

6.3.2 – Experimentos de Campo do dia 04/08/2004: Análise do Campo Térmico e das Ilhas de Calor Urbano sob Condições de Tempo de Fase Pré-Frontal.

Com base nas condições atmosféricas regional e local (fase Pré-Frontal), bem como nas características geourbanas e geoecológicas da cidade em estudo, se fez as considerações sobre o comportamento das temperaturas do ar, obtidos nos experimentos de campo, as quais encontram-se espacializadas nos cartogramas e gráficos a seguir apresentados.

Os cartogramas das Figuras 24 (A, B e C) e 25 (A e B) representam a espacialização das temperaturas do ar em Santa Maria sob condições de aquecimento Pré-Frontal, no dia 04/08/2004, obtidas nos experimentos de campo junto à malha urbana, a partir da rede fixa de observação (mini-abrigos meteorológicos).

Ao se analisar o cartograma da Figura 24A, que representa o campo térmico da cidade às 09horas da manhã, constata-se que neste horário foi registrada a maior amplitude térmica intra-urbana do dia (5°C) devido as diferentes formas de uso do solo, bem como pela altimetria e morfologia do sítio.

Neste aspecto, observa-se que na área central da cidade estabeleceu-se uma “faixa térmica” estendida no sentido Norte/Sul, onde se registraram as temperaturas mais baixas do dia, variando entre 23° e 25°C.

Esta “faixa térmica”, de menores temperaturas, abrangeu inteiramente os bairros Nossa Senhora das Dores (ponto 4), Itararé (ponto14), Nossa Senhora de Lourdes (ponto 5) e o setor leste do Medianeira (ponto 6), estes

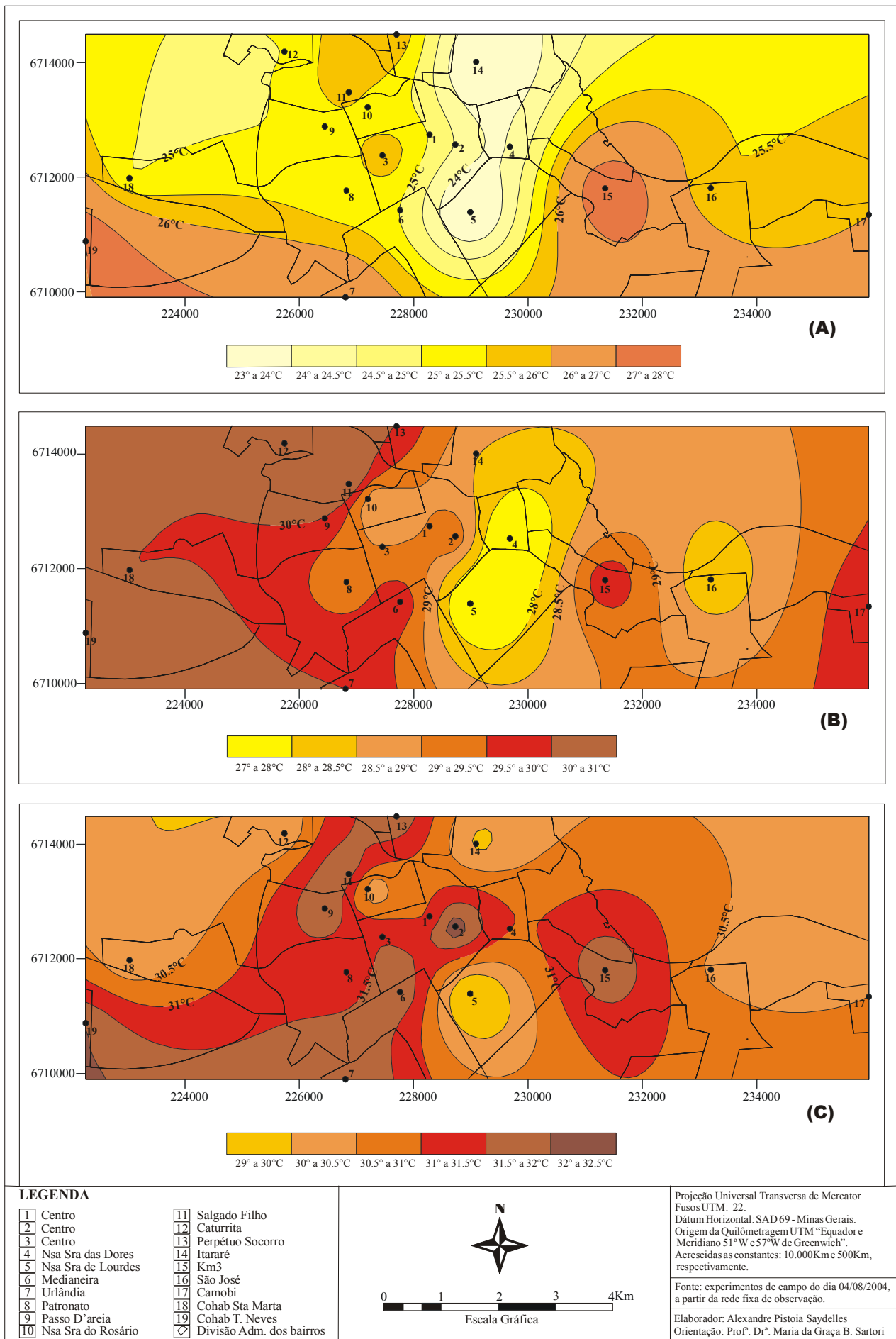


FIGURA 24: O campo térmico de Santa Maria-RS, do dia 04/08/2004 (A: 9h, B: 12h e C: 15h).

dois últimos favorecidos por situarem-se na vertente sul do “festão colinoso mais elevado”, parcialmente protegidos da insolação direta e da ação do “Vento Norte” durante a maior parte do dia. O centro-leste do bairro Centro (pontos 1 e 2), onde predominam as edificações mais altas da cidade, que atuam como obstáculos a insolação direta e favorecem o sombreamento neste horário (9h), contribuíram para a amenização térmica nesta área.

Esta configuração térmica é, em grande parte, favorecida pela maior densidade de edificações mais elevadas (na área mais central da cidade) e pela presença de cobertura vegetal do tipo arbórea nos bairros situados no entorno do bairro Centro, que atuam como obstáculos não só à insolação direta, proporcionando sombreamento, mas também ao vento quente (Vento Norte).

A presença de temperaturas mais baixas na área central da cidade, neste horário do dia (9h), embora corresponda ao que foi registrado pela imagem termal (banda 6) do Satélite Landsat 7 ETM+, analisada anteriormente, e também aos resultados obtidos por Tarifa & Armani (2001) no estudo das unidades topoclimáticas para a cidade de São Paulo, contraria todos os enunciados básicos sobre as ilhas de calor urbano, tanto na literatura nacional como na internacional (Oke, 1982; Lombardo, 1985; Mendonça, 1994; Spirn, 1995; entre outros). Estes estudos revelaram que a área central das cidades, onde predominam as edificações mais elevadas, menor presença de vegetação e maior fluxo de veículos e pessoas, é mais quente e menos ventilado, do que as áreas periféricas. Entretanto, nos demais horários em que foram realizadas as análises evidenciou-se inversão destes valores térmicos, conforme será visto a seguir.

Ao analisar-se o alinhamento das isolinhas do cartograma apresentado na Figura 24A, constata-se que as mesmas estão deslocadas no sentido norte/sul da cidade, com gradativo aumento dos valores térmicos na mesma direção. Certamente deve-se ao efeito do “Vento Norte”, que por mais que se aqueça ao descer a escarpa do Planalto, por compressão adiabática, transporta para a cidade o ar do Topo e do Rebordo do Planalto, que neste horário do dia encontra-se mais ameno e umedecido por causa da densa cobertura vegetal nestas unidades geomorfológicas, deslocando, assim, o ar mais aquecido para o quadrante sul da cidade.

Embora, não seja o objetivo desta pesquisa, nem tampouco possível de ser comprovado pela precariedade dos materiais utilizados nas coletas de temperaturas do ar, bem como dos poucos dias de levantamentos, é inegável que existe uma importante relação de trocas energéticas entre o Rebordo do Planalto e a área central, mais alta da cidade, pelos diferentes comportamentos térmicos que apresentam, conforme pôde ser evidenciado nos cartogramas apresentados e na imagem termal analisada anteriormente. Por isso deve ser mais profundamente estudado em futuros trabalhos, na busca de um melhor entendimento do clima urbano santamariense.

Em virtude das variáveis geoecológicas (relevo, sítio urbano e cobertura vegetal) que constituem o espaço natural e controlam o mesoclima da área em estudo, bem como dos diferentes padrões de uso e das funções desempenhadas pelo espaço urbano, que diversificam o topo e o microclima (Monteiro, 1976; Ribeiro, 1993; Mascaró, 1996), tem-se o estabelecimento de áreas mais aquecidas a oeste e leste da cidade (Figura 24A). Estas áreas correspondem aos locais em que a topografia do sítio

urbano é mais baixa e a morfologia mais suave, permitindo a incidência da insolação e da ventilação aquecida (Vento Norte) diretamente na superfície.

Neste caso, têm-se os bairros Km3 (ponto 15), a leste, e Cohab Tancredo Neves (ponto 19), a oeste, com temperaturas mais elevadas entre 27° e 28°C (representados pela cor laranja-escuro na Figura 24A), seguidos dos bairros Parque Pinheiro, Juscelino Kubitschek (ponto 18), sul do Patronato (ponto 8), Urlândia (ponto 7), leste do bairro João Goulart, São José (ponto 16), Pé-de-Plátano e Camobi (ponto 17), todos com temperaturas entre 25,5° e 27°C (representados pelas cores amarelo-escuro e laranja-claro na Figura 24A).

Aliado aos efeitos oriundos das características do sítio urbano no estabelecimento de temperaturas mais elevadas, nos bairros Km3 e Tancredo Neves têm-se também os de natureza inteiramente urbana.

Assim, a Cohab Tancredo Neves, além de situar-se numa área de extensas “coxilhas”, onde predominam os campos e a baixa presença de vegetação do tipo arbórea que atuariam como obstáculo natural à insolação direta, tem a maioria das casas pintadas na cor branca e com telhados em folhas de amianto, os quais refletem a maior parte da radiação solar incidente, sendo esta absorvida em grande parte por outros materiais utilizados na expansão urbana.

No bairro Km3, o mini-abrigo meteorológico foi instalado em frente ao posto da Polícia Rodoviária Estadual, no cruzamento da Av. das Dores com a BR-158 e a RS-509 (Trevo do Castelinho), local amplo e aberto, de pavimentação asfáltica e intenso fluxo de veículos durante todo o dia, o que favorece a elevação da temperatura do ar, mesmo apresentando significativa presença de cobertura vegetal.

Além disso, deve-se considerar a presença dos solos desnudos e secos, próximos aos bairros situados a oeste da malha urbana, conforme mencionado anteriormente na análise do campo térmico de superfície. Estes solos, conforme Mendonça (1994), transportam o ar sobrejacente mais aquecido para as áreas urbanas, intensificando o calor sensível.

Os demais bairros localizados entre as áreas mais aquecidas a oeste e a “faixa térmica” central menos aquecida, apresentaram temperaturas intermediárias entre 25° e 25,5°C (na cor amarelo na Figura 24A), sendo eles: bairro Patronato (ponto 8), Passo d’areia (ponto 9), Nossa Senhora do Rosário (ponto 10), JK (Ponto 18) e sul e oeste dos bairros Caturrita e Salgado Filho, respectivamente.

No entanto, observa-se que os bairros Perpétuo Socorro (ponto 13), centro-leste do Salgado Filho (ponto 11) e oeste do Centro (ponto 3), registraram temperaturas mais elevadas (25,5° a 26°C, representados pela cor amarelo-escuro na Figura 24A) do que os bairros anteriormente citados, provavelmente em virtude da maior exposição dos mini-abrigos à insolação direta, já que nestes pontos os mesmos estavam instalados em locais mais abertos.

Observa-se que os condicionantes geourbanos (áreas mais amplas e abertas sem edificações elevadas, com menor presença de vegetação do tipo arbórea e expressivo fluxo de veículos) são mais imperativos no registro de temperaturas mais elevadas do que os geocológicos (topografia e morfologia do sítio urbano), para este horário do dia (9h) e sob domínio de fase Pré-Frontal.

Este fato pode ser evidenciado pela expressiva diferença térmica entre os bairros Tancredo Neves (ponto 19) com 28°C e Juscelino Kubitschek –

Cohab Santa Marta (ponto 18) com 25°C (Figura 24A). Estes bairros, mesmo apresentando características naturais muito semelhantes (morfologia suave e altimetria do sítio em torno dos 110 metros de altitude), apresentaram amplitude térmica de 3°C. Esta significativa diferença térmica se deve, em grande parte, aos diferentes padrões urbanos das duas Cohab.

Na Santa Marta, onde foi registrada a menor temperatura (25°C), as casas são pintadas em cores mais escuras e possuem coberturas de telhas (cerâmicas), que absorvem a maior parte da radiação solar incidente, e é expressiva a presença de vegetação, que favorece a amenização térmica. Além disso, o mini-abrigo foi instalado num local mais abrigado quanto à ventilação direta.

Já na Cohab Tancredo Neves (ponto 19), a vegetação é muito esparsa e a maioria das casas são pintadas na cor branca com telhados em folhas de amianto, que proporcionam maior albedo e intensificação do calor externo. Além disso, o mini-abrigo foi instalado num local mais amplo e aberto à insolação direta.

O mesmo foi registrado entre os bairros Km3 (ponto 15) e São José (ponto 16), os quais situam-se numa área muito semelhante no que diz respeito às características geocológicas do sítio. Porém, são diferentes quanto à presença de cobertura vegetal e densidade e dinamismo urbano, responsáveis pelo registro de uma amplitude térmica de 2,5°C.

O bairro Km3 (ponto 15) apresentou as maiores temperaturas (entre 27° e 28°C) e o São José (ponto 16) as menores, entre 25,5° e 26°C (Figura 24A), representados pelas cores laranja-escuro e laranja-claro, respectivamente. Neste último, o mini-abrigo foi instalado no cemitério

Santa Rita de Cássia, local de elevada presença de vegetação (arbórea e gramíneas), que proporciona a amenização das temperaturas por utilizarem grande parte da radiação solar incidente nos processos de fotossíntese e evapotranspiração, além do menor fluxo de veículos.

Às 12 horas, a configuração do campo térmico urbano apresentou significativa alteração. A superfície urbana já estava em processo de aquecimento e as temperaturas, agora mais elevadas, variavam entre 27°C e 31°C, registrando-se uma amplitude térmica de 4°C (Figura 24B), resultado do intenso aquecimento a que estava submetida e da ação do Vento Norte, que atuava na homogeneização das temperaturas.

Na área central do perímetro urbano, englobando os bairros Nossa Senhora das Dores (ponto 4), Nossa Senhora de Lourdes (ponto 5), extremo oeste dos bairros João Goulart e Km3, ainda apresentava-se com temperaturas mais baixas entre 27°C e 28°C (cor amarelo na Figura 24B). Nos bairros Itararé (ponto 14) e extremo leste do Centro e do Medianeira, as temperaturas variaram entre 28°C e 28,5°C (cor amarelo-escuro na Figura 24B). O bairro São José, em virtude da maior presença de vegetação, também registrou temperaturas nesta faixa de variação.

As áreas mais aquecidas, que pela parte da manhã restringiam-se aos bairros Km3 e Cohab Tancredo Neves, agora abrangem toda a área oeste da cidade, incluindo alguns bairros da zona norte, com aumento gradativo das temperaturas a partir da área central menos aquecida da cidade. Correspondem aos bairros Tancredo Neves (ponto 19), Santa Marta (ponto 18), Perpétuo Socorro (ponto 13), Caturrita (ponto 12), Salgado Filho (ponto 11) e norte do Passo D'areia (ponto 9), que apresentaram as

temperaturas mais elevadas do horário (12h), entre 30° e 31°C (cor marrom na Figura 24B).

Os bairros Camobi (ponto 17), Km3 (ponto 15), Urlândia (ponto 7), oeste do Medianeira (ponto 6), Patronato (ponto 8), Centro (pontos 1, 2 e 3), sul do Passo D'areia (ponto 9), E/NE do Juscelino Kubitschek (ponto 18) e extremo leste do Salgado Filho (ponto 11), registraram temperaturas entre 29° e 30°C (representado pelas cores laranja e vermelho na Figura 24B).

Observa-se que, com exceção da área menos aquecida na parte mais central, a cidade como um todo registrou temperaturas com valores muito próximos, apresentando amplitude térmica de apenas 2°C, reflexo do processo de aquecimento Pré-Frontal que toda a região estava submetida, bem como da atuação do Vento Norte de forte intensidade, que atuou como dissipador das respostas térmicas da superfície, contribuindo para a homogeneização das mesmas.

Às 15 horas, a configuração do campo térmico já apresentava significativa alteração, apesar da amplitude térmica intra-urbana ser de apenas 3,5°C, conforme pode ser visto na Figura 24C.

A “faixa térmica” de menores temperaturas da área central da cidade dos horários anteriores (9h e 12h), devido ao maior aquecimento e ganho de calor por parte dos materiais urbanos, já havia se dissipado, reduzindo-se a apenas dois pontos: ao norte, no bairro Itararé (ponto 14), parcialmente protegido da insolação direta e da ação do Vento Norte pelo rebordo do Planalto; ao sul, no bairro Nossa senhora de Lourdes (ponto 5), situado na vertente sul do “festão colinoso”, favorecendo também a menor incidência solar direta e a ação do vento quente. O resultando são “Ilhas de Frescor

Urbano” (Oke, 1982), com magnitude de -2°C , onde as temperaturas do ar variaram entre 29° e 30°C .

A cidade como um todo apresentava grande aquecimento de sua superfície e por consequência do ar, resultado do domínio Pré-Frontal. Porém, os bairros situados a W/SW e as áreas mais baixas, próximas aos arroios Cadena e Cancela, se destacaram como áreas muito quentes, cujas temperaturas variaram entre $31,5^{\circ}\text{C}$ e $32,5^{\circ}\text{C}$ (cores marrom-claro e marrom-escuro na Figura 24C). Correspondem aos bairros Urlândia (ponto 7), sul do Patronato (ponto 8) e Centro (ponto 3), oeste do Medianeira (ponto 6), Passo D’areia (ponto 9), Salgado Filho (ponto 11) e Perpétuo Socorro (ponto 13) e leste do Km3 (ponto 15).

O bairro Centro (ponto 2), neste horário, já despontava com uma pequena “Ilha de Calor” de fraca intensidade, com magnitude de apenas 2°C , em virtude do maior adensamento urbano, presença de edificações mais elevadas, maior fluxo de veículos e pessoas e esparsa presença de vegetação, de acordo com os postulados da literatura nacional e internacional (Oke, 1982; Lombardo, 1985; Mendonça, 1994 entre outros).

A Cohab Tancredo Neves também registrou temperaturas muito elevadas variando entre 32°C e $32,5^{\circ}\text{C}$ (representados na Figura 24C em marrom-escuro), devido à morfologia mais suave e baixa altimetria, que favorecem a incidência solar direta, bem como aos padrões e estruturas urbanas citadas anteriormente.

Às 18 horas, a quantidade de radiação solar incidente na superfície já era menor e, como efeito disso, a superfície urbana estava em processo de liberação do calor armazenado durante o dia, registrando uma diminuição

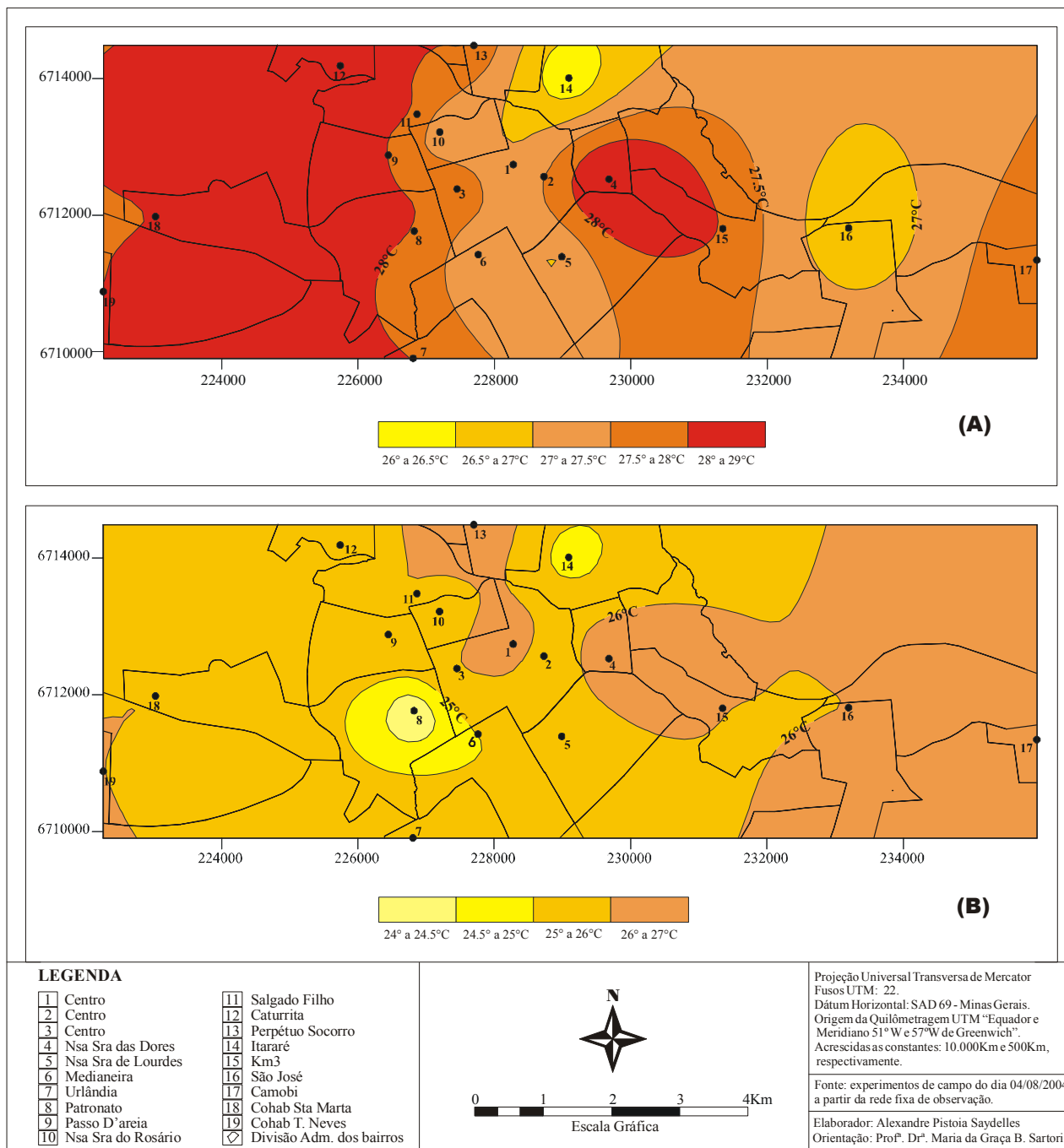


FIGURA 25: O campo térmico de Santa Maria-RS, do dia 04/08/2004 (A: 18, B: 21h).

do aquecimento urbano, pois as temperaturas variaram entre 26°C nas áreas menos aquecidas até 29°C nas mais quentes (Figura 25A).

O resultando foi uma pequena amplitude térmica intra-urbana de apenas 3°C, em virtude da atuação do Vento Norte na dissipação do calor e padronização das temperaturas sobre toda a cidade.

No entanto, devido à movimentação diária aparente do Sol de leste para oeste, as áreas mais aquecidas da cidade continuavam sendo os bairros situados à oeste da cidade, agora intensificados pela posição do Sol, no poente, favorecendo a maior incidência dos raios solares neste setor da cidade do que nos demais.

Assim, os bairros Cohab Tancredo Neves (ponto 19), Juscelino Kubitschek (ponto 18), Caturrita (ponto 12), oeste do Salgado Filho (ponto 11), Passo D'areia (ponto 9), Patronato (ponto 8) e Urlândia (ponto 7) apresentaram as temperaturas mais elevadas, entre 28° e 29°C, (representados em vermelho na Figura 25A).

Extensa “faixa” de temperaturas mais baixas, entre 27,5° e 28°C (em laranja-escuro), estendida no sentido N/S da cidade, definiu-se abrangendo o extremo leste dos bairros Patronato (ponto 8), Passo D'areia (ponto 9), Salgado Filho (ponto 11) e Perpétuo Socorro (ponto 13), e o extremo oeste dos bairros Nossa Senhora do Rosário (ponto 10), Centro (ponto 3), Medianeira (ponto 6) e Urlândia (ponto 7). Esta “faixa” acompanha o trajeto da Av. Borges de Medeiros, resultado da homogeneidade das características geourbanas e geoecológicas (Figura 25A) .

O centro-sul do bairro Nossa Senhora das Dores (ponto 4), N/NE do Nossa senhora de Lourdes e oeste do Km3 (até o trevo do Castelinho, acompanhando a Av. das Dores), apresentaram-se também como uma

ampla área de temperaturas mais elevadas entre 28° e 29°C (em vermelho na Figura 25A), resultante das altimetrias mais elevadas (entre 130m no ponto 4 e 115m no ponto 15), que expõem mais a superfície à incidência direta dos raios solares do poente, e principalmente do intenso fluxo de veículos na Av. das Dores até o centro da cidade, neste horário.

O bairro Nossa Senhora das Dores é mais aquecido por apresentar a maioria de suas vertentes voltadas para o quadrante oeste, que recebe intensa insolação direta neste horário da tarde, favorecendo ainda mais a elevação das temperaturas do ar e comprometendo o conforto térmico no verão (Saydelles & Sartori, 2004). Porém, no inverno, atuaria no sentido contrário, amenizando a sensação de desconforto térmico gerado pela baixas temperaturas.

No entanto, os bairros Itararé (ponto 14) e Km³ (ponto 16), registraram as menores temperaturas neste horário, atuando como “Ilhas de Frescor Urbano” (Oke, 1982), de fraca magnitude (-1,5°C a -2°C, respectivamente), resultado da maior densidade de vegetação, que utiliza a maior parte do calor armazenado durante o dia nos processos de fotossíntese e evapotranspiração. Porém, devido à atuação do Vento Norte, esta diferença em relação às áreas centrais mais urbanizadas não foi tão significativa.

As demais áreas, representadas pela cor laranja-claro na Figura 25A, apresentaram temperaturas intermediárias, entre 27° e 27,5°C.

Às 21 horas, período em que a superfície urbana já se encontra em processo de resfriamento pela liberação do calor armazenado durante o dia, constatou-se o contrário do encontrado na literatura nacional e internacional, ou seja, a área mais central da cidade, de maior densidade

urbana e populacional e menor presença de cobertura vegetal do tipo arbórea e gramíneas, não registrou as temperaturas mais elevadas, que permitiriam a formação de “Ilhas de Calor Urbano”.

Neste sentido, ao se analisar a Figura 25B, observa-se que a cidade registrou um campo térmico em que as respostas térmicas dos elementos urbanos apresentaram-se homogêneas, com uma amplitude intra-urbana de apenas 3°C. Certamente é resultado da atuação do “Vento Norte”, que dissipou e dispersou o calor liberado pelas estruturas urbanas ao longo de toda a cidade, que neste horário ainda era de grande intensidade, conforme pôde ser visto anteriormente nos gráficos da Figura 22.

Observa-se na Figura 25B que os bairros situados a leste da cidade, a partir do Nossa Senhora das Dores (ponto 4), apresentaram as maiores temperaturas, entre 26° e 27°C (representado pela cor laranja-claro), bem como a Cohab Tancredo Neves (ponto 19), Perpétuo Socorro (ponto 13) e o ponto 1 do bairro Centro.

Os bairros Patronato (ponto 8) e Itararé (ponto 14) registraram as menores temperaturas e destacaram-se como “Ilhas de Frescor Urbano”, de fraca intensidade (entre -2°C e -1,5°C, respectivamente), oriundos da presença de vegetação. Os demais bairros da cidade apresentaram o mesmo padrão térmico, entre 25° e 26°C (cor amarelo-escuro na Figura 25B), fruto do intenso aquecimento ao qual a cidade esteve submetida, pela atuação da Massa Polar Velha em fase Pré-Frontal e do “Vento Norte” que dissipou as respostas térmicas da superfície.

Desta forma, constata-se que sob condições Pré-Frontais e principalmente com o estabelecimento do “Vento Norte” bem definido, de

forte intensidade, tipo de tempo típico nos invernos santamarienses, o campo térmico apresenta-se mais homogeneizado quanto a sua configuração, sobretudo à noite, período em que os elementos urbanos liberam todo calor armazenado durante o dia, alterando as relações energéticas e as trocas térmicas entre a superfície e a atmosfera sobrejacente, com pequenas exceções.

6.3.3 – Experimentos de Campo do dia 10/08/2004: Análise das Condições Atmosféricas.

No segundo trabalho de campo, realizado no dia 10/08/2004, as condições sinóticas do RS eram controladas pela atuação de uma Massa Polar Atlântica (M. P. A.), que impôs à área estudada suas características dominantes, conforme será visto.

Assim, com base na interpretação do gráfico de análise rítmica da Figura 26, observa-se que no dia 05/08/2004 a região ainda apresenta condições de tempo de domínio Pré-Frontal, imposta pela presença de uma Frente Polar Atlântica no sul do RS. A situação Pré-Frontal proporcionava grande aquecimento da superfície e por conseqüência no ar. A pressão atmosférica era de 1003mb, e as temperaturas variaram entre 21,2°C e 30,4°C (Figura 26). A região central do Estado (área de estudo) ainda mantinha-se sob a influência de uma Massa Polar Velha (M.P.V.), intensificada pela presença deste sistema de baixas pressões.

À noite (24h GMT), a Frente alcança a latitude de Santa Maria-RS, proporcionando poucas precipitações (3,2 mm), conforme pode ser visto na Figura 26.

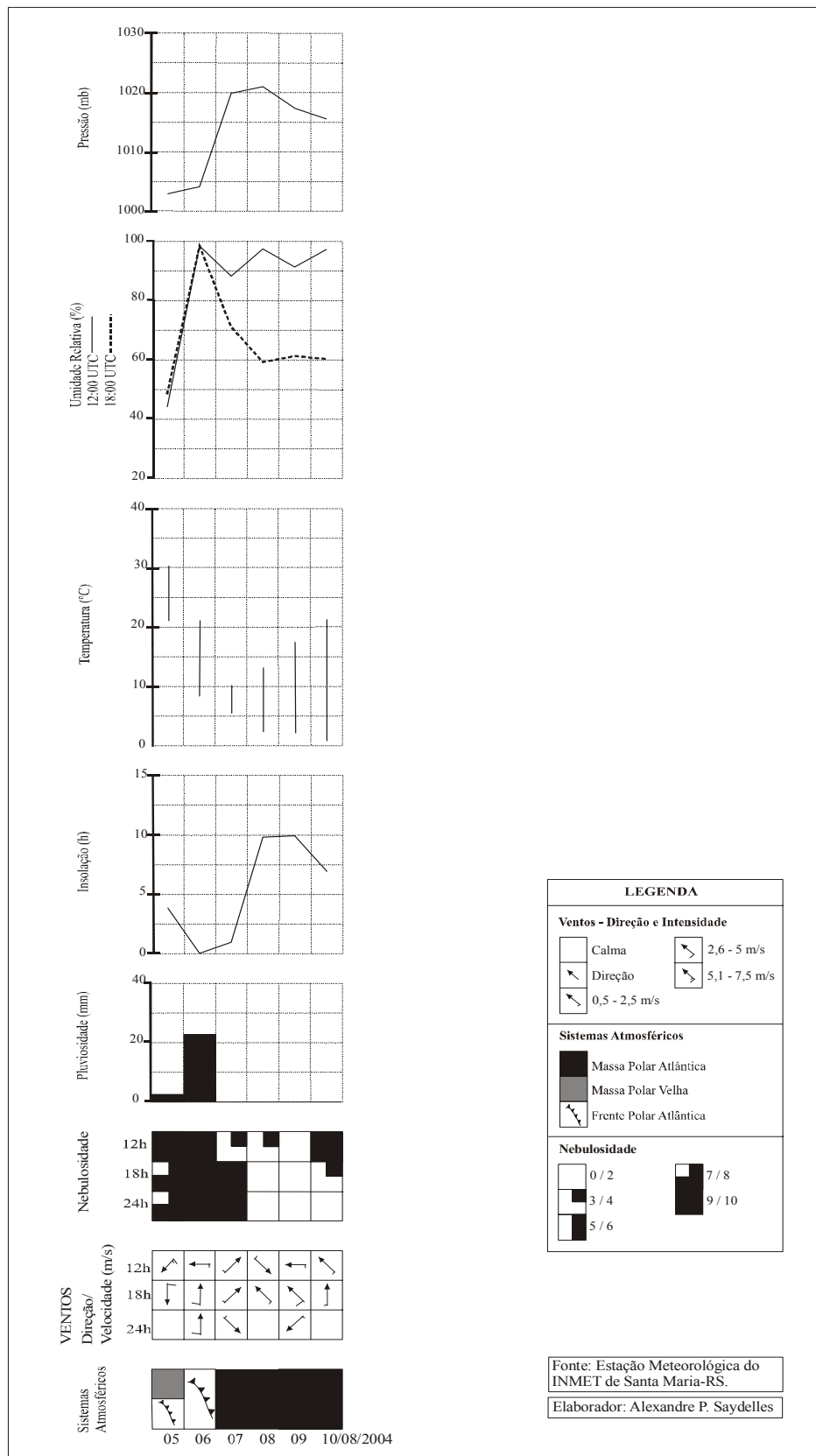


FIGURA 26: Análise das condições atmosféricas nos dias 05 a 10/08/2004.

O “Vento Norte” nesse dia era muito intenso e atingiu a velocidade de 7,5 e 5,0 m/s às 12h e 18h GMT, respectivamente. Por conta do elevado aquecimento e da imposição do Vento Norte, muito seco e quente, a umidade relativa do ar era muito baixa e variava entre 48% e 44% às 12h e 18h GMT.

No dia 06/08/2004, o RS estava sob total domínio da Frente Polar Atlântica, que se estendia desde o Estado até o Oceano Atlântico, proporcionando instabilidade do tempo. A pressão atmosférica era de 1009mb e as temperaturas do ar já eram mais baixas (entre 8,5°C e 21,2°C), proporcionando sensação de alívio térmico. As precipitações ocorreram durante todo dia e atingiram um total de 27mm elevando a umidade relativa do ar para 98% (Figura 26). O sistema de ventos invertera-se de direção e passa a ser de sul, com forte intensidade (entre 3 e 3,3m/s).

No dia 07/08/2004, a Frente Polar já havia se deslocado para Santa Catarina, e o RS se encontrava sob o domínio de uma nova Massa Polar Atlântica (M.P.A.), a qual proporcionava estabilidade do tempo. A pressão atmosférica era muito alta e atingiu 1019,8mb às 12hs. As temperaturas do ar decaíram drasticamente e variaram entre 5,7°C e 10,2°C. A umidade relativa do ar era de 88% às 12hs e de 71% às 18hs GMT. Os ventos eram do quadrante sul de moderada intensidade (Figura 26).

No dia 08/08/2004, as características meteorológicas da região não se alteraram, pois a M.P.A. ainda controlava as condições atmosféricas, proporcionando tempo bom e céu limpo, favorecendo a entrada de energia na superfície. A pressão atmosférica elevou-se ainda mais e atingiu os 1021,1mb. Por consequência, as temperaturas diminuiram ainda mais e a

mínima foi de 2,5°C e máxima de 13,2°C (Figura 26). Os ventos, às 18h GMT, passaram do quadrante W para o E, em virtude do posicionamento do Anticiclone Polar no Oceano Atlântico.

No dia 09/08/2004, a Região Sul como um todo estava sob o domínio da M.P.A. proporcionando tempo bom. No entanto, a pressão atmosférica diminuiu e atingiu 1017,4mb às 12h GMT. As temperaturas do ar variaram entre 2,3°C e 17,6°C, a umidade relativa do ar era de 91% (12h) e 61% (18hs) e os ventos eram do quadrante E, de moderada intensidade.

No dia 10/08/2004, dia em que ocorreu a segunda etapa dos experimentos de campo, através da rede fixa de observação, a região central do Estado ainda estava sob a influência da Massa Polar Atlântica, que controlava as características meteorológicas. A Frente Polar Atlântica, que atingira a região, encontrava-se em frontólise na latitude da Bahia (Figura 27). A pressão atmosférica era de 1015,6mb e as temperaturas ainda mantinham-se muito baixas, variando entre 1°C (mínima) e 21,4°C (máxima). Às 12h GMT, a Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM, registrava 6,2°C, enquanto às 18h e 24h GMT as temperaturas eram de 21°C e 4,4°C, respectivamente. A elevação da temperatura máxima durante o dia, deveu-se ao céu limpo na região, proporcionando forte insolação na superfície da área em estudo, apesar do nevoeiro pela parte da manhã na maioria das áreas mais baixas e vegetadas da cidade, principalmente as situadas à leste e oeste da malha urbana.

A umidade relativa do ar, às 12h e 18h GMT, era de 97% e 60%, respectivamente. Os ventos oriundos de SE e S apresentavam fraca intensidade, e à noite era de calmaria, essencial para a formação das “ilhas de calor”, segundo a literatura nacional e internacional, pois sob estas

condições os elementos urbanos liberam para a atmosfera sobrejacente todo calor armazenado durante o dia, proporcionando a elevação das temperaturas nas áreas mais densamente urbanizadas.

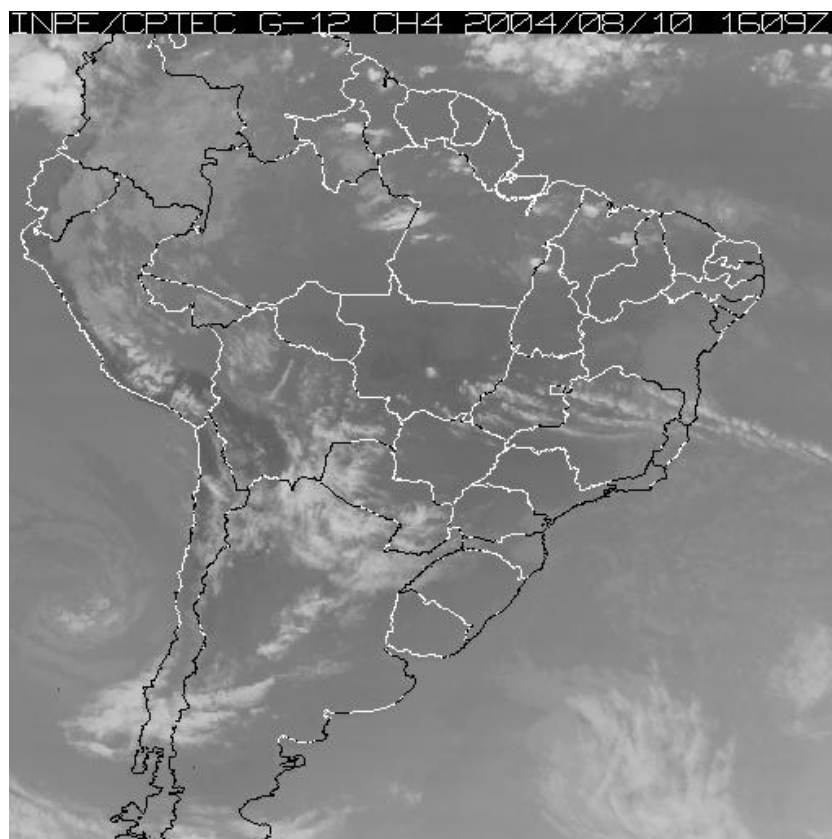


FIGURA 27: Imagem do Satélite GOES-12, no infravermelho, do dia 10/08/2004 às 16h GMT.

Fonte: “Sítio Virtual” do CPTEC/NPE. (www.cptec.inpe.br).

6.3.4 – Experimentos de Campo do dia 10/04/2004: Análise do Campo Térmico e das Ilhas de Calor Urbano sob Condições de Tempo de Domínio Polar.

Os cartogramas contidos nas Figuras 28 (A, B e C) e 29 (A e B) representam a espacialização das temperaturas do ar em Santa Maria sob domínio das condições atmosféricas de uma Massa Polar Atlântica (M.P.A.), no dia 10/08/2004, obtidas nos experimentos de campo junto à malha urbana, a partir da rede fixa de observação (mini-abrigos meteorológicos).

Ao analisar-se o cartograma da Figura 28A, o qual representa a espacialização do comportamento térmico da cidade, às 09 horas da manhã, constata-se que houve elevada amplitude térmica intra-urbana (9°C), que se deve a dois bairros situados no setor leste da cidade: o bairro Km3 (ponto 15), que registrou a temperatura mais elevada neste horário de observação, em torno dos 15°C , e o bairro Camobi (ponto 17), que apresentou a menor temperatura do dia, em torno dos 6°C (Figura 28A).

Em virtude da movimentação diária aparente do Sol, pela manhã o mesmo encontra-se a leste da cidade. Assim, os bairros localizados neste quadrante são privilegiados em relação aos demais por receberem a radiação solar primeiro.

No entanto, alguns destes bairros situados à leste da malha urbana, apresentam elevada concentração de vegetação (tipo arbórea e gramíneas), bem como baixa altitude, em torno dos 80 metros, o que favorece a formação de nevoeiros, no período da manhã, o que determinou temperaturas muito baixas, de apenas 6°C no bairro Camobi (ponto 17),

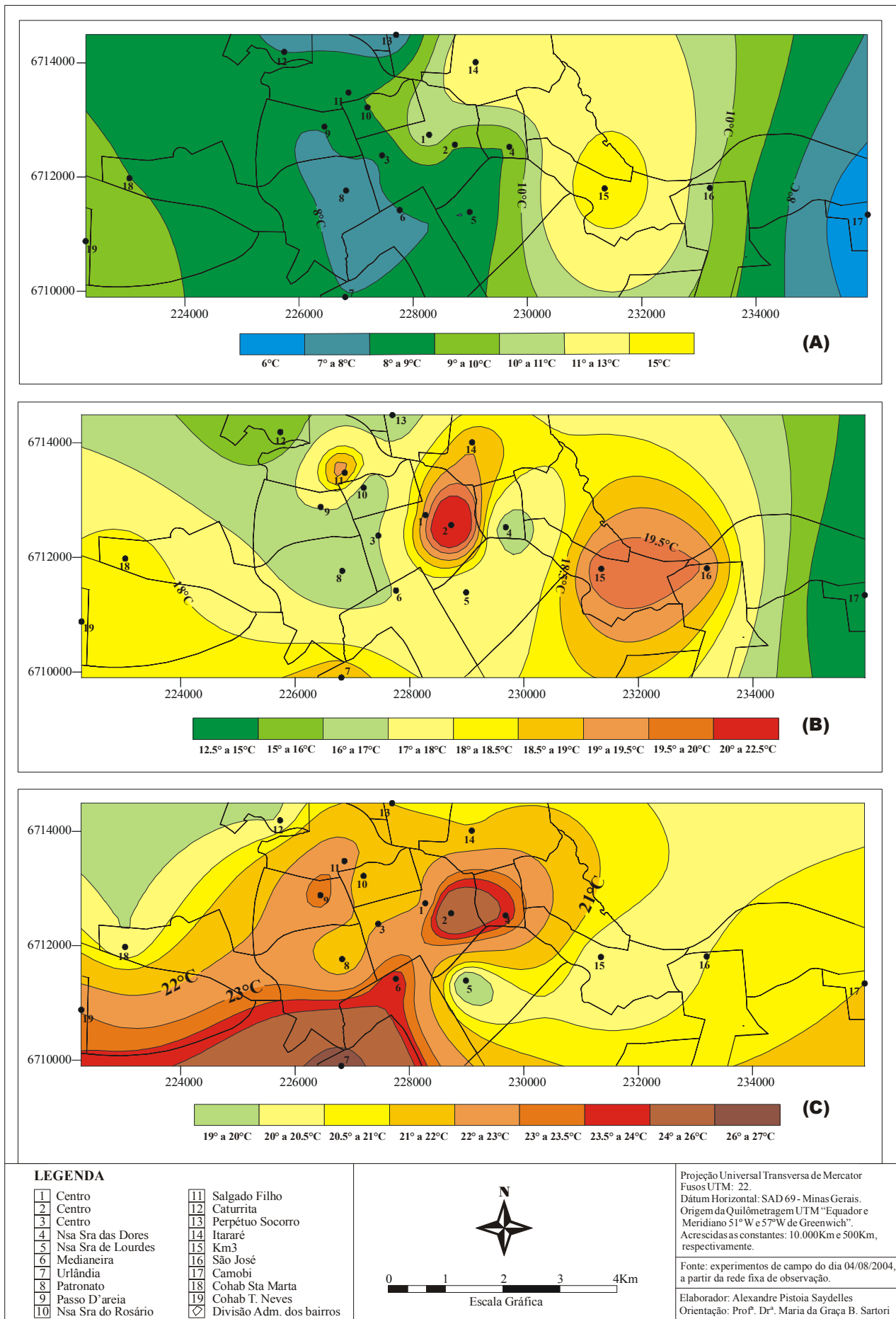


FIGURA 28: O campo térmico de Santa Maria-RS, do dia 10/08/2004 (A: 09h, B: 12h, C: 15h).

representado pela cor azul na Figura 28A. O mesmo valor foi registrado na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM. Os bairros São José (ponto 16) e Km3 (ponto 15), em virtude de suas altimetrias mais elevadas em relação ao bairro Camobi (entre 100 a 110 metros de altitude, respectivamente) variando entre 9° e 10°C, para o primeiro, e 15°C, para o segundo (representados nas cores verde e amarelo na Figura 28A, respectivamente).

O bairro Km3 (ponto 15), além de situar-se numa área cujas cotas altimétricas são mais elevadas, favorecendo a ventilação e dissipação dos nevoeiros, apresenta também um intenso fluxo de veículos, e no local onde o mini-abrigo foi instalado não há vegetação, somente superfícies construídas, conforme descrito no Capítulo III dos Procedimentos Metodológicos. Este fato contribui para a formação de uma “Ilha de Calor” com elevada magnitude, em torno dos 5°C, já nas primeiras horas da manhã.

Os bairros João Goulart e Itararé (ponto 14), que na condição Pré-Frontal analisada anteriormente apresentavam-se como locais mais amenos, agora sob domínio de uma M.P.A. apresentaram temperaturas mais altas pela manhã, entre 11° e 13°C (em amarelo-claro na Figura 28A), em decorrência de sua altimetria um pouco mais elevada (em torno de 140 metros), que permite maior incidência solar direta.

Os bairros Urlândia (ponto 7), Medianeira (ponto 6), Patronato (ponto 8) e Passo D’areia (ponto 9) apresentaram temperaturas mais baixas, entre 7° e 8°C (representados pela cor azul-claro na Figura 28A), certamente em função de suas altimetrias mais baixas (entre 80 a 100 metros) e também pela significativa presença de vegetação arbórea e gramíneas nas ruas,

pátios e quintais das casas. O mesmo valor foi registrado para os bairros Caturrita (ponto 12) e Perpétuo Socorro (ponto 13), que apesar de situarem-se em locais onde as altitudes são maiores (125m e 111m, respectivamente), o que de certa forma permitiria uma maior incidência solar direta neste horário, apresentam-se parcialmente protegidos pelo Rebordo do Planalto, que atua como obstáculo à insolação.

Observa-se na Figura 28A que o bairro Centro apresentou uma diferenciação térmica intra-urbana elevada, em torno de 3°C, fruto de suas diferentes características naturais (altimétrica e orientação das vertentes), bem como do uso e ocupação do solo. Assim, o ponto 3, apesar de estar em área densamente urbanizada e não apresentar edificações muito elevadas, ser predominantemente de uso residencial, com presença de vegetação arbórea, registrou temperatura entre 8° e 9°C (em verde na Figura 28A). No entanto, o ponto 1, localizado em frente à Brasil Telecom, local densamente urbanizado, com predomínio de edificações mais altas (acima de 4 pavimentos), esparsa presença de vegetação e intenso fluxo de veículos e pessoas, registrou 11°C (verde-claro na Figura 28A).

Outro importante fator que contribuiu para o estabelecimento desta diferenciação térmica é a orientação das vertentes, pois o ponto 3 (Centro) situa-se na vertente oeste do “festão colinoso mais elevado” e neste horário não recebe a insolação direta em sua superfície, o que não contribui para a elevação das temperaturas. No entanto, o ponto 1 localiza-se na área mais elevada do sítio urbano, favorecendo a incidência solar direta.

A importância da orientação das vertentes na configuração do campo térmico também foi enfatizado por Mendonça (1994), no estudo do clima

urbano de Londrina-PR, onde as vertentes voltadas para o quadrante norte registraram as maiores temperaturas do que as orientadas para o sul.

As Cohab Tancredo Neves (ponto 19) e Santa Marta (ponto 18), registraram temperaturas intermediárias, entre 9° e 10°C (em verde-médio na Figura 28A), favorecidas pela morfologia suave e altimetria mais baixa, bem como pela inexistência de edificações elevadas, possibilitando a incidência solar direta.

Às 12 horas, a configuração do campo térmico apresentou significativa alteração, conforme pode ser observado na Figura 28B, resultante do maior aquecimento dos materiais urbanos, já que o céu estava límpido permitindo máxima insolação (Figura 26) e proporcionando elevada amplitude térmica intra-urbana, de 10°C, entre o centro da cidade e as áreas mais periféricas. Estes índices são superiores a muitas capitais do País e do Mundo, conforme pôde ser visto no Quadro 2, apresentado anteriormente⁴.

Assim, no bairro Centro (ponto 2), área densamente construída e com elevada concentração urbana e populacional (entre 7.413 a 9.555 Hab/Km²), destinado ao uso residencial e comercial, com relativa presença de vegetação, sobretudo nos pátios das casas, situado na vertentes leste do “*festão colinoso mais elevado*” numa altitude de 132 metros, local de intenso fluxo de veículos e pessoas, registrou a formação de uma “*ilha de calor urbano*” de forte intensidade, com magnitude de 7°C, conforme pode ser observado na Figura 28B.

Os bairros Km3 (ponto 15) e São José (ponto 16), também apresentaram temperaturas elevadas, entre 19,5° e 20°C (cor laranja-escuro

⁴ Ver Capítulo II – Revisão da Literatura – pág. 36, Quadro 2.

na Figura 28B), evidenciando a formação de uma pequena ilha de calor de fraca intensidade, com magnitude de aproximadamente 2°C.

Os bairros mais periféricos, destinados exclusivamente ao uso residencial e com significativa presença de cobertura vegetal do tipo arbórea e gramíneas, registraram as temperaturas mais baixas. Neste caso, têm-se Camobi (ponto 17), que registrou temperaturas entre 12,5° e 15°C (em verde), e Caturrita (ponto 12), entre 15° e 16°C (verde-médio); os bairros Patronato (ponto 8), Centro (ponto 3), Passo D'areia (ponto 9), Nossa Senhora do Rosário (ponto 10) e Perpétuo Socorro (ponto 13) registraram temperaturas entre 16° e 17°C (verde-claro na Figura 28B).

No entanto, os bairros Salgado Filho (ponto 11) e Urlândia (ponto 7), apresentaram temperaturas mais elevadas entre 18,5° e 19°C (representados em cor amarelo-escuro na Figura 28B), e comportaram-se como pequenas ilhas de calor, de fraca intensidade.

No bairro Nossa Senhora das Dores (ponto 4), também houve registro de temperaturas mais baixas, entre 16° e 17°C (verde-claro na Figura 28B), que individualizaram uma pequena “Ilha de Frescor” na área central mais aquecida da cidade, mas de fraca intensidade.

Este tipo de perfil térmico configurado pela cidade aproxima-se do estabelecido por Oke (1978), exposto na Figura 4⁵ onde o *cume* (Peak) da ilha de calor corresponde ao CBD da cidade, e à medida que há um maior afastamento do centro em direção à periferia há gradativa diminuição dos valores térmicos, correspondendo à *planície* (Plateau) e a *ladeira* (Cliff).

Às 15 horas, a área urbana como um todo apresentava máximo aquecimento do ar, resultante da maior entrada de energia solar. Em função disto, registrou-se uma elevada amplitude térmica intra-urbana de 8°C.

⁵ Ver Capítulo II – Revisão da Literatura – pág. 32.

Assim, o local mais aquecido da cidade correspondeu ao bairro Urlândia (ponto 7), onde as temperaturas atingiram os 27°C, conforme pode ser visto na Figura 28C.

A área mais central da cidade, envolvendo os bairros Centro (ponto 2) e Nossa Senhora das Dores (ponto 4), também apresentaram temperaturas elevadas, entre 24 e 26°C (em marrom-claro na Figura 28C), proporcionando a formação de uma “Ilha de Calor” de intensidade moderada, com apenas 3°C de magnitude.

Observa-se a importância da movimentação diária aparente do Sol de E para W, pois no período da manhã os bairros situados à leste da malha urbana foram privilegiados em relação aos demais, recebendo a incidência solar primeiro. Porém, às 12h, o Sol já se encontra posicionado no quadrante norte em relação à cidade, proporcionando maior aquecimento nos bairros situados no centro e norte da cidade; os situados no extremo norte do perímetro urbano estão parcialmente protegidos da insolação direta pelo Rebordo do Planalto. Outro importante condicionante às elevadas temperaturas na área central da cidade é o fato de os bairros Centro e Nossa Senhora das Dores apresentarem a maioria de suas vertentes orientadas aos quadrantes que recebem intensa insolação direta ao meio-dia e à tarde (N e W, respectivamente), favorecendo ainda mais a intensificação do calor nestas áreas (Saydelles & Sartori, 2004).

O registro de temperaturas mais elevadas no setor S/SW da cidade pode ser justificado por dois condicionantes que controlam o mesoclima citadino. Conforme destacado na análise do campo térmico de superfície, estas áreas além de possuírem morfologia suave e cotas altimétricas baixas, apresentam interflúvios bem definidos e vertentes alongadas em forma de

“coxilhas” onde predominam os campos, favorecendo a entrada de radiação solar direta na superfície. Inexistem obstáculos naturais, que proporcionariam sombreamento e amenização térmica. Também são circundadas por áreas rurais que no inverno ficam com solos desnudos ou expostos e secos, no período de entressafra, à espera dos plantios de milho, mandioca e, principalmente soja. Por apresentarem inércia termal superior à área urbana, intensificam o calor na camada de ar sobrejacente.

Ao se analisar a Figura 28C, percebe-se que a ventilação oriunda do quadrante sul parece desempenhar importante papel na configuração do campo térmico da cidade, pois o alinhamento (inflexão) das isolinhas orientadas no sentido S/N, sugere um deslocamento do calor latente das camadas de ar sobrejacentes aos solos rurais para o centro da cidade, intensificando ainda mais o próprio aquecimento dos materiais urbanos. A importância da ventilação no deslocamento de ar mais aquecido sobrejacente aos solos do entorno rural para áreas urbanas, também foi destacada com ênfase por Mendonça (1994).

Observa-se que os bairros que estão parcialmente protegidos da insolação direta apresentaram temperaturas mais amenas, como é o caso do bairro Caturrita (ponto 12), que registrou temperatura entre 19° e 20°C (cor verde-claro na Figura 28C), atuando como uma “Ilha de Frescor Urbano” (Oke, 1982), de fraca intensidade, com magnitude de apenas -2°C.

O mesmo pode ser dito em relação ao bairro Nossa Senhora de Lourdes (ponto 5), que apresentou temperaturas entre 19° e 20°C, também dando origem a uma “Ilha de Frescor” com -3°C de magnitude, provavelmente em função de seu posicionamento na vertente sul do “festão colinoso mais elevado”, estando parcialmente protegido da insolação

direta, bem como pela presença dos morros testemunhos do Cerrito e Cardoso (Mariano da Rocha), que amenizam a temperatura do ar nos locais próximos a eles pelas trocas térmicas que realizam.

Os demais bairros situados na zona oeste, centro-oeste, norte e leste da cidade apresentaram temperaturas intermediárias entre 21° e 23,5°C (representados nas cores amarelo-escuro e laranja-claro na Figura 28C).

Às 18 horas, o campo térmico da cidade ainda manifestava a intensificação do influxo de calor, oriundo do quadrante sul da cidade pelo efeito da ventilação, também favorecido pelo posicionamento do Sol, agora a oeste da cidade.

A amplitude térmica intra-urbana foi a menor do dia, apenas 5°C, motivada pela baixa entrada de energia solar neste horário do pôr-do-sol. As áreas mais aquecidas da cidade ainda correspondiam à área central e ao bairro Urlândia (ponto 7), e as menos aquecidas eram os bairros situados à leste da malha urbana (Figura 29A).

Na área central da cidade houve registro de uma “Ilha de Calor” de fraca intensidade, apenas 2°C de magnitude, em virtude da diminuição da liberação do calor armazenado pelos materiais urbanos durante o dia para a atmosfera. O cume de maior temperatura foi no bairro Nossa Senhora das Dores (ponto 4), que atingiu 20°C (Laranja-escuro na Figura 29A), provavelmente em virtude de sua altimetria elevada (média de 150m), já que as edificações mais altas são em menor número, facilitando a entrada de energia solar do quadrante oeste. Como também apresenta a maioria de suas vertentes voltadas para os quadrantes N e W, recebe intensa insolação

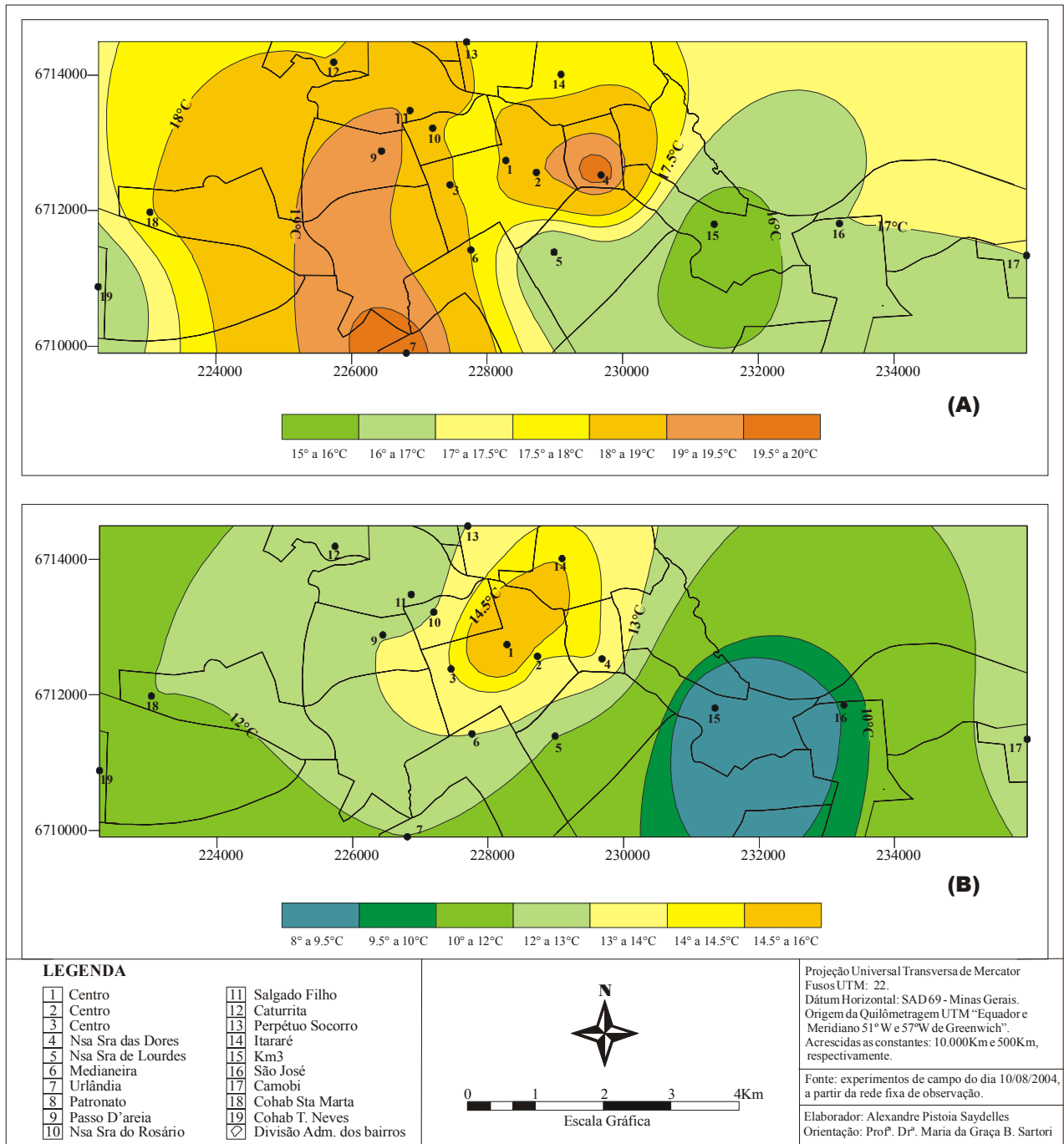


FIGURA 29: O campo térmico de Santa Maria-RS, do dia 10/08/2004 (A: 18h, B: 21h).

direta ao meio-dia e à tarde, como destacado por Saydelles & Sartori (2004).

Conforme a Figura 29A, esta pequena “Ilha de Calor” abrangeu, além da totalidade do bairro Nossa Senhora das Dores, parte do Centro (ponto 1 e 2), sul do Itararé (ponto 14), oeste do João Goulart e Km3 (ponto 15) e norte do Nossa Senhora de Lourdes (ponto 5), com temperaturas de 18° a 19°C (amarelo-escuro na Figura 29A)

Os bairros situados a oeste da malha urbana também apresentaram temperaturas elevadas, desde o bairro Urlândia (ponto 7), que registrou o ápice térmico entre 19,5 a 20°C (laranja-escuro), até os situados mais ao norte da cidade, que registraram temperaturas entre 18° e 19°C (na cor amarelo-escuro na Figura 29A) , sendo eles: oeste do bairro Medianeira (ponto 6), oeste do Centro (ponto 3), oeste do Nossa Senhora do Rosário (ponto 10), Salgado Filho (ponto 22), oeste do Perpétuo Socorro (ponto 13), sul do Caturrita (ponto 12) e Cohab Santa Marta (ponto 18). O bairro Passo d’Areia registrou temperaturas entre 19° a 19,5°C (laranja-claro na Figura 29A).

Observa-se que não houve registro de temperatura no bairro Patronato (ponto 8) às 18h e 21h, por esquecimento do responsável (vigia do Cemitério Municipal) mas que não comprometeu as análises, pois os demais dados supriram esta lacuna.

Motivado pelo posicionamento do Sol a oeste da malha urbana, neste horário (18h), em função de seu movimento diário aparente, os bairros situados neste quadrante e os mais elevados na área central da cidade ainda recebiam radiação solar, responsável pelo aquecimento e elevação de suas temperaturas. No entanto, os bairros situados na zona leste da malha

urbana, não recebiam mais a radiação solar direta, e estavam em processo de liberação do calor armazenado durante o dia. Assim, apresentaram-se com menores temperaturas, entre 15° e 16°C (verde-médio na Figura 29A), no bairro Km3 (ponto 15), e de 16° a 17°C (verde-claro), no São José (ponto 16), Pé-de-Plátano e Camobi (ponto 17).

Aliado ao posicionamento do Sol a oeste, que conferiu a estes bairros as menores temperaturas, soma-se os condicionantes naturais e urbanos dos mesmos, pois se caracterizam por apresentar densa cobertura vegetal (do tipo arbóreas e gramíneas), as quais utilizam a maior parte da radiação solar incidente durante o dia na realização dos processos de fotossíntese e evapotranspiração, sobrando muito pouco para o aquecimento do ar no final da tarde e noite (Oke, 1982; Lombardo, 1985; Mendonça, 1994; Spirn, 1995; entre outros). Além disso, estes bairros apresentam as menores densidades populacionais e urbanas da cidade, entre 225 e 1.589 Hab/Km² e entre 1.590 e 3.179 Hab/Km² (Figura 15).

Até então não havia sido considerado em nenhum trabalho consultado sobre a temática em estudo, tanto na literatura nacional como na internacional, a importância da movimentação diária aparente que o Sol realiza de E para W na configuração do campo térmico das áreas urbanas. Apenas foram enfocadas as diferentes características naturais e urbanas na constituição dos climas urbanos. No entanto, com a utilização desta metodologia, que empregou uma rede fixa de observação, abrangendo toda a área urbana e não apenas em função da heterogeneidade do sítio e do espaço urbano, é que foi possível acompanhar as respostas térmicas da cidade frente aos tipos de tempo oriundos da circulação atmosférica

regional e seus efeitos na ventilação local, e também a movimentação diária aparente do Sol, conforme já destacado.

Às 21 horas, a cidade já estava em pleno processo de resfriamento, em função da liberação do calor armazenado durante o dia pela superfície urbana. Assim, as respostas térmicas dos elementos urbanos estiveram condicionadas basicamente às diferentes formas de uso e ocupação do solo, bem como às características do sítio urbano.

Neste sentido, a cidade registrou elevada amplitude térmica intra-urbana de 8°C, conforme a Figura 29B.

As áreas menos aquecidas correspondem aos bairros localizados na zona leste da cidade, pela maior liberação de calor por parte de suas superfícies, sendo eles: Km3 (ponto 15) e São José (ponto 16), que apresentaram as temperaturas mais baixas, entre 8° e 10°C (cores azul e verde na Figura 29B), dando origem a uma “Ilha de Frescor Urbano” (Oke, 1982), de intensidade forte, com -4°C de magnitude. Outro fator que contribui para o estabelecimento das temperaturas mais baixas nestas áreas, conforme já mencionado, é a abundante concentração de vegetação (arbórea e gramínea) e a baixa densidade urbana e populacional (Oke, 1982; Spirn 1995; Taha, 1997; Givoni, 1998).

O bairro Centro, mais precisamente sua área mais central (ponto 1), registrou as maiores temperaturas, entre 14,5° e 16°C (amarelo-escuro na Figura 29B), coincidindo com a formação de uma “Ilha de Calor” de forte intensidade, com 4°C de magnitude, que abrangeu também o leste do bairro Nossa Senhora do Rosário (ponto 10), sul do Itararé (ponto 14) e, em menor intensidade, o oeste do Nossa Senhora das Dores (ponto 4).

Este perfil térmico urbano de Santa Maria-RS coincide com o hipotetizado por Oke (1982), onde o *cume* (Peak) da “ilha de calor” coincide com o CBD da cidade (Central Business District), área de maior densidade urbana e populacional, onde ocorre a maior parte das atividades humanas, como concentração comercial e prestação de serviços, bem como intenso fluxo de pessoas e veículos diariamente. Estes elementos, associados à escassa presença de áreas verdes, proporcionam o estabelecimento das temperaturas mais elevadas na área mais central da cidade. A *ladeira* (Cliff) do perfil térmico corresponde às áreas mais periféricas, onde foram registradas as menores temperaturas, na fronteira da cidade com a zona rural, estando relacionado com a maior concentração de vegetação e menor densidade urbana e populacional.

Desta forma, pode-se afirmar que o domínio de um sistema atmosférico de origem polar (M.P.A.), que conferiu a região céu limpo, calma e máxima insolação, favoreceu a formação de “Ilhas de Calor Urbano” de maiores intensidades, em todos os horários de observação e não apenas à noite, como afirmam a maioria dos estudos realizados.

CAPÍTULO VI

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Santa Maria-RS, assim como as demais cidades dos países em desenvolvimento, ainda hoje necessita de estudos de toda ordem, principalmente os voltados à compreensão de seus aspectos ambientais. Atualmente estes estudos assumiram maior importância, uma vez que a expansão das malhas urbanas ocorre paralelamente à degradação do meio-físico natural, comprometendo sensivelmente a qualidade de vida de seus habitantes.

Neste aspecto, as modificações impostas ao ambiente natural das cidades pelas atividades humanas deram origem a um clima tipicamente urbano, onde as ilhas de calor ou de frescor urbano aparecem como a mais notável expressão climática involuntária, decorrentes destas alterações.

Assim, no tocante a estas transformações, pode-se considerar que o presente trabalho contribuiu para um melhor entendimento das variáveis ambientais e climáticas da área em estudo, uma vez que seus objetivos eram analisar o campo térmico e os fenômenos das ilhas de calor urbano de Santa Maria-RS e seu entorno, relacionando suas oscilações térmicas e espaciais a partir da interação das variáveis urbanas e naturais, frente à imposição de tipos de tempos oriundos de condições sinóticas de fases Pré-Frontal e Domínio Polar, no inverno.

O grande desafio deste trabalho consistiu em adotar uma metodologia que empregasse tanto a termografia infravermelha (banda 6), para a análise

do campo térmico de superfície nas escalas de meso e topoclima, quanto experimentos de campo, para análise das Ilhas de Calor Urbano, realizados no interior da cidade.

Assim, a análise da cartografia térmica digital, obtida a partir do processamento da imagem do Satélite Landsat 7 ETM (banda 6 - resolução 60m) do dia 19/06/2002, de aproximadamente 10h, permitiu identificar que os fatores de ordem geográfica de parte do entorno da cidade, como relevo, cobertura vegetal, altimetria e uso dos solos rurais circunvizinhos controlam o mesoclima citadino.

Porém, ao nível de topoclima tem-se uma maior diversificação das respostas térmicas da superfície, em virtude dos usos e funções desenvolvidas no espaço urbano, bem como pelas próprias características do sítio. A posição do Sol em relação à área de estudo no horário do imageamento realizado pelo satélite também influenciou diretamente na configuração do campo térmico da área estudada. A amplitude térmica urbano-rural nesta escala de abordagem foi de 15°C, mesmo valor encontrado por Mendonça (1994), ao empregar a termografia infravermelha no estudo do campo térmico da cidade de Londrina-PR.

Ao se analisar a cartografia térmica digital topoclimática, constatou-se que a cidade apresentou quatro situações distintas quanto às respostas térmicas superficiais: *áreas mais aquecidas*, correspondendo aos bairros da zona oeste da cidade (Cohab T. Neves; Pq. Pinheiro Machado e Juscelino Kubitschek), com temperaturas entre 17° e 19°C; *áreas com temperaturas moderadas*, bairros situados na zona leste da cidade (Presidente João Goulart, Km3, São José, Pé-de-Plátano, Cohab Fernando Ferrari e Camobi), com temperaturas entre 15° e 18°C; *áreas com temperaturas*

brandas, correspondendo aos bairros situados no centro e sul da malha urbana (Salgado Filho, Nossa Senhora do Rosário, Passo D'areia, Patronato, Centro, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora de Lourdes, Medianeira, Urlândia, Tomazetti e Cerrito), os quais apresentaram temperaturas entre 13° e 17°C; *áreas com temperaturas baixas*, correspondendo aos bairros situados na zona norte da cidade, próximos ao Rebordo do Planalto (Caturrita, Chácara das Flores, Perpétuo Socorro e Itararé), com temperaturas entre 10° e 16°C.

A área central da cidade (correspondendo ao bairro Centro e parte de seu entorno), pela manhã (entre 9 e 10h) e sob o domínio de uma Massa Polar Atlântica (M.P.A.), apresentou temperaturas mais brandas (13° a 17°C), em função da maior verticalidade das edificações que proporcionam o sombreamento da superfície (áreas frias para o sensor do satélite). Este comportamento térmico corresponde aos resultados obtidos por Tarifa & Armani (2001), no estudo das unidades topoclimáticas para a cidade de São Paulo, bem como aos encontrados por Collischonn (1998), no estudo do campo térmico de superfície da Região Metropolitana de Porto Alegre-RS.

Apesar dos resultados obtidos com o emprego da termografia infravermelha (banda 6), restringirem-se especificamente ao momento do imageamento via satélite e sob determinadas condições de tempo, pode-se considerar que está constitui-se numa importante ferramenta auxiliar nos estudos de campo térmico, pois possibilita uma observação e análise detalhada do comportamento térmico dos diferentes elementos urbanos e naturais que compõem à área estudada como um todo, nas diferentes escalas de abordagens (meso e topoclima).

A partir da identificação das superfícies mais ou menos aquecidas pela utilização da termografia infravermelha, foram realizados experimentos de campo para a análise das oscilações das temperaturas do ar e das Ilhas de Calor Urbano. Este certamente consistiu no momento mais delicado e exaustivo da pesquisa, o qual sem o apoio de inúmeras pessoas e instituições que compuseram a rede fixa de observadores, contando com 19 mini-abrigos meteorológicos distribuídos pela maioria dos bairros da cidade, certamente não teria sido realizado.

No primeiro dia dos experimentos de campo (04/08/2004), o comportamento térmico da cidade ficou totalmente condicionado à circulação atmosférica de fase Pré-Frontal, com elevado aquecimento basal e do ar, e, sobretudo, à ação do “Vento Norte” de forte intensidade, que atuou como dispersor e homogeneizador das respostas térmicas dos elementos urbanos e naturais que compõem o quadro geográfico da área de estudo.

Durante a maior parte do dia, as áreas mais abertas e amplas apresentaram as maiores temperaturas, pois além de estarem mais expostas ao “Vento Norte” mais aquecido, permitiam a incidência solar direta em suas superfícies.

Em função disto, as áreas situadas no extremo oeste da cidade, registraram as temperaturas mais altas em boa parte do dia, reflexo de suas altimetrias mais baixas e morfologia mais suave em forma de “coxilhas”. Já a área mais central da cidade, até ao meio-dia, apresentou uma “faixa térmica” de menores temperaturas, estendida no sentido N/S. Esta configuração térmica foi favorecida em grande parte pela maior densidade de edificações mais altas no bairro Centro, que proporciona maior

sombreamento, e também pela maior presença de cobertura vegetal (do tipo arbórea), nos bairros circunvizinhos.

No entanto, durante à tarde, em virtude do maior aquecimento dos materiais urbanos, no bairro Centro houve a formação de uma pequena “Ilha de Calor Urbano” de fraca intensidade, apenas 2°C. À noite, quando se esperava a melhor definição da Ilha de Calor na área de maior densidade urbana e populacional da cidade (área central da cidade), pela liberação do calor armazenado durante o dia pelos elementos urbanos, em função da atuação do “Vento Norte” na dispersão e homogeneização das respostas térmicas não houve a formação deste fenômeno, contrariando o perfil térmico da Ilha de Calor Urbano, hipotetizado por Oke (1982).

No dia 10/08/2004, a fase era de Domínio Polar (Massa Polar Atlântica), responsável pelas baixas temperaturas, tempo bom, calma, céu limpo, e por conseqüência, máxima insolação.

Este tipo de tempo, aliado às características do sítio, uso e funções urbanas, densidades populacionais e movimentação diária aparente do Sol de E para W, foi responsável pela formação de “Ilhas de Calor Urbano” de forte magnitude e intensidade em todos os horários de observação e nos mais diversos locais, muitas vezes não coincidindo com a literatura nacional e internacional sobre a posição do centro da “Ilha de Calor”, pois nem sempre correspondeu ao CBD da cidade.

Já no primeiro horário de observação (9h), houve a formação de uma “Ilha de Calor” de forte magnitude (5°C) no bairro Km3, certamente em função de sua altitude mais elevada e pela posição do Sol (a leste), privilegiando os bairros situados nesta zona da cidade.

Às 12 horas houve o registro da maior amplitude térmica centro-periferia de 10°C, mesmo valor encontrado em outros estudos nas mais diversas capitais do mundo, responsável pela formação de uma “Ilha de Calor” de forte intensidade (7°C), no centro da cidade, coincidindo com o modelo proposto por Oke (1982), onde o *cume* (Peak) da Ilha de Calor deu-se na área mais densamente urbanizada (CBD).

Durante à tarde (15 e 18h) também foi registrado a formação do fenômeno das “Ilhas de Calor Urbano”, na área central da cidade. Porém, com diferentes intensidades e magnitudes (4° e 2°C, respectivamente).

Às 21h a configuração térmica da cidade foi a mais surpreendente, revelando a importância da movimentação diária aparente que o Sol realiza de E para W na definição do campo térmico urbano. Assim, em função da trajetória do Sol, as áreas situadas a leste da cidade, que também possuem elevada densidade vegetal e baixa urbanização, resfriaram mais rápido e durante a noite registraram uma significativa “Ilha de Frescor Urbano” de com a magnitude de -4°C. Em contraponto a isto, a área mais central da cidade, que apresenta a maior densidade populacional e urbana e menor presença de vegetação, estava em pleno processo de liberação do calor armazenado durante o dia e registrou a formação de uma grande “Ilha de Calor Urbano” com a intensidade de 4°C. Este fato coincide com os resultados obtidos na maioria dos estudos realizados, os quais revelam que as “Ilhas de Calor Urbano” destacam-se melhor à noite, sob as mesmas condições de tempo do dia estudado, como o modelo proposto por Oke (1982).

Assim, pode-se considerar que a metodologia empregada correspondeu positivamente aos objetivos propostos para o

desenvolvimento deste trabalho, pois permitiu a identificação das respostas térmicas do ambiente intra-urbana em toda a sua extensão, possibilitando a observação do comportamento das temperaturas do ar ao longo dos dias e entre os dois episódios analisados, evidenciando a importante participação da circulação atmosférica regional e sua interação com os elementos urbanos e naturais na constituição do campo térmico citadino.

Desta forma, diante das constatações das diferentes respostas térmicas na área urbana de Santa Maria e seu entorno, pode-se afirmar que o presente trabalho representa um estudo preliminar e, portanto, longe de considerar seus resultados como conclusivos, pois se faz necessário uma amostragem ainda maior, o que certamente poderá ser realizado em trabalhos futuros, na tentativa de uma maior compreensão da realidade climática de Santa Maria-RS e circunvizinhanças.

CAPÍTULO VII

8- BIBLIOGRAFIA

ANDREY, R.S. O Clima e a Arquitetura Brasileira. **Ciência e Natura**, v.1, n.1, p. 19-34, 2003.

ARANA, M. La Política Ambiental em Nivel Municipal: La Ciudad de Montevideo. **Ciência e Natura**, v.1, n.1, p. 121-126, 2003.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**, 3ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil S.A., 1991. 332p.

AZEVEDO, T. R. de. O Fluxo de Calor gerado pelas Atividades Humanas. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. de. (Orgs.). **Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP - (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 70-93, 2001.

BARIOU, R., LECAMUS, D. & LE HENAFF, F. **L'etalonnage des données**. Rennes: Centre Regional de télédétection/UHB/Rennes2, 1993.108p. (Dossiers de télédétection, n.8).

BEJARÁN, R.A. & CAMILLONI, I.A. Objective Method for Classifying Air Masses: An Application to the Analysis of Buenos Aires' (Argentina) Urban Heat Island Intensity. **Theoretical and Applied Climatology**, v.74, p. 93–103, 2003.

BELÉM, J. **História do Município de Santa Maria: 1797-1983**. Santa Maria :Ed. UFSM, 1989. 277p.

BIASI, M. de. **Cartas de Orientação de Vertentes: Confecção e Utilização**. São Paulo, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, n.4, p.3-14, 1977.

BOLFE, S.A. **A Expansão Urbana de Santa Maria, RS: Uma Avaliação da Adequabilidade do Uso do Solo**. 1997. 152f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1997.

BORNN,F. et ROCHON, G. **Précis de télédétection-** principes et methodes. Quebec: PUQ/AUPELF, v.1, 1992. 486 p.

BRANDÃO, A.M.P.M. **Tendências e Oscilações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro**. 1987, 319f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1987.

_____, **O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. 1996. 362f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, São Paulo, 1996.

CANTAT, O. **Teledetection Spatiale et Microclimats: Le cas de la Region d'Ile de France**. Paris: Institut d'Amenagement et d'Urbanisme de la Region d'Ile de France, 1987. 190p.

CARLETON, A.M. **Satellite Remote Sensing in Climatology**, London: Belhaven Press, 1991. 291p.

CARLOS, A.F. A. **A Cidade**. São Paulo: Contexto, 1992. 98p.

_____, **A (re)produção do Espaço Urbano**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, Edusp, 1994. 270p.

CARNAHAN, W. H. & LARSON, R.C. An Analysis of an Urban Heat Sink. **Remote Sensing Environment**, v.33, p. 65-71, 1990.

CHANDLER, T.J. **The Climate of London**. London : Hutchinson & Co. LTd, 1965. 292p.

CHORLEY, R.J. & BARRY. R.G. **Atmosfera, Tiempo y Clima**. Barcelona-Spain: Omega, S.A, 1972. 395p.

CHRISTOFOLETTI, A. (Org.). **Perspectivas da Geografia**. 2ªed. São Paulo: Difel, 1985. 318p.

CLARK, D. **Introdução à Geografia Urbana**. 2ªed, Rio de Janeiro: Bertrand,1991. 286p.

COLL,C. et.all. Temperature and Emissivity Separation from Calibrated data of the Digital Airborne Imaging Spectrometer. **Remote Sensing Environment**, v.76, p. 250-259, 2000.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre**: Uma Análise a partir da Interação das Variáveis Ambientais na Definição do Clima Local. 1998. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia/CFCH/UFSC, Florianópolis,1998.

CONTI, J.B. **Circulação** Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Lesnordeste Paulista. **Série Teses e Monografia**, São Paulo: USP/IGEOG. n.8, 1975.

CORRÊA, R.L. **O Espaço Urbano**. 4ªed, São Paulo: Ática, 1999. 94p.

CUNHA, A.P. & BRANDÃO, A.M.P.M. Diferenças Térmicas entre Estações Meteorológicas Urbano-Rural na Metrópole Carioca. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, VI., 1995, Goiânia. **Anais...**, Goiânia: Departamento de Geografia-UFG, 1995. p. 48-50.

CUNHA, R. **Meteorologia: Fatos & Mitos**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 268p.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Ilha Térmica em Porto Alegre. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre: AGB-PA, n.8, p. 33-48, 1980.

_____, **Aspectos Temporo-Espaciais da Temperatura e Umidade Relativa em Porto Alegre em Janeiro de 1982: Contribuição ao Estudo do Clima Urbano**. 1987. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1987.

DAVIS, R.E. et. all. Decadal Changes in Summer Mortality in U.S. Cities. **International Journal of Biometeorology**, v. 47, p.166-175, 2003.

DOUSSET, B. & GOURMELON, F. Satellite Multi-Sensor data Analysis of Urban Surface Temperatures and Landcover. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.58, p. 43-54, 2003.

ELIASSON, I. Urban Nocturnal Temperatures, Street Geometry and Land Use. **Atmospheric Environment**, v. 30, n.3, p. 379-392, 1996.

ESCOURROU, G. La Specificite du Climat de L'Agglomeration Parisienne. **Revue de Géographie de Lyon**, v. 65, v.2, p.85-89, 1990.

FARRET, F.A. Energia Solar e Conforto Ambiental. **Ciência e Natura**, v.1, n.1, p. 73-90, 2003.

FARRET, R.L. *et al.* **O Espaço e a Cidade: Contribuição à Análise Urbana.** São Paulo: Projeto, 1985.141p.

FEE- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA – **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul**, v.23, 1990.

FONZAR, B.C. A Circulação Atmosférica na América do Sul: Os Grandes Sistemas Planetários e Subsistemas Regionais que Atingem o Continente: Localização e Trajetórias. **Cadernos de Geografia**, n.11, p. 11-33, 1994.

FROTA, A.B. & SCHIFFER,S.R. **Manual de Conforto Térmico.** 2ªed. São Paulo: Nobel,1995. 243p.

FUKUOKA, Y. Biometeorological Studies on Urban Climate, **International Journal of Biometeorology**, v. 40, p.54-57, 1997.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo.** 4ª ed. Lisboa: Gulbenkian, 1961, 556p.

GEORGE, P. **Geografia Urbana.** São Paulo: Difel, 1983.236p.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design.** New York – USA: Vannostrand Reinhold, 1998. 463p.

_____, Impact of Planted Areas on Urban Environmental Quality: A Review. **Atmospheric Environment**, v. 25B, n.3, p. 289-299, 1991.

____, Climatic Aspects of Urban Design in Tropical Regions. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n.1, p.397-406, 1992.

GOLDREICH, Y. Urban Climates Studies in Israel – A Review. **Atmospheric Environment**, v. 29, n.4, p. 467-478, 1995.

GOMES, M.A.S. & AMORIM, M.C. de C.T. Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP). Instituto de Geografia/ PPGG/UFU, **Caminhos de Geografia**, v.7, n.10, p. 94-106. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html> Acesso em 5 Jul. 2003.

GÓMEZ, F., TAMARIT, N. & JABALOYES, J. Green Zones, Bioclimatics Studies and Human Comfort in the Future Development of Urban Planning. **Landscape and Urban Planning**, v.55, p. 151-161, 2001.

GOODRIDGE, J. D. Urban Bias Influences on Long-term California Air Temperature Trends. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n.1, p.1-7, 1992.

HANWELL, J.D. & NEWSON, M.D. **Techniques in Physical Geography**. Glasgow: University Press, 1973.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna**. São Paulo: Loyola, 1992. 349p.

HASENACK, H. **A Influência de Variáveis Ambientais sobre a Temperatura do Ar na Área Urbana de Porto Alegre.** 1986. 108f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - CPG/UFRGS, Porto Alegre, 1986.

HAUSER, P.M. & SCHNORE, L.F. **Estudo de Urbanização.** São Paulo: Pioneira, 1975. 520p.

HOLZ, M. **Do Mar ao Deserto: A Evolução do Rio Grande do Sul no Tempo Geológico.** 2ªed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003.142p.

HÖPPE, P. Aspects of Human Biometeorology in Past, Present and Future. **International Journal of Biometeorology**, v. 40, p.19-23, 1997.

HSU, S. Variation of an Urban Heat Island in Phoenix. **Professional Geographer**, v.36, n. 2, p. 196-200, 1984.

IBGE. **Manual do Recenseador.** Brasil, 2000.

ICHINOSE, T., SHIMODOZONO, K. & HANAKI, K. Impact of Anthropogenic Heat on Urban Climate on Tokyo. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 3897-3909, 1999.

JAUREGUI, E. La Isla de Calor en Toluca, Mexico. **Boletín del Instituto de Geografía**, n.9, p. 27-57, UNAM, 1979.

_____, Los Climas Urbanos Tropicales. In: CONFERENCIA TÉCNICA DE LA OMM sobre Climatología Urbana y sus Aplicaciones, particularmente en lo que se refiere a las Regiones Tropicales. 1984, Ciudad del México (Mex.). **Anais...**, Ciudad del Mexico: Organizacion Meteorologia Mundial, 1984.

JAUREGUI, E.; GODINEZ, L. & CRUZ, F. Aspects of Heat Island development in Guadalajara, México. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n.3, p. 391-396, 1992.

JESUS, E. F. R. **Espaço, tempo e escala em climatologia**. 1995. 204f. Tese (Doutorado em Geografia)–Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1995.

KIMURA, F. & TAKAHASHI, S. The Effects os Land-Use and Anthropogenic Heating on the Surface Temperature in the Tokyo Metropolitan Area: A Numerical Experiment. **Atmospheric Environment**, v. 25B, n. 2, p. 155-164, 1991.

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

LATHROP, R.G. & LILLESAND, T.M. Calibration of Thematic Mapper Thermal Data for Water Surface Temperature Mapping: Case Study on the Great Lakes. **Remote Sensing Environment**, v.22, p. 297-307, 1987.

LEE, H.Y. An Application of NOAA-AVHRR Thermal Data to the Study of Urban Heat Islands. **Atmospheric Environment**, v.27B, n.1, p. 1-13, 1993.

LI, Z.L., BECKER, F., STOLL, M.P. & WAN, Z. Evaluation of Different Methods for Extracting Relative Spectral Emissivity Information from Simulated Thermal Infrared Multispectral Scanner Data. **Remote Sensing Environment**, v.69, p. 122-138, 1999.

LINO, A. & HOYANO, A. Development of a Method to Predict the Heat Island Potential Using Remote Sensing, and GIS data. **Energy and Buildings**, v.23, p. 199-205. 1996.

LIVADA, I. et.all. Determination of Places in the Great Athens Area Where the Heat Island Effect is Observed. **Theoretical and Applied Climatology**, v.71, p.219-230, 2002.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metr p les: o exemplo de São Paulo**. São Paulo :Hucitec,1985. 244p.

_____, O Clima e a Cidade, **Boletim Climatológico**, Ano 1, n.2, p.31-34, 1996.

_____, *et al.* Análise do Fen meno de Ilhas de Calor Urbanas, por meio da Combina o de dados Landsat e Ikonos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XI., 2003, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo

Horizonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, 2003. p.. 1741-1748.

LOPES, R. **A Cidade Intencional: o Planejamento Estratégico de Cidade.** Rio de Janeiro: Mauad, 1998. 184p.

LOWRY, W. P. **Weather and Life: An Introduction to Biometeorology.** New York-USA: Academic Press, 1969.

LUCCA, E.V.D, & BASTOS, A.F. Sistema Imageador Infravermelho Termal: Características, Descrição e Resultados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, 2001.

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

MAGEE, N., & WENDLER, G. The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska. **Theoretical and Applied Climatology**, v.64, p.39-47, 1999.

MALLICK, F.H. Thermal Comfort and Building Design in the Tropical Climates. **Energy and Buildings**, v.23, p. 161-167. 1996.

MASCARÓ, L. **Luz, Clima e Arquitetura**. 3^a ed, São Paulo: Nobel, 1983.189p.

_____, **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra-D.C.Luzzatto, 1996. 199p.

MASCARÓ, J.L., MASCARÓ, L. & AGUIAR, C.M.L.S. Cidade: Energia, Arborização Urbana e Impacto Ambiental. **Ciência & Ambiente**, n.22, p. 59-72, 2003.

MASMOUDI, S. & MAZOUZ, S. Relation of Geometry, Vegetation and Thermal Comfort around Buildings in Urban Settings, the case of Hot Arid Regions. **Energy and Buildings**, v.36, p. 710-719, 2004.

MATHER, J. R. **Climatology: Fundamentals and Applications**. USA: Mc Graw-Hill, 1974.

MATZARAKIS, A. & MAYER, H. The Extreme Heat Wave in Athens in July 1987 from the Point of View of Human Biometeorology. **Atmospheric Environment**, v.25B, n.2, p. 203-211, 1991.

MENDONÇA, F. de 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. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. de A. & MONTEIRO, C.A.F (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2003. 192p.

MIHALAKAKOU, G., SANTAMOURIS, M., et. all. Simulation of the Urban Heat Island Phenomenon in Mediterranean Climates. **Pure and Applied Geophysics**, v.161, p. 429–451, 2004.

MISAWA, S. & KIKUCHI, R. Nocturnal Air Temperature Distribution in a New-Town. **Japanese Progress in Climatology**, p. 167-174, March, 1985.

MONTEIRO, C. A. F. Clima, In: **Geografia do Brasil**: Grande Região Sul. Rio de Janeiro –RJ: IBGE, v. IV, Tomo I, 1963.

_____, **Teoria e Clima Urbano**. 1976.184f. Tese (Livre Docência em Geografia) -Instituto de Geografia da USP, São Paulo, Série Teses e Monografias n.25.1976.

_____, Environmental Problems in São Paulo Metropolitan Área: The Role of Urban Climate With Special Focus on Flooding. In: SYMPOSIUM ON GEOGRAPHICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PROBLEM IN HIGHLY URBANIZED TERRITORIES. 4., 1980, Tokyo. **Anais...**, Tokyo: União Internacional de Geografia, 1980. p.27-31.

_____, El estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de America del sur: la contribution brasileña.In: CONFERENCIA TECNICA DE LA OMM, sobre Climatologia Urbana y sus aplicaciones com especial

referencia a las regiones tropicales. 1984, Ciudad del México (Mex.). **Anais...**, Ciudad del Mexico: Organizacion Meteorologia Mundial, 1984.33p.

_____, Por um Suporte Teórico e Prático para Estimular Estudos Geográficos de Clima Urbano no Brasil. **Geosul**, Ano V, n. 9, p. 7-19, 1º Semestre. 1990.

_____, Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Ano V, n. 9, p. 61-79, 1º Semestre. 1990a.

_____, A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de uma “clima urbano”. **Geosul**, Ano V, n.9, p. 80- 114, 1º Semestre. 1990b.

_____, Cidade e Ambiente Atmosférico. **Geosul**, Ano V, n. 9, p. 115-123, 1º Semestre. 1990c.

_____, **Clima e Excepcionalismo**: Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico, 2ªed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991, 233p.

_____, Interação Homem-Natureza no Futuro da Cidade. **Geosul**, Ano VII, n.14, p.7-49, 2º Semestre.1992.

_____, O Estudo Geográfico do Clima. **Cadernos Geográficos**, 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, Ano 1, v.1, n.1, 2002. 72p.

MORAN, M.S. et.all. A Refined Empirical Line Approach for Reflectance Factor Retrieval from Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+. **Remote Sensing Environment**, v.78, p. 71-82, 2001.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001, 250p.

MÜLLER FILHO, I. L. Considerações para uma compreensão da abordagem clássica em Geografia. **Geografia**, v. 13, n. 25, p. 1-19, 1988.

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

NICHOL, J.E. A GIS-Based Approach to Microclimate Monitoring in Singapore's High-Rise Housing Estates. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.60, n. 10, p. 1225-1232, 1994.

NICHOLAS, F. Measuring and Interpreting the Urban Heat Island: A Student Field Project, **Journal of Geography**, v.75, n.7, p. 409-418, 1976.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.

NORMAN, J.M, DIVAKARLA, M. & GOEL, N.S. Algorithms for Extracting from Remote Therna-IR Observations of the Earth's Surface. **Remote Sensing Environment**, v.51, p.157-168, 1995.

NOVO, E.M.L. de M. Utilização de dados de Sensoriamento Remoto em estudos ambientais. **Geografia**, v. 13, n.25, p. 43-51, 1988.

_____, **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1998, 308p.

OKE, T.R. **Inadvertent Modification of the City Atmosphere and the Prospects for Planned Urban Climates**. proc.symp.meteorol. Related to urban and regional land-use planning, 1976, Asheville. Proceedings. Geneva: World meteorol., 1976.

_____. **Boundary Layer Climates**. 2 nd ed. London: Ethuen & CO,1978.372p.

_____, Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparasion 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, n.455, p. 1-24, 1982.

_____, Street Design and Urban Canopy Layer Climate. **Energy and Buildings**, v.11, p. 103-113. 1988.

OKE, T.; ZEUNER, G. & JAUREGUI, E. The Surface Energy Balance in Mexico City, **Atmospheric Environment**, v. 26B, n.4, p. 433-444, 1992.

OKE, T., JAUREGUI, E. & GRIMMOND, C.S., et al. The Energy Balance of Central Mexico City During the Dry Season. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 3919-3930, 1999.

OKE, T. R. & VOOGT, J.A. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. **Remote Sensing Environment**, v. 86, p. 370-384, 2003.

OLIVEIRA, P. M. P. de. Indicações para o Planejamento e o Desenho da Forma Urbana Adequada à Região Tropical de Clima Quente-Úmido. In: CIÊNCIA PARA OS TRÓPICOS: CONGRESSO BRASILEIRO DE TROPIOLOGIA, I, 1987, Recife. **Anais...**, Recife: FUNDAJ, Editora Massangana, 1987. p.313 - 319.

OLIVEIRA, S. A Poluição do Ar e as Alterações Climáticas na Cidade de São Paulo. **Pólis**, n.3, p. 37-44, 1991.

OLGYAY, V. **Design With Climate**, 4ªed. New Jersey-USA: Princeton University Press, 1973. 190p.

PESCI, R. Del Titanic al Velero: Nuestras Propias Soluciones. **Ciência & Ambiente**, v.1, n.22, p. 5-18, 2003.

PINHO, O.S. & ORGAZ, M.D.M. The Urban Heat Island in a Small City in Coastal Portugal. **International Journal of Biometeorology**, v. 44, p.198-203, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA-RS. Planta **Plani-Altimétrica-05**, Escala 1:10000, 1994, Secretaria de Planejamento – Diretoria de Planejamento Urbano.

RHEINGANTZ, A.P. Pequena Digressão sobre Conforto Térmico Ambiental e Qualidade de Vida nos Centros Urbanos. **Ciência & Ambiente**, v.1, n.22, p. 35-58, 2003.

RIBEIRO, A.G. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teórica**, v.23, n.45-46, p. 288-294, 1993.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas Cidades Brasileiras**. 3ª ed, São Paulo: Contexto, 1997.72p.

ROLNIK, R. **O que é Cidade**. 2ª ed, São Paulo: Brasiliense, 1988. 86p.

ROMERO, M.A.B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Urbano**. Brasília: Ed. da UNB, 2001. 226p.

ROSA, L. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Edufu, 1995. 117p.

SAARONI, H. & ZIV, B. The Impact of a Small Lake on Heat Stress in a Mediterranean Urban Park: The Case of Tel Aviv, Israel. **International Journal of Biometeorology**, v.47, p.156-165, 2003.

SABINS, F.F. **Remote Sensing: Principles and Interpretation**, 3^aed. New York-USA: W.H. Freeman and Company, 1999. 494p.

SAKAMOTO, L. Os Microclimas e a “Configuração do Céu” na Área Central. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. de. (Orgs.). **Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 165-187, 2001.

SAMPAIO, A.H.L. **Correlação entre Uso do Solo e Ilhas de Calor no Ambiente Urbano: O Caso de Salvador**. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1981.

SANT’ANNA NETO, J.L. (Org.), **Os Climas das Cidades Brasileiras: São Luis (MA), Aracaju (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP)**, UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia –FCT, Programa de Pós-graduação em Geografia- Laboratório de Climatologia, 2002. 227p.

SANT’ANNA NETO, J.L & ZAVATINI, J.A. (Orgs.).**Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000. 259p.

SANTOS, M. **Manual de Geografia Urbana**. São Paulo: Hucitec, 1981. 203p

_____. **Metamorfose do Espaço Habitado**. São Paulo: Hucitec. 1991. 124p.

_____. **A Urbanização Brasileira**. 3^a ed, São Paulo: Hucitec, 1996.156 p.

SARTORI, M. da G. B. **O Clima de Santa Maria, RS: do Regional ao Urbano**. 1979. 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia/ FFICH/USP, São Paulo, 1979.

_____, Balanço Sazonário da Participação dos Sistemas Atmosféricos em 1973, na Região de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v.2, p. 41-53, 1980

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

_____, Considerações sobre a Ventilação nas Cidades e sua Importância no Planejamento Urbano. **Ciência e Natura**, v.6, p.59-74, 1984.

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

_____, A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 15, p. 69-93, 1993.

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

SAYDELLES, A.P. & SARTORI, M. da G.B. Estudo da Insolação Direta na Área Central do Perímetro Urbano de Santa Maria-RS. **Geografia**, v. 29, n. 3, p. 453-468, 2004.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2000, 2002 e 2004. **Anais e Cadernos de Resumos**. Rio de Janeiro-RJ, Curitiba-PR e Aracaju-SE.

SCHMUGGE, T., HOOK, S.J. & COLL, C. Recovering Surface Temperature and Emissivity from Thermal Infrared Multispectral data. **Remote Sensing Environment**, v.65, p. 121-131, 1998.

SCHMUGGE, T. et.all. Temperature and Emissivity Separation from Multispectral Thermal Infrared Observations. **Remote Sensing Environment**, v.79, p. 189-198, 2002.

SEKIGUTI, T. Basin and City Climate Complex. **Japanese Progress in Climatology**, p. 3-14, Nov. 1973.

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

SELLERS, A.H, Atmospheric Physiography and Meteoronomical Modelling: The Future Role of Geographers in Understanding Climate, **Australian Geographer**, v.20, n.1, p. 1-21, 1989.

SERRA, G. **O Espaço Natural e a Forma Urbana**, São Paulo: Nobel,1987. 211p.

SEFERINO, M. L. & MONTEIRO, C.A.F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: Primeiro experimentos. **GEOSUL**, Ano V, n.9, p. 20-60, 1º Semestre 1990.

SNYDER, W.C., WAN, Z., ZHANG, Y. & FENG, Y. Thermal Infrared (3-14 μm) Bidirectional Reflectance Measurements of Sands and Soils. **Remote Sensing Environment**, v.60, p. 101-109, 1997.

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

STATHOPOULOS, T., WU, H. & ZACHARIAS, J. Outdoor Human Comfort in an Urban Climate. **Building and Environment**, v.39, p. 297-305, 2004.

STREUTKER, D.R. Satellite-Measured Growth of the Urban Heat Island of Houston, Texas. **Remote Sensing Environment**, v.85, p. 282-289, 2003.

SUERTEGARAY, D. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia**. 2^aed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. 109p.

TAHA, H. Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat. **Energy and Buildings**, v.25, p. 99-103. 1997.

TANAKA, M. & TOKUDOME, S. Accidental Hypothermia and Death from Cold in Urban Areas, **International Journal of Biometeorology**, v.34, p.242-246, 1990.

TARIFA, J.R. & ARMANI, G. Os Climas Naturais. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. de. (Orgs.). **Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 47-70, 2001.

TARIFA, J.R. & ARMANI, G. Os Climas Urbanos. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. de. (Orgs.). **Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 71-93, 2001.

TASAKA, I., TAKAHASHI, H. & SHITARA, H. In an Urban Canyon. **Japanese Progress In Climatology**, p. 1-10, Dec. 1988.

TSIOMIS, Y. O Meio Ambiente a Questão Urbana. **Cadernos de Desenvolvimento**, n.1, p. 131-135, 1994.

TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980. 374p.

UNGER, J. Comparisons of Urban and Rural Bioclimatological Conditions in the case of a Central-European City. **International Journal of Biometeorology**, v.43, p.139-144, 1999.

Universidade Federal de Santa Maria. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura e Apresentação de Monografia, Dissertações e Teses** - MDT/Universidade Federal de Santa Maria. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – 5 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, PRPGP, 2000.

VIANELO, R.L. & ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449p.

WATZLAWICK, L.F., MADRUGA, P. R. de A. & PEREIRA, R.S. CCD (Charge Coupled Device) Funcionamento e sua Aplicação em Sensoriamento Remoto. **Ciência e Natura**, UFSM, v.24, p. 49-62, 2002.

YAGÜE, C., ZURITA, E. & MARTINEZ, A. Statical Analysis of the Madrid Urban Heat Island. **Atmospheric Environment**, v. 25B, n.3, p. 327-332, 1991.

ZILLMER, R.J. A Pequena Produção da Horti-Fruti-Floricultura na Periferia Urbana de Santa Maria-RS. 1991. Monografia (Graduação em Geografia)-Departamento de Geociências/CCNE/UFSM, Santa Maria, 1991.

ANEXOS

ANEXO I

Temperaturas do Ar do dia 04/08/2004 – a partir da Rede Fixa de Observação

Pontos de Coletas	Horários					Alt.	Latitude	Longitude
	09h	12h	15h	18h	21h			
Ponto 1 - Bairro Centro	25°C	29°C	31°C	27°C	27°C	150m	228278	6712741
Ponto 2 - Bairro Centro	24,5°C	29,5°C	32,5°C	27,5°C	25°C	132m	228728	6712566
Ponto 3 - Bairro Centro	26°C	29°C	31,5°C	28°C	26,1°C	146m	227453	6712382
Ponto 4 - Bairro Nsa Sra dasDores	24°C	27°C	31°C	29°C	27°C	136m	229682	6712528
Ponto 5 - Bairro Nsa Sra de Lourdes	23°C	27°C	29°C	27°C	25°C	106m	228989	6711390
Ponto 6 - Bairro Medianeira	25°C	30°C	32°C	27°C	25°C	97m	227763	6711422
Ponto 7 - Bairro Urlândia	27°C	30°C	32°C	28°C	26°C	79m	226809	6709903
Ponto 8 - Bairro Patronato	25°C	29°C	31°C	28°C	24°C	107m	226824	6711766
Ponto 9 - Bairro Passo D'areia	25°C	30°C	32°C	28°C	26°C	106m	226445	6712881
Ponto 10 - Bairro Nsa Sra do Rosário	25°C	28,5°C	30°C	27°C	25°C	115m	227199	6713218
Ponto 11 - Bairro Salgado Filho	26°C	31°C	32°C	28°C	26°C	95m	226865	6713479
Ponto 12 - Bairro Caturrita	25°C	30°C	30°C	28°C	25°C	125m	225740	6714189
Ponto 13 - Bairro Perpétuo Socorro	26°C	30°C	32°C	28°C	27°C	111m	227699	6714487
Ponto 14 - Bairro Itararé	23°C	28,5°C	29,8°C	26°C	24,4°C	137m	229092	6714009
Ponto 15 - Bairro Km3	28°C	30°C	32°C	28°C	26°C	111m	231350	6711802
Ponto 16 - Bairro São José	25,5°C	28°C	30,4°C	26,5°C	26°C	102m	233197	6711811
Ponto 17 - Bairro Camobi	26°C	30°C	30,5°C	28°C	27°C	79m	235958	6711342
Ponto 18 - Bairro Juscelino Kubitschek	25°C	30°C	30°C	30°C	26°C	111m	223030	6711979
Ponto 19 - Bairro Tancredo Neves	28°C	31°C	32°C	28°C	26°C	106m	222265	6710880

ANEXO II

Temperaturas do Ar do dia 10/08/2004 – a partir da Rede Fixa de Observação

Pontos de Coletas	Horários					Alt.	Latitude	Longitude
	09h	12h	15h	18h	21h			
Ponto 1 - Bairro Centro	11°C	19°C	22°C	18°C	16°C	150m	228278	6712741
Ponto 2 - Bairro Centro	9°C	22,5°C	26°C	19°C	14°C	132m	228728	6712566
Ponto 3 - Bairro Centro	8°C	17°C	22°C	18°C	14°C	146m	227453	6712382
Ponto 4 - Bairro Nsa Sra dasDores	9°C	16°C	24°C	20°C	14°C	136m	229682	6712528
Ponto 5 - Bairro Nsa Sra de Lourdes	8°C	17°C	19°C	16°C	12°C	106m	228989	6711390
Ponto 6 - Bairro Medianeira	8°C	27°C	24°C	18°C	13°C	97m	227763	6711422
Ponto 7 - Bairro Urlândia	8°C	19°C	27°C	20°C	12°C	79m	226809	6709903
Ponto 8 - Bairro Patronato	8°C	16°C	21°C	-	-	107m	226824	6711766
Ponto 9 - Bairro Passo D'areia	8°C	17°C	23,5°C	19,5°C	13°C	106m	226445	6712881
Ponto 10 - Bairro Nsa Sra do Rosário	9°C	16°C	21°C	18°C	13°C	115m	227199	6713218
Ponto 11 - Bairro Salgado Filho	9°C	20°C	23°C	19°C	12°C	95m	226865	6713479
Ponto 12 - Bairro Caturrita	8°C	15°C	20°C	18°C	12°C	125m	225740	6714189
Ponto 13 - Bairro Perpétuo Socorro	7°C	16°C	21°C	18°C	13°C	111m	227699	6714487
Ponto 14 - Bairro Itararé	12,8°C	19°C	20,8°C	17,5°C	14,5°C	137m	229092	6714009
Ponto 15 - Bairro Km3	15°C	20°C	20°C	15°C	8°C	111m	231350	6711802
Ponto 16 - Bairro São José	9,7°C	19,5°C	20,5°C	17°C	9,5°C	102m	233197	6711811
Ponto 17 - Bairro Camobi	6°C	12,5°C	21°C	17°C	13°C	79m	235958	6711342
Ponto 18 - Bairro Juscelino Kubitschek	9°C	18,5°C	20°C	18°C	12°C	111m	223030	6711979
Ponto 19 - Bairro Tancredo Neves	10°C	18°C	23°C	16°C	10°C	106m	222265	6710880