaços livres intraquadra trata da distribuição dos espaços livres no município e considera três faixas de porcentagem por existência de espaços livres em relação à área ocupada na quadra a seguir: 0 a 30% da área da quadra, livre de edificações representando quadras de alta densidade construída, de ocupação mais consolidada; de 30% a 50% da área da quadra, livre de edificações, com até metade de sua extensão com espaços livres, contíguos ou não e; acima de 50% da área da quadra, localizando as áreas menos ocupadas, com pelo menos a metade da área com espaço livre (Figura 77) (MACEDO, 2010, p. 16).

Os recuos ou áreas livres de edificações no lote, relações estabelecidas pela legislação de uso e ocupação do solo pertinente foram consideradas em quatro categorias por tipo predominante (Figura 78):

- Nenhum recuo: edificações geminadas, com no máximo fossos para iluminação e ventilação;
- Uma ou duas faixas de recuos ou áreas livres de edificações;
- Três ou quatro faixas de recuos ou áreas livres de edificações;
- Sem predomínio de recuos.

Para os autores, esta configuração observada e representada nos mapeamentos colabora de imediato na percepção e entendimento dos impactos relacionados à permeabilidade do solo, condições básicas de insolação e ventilação, possibilidade de arborização e outros itens que podem ser aferidos como as condições microclimáticas e as variações do fluxo radiativo, possibilitando estabelecer uma avaliação qualitativa do estado atual do sistema de espaços livres (CAMPOS *et al*, 2013, pg. 17).

5.1.3 Campo

O procedimento fundamenta-se na utilização de um termômetro digital infravermelho fixado em um tripé de alumínio de 1,30m de altura, com a tomada manual dos setores cardeais e colaterais (N, NE, E, SE, S, SO, O e NO), em sete (07) medidas horárias (9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h e 15h), afim de evitar a interferência de sombreamento e possibilitar a maior incidência da

energia solar em linha contínua de observações para as seguintes inclinações: -10° , 0° , 10° , 25° e 35° , conforme a Figura 19.

Em escala microclimática, ao nível do pedestre, as medidas foram realizadas em diversas tipologias urbanas na cidade de São Carlos, em condições de estabilidade atmosférica, ou seja, no domínio e transição da Massa Polar Atlântica e Massa Tropical Atlântica, com ausência de nuvens no céu.

Ao lado do termômetro digital infravermelho, fixado no tripé de alumínio, utilizou-se um *datalogger* para aferir a temperatura e umidade do ar para fins comparativos entre a temperatura do ar e a temperatura infravermelha irradiada dos alvos, em uma cota que corresponde a uma altura média dos indivíduos que transitam (MACHADO, 2011, p. 26) nos sistemas de espaços livres (descrito na subseção 6.1.11).

Os dados observados pelo termômetro infravermelho ocorreram da seguinte maneira:

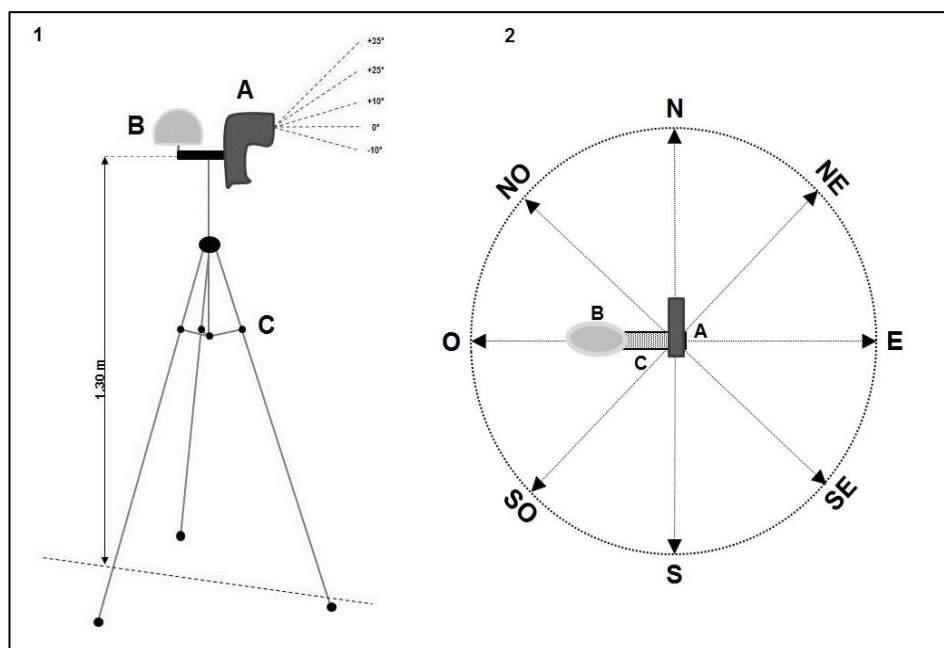


Figura 19: (1) Representação esquemática dos ângulos de visada; (2) Posições cardeais e colaterais no sentido horário. (A) Termômetro digital infravermelho; (B) Datalogger de temperatura e umidade/Abrigo Meteorológico; (C) Tripé de alumínio. **Elaboração:** O autor.

- Um disparo curto no gatilho do termômetro para que o sensor seja previamente sensibilizado com a energia do novo alvo/objeto;
- Três disparos “padrão” (aproximadamente 0,5s com o gatilho pressionado), realizando a média entre os valores. Os três disparos

garantiriam a ausência de erro e leitura tanto pelo sensor quanto pelo operador;

- Os valores foram anotados em uma planilha de campo, digitados e organizados no Programa *Excel* em ordem cronológica horária.

Em todos os pontos amostrais foram realizados os registros fotográficos dos oito setores de visada por meio de uma câmera digital acoplada ao celular, pelo operador.

5.2 Materiais

Os equipamentos foram adquiridos por meio do Processo FAPESP N° 2011/51260-7, projeto coordenado pelo Professor Titular Sílvio Soares de Macedo, do Laboratório QUAPÁ, FAUUSP, e correspondem aos seguintes equipamentos:

- 01 Termômetro Infravermelho Digital, *InstruTerm*, modelo HM-6989;
- 01 *Data Logger* de temperatura e umidade, *Highmed*, modelo HT-500;
- 01 Tripé de alumínio com 1,30m de altura, *Targus*;
- 01 Abrigo Meteorológico de metal, *Azula*;
- 3 baterias 9V, 250mAh, *Camelion*;

5.2.1 Termômetro Digital Infravermelho

Este sensor infravermelho é sensível à faixa espectral do infravermelho termal cuja banda principal vai desde 08 μm até 14 μm . Esta banda é utilizada em procedimentos de determinação de uma temperatura, realmente significativa, para idealizações de uma superfície urbana completa (VOOGT e OKE, 1997; MACHADO, 2009, p. 43).

O aparelho determina a temperatura medindo a quantidade de energia infravermelha irradiada, sem contato com a superfície a ser estudada. Possui uma escala de leitura de temperatura IR entre -50 a 1650°C e uma precisão de +/- 1°C de leitura. O tempo de resposta é de 500 m.s⁻¹. Sua emissividade é

ajustada digitalmente e pode variar entre 0,10 a 1,0. O instrumento possui certificação de calibração realizada pelo fabricante.

À medida que a distância (D) do alvo que está sendo medido aumenta, o diâmetro do ponto (S) se torna maior (Figura 20). O tamanho da área indica 90% de energia inscrita no círculo. Este termômetro possui uma relação entre distância e tamanho do ponto de 50:1. O manual de instruções não indica o máximo de relação entre $D:S$.

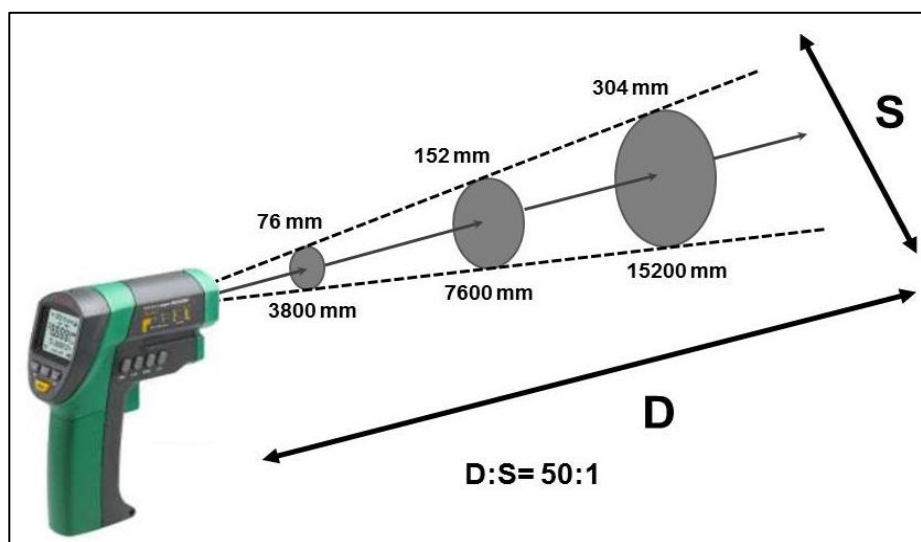


Figura 20: Relação da Distância do alvo para o Diâmetro de medição. **Fonte:** Sítio eletrônico *Instrumerm*.

5.2.2 Data Logger de temperatura e umidade relativa do ar

Este instrumento é utilizado para verificar a temperatura e umidade relativa do ar (UR). Mede e armazena até 16.000 valores de UR e de temperatura cujas escalas vão de 0 a 99% UR e -40° a 70°C . Possui ciclo de medição selecionável em intervalos de tempo programável. Sua precisão de temperatura do ar é entre 1°C e 2°C . Possui interface *USB* para descarregar dados diretamente no computador (Figura 21).



Figura 21: Data Logger de temperatura e UR. **Fonte:** Sítio eletrônico *Highmed*.

5.2.3 Abrigo Meteorológico

O abrigo meteorológico de múltiplas placas protege o *datalogger* de temperatura e UR da radiação solar incidente ou refletida, da precipitação e em condições de vento forte. É composto por oito (8) placas de alumínio com espaçamento de 12mm entre elas, que possuem pintura branca brilhante para aumentar a reflexão e isolamento térmico. Suas dimensões totais são: 115mm de diâmetro, 140mm altura (da base até a placa superior), conforme a Figura 22.



Figura 22: Abrigo Meteorológico. **Fonte:** Sítio eletrônico *Azula*.

5.2.4 Tripé de alumínio

O tripé possui três níveis de ajustes com altura máxima de 1,30m do solo. Suporta equipamentos de até 1,5kg e permite fixar o abrigo meteorológico, o *datalogger* de temperatura e UR e o termômetro digital IR. Seu material é composto de alumínio e plástico (Figura 23).



Figura 23: Tripé de alumínio. **Fonte:** Sítio eletrônico *Americanas*.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, estão descritos os experimentos de campo realizados em onze pontos amostrais. Inicialmente, pretendia-se que os experimentos de campo fossem definidos de acordo com a metodologia do Projeto QUAPÁ-SEL (MACEDO, 2010a; 2010b, 2013) na cidade de São Carlos. Contudo, os mapas foram finalizados e entregues onze meses após o início desta pesquisa (fevereiro de 2014), o que comprometeria a coleta dos dados no período de tempo seco, que geralmente ocorre nos meses de julho, agosto e setembro na cidade de São Carlos. Para cumprir o cronograma de pesquisa nos prazos estabelecidos, buscamos minuciosamente os procedimentos do referido Projeto Temático (aplicados em outras cidades brasileiras) e por verossimilhança, selecionamos os locais representativos dos espaços livres verticalizados; praças públicas; condomínios residenciais; conjuntos habitacionais; distritos industriais e outros da malha urbana.

Para cada subseção é apresentado os episódios representativos dos tipos de tempo da cidade de São Carlos, referentes aos experimentos de campo.

Em seguida, apresentamos os resultados elaborados pela Equipe QUAPÁ-SEL, em forma de mapas, dos aspectos morfológicos dos onze pontos eleitos para os experimentos de campo. Considerando o esquema apresentado na seção 5.1.2.1, o critério de abordagem inicial da interpretação das tipologias urbanas será o mapa de parcelamento do solo e volumetria construída intraquadra (Figura 75), associando a discussão dos resultados de campo a outros mapas, como a arborização intraquadra (Figura 77); espaços livres intraquadra (Figura 78) e os recuos intraquadra (Figura 79).

Os experimentos aleatórios foram realizados no campus central da USP São Carlos como parte do teste dos equipamentos de pesquisa (tripé e termômetro digital infravermelho). As temperaturas de superfície aferidas e tabuladas em planilhas serviram simplesmente como simulação operacional. Seus resultados foram suprimidos por não ser o objetivo principal do presente estudo.

6.1 Experimentos de Campo

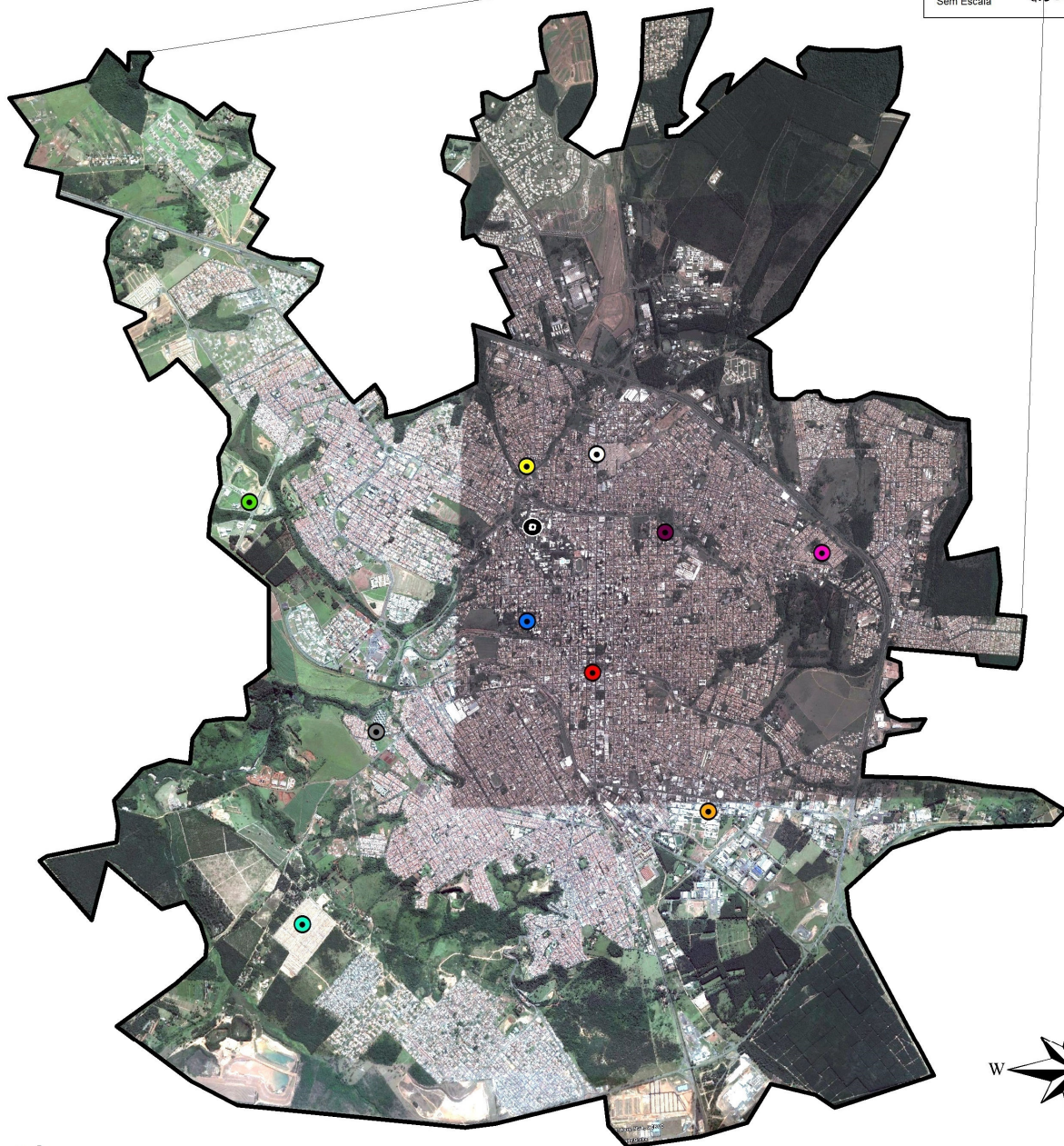
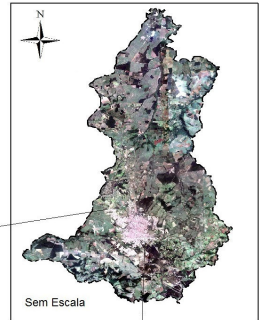
Os experimentos de campo foram realizados em onze pontos amostrais previamente definidos na cidade de São Carlos, representativos de espaços livres verticalizados; praças públicas; condomínios residenciais; conjuntos habitacionais; industriais e outros. Para cada experimento de campo foi confeccionada uma folha de tamanho A3 com as leituras horárias realizadas pelo sensor termal infravermelho nos ângulos de visada e pontos cardeais e colaterais, entre 9h e 15h, plotados em gráficos de radar. Como subsídio à análise foram inseridos os registros fotográficos terrestres correspondentes às visadas N, NE, SE, S, SO, O e NO, o perfil transversal do local e uma fotografia aérea para a caracterização do entorno dos pontos estudados.

Os experimentos ocorreram entre os dias 23, 28, 29, 30 e 31 de Agosto, 2, 5, 6, 7 e 8 de Setembro de 2013, no período de Inverno, e nos dias 4 e 5 de Fevereiro de 2014, no período de Verão.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor IR (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro I) apresentaram variações extremas de temperatura superficial, tanto positiva quanto negativa. Esta última ocorreu em grande parte para as angulações de 10°, 25° e 35°, pois o sensor foi apontado para o céu, ora pela altura limitada dos elementos urbanos e pelas angulações mais elevadas no momento do direcionamento do aparelho.

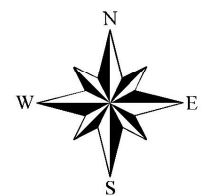
Como referência espacial, a Figura 24 ilustra os locais onde foram realizados os experimentos de campo na área urbana da cidade de São Carlos.

Área Urbana - São Carlos



Legenda

● Ponto 1 - 23/08/2013	⊙ Ponto 6 - 02/09/2013
● Ponto 2 - 28/08/2013	● Ponto 7 - 05/09/2013
● Ponto 3 - 29/08/2013	● Ponto 8 - 06/09/2013
● Ponto 4 - 30/08/2013	● Ponto 9 - 07/09/2013
● Ponto 5 - 31/08/2013	● Ponto 10 - 08/09/2013
	● Ponto 11 - 04 e 05/02/2014



Projeção Geográfica
Datum Córrego Alegre



Figura 24: Representação espacial dos experimentos de campo em São Carlos. **Fonte:** Imagem Aérea - Google (2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.1 Ponto 1 – Espaços Livres - Verticalização

O experimento foi realizado no dia 23 de Agosto de 2013, na Rua Marechal Deodoro, 1200 (Figura 25). O ponto foi escolhido por apresentar um conjunto de massas edificadas superiores a oito pavimentos em uma distância de vinte e cinco metros em si, representando a rugosidade urbana no formato de *canyon* ou “trincheira urbana”. Os elementos edificados, arbóreos e os diferentes pavimentos como asfalto e calçada de concreto impermeabilizado foram outro aspecto potencial para a escolha do referido local de investigação.



Figura 25: Fotografia aérea das imediações do Ponto 1. **Fonte:** QUAPÁ-SEL, (2014).

As características do entorno onde se fizeram as leituras pelo sensor foram reconhecidas da seguinte forma: (N) Muro de tijolo rebocado por concreto de cor clara e estrutura poliesportiva de telhado metálico; (NO) Idem a descrição supracitada; (L) Árvore de grande porte e veículos estacionados à esquerda da via; (SE) Edifício com mais de dez pavimentos de cor salmão; (S) Muro de concreto de coloração branca e residência de um pavimento; (SO) Edifício com mais de dez pavimentos de cor azul claro com muro de tijolo à vista; (O) Via de asfalto com massa arbórea superior a cinquenta metros de

distância; (NO) Edificação com mais de dez pavimentos de coloração laranja e muro de tijolo rebocado por concreto de cor clara (Quadro 1).

As leituras de temperatura realizada pelo sensor IR (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro I) apresentaram variações distintas, descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a amplitude termal do asfalto e calçada de concreto foi de 21,3°C (O) e 25,2°C (SE). O sombreamento do muro de concreto e copa da árvore foram os fatores atenuadores dos valores de temperatura para o período analisado. Às 10h, a NE, a temperatura reduziu de 22,7°C para 20,4°C pela obstrução direta dos raios solares. Às 11h, 12h e 13h, em decorrência da exposição das superfícies diretas ao sol, o gradiente termal se elevou consideravelmente, com destaque às faces SO, O e NE que registraram 40,1°C, 44,2°C e 41,7°C (11h), 51,7°C, 52,9°C e 53,4°C (12h) e 53,5°C, 53,5°C e 49,6°C (13h), respectivamente. O asfalto (SE) registrou crescentes valores de 31,5°C (11h), 39,1°C (12h e 13h) e 42,2°C (14h). O último registro, às 15h, evidenciou a queda de temperatura em todos os setores, especialmente às faces SO, O e NE, cujos valores foram 35,8°C, 35,4°C e 34,7°C, respectivamente. Os setores SO, O e NO, de piso asfáltico, registraram os maiores valores de temperatura superficial estimada em 53,5°C, entre os horários de 12h e 13h, para o ângulo -10°. A ação combinada da densidade construtiva do solo na área central da cidade, a dispersão dos ventos atenuados por elementos edificados, sobretudo pela incidência solar em um dia ensolarado, foram alguns dos principais fatores condicionantes para tal cenário (Tabela 5).

Tabela 5: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 1.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	22,6	22,7	24,7	31,2	32,5	35,3	32,1
NE	22,9	23,1	25,3	29,7	32,6	36,7	32,2
E	22,9	24,5	24,7	32,8	32,2	32,0	37,6
SE	25,2	24,0	31,5	39,1	39,1	42,2	40,5
S	24,4	27,3	28,7	43,0	43,7	46,5	36,5
SO	22,7	22,0	40,1	51,7	53,5	43,7	35,8
O	21,3	29,0	44,2	52,9	53,5	43,6	35,4
NO	22,7	20,4	41,7	53,4	49,6	46,4	34,7

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas permaneceram relativamente homogêneas entre 22,9°C e 25,2°C, exceto à Sudoeste com o valor de 28,3°C. No horário seguinte, 10h, destacam-se os setores S, SO e NE com valores termais de 33,1°C, 31,1°C e 34,5°C, respectivamente. Às 11h, ao contrário do se esperava, as temperaturas nos setores SE, S, O e NE, atenuadas pelo sombreamento das edificações e copa da árvore, se reduzem em comparação ao horário anterior. Às 12h e 13h, as temperaturas se elevam em todos os setores acima dos 30,0°C, especialmente ao S com 39,6°C (12h) e 47,0°C (13h). Às 14h e 15h, os valores termais se atenuam nos setores S, SO e NE e as faces E/SE apresentam valores de 38,6°C e 40,5°C, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 1.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	22,7	22,7	25,2	32,1	34	36,8	32,2
NE	22,9	23,3	25,7	32,5	32,5	36,4	32,1
E	25,5	25,3	27,1	27,5	32,5	38,6	33,6
SE	25,2	29,8	26,2	32,0	33,6	40,5	35,2
S	23,8	33,1	28,3	39,6	47,0	38,4	35,2
SO	28,3	31,1	32,2	41,5	34,3	36,8	36,2
O	22,6	28,9	27,4	33,8	30,6	33,6	30,1
NO	26,7	34,5	34,0	36,3	35,6	34,8	28,2

- **Angulação 10°:** às 9h, os maiores valores termais apresentaram 28,8°C (NO) e 29,6°C (NE). Os valores negativos foram de -9,1°C (S) e -6,8°C (O). Às 10h, os setores SE, SO e NE, apresentaram 29,8°C, 31,7°C e 32,7°C, respectivamente. No horário seguinte as leituras não tiveram variações excepcionais, pois foram atenuadas pelo sombreamento. Às 12h, o setor NO registrou 47,5°C, exceto para S e O, cujos valores foram negativos. Os demais apresentaram temperaturas superiores a 30,0°C. Às 13h e 14h, as temperaturas em NO e SE foram 46,5°C e 41,8°C (13h) e 40,6°C e 42,1°C, respectivamente. Os setores S e O apresentaram valores positivos de 2,5°C e 24,7°C. Às 15h, o sombreamento provocado pela massa edificada reduziu a temperatura em todos os setores cardeais e colaterais. Excepcionalmente, S e O apresentaram inversão térmica com o horário anterior, que registrou 15°C e 4,5°C, respectivamente. A evolução dos registros termais apresentou uma

amplitude acentuada, sobretudo para o setor NE, telhado de material metálico, com valores superiores a 46,0°C. Nos demais setores, por efeito do sombreamento da copa da árvore e as edificações do entorno, as temperaturas apresentaram homogeneidade, mas com temperaturas próximas dos 40,0°C. Nos setores S e O, os registros foram negativos devido à visada de o sensor ter sido direcionada para o céu (Tabela 7).

Tabela 7: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 1.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	22,9	23,0	25,5	34,5	35,7	38,1	33,0
NE	28,7	23,3	34,5	47,5	46,5	40,6	37,9
E	25,8	18,0	27,3	33,2	33,3	36,3	25,1
SE	24,5	29,8	26,2	33,2	41,8	42,1	36,8
S	-9,1	-11,8	-7,9	-1,5	-1,1	2,5	15,0
SO	37,9	31,7	35,6	38,0	36,9	37,7	35,9
O	-6,8	-1,1	-2,3	14,0	3,8	24,7	4,5
NO	29,6	32,7	29,8	33,6	33,2	34,8	29,3

- **Angulação 25°:** Às 9h, os valores termiais foram mais elevados comparados no mesmo horário, em angulações menores, visto que as fachadas dos edifícios e copa da árvore estavam com suas faces diretamente expostas ao Sol. Destacam-se os setores NO, E, SE, SO e NE, com temperaturas positivas crescentes até às 13h. Após as 14h, em decorrência do deslocamento da Terra (do ponto de vista Solar) e o sombreamento das faces expostas ao mesmo, os valores se atenuaram. As temperaturas negativas ocorreram nos setores N, S e O, com variações ao longo do dia e registros termiais próximos ou superiores a 0,0°C. Para os setores N, S e SO, as temperaturas foram negativas em todos os horários, com valores próximos a 0,0°C, nos horários de 12h e 14h, pela energia térmica emitida pelos alvos mais próximos, mesmo o céu sendo o alvo diretamente observado (Tabela 8).

Tabela 8: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 1.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-10,0	-17,0	-8,5	-15,0	-4,4	-1,9	-12,0
NE	28,2	32,8	28,7	34,1	42,6	26,4	29,3
E	23,0	26,0	26,5	28,8	26,2	32,3	28,4
SE	24,7	26,4	28,5	34,2	47,3	41,1	35,1
S	-19,6	-23,4	-21,1	-12,2	-10,2	-8,3	-17,8

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
SO	37,1	31,3	32,2	37,0	39,8	38,1	32,7
O	-16,2	-19,4	-15,0	2,0	-8,7	-8,5	-5,0
NO	27,0	31,0	26,6	34,5	34,5	36,3	30,3

- **Angulação 35°:** Com ocorrência semelhante ao ângulo 25°, os setores que apresentaram valores positivos e negativos são os mesmos do ângulo supracitado. Destacam-se as fachadas dos edifícios, que correspondem aos setores SE, SO e NE e variaram de 26,7°C, 34,6°C e 31,3°C às 9h para 37,3°C, 37,4°C e 36,7°C, às 13h, respectivamente. Os valores negativos, às 10h, apresentaram valores de -21,8°C (N), -29,6°C (S) e -25,0°C (O), enquanto às 13h, as respectivas temperaturas foram de -7,2°C, -14,4°C e -9,3°C (Tabela 9).

Tabela 9: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 1.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-2,3	-21,8	-4,3	-14,0	-7,2	-12,0	-2,3
NE	30,1	16,1	27,1	31,1	28,7	35,4	30,1
E	26,4	19,7	26,0	35,6	30,0	34,8	26,4
SE	35,1	26,7	27,1	36,0	37,3	38,0	35,1
S	-13,2	-29,6	-27,1	-14,8	-14,4	-13,8	-13,2
SO	31,2	34,6	32,0	36,5	37,4	34,7	31,2
O	-20,0	-25,0	-19,8	-14,8	-9,3	-11,0	-20,0
NO	30,3	31,3	28,2	35,2	36,7	33,0	30,3

Nos setores SE, SO e NO, com elementos verticalizados (mais de dez pavimentos), a temperatura superficial aparente das fachadas das edificações apresentaram valores mais acentuados nos ângulos 10° e 25°, comparados aos valores do ângulo 35°, com amplitude de 24,5°C, às 9h, e 42°C, às 14h (SE). Logo, às 13h para o referido setor, na angulação 25°, a temperatura alcançou 47,0°C. Isso se deve ao fato das angulações serem mais próximas do solo, como o asfalto, calçadas, da camada de cobertura das edificações de pequeno porte, como casas (S), escola (N), o ginásio poliesportivo (N/NE), a posição das faces destas edificações em relação ao sol e o horário observado pelo sensor.

Neste dia, a condição sinótica de estabilidade atmosférica com a presença da Massa Polar Atlântica, em fase de transição, foi favorável à experimentação de campo (Figura 33).

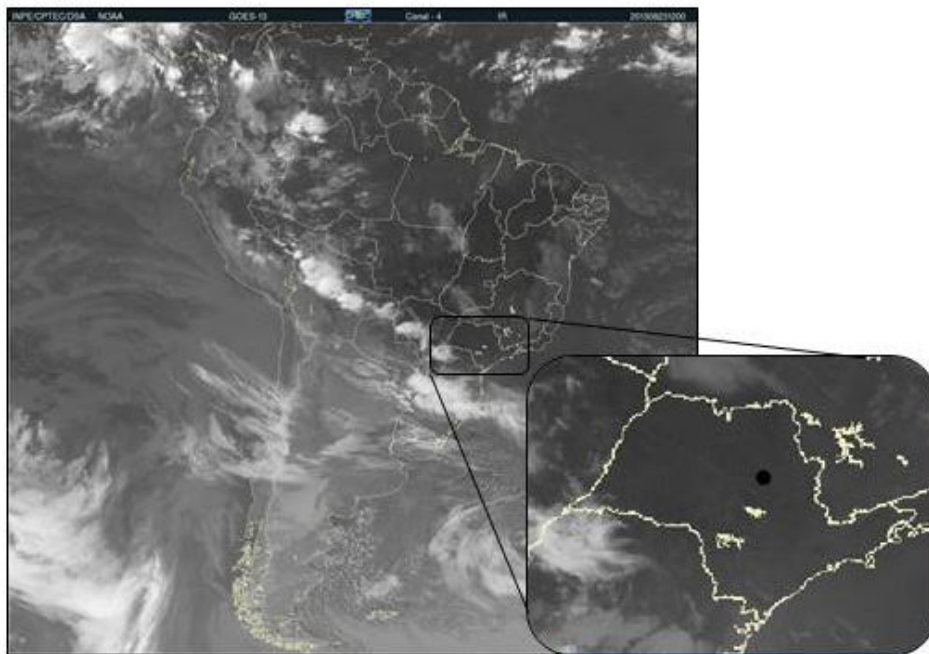
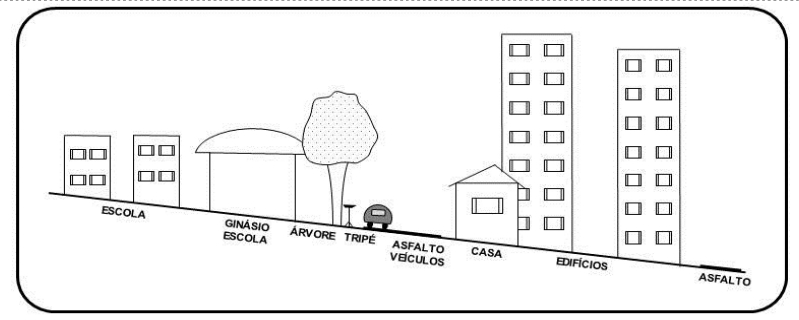
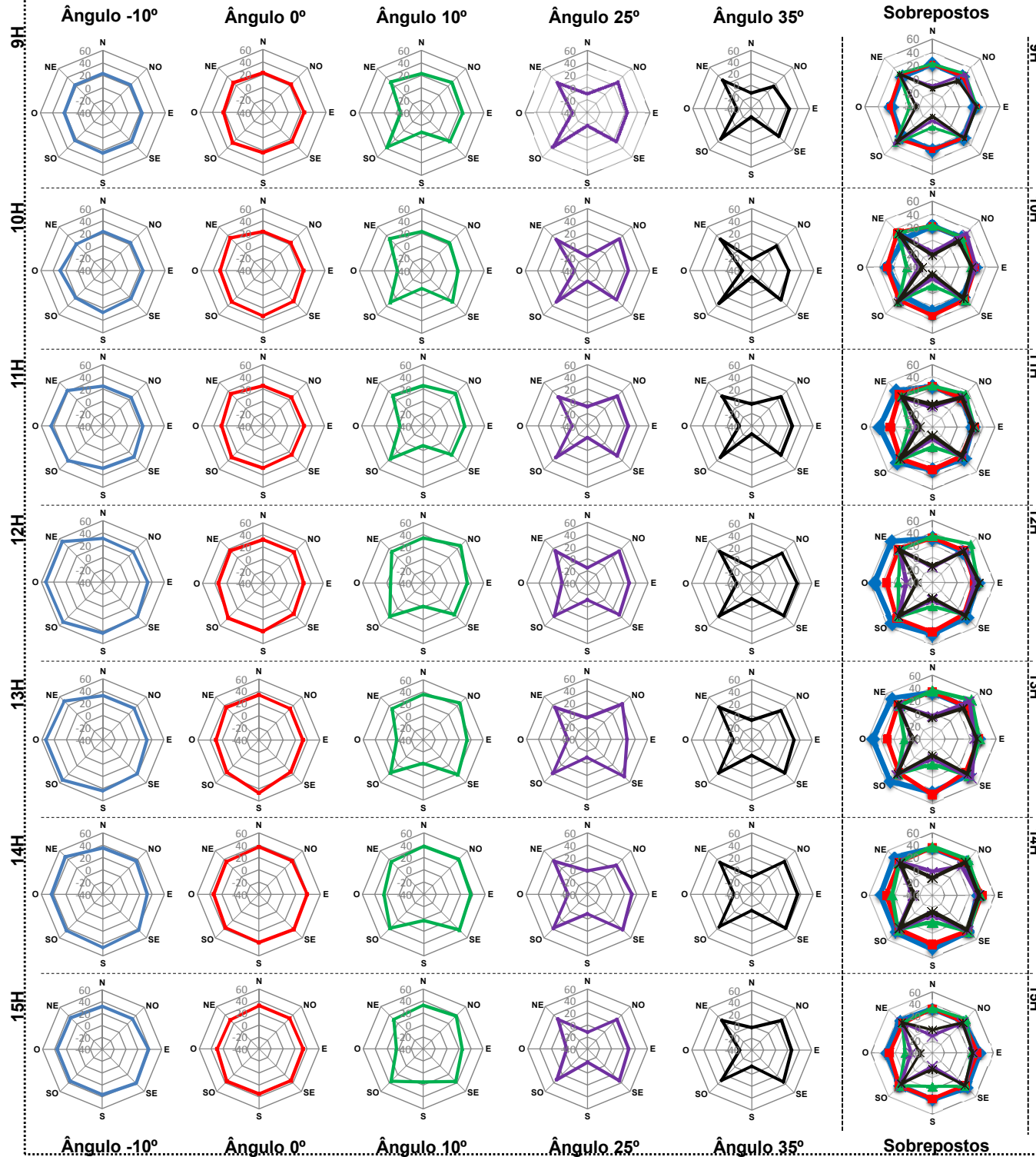


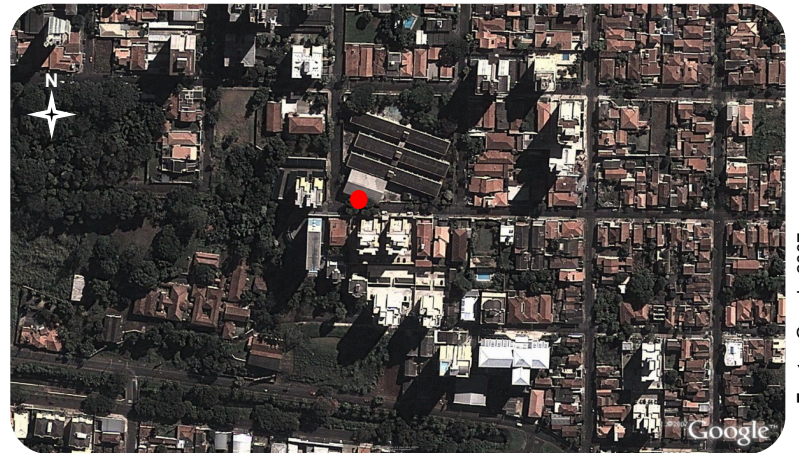
Figura 26: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 23/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 1 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 01: Experimento de campo referente ao Ponto 1.



Perfil transversal referente ao Ponto 1.



Fonte: Google, 2007.

Localização do Ponto 1. Bairro: Centro. Escala aproximada: 0,1 0,05 0 0,1 Km



Fonte: Acervo pessoal (2013).

Sob outra perspectiva visual, as figuras a seguir apresentam a variação térmica para as angulações -10° e 0° , em gráficos de linha, dos experimentos de campo que tiveram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho. Ao longo das medições horárias do dia 23 de Agosto, para o ângulo -10° (Figura 27), nota-se a evolução de temperatura em todos os setores, cujos valores aproximados variaram de $20,0^\circ\text{C}/25,0^\circ\text{C}$, às 9h e $32,0^\circ\text{C}/42,0^\circ\text{C}$, às 15h. Destacam-se os setores SO/O e NO, que registraram amplitudes térmicas expressivas entre 12h e 13h, acima dos $53,5^\circ\text{C}$.

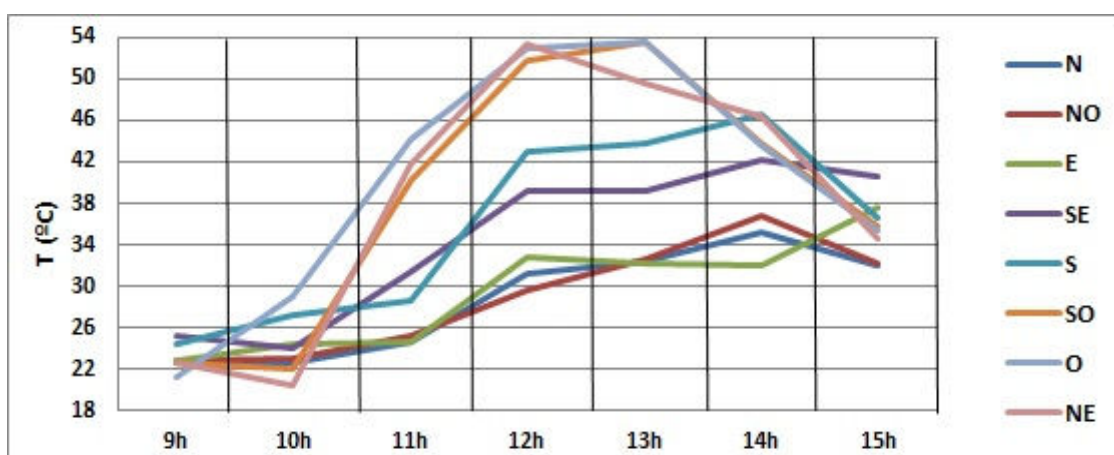


Figura 27: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (23/08/2013). **Elaboração:** O autor.

Para o ângulo horizontal 0° (Figura 28), destacam-se os setores Sul e Sudoeste com picos de temperatura às 12h e 13h de $42,0^\circ\text{C}$ e $47,0^\circ\text{C}$, aproximadamente. Exceto para o setor Sudoeste, nota-se a considerável queda de temperatura superior a $5,0^\circ\text{C}$ em alguns setores entre às 14h e 15h. Os elementos edificados e o efeito de sombreamento atenuou a amplitude dos valores termais na maioria dos setores, exceto para S e SO.

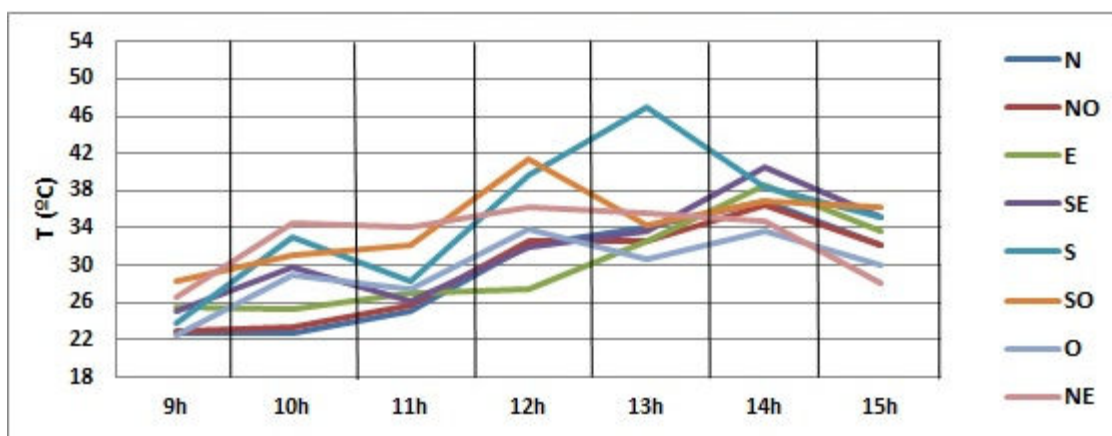


Figura 28: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (23/08/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.2 Ponto 2 – Espaços Livres – “Calçadão”

O experimento foi realizado no dia 28 de Agosto de 2013, na Rua Germiniano Costa, próximo do número 591. Popularmente chamado de “calçadão”, situa-se em frente ao Mercado Municipal, local de encontro de pessoas, passeio e travessia de pedestres na área central da cidade de São Carlos. As massas edificadas e arbóreas de pequeno e médio porte e o calçamento de blocos de concreto intertravado são elementos urbanos que se incorporam a vocação comercial do centro da cidade. Esta simbiose faz com que o ‘calçadão’ seja um dos espaços livres de maior circulação de pedestres no período diurno, em São Carlos (Figura 29).



Figura 29: Fotografia aérea das imediações do Ponto 2. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do entorno onde se realizaram as leituras pelo sensor foram reconhecidas da seguinte forma: Ao Norte, edificação com dois pavimentos com paredes de cores vermelha e amarela oposta ao Sol; calçada com blocos de concreto intertravado nas cores cinza claro, cinza escuro e amarelo. Nordeste: edificação com mais de dez pavimentos, acima de 500 metros de distância do sensor; massa arbórea de médio porte; calçada com blocos de concreto intertravado nas cores cinza claro, cinza escuro e amarelo. Leste: edificação com um pavimento com fachada vermelha e cinza; calçada com blocos de concreto intertravado nas cores cinza claro e amarelo. Sudeste:

edificações com dois pavimentos com paredes nas cores branca, janelas de vidro transparente e placas publicitárias nas cores azul e vermelho; estacionados na margem da rua; asfalto; canteiro com gramado seco e calçada com blocos de concreto intertavadado de cor cinza claro. Sul: edificação com dois pavimentos de parede branca, janelas de vidro transparente e placas publicitárias nas cores vermelho e preto; veículos estacionados na margem da rua; asfalto; canteiro com gramado seco sombreado e calçada com blocos de concreto intertavadado de cor cinza claro sombreado. Sudoeste: edificações com dois pavimentos com fachadas de variadas cores; árvores de dez metros de altura, aproximadamente; veículos estacionados na margem da rua com sombra; asfalto; canteiro com gramado seco sombreado e calçada com blocos de concreto intertavadado de cor cinza claro e amarelo parcialmente sombreado. Oeste: árvores de dez metros de altura, aproximadamente; calçada com blocos de concreto intertavadado de cor cinza claro e amarelo. Noroeste: prédio com mais de dez pavimentos a 500 metros de distância com fachada de cor cinza; edificação de dois pavimentos a 20 metros de distância com paredes de cores vermelha e amarela; árvores de pequeno porte, bancos de madeira e calçada com blocos de concreto intertavadado de cores cinza claro, cinza escuro e amarelo.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a amplitude termal da calçada de concreto foi de 23,6°C (SO) e 22,6°C (O). No horário seguinte das 10h, nota-se um ligeiro aumento de temperatura em todos os setores com destaque para o setor Oeste com 26,9°C. Às 11h, os valores de temperatura se reduzem na ordem de 1,2°C nos setores N/NE/E/S e NO comparados ao horário anterior. Os setores SE/SO e O tiveram temperaturas de 23,1°C, 26,2°C e 27,4°C. No horário das 12h, a amplitude térmica foi de 14,5°C para o setor Sul e 26,5°C no setor Oeste. Às 13h, sobrevém a elevação de temperatura em todos os setores, com destaque para N/NE/E/O e NO com valores de 34,8°C, 33,6°C, 34,8°C, 38,0°C e 31,5°C, respectivamente. O registro termal das 14h obteve valores de 26,5°C no setor Sul e 40,2°C a Sudoeste. O último registro, às 15h, a temperatura foi modesta

nos setores SE e S, com 20,4°C e 20,9°C. Nos demais setores a variação foi de 35,6°C (Oeste) e 28,0°C (Sudoeste) (Tabela 10).

Tabela 10: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 2.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	21,2	24,4	19,4	20,2	34,8	31,0	31,5
NE	20,4	22,3	21,1	23,3	33,6	35,7	31,7
E	20,6	22,7	21,9	23,1	34,8	37,8	32,6
SE	19,5	21,2	23,1	22,9	28,0	29,2	20,4
S	18,2	19,4	14,5	14,5	29,8	26,5	20,9
SO	23,6	24,0	26,2	17,0	23,0	40,2	28,0
O	22,6	26,9	27,4	26,5	38,0	33,3	35,6
NO	20,0	24,1	23,6	18,8	31,5	27,3	31,1

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas variaram de 9,0°C (SO) e 25,1°C (O). No horário seguinte, 10h, o setor Sudoeste obteve o maior valor de 25,7°C seguido por Oeste com 20,2°C. A menor temperatura foi a Nordeste com 11,0°C. Às 11h, as temperaturas mais expressivas foram nas faces Sul e Oeste com 25,6°C e 31,6°C. Nos demais setores a amplitude térmica foi de 7,7°C (NE) e 20,0°C (NO). Às 12h, a fachada SE/S/SO obteve os respectivos valores de 18,2°C, 24,1°C, 18,2°C e 24,5°C. No horário das 13h, as temperaturas se elevam em todos os setores apresentando temperaturas de 27,4°C, 34,0°C e 33,0°C para SE/S e SO. Às 14h a amplitude térmica varia de 18,0°C (Nordeste) e 34,0°C (Leste). Às 15h, os valores termais continuam modestos nos setores N e NE com 16,7°C e 15,5°C. Os valores termais mais expressivos são de 32,5°C e 33,6°C nos setores Sudeste e Sudoeste (Tabela 11).

Tabela 11: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 2.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	10,6	12,1	10,6	8,5	19,0	18,8	16,7
NE	10,0	11,0	7,7	6,7	19,5	18,0	15,5
E	12,9	14,6	15,0	13,1	21,9	34,0	22,5
SE	17,4	16,8	14,8	18,2	27,4	26,6	32,5
S	19,8	20,2	25,6	24,1	34,0	26,6	25,0
SO	9,0	25,7	15,8	18,2	33,0	29,3	33,6
O	25,1	20,2	31,6	24,5	22,9	23,1	21,8
NO	14,6	16,0	20,0	15,8	25,3	18,7	23,7

- **Angulação 10°:** Os setores que apresentaram temperaturas positivas foram Sul, Sudoeste e Oeste. Nesta sequência, os valores foram de 16,0°C, 9,0°C e 25,1°C, às 9h. No horário seguinte às 10h, as temperaturas foram de 21,2°C, 7,4°C e 18,8°C, respectivamente. Às 11h, a temperatura diminuiu no setor Sul para 16,5°C aumentou a Sudoeste para 19,8°C e voltou a diminuir a Oeste com o valor de 14,5°C. Às 12h, a amplitude térmica positiva variou de 21,9°C, 19,5°C e 17,8°C. Para o horário das 13h, destaca-se a abrupta queda de temperatura no setor Sul para 3,7°C. Os demais setores apresentaram temperaturas homogêneas de 23,3°C e 23,4°C. Às 14h e 15h, os valores de temperatura tiveram os registros constantes com as seguintes amplitudes 23,1°C e 24,7°C (Sul), 16,4°C e 21,2°C (Sudoeste) e 23,3°C e 23°C (Oeste). Apesar dos setores S e O apresentarem bastante similaridade nas temperaturas, a angulação 10° relevou a maior quantidade de setores com temperaturas negativas (N/NE/E/SE e NO), justamente pelo sensor ter sido posicionado em um ponto do “calçadão” em que a leitura dos alvos ao seu redor não fosse completa (temperaturas positivas) (Tabela 12).

Tabela 12: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 2.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-35,5	-34,0	-39,0	-47,0	-30,0	-37,8	-29,2
NE	-36,9	-36,0	-41,0	-42,0	-32,0	-30,0	-31,5
E	-35,3	-34,0	-40,0	-41,0	-5,2	-3,6	-4,4
SE	-15,2	-3,0	-7,0	-17,0	-11,2	-15,0	-9,8
S	16,0	21,2	16,5	21,9	23,3	23,1	24,7
SO	12,6	7,4	19,8	19,5	3,7	16,4	21,2
O	17,4	18,8	14,5	17,8	23,4	23,3	23,0
NO	-13,0	-32,2	-37,0	-35,0	-26,9	-13,6	-28,9

- **Angulação 25°:** Os valores positivos foram obtidos nos setores Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste e Oeste. Às 9h, as modestas temperaturas positivas variaram de 4,7°C (SO) a 13,9°C (SE). Às 10h, os valores não apresentaram variações significativas e registraram 5,7°C, 14,8°C, 8,0°C, 6,6°C e 13,7°C para os respectivos setores E/SE/S/SO e O. O setor Oeste apresentou a temperatura mais acentuada de 15,5°C para a medida horária das 11h. Nas 12h, os registros de temperatura foram maiores comparadas aos horários anteriores com 14,3°C, 14,0°C, 15,9°C e 11,8°C nos setores SE/S/SO e O. No

setor Leste os valores variaram 0,3°C. Às 13h, a fachada Leste-Sudeste registra valores de 7,9°C e 7,8°C. Os setores Sudoeste-Oeste tiveram um significativo aumento termal de 23,4°C e 24,3°C. No horário das 14h, os registros variaram de 10,4°C (Sudeste) a 24,1°C (Sul). Às 15h, os registros foram de 19,7°C, 11,2°C, 18,8°C, 18,0°C e 26,1°C para os setores E/SE/S/SO e O (Tabela 13).

Tabela 13: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 2.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-42,0	-40,0	-47,0	-42,0	-35,0	-37,0	-35,5
NE	-43,0	-40,0	-47,0	-44,0	-36,0	-38,0	-36,4
E	9,6	5,7	6,1	6,4	7,9	12,0	3,0
SE	13,9	14,8	6,1	14,3	7,8	10,4	11,8
S	8,8	8,0	12,1	14,0	14,4	24,1	19,0
SO	4,7	6,6	10,6	15,9	23,4	10,9	22,2
O	9,5	13,7	15,5	11,8	24,3	21,3	18,5
NO	-44	-47,0	-32,0	-38,0	-33,0	-34,0	-26,2

- **Angulação 35°:** A evolução das temperaturas foi semelhante ao ângulo 25° para os setores que apresentam temperaturas positivas. Às 9h, a amplitude foi de 16,0°C (Sul) e 5,9°C (Oeste). Às 10h, os registros foram mais expressivos comparados ao primeiro horário que marcaram 20,5°C ao Sul e 10,4°C no setor Sudoeste. Às 11h, os setores Sudeste e Sul registraram valores de 17,7°C e 22,2°C. Com valores termais modestos, os registros das 12h foram de 11,8°C, 14,6°C, 14,0°C, 15,2°C e 18,2°C nos setores E/SE/S/SO e O. Às 13h, as temperaturas mais acentuadas foram 23°C (Sul), 22,5°C (Sudoeste) e 23,5°C (Oeste). No horário seguinte, 14h, as temperaturas variaram de 5,6°C no setor Leste e 24,3°C ao Sul. O registro das 15h apresentou amplitude térmica de 11,2°C no setor sudeste e 26,1°C a Oeste (Tabela 14).

Tabela 14: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 2.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-47,9	-45,0	-47,0	-45,0	-36,0	-39,0	-39,0
NE	-46,0	-45,0	-45,0	-44,0	-36,0	-38,0	-40,0
E	11,0	16,2	14,0	11,8	12,1	5,6	19,7
SE	12,9	10,9	17,7	14,6	9,8	17,7	11,2
S	16,0	20,5	22,2	14,0	23,0	24,3	18,8

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
SO	12,8	10,4	9,0	15,2	22,5	22,9	18,0
O	5,9	14,3	10,4	18,2	23,5	19,5	26,1
NO	-47,0	-44,3	-43,0	-43,0	-35,0	-18,0	-37,0

Nos ângulos de visada 25° e 35°, os setores que apresentaram temperaturas positivas (E, SE, S, SO e O) estão associados à proximidade do sensor aos elementos urbanos como as fachadas dos edifícios (Leste e Sudeste), com vinte e cinco metros de distância e a copa das árvores (Sul, Sudoeste e Oeste), com distâncias inferiores a dez metros (ver perfil transversal no Quadro 2).

Como descrito, a evolução da temperatura superficial estimada foi semelhante para ambos os setores. A amplitude térmica nestes setores está diretamente associada ao sombreamento da copa das árvores e a face oposta dos edifícios aos raios solares. Para o setor Sul, as temperaturas variaram de 8,0°C, no início das medições até 24,3°C.

Ressalta-se que a posição do aparelho no referido ponto não foi adequada o suficiente para que a maior parte dos setores registrassem temperaturas positivas. A complexidade é tamanha que mais da metade dos setores apresentaram seus alvos apontados para o céu e, conseqüentemente, temperaturas negativas.

Com a presença da Massa Polar Atlântica em fase de tropicalização na região, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme a Figura 30.

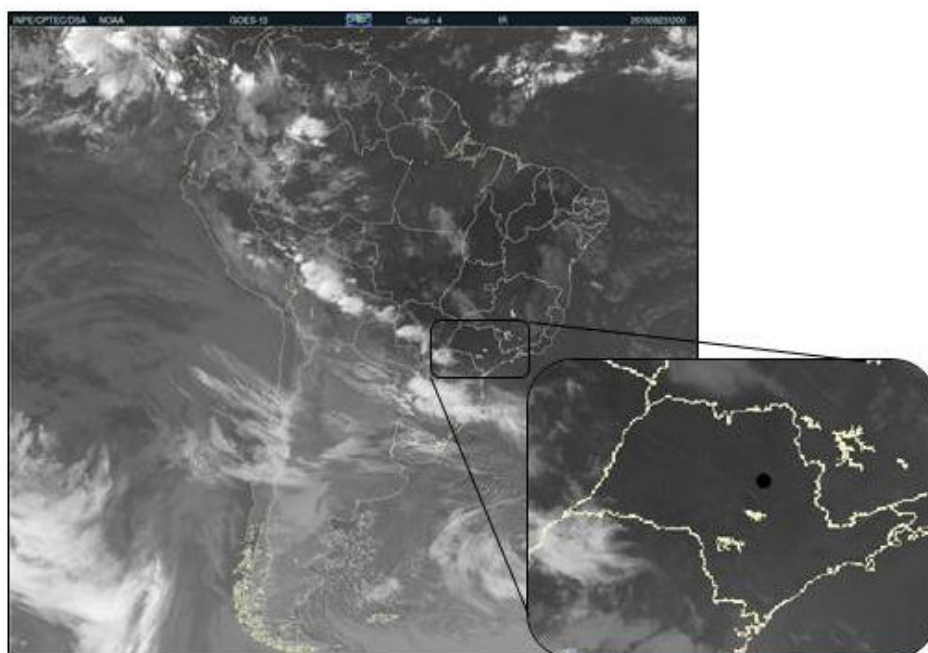
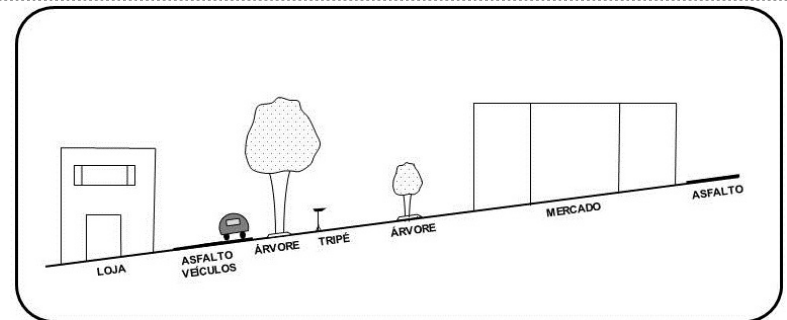
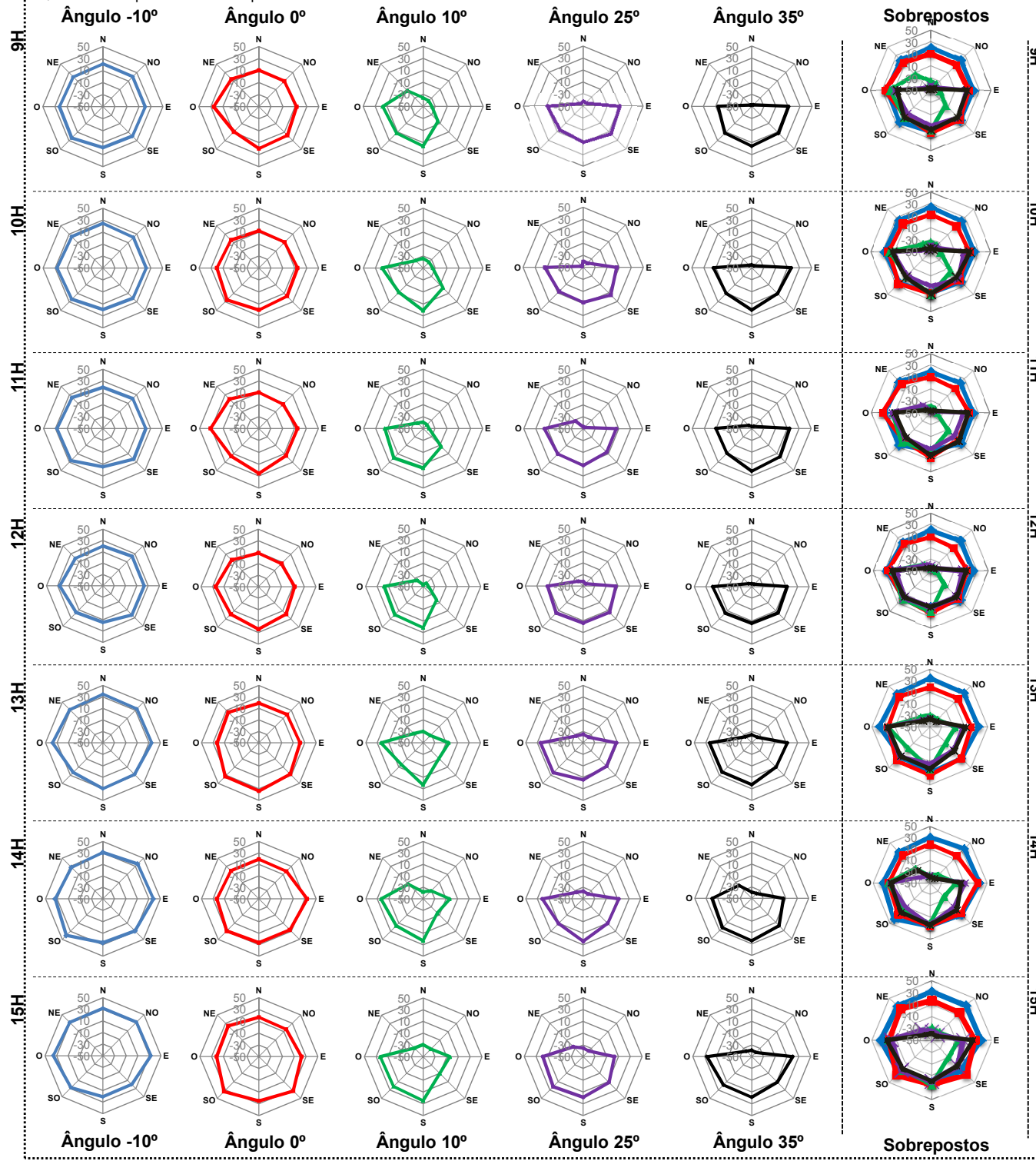


Figura 30: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 28/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 2 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 02: Experimento de campo referente ao Ponto 2.

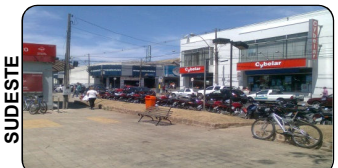
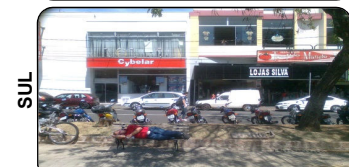


Perfil transversal referente ao Ponto 2.



Localização do Ponto 2. Bairro: Centro.

Escala aproximada: 0 0,05 0 0,1 Km



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

Sob outra perspectiva visual, as figuras a seguir apresentam a amplitude térmica para as angulações -10° e 0° , em gráficos de linha, dos experimentos de campo que tiveram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho. Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 31), nota-se a variação de temperatura em todos os setores. Devido o efeito de sombreamento ocasionado pela copa das árvores, a evolução das temperaturas apresentaram similaridades, com valores iniciais entre $15,0^\circ\text{C}$ e $23,0^\circ\text{C}$, decréscimo entre 11h e 12h e aumento dos valores das 13h e 15h. Destacam-se os setores E, S e SO (calçada de concreto intertravado) com valores acima de $37,0^\circ\text{C}$.

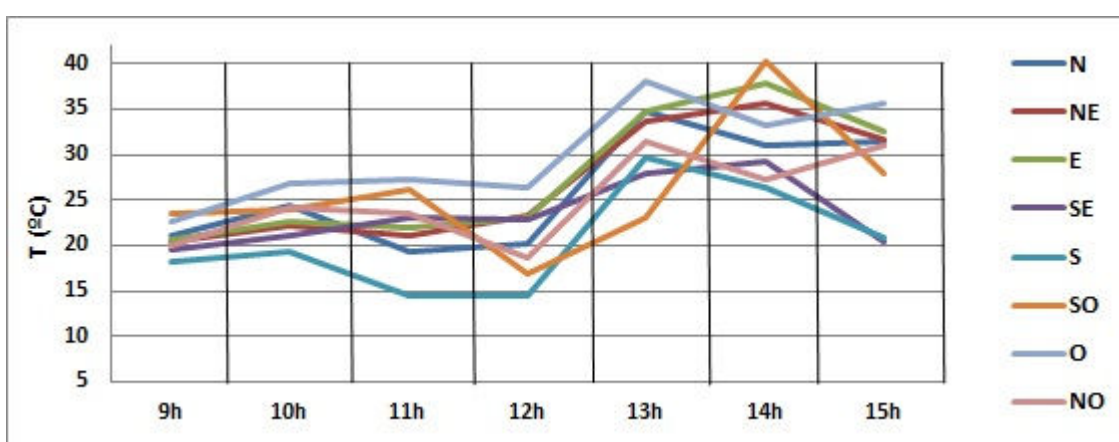


Figura 31: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (29/08/2013). **Elaboração:** O autor.

No ângulo 0° (Figura 32), devido à distância dos alvos para a leitura do sensor, a evolução da temperatura não foi similar para todos os setores, exceto para N e NE. O efeito do sombreamento ocasionado pela fachada dos elementos edificados e arbóreos atenuou os valores de temperatura, sobretudo para Leste e Sudoeste, que apresentaram amplitudes entre $14,0^\circ\text{C}$ no início das medições, até $33,0^\circ\text{C}$, entre 14h e 15h.

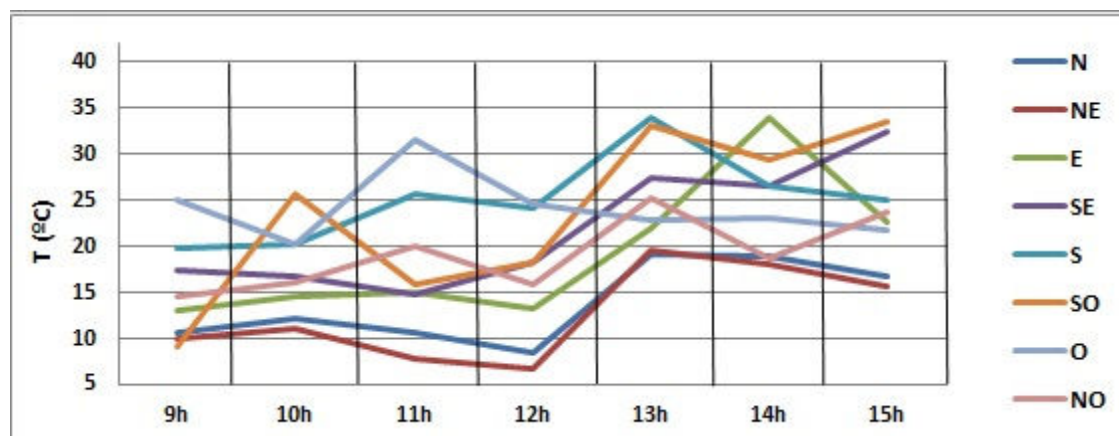


Figura 32: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (29/08/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.3 Ponto 3 – Espaços Livres - Parques

O experimento foi realizado no dia 29 de Agosto de 2013, próximo a Rua Liberdade, 188. O local é um parque público esportivo popularmente conhecido como “kartódromo”, pois funcionava como uma pista de *kart* desativada pela Prefeitura da cidade de São Carlos. Diariamente, a população são-carlense faz o uso deste espaço livre para a prática esportiva como corrida, caminhada, aulas de *yoga*, ginástica e etc.. Em alguns dias da semana, à noite, o espaço também é utilizado como feira de produtos orgânicos, organizado por cooperativas locais e a Prefeitura Municipal (Figura 33).



Figura 33: Fotografia aérea das imediações do Ponto 3. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

A fisionomia do antigo kartódromo permanece pouco alterada, sobretudo pelo revestimento asfáltico que cobre toda área de passeio do parque, as antigas arquibancadas transformadas em escadas no lado Noroeste e áreas de escape em alguns pontos. A arborização de pequeno e médio porte é escassa nas áreas permeabilizadas e mais densa no lado Oeste-Noroeste. Na fachada Leste a área é recoberta por vegetação e, ao Sul, por árvores de médio porte devido à junção dos Córregos Monjolinho (Leste) e Santa Maria do Leme (Sul), (PMSC, 2005).

As características do local foram reconhecidas a seguir: Norte: prédios de três e quatro pavimentos a 200 metros de distância; árvores de pequeno e médio porte; edificações de uso público do parque com um pavimento, com telhado de cor salmão e parede de cor amarela; áreas permeabilizadas com gramado verde e cascalhos; calçada de concreto escuro e asfalto. Nordeste: prédios de três e quatro pavimentos com mais de 200 metros de distância; árvores de pequeno e médio porte esparsas; gramado verde; asfalto e calçada de concreto escuro. Leste: prédios com até oito pavimentos de cores variadas a 250 metros de distância do sensor; massa arbórea de pequeno e médio porte esparsa; bancos de madeira e equipamentos metálicos para exercício físico; gramado verde; calçada de concreto escuro e asfalto. Sudoeste: idem a descrição anterior. Sudoeste: edifícios a 300 metros de distância; árvores de médio porte a 150 metros de distância; gramado verde; asfalto e calçada de concreto escuro. Sudoeste: edifício com oito pavimentos a 150 metros de distância; árvores de pequeno e médio porte a 100 metros de distância; calçada de concreto escuro e gramado verde. Oeste: árvores de pequeno porte a 60 metros de distância; escadas de concreto de cores vermelho e amarelo; asfalto de concreto escuro; asfalto e gramado verde; bancos de madeira. Noroeste: massa arbórea de médio porte a 50 metros de distância; escadas de concreto amarelo e vermelho; calçada de concreto escuro, asfalto; gramado e banco de madeira.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor *IR* apresentaram variações distintas, (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 3) descritas abaixo:

- **Angulação -10°:** às 9h, os registros termais da calçada de concreto e gramado foram acentuados nos setores 17,1°C e 17,4°C para SO e O. Às 10h, todos os setores tiveram aumento nas temperaturas que variaram de 23,1°C (NO) e 33,6°C (SO). Às 11h, nota-se a elevação da temperatura para S/SO e O com os respectivos valores de 38,2°C, 34,2°C e 35,0°C. Nas 12h, destacam-se os setores Sul e Sudoeste com temperaturas de 42,8°C e 39,2°C. Os demais setores registraram temperaturas acima dos 30,0°C. Às 13h, as temperaturas foram de 34,6°C (Norte) e 46,0°C (Oeste). No horário das 14h, os valores térmicos mais acentuados foram 47,5°C e 48,8°C nas fachadas Sul e

Sudoeste. O último horário das 15h, os valores se reduziram e variaram de 45°C a Sudoeste e 31,8°C a Oeste (Tabela 15).

Tabela 15: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 3.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	12,6	26,2	30,8	33,5	34,6	35,4	33,6
NE	9,6	23,1	30,5	35,0	38,4	37,1	36,0
E	7,0	25,5	29,7	34,7	38,9	35,2	38,1
SE	9,3	23,8	30,2	34,2	38,1	37,9	37,5
S	11,2	25,0	38,2	42,8	39,2	47,5	41,0
SO	17,1	33,6	34,2	39,2	43,9	48,8	45,0
O	17,4	32,2	35,0	30,2	46,0	34,2	31,8
NO	15,5	26,4	31,2	31,5	36,5	31,0	32,1

- **Angulação 0°:** às 9h, o comportamento térmico apresentado foi semelhante ao ângulo anterior (-10°). As modestas temperaturas variaram de 5,5°C no setor sudoeste e 13,5°C no alvo Oeste. No horário seguinte, 10h, destacam-se os valores de 21,9°C ao Norte e 20,4°C nos setores Sul e Sudoeste. Às 11h, as temperaturas foram mais elevadas nas fachadas Noroeste-Norte com valores de 27,6°C e 26,5°C. Às 12h, a amplitude térmica foi homogênea nos setores N/E/SE/S/SO e O, com os valores de 27,8°C, 28,4°C, 25,2°C, 26,5°C, 25,8°C e 26,2°C. Às 13h, a variação térmica foi de 19,8°C (SO) e 32,8°C (N). Às 14h, as fachadas E/SE e S registraram os seguintes valores 35,1°C, 41,2°C e 35,0°C. Às 15h, os registros termais mais expressivos são 33,8°C para Leste, 33,9°C a Sudoeste e 33,3°C ao Sul (Tabela 16).

Tabela 16: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 3.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	10,6	21,9	26,5	27,8	32,8	32,7	32,3
NE	7,7	17,5	20,2	24,1	26,2	30,3	29,5
E	9,1	18,7	20,6	28,4	29,8	35,1	33,8
SE	5,5	19,0	23,1	25,2	28,9	41,2	33,9
S	10,4	20,4	15,4	26,5	30,5	35,0	33,3
SO	11,8	20,4	17,8	25,8	19,8	26,2	28,2
O	13,5	18,1	15,5	26,2	27,4	33,3	25,8
NO	11,7	15,7	27,6	22,9	27,3	27,1	27,0

- **Angulações 10°, 25° e 35°:** Não registraram temperaturas positivas entre 9h e 15h e a descrição dos resultados foi suprimida.

A grande distância dos alvos para o sensor e pelo parque não possuir árvores de grande porte nas áreas permeabilizadas e nos espaços livres circundantes, não foi possível obter valores termais positivos para os referidos ângulos, em todos os setores.

Conforme a Figura 34, a condição sinótica de estabilidade atmosférica com a presença da Massa Polar Velha (Tropicalizada), foi favorável à experimentação de campo.

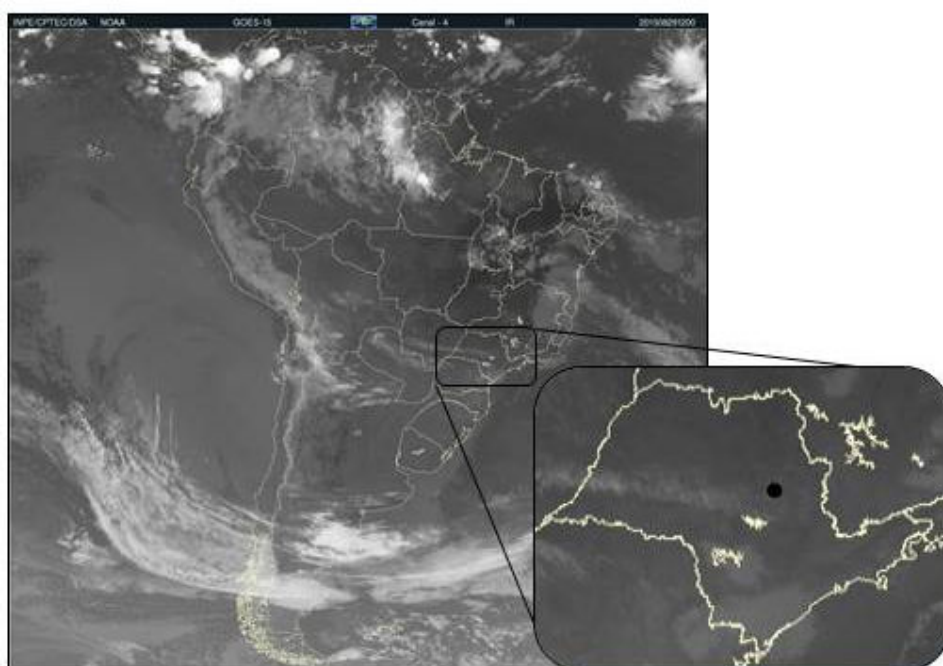
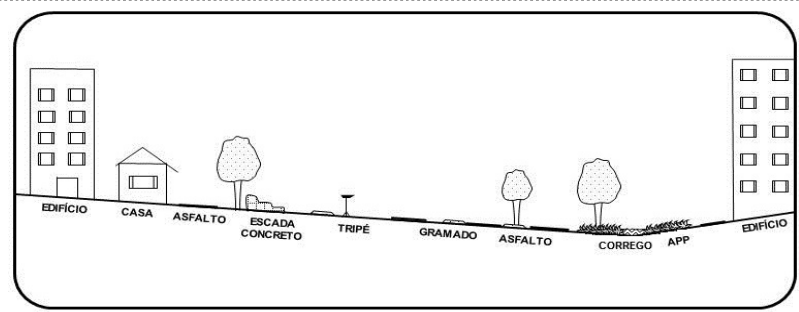
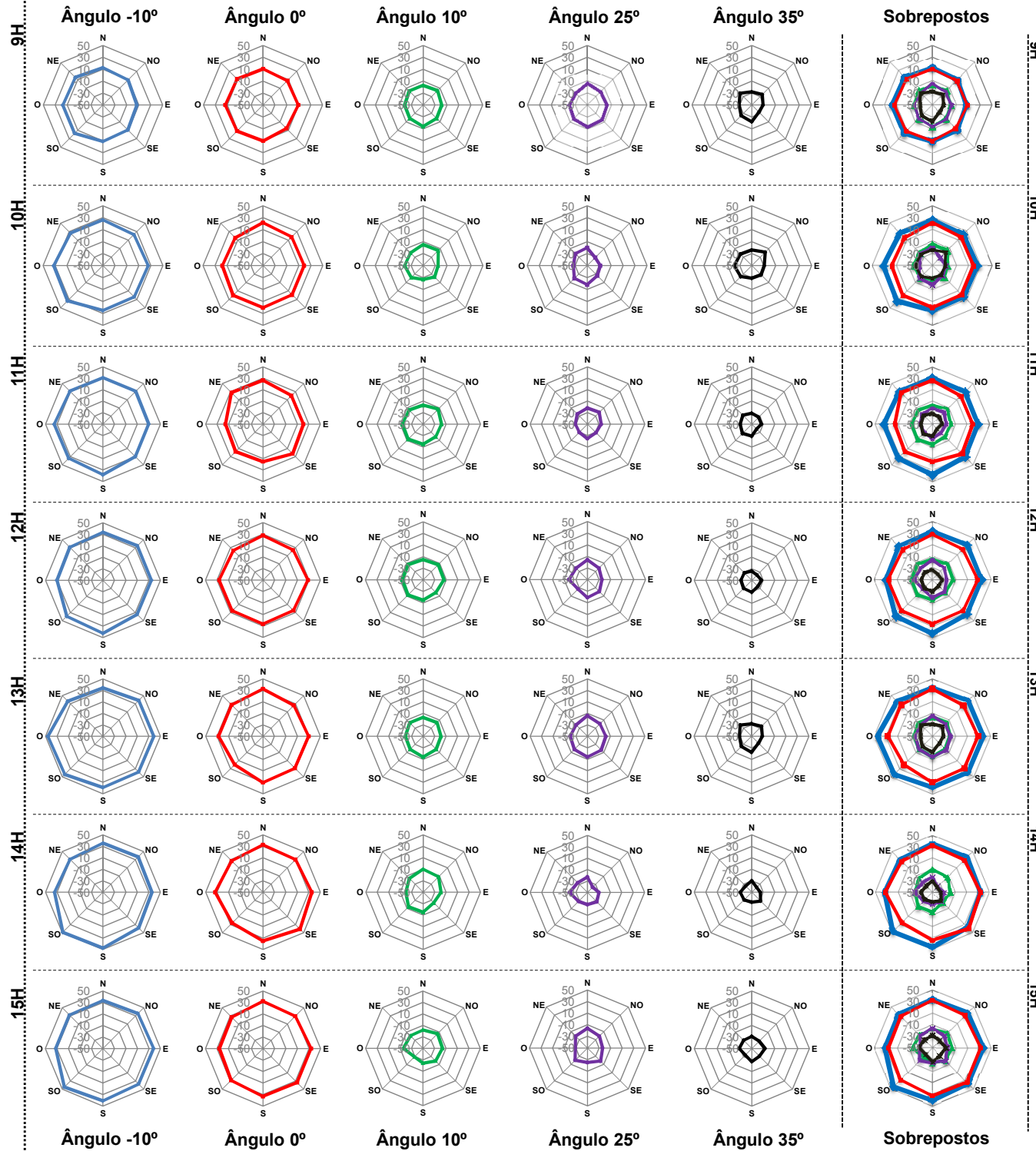


Figura 34: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 29/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 3 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 03: Experimento de campo referente ao Ponto 3.



Perfil transversal referente ao Ponto 3.



Localização do Ponto 1. Bairro: Jardim Paulistano.



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

Ao longo das medições horárias do dia 29 de Agosto, para o ângulo -10° (Figura 35), nota-se que os setores N (gramado), NE (calçada de concreto), E (calçada de concreto) e NO (gramado), apresentaram temperaturas similares para o período e a amplitude foi de $6,0^\circ\text{C}$ até $37,0^\circ\text{C}$. Logo, nos setores SE, O e SO, de superfície asfáltica, a variação da temperatura foi mais acentuada, com valores máximos de $47,0^\circ\text{C}$, aproximadamente.

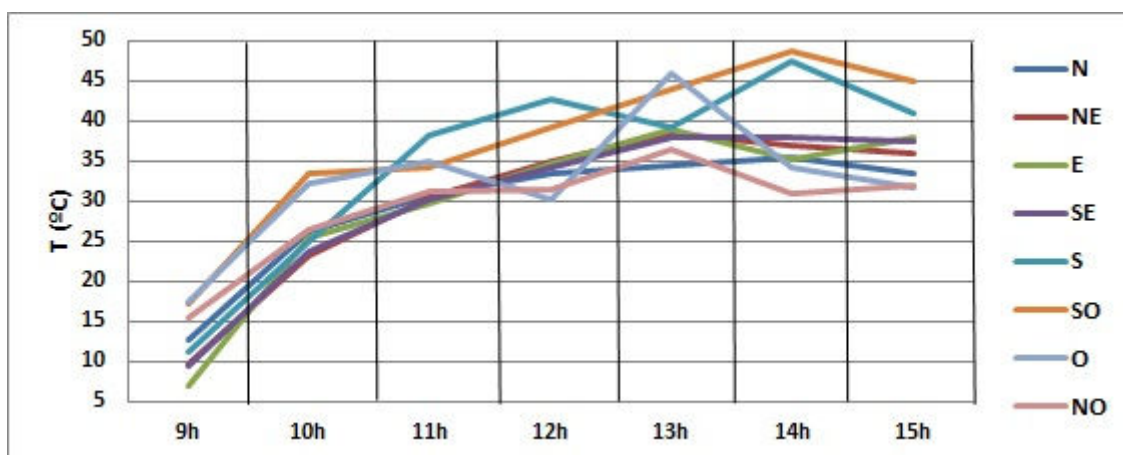


Figura 35: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (29/08/2013). **Elaboração:** O autor.

Para o ângulo 0° (Figura 36), os setores N (calçada de concreto e edificação), NE (gramado e árvores), SE (árvores de pequeno porte) e NO (gramado sombreado e árvores de médio porte), apresentam valores de temperatura semelhantes entre si e com os setores do ângulo -10° . A temperatura mais acentuada foi registrada para o setor SE, com valores superiores a $40,0^\circ\text{C}$.

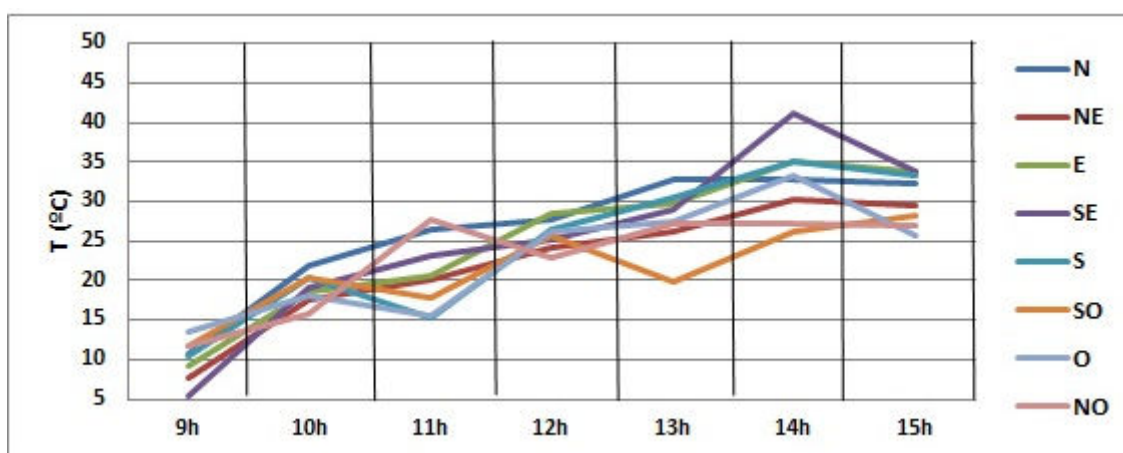


Figura 36: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (29/08/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.4 Ponto 4 – Espaços Livres – “USP Campus II”

O experimento foi realizado no dia 30 de Agosto de 2013, no interior do campus II da Universidade de São Paulo, em São Carlos. Criado no final de 2005, o campus II da USP está alocado na zona Oeste da cidade de São Carlos. Abriga vários cursos de graduação na área de Exatas. Recebe, todos os dias, centenas de alunos, docentes e funcionários que utilizam os espaços livres e edificados do campus. Nos últimos anos, a região do entorno sofre intensa transformação de parcelamento do solo para ocupação residencial e industrial em decorrência da instalação do campus (Figura 37).



Figura 37: Fotografia aérea das imediações do Ponto 4. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, cobertura de três metros de altura com parede branca; espaço coberto sombreado com forro de isopor branco; paredes de tijolo a vista e janelas de aço na cor branca; piso de cerâmica branco; calçada de concreto claro. Nordeste: edificação de três pavimentos com parede na cor bege; espaço coberto e sombreado; piso de cerâmica branco; calçada de concreto claro.

Leste: edificação com dois pavimentos com parede bege e com blocos de concreto vasado; árvore de pequeno porte; gramado verde; banco de concreto claro e calçada de concreto claro. Sudeste: idem as características anteriores. Sul: edificações com um e dois pavimentos nas cores bege e verde claro; árvores de pequeno e médio porte; gramado verde; cascalho e calçada de concreto claro. Sudoeste: edificação com um pavimento de cor verde claro sombreado; árvore de pequeno porte; área permeabilizada revestida de cascalho e calçada de concreto claro. Oeste: edificação com um pavimento de cor verde claro e sombreado; área permeabilizada com cascalho, banco de concreto claro; calçada de concreto claro. Noroeste: cobertura de três metros de altura com parede branca; espaço coberto sombreado com forro de isopor branco; paredes de tijolo a vista e janelas de aço na cor branca; piso de cerâmica branco; calçada de concreto claro.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 4) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a amplitude termal da calçada de concreto variou de 15,8°C (S) a 19,5°C (O). Às 10h, o setor Sul ganha 13,4°C a mais que o horário anterior (29,2°C) e NO registra 18,0°C. No horário das 11h, os registros de temperatura são mais expressivas nos setores S/SO e O, com os respectivos valores de 31,7°C, 27,4°C e 29,6°C. Às 12h, as temperaturas se atenuam apenas nos setores sombreados Norte e Nordeste. Os demais pontos de visada os registros alcançam 38,0°C (Leste), 48,0°C (Sudeste), 39,0°C (Sul), 43,5°C (Sudoeste), 41,1°C (Oeste) e 44°C (Noroeste). No horário seguinte das 13h, as temperaturas foram mais acentuadas para os setores Sudoeste e Noroeste com 48,5°C e 51,0°C, respectivamente. Às 14h, destacam-se os valores de 41,8°C, 48,7°C e 42,3°C nos setores Leste, Sul e Noroeste. Finalmente, às 15h, os setores Norte e Nordeste com registros de temperaturas modestas nos horários anteriores, apresentaram 35,2°C e 34,8°C. O setor Leste foi o valor mais acentuado com 48,6°C (Tabela 17).

Tabela 17: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 4.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	17,2	20,0	21,9	26,6	28,7	24,8	35,2
NE	17,8	20,0	22,3	26,9	24,0	25,3	34,8

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
E	17,5	20,4	22,3	38,0	43,1	41,8	48,6
SE	17,1	21,8	25,5	48,0	44,3	32,0	40,4
S	15,8	29,2	31,7	39,0	38,6	48,7	44,0
SO	19,0	20,2	27,4	43,5	48,5	34,8	37,1
O	19,5	29,3	29,6	41,1	35,6	35,0	46,8
NO	14,2	18,0	26,6	44,0	51,0	42,3	41,3

- **Angulação 0°**: às 9h, as temperaturas foram amenas e variaram de 19,0°C (N) e 22,2°C (NO). No horário seguinte, 10h, os setores SO e O apresentaram as temperaturas mais elevadas de 24,3°C e 28,0°C. Às 11h, a temperatura mais expressiva foi na face Oeste com 30,0°C. Nos demais setores a amplitude térmica variou de 22,7°C (E) e 27,9°C (S). Às 12h, os setores SE/S apresentaram valores de 35,2°C e 37,3°C. No horário das 13h, as temperaturas se elevam em todos os setores apresentando temperaturas de 36,8°C e 40,0°C para Sudeste e Sul. Às 14h, exceto o Sudoeste, os demais setores apresentaram temperaturas acima dos 30,0°C, com destaque para Leste, Sudeste e Sul, com 41,8°C, 38,7°C e 44,2°C. Às 15h, os valores termais sofrem uma ligeira queda, mas continuam constantes para Leste e Sul, com 45,5°C e 42,9°C (Tabela 18).

Tabela 18: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 4.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	19,0	21,8	25,6	28,7	27,5	30,3	29,1
NE	20,9	27,4	26,5	28,8	31,2	32,1	29,7
E	16,1	20,4	22,7	27,3	35,8	41,8	45,5
SE	18,2	23,0	26,7	35,2	36,8	38,7	33,3
S	18,2	22,7	27,9	37,6	40,0	44,2	43,9
SO	21,7	24,3	28,3	27,6	32,3	29,6	28,9
O	20,8	28,0	30,0	33,8	32,8	32,8	30,7
NO	22,2	23,0	24,5	28,9	27,3	32,7	29,4

- **Angulação 10°**: Com exceção a Nordeste, os demais setores apresentaram temperaturas positivas e a evolução foi similar em todos os horários de leitura. Às 9h, a amplitude térmica variou de 16,1°C (Norte e Leste) e 20,8°C (Sudoeste). No horário seguinte, as temperaturas foram de 26,5°C e 28,0°C para os setores Sul e Oeste. Às 11h, os setores Sudeste, Sudoeste e Oeste

apresentaram valores de 30,0°C, 30,3°C e 31,3°C, respectivamente. Às 12h, os valores termais aumentam e a variam de 27,8°C ao Norte e 35,9°C no setor Sul. Para o horário das 13h, destacam-se os valores termais nos setores Leste, Sudeste e Sul, com respectivos 35,1°C, 35,0°C e 36,8°C. Às 14h, nota-se o padrão térmico do setor Nordeste que nas primeiras horas de medição apresentou valores negativos na ordem de -20°C. Nos horários das 13h e 14h, as temperaturas, apesar de negativas, foram próximas de 0,0°C, com valores de -4,9°C (13h) e -3,0°C (14h). Às 15h, os valores de temperatura se atenuam, exceto nos setores Nordeste, Leste e Oeste com valores de 29,8°C, 45,7°C e 31,0°C. A variação da temperatura nesta angulação não apresentou valores discrepantes, apenas no setor Leste, cuja face da parede de tijolo estava voltada diretamente a incidência dos raios solares, às 15h. Após as 12h, os valores termais positivos foram de 27,0°C no setor Norte e 36,0°C, no setor Sul (Tabela 19).

Tabela 19: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 4.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	16,1	17,8	23,0	27,8	27,3	28,4	27,8
NE	17,1	21,8	24,1	30,5	29,4	31,5	29,8
E	16,1	21,6	24,3	32,1	35,1	39,1	45,7
SE	18,0	24,5	30,0	34,0	35,0	37,4	36,5
S	16,7	26,5	27,9	35,9	36,8	35,4	34,0
SO	20,8	25,3	30,3	29,5	32,3	34,8	28,4
O	21,0	28,0	31,3	33,7	31,1	31,1	31,0
NO	-15,4	-23,1	-20,9	-12,4	-4,9	-3,0	-17,0

- **Angulação 25°:** Os valores térmicos positivos foram obtidos nos setores Nordeste, Leste, Sudeste e Sul. Às 9h, as modestas temperaturas positivas variaram de 12°C (NE) a 18,1°C (S). Às 10h, os valores apresentaram variações significativas e registraram 26,5°C, 22,2°C, 25,5°C e 27,9°C nos setores NE/E/SE e S. No registro das 11h, a variação termal foi de 26,5°C para o setor Norte e 30,3°C para Sudeste. Às 12h, os registros de temperatura foram maiores comparados aos horários anteriores nos setores Leste-Sudeste com 32,9°C e 34,0°C. Para Nordeste-Sul os valores foram menores comparados ao horário anterior com 24,3°C e 20,5°C. Às 13h, o setor Sudeste registrou um significativo aumento termal de 41,9°C. No horário das 14h, os

registros mais expressivos foram no eixo Leste-Sudeste com 40,3°C e 47,3°C. Às 15h, os registros foram de 40,7°C, 41,1°C, 44,6°C e 28,3°C nos setores NO/E/SE e S. Os setores Leste e Sudeste apresentaram semelhanças na evolução diurna das temperaturas. Elas foram consideravelmente elevadas entre as 14 e 15h, com picos termais de 48,0°C, justamente pela face da parede estar voltada a ação dos raios solares. Os setores Nordeste e Sul apresentaram padrões de temperatura distintos entre si e reduzidos, comparados aos setores supracitados, com valores termais 12,0°C menores, entre 14h e 15h. O efeito atenuador foi o sombreamento das edificações para estes setores (Tabela 20).

Tabela 20: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 4.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-38,3	-32,0	-28,3	-32,2	-20,9	-22,4	-27,1
NO	12,0	26,5	26,5	24,3	31,0	34,2	30,0
E	15,0	22,2	28,8	32,9	36,0	40,3	46,5
SE	17,8	25,5	30,3	34,0	41,9	47,3	48,0
S	18,1	27,9	29,1	20,5	34,2	20,5	36,3
SO	-34,4	-29,6	-27,3	-31,0	-15,0	-22,7	-24,6
O	-37,5	-30,8	-28,0	-28,0	-20,3	-20,2	-25,3
NE	-38,4	-31,2	-28,0	-27,0	-21,4	-21,4	-26,2

- **Angulação 35°:** Para os setores que apresentam temperaturas positivas, os valores termais foram semelhantes em comparação ao ângulo 25°. O setor NE obteve as temperaturas mais altas. Os registros foram 11°C acima do horário anterior (14h) para a parede de tijolo. No registro das 9h, a amplitude térmica variou de 15°C (Leste) e 17,7°C (Sul). Às 10h, os registros foram mais expressivos comparados ao primeiro horário que marcaram 30,6°C (Nordeste) e 28,8°C no setor Sul. Às 11h, os registros foram de 34,6°C, 26,2°C, 26,7°C e 29,2°C correspondentes aos setores NE/E/SE e S. O registro das 12h, o setor Sul apresentou valor reduzido de 23,6°C comparado ao último horário. Nos demais setores as temperaturas foram 39,3°C (NE), 29,3°C (E) e 32,1°C (SE). Às 13h, as temperaturas mais acentuadas foram 43,9°C (Nordeste) e 40,2°C (Sudeste). No horário seguinte, 14h, as temperaturas alcançam o pico termal de 46,8°C, 44,0°C e 45,1°C nos setores Nordeste, Leste e Sudeste. O registro

das 15h apresentou amplitude térmica de 44,6°C para setor Sudeste e 28,3°C na fachada Sul (Tabela 21).

Tabela 21: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 4.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-42,1	-33,2	-29,6	-32,0	-22,5	-25,3	-29,8
NO	16,5	30,6	34,6	39,3	43,9	46,8	40,7
E	15,0	23,4	26,2	29,3	36,8	44,0	41,1
SE	16,1	25,7	26,7	32,1	40,2	45,1	44,6
S	17,7	28,8	29,2	23,6	34,2	25,5	28,3
SO	-40,1	-29,8	-29,1	-31,7	-22,0	-25,7	-28,5
O	-43,8	-31,9	-29,4	-38,3	-24,2	-24,6	-27,8
NE	-42,0	-32,5	-29,4	-30,0	-24,0	-23,7	-28,7

Com exceção dos setores Leste e Sul, com as faces voltadas para os raios solares, que apresentaram temperaturas acima dos 45,0°C, os registros termais nos ângulos 0° e 10°, mesmo em condições de sombreamento ocasionado pelos elementos edificados, foram elevados. Ou seja, ainda que os espaços livres do Campus II da USP São Carlos tenham sido projetados e qualificados dentro de diretrizes e conceitos contemporâneos de implantação de campi universitários que atentassem a questões meio-ambientais, como a adaptação às condições climáticas locais e a preservação de matas existentes no Campus (SCHENK, 2011), os atributos climáticos em diferentes recortes escalares, tanto o microclimático quanto a circulação atmosférica de nível regional são fatores que indubitavelmente impõe as características dos tipos de tempo sobre a superfície terrestre.

Com a presença da Massa Polar Atlântica em fase de tropicalização na região, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme a Figura 38.

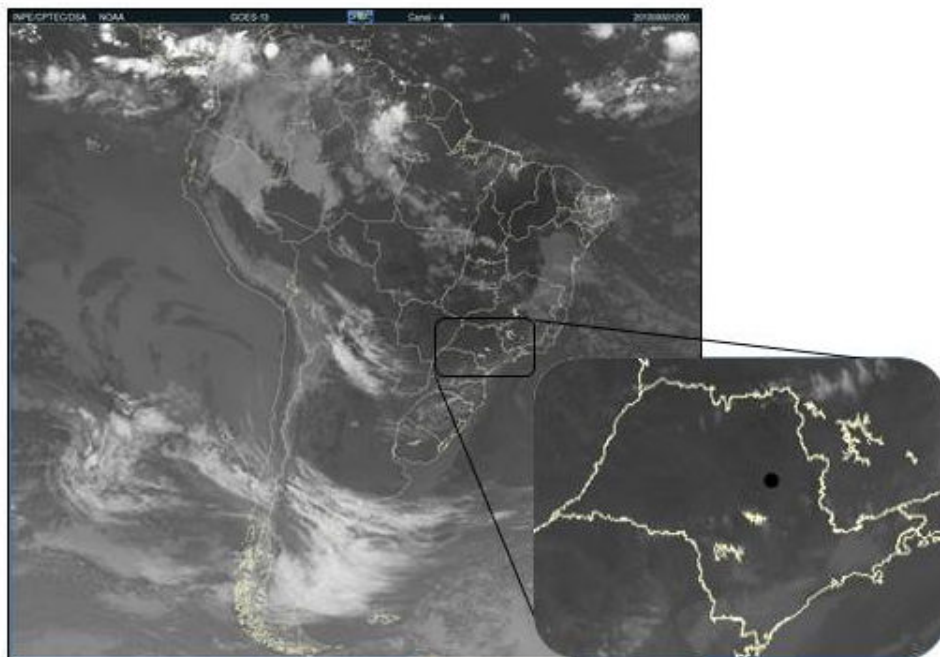
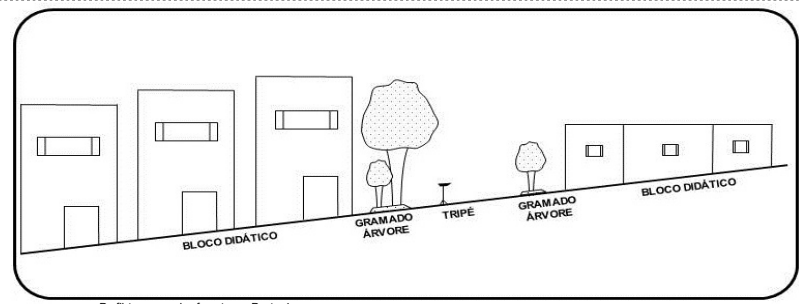
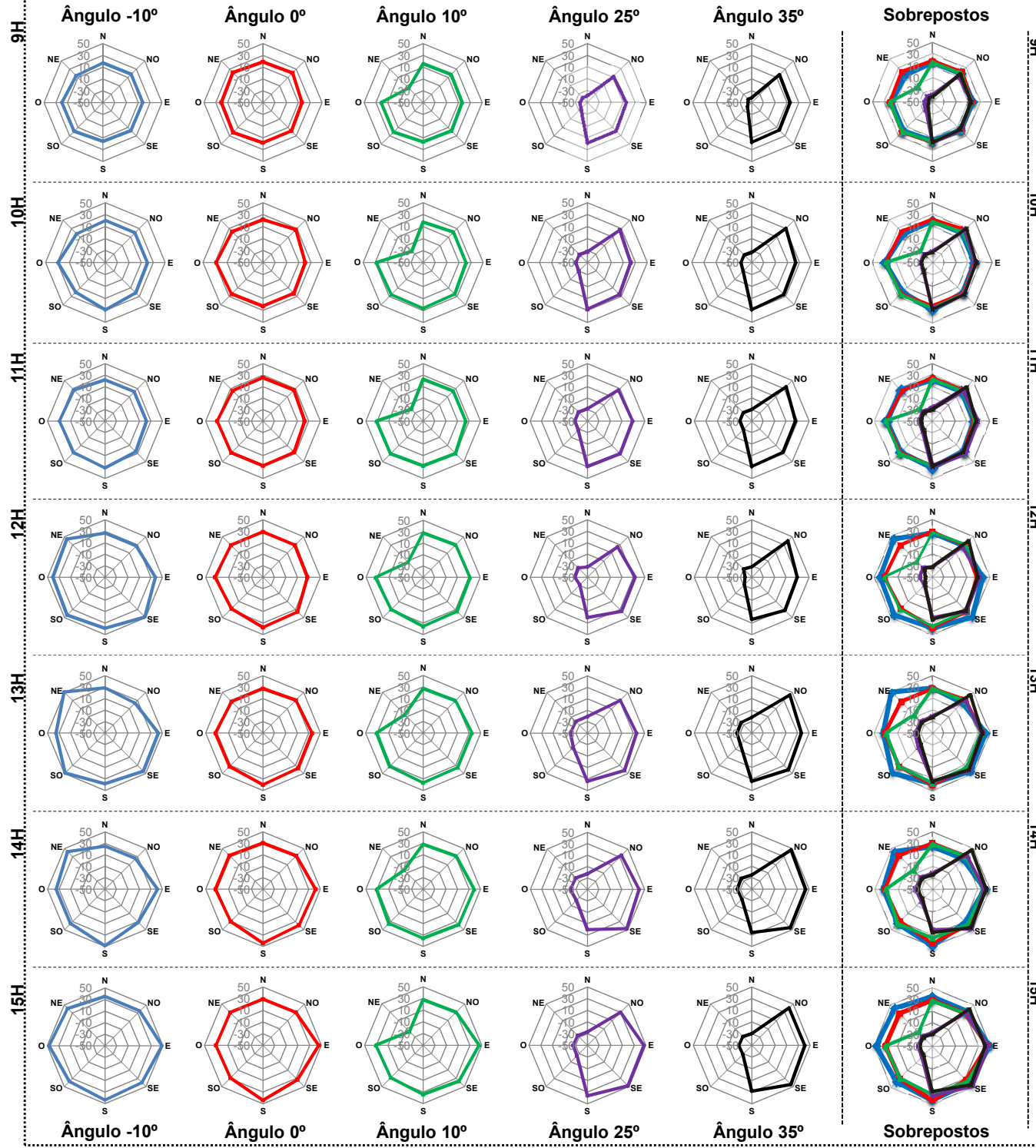


Figura 38: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 30/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 4 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 04: Experimento de campo referente ao Ponto 4.



Perfil transversal referente ao Ponto 4.



Localização do Ponto 4. Bairro: Santa Felícia.

Escala aproximada: 0, 0.05, 0, 0.1 Km



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

As figuras a seguir apresentam em gráficos amplitude térmica para as angulações -10° e 0° , dos experimentos de campo que tiveram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho.

Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 39), a amplitude térmica é evidente em todos os setores. Nota-se a variação de temperatura nos SE/SO e NO com valores aproximados entre $13,0^\circ\text{C}$ às 9h e $51,0^\circ\text{C}$, às 13h. Norte e Nordeste, com superfícies sombreadas até às 14h, apresentam temperaturas abaixo dos $30,0^\circ\text{C}$.

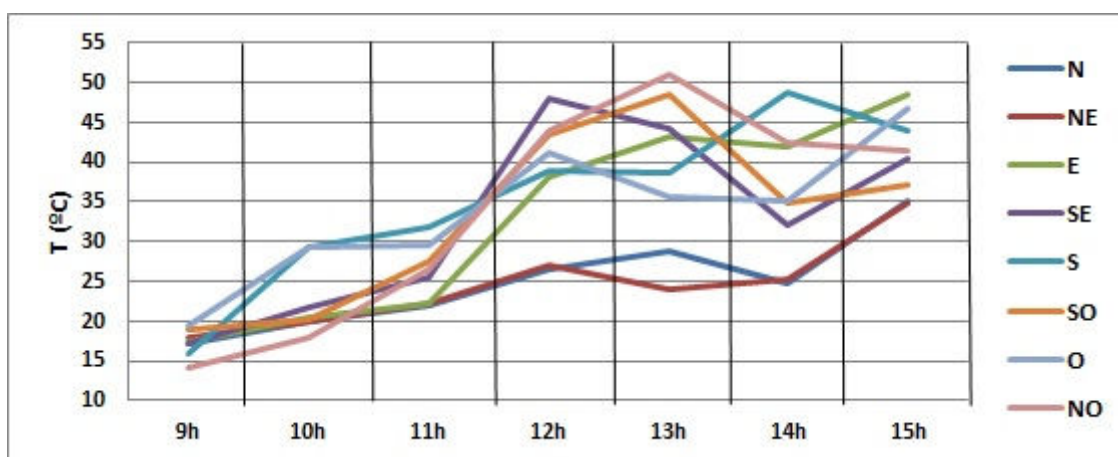


Figura 39: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (30/08/2013). **Elaboração:** O autor.

Na Figura 40, com as superfícies dos setores Leste e Sul voltadas para o Sol fez com que os valores térmicos para o ângulo horizontal 0° , superassem $40,0^\circ\text{C}$, após as 13h. O efeito do sombreamento atenuou as temperaturas para os demais setores. A evolução termal do período analisado foi similar, exceto para Sudeste.

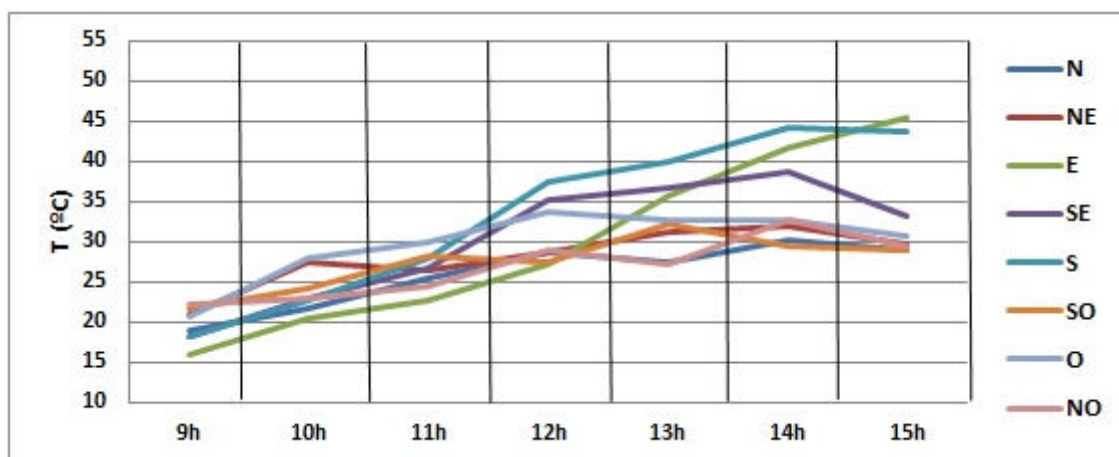


Figura 40: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (30/08/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.5 Ponto 5 – Espaços Livres – Conjuntos Habitacionais Verticalizados

O experimento foi realizado no dia 31 de Agosto de 2013. O local situa-se na Rua Aldo Cresci, número 97, no Bairro Jardim Botafogo, em São Carlos. Os loteamentos nesta região da cidade foram criados pela Prefeitura Municipal com o objetivo de controlar a expansão urbana periférica e descontínua na década de 1970 (LIMA, 2007, pg. 123). Conjuntos habitacionais com três e quatro pavimentos foram construídos para atender o crescimento acelerado da população urbana, principalmente na região Sudoeste, como o Bairro Jardim Botafogo e pela instalação de indústrias, comércios e serviços que se deslocavam para regiões periféricas da cidade de São Carlos (Figura 41).



Figura 41: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 5. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, edificação com quatro pavimentos de cor salmão; estacionamento coberto com telha de amianto de dois metros de altura; veículos estacionados e asfalto. Nordeste: edificação com quatro pavimentos de cor salmão; estacionamento coberto com telha de amianto de dois metros de altura; veículos estacionados e asfalto. Leste: estacionamento coberto com telha de amianto de dois metros de

altura, veículos estacionados e asfalto. Sudeste: edificação com quatro pavimentos de cor salmão; árvore de médio porte; estacionamento coberto com telha de amianto de dois metros de altura; veículos estacionados; gramado verde e seco com plantas ornamentais e asfalto. Sul: edificações com quatro pavimentos de cor salmão; gramado verde e seco com plantas ornamentais; muro com placas de cerâmica e de cor cinza; asfalto. Sudoeste: edificação com quatro pavimentos de cor salmão; veículos estacionados; gramado verde e seco com plantas ornamentais e asfalto. Oeste: árvores de pequeno e médio porte a 100 metros de distância; veículos estacionados e asfalto. Noroeste: árvores de pequeno e médio porte a 100 metros de distância; estacionamento coberto com telha de amianto de dois metros de altura e asfalto.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 5) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a amplitude termal variou de 29,3°C (N) a 17,5°C (S). Às 10h, os setores com temperaturas mais expressivas são NE/SO/O e NO, com 31,3°C, 33,2°C, 34,2°C e 35,4°C. No horário das 11h, os setores registram valores acima dos 30,0°C, com destaque para N/NE/S/SO/O e NO com 49,5°C, 46,3°C, 45,9°C, 44,8°C, 44,1°C e 46,8°C. Às 12h, as temperaturas sofrem um ligeiro decréscimo, mas permanecem constantes nos setores NE/SE/S/SO com os respectivos valores de 43,0°C, 42,0°C, 42,7°C, 43,2°C e 43,5°C. No horário seguinte das 13h, as temperaturas registradas foram de 48,5°C (Nordeste), 44,8°C (Oeste), 49,8°C (Sudoeste), 48,0°C (Oeste) e 40,0°C (Noroeste). Às 14h, os setores Norte e Noroeste registraram os valores mais amenos com 28,7°C e 30,5°C. Os demais setores registraram temperaturas acima dos 40,0°C. Às 15h, os setores Nordeste, Sudeste, Sul, Sudoeste e Oeste registraram valores de 40,7°C, 42,8°C, 46,5°C, 43,8°C e 40,2°C (Tabela 22).

Tabela 22: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 5.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	29,3	26,0	49,5	30,2	32,1	28,7	28,4
NE	18,5	31,3	46,3	43,0	48,5	48,4	40,7
E	18,8	24,0	39,1	29,5	44,8	40,1	30,0
SE	17,5	21,3	33,1	42,0	36,7	41,2	42,8
S	18,2	20,8	45,9	42,7	38,1	43,6	46,5
SO	18,8	33,2	44,8	43,2	48,9	44,8	43,8

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
O	23,1	34,2	44,1	43,5	48,0	45,2	40,2
NO	24,8	35,4	46,8	28,8	40,0	30,5	35,9

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas foram amenas e variaram de 18,0°C (S) e 25,6°C (SO). No horário seguinte, 10h, os setores NE e SO apresentaram as temperaturas mais elevadas de 31,6°C. Às 11h, os valores termais variaram de 42,1°C no setor Leste e 27,5°C para o setor Sudeste. Às 12h, os setores SE/NO apresentaram valores de 43,9°C e 46,4°C. No horário das 13h, as temperaturas se elevam em todos os setores e registram temperaturas de 48,5°C, 44,8°C, 48,9°C e 48,0°C respectivamente para Nordeste, Leste, Sudoeste e Oeste. Às 14h, exceto nos setores Norte e Noroeste, as temperaturas apresentaram temperaturas acima dos 30,0°C, com destaque para o setor Sul com valor de 48,8°C. Às 15h, os valores termais sofrem uma ligeira queda, mas se eleva no setor Sudoeste com 44,3°C (Tabela 23).

Tabela 23: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 5.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	24,5	28,3	38,5	31,6	30,0	28,9	27,8
NE	22,1	31,6	37,9	36,0	38,4	40,0	31,1
E	19,7	26,4	42,1	39,5	40,1	31,3	35,8
SE	18,2	22,2	27,5	43,9	37,5	30,3	32,0
S	18,0	23,0	34,5	39,7	50,0	48,8	39,3
SO	25,6	31,6	32,2	31,1	48,3	35,3	44,3
O	22,9	24,7	32,9	39,2	37,5	29,3	34,2
NO	23,1	27,0	33,7	46,4	31,2	26,5	28,2

- **Angulação 10°:** Nesta angulação os setores Nordeste e Oeste apresentaram valores termais negativos em todos os horários de leitura do sensor infravermelho. Às 9h, a amplitude térmica variou de 24,5°C (Norte) e 16,0°C (Leste). No horário seguinte, as temperaturas foram de 26,9°C e 27,4°C para os setores Norte e Noroeste. Às 11h, as temperaturas variaram de 27,4°C (Leste) e 35,3°C (Noroeste). Às 12h, os valores termais variam de 29,2°C e 27,1°C para Leste e Sudoeste. Para o horário das 13h, destacam-se os valores termais nos setores Sul e Sudoeste com os respectivos registros de 33,0°C e 32,0°C. No horário das 13h, os picos termais são registrados para os setores

Leste e Sul, com 32,8°C e 33,1°C, respectivamente. Às 15h, os valores de temperatura se atenuam e variam de 32,0°C e 27,1°C nos setores Sul e Noroeste (Tabela 24).

Tabela 24: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 5.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	24,5	26,9	31,5	28,3	29,7	28,4	27,9
NE	-28,0	-26,4	-16,8	-10,0	-15,2	-9,3	-16,8
E	16,0	22,0	27,4	29,2	31,1	32,8	29,8
SE	17,5	21,6	28,5	27,1	29,4	28,4	27,2
S	19,9	23,4	28,5	29,2	33,0	34,5	32,0
SO	17,5	22,5	28,4	28,4	32,0	33,1	28,7
O	-31,5	-24,6	-14,6	-15,0	-6,6	-4,7	-4,9
NO	22,5	27,4	35,3	28,9	29,4	28,0	27,1

- **Angulação 25°:** Os valores térmicos positivos foram obtidos nos setores Leste, Sul e Sudoeste. Às 9h, as temperaturas positivas variaram de 18,2°C (S) a 19,8°C (SO). Às 10h, os valores apresentaram variações pouco significativas e registraram entre 20,4°C, 23,4°C e 24,1°C correspondentes aos setores L/S e SO. No registro das 11h, a resposta termal foi mais acentuada no setor Sudoeste com 28,9°C. Às 12h, os registros de temperatura foram maiores comparados aos horários anteriores nos setores Leste-Sul com 32,0°C no setor Sul. Às 13h, a amplitude variou de 33,1°C, 33,7°C e 34,0°C para Leste, Sul e Sudoeste, respectivamente. No horário das 14h, o registro mais expressivo foi no setor Leste com 35,0°C. Às 15h, os registros foram constantes nos setores Sul-Sudoeste com temperaturas de 34,2°C e 33,1°C (Tabela 25).

Tabela 25: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 5.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-42,4	-35,7	-24,0	-28,9	-19,6	-25,4	-12,6
NE	-40,6	-36,0	-25,5	-28,9	-22,2	-25,7	-19,6
E	19,4	20,4	26,5	29,1	33,1	35,0	32,0
SE	-31,0	-32,0	-25,0	-23,3	-22,8	-25,7	-19,0
S	18,2	23,4	27,5	32,0	33,7	34,1	34,2
SO	19,8	24,1	28,9	28,8	34,0	33,8	33,1
O	-39,0	-33,0	-27,8	-26,2	-23,3	-20,3	-11,4
NO	-31,2	-24,1	-27,5	-25,7	-17,2	-9,5	-9,8

- **Angulação 35°:** Apenas o setor Sudoeste apresentou valores de temperatura positivos. Nos demais visadas os registros foram negativos. De maneira sintética, os respectivos valores variaram de 24,5°C, 31,6°C, 32,8°C, 33,1°C, 34,2°C, 36,4°C e 34,3°C para os horários entre 9h e 15h. Nota-se a evolução térmica ascendente da fachada do edifício ao longo das horas de medições e, às 14h, a amplitude termal alcança seu máximo de 36,0°C (Tabela 26).

Tabela 26: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 5.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-44,2	-37,0	-24,2	-27,1	-25,3	-27,0	-13,4
NE	-44,0	-39,0	-25,5	-29,9	-26,6	-28,9	-17,2
E	-40,0	-35,0	-25,3	-26,0	-25,7	-29,6	-14,6
SE	-42,0	-33,0	-24,6	-24,3	-24,0	-29,1	-23,3
S	-39,0	-33,0	-25,0	-25,0	-20,9	-24,4	-17,5
SO	24,5	31,6	32,8	33,1	34,2	36,4	34,3
O	-40,3	-34,0	-16,2	-25,7	-24,8	-23,3	-22,7
NO	-36,7	-34,6	-25,5	-12,4	-18,0	-26,8	-12,0

Nos ângulos 10°, 25° e 35°, os setores com temperaturas positivas apresentaram similaridades do padrão evolutivo térmico, contrariando os dados obtidos nas angulações mais reduzidas (-10° e 0°) do referido ponto. A temperatura das paredes dos edifícios apresentam amplitudes térmicas estáveis após as 11h entre 30,0°C e 34,0°C. A face Sudoeste apresentou a temperatura mais elevada na angulação 35°, pela ação direta do Sol, tendo a curva de evolução térmica ascendente em todo o período analisado.

Com a presença da Massa Polar Velha em fase de tropicalização e a atuação da Massa Polar Velha em algumas partes do Estado de São Paulo, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme ilustra a Figura 42.

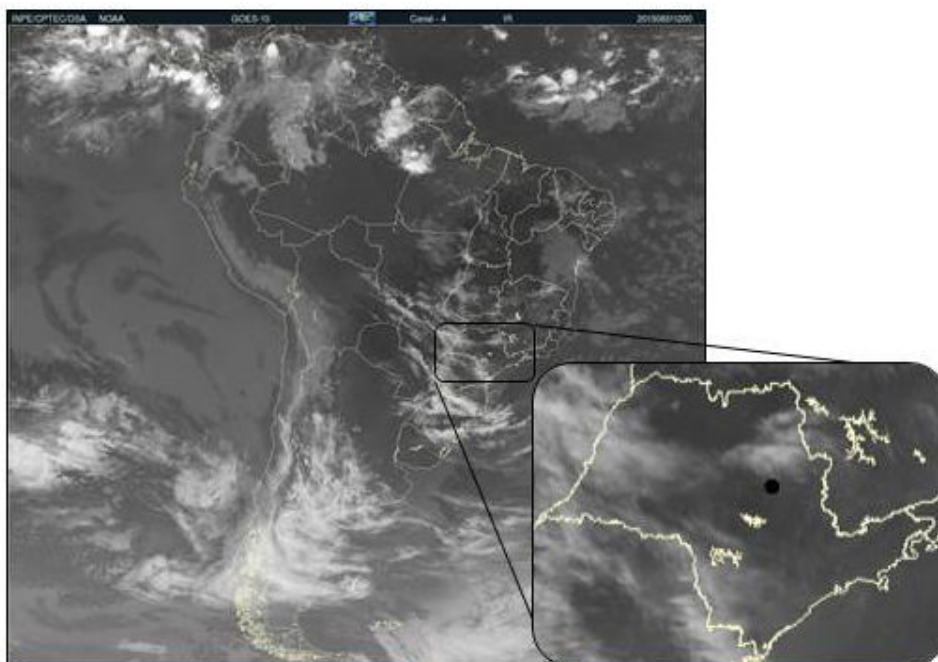
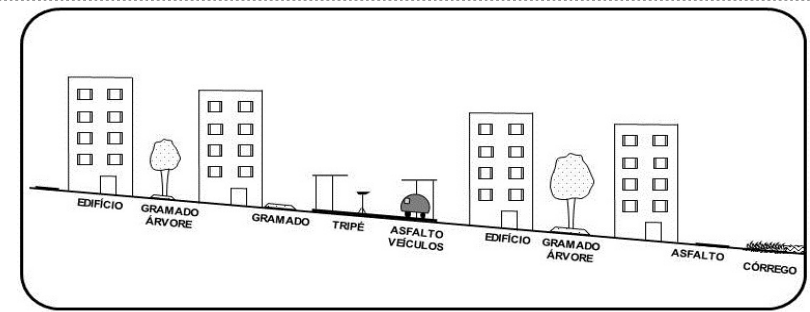
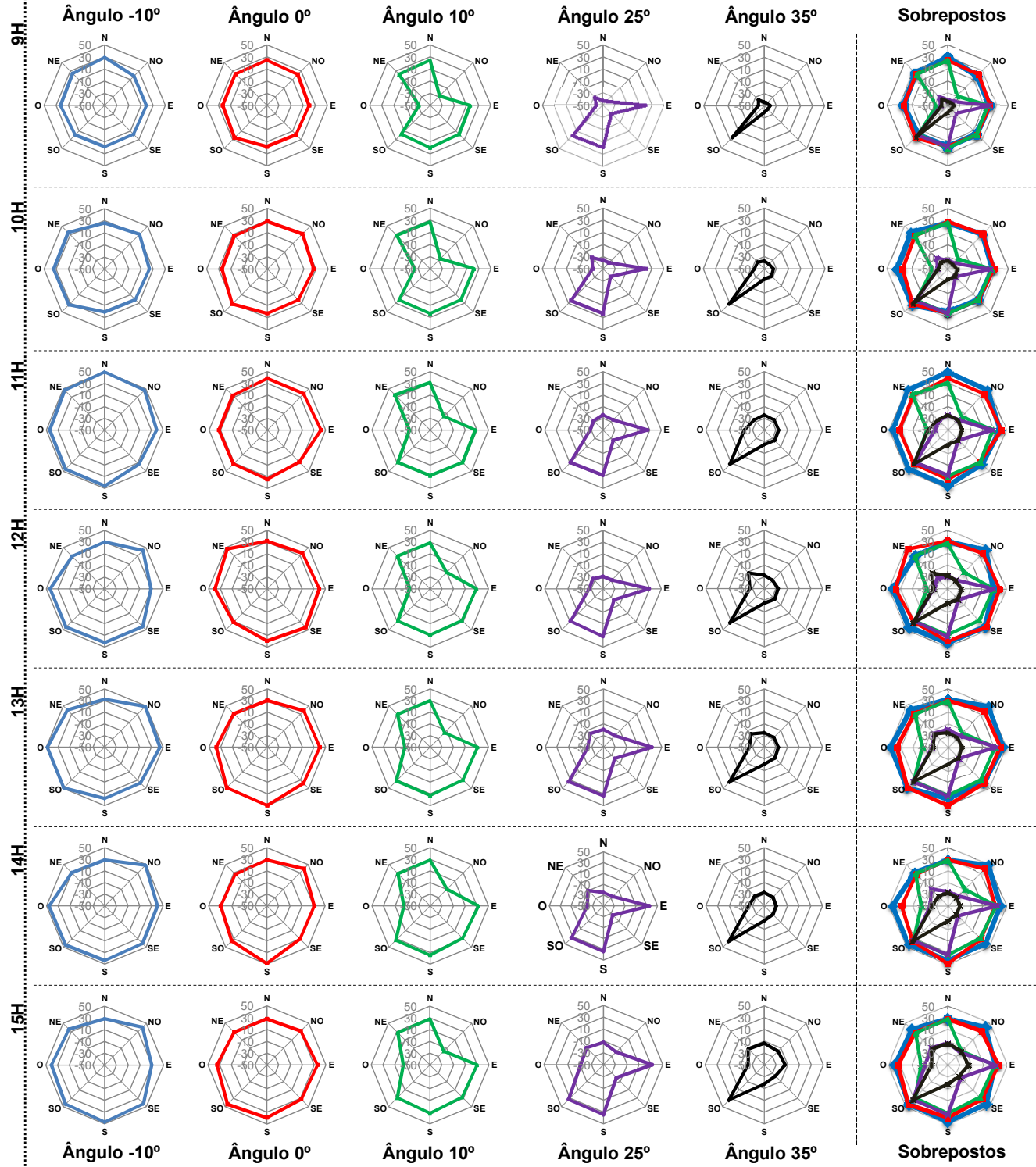


Figura 42: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 31/08/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 5 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 05: Experimento de campo referente ao Ponto 5.



Fonte: Google, 2007.



Fonte: Acervo pessoal (2013).

As figuras em gráficos de linha a seguir, ilustram a amplitude térmica para as angulações -10° e 0° .

No ângulo -10° (Figura 43), a variação de temperatura para todos os setores é evidente, mesmo a maioria das superfícies observadas pelo sensor serem o asfalto. Apenas os setores Nordeste, Sul e Sudoeste apresentaram menos disparidades de temperatura ao longo do período. Nota-se um pico termal às 11h para todos os setores, exceto SE. Outro pico é identificado entre às 13h e 14h.

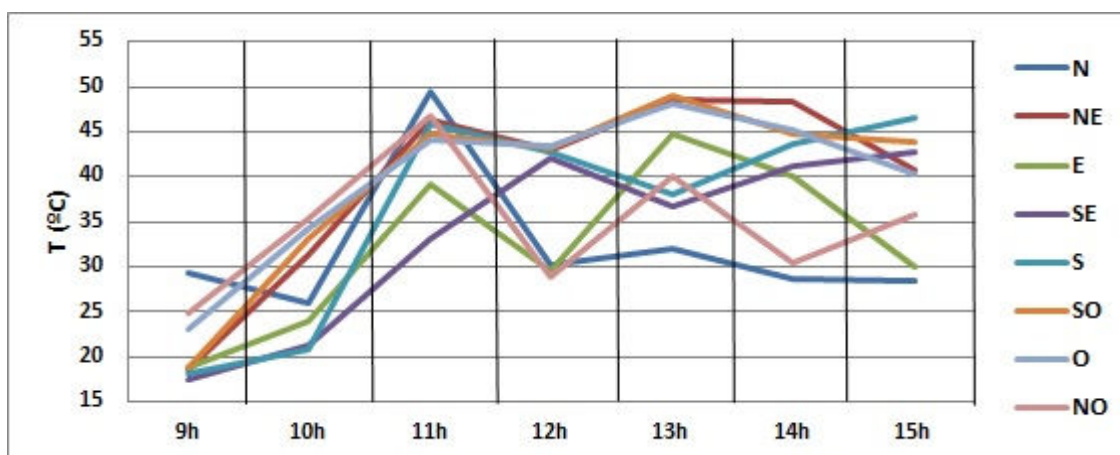


Figura 43: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (31/08/2013). Elaboração: O autor.

A Figura 44 ilustra a variação térmica em todos os setores, sobretudo no setor Sul, com valores próximos de $50,0^\circ\text{C}$. Em superfícies sombreadas pelas edificações, árvores e a cobertura do estacionamento para veículos, os valores obtidos em alguns setores foram superiores a $40,0^\circ\text{C}$. A variação da temperatura para os referidos ângulos atribui-se, além dos elementos geourbanos ao redor do sensor, como topografia, edificações, árvores e a presença de cirrus encobrindo parcialmente os raios solares nos horários das 9h e 15h, relatado no diário de campo.

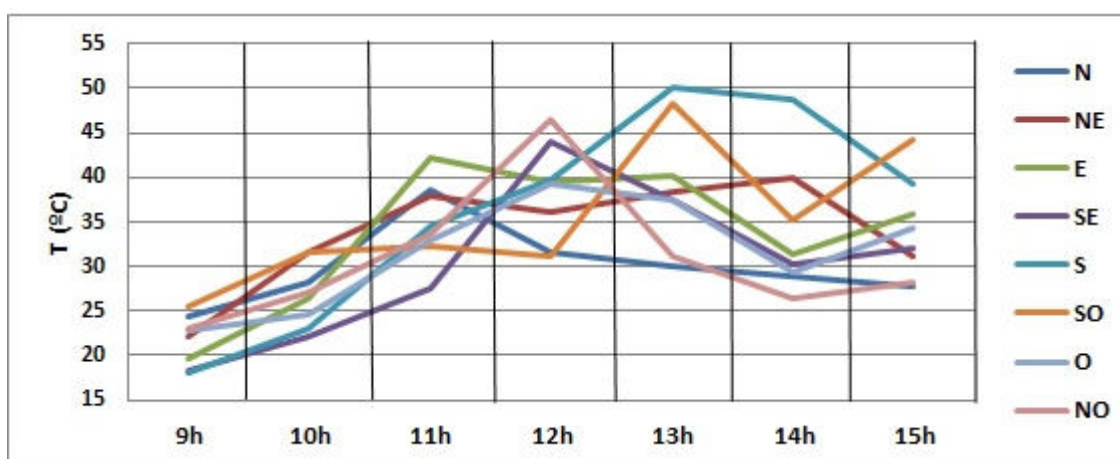


Figura 44: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (31/08/2013). Elaboração: O autor.

6.1.6 Ponto 6 – Espaços Livres – “Avenida São Carlos”

O experimento foi realizado no dia 02 de Setembro de 2013, na Avenida São Carlos, próximo ao número 3.881.

A principal via da cidade foi o primeiro eixo viário concebido em 1856, no sentido Norte-Sul por Antônio Carlos de Arruda Botelho, o fundador de São Carlos. Sua expansão inicial foi para o sentido Norte com a abertura de outras ruas paralelas e perpendiculares, formando-se então, um desenho ortogonal em forma de grelha, semelhante ao implantado em grande parte das cidades paulistas criadas no século XVIII e XIX. Em 1890, com a implantação do cemitério, ao norte do centro urbano, foi criado outro eixo de expansão, atraindo investimentos de infraestrutura urbana e parcelamentos do solo (LIMA, 2007, pg. 39; 42).

Atualmente, ao longo da avenida, há uma crescente expansão dos edifícios verticais que se misturam com outras massas edificadas de menor porte e as residências térreas, construídas em épocas pretéritas da cidade. Os elementos urbanos confundem-se com os ciclos econômicos e migratórios como o café, a cana-de-açúcar, o comércio e serviços, o industrial e, mais recente, o estudantil. Juntos, esses elementos se configuram no tecido urbano e dão o caráter de “espinha dorsal” à principal via da cidade de São Carlos (Figura 45).



Figura 45: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 6. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do entorno onde se fizeram as leituras pelo sensor foram reconhecidas da seguinte forma: Ao Norte, massa arbórea de médio e grande porte; ponto de ônibus; gramado verde; calçada de concreto escuro e sombreada; asfalto sombreado. Nordeste: massa arbórea de médio e grande porte a 50 metros de distância; muro parcialmente sombreado de cor azul a 50 metros de distância; canteiro central da avenida com gramado verde e asfalto parcialmente sombreado. Leste: idem a descrição anterior. Sudeste: idem a descrição anterior. Sul: massa arbórea de médio e grande porte; poste de concreto; calçada de concreto escuro e sombreada; asfalto sombreado. Sudoeste: árvores de médio porte; muro vermelho parcialmente sombreado; gramado verde e solo exposto parcialmente sombreado e calçada de concreto parcialmente sombreada. Oeste: edificação com um pavimento; telhado cerâmico de cor salmão; paredes e fachadas de cores variadas; muro vermelho parcialmente sombreado; gramado verde e solo exposto parcialmente sombreado e calçada de concreto parcialmente sombreada. Noroeste: massa arbórea de médio porte; edificações com um e dois pavimentos com fachadas nas cores brancas e verdes; muro vermelho parcialmente sombreado; gramado verde parcialmente sombreado; calçada de concreto escuro parcialmente sombreada.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 6) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a amplitude térmica dos setores variou de 29,1°C (SE) e 34,2° (S), exceto para Noroeste que registrou 43,6°C. No horário seguinte das 10h, destaca-se o comportamento do setor Oeste com 43,7°C. As demais temperaturas variaram de 27,3°C (NO) e 35,6°C (N). Às 11h, os valores de temperatura aumentam e registram 27,6°C, 28,3°C e 28,5°C para as áreas sombreadas ao Norte, Sudoeste e Noroeste. No horário das 12h, os valores para Nordeste, Leste e Sudeste registraram 41,0°C, 41,3°C e 47,8°C. Às 13h, ao contrário do que se esperava, as temperaturas se atenuam pelo efeito do sombreamento. O valor é mais acentuado para o setor Leste com 40,1°C. A amplitude termal das 14h registrou 29,8°C e 36,4°C para os Setores Sul e Sudoeste, respectivamente. O último registro, às 15h, apesar do sombreamento pela massa arbórea, as temperaturas apresentaram

comportamentos homogêneos que variaram de 34,1°C (Nordeste) e 37,4°C ao Sul (Tabela 27).

Tabela 27: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 6.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	31,0	35,6	32,3	33,2	35,1	30,1	34,3
NE	31,2	32,3	37,1	41,0	37,0	32,6	34,1
E	30,7	33,2	39,0	41,3	40,1	32,8	34,8
SE	29,1	28,0	40,3	47,8	39,7	33,2	36,4
S	34,2	32,9	34,8	33,6	30,2	29,8	36,7
SO	31,4	28,1	28,3	29,7	32,3	36,4	37,4
O	29,3	43,7	38,7	38,5	35,4	33,6	36,8
NO	43,6	27,3	28,5	33,1	34,1	33,1	37,1

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas mais expressivas foram registradas nos setores Sudeste e Oeste com 34,0°C e 36,0°C. No horário seguinte, 10h, as temperaturas foram modestas para os setores Nordeste, Leste e Oeste, com valores de 14,8°C, 17,7°C e 20,1°C, respectivamente. Às 11h, os registros variaram de 24,5°C (Leste) e 32,2°C (Sudoeste). Às 12h, as temperaturas mais expressivas foram 31,7°C e 36,7°C nos setores Sudoeste e Oeste. No horário das 13h, as temperaturas não tiveram valores acentuados e ficaram entre 30,0°C e 36,0°C, com exceção do setor Nordeste cujo valor foi de 22,3°C. Às 14h a amplitude térmica varia de 25,0°C (Nordeste) e 40,0°C (Oeste). Às 15h, os valores termais para os setores Nordeste–Oeste se ampliam para 27,0°C e 47,0°C, respectivamente. Os demais setores continuam com temperaturas entre 34,7°C (S e SO) e 38,0°C (E), apresentado na Tabela 28.

Tabela 28: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 6.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	29,1	27,8	27,6	29,4	30,7	31,0	36,0
NE	21,3	14,8	23,7	25,8	22,3	25,0	27,0
E	24,1	17,7	24,5	25,2	30,0	31,5	38,0
SE	34,0	34,1	32,2	31,7	33,1	32,8	36,5
S	30,1	28,0	31,5	29,8	31,0	31,8	34,7
SO	26,1	25,0	27,0	29,1	30,0	29,9	34,7
O	36,0	20,1	23,6	36,7	36,0	40,0	47,0
NO	27,4	27,1	29,2	29,6	31,0	30,3	35,6

- **Angulação 10°:** O setor Nordeste apresentou temperaturas negativas nos horários de medição entre 9h e 15h. Às 9h, a amplitude térmica variou de 26,9°C (Norte) e 16,0°C (Noroeste). No horário seguinte, as temperaturas variaram entre 23,3°C e 26,4°C nos setores Leste e Noroeste. Às 11h, o valor termal mais expressivo foi de 31,7°C no setor Sudoeste. Às 12h, as temperaturas se atenuaram e registraram 29,4°C e 18,7°C nos setores Sudeste-Oeste. Para o horário das 13h, destacam-se os setores Norte e Sudeste com temperaturas de 31,5°C e 32,3°C. Às 14h, os registros termais variam de 31,6°C (Sudeste) e 16,2°C (Oeste). No último horário das 15h, os valores de temperatura tiveram os registros constantes entre 29,4°C no setor Leste e 34,3°C no setor Sudeste. Os setores positivos apresentaram temperaturas similares ao longo do período de experimentação. No setor Oeste, houve uma discrepância às 13h, apresentando valor próximo do negativo. Isto se deve por um erro do operador que direcionou o sensor do termômetro para céu, sem se atentar para tal correção (Tabela 29).

Tabela 29: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 6.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	26,9	26,2	27,5	29,2	31,5	29,2	34,0
NE	-13,6	-17,8	-16,0	-16,2	2,1	-9,1	-5,0
E	23,8	23,3	26,6	24,5	30,5	29,2	29,4
SE	33,1	23,6	31,7	29,4	32,3	31,6	34,3
S	26,6	26,1	29,1	28,0	28,7	30,2	34,0
SO	22,2	25,6	27,0	23,3	29,4	29,3	33,0
O	24,3	23,8	20,2	18,7	2,3	16,2	30,6
NO	16,0	26,4	26,6	22,5	29,4	24,5	30,6

- **Angulação 25°:** As temperaturas positivas foram obtidas para os setores Norte, Sudeste, Sul, Sudoeste e Noroeste. Às 9h, as temperaturas positivas variaram de 24,5°C (SE) a 29,6°C (S). Às 10h, os valores foram 25,8°C, 31,6°C, 27,8°C, 11,6°C e 24,4°C para os respectivos setores Norte, Sudeste, Sul, Sudoeste e Noroeste. Às 12h, os registros de temperatura foram maiores comparados aos horários anteriores com 27,4°C, 30,2°C, 29,3°C e 25,3°C e 27,1°C nos setores N/SE/S/SO e NO. Às 13h, a variação foi de 31,7°C (SE) e 27,3°C (SO/NO). No horário das 14h, os valores positivos variaram de 32,5°C

(Sudeste) a 28,7°C (Sudeste). Às 15h, os registros foram de 30,2°C, 25,6°C, 32,2°C, 31,5°C e 32,1°C para os setores N/SE/S/SO e NO (Tabela 30).

Tabela 30: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 6.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	25,3	25,8	27,4	28,0	29,2	30,6	30,2
NE	-23,3	-2,3	-25,0	-24,8	-5,0	-17,8	-19,0
E	-22,9	-28,2	-19,6	-24,2	-10,0	-9,9	-18,0
SE	24,5	31,6	30,2	28,7	31,7	32,5	25,6
S	29,6	27,8	29,3	29,4	29,1	30,2	32,2
SO	24,8	11,6	25,3	23,3	27,3	29,4	31,5
O	-17,3	-24,0	-16,8	-22,7	-8,1	-6,6	-10,0
NO	24,8	24,4	27,1	27,1	27,3	28,7	32,1

- **Angulação 35°:** Os setores com temperaturas negativas foram Nordeste e Leste. Os demais apresentaram valores positivos em todos os horários de medição. Às 9h, a amplitude foi de 30,0°C (SE) e 11,2°C (Oeste). Às 10h, os registros foram de 27,6°C (Sul) e 15,6°C (SO). Às 11h, os setores Sudeste e Sul registraram valores de 30,6°C e 28,3°C. Às 12h, a amplitude térmica variou de 22,3°C (SO) e 28,3°C (NO). Às 13h, as temperaturas mais acentuadas foram 32,5°C (Sudoeste) e 30,5°C (Noroeste). No horário seguinte, 14h, as temperaturas variaram de 31,1°C no setor Sudeste e 15,7°C no setor Sudoeste. O registro das 15h apresentou amplitude térmica de 32,6°C no setor Sul e 27,8°C a Oeste (Tabela 31).

Tabela 31: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 6.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	24,8	26,1	27,5	27,8	29,2	30,0	32,3
NE	-30,3	-32,2	-28,8	-28,5	-4,1	-15,4	-20,7
E	-29,8	-29,4	-25,5	-27,8	-9,1	-13,2	-21,7
SE	30,9	25,8	30,6	27,5	32,5	32,1	32,3
S	29,1	27,6	28,3	27,3	25,1	31,3	32,6
SO	13,8	15,6	24,1	22,6	17,8	15,7	27,8
O	11,2	22,3	16,1	24,8	28,5	26,4	30,0
NO	24,8	25,7	28,0	28,3	30,5	29,3	32,1

A evolução termal durante o período de investigação apresentou semelhanças entre os setores positivos de visada, com amplitudes de

temperaturas entre 25,0°C e 31,0°C. A densa cobertura de árvores fez com que os valores do setor SO fossem amenos.

A densa cobertura arbórea e o sombreamento imposto por esta não foram suficientes para reduzir as temperaturas obtidas nos setores investigados. Em todos os horários os valores termais foram superiores a 27,0°C para o ângulo -10°, de superfícies variadas (calçada de concreto, asfalto, gramado e muro de tijolo), com sombreamento parcial ou total durante a maior parte do período investigado.

Com a chegada de uma Frente Polar Atlântica na região sudoeste do Estado de São Paulo, há o predomínio de nuvens cirrus em algumas partes da cidade de São Carlos. Porém, a presença da Massa Polar Atlântica em fase de tropicalização na região, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme a Figura 46.

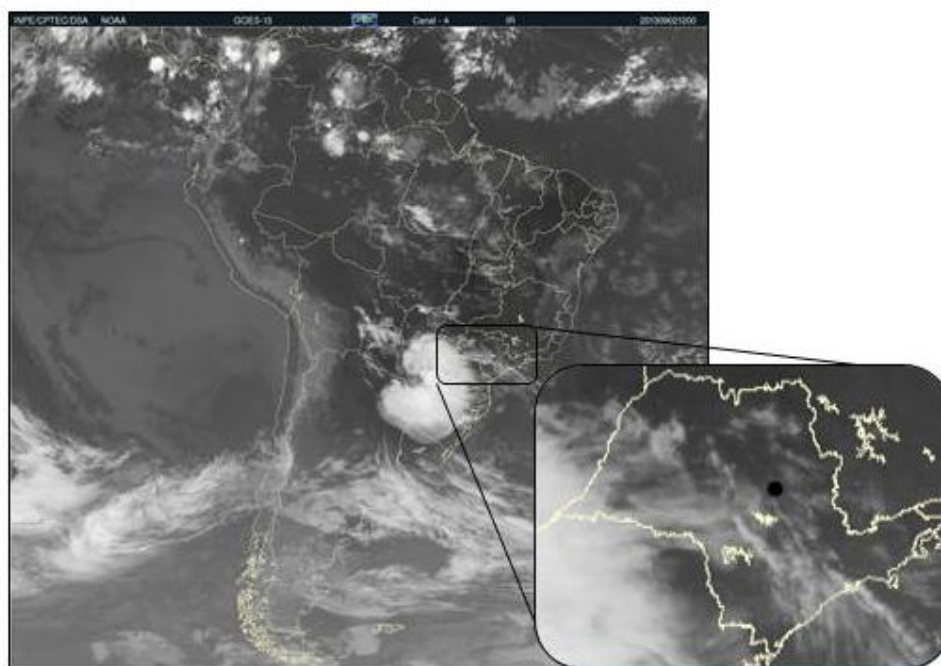
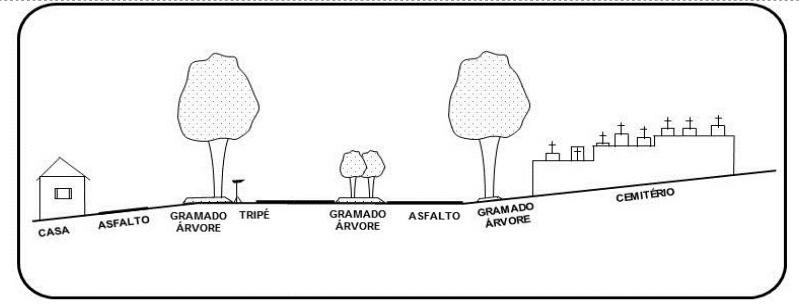
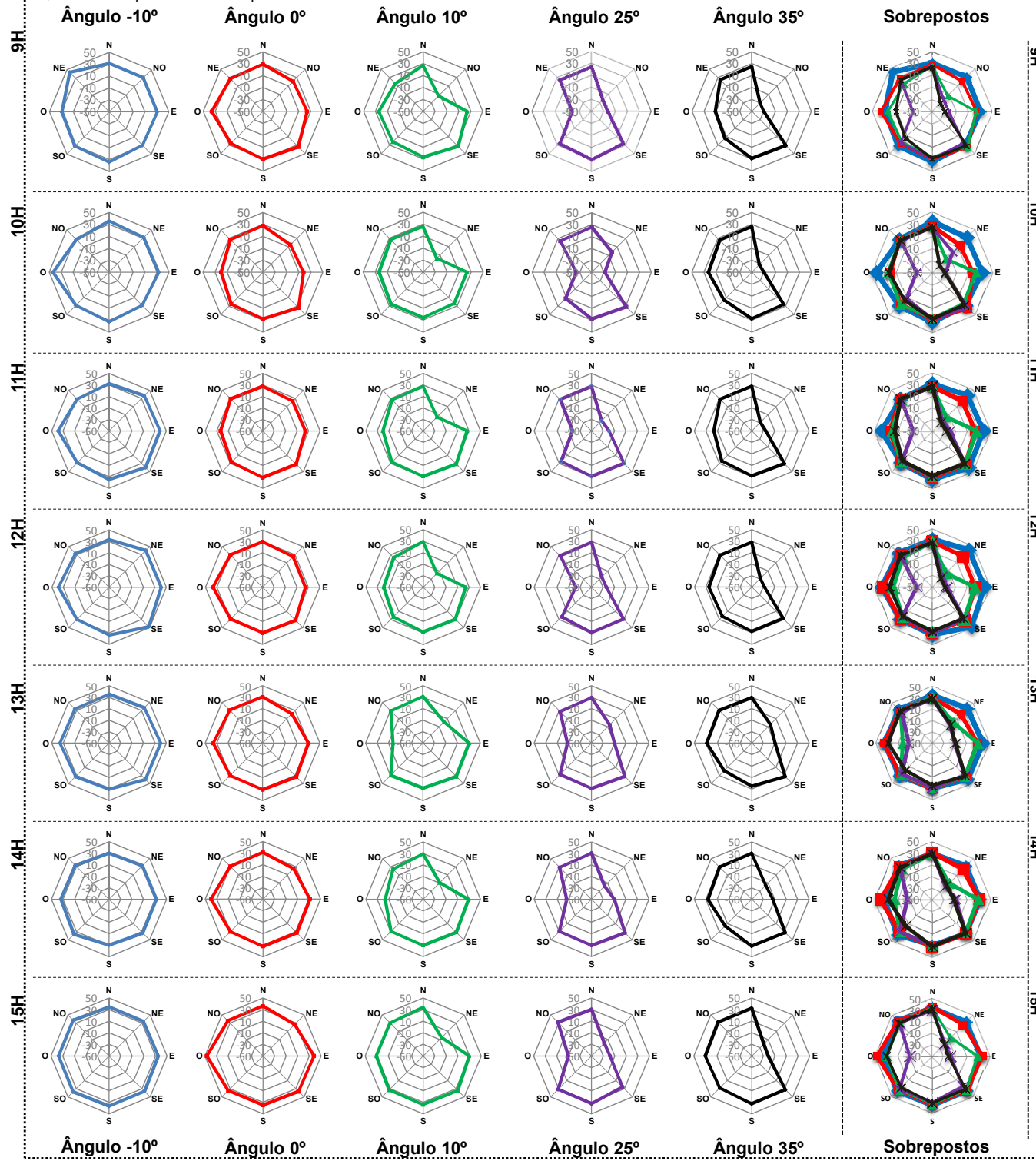


Figura 46: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 02/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 6 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representados por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 06: Experimento de campo referente ao Ponto 6.



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 47), nota-se a variação de temperatura em todos os setores. Após as 14h os valores se atenuam, reduzindo a amplitude termal pelo efeito do sombreamento das árvores.

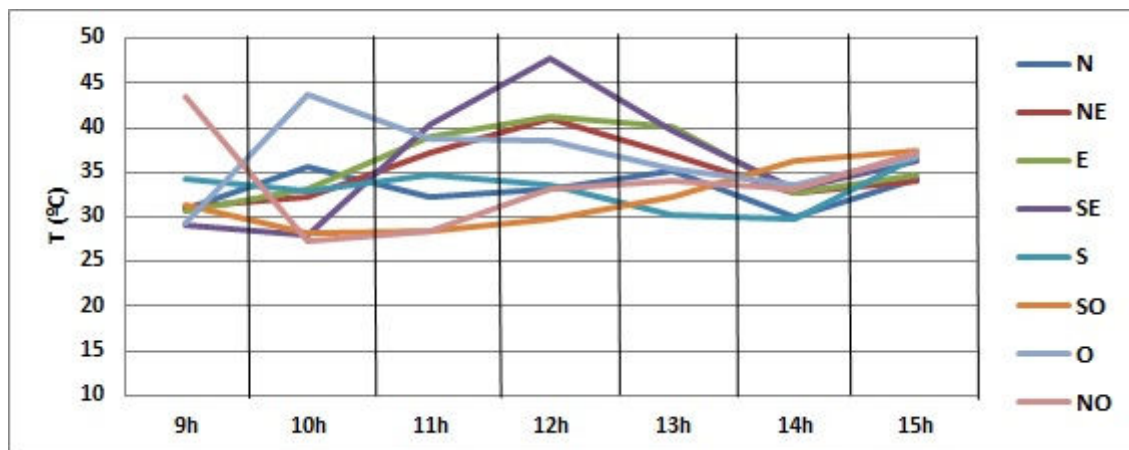


Figura 47: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (02/09/2013). Elaboração: O autor.

Para o ângulo 0° (Figura 48), a variação termal torna-se evidente para os setores NE/E e O, com valores reduzidos às 10h. Por efeito do sombreamento o setor NE apresenta temperaturas amenas por todo o período. Logo, nos demais setores as temperaturas se elevam e expõem semelhanças entre si a partir das 13h. No setor Oeste, pela incidência direta dos raios solares após as 11h, os valores obtidos registram $35,0^\circ\text{C}$ às 12h, até o pico de $47,0^\circ\text{C}$, às 15h.

A distinção da evolução das temperaturas entre os ângulos supracitados é notória, pois o primeiro apresenta temperaturas elevadas em todos os horários. O segundo também mostra valores elevados, porém amenos quando associado ao ângulo -10° .

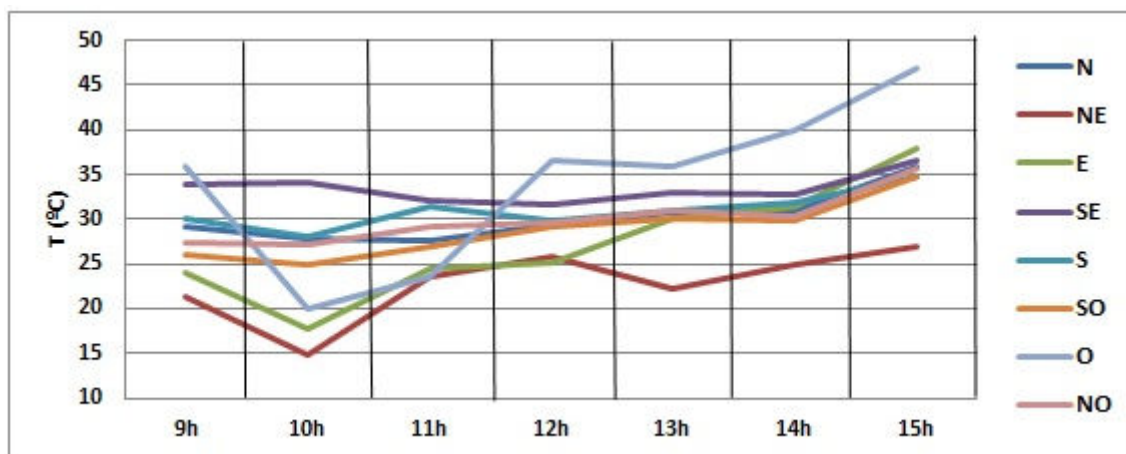


Figura 48: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (02/09/2013). Elaboração: O autor.

6.1.7 Ponto 7 – Espaços Livres – “Bairros Jardins”

O experimento foi realizado no dia 05 de Setembro de 2013, na Rua Rafael de Abreu Sampaio Vidal, próximo ao número 2.457, no bairro Jardim Macarenco, em São Carlos (Figura 49).

A expansão da área urbana era necessária à medida que o êxodo rural aumentava e inchava o centro de São Carlos. Após a Segunda Guerra Mundial, alguns loteamentos foram criados na região Nordeste e Noroeste da cidade, pois não havia espaços para atender os padrões da elite dominante no centro urbano. O Bairro é fruto do parcelamento de pequenas propriedades rurais próximas à área urbana, criado no ano de 1952, com a implantação de novos loteamentos com características semelhantes aos da cidade preexistente (século XIX), em que os arruamentos e a forma das quadras geravam um desenho contínuo. Grandes espaços permeabilizados como gramados e árvores nativas foram preservados dentro dos parcelamentos, assemelhando-se com os “bairros jardins” criados em outras capitais brasileiras (LIMA, 2007, pg. 77; 79).



Figura 49: Fotografia aérea nas imediações do Ponto 7. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, massa arbórea de médio porte e tronco de árvore; calçada de concreto de cor cinza e asfalto. Nordeste: edificação com dois pavimentos de telhado cerâmico escuro e paredes brancas; muro vegetado; massa arbórea de grande porte e asfalto. Leste: massa arbórea de grande porte; muro vegetado e sombreado; asfalto e calçada de concreto parcialmente sombreado. Sudeste: idem as características anteriores. Sul: massa arbórea de médio e grande porte e tronco de árvore; calçada de concreto cinza parcialmente sombreada e asfalto. Sudoeste: edificação com dois pavimentos; paredes e muros de cor amarela; calçada de concreto cinza parcialmente sombreada; Oeste: idem as características anteriores. Noroeste: massa arbórea de médio porte; edificação com dois pavimentos; paredes e muros de cor amarela parcialmente sombreada; calçada de concreto cinza.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 7) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, os modestos valores variam de 15,1°C (Nordeste) e 16,5°C (Norte e Noroeste). Às 10h, os setores Norte e Noroeste aumentam a temperatura para 23,7°C e 22,7°C. O valor mais ameno é registrado no setor sudeste com 15,0°C. No horário das 11h, os registros de temperatura são mais expressivos nos setores Nordeste e Sul, com os respectivos valores de 36,7°C e 36,0°C. Às 12h, a temperatura continua crescente nos setores Nordeste e Sul com 43,1°C e 44,5°C. Sudoeste é o setor que obtém a temperatura mais modesta de 25,7°C. No horário seguinte das 13h, as temperaturas foram mais acentuadas para os setores Nordeste, Sudeste e Sul com 49,5°C e 45,5°C e 51,8°C, respectivamente. Às 14h, destacam-se os valores de 45,5°C, 43,3°C, 42,7°C e 45,1°C nos setores Nordeste, Leste, Sudeste e Sul. Finalmente, às 15h, os valores decrescem em todos os setores e variam de 41,0°C (Nordeste) e 27,6°C (Oeste). A fachada NE/E/SE e S, de calçada de concreto e asfalto apresentaram as temperaturas mais elevadas, pois estavam expostas a radiação solar. Os demais setores, por efeito do sombreamento de massa arbórea e edificada, as temperaturas não superaram 30,0°C (Tabela 32).

Tabela 32: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 7.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	16,5	23,7	29,6	28,7	28,8	23,0	28,5
NE	15,1	17,0	36,7	43,1	49,5	45,5	41,0
E	15,7	15,2	23,8	26,1	34,0	43,3	37,5
SE	15,7	15,0	23,4	28,4	45,5	42,7	36,7
S	16,2	15,4	36,0	44,5	51,8	45,1	34,5
SO	17,0	19,5	25,0	25,7	28,0	23,7	26,9
O	16,0	21,5	24,1	26,1	28,8	25,8	27,6
NO	16,5	22,7	27,3	27,6	28,8	25,6	27,8

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas variaram de 18,3°C (SE) e 16,0°C (SO). No horário seguinte, 10h, os setores N e O apresentaram as temperaturas mais elevadas de 23,1°C e 21,9°C. Às 11h, a temperatura mais expressiva foi na face Noroeste com 26,7°C. Nos demais setores a amplitude térmica variou de 25,5°C (N) e 20,2°C (S). Às 12h, os setores Oeste-Noroeste apresentaram valores de 26,6°C e 27,9°C. No horário das 13h, as temperaturas se elevam em todos os setores e apresentam temperaturas de mais elevadas de 28,4°C, 28,8°C e 29,1°C para Norte, Oeste e Noroeste. Às 14h, os valores termais se reduzem e variam de 23,3°C (SE) e 27,1°C (O). Às 15h, a amplitude termal dos setores é mínima e varia de 22,7°C (Nordeste) e 27,8°C (Noroeste), demonstrado na Tabela 33.

Tabela 33: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 7.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	17,7	23,1	25,5	25,3	28,4	26,4	27,6
NE	17,5	18,5	22,3	23,4	25,5	22,2	22,7
E	17,8	17,5	21,5	21,8	26,5	23,4	24,4
SE	18,3	18,4	21,3	22,2	25,8	23,3	25,1
S	18,2	19,0	20,2	23,3	27,4	23,8	26,5
SO	16,0	21,6	25,1	25,7	28,8	26,7	27,9
O	17,0	21,9	24,0	26,6	29,7	27,1	27,7
NO	16,2	20,1	26,7	27,9	29,1	26,6	27,8

- **Angulação 10°:** 9h, com exceção do setor Nordeste que apresentou temperatura de 13°C, nos demais setores as temperaturas variam de 19,7°C (Norte) e 17,0°C (Noroeste). Às 10h, as temperaturas se elevam e variam entre

17,1°C no setor Nordeste e 25,7°C no setor Noroeste. No horário seguinte, as temperaturas foram de 12,2°C e 27,4°C para os setores Norte e Noroeste. Às 12h, os valores mais acentuados foram para os setores Oeste e Noroeste com 26,4°C e 26,6°C. Às 13h, os valores termais aumentam na fachada Norte, Oeste e Noroeste com 28,8°C, 30,0°C e 30,2°C. Às 14h, os valores decrescem e variam entre 20,2°C Nordeste e 28,8°C. Para o horário das 15h, o comportamento termal variou de 26,0°C ao Norte e 28,7° na fachada Noroeste. Apenas o setor Nordeste obteve valores abaixo da amplitude com 20,0°C. Os setores SO/O e NO apresentaram valores de temperatura abaixo de 30,0°C e semelhantes entre si, demonstrando a mesma distribuição térmica para as referidas faces (Tabela 34).

Tabela 34: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 7.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	19,7	22,3	12,2	18,0	28,8	21,5	26,0
NE	13,0	17,1	20,9	14,5	20,0	20,2	20,0
E	18,1	22,0	21,8	21,8	26,6	24,4	26,2
SE	18,4	21,9	21,9	21,2	26,2	21,6	26,7
S	19,4	20,1	23,4	22,3	17,0	26,0	26,9
SO	17,8	23,6	24,1	24,7	29,3	28,0	28,0
O	17,2	25,1	25,1	26,4	30,0	28,2	28,4
NO	17,0	25,7	27,4	26,6	30,2	28,8	28,7

- **Angulação 25°:** Os setores com temperaturas positivas foram Leste/Sudeste/Sudoeste/Oeste e Noroeste. A evolução térmica para o período analisado apresentou baixa variação entre os setores de temperaturas positivas. Às 9h, as modestas temperaturas positivas variaram de 18,5°C (Leste) a 15,8°C (NO). Às 10h, os valores registraram 24,1°C, 24,4°C, 24,5°C, 26,5°C e 20,8°C nos setores L/SE/SO/O e NO. No registro das 11h, a variação termal foi de 21,8°C para o setor Leste e 25,6°C para Noroeste. Às 12h, os registros obtidos foram mais brandos comparados ao horário anterior com valores entre 21,9°C (Leste) e 25,7°C. Às 13h, as temperaturas se elevam e registram 27,6°C, 30,6°C, 29,3°C, 30,3°C e 30,5°C nos setores L/SE/SO/O e NO. Às 14h, os registros mais expressivos foram no eixo SO/O e NO com 36,2°C, 37,3°C e 32,5°C. Às 15h, os valores se reduzem e variam de 24,0°C (Sudoeste) e 28,5°C (Oeste). Às 11h, no setor Oeste, há uma discrepância no

valor de temperatura, que apresenta valor abaixo de 0,0°C, ocasionado, possivelmente por erro do operador no posicionamento do sensor (Tabela 35).

Tabela 35: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 7.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-25,3	-6,6	-22,6	-6,8	-13,2	-16,4	-3,0
NE	-19,4	-19,6	-22,0	-19,4	-14,6	-14,2	-18,6
E	18,5	24,1	21,8	21,9	27,6	27,6	25,3
SE	18,2	24,4	22,9	23,8	30,6	30,5	26,7
S	-30,3	-22,7	-24,8	-26,7	-19,0	-8,4	-11,6
SO	16,7	24,5	25,3	25,2	29,3	36,2	24,0
O	17,5	26,5	-26,1	25,7	30,3	37,3	28,5
NO	15,8	20,8	25,6	22,6	30,5	32,5	27,1

- **Angulação 35°:** As temperaturas positivas foram obtidas nos setores Leste, Sudeste, Sudoeste e Oeste. No registro das 9h, a amplitude térmica variou de 18,5°C (Leste) e 14,4°C (Sudoeste). Às 10h, os setores Oeste-Sudeste registraram os valores de 25,5°C e 26,6°C, respectivamente. Às 11h, os registros foram de 23,8°C, 20,9°C, 17,6°C e 25,7°C correspondentes aos setores E/SE/SO e O. Para o registro das 12h, as temperaturas variaram de 18,0°C e 26,4°C nos setores Leste e Oeste. Às 13h, as temperaturas mais acentuadas foram 27,6°C (Sudeste) e 30,0°C (Oeste). No horário seguinte, 14h, as temperaturas ultrapassam os 30,0°C e registram 33,3°C, 32,0°C, 30,3°C e 33,6°C setores E/SE/SO e O. Nota-se que para diferentes superfícies, como a copa das árvores para os setores E/SE e parede de tijolo nos setores SO/O, o padrão térmico apresentado após as 11h é semelhante entre si, com mínimas variações de temperatura. Mesmo a cobertura de árvores ao redor do experimento e o efeito do sombreamento em alguns setores evidenciam elevadas temperaturas no período de 14h (Tabela 36).

Tabela 36: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 7.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-12,8	-23,7	-11,5	-27,7	-19,6	-11,0	-8,5
NE	-30,5	-22,0	-25,7	-24,4	-18,6	-3,8	-25,3
E	18,5	25,5	23,8	18,0	26,1	33,3	24,1
SE	18,2	26,6	20,9	26,0	27,6	32,0	23,4
S	-35,0	-18,0	-8,8	-27,3	-5,2	-16,0	-5,3
SO	14,4	17,0	17,6	23,3	26,5	30,3	25,7

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
O	17,5	24,4	25,7	26,4	30,0	33,6	28,7
NO	-32,2	-26,2	-25,5	-26,0	-19,4	-15,0	-24,2

Após a passagem de uma Frente Polar Atlântica no dia 03/09 e seu retorno no dia seguinte, no dia 05 de Setembro a Massa Polar Atlântica se tropicaliza na região do Estado de São Paulo. Logo, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme a Figura 50.

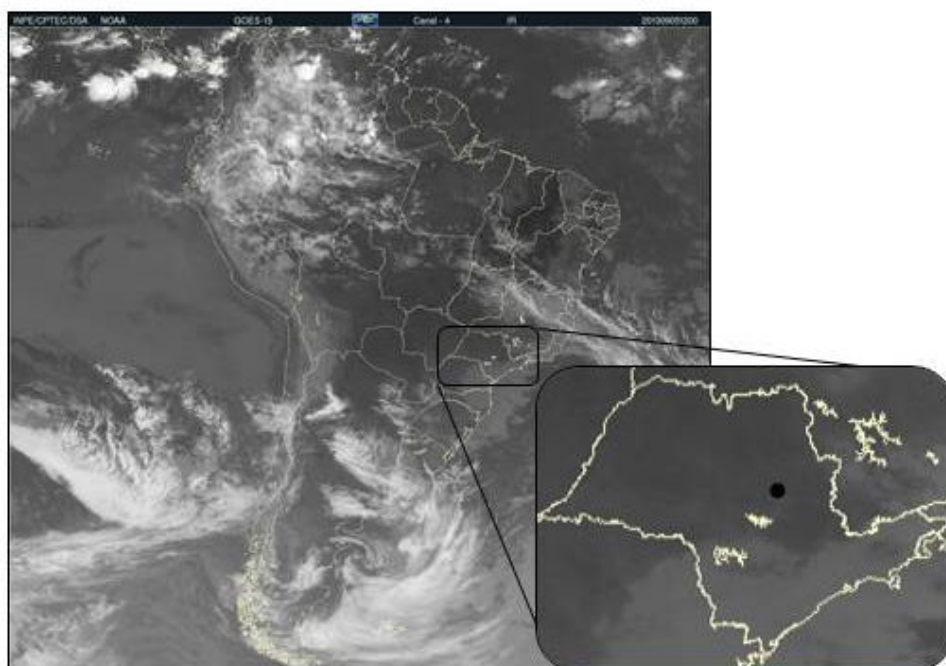
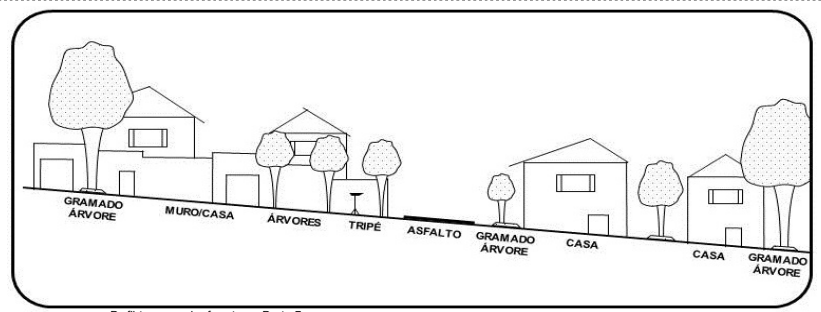
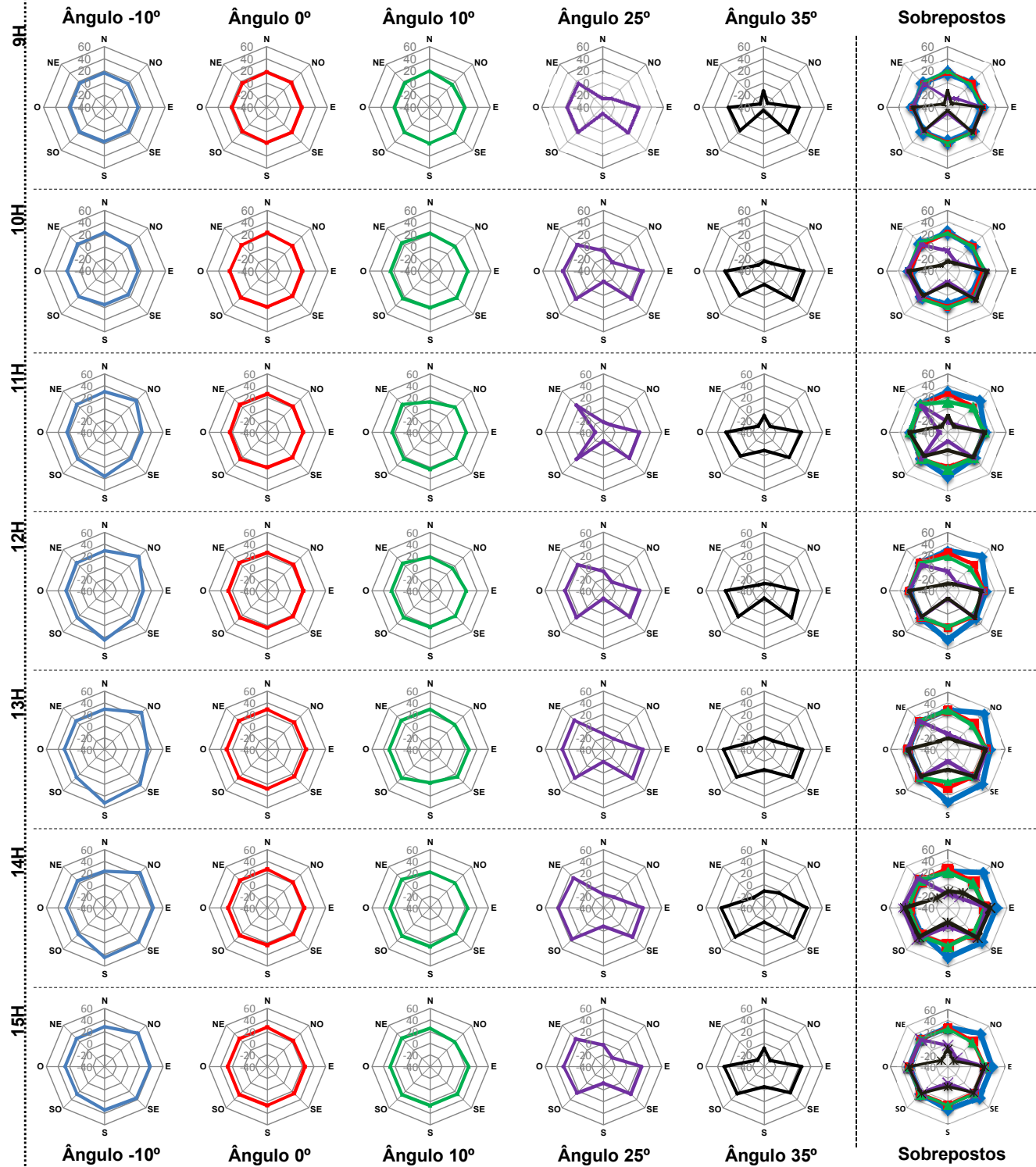


Figura 50: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 05/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 7 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representada por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 07: Experimento de campo referente ao Ponto 7.

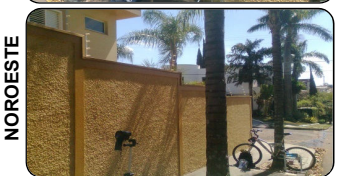
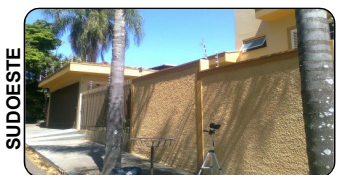
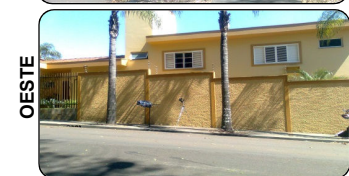
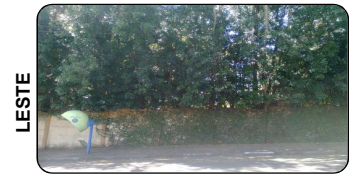
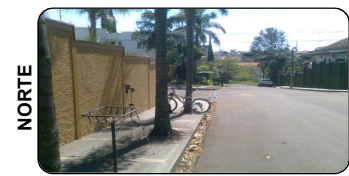


Perfil transversal referente ao Ponto 7.



Localização do Ponto 7. Bairro: Jardim Macarengo.

Escala aproximada: 0,1 0,05 0 0,1 Km



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

As figuras a seguir apresentam em gráficos as variações de temperatura para as angulações -10° e 0° , dos experimentos de campo que tiveram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho.

Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 51), nota-se dois padrões distintos de temperatura entre os setores. Inicialmente, às 9h, os valores termais registram 16° , aproximadamente. Às 11h, os setores NE e S elevam as temperaturas e alcançam o máximo de $52,0^\circ\text{C}$ às 13h. Noss setores N/SO e NO a amplitude térmica varia de $23,0^\circ\text{C}$ a $28,0^\circ\text{C}$, aproximadamente.

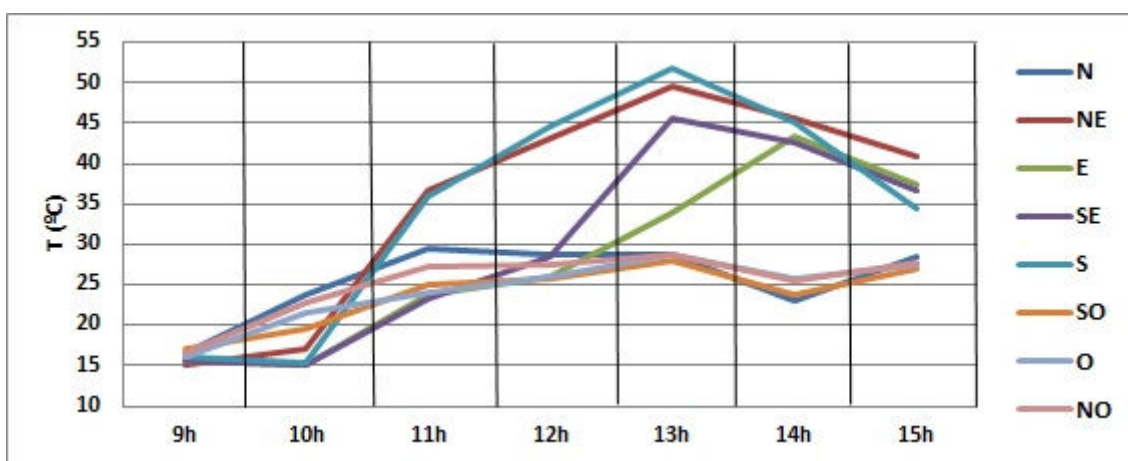


Figura 51: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (05/09/2013). **Elaboração:** O autor.

Para o ângulo 0° (Figura 52), a evolução térmica para o período é semelhante em todos os setores. O pico termal é alcançado às 13h com variação entre $25,0^\circ\text{C}$ e $29,0^\circ\text{C}$. Por efeito do sombreamento, os valores termais não chegam a $30,0^\circ\text{C}$.

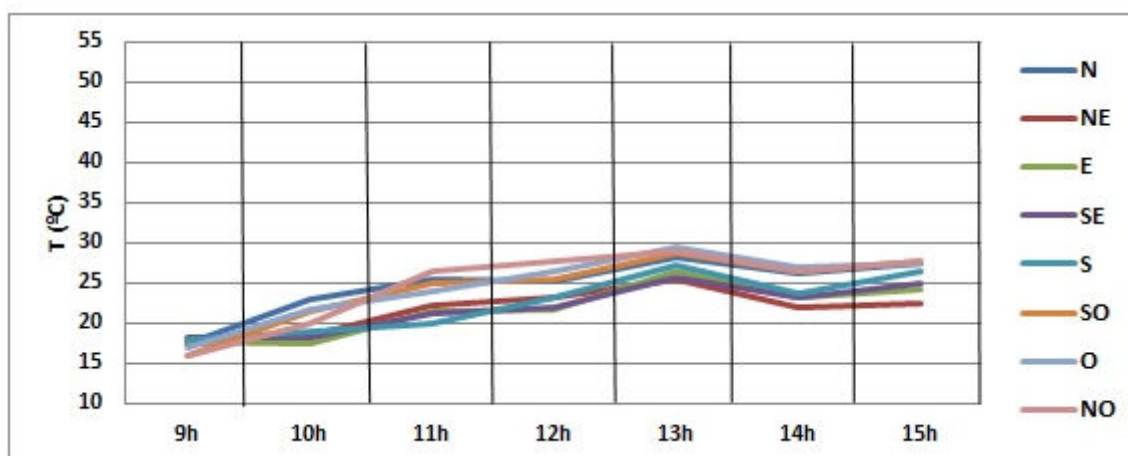


Figura 52: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (05/09/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.8 Ponto 8 – Espaços Livres – “Distrito Industrial”

O experimento foi realizado no dia 06 de Setembro de 2013, na Rua Doutor Artur Rodrigues de Castro, próximo ao número 571, no bairro Jardim São Paulo, em São Carlos.

O bairro São Paulo, situado na região Sudeste da cidade, foi instituído em 1954 para atender a crescente demanda de loteamentos criados para a classe trabalhadora e as indústrias que começavam a instalar-se nas vias paralelas e perpendiculares à Avenida Getúlio Vargas. Com a modernização de infraestrutura da Rodovia Washington Luiz, o projeto de prolongamento da Avenida foi concluído, tornando-se eixo de transporte de passageiros e canal de escoamento e mercadorias para a Rodovia (LIMA, 2007, pg. 82).

Atualmente, a vocação econômica da região é predominantemente comercial e de serviços industriais, com intenso tráfego de veículos de porte variado, como carros, caminhões de carga e outros (Figura 53).



Figura 53: Fotografia aérea das imediações do Ponto 8. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, edificação com dois pavimentos com parede de cor amarela sombreada; calçada de concreto escuro sombreada; veículos estacionados e asfalto.

Nordeste: idem as características descritas anteriormente. Leste: massa arbórea de pequeno porte; veículos estacionados; calçada de concreto escuro. Sudeste: edificação com dois e três pavimentos com parede de cor amarela; calçada de concreto escuro. Sul: idem as características descritas anteriormente. Sudoeste: idem as características anteriores. Oeste: calçada de concreto escuro; veículos estacionados e asfalto. Noroeste: edificações de um e dois pavimentos de paredes brancas; veículos estacionados; asfalto e calçada de concreto escuro.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 8) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, os valores variam de 25,5°C (Nordeste), 32,1°C (Leste) e 29,3°C (Oeste). Às 10h, os setores Norte e Noroeste tiveram as temperaturas mais elevadas com 36,8°C e 38,0°C. O valor mais ameno foi registrado no setor Leste com 28,4°C. No horário das 11h, os registros de temperatura são mais expressivos e nos setores Norte, Nordeste e Sudoeste, com os respectivos valores de 45,6°C, 46,4°C e 47,8°C. Às 12h, as temperaturas são mais expressivas nos setores Norte, Leste e Nordeste 43,8°C, 43,0°C e 41,4°C. No horário seguinte das 13h, as temperaturas foram mais acentuadas para os setores Norte e Leste com 51,5°C e 50,1°C, respectivamente. O setor Sul obteve a valor mais ameno com 37,9°C. Às 14h, destacam-se os valores de 46,3°C e 45,4°C nos setores Norte e Leste. Finalmente, às 15h, os valores variam de 44,1°C e 44,3°C (Leste e Noroeste) e 35,2°C (Sul), de acordo com a Tabela 37.

Tabela 37: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 8.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	28,5	36,8	45,6	43,8	51,5	46,3	43,0
NE	25,5	38,0	46,4	35,4	44,2	36,8	40,1
E	32,1	28,4	31,5	43,0	50,1	45,4	44,1
SE	30,2	34,6	47,8	37,6	41,9	35,7	35,8
S	27,5	34,1	41,1	36,9	37,9	32,1	35,2
SO	29,1	33,2	38,6	35,3	41,3	36,0	36,0
O	29,3	34,6	38,6	35,4	42,2	37,3	36,3
NO	29,2	32,6	36,2	41,4	43,3	32,3	44,3

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas variaram de 19,2°C (N) e 28,2°C (SE e SO). No horário seguinte, 10h, os setores SE/S/SO e O apresentaram temperaturas mais elevadas que os demais setores com 31,7°C, 32,8°C e 32,3°C. Às 11h, a temperatura mais expressiva foi na face Sul com 39,2°C. Nos demais setores a amplitude térmica variou de 26,5°C (NE) e 38,1°C (O). Às 12h, as temperaturas variam de 22,1°C a 36,8°C nos setores Nordeste e Sul. No horário das 13h, as temperaturas nos setores SE/S/SO e O com respectivos valores de 39,4°C, 40,9°C e 40,1°C e 39,8°C. Às 14h, os valores termais se reduzem e variam de 23,1°C (NE) e 36,7°C (S). Às 15h, a amplitude termal varia de 19,0°C (Leste) e 36,7°C (Noroeste), Tabela 38.

Tabela 38: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 8.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	19,2	22,2	27,1	23,1	27,4	23,1	25,0
NE	19,8	22,3	26,5	22,1	27,5	23,3	26,3
E	22,7	23,6	29,6	27,9	25,8	32,8	19,0
SE	28,2	31,7	36,0	35,4	39,4	32,8	34,8
S	27,0	32,8	39,2	36,8	40,9	36,7	36,7
SO	28,2	32,8	37,6	35,8	40,1	36,0	36,0
O	27,3	32,3	38,1	34,7	39,8	35,2	35,4
NO	25,2	22,7	27,2	24,4	30,8	28,9	28,0

- **Angulação 10°:** Os setores que apresentaram temperaturas negativas foram Leste e Noroeste. Às 9h, as temperaturas variam de 18,4°C (Nordeste) e 27,0°C (Sudoeste). Às 10h, as temperaturas se elevam modestamente e variam entre 21,9°C no setor Norte a 33,0°C no setor Sul. No horário seguinte, 11h, a amplitude termal varia de 27,1°C e 38,4°C para os setores Noroeste e Sul. Às 12h, os valores mais acentuados foram para os setores Sul e Sudoeste com 36,8°C e 35,4°C. Às 13h, os valores termais aumentam na fachada Sul-Sudoeste com 39,2°C. Os setores Norte-Nordeste obtêm os valores mais amenos com 29,4°C e 29,3°C. Às 14h, os valores variam entre 27,6°C, ao Norte e 37,8°C no setor Sudoeste. Para o horário das 15h, o padrão termal variou de 26,5°C nos setores Norte-Nordeste e 37,6°C na fachada Sul (Tabela 39).

Tabela 39: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 8.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	20,1	21,9	27,4	24,4	29,4	27,6	26,5
NE	18,4	23,3	27,1	24,1	29,3	28,2	26,5
E	-15,6	-14,6	-4,1	-12,4	-14,2	-14,4	-16,6
SE	27,0	28,0	36,7	32,5	37,4	36,5	34,2
S	26,4	33,0	38,4	36,8	39,2	37,4	37,6
SO	26,9	31,8	37,5	35,4	39,2	37,8	37,1
O	20,9	29,7	33,5	33,8	35,4	35,4	35,7
NO	-14,6	-17,2	-7,5	-17,0	-10,8	-11,8	-10,8

- **Angulação 25°:** Os setores com temperaturas positivas foram Sudeste/Sul/Sudoeste e Oeste. Às 9h, as temperaturas positivas variaram de 26,5°C nos setores Sul e Sudoeste e 19,8°C (O). Às 10h, os valores registraram 27,5°C, 30,8°C, 30,7°C e 27,9°C SE/S/SO e O. No registro das 11h, a variação termal foi de 38,5°C para os setores S/SO e 33,6°C no setor Oeste. Às 12h, os registros obtidos foram mais brandos comparados ao horário anterior com valores entre 30,0°C (Sudeste) e 36,7°C (Sudoeste). Às 13h, as temperaturas se elevam e registram 33,8°C, 39,5°C, 40,1°C e 36,9°C SE/S/SO e O. Às 14h, os registros mais expressivos foram no eixo SE/S e SO com 36,0°C, 35,2°C e 37,3°C. Às 15h, os valores registram 37,8°C nos setores Sul e Sudoeste e 32,3°C no setor Oeste (Tabela 40).

Tabela 40: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 8.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-29,6	-19,6	-12,2	-22,5	-17,6	-13,8	-13,4
NE	-28,5	-23,5	-9,5	-18,8	-18,1	-23,1	-18,4
E	-28,7	-29,3	-14,8	-20,7	-20,3	-22,7	-23,7
SE	25,1	27,5	34,2	30,0	33,8	36,0	33,3
S	26,5	30,8	38,5	36,4	39,5	35,2	37,8
SO	26,5	30,7	38,5	36,7	40,1	37,3	37,8
O	19,8	27,9	33,6	32,0	36,9	32,5	32,3
NO	-29,6	-25,3	-17,8	-19,2	-18,0	-21,5	-18,8

- **Angulação 35°:** Os valores térmicos positivos, como no ângulo anterior, foram obtidos nos setores SE/S/SO e O. No registro das 9h, a amplitude térmica variou de 27,3°C (Sul) e 23,1°C (Oeste). Às 10h, os setores Sudeste-

Sul-Sudoeste registraram os valores de 28,5°C, 30,7°C e 28,5°C, respectivamente. Às 11h, os registros foram de, 32,8°C, 37,8°C, 37,4°C e 33,0°C correspondentes aos setores SE/S/SO e O. Para o registro das 12h, as temperaturas variaram de 36,4°C e 30,3°C nos setores Sul e Oeste. Às 13h, as temperaturas mais acentuadas foram 36,5°C (Sudeste) e 30,0°C (Oeste). No horário das 14h, as temperaturas variam de 37,0°C a 34,3°C (Tabela 41).

Tabela 41: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 8.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-35,0	-31,8	-19,2	-23,5	-22,9	-24,6	-25,0
NE	-34,8	-30,8	-19,8	-24,2	-24,4	-25,5	-26,4
E	-32,2	-28,4	-19,0	-22,1	-28,1	-25,7	-26,6
SE	23,3	28,5	32,8	32,6	36,2	36,0	34,5
S	27,3	30,7	37,8	36,4	36,5	37,0	33,8
SO	25,5	28,5	37,4	34,1	38,5	34,3	32,7
O	23,1	26,0	33,0	30,3	30,6	34,7	33,0
NO	-33,5	-31,0	-20,0	-25,5	-21,4	-22,4	-23,7

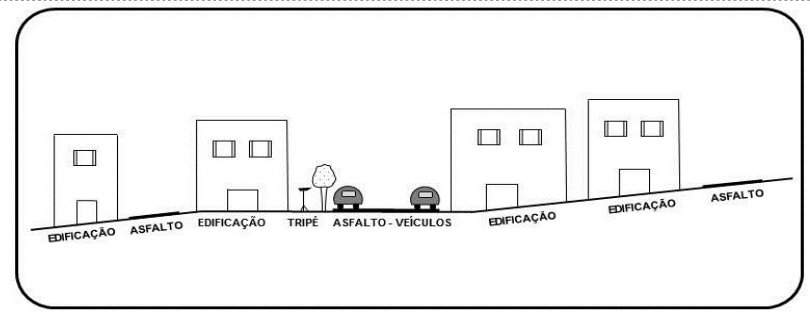
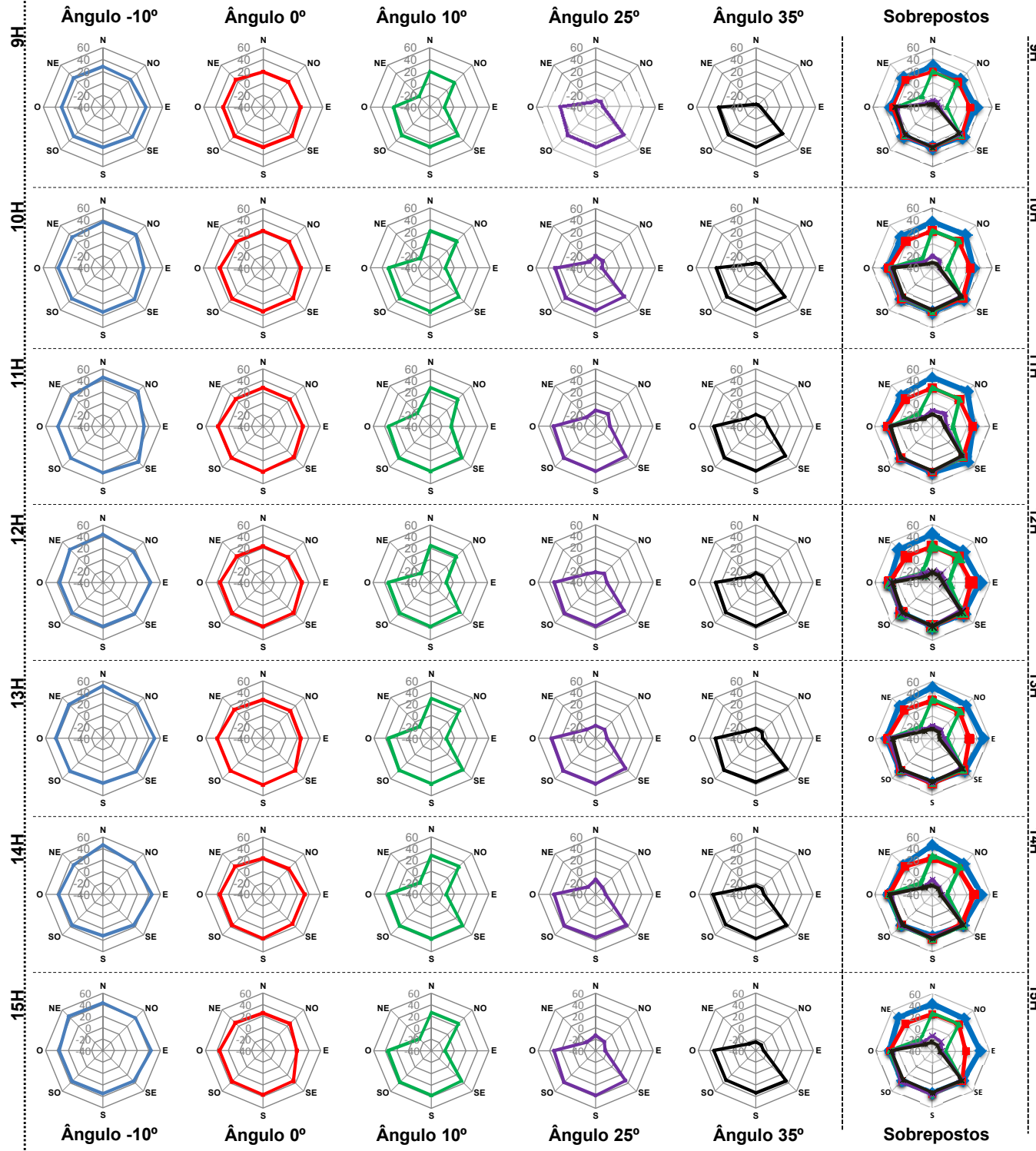
No dia 06 de Setembro de 2013, a Massa Polar Velha encontra-se em fase de tropicalização na região Sudeste do Brasil. Logo, a situação atmosférica demonstrou-se favorável à experimentação de campo conforme a Figura 54.



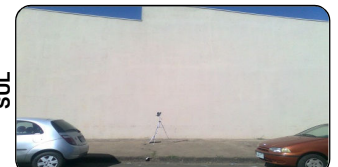
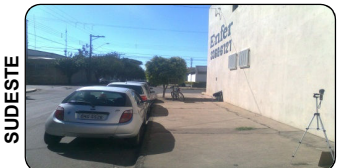
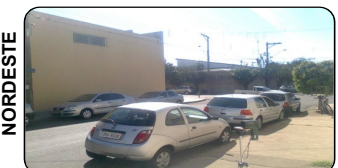
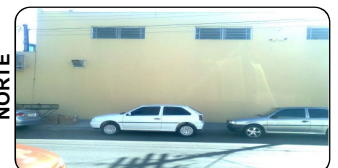
Figura 54: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 06/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 8 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representada por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 08: Experimento de campo referente ao Ponto 8.



Perfil transversal referente ao Ponto 8.



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal e Google (2013).

As figuras a seguir apresentam em gráficos de amplitude térmica para as angulações -10° e 0° , dos experimentos de campo que tiveram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho.

Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 55), nota-se dois comportamentos distintos entre os setores Norte e Leste com valores termais opostos até o horário das 12h. Nos horários seguintes continuaram com temperaturas semelhantes.

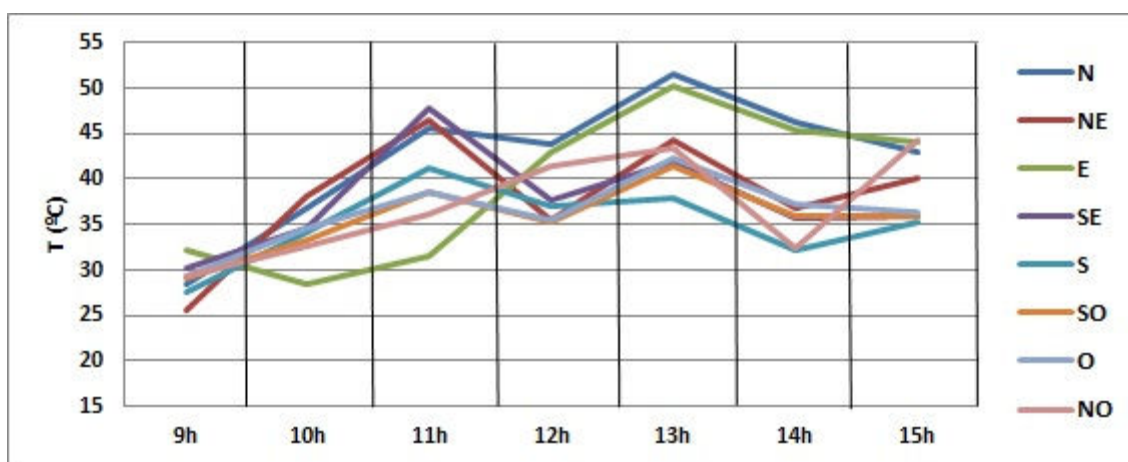


Figura 55: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (06/09/2013). **Elaboração:** O autor.

A Figura 56 ilustra dois padrões de comportamento para os setores SE/S/SO e O com variações entre $27,0^\circ\text{C}$ e $40,0^\circ\text{C}$, aproximadamente. O outro comportamento foi para os setores N/NE/E/NO com amplitudes térmicas de $18,0^\circ\text{C}$ e $33,0^\circ\text{C}$.

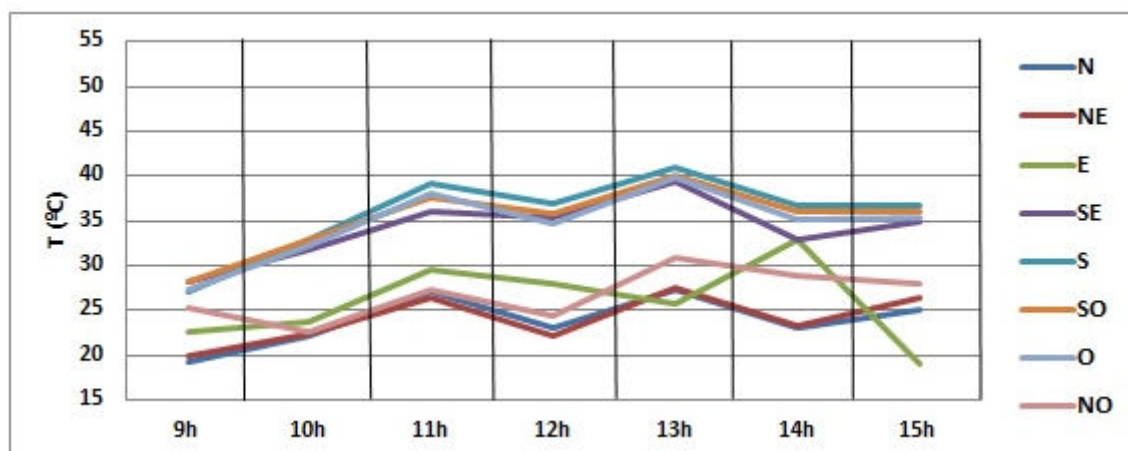


Figura 56: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (06/09/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.9 Ponto 9 – Espaços Livres – “Conjuntos Habitacionais Térreos”

O experimento foi realizado no dia 07 de Setembro de 2013, na Rua IV, próximo ao número 445, no bairro Jardim Zavaglia, em São Carlos (Figura 57).

O loteamento Jardim Gramado I, II e III posteriormente instituído Jardim Zavaglia, situado na região Sudoeste da cidade é um dos segmentos de expansão urbana mais recentes de São Carlos. Faz parte do programa de habitação popular do Governo Federal “Minha Casa, Minha Vida”, em parceria com a Prefeitura Municipal de São Carlos. Finalizado em 2011, o loteamento possui 1.000 unidades habitacionais com aproximadamente 4.000 moradores (CMSC, 2010).



Figura 57: Fotografia aérea das imediações do Ponto 9. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, muro de tijolo com cimento rebocado; calçada de concreto claro. Nordeste: muro de tijolo com cimento rebocado e portão de aço e calçada de concreto claro. Leste: edificações com um pavimento; telhado cerâmico de cor salmão; calçada de concreto claro; asfalto. Sudeste: edificação com um pavimento com telhado cerâmico de cor salmão, parede de cor amarela e portão de ferro vazado na cor bordô; porte de concreto claro; área de calçada com areia;

asfalto. Sul: edificação com um pavimento de parede na cor amarela; muro de tijolo a vista; árvore de pequeno porte; área de calçada com brita e areia; asfalto. Sudoeste: edificações com um pavimento com muro de tijolo de concreto rebocado e portão de ferro branco; área de calçada com brita e areia; asfalto. Oeste: edificações com um pavimento, telhado cerâmico de cor salmão e paredes de cor amarela; muro de tijolo a vista; asfalto e calçada de concreto claro; caçamba de aço amarela; árvore de pequeno porte. Noroeste: muro de tijolo a vista e rebocado; portão de aço marrom e portão de aço branco; calçada de concreto branco.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 9) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, a temperatura mais acentuada foi obtida no setor Noroeste com 31,8°C. Nos demais setores os valores variaram de 23,1°C (Norte) e 27,6°C (Sudeste e Sul). Logo às 10h, os setores apresentam temperaturas acima dos 30,0°C e variam de 30,3°C (Nordeste), 39,1°C e 39,3°C (Sudeste e Sul). No horário das 11h, os registros de temperatura são mais expressivos nos setores Sudeste, Sul e Sudoeste, com os respectivos valores de 44,6°C, 44,7°C e 43,6°C. Às 12h, a variação de temperatura é de 24,5°C e 46,4°C nos setores Nordeste e Sul. No horário seguinte das 13h, as temperaturas foram mais acentuadas para os setores SE/S/SO e NO com 48,0°C, 47,7°C, 48,0°C e 43,7°C, respectivamente. Às 14h, os valores termais variam de 28,8°C (Nordeste) e 49,2°C (Sudoeste). Finalmente, às 15h, os valores são amenos nos setores N/NE e NO, com 28,9°C, 27,0°C e 33,5°C. Os demais setores registram temperaturas acima dos 40,0°C (Tabela 42).

Tabela 42: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 9.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	23,1	30,8	29,2	26,7	27,1	30,0	28,9
NE	24,8	30,3	27,9	24,5	25,5	28,8	27,0
E	26,7	32,7	35,7	35,8	36,9	32,8	42,1
SE	27,6	39,1	44,6	46,2	48,0	48,5	45,2
S	27,6	39,3	44,7	46,4	47,7	47,7	45,4
SO	26,7	37,9	43,6	46,0	48,0	49,2	45,5
O	22,3	34,3	34,8	44,8	43,7	48,0	43,2
NO	31,8	34,8	32,8	28,0	33,0	36,2	33,5

- **Angulação 0°:** às 9h, as temperaturas foram modestas e variaram de 17,5°C (SO) e 27,1°C (NO). No horário seguinte, 10h, os setores N e NO apresentaram as temperaturas mais elevadas de 28,6°C e 34,1°C. Às 11h, a temperatura mais expressiva foi na face Sudeste com 39,2°C. Nos demais setores a amplitude térmica variou de 27,1°C (SO) e 31,5°C (NO). Às 12h, os setores Sul-Noroeste apresentaram valores de 34,7°C e 35,8°C. No horário das 13h, as temperaturas se elevam nos setores Sudeste e Sul e registram 45,0°C e 40,4°C. Às 14h, a amplitude termal varia de 29,7°C (NE) e 49,7°C (S). Às 15h, o setor Sul registra o pico de 53,8°C, enquanto o setor Nordeste registra 31,0°C (Tabela 43).

Tabela 43: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 9.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	23,2	28,6	28,8	28,0	29,1	31,0	32,5
NE	18,0	25,3	28,0	27,5	27,9	29,7	31,0
E	16,7	25,7	27,9	28,1	32,5	30,6	34,0
SE	20,0	25,6	39,2	33,5	45,0	39,3	43,7
S	19,7	25,7	27,5	34,7	40,4	49,7	53,8
SO	17,5	19,4	27,1	32,6	34,8	37,6	41,7
O	23,3	20,9	27,4	22,1	28,9	43,7	42,7
NO	27,1	34,1	31,5	35,8	35,7	34,8	36,3

- **Angulação 10°:** Os valores positivos foram obtidos nos setores Norte, Nordeste, Sudeste e Noroeste. Às 9h, os valores variaram de 9,3°C no setor Sudeste e 26,4°C para Noroeste. Às 10h, as temperaturas se elevam e variam entre 17,1°C no setor Nordeste e 25,7°C no setor Noroeste. No horário seguinte das 11h, as temperaturas foram de 25,5°C e 35,3°C para os setores Nordeste e Noroeste. Às 12h, a amplitude termal variou de 6,6°C e 37,4°C para os setores Sudeste e Noroeste. Às 13h, as temperaturas foram 30,3°C, 30,5°C, 9,6°C e 36,3°C nos setores N/NE/SE/ e NO. Às 14h, a fachada Norte, Nordeste e Noroeste registram os valores mais expressivos de 31,1°C, 30,2°C e 28,9°C. Para o horário das 15h, a crescente temperatura no setor Sudeste alcançou 28,8°C. O setor Noroeste registrou 33°C (Tabela 44).

Tabela 44: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 9.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	23,0	26,4	27,6	29,6	30,3	31,1	32,3
NE	20,6	23,6	25,5	27,6	30,5	30,2	30,7
E	-10,0	-8,3	-4,9	-10,4	-3,0	-7,0	-5,6
SE	9,3	8,3	5,4	6,6	9,6	22,7	28,8
S	-10,4	-10,2	-9,0	-8,5	-2,6	-8,5	-3,4
SO	-6,6	-11,2	-6,2	-6,4	-3,4	-7,7	-3,5
O	-16,2	-18,2	-17,8	-17,0	-13,4	-12,2	-7,0
NO	26,4	32,5	35,3	37,4	36,3	28,9	33,0

- **Angulação 25° e 35°:** Os registros de temperatura nessas angulações foram negativos em todos os setores ao longo dos horários de medição (9h-15h) e seus valores foram suprimidos deste subcapítulo.

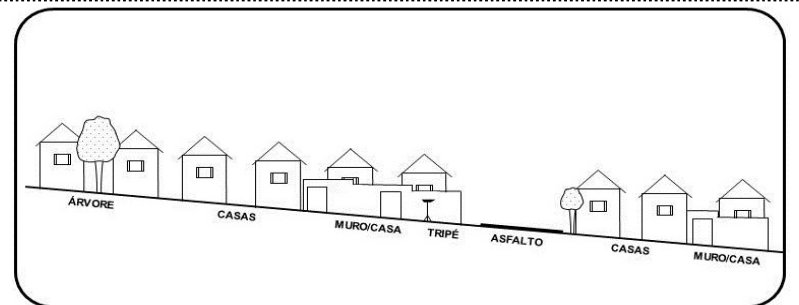
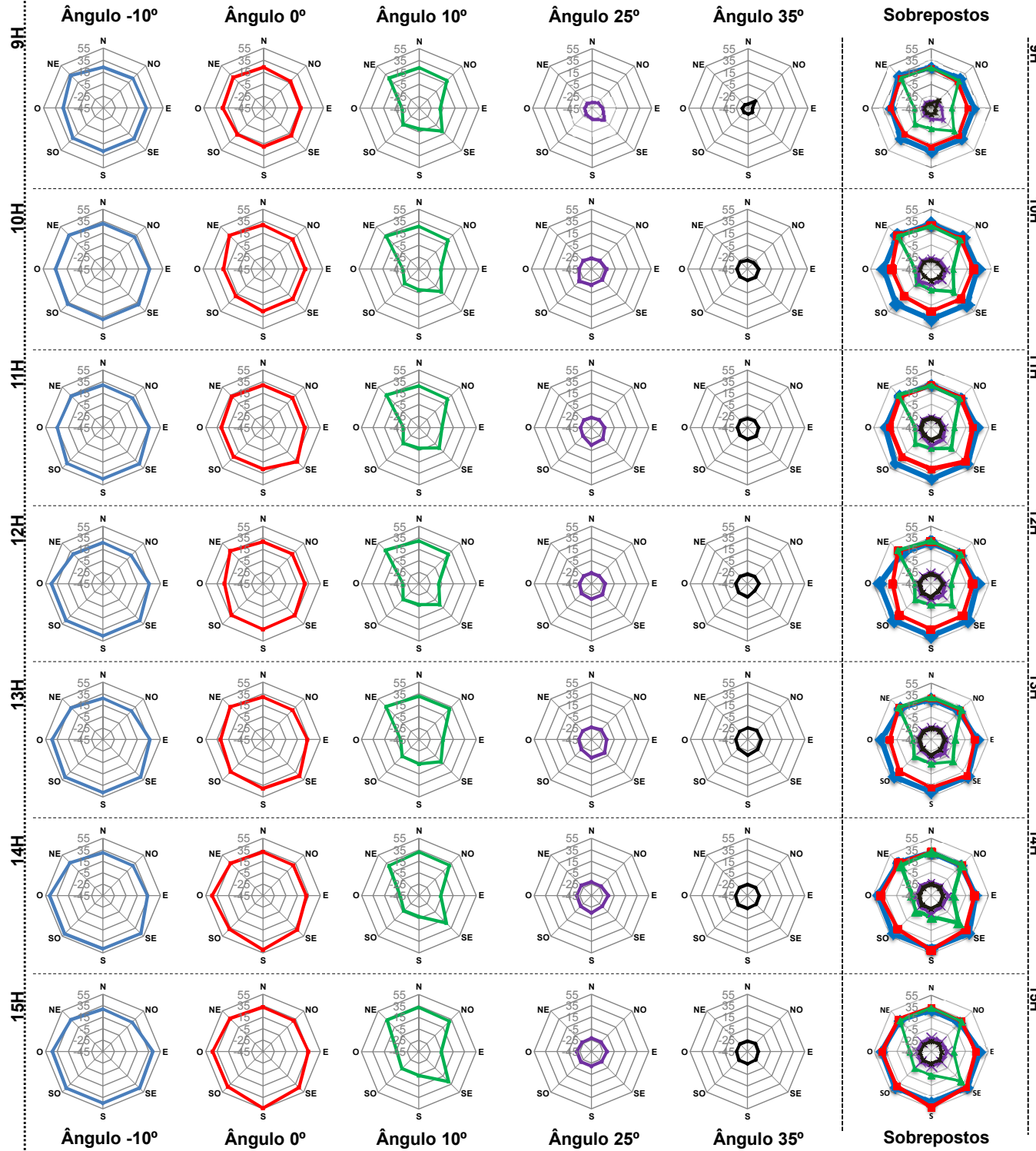
O dia 07 de Setembro de 2013 foi caracterizado pela Massa Polar Velha na região do Estado de São Paulo e a situação atmosférica de céu com ausência de nuvens foi favorável à experimentação de campo conforme a Figura 58.



Figura 58: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 07/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 9 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representada por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 09: Experimento de campo referente ao Ponto 9.



Perfil Transversal referente ao Ponto 9.



Localização do Ponto 9. Bairro: Jardim Zavaglia.

Escala aproximada: 0,1 0,05 0 0,1 Km



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal (2013).

Ao longo das medições horárias para o ângulo -10° (Figura 59), nota-se o comportamento homogêneo nos setores Sudeste, Sul e Sudoeste com variações termais entre $27,0^\circ\text{C}$ e $48,0^\circ\text{C}$ ao longo do dia. O outro comportamento dos setores Norte e Nordeste apresentou temperaturas entre $30,0^\circ\text{C}$, às 10h e $24,0^\circ\text{C}$, às 12h.

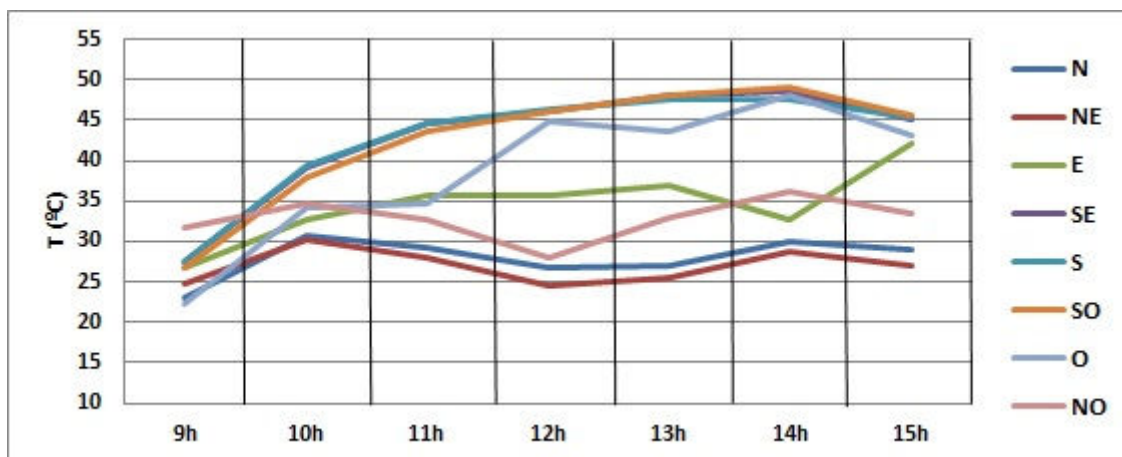


Figura 59: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (07/09/2013). **Elaboração:** O autor.

Na Figura 60, ao longo das medições entre 9h e 15h, a variação crescente de temperatura é expressiva para o setor Sul, com valores de $19,0^\circ\text{C}$, às 9h e $52,0^\circ\text{C}$, às 15h. Os setores Norte e Nordeste apresentam comportamentos semelhantes com temperaturas de $16,0^\circ\text{C}$ e $35,0^\circ\text{C}$ entre a primeira e a última leitura de temperatura.

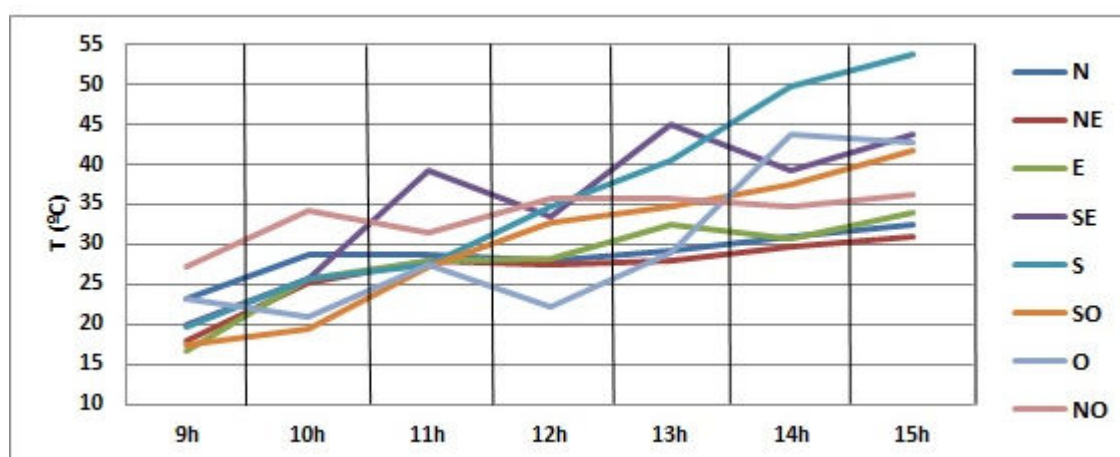


Figura 60: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (07/09/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.10 Ponto 10 – Espaços Livres – “Zona Leste”

O experimento foi realizado no dia 08 de Setembro de 2013, na Rua Arnaldo Gomes, próximo ao número 45, no bairro Parque Primavera, em São Carlos.

Na década de 1970 o crescimento da área urbana de São Carlos era exponencial. Em direção à Rodovia Washington Luiz, um número significativo de parcelamentos espontâneos foi implantado à margem da legislação e autorização da Prefeitura Municipal (LIMA, 2007, pg. 131).

Atualmente, a região onde se situa o bairro Parque Primavera é ocupada por edificações térreas e alguns sobrados de dois pavimentos. A imagem aérea (Figura 61) evidencia que a região é pouco arborizada e as áreas permeabilizadas no interior dos lotes são escassas ou nulas, com exceção da Praça no Centro-Sul do bairro e o loteamento particular na área Noroeste.



Figura 61: Fotografia aérea das imediações do Ponto 10. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, massa arbórea de médio porte e tronco de árvore; calçada de concreto de cor cinza e asfalto. Nordeste: edificação com dois pavimentos de telhado cerâmico escuro e paredes brancas; muro vegetado; massa arbórea de grande porte e asfalto. Leste: massa arbórea de grande porte; muro vegetado e sombreado; asfalto e

calçada de concreto parcialmente sombreado. Sudeste: idem as características anteriores. Sul: massa arbórea de médio e grande porte e tronco de árvore; calçada de concreto cinza parcialmente sombreada e asfalto. Sudoeste: edificação com dois pavimentos; paredes e muros de cor amarela; calçada de concreto cinza parcialmente sombreada; Oeste: idem as características anteriores. Noroeste: massa arbórea de médio porte; edificação com dois pavimentos; paredes e muros de cor amarela parcialmente sombreada; calçada de concreto cinza.

As leituras de temperatura realizada pelo sensor infravermelho (ver localização do aparelho no perfil transversal do Quadro 10) são descritas abaixo:

- **Angulação -10°**: às 9h, os valores termais foram mais acentuados para os setores S/SO/O e NO com 30,0°C, 31,7°C, 31,0°C e 28,0°C. Às 10h, a amplitude térmica foi de 17,0°C no setor SE e 39,1°C para SO. No horário das 11h, os registros de temperatura se elevam e ganham destaque nos setores Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste com valores de 42°C, 51,0°C, 52,2°C, 49,5°C e 34,1°C. Às 12h, a temperatura continua crescente nos setores SE/S/SO e O com 47,2°C, 56,5°C, 56,7°C e 55,6°C. No horário seguinte das 13h, as temperaturas foram mais amenas para os setores Norte, Nordeste, Leste e Noroeste com 28,3°C, 29,3°C e 28,5°C, respectivamente. Às 14h, com exceção de Noroeste, os demais setores ultrapassam 40,0°C. A fachada Sudoeste registra o pico termal de 59,3°C. Finalmente, às 15h, os valores decrescem em todos os setores e variam de 28,9°C (Norte) e 48,4°C (Sudoeste), conforme a Tabela 45.

Tabela 45: Temperatura (°C) de superfície para a angulação -10° para o Ponto 10.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	19,0	19,5	31,6	35,3	28,3	40,7	28,9
NE	19,0	19,5	31,5	35,7	28,3	40,7	30,4
E	19,8	20,2	31,3	35,8	29,3	41,9	33,3
SE	16,9	17,0	42,0	47,2	43,0	52,7	41,1
S	30,0	37,6	51,0	56,5	53,2	58,8	46,7
SO	31,7	39,1	52,2	56,7	52,0	59,3	48,4
O	31,0	36,0	49,5	55,6	52,1	58,6	46,9
NO	28,0	28,4	34,1	37,5	28,5	39,3	33,5

- **Angulação 0°:** às 9h, destacam-se os setores Sudoeste-Oeste com as temperaturas mais elevadas de 39,2°C e 37,8°C. No horário seguinte, 10h, respectivos setores crescem temperaturas de 43,4°C e 43,2°C. Os valores mais amenos são de 19,7°C e 19,1°C para Norte e Nordeste. Às 11h, as temperaturas registram valores acima dos 30,0°C em todos os setores com pico no setor Sudoeste (50,8°C). Às 12h, os setores Sudoeste-Oeste apresentaram valores de 52,6°C e 52,7°C. No horário das 13h, as temperaturas decrescem e variam de 28,5°C (Nordeste) e 43,5°C (Sudoeste). Às 14h, os valores termais se elevam e variam de 45,9°C (SO) e 37,6°C (NO). Às 15h, a amplitude termal dos setores varia de 35,1°C (Leste) e 22,9°C (Sudeste), Tabela 46.

Tabela 46: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 0° para o Ponto 10.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	19	19,7	30,5	35,3	28,6	38,5	30,5
NE	18,5	19,1	30,5	34,7	28,5	38,9	32,2
E	20	20,9	32,1	36,4	32	40,3	35,1
SE	21,5	23,1	33,1	38,6	31,3	39,3	22,9
S	26,5	29,4	37,9	40,3	40,2	40	30,5
SO	39,2	43,4	50,8	52,6	43,5	45,9	32,7
O	37,8	43,2	49,8	52,7	42,7	46,1	36,5
NO	21,3	23,8	32,3	36,1	31,6	37,6	30,3

- **Angulação 10°:** Os setores com temperaturas negativas são Sudeste, Sul e Oeste. Os demais pontos cardeais e colaterais os registros de temperatura foram positivos. Às 9h, as temperaturas variam de 18,4°C (Nordeste) e 32,0°C (Sudoeste). Às 10h, a amplitude térmica varia entre 19,6°C no setor Norte e 36,5°C para Sudoeste. No horário seguinte, os registros foram de 30,3°C (Norte) e 43,8°C Sudoeste. Nota-se, neste horário, que os setores SE/S/O com temperaturas negativas ganham valores positivos ou aproximam-se da temperatura 0,0°C. Às 12h, as temperaturas variam de 35,9°C para Leste e 45,7°C no setor Sudoeste. Às 13h, os registros apresentam 29,3°C, 29,4°C, 32,5°C, 37,0°C, e 31,0°C para os setores N/NE/S/SO e NO. Às 14h, os valores de temperatura são positivos em todos os setores, com destaque para SE/S e O com 2,5°C, 2,8°C e 6,7°C. Para o horário das 15h, o comportamento termal variou de 36,0°C (Leste) e 30,1°C (Sudoeste).

Tabela 47: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 10° para o Ponto 10.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	18,5	19,7	30,3	33,8	29,3	36,9	31,3
NE	18,4	20,4	30,8	33,8	29,4	37,1	31,6
E	19,4	20,5	31,7	35,9	32,5	45,1	36,0
SE	-16,6	-18,4	-2,6	-2,1	-9,1	2,5	-13,4
S	-12,8	-17,6	5,8	4,1	-8,7	2,8	-7,8
SO	32,0	36,5	43,8	45,7	37,0	41,7	30,1
O	-11,8	-20,9	-6,6	-0,6	-1,9	6,7	-11,8
NO	20,4	21,3	30,6	34,7	31,0	35,0	30,7

- **Angulação 25°:** Os setores com temperaturas positivas foram Norte, Nordeste e Noroeste. Às 9h, as modestas temperaturas positivas variaram de 18,4°C (N), 19,0°C (NE) e 10,6°C (NO). Às 10h, os valores registraram 19,8°C, 20,0°C e 12,4°C. No registro das 11h, a fachada Norte-Nordeste obteve as temperaturas de 30,2°C e 30,2°C, respectivamente. Às 12h, os registros foram de 33,0°C, 33,6°C e 13,4°C. Às 13h, as temperaturas se elevam e registram 30,2°C, 31,1°C e 28,4°C. Às 14h, a amplitude variou de 36,7°C e 10,7°C para os setores Norte e Noroeste. Às 15h, os valores variam de 35,1°C, 32,8°C e 11,6°C nos setores N/NE e NO, conforme a Tabela 48.

Tabela 48: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 25° para o Ponto 10.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	18,4	19,8	30,2	33,0	30,2	36,7	35,1
NE	19,0	20,0	30,3	33,6	31,1	36,4	32,8
E	-29,6	-30,8	-11,8	-8,7	-18,8	-9,3	-22,0
SE	-29,8	-31,7	-11,6	-10,0	-15,4	-9,1	-20,7
S	-32,0	-33,1	-12,2	-10,2	-15,4	-8,9	-6,2
SO	-32,2	-32,8	-12,6	-8,7	-16,8	-8,9	-20,7
O	-33,1	-34,3	-12,0	-9,8	-15,8	-8,9	-22,2
NO	10,6	12,4	15,5	13,4	28,4	10,7	11,6

- **Angulação 35°:** As temperaturas positivas foram obtidas apenas no setor Nordeste. A variação de temperatura foi de 18,7°C, 20,0°C, 32,5°C, 35,1°C, 31,8°C, 37,1°C e 33,3°C, correspondentes aos horários entre 9h e 15h.

Tabela 49: Temperatura (°C) de superfície para a angulação 35° para o Ponto 10.

	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
N	-32,3	-36,6	-16,0	-12,0	-20,3	-11,6	-24,2
NE	18,7	20,0	32,5	35,1	31,8	37,1	33,3
E	-34,3	-36,3	-14,0	-10,6	-21,4	-11,0	-24,6
SE	-34,7	-36,8	-14,6	-11,0	-19,8	-11,2	-24,8
S	-37,0	-36,3	-15,2	-11,2	-20,0	-11,0	-26,0
SO	-38,0	-37,0	-15,6	-11,6	-20,3	-12,0	-25,3
O	-37,4	-38,1	-15,6	-11,2	-19,8	-11,6	-26,0
NO	-35,2	-39,0	-16,8	-11,6	-20,0	-9,7	-25,7

No dia 8 de Setembro de 2013 a Massa Polar Velha predomina a região de São Carlos e a situação atmosférica é favorável à experimentação de campo conforme a Figura 62.

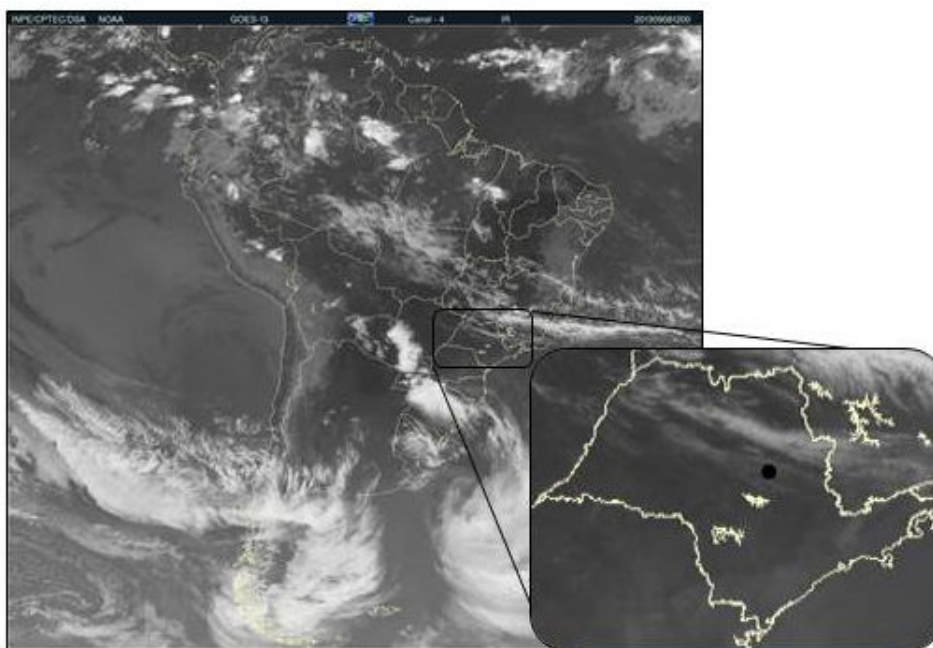
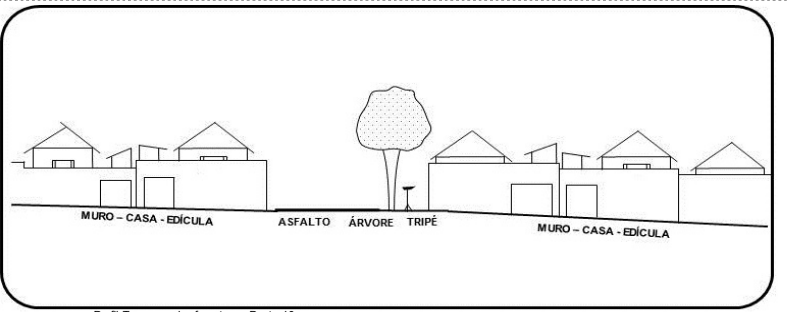
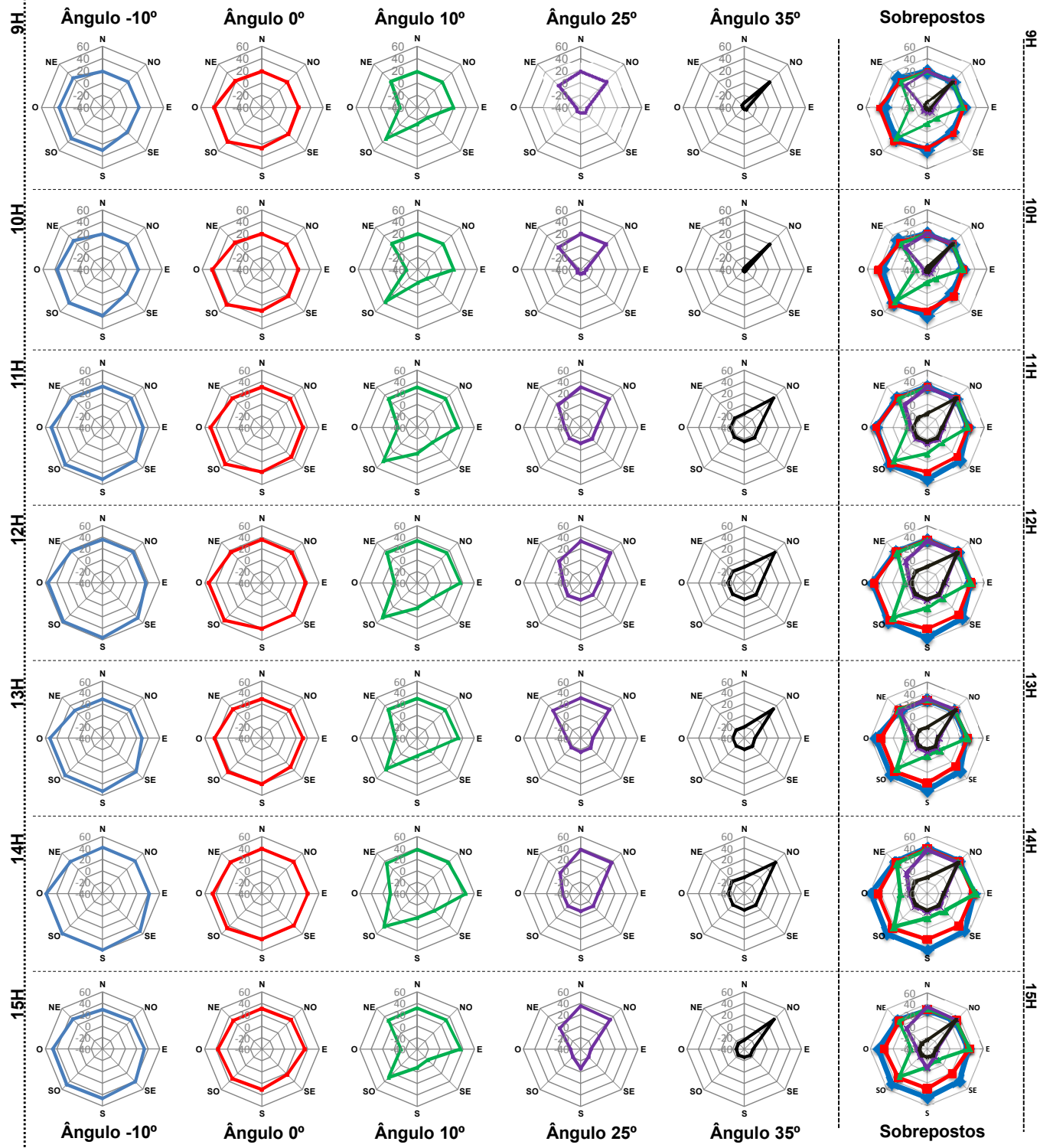


Figura 62: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 08/09/2013, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2013.

O Quadro 10 evidencia a variação termal entre 9h e 15h, representada por gráficos de radar para todos os setores e ângulos de visada realizados pelo termômetro infravermelho.

Quadro 10: Experimento de campo referente ao Ponto 10.



Fonte: Google, 2007.

Fonte: Acervo pessoal e Google (2013).

As figuras a seguir exibem em gráficos a amplitude térmica para as angulações -10° e 0° , dos experimentos de campo que apresentaram temperaturas positivas em todos os setores de visada do sensor infravermelho.

Para o ângulo -10° (Figura 63), há distintos comportamentos termais para os setores Sul, Sudoeste e Oeste com temperaturas expressivas próximas dos $55,0^\circ\text{C}$ às 14h. Outro comportamento, mais ameno, para os setores Norte, Nordeste, Leste e Noroeste com amplitudes horárias entre $19,0^\circ\text{C}$, às 9h e $42,0^\circ\text{C}$, às 14h. O setor Sudoeste apresentou variações entre $17,0^\circ\text{C}$ e $53,0^\circ\text{C}$.

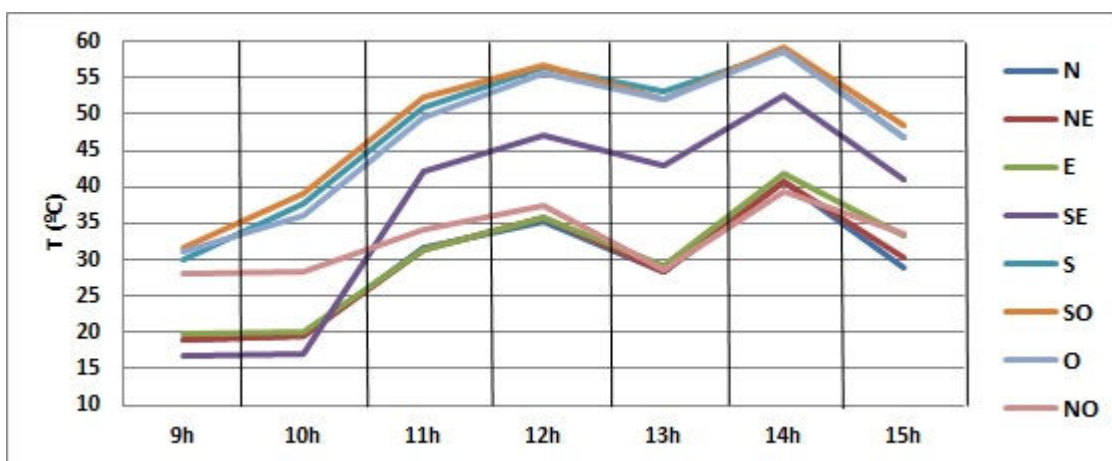


Figura 63: Gráfico de temperatura para o ângulo -10° (08/09/2013). **Elaboração:** O autor.

Na Figura 64, os setores Sudoeste e Oeste apresentaram comportamentos semelhantes com temperaturas expressivas entre 9h e 12h. No horário das 15h, os valores obtidos se assemelham aos demais setores. Com registros modestos nos setores NE/E/SE/S e NO, o comportamento térmico foi homogêneo ao longo das medições, com destaque para o horário das 14h com variação entre $36,0^\circ\text{C}$ e $40,0^\circ\text{C}$.

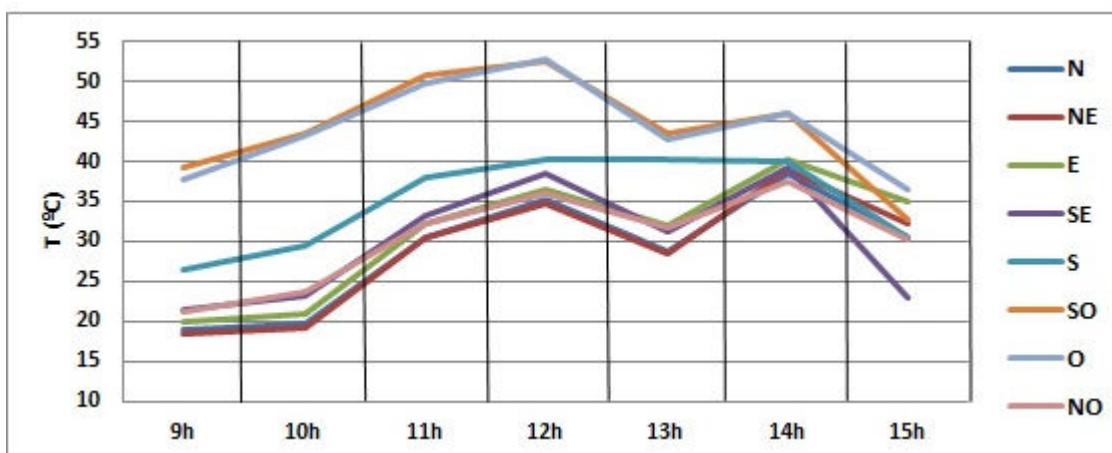


Figura 64: Gráfico de temperatura para o ângulo 0° (08/09/2013). **Elaboração:** O autor.

6.1.11 Ponto 11 – Experimento Diurno e Noturno

O experimento foi realizado nos dias 04 e 05 de fevereiro de 2014, nas dependências do Campus I da Universidade de São Paulo, em São Carlos, próximo ao Instituto de Química de São Carlos (IQSC).

A região onde se situa o Campus I da Universidade de São Paulo é ocupada por edificações com dois e três pavimentos, com massa arbórea de médio e grande porte, com reduzido fator de visão do céu, calçadas de concreto, asfalto, gramado, com fluxo de pedestres. A imagem aérea (Figura 65) evidencia que o Campus Universitário possui espaços permeabilizados e arborizados em maior quantidade que as áreas adjacentes.



Figura 65: Fotografia aérea das imediações do Ponto 11. **Fonte:** QUAPÁ-SEL (2014).

As características do local foram reconhecidas a seguir: ao Norte, massa arbórea de médio e grande porte; calçada de concreto de cor cinza e asfalto; edificação com um pavimento de telhado branco e fachada de tijolo (e perfil transversal), conforme evidencia a Figura 66.



Figura 66: Registros fotográficos das visadas cardeais e colaterais do Ponto 11 e o perfil transversal da localidade. **Fonte:** Acervo pessoal (2014). **Elaboração:** O autor (2014).

Nordeste: gramado, tronco de árvore, massa arbórea de médio porte; calçada de concreto escuro e concreto intertravado sombreados; asfalto; área de estacionamento com veículos estacionados. Leste: idem a descrição anterior. Sudeste: gramado e calçada de concreto sombreados; massa arbórea de médio e grande porte; asfalto; área de estacionamento com veículos estacionados. Sul: edificação superior a três pavimentos com fachada nas cores branca e azul; quebra-sol metálico na cor branca; calçada de concreto claro, ambos parcialmente sombreados. Sudoeste: edificação superior a três pavimentos com fachada nas cores azul e branca; escada metálica de cor preta; calçada de concreto claro parcialmente sombreada. Oeste: gramado sombreado; massa arbórea de médio e grande porte; asfalto com fluxo de pedestres e veículos durante o dia. Noroeste: gramado e placa de concreto sombreados; massa arbórea de médio e grande porte; edificação com dois pavimentos parcialmente sombreada com paredes de tijolos a vista.

Para a experimentação realizada no Campus I da Universidade de São Paulo foram utilizados o termômetro digital infravermelho e o *datalogger* de temperatura do ar adaptados no tripé de alumínio. Neste exercício empírico, apresentamos os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e do fluxo radiativo ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) em oito gráficos, de acordo com o setor (cardial e colateral), o tipo de superfície observada pelo termômetro infravermelho e em diferentes angulações (supracitadas na subseção 5.1.3). As figuras estão apresentadas de acordo com as angulações observadas em campo. Os valores de temperatura do ar são idênticos em todas as figuras (linha verde), e integrados no eixo esquerdo dos gráficos, estão às temperaturas de superfície (linha azul). No eixo direito estão dispostos os valores do fluxo radiativo (linha vermelha). Os registros horários apresentados seguem o horário brasileiro de verão, acrescidos em 1h do horário oficial (Brasília-DF). A evolução horária diurna e noturna da localidade foi descrita da seguinte forma:

- **Ângulo -10°** : com início às 13h do dia 04 de fevereiro, a amplitude térmica apresentou sua intensidade máxima nos horários de 15h, 16h e 17h com $42,1^{\circ}\text{C}$, $45,0^{\circ}\text{C}$ e $37,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A mínima foi registrada entre os horários de 4h e 5h do dia seguinte, com $20,2^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente. O

último registro, às 12h, no dia 5 de fevereiro, marcou 31,2°C. No setor NE, os valores termiais de 34,3°C, 34,0°C, 35,9°C e 35,0°C foram mais acentuados nos respectivos horários de 14h, 15h, 17h, 18h. Os registros mais modestos, às 4h, 5h e 6h, foram de 22,3°C, 23,1°C e 22,5°C respectivamente. Os valores seguintes aumentaram gradualmente até alcançar 29,7°C às 11h e 12h. O setor E iniciou com a temperatura de 30,1°C e alcançou a intensidade máxima entre os horários de 17h e 18h com os respectivos valores de 34,5° e 35,6°C. Às 4h, registrou a intensidade mínima de 22,6°C. Entre 11h e 12h, a temperatura apresentou 31,3°C e 30,5°C, respectivamente. Para o setor SE os valores de temperatura mais acentuados foram registrados nos horários de 13h, 16h e 17h, com 38,1°C, 38,4°C e 40,6°C, respectivamente. A temperatura mais baixa registrou 22,6°C às 4h. O último registro (12h) a temperatura foi de 34,5°C. No setor S os registros termiais com intensidade máxima foram registrados nos horários de 16h, 17h e 18h com os respectivos valores de 32,0°C, 33,0°C e 34,6°C. Nos horários subsequentes a temperatura baixou registrando sua intensidade mínima entre 7h e 8h com os valores de 23,3°C e 23,7°C, respectivamente. Às 12h, o registro foi de 29,6°C. As temperaturas mais elevadas para o setor SO foram registradas nos horários de 18h e 19h com 35,0°C e 34,2°C, respectivamente. Os registros mínimos de temperatura foram obtidos nos horários de 6h, 7h e 8h com 23,0°C. Às 12h, o registro termal foi de 29,0°C. Distinto dos padrões apresentados anteriormente, no ângulo -10°, as maiores temperaturas foram obtidas às 13h, 14h e 18h, com os respectivos valores de 37,7°C, 39,5°C e 35,0°C. A intensidade mínima de temperatura foi registrada nos horários de 5h e 7h, com 20,8°C. No setor NO a intensidade máxima de temperatura registrada foi de 38,7°C, 40,0°C e 40,5°C nos respectivos horários de 15h, 16h e 17h. Os menores valores de temperatura registrados para o setor foi de 20,9°C às 4h. Nos horários seguintes a temperatura aumenta gradualmente até 30,2°C e 30,3°C para às 11h e 12h, respectivamente, conforme elucida a Figura 67.

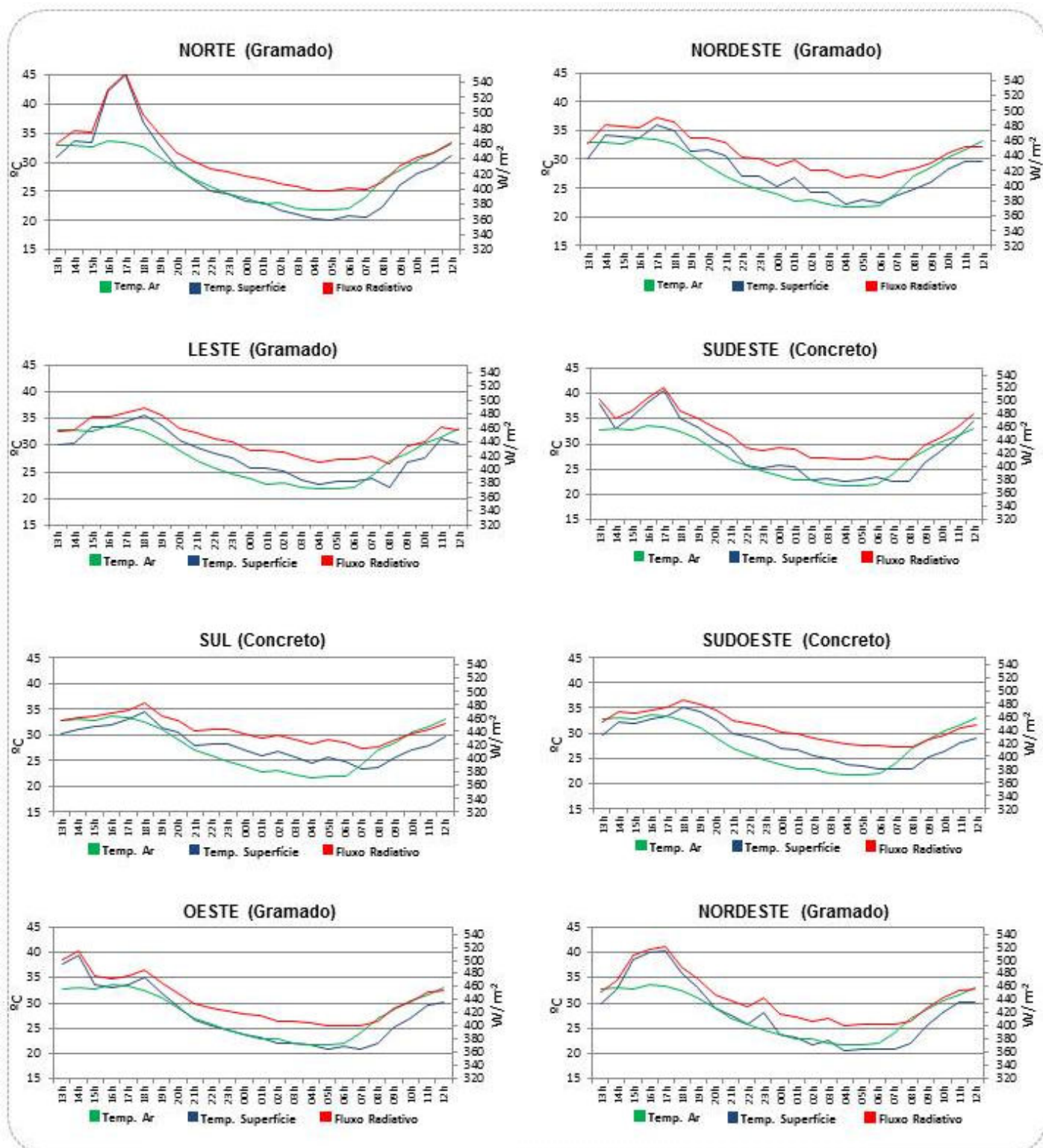


Figura 67: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo -10° nos setores cardeais e colaterais. **Elaboração:** O autor (2014).

A evolução do fluxo radiativo para a angulação -10° , apresentou um padrão semelhante ao da temperatura de superfície. No setor N, a superfície de gramado ficou parcialmente sombreada pela copa das árvores ao redor do

local, o fluxo variou de 551 W.m^{-2} , às 17h, e seu mínimo, de 397 W.m^{-2} , foi registrado às 5h. No setor NE, com gramado parcialmente sombreado, o fluxo variou de 490 W.m^{-2} , às 17h, e 410 W.m^{-2} , às 4h. No setor E (gramado), o fluxo radiativo alcançou a máxima de 489 W.m^{-2} às 18h. O mínimo foi às 8h com 408 W.m^{-2} . Às 11h, a intensidade do fluxo registra 462 W.m^{-2} . No setor SE, cuja superfície é uma calçada de concreto, a amplitude do fluxo radiativo variou de 521 W.m^{-2} , às 17h e 411 W.m^{-2} , às 8h. No setor S, a superfície de concreto apresentou a intensidade máxima do fluxo radiativo às 18h, com 482 W.m^{-2} , e a mínima, às 7h com 415 W.m^{-2} . Para o setor SO (concreto), a máxima foi de 485 W.m^{-2} . A mínima de 413 W.m^{-2} foi registrada entre 7h e 8h. No setor O, a superfície de gramado registrou dois picos máximos no período diurno. O primeiro às 14h, de 514 W.m^{-2} e o segundo as 18h, de 485 W.m^{-2} . A intensidade mínima foi registrada entre às 5h, 6h e 7h, com 401 W.m^{-2} . Finalmente, o setor NO, com a superfície de gramado, registrou a intensidade máxima do fluxo radiativo às 17h, com 520 W.m^{-2} , e a mínima, às 4h, com 400 W.m^{-2} .

Nota-se que os setores N, SE, O e NO registraram picos de temperatura acima dos 40°C entre os horários de 14h e 17h, devido à incidência da radiação solar ter atingido angulações diferentes durante o dia, mesmo em superfícies como o gramado e o concreto. Fica evidente que a perda de energia radiativa das superfícies é maior que a temperatura do ar após as 3h nos setores N, O e NO, pois os elementos ao redor dos referidos alvos foram mais obstruídos pela copa das árvores e estavam mais distantes de paredes, calçadas de concreto e asfalto. Nos setores apostos como a NE, L, SE, S e SO as superfícies menos obstruídas e mais próximas do concreto e asfalto armazenaram calor por algumas horas a mais que os anteriores. Aproximadamente às 6h e 7h, estas superfícies passaram a emitir valores inferiores de energia térmica que a temperatura do ar. E, somente às 12h do dia 5/2, os setores L (gramado) e SE (concreto), apresentaram temperaturas de superfície iguais ou superiores a temperatura do ar, mostrando que os setores menos obstruídos pela copa das árvores e elementos edificados demoram mais tempo para estabelecer homogeneidade ou superioridade térmica com a temperatura do ar sobrejacente e tendem a liberar energia mais lentamente durante a noite.

- **Ângulo 0°:** Para o setor N, a temperatura máxima foi às 14h com 34,0°C e a mínima foi de 18,6°C, às 3h. No setor NE as temperaturas mais elevadas foram 34,3°C, 34,5°C e 34,0°C obtidas nos horários de 15h, 17h e 18h. A temperatura mínima foi de 21,0°C às 4h. Para o setor E, as temperaturas mais elevadas foram registradas nos horários de 15h, 16h, 17h e 18h com os respectivos valores de 35,8°C, 34,3°C, 35,3°C e 35,3°C. A temperatura mínima foi de 20,2°C às 4h. As temperaturas mais elevadas o setor SE foram 34,1°C e 34,0°C às 17h e 18h, respectivamente. As temperaturas mais amenas foram obtidas às 4h e 5h com 21,3°C, em ambos os horários. Para o setor S, o registro termal com maior intensidade foi no horário das 18h com 35,7°C. A menor intensidade foi às 5h com 22,0°C. No setor SO as temperaturas mais elevadas foram registradas às 17h e 18h com os respectivos valores de 34,3°C e 35,7°C. A temperatura mais amena foi de 22,0°C às 5h. No setor O, as temperaturas variaram de 36,3°C às 16h e 21,1°C às 7h. A temperatura mais alta para o setor NO foi de 35,9°C às 18h. Nos horários seguintes as temperaturas caíram até registrar a mínima de 20,0°C às 5h (Figura 68).

O fluxo radiativo para o ângulo horizontal 0° apresentou as amplitudes descritas a seguir: para o setor N, o fluxo radiativo da parede (tijolo) variou de 428 W.m⁻², às 14h, até 348 W.m⁻², às 3h. No setor NE, o fluxo emitido pela madeira (tronco de árvore) foi de 484 W.m⁻², às 18h e 402 W.m⁻², às 4h. Para o setor E, o fluxo radiativo da superfície de concreto apresentou dois picos máximos de 490 W.m⁻² e 487 W.m⁻², às 14, 17h e 18h, respectivamente. A intensidade mínima foi registrada às 5h, com 398 W.m⁻². No setor SE, a superfície também de concreto apresentou o fluxo radiativo de 479 W.m⁻², às 17h, e entre 4h e 5h, o mínimo foi de 404 W.m⁻². No setor S (parede de tijolo), a amplitude do fluxo foi de 438 W.m⁻², às 18h, até 365 W.m⁻², às 5h. No setor SO, de parede branca sombreada na maior parte do período diurno, o fluxo variou de 429 W.m⁻², às 18h, até 369 W.m⁻², às 7h. Para o setor O, com superfície de madeira, a amplitude do fluxo foi de 493 W.m⁻², às 16h, e 403 W.m⁻², às 7h. Às 12h, a intensidade alcança 483 W.m⁻². Por fim, a superfície de concreto escuro no setor NO registrou o pico às 18h, de 490 W.m⁻². A intensidade mínima do fluxo radiativo foi de 397 W.m⁻², entre 5h e 6h, conforme apresentado na figura anterior.

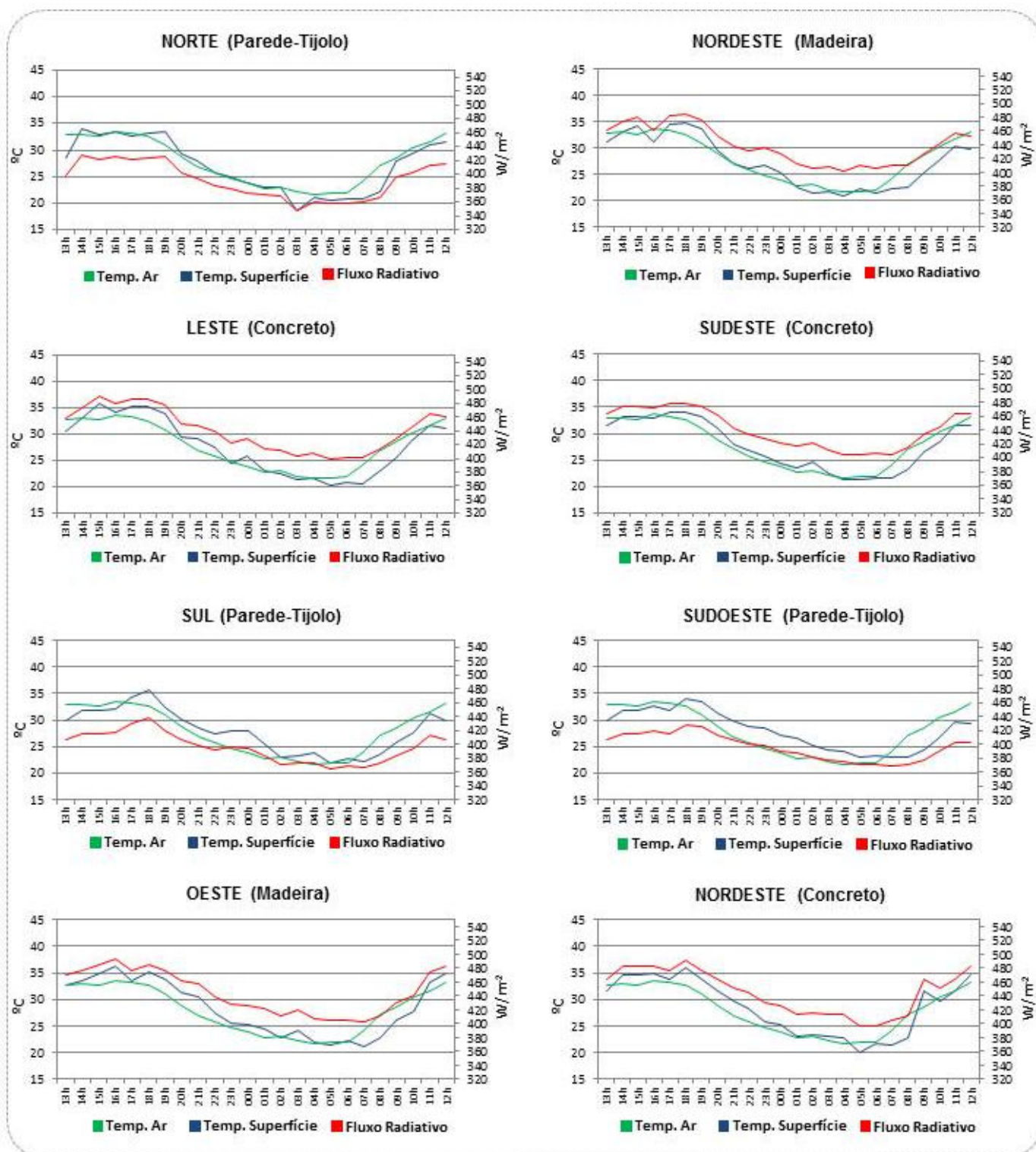


Figura 68: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 0° nos setores cardeais e colaterais. **Elaboração:** O autor (2014).

Observa-se que os valores do fluxo radiativo são superiores para as superfícies de madeira (árvore), pois o valor da sua emissividade é maior que outras superfícies comparadas na figura acima. Em todos os setores, principalmente nas superfícies de concreto nos setores L, SE e NO a evolução

termal diurna da temperatura do ar foi semelhante à temperatura de superfície. O sombreamento causado pela copa das árvores e outros elementos edificadas ao redor dos alvos observados foi o fator atenuador das temperaturas superficiais discrepantes, como os registros apresentados para os setores N, O e NO na angulação -10° .

- **Ângulo 10° :** No setor N, os horários de 16h e 17h registraram os valores termais mais intensos, respectivamente com $34,8^\circ\text{C}$ e $35,2^\circ\text{C}$. A mínima foi registrada às 5h com $19,5^\circ\text{C}$. Para o setor NE, a temperatura mais alta foi de $34,8^\circ\text{C}$ às 18h, e a mínima de $20,8^\circ\text{C}$, às 6h. No setor E a maior intensidade de temperatura foi registrada foi de $32,7^\circ\text{C}$ às 18h. A mínima foi registrada às 7h com $18,0^\circ\text{C}$. Para o setor SE, às 15h e 16h os registros termais foram mais elevados, apresentando as respectivas leituras de $37,8^\circ\text{C}$ e $36,3^\circ\text{C}$. No setor S, às 18h foi o período de temperatura mais alta com $35,1^\circ\text{C}$. Às 5h a temperatura mínima registrou $21,3^\circ\text{C}$. Adotou-se uma escala diferente das demais (setor S) para que os valores do fluxo radiativo não ficassem discretos, impossibilitando sua leitura. Para o setor SO, a amplitude térmica foi de $35,1^\circ\text{C}$ às 18h e $21,3^\circ\text{C}$ às 5h. No setor O, a intensidade máxima de temperatura foi de $32,5^\circ\text{C}$ às 18h. A mínima para o mesmo ângulo foi de $22,9^\circ\text{C}$ às 7h. Para o setor NO, a temperatura culminou os $36,0^\circ\text{C}$. A temperatura mínima foi de $20,0^\circ\text{C}$ às 5h (Figura 69).

O fluxo radiativo na angulação 10° foi descrita a seguir. No setor N, a superfície observada foi à copa interna da árvore e o fluxo radiativo variou de 486 W.m^{-2} , às 16h, e 394 W.m^{-2} , às 2h e 5h. Para o setor NE, o fluxo radiativo para a copa da árvore variou de 483 W.m^{-2} , às 18h, até 391 W.m^{-2} , às 2h. No setor E, cuja superfície também é a copa interna da árvore, a amplitude do fluxo foi de 470 W.m^{-2} , às 18h, e 386 W.m^{-2} , às 7h. Para SE (copa da árvore), os valores variaram de 503 W.m^{-2} , às 15h, até 399 W.m^{-2} , às 5h. No setor S, a superfície de ferro apresentou um fluxo radiativo modesto, cujos valores variaram de 123 W.m^{-2} , às 18h, e 102 W.m^{-2} , às 5h. Neste setor, adotou-se uma escala diferente das demais para que os valores do fluxo radiativo não ficassem discretos, o que dificultaria a sua leitura. No setor SO, o fluxo da parede (tijolo) variou de 434 W.m^{-2} , às 18h, até 369 W.m^{-2} , às 7h. Às 11h o

fluxo radiativo atinge a intensidade de 415 W.m^{-2} . Para a copa da árvore no setor O, a amplitude máxima do fluxo foi de 486 W.m^{-2} , às 18h, e a mínima, de 388 W.m^{-2} , entre 5h e 6h. Por fim, a parede (tijolo) no setor NO registrou a intensidade máxima do fluxo radiativo às 17h, com 429 W.m^{-2} , e a mínima, de 355 W.m^{-2} , entre 5h e 6h.

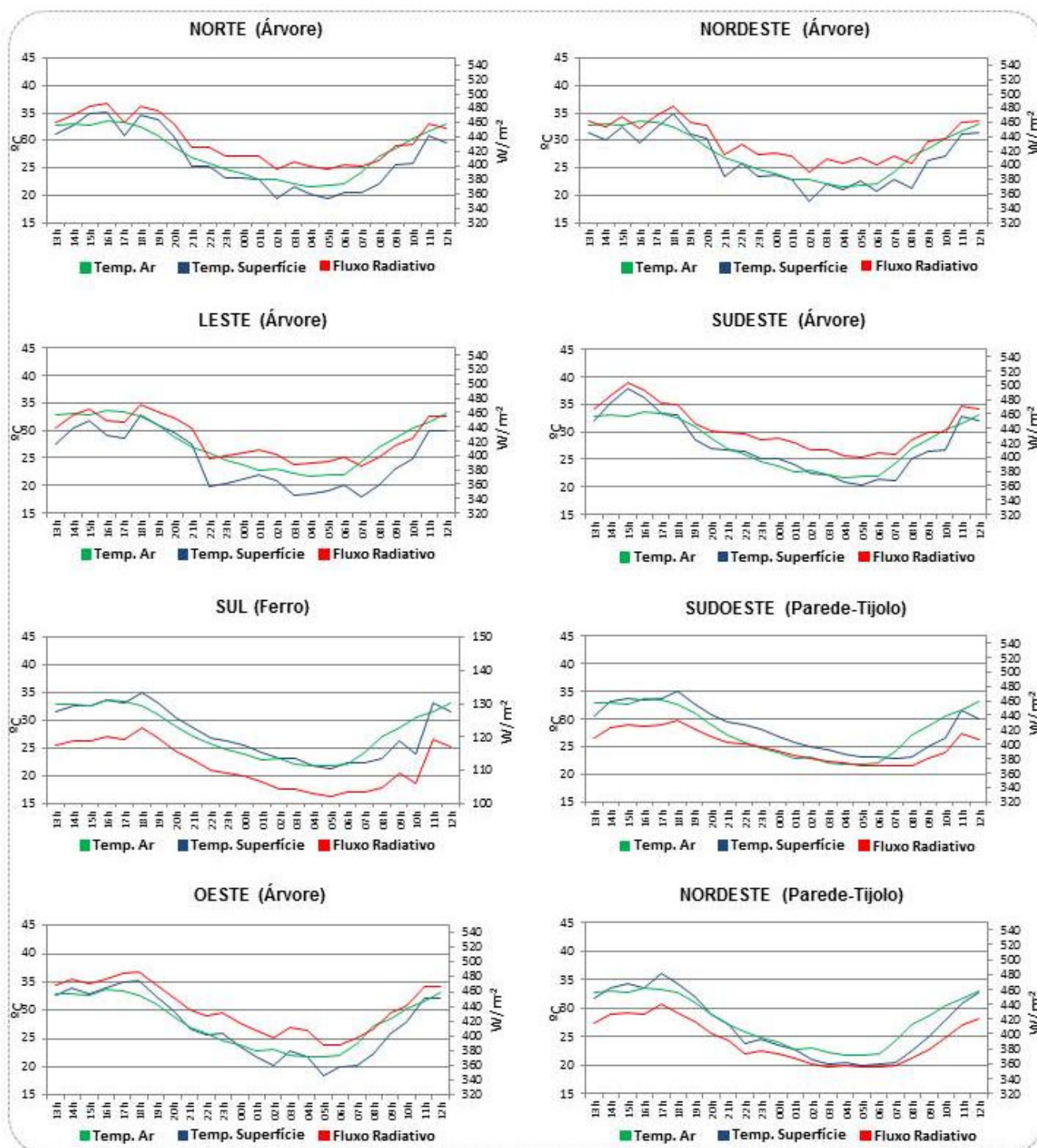


Figura 69: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 10° nos setores cardeais e colaterais. **Elaboração:** O autor (2014).

Os setores SO e NO, mesmo com superfícies idênticas apresentaram evoluções termais distintas. É possível que isso tenha ocorrido porque os alvos no setor NO estavam a 30m de distância da leitura do sensor, podendo ter lido a temperatura de superfície de outros alvos mais próximos. Nota-se que a perda de radiação noturna no setor NO é maior que SO. Para o setor S, a escala do eixo direito ($W.m^{-2}$) é diferente dos demais. Isto se deve pela emissividade da superfície (ferro) possuir um valor inferior em comparação a outras superfícies como a parede-tijolo e árvore.

- **Ângulo 25°:** Para o setor N as temperaturas máximas foram de 35°C, 33,3°C e 35,2°C nos horários de 15h, 16h e 17h, respectivamente. Às 4h a mínima foi de 19,3°C. No setor NE, a amplitude térmica foi de 34,2°C às 17h e 18,2°C às 7h. No setor E, as temperaturas mais elevadas foram registradas às 17h e 18h com o valor de 34,3°C. A temperatura mínima foi de 18,5°C às 4h. No setor SE, as temperaturas tiveram pequenas variações no período diurno para os horários de 13h, 14h, 15h, 16h, 17h, 18h e 19h do dia 4, 11h e 12h do dia 5 de fevereiro, com os respectivos valores de 32,5°C, 32,8°C, 33,0°C, 32,8°C, 33,2°C, 33,6°C, 32,6°C, 32,8°C e 33,0°C. A temperatura mais amena foi registrada às 4h com 21,6°C. No setor S, a amplitude térmica variou de 21,2°C às 5h até 34,8°C, às 12h. No setor SO, as temperaturas mais altas foram registradas nos horários de 17h, 18h e 19h com 32,2°C, 32,7°C e 32,3°C, respectivamente. O setor O, a temperatura mais elevada foi de 34,6°C às 12h do dia 5 de fevereiro e a mínima de 20,0°C, às 5h. Para o setor NO, as temperaturas variaram entre 33,9°C e 19,7°C nos respectivos horários 18h e 5h.

O fluxo radiativo do respectivo ângulo de observação foi descrito nos setores a seguir: ao Norte, no interior da copa das árvores, a amplitude máxima foi de 486 $W.m^{-2}$, às 17h, e a mínima de 393 $W.m^{-2}$, às 4h. No setor NE, com a mesma superfície, os valores foram de 480 $W.m^{-2}$, às 17h, e 387 $W.m^{-2}$, às 7h. No setor E (copa de árvore), os registros foram de 480 $W.m^{-2}$, às 18h, 389 $W.m^{-2}$, às 4h, e 482 $W.m^{-2}$, às 11h. No setor SE, também para copa de árvore, o fluxo foi de 475 $W.m^{-2}$, às 15h e 382 $W.m^{-2}$, às 5h. Para os setores S e SO, com paredes de tijolo, os valores máximos foram de 426 $W.m^{-2}$ e 421 $W.m^{-2}$,

ambos às 18h. Os valores mínimos do fluxo radiativo foram registrados às 5h e 7h, com $364 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ e $366 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente (Figura 70).

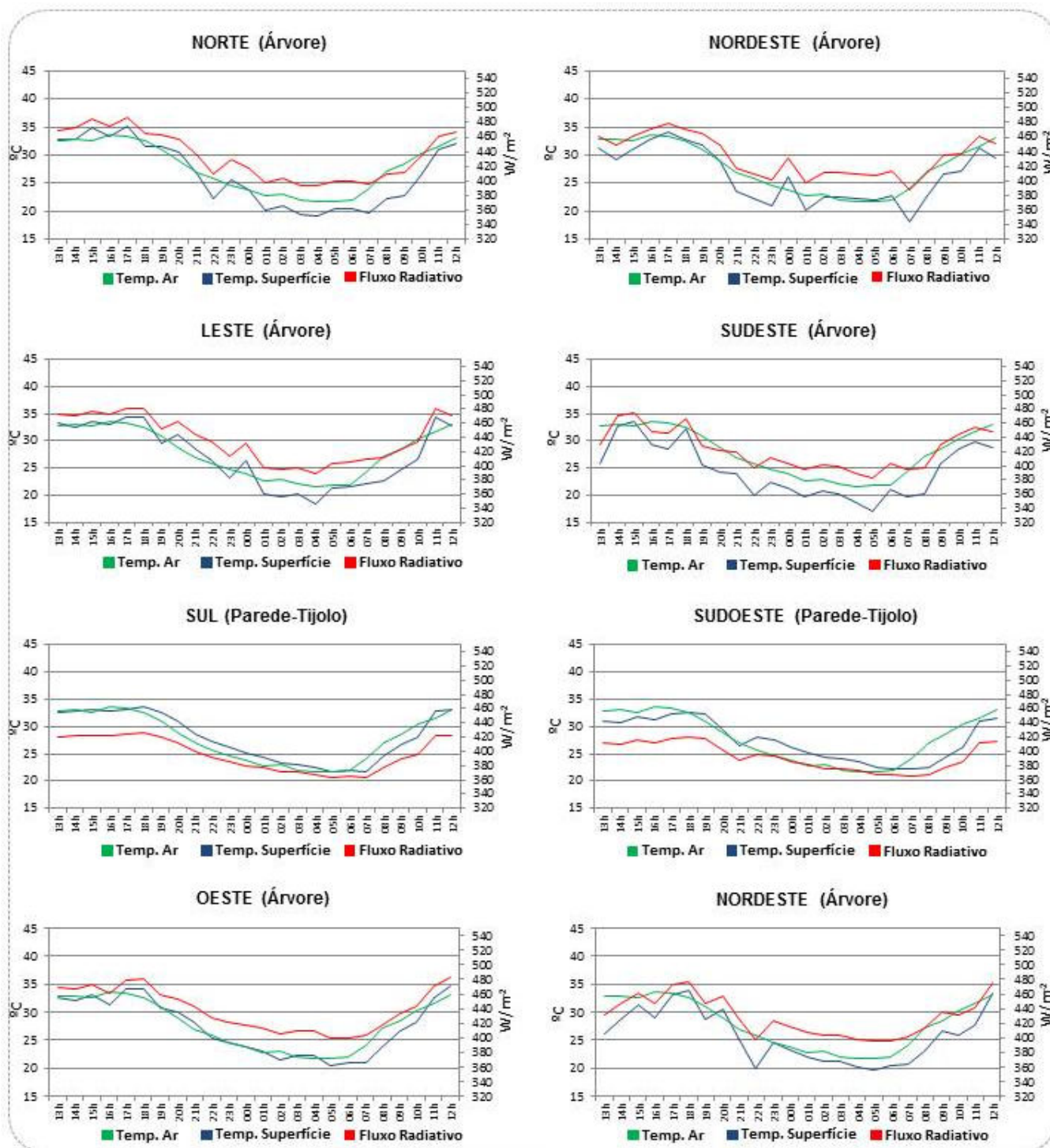


Figura 70: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 25° nos setores cardiais e colaterais. **Elaboração:** O autor (2014).

Os setores S e SO (parede-tijolo) apresentaram temperaturas superficiais e do ar semelhantes no período diurno. No setor S, a homogeneidade foi ainda maior, pois a fachada do edifício estava sombreada na maior parte do dia, sem grandes amplitudes térmicas. Nas demais superfícies (árvore), as temperaturas de variaram com valores semelhantes entre os setores N e NO, cuja perda de energia térmica noturna foi mais intensa que o setor O, por exemplo.

- **Ângulo 35°:** No setor N as temperaturas mais altas foram registradas às 15h, 17h e 18h do dia 4 e às 12h do dia 5, com os respectivos valores de 34,6°C, 35,2°C, 34,5°C e 34,3°C. Os registros mínimos de temperatura foram obtidos às 5h e 6h com valores de 20,4°C e 20,6°C, respectivamente. No setor NE a temperatura máxima foi registrada às 17h com 35,1°C, e a mínima, às 4h com 19,2°C. Para o setor E, os valores mais acentuados foram às 14h do dia 4 e às 12h do dia 5 de fevereiro, com 33,7°C e 34,8°C, respectivamente. A temperatura mais amena foi às 7h com 18,2°C. Para o setor SE, a amplitude térmica variou de 20,2°C às 4h até 35,1°C, às 12h. Para o setor SO, as temperaturas mais altas foram registradas nos horários de 18h e 12h, entre os dias 4 e 5 de fevereiro, com os respectivos valores de 33,2°C e 32,2°C. A temperatura mais amena foi de 22,3°C às 6h. Para a angulação 35°, as temperaturas variaram de 20,0°C às 5h e 36,7°C às 12h. Para o setor NO, os valores termais mais intensos foram obtidos às 13h e 18h, com 34,1°C e 34,0°C. As temperaturas mínimas foram de 19,2°C e 19,0°C às 4h e 5h, respectivamente.

A variação do fluxo radiativo para o ângulo 35° foi descrita a seguir: no setor N (copa interna da árvore) os registros foram de 486 W.m⁻², às 17h, e 399 W.m⁻², às 5h. No setor NE, com a mesma superfície, a amplitude foi de 485 W.m⁻², às 17h e 393 W.m⁻², às 5h. No setor E, com a mesma superfície, os valores foram de 387 W.m⁻², às 7h e 483 W.m⁻², às 12h. Para SE, (copa de árvore), o fluxo radiativo foi semelhante à descrição anterior, com 398 W.m⁻², às 4h e 485 W.m⁻², às 12h. Para a superfície de ferro no setor S, os valores máximos foram de 122 W.m⁻², às 14h, 18h e 12h, respectivamente. O registro mínimo foi de 102 W.m⁻², às 5h. Neste setor, adotou-se uma escala diferente das demais para que os valores do fluxo radiativo não ficassem discretos, o

que dificultaria a sua leitura. No setor SO (parede-tijolo) os valores foram de 424 W.m^{-2} , às 18h e 370 W.m^{-2} , às 6h. No setor Oeste (copa interna da árvore) o fluxo variou de 397 W.m^{-2} , às 5h e 6h, e 496 W.m^{-2} , às 12h. O setor NO (superfície idem a anterior), os valores foram de 478 W.m^{-2} , às 18h e 392 W.m^{-2} , entre 5h e 6h. No setor SO, a evolução da temperatura superficial noturna foi superior à temperatura do ar, visto que a parede de tijolo tende a armazenar energia por mais tempo. Apenas às 7h a temperatura do ar supera os valores da temperatura da referida superfície. O mesmo padrão é observado para o setor S. À superfície de ferro, possivelmente influenciada pela proximidade com as paredes de tijolo, registra valores superiores a temperatura do ar. Nos demais setores, as temperaturas de superfícies não apresentaram valores discrepantes, sendo inferiores a temperatura do ar durante o período noturno e diurno, até às 12h.

Os valores de temperatura estratificados apresentados nas angulações 25° e 35° devem-se a movimentação dos galhos e folhas da copa das árvores. Nestas angulações mais altas os alvos não são fixos como o gramado e a calçada de concreto, tornando mais difícil e complexa a leitura do sensor infravermelho de alvos parcialmente em movimento, apresentados na Figura 71.

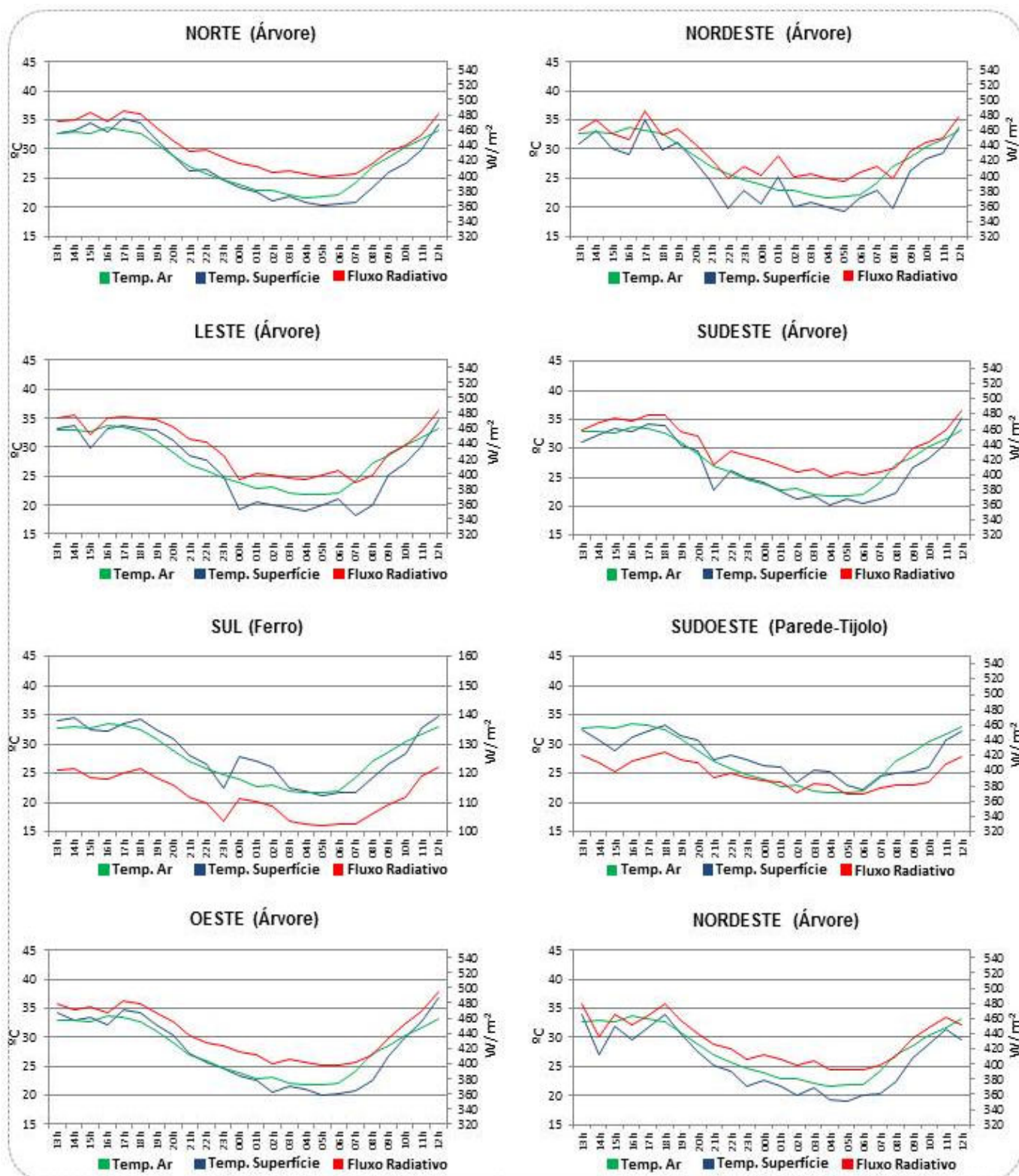


Figura 71: Gráficos de temperatura do ar, de superfície e fluxo radiativo para o ângulo 35° nos setores cardeais e colaterais. **Elaboração:** O autor (2014).

Com relação aos espaços livres do campus universitário, apesar de ser um espaço livre público, o mesmo é utilizado cotidianamente pela população residente. Possivelmente, isso se deve a vocação tecnológica nas áreas de engenharia e ciências exatas, pouco atraentes aos olhos da população, associada à baixa oferta de espaços disponíveis para o cidadão praticar caminhadas e exercícios físicos. Apenas os indivíduos que possuem vínculos formais com a Universidade (alunos, funcionários e professores) utilizam seus múltiplos espaços para convivência e usufruto.

No dia 4 de fevereiro de 2014 a Massa Tropical Atlântica predomina a região de São Carlos e a situação atmosférica é favorável à experimentação de campo com nebulosidade parcial durante a experimentação de campo, conforme a Figura 72.

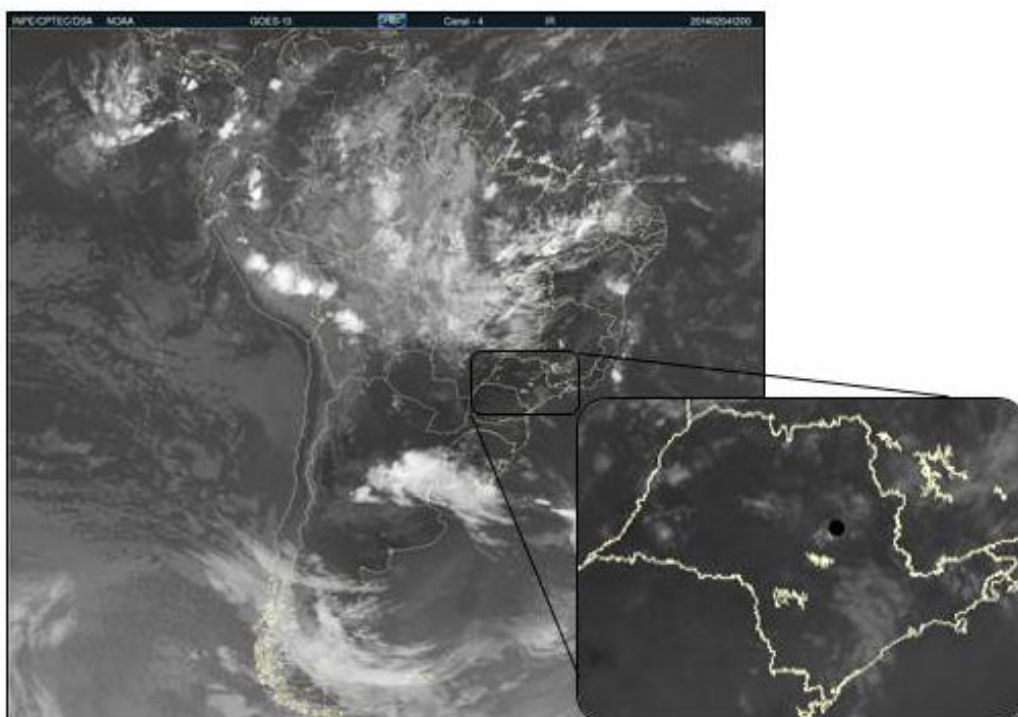


Figura 72: Imagem do Satélite GOES-13, Canal 4 IR do dia 04/02/2014, às 12h, com destaque para o Estado de São Paulo e Cidade de São Carlos. **Fonte:** CPTEC/INPE, 2014.

6.1.12 Episódio climático representativo dos experimentos de campo

A Figura 73 apresenta simultaneamente os gráficos de radiação solar, temperatura, precipitação, a classificação dos sistemas atmosféricos e as divisões das fases Pré-Frontal (prenúncio e avanço) e Pós-Frontal (domínio e tropicalização) das massas de ar, indicativas dos dias de investigação de campo, entre 21 de Agosto de 2013 a 8 de Setembro de 2013.

Os dias 21 e 22 de Agosto de 2013, foram marcados pela fase de domínio da mPA com amplitudes térmicas de 25,0°C entre 12h/14h e 13,0°C às 4h/6h, com o céu parcialmente coberto por nuvens cirrus. Nos dias 23, 24 e 25, à medida que a mPA avança a latitudes mais baixas, as características polares se perdem e a massa se tropicaliza, com predomínio de céu sem nuvens. As temperaturas máximas e mínimas elevam-se a 30,0°C e 17,0°C, respectivamente.

Os dias 26 e 27 de agosto, na cidade de São Carlos, são caracterizados pela entrada da fPA, com a redução dos valores de temperatura e radiação solar, predomínio de nebulosidade e precipitação de 1,5 mm. No dia 28, a mPA registra a temperatura mínima de 4,0°C e a máxima de 19,5°C, sem ocorrência de nuvens no céu.

Entre os dias 29, 30, 31 de agosto, 1 e 2 de setembro a mPA se tropicaliza e a estabilidade atmosférica é marcada pela ausência de nebulosidade no céu e amplitudes térmicas acima dos 10,0°C entre dias e noites.

No dia 3 de setembro a fPA adentra o Estado de São Paulo, reduzindo as temperaturas máximas com precipitação acima de 3mm, conseqüentemente, no dia seguinte, 4 de Setembro, a mPA domina a região de São Paulo com chuva modesta e redução da amplitude térmica em São Carlos. Entre os dias 5 a 8 de Setembro, o sistema intertropical se desloca para Leste do Estado de São Paulo e com a tropicalização da massa polar há o aumento da radiação solar e valores de temperatura variam entre 13,0°C, na madrugada do dia 6 e 28,0°C, no dia 8 de setembro. Destaque para os dias em cor vermelha na Figura 73, correspondentes aos experimentos de campo.

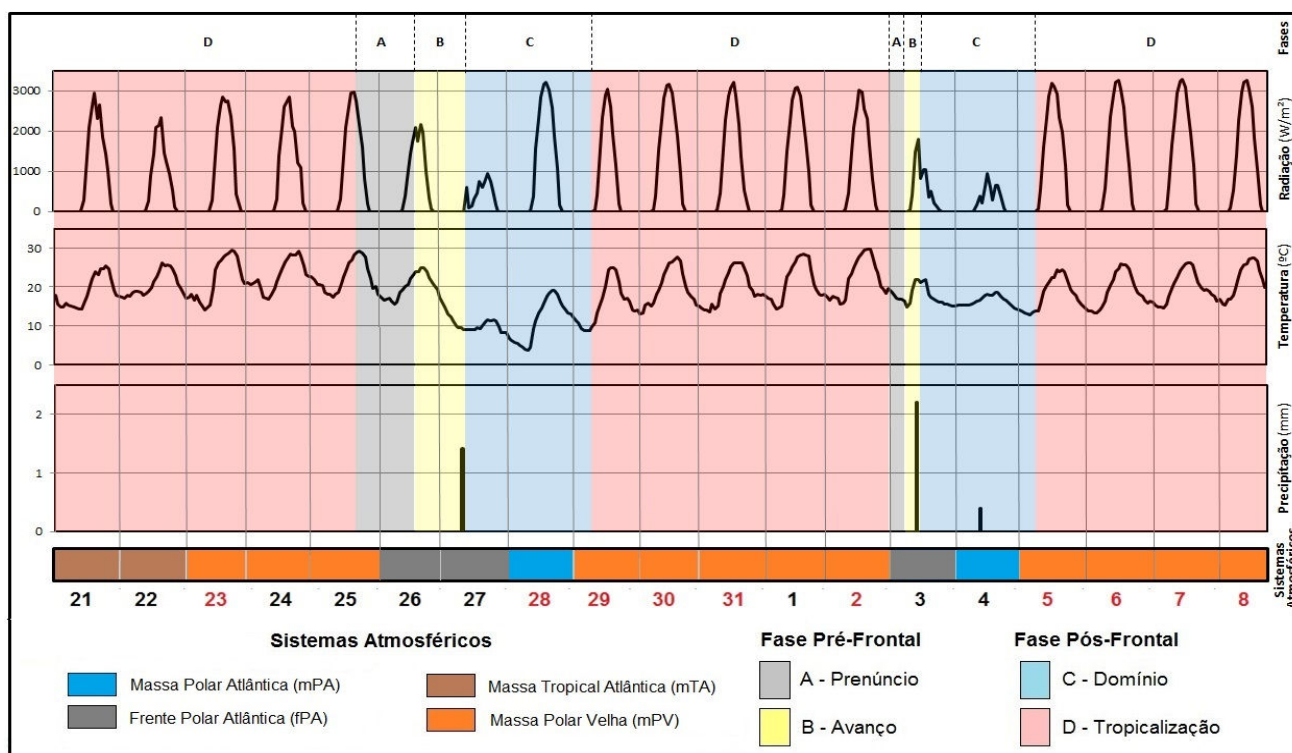


Figura 73: Representação gráfica de alguns elementos meteorológicos – Episódios representativos dos experimentos de campo. **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (UFSCar) (2013). Elaboração: O autor.

Para a experimentação diurna e noturna realizada entre os dias 4 e 5 de fevereiro de 2014, a Figura 74 apresenta alguns elementos meteorológicos indicativos das condições dos estados atmosféricos em questão.

Entre os dias 2 e 6 de fevereiro, há o predomínio da mTA no Estado de São Paulo, com temperaturas acima dos 30,0°C entre 10h e 16h e 20,0°C na madrugada, sem precipitação. O episódio é marcado por nuvens esparsas na região de São Carlos, que em breves momentos, atenuava a incidência da radiação solar sobre os elementos urbanos e os alvos do sensor infravermelho. Por fim, no dia 7 de fevereiro, sem interferência de nuvens, o sistema se caracteriza pela mPV, com temperaturas elevadas e reduzida umidade relativa do ar. Destaque para os dias 4 e 5 em cor vermelha, correspondentes aos experimentos de campo.

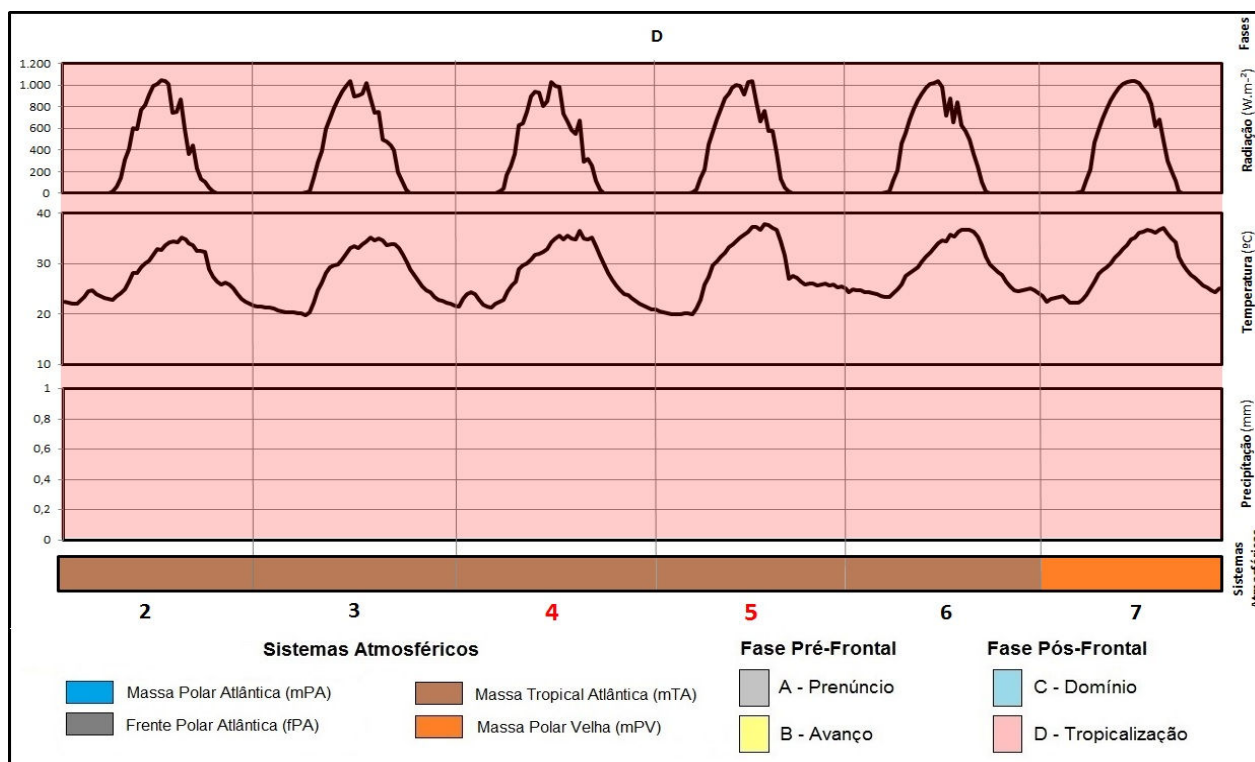


Figura 74: Representação gráfica de alguns elementos meteorológicos – Episódio representativo do experimento de campo no período de Verão. **Fonte:** Estação Meteorológica – Instituto de Arquitetura e Urbanismo-USP São Carlos (2014). **Elaboração:** O autor.

6.3 Análise dos mapas QUAPÁ-SEL

A seguir, apresentamos os resultados elaborados pela Equipe QUAPÁ-SEL, em forma de mapas, dos aspectos morfológicos dos onze pontos escolhidos para os experimentos de campo. Considerando o esquema apresentado na seção 5.1.2.1, o critério de abordagem inicial da interpretação das tipologias urbanas foi o mapa de parcelamento do solo e volumetria construída intraquadra (Figura 75), integrando a discussão dos resultados aferidos nos experimentos de campo a outros mapas complementares: arborização intraquadra (Figura 76); espaços livres intraquadra (Figura 77) e os recuos intraquadra (Figura 78).

6.3.1 Parcelamento do solo e volumetria intraquadra

As onze localidades foram classificadas seguindo os três grupos principais de acordo com o parcelamento das quadras e subdivididas em

categorias por características específicas, mencionados pelo número correspondente aos experimentos de campo, a seguir:

(I) Parcelamento do Tipo I:

Edificações horizontais de pequeno porte: “Experimento de Campo 6”;

Edificações horizontais de tipos variados: “Experimentos de Campo 9 e 10”.

(II) Parcelamento do Tipo II:

Edificações horizontais de médio porte (não dispersas): “Experimentos de Campo 2 e 8”;

Conjunto habitacional: “Experimento de Campo 5”.

(III) Encraves:

Grande conjunto de edificações dispersas: “Experimentos de Campo 4 e 11”.

Outros:

Parques: “Experimento de Campo 3”.

Parcelamento do Tipo I e II:

Edificações horizontais e verticais e Edificações horizontais de médio porte (não dispersas): “Experimento de Campo 1”.

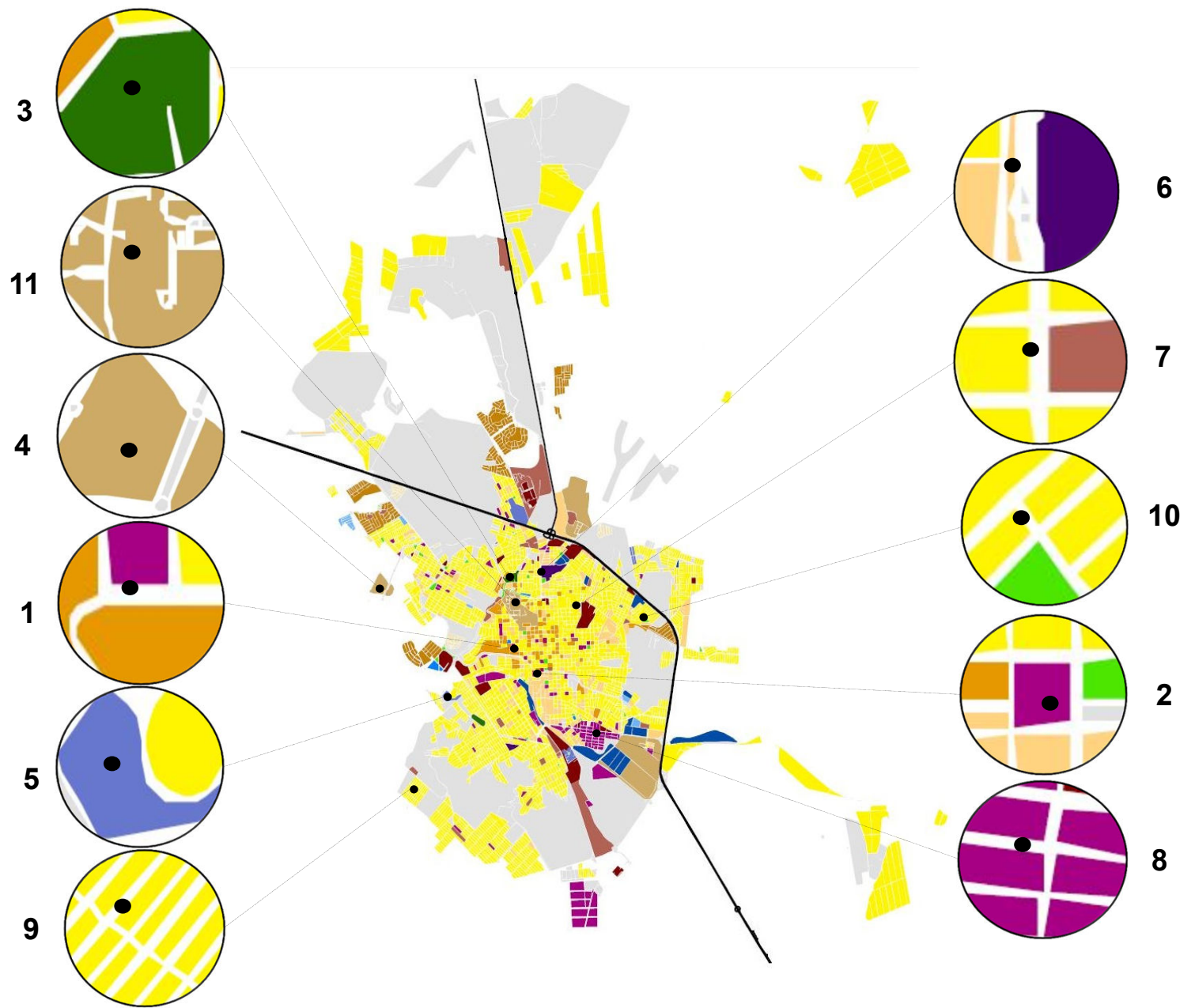
Edificações horizontais de tipos variados e Estruturas com pouco volume edificado: “Experimento de Campo 7”;

Adotou-se a classificação mista do parcelamento do tipo I e II para os experimentos de campo 1 e 7, pois o termômetro digital infravermelho esteve posicionado em espaços livres entre a divisão de categorias específicas e/ou grupos, ou seja, para alguns setores cardeais e colaterais, a aferição das temperaturas foi realizada para um determinado grupo e, para outros setores, o grupo/categoria foi diferente do primeiro, de acordo com a Figura 75.

Figura 75:

Aspectos morfológicos – São Carlos

Parcelamento do solo e volumetria construída Intraquadra



Mapa produzido por Equipe Quapá (2014)

Sobre imagem Google Earth (2013) e Street View (2011)

Modificado pelo autor (2014)

Legenda

- | | | |
|---|--|--|
| — Rodovias | ■ Quadra verticalizada | ■ Condomínio horizontal |
| ■ Áreas não consolidadas | ■ Edificações horizontais e verticais | ■ Conjunto habitacional |
| ■ Parques | Parcelamento tipo II | ■ Estruturas com pouco volume edificado |
| ■ Cemitérios | ■ Loteamento Horizontal | Encraves |
| ■ Praças | ■ Edificações de porte médio dispersas | ■ Estruturas com pouco volume edificado |
| Parcelamento tipo I | ■ Edificação horizontal de grande porte | ■ Loteamento horizontal |
| ■ Edificações horizontais de pequeno porte | ■ Edificações horizontais de médio porte (não dispersas) | ■ Grande conjunto de edificações dispersas |
| ■ Edificações horizontais de tipos variados | ■ Quadra condomínio vertical | ■ Grande complexo de edificações horizontais de grande porte |

Os experimentos de campo foram separados em seus respectivos grupos e categorias e analisados quantitativamente pelos valores médios de temperatura positiva (°C) das angulações de -10°, 0°, 10°, 25 e 35°.

De fato, para que a análise tenha valor do ponto de vista geográfico, tanto na espacialização dos dados obtidos quanto no balanço de energia das camadas intra-urbanas da cidade, os mesmos devem ser analisados por seus valores reais, pois irão resultar nos fenômenos significativos para os cidadãos como as ondas de frio e calor. Logo, os valores médios mascaram os extremos das variações climáticas, sendo eficientes para apontar tendências, porém pouco úteis para retratar o “habitual” (ZAVATTINI, 2009, p. 61).

Deste modo, apresentamos anteriormente na subseção 6.1, os dados primários de temperatura que evidenciam os valores extremos obtidos nos onze experimentos de campo realizados na cidade de São Carlos, que somadas às informações dos mapas de Arborização Intraquadra; Espaços Livres Intraquadra e os Recuos Intraquadra, disponíveis no final desta seção, revelam alguns fatos interessantes:

Parcelamento do Grupo I - no Experimento de Campo 6, as temperaturas médias ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), foram respectivamente de: 27,2°C; 25,9°C; 26,9°C; 29,0°C; 29,6°C; 29,4°C e 32,8°C. Apesar do ambiente analisado ser coberto por massa arbórea de grande porte, apenas no horário das 15h as temperaturas médias apresentaram valores acima dos 30,0°C. Isto se deve pela incidência dos raios solares no setor Oeste, às 15h, cujo efeito do sombreamento não foi suficiente para que as temperaturas fossem atenuadas ou próximas dos valores registrados anteriormente.

Embora a localidade tenha densa cobertura arbórea, o que possivelmente arrefeceria as temperaturas, os valores médios e absolutos foram elevados para uma ocupação do solo arborizada e permeabilizada, corroborando com as afirmações de Monteiro (1969) e Ribeiro (1993), sobre os níveis escalares de abordagem da circulação atmosférica regional, quando no dia 2/09/2013, predominava-se na região de São Carlos a Massa Polar Velha (ou tropicalizada), característica de atmosfera estável com temperaturas elevadas no período diurno e baixa umidade do ar.

Com relação à categoria “edificações horizontais de tipos variados”, para o grupo Parcelamento do tipo I e o mapa de Arborização Intraquadra, classificadas pela Equipe QUAPÁ-SEL, verificou-se que não há semelhanças entre a referida categoria e os elementos urbanos que constituem a localidade, bem como a Arborização Intraquadra inferior a 10% não ser correspondente com o apresentado em campo e nas fotografias dispostas no Quadro 6, seção 6.1.6.

Os mapas de Espaços Livres Intraquadra e Recuos Intraquadra, com as classificações de Espaços Livres entre 30% e 50% e um ou dois Recuos Intraquadra, respectivamente, legitimam a acessibilidade de espaços livres permeabilizados, sombreados, carroçáveis, com iluminação noturna e calçadas niveladas para a prática esportiva, o trânsito de pedestres, ponto de ônibus, taxi e outros meios para a mobilidade urbana.

No Experimento de Campo 9, contabilizou-se as temperaturas médias que apresentaram valores positivos nas angulações de -10° , 0° e 10° , ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), sendo respectivamente: $22,2^{\circ}\text{C}$; $27,7^{\circ}\text{C}$; $29,8^{\circ}\text{C}$; $30,9^{\circ}\text{C}$; $32,9^{\circ}\text{C}$; $35,0^{\circ}\text{C}$ e $36,0^{\circ}\text{C}$. Nota-se que os valores de temperatura aumentaram ao longo dos horários de aferição, alcançando o pico máximo às 15h, de $36,0^{\circ}\text{C}$.

Este padrão evolutivo das temperaturas pode ser atribuído a Arborização Intraquadra inferior a 10%, tendo em vista que o conjunto habitacional foi entregue à Prefeitura Municipal em 2011 com escassas áreas arborizadas nos lotes e, o adensamento construtivo como casas, asfalto e áreas impermeabilizadas constituírem elementos predisponentes a acumulação de energia térmica no período diurno.

De fato, as informações do mapa de Espaços Livres Intraquadra para o experimento de campo 9 é correspondente com o padrão térmico apresentado. A classificação representa espaços livres inferiores a 30%. Apesar disso, a classificação dos Recuos Intraquadra concebe três ou quatro faixas de recuos no conjunto habitacional, obedecendo à legislação Municipal de uso e ocupação do solo.

No Experimento de Campo 10, as temperaturas médias ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), foram respectivamente de: $21,2^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C}$; $32,7^{\circ}\text{C}$; $35,5^{\circ}\text{C}$; $33,3^{\circ}\text{C}$; $38,7^{\circ}\text{C}$ e $31,8^{\circ}\text{C}$. A partir das 11h, as

temperaturas se elevam consideravelmente e correspondem com as classificações apresentadas nos mapas QUAPÁ-SEL, como as edificações horizontais de pequeno porte; baixa cobertura arbórea entre 10% e 30% Intraquadra. Os mapas de Espaços Livres Intraquadra e Recuos Intraquadra apresentam as respectivas classificações: menos de 30% de espaços livres e sem predomínio de recuos.

Cabe destacar nos dois últimos experimentos de campo apresentados que (9 e 10), ambos possuem classificações idênticas de parcelamento do solo; edificações horizontais de pequeno porte; Arborização Intraquadra; e Espaços Livres Intraquadra. Contudo, as elevadas temperaturas apresentadas nos sítios urbanos estudados não se assemelham com as características do tempo atmosférico no episódio escolhido.

De acordo com o INMET, os dados de temperatura máxima para a cidade de São Carlos, nos dias 7 e 8 de agosto de 2013, foram de 26,1°C e 27,5°C, respectivamente. Logo, os dados aferidos nos dois experimentos, as temperaturas de superfície foram superiores a do ar, em vários horários analisados.

Diante do exposto, é indubitável que há a predisponência para a formação de ilhas de calor nas localidades pela concentração do fluxo radiativo nos materiais urbanos. No experimento de campo 10, o padrão construtivo de cobertura impermeabilizada como os corredores externos e a substituição dos quintais e jardins por edículas nos fundos dos lotes são elementos que afetam diretamente as trocas de energia por calor sensível. Justamente, foi o local onde as temperaturas aferidas apresentaram os valores mais elevados em toda a pesquisa.

Parcelamento do Grupo II – No Experimento de Campo 2, as temperaturas médias ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), foram respectivamente de: 14,5°C; 17,4°C; 16,3°C; 16,3°C; 23,9°C; 22,9°C e 22,4°C. As temperaturas permanecem modestas, superando 20°C após as 13h. A localidade é provida de árvores de porte variado que ocupam entre 10% a 30% da área da quadra. O calçadão de São Carlos possui amplos espaços livres para o trânsito de pedestres e é utilizado para atividades culturais durante o ano. Segundo os mapas de Espaços livres e Recuos Intraquadra, o local

possui entre 30% a 50% de espaços livres e entre uma ou duas faixas de recuos.

Diante do exposto, o fator principal para que os valores termais tenham sido inferiores a outros experimentos de campo realizados foi à presença da Massa Polar Atlântica em fase de domínio no Sudeste do Brasil, entre os dias 27 e 28/08/2013. Secundariamente, os elementos geourbanos que constituem o experimento citado, sobretudo o fator morfológico de fundo de vale notadamente de ar mais frio e denso que em áreas adjacentes, fez com que a amplitude térmica ficasse baixa.

No experimento de campo 8, as temperaturas apresentadas nas edificações horizontais de médio porte para o período analisado foram de 24,9°C; 29,2°C; 33,6°C; 35,1°C; 37,1°C; 34,6°C e 34,2°C. Nota-se o crescente valor da temperatura até às 13h. Nos dois últimos horários os valores se estabilizam em 34,0°C com pequena variação decimal. Segundo as informações dos mapas, a Arborização Intraquadra é incipiente e não supera os 10%. Da mesma forma, os Espaços Livres são inferiores a 30% e os Recuos Intraquadra são nulos ou limitam-se entre uma ou duas faixas.

O arranjo das edificações de vocação industrial, com limitadas áreas verdes e espaços livres tendem a concentrar energia na forma de calor, sobretudo na ocorrência de sistemas atmosféricos frontais menos vigorosos ou em fases evoluídas de tropicalização, exemplo ocorrido no referido experimento do dia 6/08/2013.

No experimento de campo 5, classificado como conjunto habitacional, as temperaturas obtidas ao longo do período de análise foram de 20,3°C; 25,5°C; 34,0°C; 34,0°C; 36,1°C, 34,8°C e 33,0°C. Os valores termais aumentaram no decorrer dos horários de aferição alcançando o ápice às 13h e, nos horários adjacentes, a temperatura foi de 34,0°C, aproximadamente.

De acordo com as classificações dos mapas QUAPÁ-SEL, o local tem entre 10% e 30% de áreas arborizadas e menos de 30% de Espaços Livres Intraquadra. Contudo, é contemplado com três ou quatro faixas de Recuos Intraquadra, favorecendo a dispersão do vento intraurbano e as trocas de energia por calor latente.

As altas temperaturas apresentadas após as 11h se deve pelo sistema atmosférico (mPV) predominante no Estado de São Paulo durante o referido experimento.

Em termos comparativos, os valores de temperatura apresentados nos experimentos de campo 8 e 5 foram semelhantes tanto no padrão evolutivo apresentado ao longo dos horários de aferição quanto as características dos sistemas atmosféricos dominantes. Contudo, as temperaturas do experimento 8 foram ligeiramente superiores ao segundo, justamente por apresentar mais elementos predisponentes a concentração de energia e consequente formação de ilha de calor, retenção dos ventos e o ritmo das atividades humanas, por meio do deslocamento de automóveis, entre os horários de 11h e 13h.

Encraves – No experimento de campo 4, ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), as temperaturas médias aferidas foram de: 17,3°C; 24,4°C; 27,4°C; 32,0°C; 35,7°C; 36,0°C e 37,3°C, respectivamente.

Observa-se o aumento das temperaturas ao longo do período analisado que apresentou amplitude térmica de 20,0°C entre a primeira e última aferição. Este padrão térmico exposto para a localidade em questão pode ser atribuído a alguns fatores, como as faces dos edifícios e solo estarem dispostos a receber mais radiação solar ao longo do dia e terem poucos elementos que provoquem sombreamentos ou a obstrução parcial da luz solar.

Esta constatação corrobora com o mapa de Arborização Intraquadra que representa menos de 10% de massa arbórea no campus universitário. Logo, as informações dos mapas de Espaços Livres e Recuos Intraquadra evidenciam que o local é contemplado entre 30% e 50% e entre três ou quatro faixas de recuos, respectivamente.

Apesar do campus universitário ter sido concebido e projetado com amplos espaços livres como gramados, ruas pavimentadas e calçadas iluminadas para o trânsito dos universitários, inclusive com a manutenção da dinâmica ecológica com faixas de preservação permanente adjacentes às nascentes e córregos em seu perímetro interno, utiliza-se de poucas áreas arborizadas entre os edifícios, blocos universitários e praças de alimentação, que de fato, são os principais locais de concentração dos universitários e funcionários que empregam os espaços livres internos e externos para diversas finalidades.

No experimento de campo 11, os dados médios de temperatura foram separados para os mesmos horários de observação dos experimentos supracitados (9h às 15h), entre os dias 4 e 5/2/2014 (ver mais detalhes na seção 6.1.11), a mencionar respectivamente os valores: 25,9°C; 27,4°C; 30,9°C e 31,7°C (do dia 5/2/2014, entre 9h e 12h) e 31,4°C; 32,5°C e 33,2°C (dia 4/2/2014, entre 13h e 15h).

Nos dados apresentados, a amplitude das temperaturas de superfície variou aproximadamente 7,0°C e o valor máximo registrado foi de 32,2°C, às 15h.

Em relação a outros aspectos dos mapas, o campus universitário da USP representa de 30% a 70% de Arborização Intraquadra; de 30% a 50% de Espaços Livres Intraquadra e entre três ou quatro faixas de Recuos Intraquadra.

Embora o campus central da USP São Carlos possua uma extensa área construída, que há alguns anos apresenta sinais de exaustão nos locais destinados para estacionamento de veículos e a instalação de centros de pesquisa, mantém conservados diversos espaços permeáveis e densamente arborizados com amplos gramados entre os edifícios, campo de futebol, complexo poliesportivo ao ar livre, praças; espécies arbóreas como a Araucária ao longo da fachada principal; Eucaliptos de grande magnitude próximos ao prédio central do campus e outras árvores de grande porte próximas a estacionamentos para veículos.

Os valores termais aferidos nos dois experimentos de campo do grupo Encraves revelaram-se semelhantes no que concerne o padrão de temperaturas que evoluíram em todos os horários analisados. Ainda que as temperaturas apresentadas no experimento de campo 4 fossem mais elevadas que o segundo, é necessário analisar os experimentos e as fases episódicas climáticas de maneira individualizada, pois o primeiro experimento foi realizado no mês de agosto, período da intensificação e domínio das massas polares nas Latitudes mais altas que frequentemente ultrapassam o limite tropical.

Logo, o segundo experimento foi realizado no mês de fevereiro, período de verão e preponderância de sistemas atmosféricos tropicais e continentais, que impõem características opostas quando comparadas ao primeiro experimento.

De todo modo, o efeito de sombreamento no experimento 11 foi relevante para que a amplitude térmica tenha sido menos expressiva, sobremaneira que o experimento 4 apresentou valores térmicos discrepantes e acentuada amplitude térmica no período.

Outros – No experimento de campo 3, a média dos valores termais foi atribuída somente para as angulações -10° e 0° por apresentarem temperaturas positivas. No período de análise, os respectivos valores foram de $11,2^\circ\text{C}$; $22,9^\circ\text{C}$; $26,6^\circ\text{C}$; $30,4^\circ\text{C}$; $33,6^\circ\text{C}$; $35,4^\circ\text{C}$; $33,6^\circ\text{C}$. Por ser um local aberto, nota-se que as temperaturas aumentaram em função da incidência dos raios solares, superando os 30°C após as 12h. As informações dos mapas exibem que local é um parque com Arborização Intraquadra incipiente entre 10% e 30%; com Recuos não consolidados e que possui acima de 50% de Espaços Livres.

A existência de grandes áreas permeabilizadas no parque e próximas a beira de córregos urbanos e áreas de preservação permanente não garantem que o padrão térmico diurno seja amenizado. É possível que sob o domínio de outros sistemas atmosféricos intertropicais, nos períodos de primavera e verão, as temperaturas sejam ainda mais elevadas.

Parcelamento do Tipo I e II – grupo conferido aos experimentos de campo 1 e 7. Com relação ao primeiro experimento, as superfícies N/NE e L fazem parte da categoria ‘Edificações horizontais de médio porte não dispersas (Tipo I)’. As superfícies SE/S/SO e NO fazem parte da categoria ‘Edificações horizontais e verticais (Tipo II)’ e ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), as temperaturas médias aferidas foram de: $25,9^\circ\text{C}$; $26,8^\circ\text{C}$; $29,5^\circ\text{C}$; $36,2^\circ\text{C}$; $37,3^\circ\text{C}$; $36,7^\circ\text{C}$ e $32,6^\circ\text{C}$, respectivamente.

Nota-se que as temperaturas na face do Parcelamento Tipo I foram inferiores em comparação ao segundo. O arrefecimento dos valores deveu-se pela sombra da árvore ao longo dos horários analisados. Apenas na última aferição os valores foram semelhantes, ocasionado pelo sombreamento dos edifícios às 15h, no setor Oeste.

As temperaturas mais elevadas na face oposta, Parcelamento do Tipo II, foram registradas entre 12h e 14h, acima de $38,0^\circ\text{C}$ na média horária.

A face do Tipo I possui Arborização Intraquadra inferior a 10% e menos de 30% de Espaços Livres, porém apresenta entre três e quatro faixas de

Recuos Intraquadra. As faces do Tipo II revelam entre 10% e 30% de Arborização; Espaços Livres menores de 30% e entre três e quatro faixas de Recuos Intraquadra.

Portanto, ainda que as faces do Tipo II apresentem atributos morfológicos predisponentes à temperatura mais amena, como a maior densidade de árvores para sombra e espaços livres para circulação do ar, o que observamos foi o contrário. Os valores foram mais altos justamente pela altura dos edifícios e sua exposição direta a radiação solar.

O segundo experimento refere-se também as faces de categorias distintas. A primeira é 'Edificações horizontais de pequeno porte' (Tipo I) e, a segunda, 'Estruturas com pouco volume edificado' (Tipo II). Ao longo dos sete horários analisados (entre 9h e 15h), as temperaturas médias aferidas foram de: 17,4°C; 21,6°C; 23,9°C; 24,9°C; 29,5°C; 29,8°C e 27,3°C, respectivamente.

Conforme exposto na seção 6.1.7, o local é contemplado com áreas densamente arborizadas e ambas as faces relevaram um padrão termal muito semelhante no período analisado. Os valores médios de superfície não foram demasiadamente elevados para a região em condições atmosféricas estáveis e em fase de tropicalização da mPA, porém as temperaturas se demonstraram elevadas no nível das calçadas e asfaltos, sob a incidência direta da radiação solar.

A seguir, é apresentado um quadro síntese sobre o tipo de parcelamento do solo, o número do experimento de campo, sua data de realização, as temperaturas de superfície positivas nas angulações -10° e 0° e as temperaturas do ar com os registros mais elevados e brandos, respectivamente (Figura 76).

Sobremaneira, são exibidos os mapas de Arborização Intraquadra (Figura 77); Espaços Livres Intraquadra (Figura 78) e os Recuos Intraquadra (Figura 79), correspondentes a esta seção 6.3.1.

Figura 76:

Parcelamento do Solo e Volumetria Intraquadra

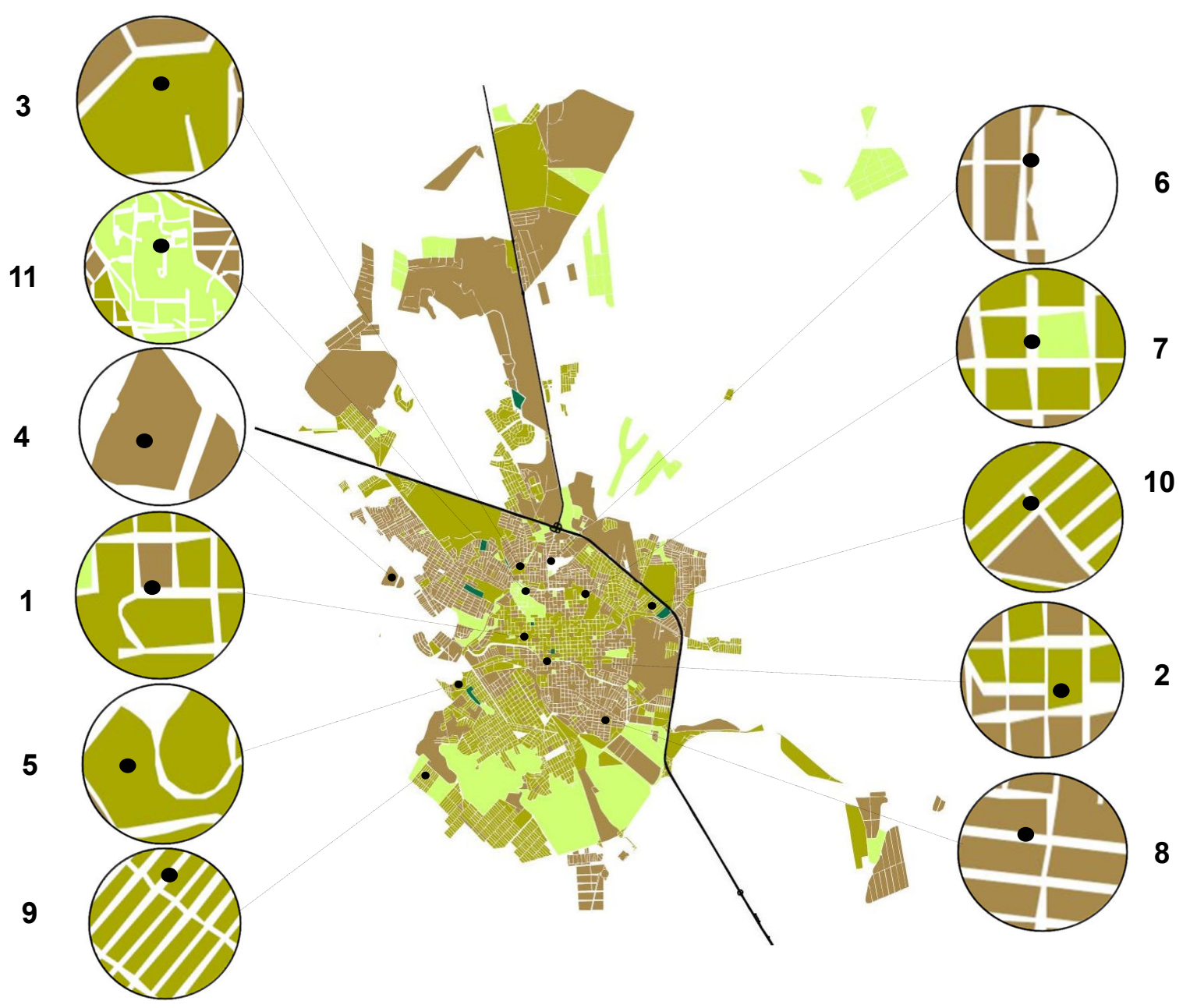
Síntese do tipo de parcelamento e temperaturas de superfície e do ar

TIPO DE PARCELAMENTO	EXPERIMENTO	DATA	TEMPERATURA SUPERFÍCIE (°C)		TEMPERATURA DO AR (°C)	
			-10°	0°	-10°	0°
Tipo I: Edificações horizontais de pequeno porte.	6	02/09/2013	< 17,7°C (10h) > 47,8°C (12h)	26,3°C (10h) 47,0°C (15h)	< 26,3°C (10h) > 29,3°C (12h)	31,7°C (15h)
Tipo I: Edificações horizontais de tipos variados.	9	07/09/2013	< 23,3°C (9h) > 49,2°C (14h)	17,5°C (9h) 53,8°C (15h)	< 21,1°C (9h) > 29,7°C (14h)	29,9°C (15h)
Tipo I: Edificações horizontais de tipos variados.	10	08/09/2013	< 16,9°C (9h) > 59,3°C (14h)	18,5°C (9h) 52,6°C (12h)	< 21,9°C (9h) > 30,4°C (14h)	28,4°C (12h)
Tipo II: Edificações horizontais de pequeno porte não dispersas.	2	28/08/2013	< 18,2°C (9h) > 40,2°C (14h)	10,0°C (9h) 34°C (14h)	< 13,5°C (9h) > 21,7°C (14h)	
Tipo II: Edificações horizontais de pequeno porte não dispersas.	8	06/09/2013	< 25,5°C (9h) > 51,5°C (13h)	19,2°C (9h) 40,9°C (13h)	< 19,8°C (9h) > 27,0°C (13h)	
Tipo II: Conjunto Habitacional (Edifícios).	5	31/08/2013	< 17,5°C (9h) > 49,5°C (11h)	18,0°C (9h) 50,0°C (13h)	< 22,0°C (9h) > 25,6°C (11h)	28,2°C (13h)
Encraves: Grande conjunto de edificações dispersas.	4	30/08/2013	< 14,2°C (9h) > 51,0°C (13h)	16,1°C (9h) 45,5°C (15h)	< 20,9°C (9h) > 28,5°C (13h)	30,9°C (15h)
Encraves: Grande conjunto de edificações dispersas.	11	04 e 05/ 02/2013	< 25,1°C (9h) > 39,5°C (14h)	26,7°C (9h) 35,8°C (15h)	< 28,6°C (9h) > 33,0°C (14h)	32,7°C (15h)
Tipo I e II: Edificações horizontais e verticais e Edificações de médio porte não dispersas	1	23/08/2013	< 21,3°C (9h) > 53,5°C (13h)	22,6°C (9h) 47,0°C (13h)	< 25,3°C (9h) > 31,6°C (13h)	
Tipo I e II: Edificações horizontais de tipos variados e Estruturas com pouco volume edificado.	7	05/09/2013	< 15,1°C (9h) > 51,8°C (13h)	16,0°C (9h) 29,7°C (13h)	< 20,3°C (9h) > 25,9°C (13h)	
Tipo I: Edificações horizontais de tipos variados.	10	08/09/2013	< 7,0°C (9h) > 48,8°C (14h)	7,7°C (9h) 41,2°C (14h)	< 17,0°C (9h) > 27,1°C (14h)	

Figura 77:

Aspectos morfológicos – São Carlos

Arborização Intraquadra



Mapa produzido por Equipe Quapá (2014)
Sobre imagem Google Earth (2013) e Street View (2011)
Modificado pelo autor (2014)

Legenda

— Rodovias

Arborização intraquadra

- Menos de 10%
- De 10% a 30%
- De 30% a 70%
- Mais de 70%



Figura 78:

Aspectos morfológicos – São Carlos

Espaços Livres Intraquadra



Mapa produzido por Equipe Quapá (2014)

Sobre imagem Google Earth (2013) e Street View (2011)

Modificado pelo autor (2014)

Legenda

— Rodovias

Espaços Livres

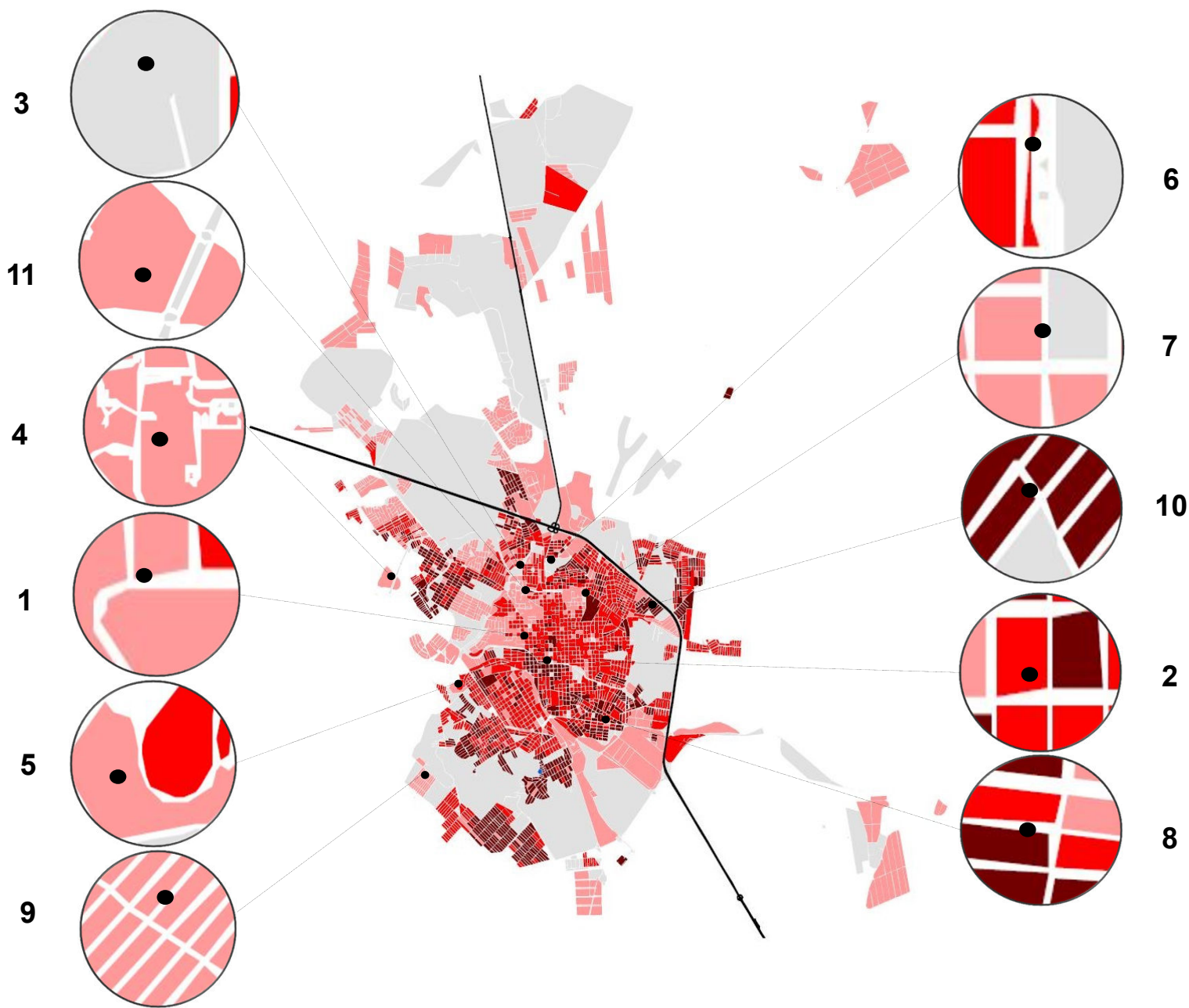
- Menos de 30%
- De 30% a 50%
- Mais 50%



Figura 79:

Aspectos morfológicos – São Carlos

Recuos Intraquadra



Mapa produzido por Equipe Quapá (2014)

Sobre imagem Google Earth (2013) e Street View (2011)

Modificado pelo autor (2014)

Legenda

— Rodovias

Recuos intraquadra

- Não consolidado
- Sem recuo
- Um ou dois recuos
- Três ou quatro recuos
- Sem padrão predominante



7 CONSIDERAÇÕES

Este trabalho objetivou verificar a variabilidade do fluxo radiativo em ondas longas realizando experimentos em diversos espaços livres em uma cidade de porte médio. Como também, observar a intensidade desses fluxos nas fases de transição da Massa Polar Atlântica. Para isso, discorreremos de algumas considerações a seguir:

Na realização dos experimentos de campo observamos que o fluxo de radiação variou nas fases de transição (domínio e tropicalização) da Massa Polar Atlântica, fato demonstrado no experimento de campo 2, com o domínio Polar impondo suas características genéticas e, nos dias seguintes, representados nos experimentos de campo 3, 4 e 5, a Massa Polar apresentou características menos vigorosas em fase de tropicalização.

Os onze experimentos de campo escolhidos na cidade de São Carlos foram realizados de acordo com o planejado, sem imprevistos, apresentando variações de temperatura significativas em todos os pontos de análise. Nos espaços livres com ausência de sombreamento ou elementos edificadas que pudessem provocar sombreamento, o padrão térmico apresentado ao longo das sete horas de coleta foi de aparência parábola, como ilustram as Figuras 35 e 36 no Ponto 3 (Kartódromo), ou seja, nos horários iniciais os valores térmicos foram amenos. Entre 12h e 14h os registros atingem o pico diário de temperatura e, após as 14h, decresceram alguns graus.

A cobertura de árvores e o efeito do sombreamento no entorno de alguns locais, como o experimento 7 (Figura 52), demonstrou que as temperaturas não sofreram grandes amplitudes térmicas, comparados aos locais menos arborizados, porém os experimentos 6 e 11, realizados em ambientes bastante arborizados, relevaram altos valores térmicos de superfície, ao contrário do esperado arrefecimento das temperaturas. É aceitável que a temperatura do ar fosse mais elevada nesses ambientes em decorrência de sua proximidade com o solo e pelo resfriamento lento da coluna de ar que preenche a camada abaixo das árvores, associado também à estabilidade atmosférica e consequente ausência de fluxos advectivos.

Em alguns setores cardeais e colaterais, as angulações 10°, 25° e 35° apresentaram valores termais negativos ao longo do dia devido à ausência de superfícies com resposta infravermelha positiva (como muros, fachadas de edifícios, árvores, asfaltos e outros) cujo alvo direto do sensor foi o céu. Em algumas leituras, os registros termais foram positivos, mesmo o com o sensor direcionado para o céu. Inicialmente, o fenômeno se deve pelo armazenamento de calor das superfícies urbanas próximo às 12h e, que após este horário, passam a liberar calor para a atmosfera como saldo radiativo em ondas curtas. Segundo, é que o tamanho do diâmetro de leitura do sensor (área inscrita no círculo – ver seção 5.2.1) aumente à medida que a distância do alvo seja maior, fato evidenciado na angulação 10° em todos dos experimentos de campo realizados, com registros negativos de temperatura entre 9h e 11h, porém não significando que toda esta energia, acima da cota do pedestre, aqueça o ar diretamente.

Cabe ressaltar ainda que nos experimentos de campo 3 e 9, as angulações 25° e 35° registraram valores negativos de temperatura devido a altura das edificações e outros elementos como as árvores serem inferiores a 2,50m. A experimentação nessas angulações é válida para regiões da cidade que tenham grandes elementos edificados ou dossel arbóreo de grande porte. Necessariamente, essa metodologia precisa ser adaptativa dependendo do local escolhido pelo operador para que os fluxos radiativos sejam realizados com precisão a fim de evitar que os dados coletados sejam inservíveis para futuras análises. Para idealizações empíricas e ensaios mais assertivos do fluxo radiativo na cota do pedestre, sugerimos que as medições sejam realizadas nas angulações de -10° e 0° (sensor apontado para o chão e altura média dos pedestres) em cidades de pequeno porte e/ou localidades desprovidas de elementos arbóreos e edificados.

As temperaturas mais elevadas foram registradas para as angulações -10° e 0°, quando o termômetro foi direcionado para as calçadas e asfaltos, legitimando a afirmação de Machado (2009, p. 130) que há um fluxo radiativo emitido pelas superfícies urbanas e que amplitude térmica é maior na base destas estruturas, como paredes, ruas e calçadas. E dependendo da cor e do material revestido nas paredes dos edifícios, as temperaturas podem ser

elevadas, acima de 35,0°C, como as apresentadas no Ponto 1 (Figura 34), onde a fachada do edifício, de cor escura, esteve exposta diretamente a incidência solar.

O experimento de campo 11 mostrou-se um exercício válido que procuramos fazer uma análise completa das superfícies em termos de balanço de energia diurno e noturno, discutindo os dados de superfície com a temperatura do ar e a constante de Stefan-Boltzman. As diferentes superfícies analisadas ao nível do pedestre (angulações -10° e 0°) apresentaram amplitudes térmicas que chegaram até 15,0°C de diferença quando comparadas com as temperaturas do ar. Nas angulações mais altas, entre 10° e 25°, os valores foram ligeiramente inferiores que os primeiros, porém com maior capacidade de armazenamento de calor ao longo do período noturno, como as superfícies de tijolo e concreto. No ângulo 35°, durante o período diurno, as temperaturas foram elevadas quando direcionadas para a copa das árvores pela absorção direta e mais intensa dos raios solares. Todavia, no período noturno, estas superfícies apresentaram superávit de calor sensível, exibindo valores térmicos menos elevados que o ar subjacente.

As observações realizadas neste trabalho desdobraram alguns questionamentos a partir do adensamento das edificações entre o sítio estudado e outras cidades de maior porte. De fato, os elementos urbanos no centro da cidade de São Carlos não se constituem essencialmente *canyons* urbanos (OKE, 1989) como as geometrias urbanas analisadas em Vancouver-BC, no Canadá, por Voogt e Oke (1997), em São Paulo-SP, no Brasil, por Machado (2011) e Machado e Azevedo (2013), associadas aos centros urbanos de grande volume edificado, evidenciado na Figura 79.

O centro da cidade de São Carlos, no atual período (2014) de desenvolvimento e ocupação, está associado formalmente a uma região de subúrbio (segundo a classificação de OKE, 1978), com edificações de porte médio e pequeno, mais semelhante a uma "trincheira urbana" do que propriamente um *canyon* urbano. Quais as dimensões devem ser adotadas para que o *canyon* urbano seja qualificado nas cidades brasileiras de menor porte? Ou mesmo a nomenclatura sugerida pelo autor?

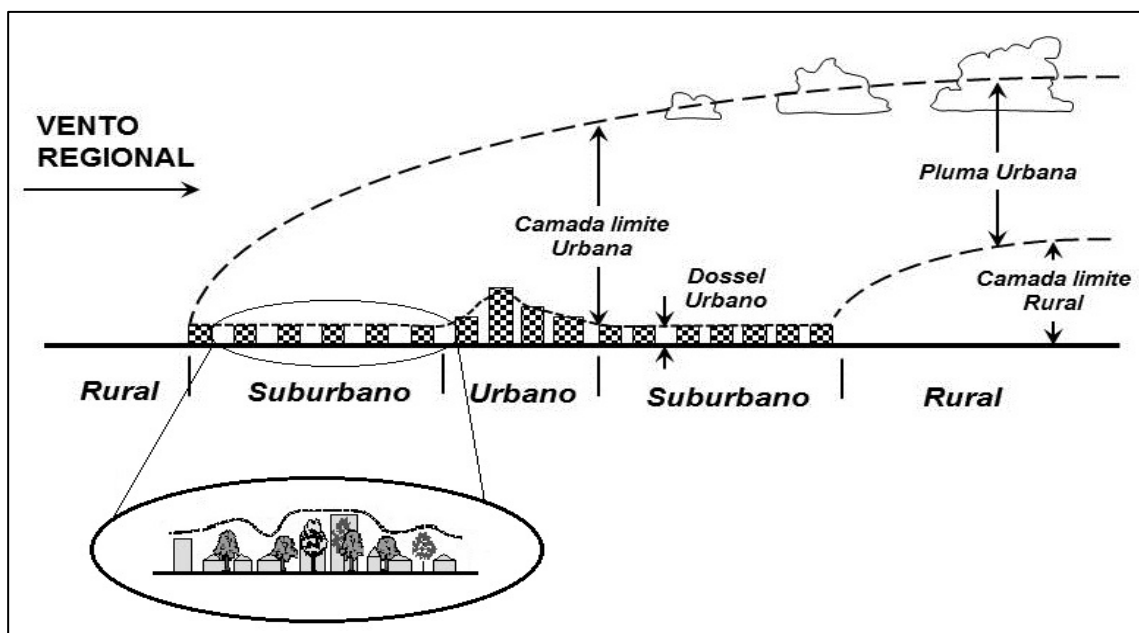


Figura 80: Representação esquemática da atmosfera urbana com destaque para as diferentes dimensões na área suburbana. **Fonte:** OKE (1978), modificado.

Entendemos que relação de suas características geométricas como a altura e orientação das edificações paralelas entre si devem ser mais detalhadas e categorizadas (área rural, suburbana, centro-urbano) para fins de estudos em climatologia urbana e suas especificidades como o tubo térmico, fluxo turbulento, regime de ventos, balanços de energia e outros elementos climáticos/meteorológicos.

O emprego de uma metodologia adaptada de Voogt e Oke, (1997) e Machado (2009), além de inovadora para o conhecimento dos fluxos do balanço de energia nas camadas intra-urbanas de uma cidade de porte médio e próxima à Linha Tropical no Hemisfério Sul, abre caminhos para outras formas de estudos em climatologia urbana, tanto em áreas específicas e interdisciplinares do conhecimento.

Desenvolver uma pesquisa que abarque, no mínimo, três esferas científicas: a Geografia, nos estudos de Climatologia; a Engenharia, nas pesquisas ambientais, parametrização e modelagem; e a Arquitetura, na perspectiva de projetos urbanos e os sistemas de espaços livres, revelam-se de grande importância para futuros trabalhos nos Programas Interdisciplinares de Pós-Graduação, como este que fazemos parte.

Infelizmente, encontramos pouco menos de uma dezena de trabalhos no Brasil que tratam sobre o assunto de balanço de energia em áreas urbanas,

não obstante das obras citadas nas referências deste trabalho, que em grande parte, estão concentradas regionalmente no Sudeste do país, mais precisamente no Estado de São Paulo. Evidente que, por se tratar de um tema específico nesta interface do conhecimento existam inúmeras dificuldades implícitas para uma pesquisa acadêmica plena, por exemplo, a aquisição de equipamentos e seus elevados custos de manutenção e operação.

A escala de análise espacial dos mapas QUAPÁ-SEL foi fundamental para o emprego de métodos da climatologia urbana, mais especificamente a radiação em ondas longas que este trabalho propôs, por ordenar em grupos e categorias os espaços livres públicos e privados, sobretudo pela abordagem sistêmica e a possibilidade de seu multifuncionalismo, que vai do micro ao macro, ou seja, o mapeamento da morfologia intraquadra até a concepção da forma urbana e regional, abrindo possibilidades para os mais variados estudos de dinâmica e densidade populacional, funcionalismo e qualificação do sistema viário, legislação urbanística e outros.

O mapa de Aspectos morfológicos e volumetria intraquadra e seus auxiliares, de arborização, espaços livres e recuos intraquadra foi basilar no direcionamento das análises associadas aos experimentos de campo. Em grande parte dos grupos e respectivas categorias os dados de temperatura foram semelhantes às informações ilustradas nos mapas. Em outras análises, o padrão térmico apresentado em campo foi divergente, porém com intensa variabilidade dos fluxos radiativos.

Algumas dificuldades foram encontradas para a realização da pesquisa. Inicialmente, a utilização do *data logger* de temperatura e umidade do ar e o abrigo meteorológico foram comprometidos em grande parte da pesquisa, pois os equipamentos enviados pelos fornecedores chegaram no final mês de Outubro de 2013, o que de certa forma, tornaria inviável a experimentação de campo, visto que o planejamento para a realização dos experimentos dependia de tempo seco, nos meses de agosto e setembro, limitando o seu emprego apenas ao experimento de campo 11.

Embora a análise de alguns experimentos de campo tenha sido realizada de forma individualizada de acordo com a proposta metodológica QUAPÁ-SEL, a ausência do mapa de Aspectos Morfológicos e Volumetria Intraquadra e seus

derivados, disponibilizados no início de 2014, não comprometeu os resultados desta pesquisa, ao contrário, foi à confirmação dedutiva-indutiva operacionalizada antecipadamente a finalização dos mapas.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os desdobramentos desta pesquisa permitem inúmeras outras propostas de trabalho. O reconhecimento da importância da Climatologia Urbana para a resolução de fragilidades inerentes ao planejamento urbano, conforto ambiental, espaços livres e etc. deve ilustrar o problema e ofertar elementos e subsídios para a tomada de decisão dos planejadores e gestões urbanos e a outras áreas do conhecimento científico. A seguir, tecemos algumas recomendações e sugestões para a continuidade da pesquisa:

- Adaptação da metodologia proposta nesta pesquisa com a adoção de angulações na altura do pedestre e a utilização de abrigos meteorológicos aspirados para aferição da temperatura do ar, conforme (MACHADO, 2009 e OLIVEIRA, 2010), em outras cidades e regiões do Brasil;
- Que se leve em consideração os elementos urbanos mais afastados ou próximos do termômetro infravermelho para idealizações e estimativas mais acuradas do balanço de energia;
- Na definição dos dias amostrados (escala temporal de análise) há que se considerar os dias anteriores para a estabilização dos valores causados pela inércia térmica dos materiais de construção e elementos geourbanos;
- Orientações à Secretaria Municipal de Obras Públicas e do Meio Ambiente (direcionada aos responsáveis pelo manejo das árvores) com critérios mais técnicos para a realização da poda das árvores sob rede de energia elétrica, desobstrução da visão do motorista e pedestres, sobretudo na manutenção de áreas de sombra com vistas ao arrefecimento da temperatura do ar próximo a cota do pedestre;
- Análise do Plano Diretor Estratégico de São Carlos com foco na dinâmica ecológica e nas condições climáticas urbanas, como áreas de especial interesse ambiental;

- A realização de outras oficinas QUAPÁ-SEL na cidade de São Carlos-SP para a formação de pessoal nas áreas da Arquitetura, Urbanismo, Engenharia Ambiental, Geografia, Gestão Ambiental e afins, direcionado aos cinco eixos estratégicos do Plano Diretor Estratégico de São Carlos – **I**: Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão; **II**: Expansão urbana e responsabilidade territorial; **III**: Racionalidade no aproveitamento da área urbana; **IV**: Planejamento e Gestão Territorial; **V**: Projetos Estratégicos na qualificação do desenho urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, D. C. **Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment**. Cengage Learning, 2007.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. SGH – Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. **Dados Pluviométricos de 1977 a 2011**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 10 de Janeiro de 2013.

ANDRIUCCI, L. R.; **Análise da valoração climática na perspectiva da economia ambiental: Possibilidades e Limitações**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.

ALVES, E. D. L. VECCHIA, F. A. S. Influências de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Ambiência Guarapuava** (PR), v.8, nº1, p.101-111, 2012.

ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **Anais do Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Maceió (AL), 2005, p. 92-10.

ATKINSON, B. W. Atmospheric processes. Global and local. In: CLARK, M. J.; GREGORY, K. J.; GURNELL, A. M. **Horizons in physical geography**. London: Macmillan Education Ltda., 1987.

AYOADE, J. O. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil. 1998. 332 p.

BARBOSA, R. V. **Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio climático de verão**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Revista Mercator**. 2009, v. 8, n. 16, p. 251-265.

BORNSTEIN, R. D. Observations of the urban heat island effect in New York City. **Journal of Applied Meteorology**, v. 7, 572-582, 1968.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Org.): **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. pg. 121-153.

BRASIL. Presidência da República. **Parcelamento do Solo Urbano. Lei 6.766/79**. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm Acesso em abril de 2014.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Informativo da Câmara Municipal de São Carlos**, 2010.

CAMPOS, A.C. et al. Os espaços livres na constituição da forma urbana brasileira. **Anais da Conferência Anual da Rede Portuguesa de Morfologia Urbana**. Coimbra, Portugal, 2013.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998. 88p.

CHANDLER, T. J. The changing form of London's heat island. **Geography**, v. 46, part. 4, nº 213, 1961.

_____. London Urban Climate. **The Geographical Journal**, v. 128,p. 279-302, 1962.

_____. **The Climate of London**. London Hutchison. University Library Publishers, 1965. 287 p.

DEVESCOVI, R. C. B. **Urbanização e Acumulação. Um estudo sobre a cidade de São Carlos**. 1985. Dissertação (Mestrado em Administração e Planejamento Urbano), Pós-Graduação EAESP, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo,1985.

DETTWILLER, J. **Mémorial de la meteorologie nationale: évolution seculaire de climat de paris. influence de l'urbanisation**. Paris, Ministère transports/Secrétariat General à l'Aviation Civile, 1970, 83 p.

DONOSO, V. G. **A paisagem e os sistemas de espaços livres na urbanização contemporânea do interior paulista: estudo de caso na área entre São Carlos, Araraquara e Ribeirão Preto**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

_____. QUEIROGA, E. F. A região de São Carlos-SP na Contemporaneidade: Características, tendências, conflitos e potencialidades. In: Campos *et all* (Orgs.). **Quadro dos sistemas de espaços livres nas cidades brasileiras**. 1ed. São Paulo-SP. FAUUSP, 2012, v.1, p. 270-284.

DOZENA, A. **São Carlos e seu desenvolvimento: contradições urbanas de um polo tecnológico**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

EAGLEMAN, J. R. A comparision of urban climatic modifications in three cities. **Atmospherics Environment**. v.8: 1131-1142,1974.

FABBRO NETO, F. **Avaliação Ambiental Estratégica para Planos de Uso e Ocupação do Solo: um estudo sobre o Plano Diretor Municipal**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

LANDSBERG, H. E. The Climate of towns. In: Thomas, W. E. (org.): **Man's role in Changing the face of Earth**, 1956, p. 584-606.

FERRARI, A. L.; **Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP): estudo sobre mudança climática de curto prazo em escala local**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

FREIRE, L. S. **Teorias de Camada Limite Atmosférica: modelo de crescimento, fluxo de entranhamento e análise espectral**. Curitiba, 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia). Universidade Federal do Paraná, 2012.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

GARRATT, J. R. **The atmospheric boundary layer**. [S.l.]: Cambridge, 1992.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

GEIGER, R.; ARON, R. H.; TODHUNTER, P. 2003, **The Climate near the ground**. Lanham, Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 6ª ed.

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

HOFFMANN, M. **Ensaio da relação do parcelamento do solo e volumetria construída intraquadra com a temperatura aparente de superfície no município de São Paulo em medições remotas**. 2014. 120 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/H6Q>. Acesso em: 2 de Novembro de 2013.

_____. **Cidades: Frota automobilística 2012**. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/RV5Z>. Acesso em 19 de Junho de 2014.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados Pluviométricos de 2002 a 2012**. Disponível em: <http://inmet.gov.br>. Acesso em 20/12/2012.

JAUREGUI, E. **Los climas urbanos tropicales – revision y evolución. Conferência técnica de la WMM sobre climatologia urbana e sus aplicaciones particularmente em lo que se refiere a las regiones tropicales**. Doc 6. Cidade do México, 1984.

LEME, I. S. A. **Os espaços livres de uso público no centro da cidade de São Paulo**. 2001. 210 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMA, R. P. **O processo e o (des)controle de expansão urbana de São Carlos (1857-1977)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LINACRE, E., 1992, **Climate data and resources – a reference and guide**. London, Routledge, Chapman and Hall, Inc., 1ª ed.

LLOYD, J., 2007, **Weather**. Bath, Parragon, 1st ed.

LOMBARDO, M. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MAGNOLI, M. M. E. M. 1982. **Espaços livres e urbanização**: uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana. Tese (Livre-docência em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MACEDO, S. S. (a) **QUAPÁ-SEL – um projeto de pesquisa em rede. I Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo** (ENANPARQ). 15p. Rio de Janeiro, 2010.

_____. (b) Os sistemas de Espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil. **Coleção QUAPÁ**. São Paulo, 2010.

_____. Lugares, espaços livres e contemporaneidade – características dos sistemas de espaços livres das cidades brasileiras contemporâneas. In: RHEINGANTZ, P. A.; PEDRO, R. Org. **Qualidade do lugar e cultura contemporânea: controvérsias e ressonâncias em coletivos urbanos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/FAU/PROARQ, 2012. pg. 145-152.

_____. et al. Sistemas de espaços livres e forma urbana: algumas reflexões. In: **XV ENANPUR - Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional**, 2013, Recife. XV ENANPUR. Recife: ANPUR / UFPE, 2013. v. 1. p. 1-16.

MACHADO, A. J. **Distribuição espacial do fluxo radiativo em ondas longas na Região Metropolitana de São Paulo**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Física), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

_____. Fluxos radiativos da Avenida Paulista - São Paulo, SP – discutidos a partir da análise das formas. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.33, v.2, p.21-41, ago./dez.2011.

_____. AZEVEDO, T. R. de . Spatial Distribution in long-wave radiation flux in São Paulo City, Brazil. **World Journal of Engineering and physical Sciences**, v. 1, p. 33-52, 2013.

MARQUES, E. N. **Tipologias ambientais para o adensamento urbano**. 1985. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1985.

MARTINELLI, M. Clima do Estado de São Paulo. **Revista Franco-Brasileira de Geografia Confins (Online)**, v. 8, n. 8. 2010. Disponível em: <http://confins.revues.org/6348>. Acessado em: 4 de Novembro de 2013.

MENDONÇA, F. A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. & DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia: Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. Climatologia n.1. São Paulo: IGEOG/USP, 1971. 21p.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. Estudo geográfico sob a forma de Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1973.

_____. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1976. (Série Teses e Monografias, n.25).

_____. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. pg. 9-67.

_____. MENDONÇA, F. (Org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 422p,1979.

OKE. T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v.1, p. 237-254, 1981.

_____. The energetic basis of the urban heat island. **Quat. J. R. Met. Soc.** v. 108, nº455, p. 1-24, 1982.

- _____. 1987. **Boundary Layer Climates**. London, Routledge, 2^a ed.
- _____. 1988. The urban energy balance. **Progress in Physical Geography**, 12, p. 471 - 508.
- _____. 1989. **The micrometeorology of the urban forest**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 324, p. 335 - 351.
- OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. **Enciclopédia of climatology**. New York: V. N. Reinhold, 1987.
- OLIVEIRA, M. J. **Incertezas associadas à temperatura do ar no contexto das mudanças climáticas: determinação das causas e efeitos de heterogeneidades e discussão das implicações práticas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- PEDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: Centre de Documentation Universitaire, 1959.
- PETERSON, J. T. The climate of cities: survey of recent literature. In: McBoyle, G. (org).: **Climate of Review**, University of Waterloo, 1973.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Conferência Municipal da Cidade** - PMSC, 2003, CD-ROOM.
- _____. **Lei Municipal 13.691 de 2005**, Plano Diretor do Município.
- RIBEIRO, A. G. **Radiação solar**. Maringá: Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, 1990. (Série Textos Básicos, Climatologia, n.2).
- _____. **As Escalas do Clima**. Boletim de Geografia Teórica, 23 (46-46): 288-294, 1993.
- ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. **International journal of Climatology**. 2007, v. 27, n. 14, p. 1859-1873.
- SCHENK, L. B. M. A inserção do novo campus universitário da USP na cidade de São Carlos: Convergências e dissensões na construção de uma paisagem exemplar. In: **VI Colóquio QUAPA-SEL**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2011.
- SMITH, K. **Principles of applied climatology**. London: Megraw, Hill Book Company Ltda., 1975.
- STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- SORRE, M., 2006, Object and method of climatology. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, vol. 18, p. 89 – 94.

SILINGOVSKI JUNIOR, E. **Análise da temperatura em função das características da cobertura do solo e condições de entorno em Londrina, Paraná.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2006.

TERJUNG, W. H. Climatic Modification. In: Manners, I. R. e Marvin, W. (orgs.): **Perspectives on Environment.** Washinton, Mikelsell Editors, Association of American Geographers, nº 13, 1974.

TOLENTINO, M. **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos.** São Caros: s.ed. (Concurso de Monografias), 1967.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão Digital. 449 p, 2006.

VECCHIA, F. A. S. **Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano.** 1997. Tese (Doutorado em Geografia Física), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

VOOGT, J. A. and OKE, T. R., 1997, Complete Urban Surface Temperatures. **Journal of Applied Meteorology**, 36, p. 1117 - 1132.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no Estado de Mato Grosso do Sul: estudos geográficos com vista à regionalização climática.** São Paulo-SP. Editora UNESP: Cultura Acadêmica, 2009.