

ILHAS DE CALOR EM AMBIENTES URBANOS: O CASO DO BAIRRO KOBRASOL, SÃO JOSÉ, SC, BRASIL

Gabriel Pereira

Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
gabriel@dsr.inpe.br

Abstract: The present work has as objective to analyze the climatic changes occurred in urban centers, characterizing it for the City of Sao José in Santa Catarina State, Brazil. Intend to analyze as dynamic, static and climatology factors. These factors give us a support to an analysis that has as objective to analyze the eventual effect of the urbanization in the climatic modification of the city, like the heat islands, as the heat exchanges into the diverse air layers on the cities. It can be verified that in cities of average size, the temperatures had an average addition of until 2,5°C in the last years. While this, the heat islands that originate in the interior of the city increase until 7°C for other points of the city.

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar as mudanças climáticas ocorridas em centros urbanos, caracterizando-a para o Município de São José em Santa Catarina, Brasil. Pretende-se assim analisar tanto fatores dinâmicos, como também se ater a fatores estáticos e climatológicos. Tais fatores devem dar suporte a uma análise que tem como objetivo analisar os eventuais efeitos da urbanização na modificação climática da cidade, tanto no que diz respeito a ilhas de calor, como trocas de calor entre as diversas camadas de ar sobre as cidades. Pode-se verificar que em cidades de médio porte, as temperaturas tiveram um acréscimo médio de até 2,5°C nos últimos anos. Enquanto isso, as ilhas de calor que se formam no interior da cidade chegam a uma elevação de até 7°C para outros pontos da cidade.

INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, a superfície terrestre foi se modificando, tanto no que diz respeito a sua estrutura (cidades cada vez mais populosas e povoadas), como em sua forma (processo de verticalização na qual passam as cidades atualmente). A cidade atua como um fator modificador do clima regional e cria atmosferas específicas na área de sua influência, estas mudanças são definidas como clima urbano, ou seja, toda a área de influência que uma cidade tem, capaz de modificar e criar condições adversas na atmosfera local. (Amorin, 2000)

Neste trabalho, devem-se analisar as mudanças climáticas que vêm ocorrendo no ambiente urbano do Bairro Kobrasol - São José, Santa Catarina, Brasil - pois as cidades apesar de ocuparem parcelas territoriais pequenas, constituem-se na maior transformação da paisagem natural e do clima da região onde se encontram localizadas.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados os dados climatológicos (1973-2003) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação Florianópolis nº 83897, que

se localiza na região do Bairro Kobrasol, São José, SC, Brasil, além de coletas de temperatura e umidade em diversos pontos do Bairro Kobrasol (SJ, SC, Brasil).

Utilizaram-se referências bibliográficas, que deram suporte teórico ao trabalho, e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto que deram origem aos mapas de uso e ocupação do solo, permitindo uma melhor visualização da área de estudo e seu real problema. Entre os softwares de geoprocessamento utilizou-se o Spring 4.3 e o Microstation Descartes.

Para a coleta das temperaturas e umidades no Bairro Kobrasol utilizou-se o sensor modelo EMR899HGN de fabricação da Oregon Scientific, que possui o tempo de resposta de 40 segundos para ambas as medições de temperatura e umidade.

Regras para a Correção dos Dados

Para coletar dos dados de temperatura e umidade nos 10 pontos pré-definidos, deixava-se o sensor por 4 a 6 minutos para cada ponto, levava-se aproximadamente uma hora (incluindo o deslocamento de um ponto para o outro). Portanto este tempo teve que ser corrigido, com o objetivo de evitar possíveis distorções nos dados.

Para resolver esse problema utilizaram-se estações meteorológicas automáticas, que permitiram o acompanhamento da temperatura de 1 em 1 minuto. Com isso, toda a mudança de temperatura naquela hora foi retirada (ver tabela 1)

	Hora	Temperatura	Correções	Correções	Correção
			1	2	Final
Ponto 1	09:55	20,8	22,7	0	20,8
Ponto 2	10:01	22,7	22,8	0,1	22,6
Ponto 3	10:06	24,2	22,8	0,1	24,1
Ponto 4	10:11	23,8	23	0,3	23,5
Ponto 5	10:16	23,3	23,3	0,6	22,7
Ponto 6	10:22	25,8	23,4	0,7	25,1
Ponto 7	10:30	24,4	23,6	0,9	23,5
Ponto 8	10:36	27,9	23,7	1	26,9
Ponto 9	10:43	24,7	24,1	1,4	23,3
Ponto 10	10:52	26,8	24,3	1,6	25,2

Tabela 1 – Exemplo da Correção de Temperatura

Na coluna denominada “Hora”, na tabela 1, temos o horário em que foi feita a observação da temperatura nos pontos de coleta. Na próxima coluna, chamada “Temperatura”, temos a temperatura observada no intervalo de 5 minutos. Na coluna posterior, denominada “Correções 1”, pode-se visualizar a temperatura de

uma estação automática próxima ao Bairro Kobrasol (presente na localidade de Capoeiras a 5 km de distância). Tomando como base a temperatura em que foi feita a primeira medição como a temperatura padrão, teremos o quanto foi acrescentado durante aqueles minutos de observação, mostrada na coluna “Correções 2”. Após este passo, subtraem-se os resultados de “Correções 2” da coluna “temperatura”, ficando com os valores corrigidos na coluna denominada “Correção Final”.

Geração das isolinhas de Temperatura (Isotermas)

Para a geração dos mapas das ilhas de calor, utilizou-se o software Spring 4.3 do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), onde através da modelagem numérica de terreno (MNT), permitiu-se visualizar a distribuição da temperatura no Bairro Kobrasol.

As saídas, conseqüentemente, representam a interpolação dos dados, feitos através de grades regulares, e permitem diferenciar as diversas isotermas criadas pelo processo matemático. O resultado, então, é a figura que corresponde à ilha de calor no Bairro Kobrasol.

Análise da Evolução Térmica do Bairro Kobrasol

Para analisar a evolução das temperaturas da Estação Meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) com sede em São José. Utilizou-se uma série histórica das temperaturas máximas, médias e mínimas, de um período que compreende 31 anos, indo de 1973 a 2003.

Devido ao aumento das temperaturas máximas absolutas, causadas pela modificação no balanço de radiação e, conseqüentemente as ilhas de calor, as temperaturas médias tiveram um ligeiro aumento. Fato que pode ser comprovado pelo Gráfico abaixo.

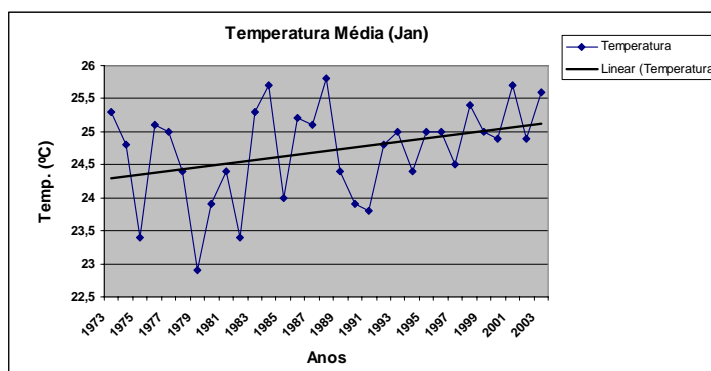


Gráfico 1 – Temperatura Média do Mês de Janeiro

Fonte: INMET/Florianópolis

Como podemos perceber nos gráficos 2 e 3, as temperaturas seguiram um padrão de acréscimo térmico como no gráfico anterior. Sendo assim, a temperatura média anual obteve aumentos significativos, que podem ser constatados na inclinação da reta de tendência, que demonstra que a maioria dos meses apresentou uma elevação térmica. Podemos perceber no gráfico 3, que nos meses de inverno, as temperaturas tiveram um decréscimo, ou seja, hoje, as temperaturas médias no inverno são mais frias que a 31 anos atrás, tal fato se deve a substituição da vegetação que constituía numa grande fonte de manutenção térmica no inverno, visto que as propriedades dos materiais urbanos resfriam consideravelmente no inverno.

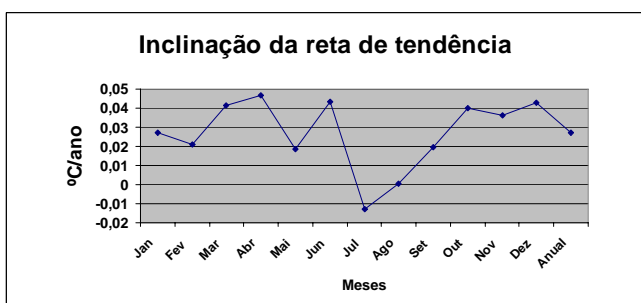
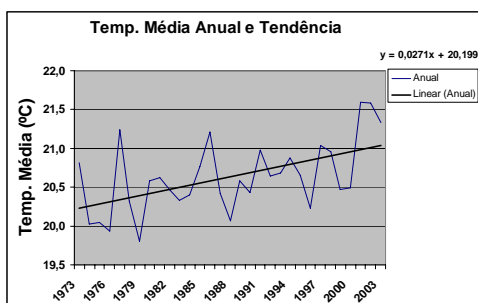


Gráfico 2 – Temp. Média Anual
Fonte: INMET/Florianópolis

Gráfico 3 – Inclinação da Reta de Tendência
Fonte: INMET/Florianópolis

Análise da Diferença de Área Impermeável na Região do Bairro Kobrasol para os anos de 1985 – 2005

Com a obtenção dos dados de NDVI (anos de 1985 e 2005) através do cruzamento de informações no SPRING 4.3, utilizou-se o método descrito por Carlson e Arthur (2000) para se obter o grau de impermeabilização do solo. Neste método utiliza-se o cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para a obtenção do total de área impermeável numa imagem de satélite. Este método demonstra a relação entre o índice de vegetação por diferença normalizada e a fração de cobertura vegetal para se chegar à área de superfície impermeável e, conseqüentemente, ao índice de urbanização. A relação pode ser expressa por:

$$ISA = \left[1 - \left(\frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_s - NDVI_0} \right)^2 \right]_{dev} \quad (1)$$

Onde NDVI representa o índice de vegetação por diferença normalizada, S representa os valores para vegetação densa, O representa os valores para solo exposto e dev indica que a fórmula deve ser utilizada apenas para regiões classificadas como urbanas. Neste caso quanto mais próximo do número um, mais impermeável é uma superfície.

Esta técnica permitiu a detecção de áreas onde houve um acréscimo da impermeabilização do solo no decorrer de 20 anos. A área de impermeabilização do solo esta altamente relacionada com o balanço de ondas longas na cidade, pela figura abaixo se percebe que houve mudanças significativas na área de estudo.

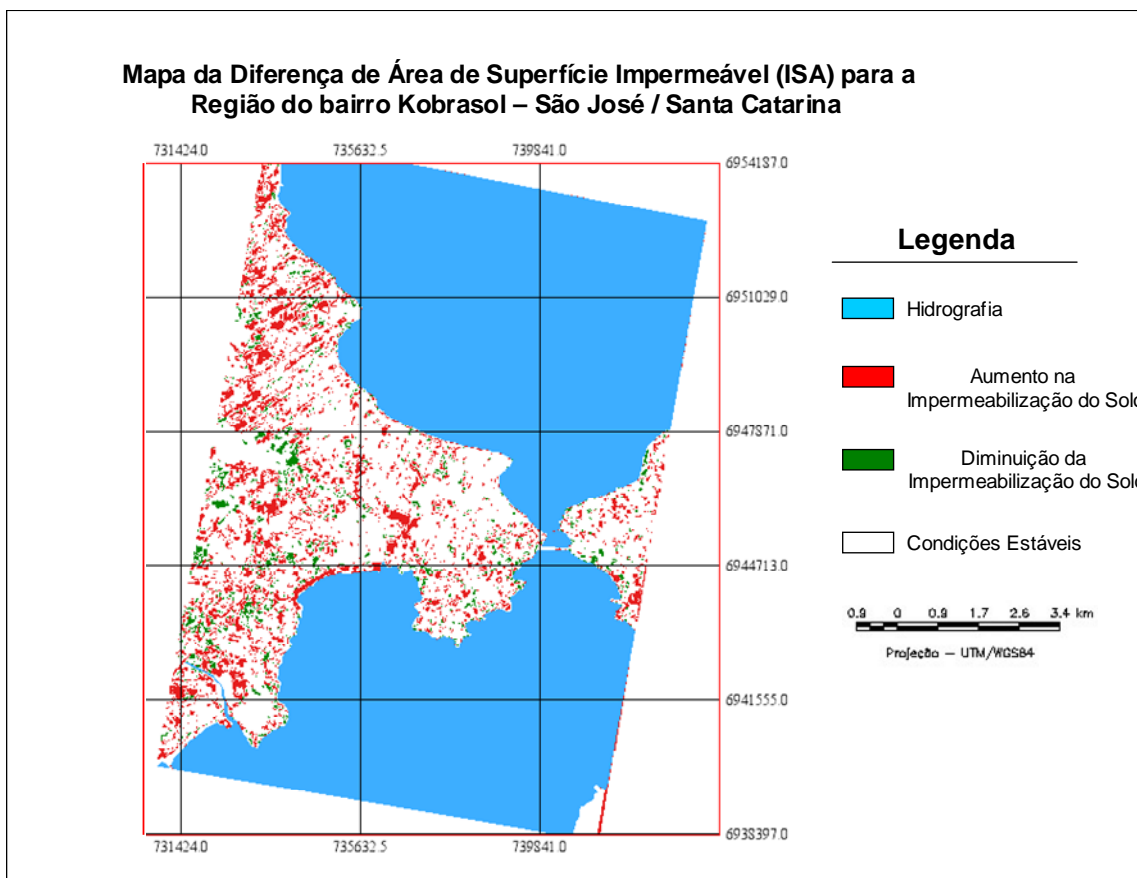


FIGURA 1 – Evolução da área de Superfície Impermeável para o Bairro Kobrasol (1985 – 2005)

RESULTADOS E DISCUSSÕES SOBRE AS ILHAS DE CALOR NO BAIRRO KOBASOL (SJ, SC, BRASIL)

As ilhas de calor analisadas neste tópico, correspondem a 2 características distintas da circulação regional (pré-frontal, pós-frontal), que provocam diferentes

estímulos e respostas na circulação local do Bairro Kobrasol e diferentes padrões de temperatura.

Situação Pré-frontal

Nesta situação ocorre o predomínio de ventos do quadrante norte e grande aquecimento local. O campo térmico do Bairro Kobrasol comportou-se de maneira uniforme nos dias estudados com características pré-frontais. Percebeu-se que os maiores aquecimentos estão concentrados nos pontos 6 e 10, localizados em áreas de tráfego intenso e em locais onde os ventos sofrem reduções na sua velocidade. Já os pontos que apresentam os menores aquecimentos são aqueles localizados em regiões onde há a confluência do ar, aumentando a velocidade do vento.

Um exemplo desta configuração pré-frontal ocorreu no dia 30/10/2004. Na hora da observação predominavam ventos de nordeste, e a frente estava localizada na região do Rio Grande do Sul/ Brasil, começando a se deslocar sobre o território catarinense. Tendo com resultado a tabela a seguir:

Tabela 3 – Dados coletados no Bairro Kobrasol no dia 30/10/04

	Hora	Temp.	Umidade	Correções 1	Correções 2	Correção Final	Diferença
Ponto 1	15:00	27,10	69,00	26,60	0,00	27,10	0,00
Ponto 2	15:08	28,20	60,00	26,50	-0,10	28,30	1,20
Ponto 3	15:13	27,10	57,00	26,60	0,00	27,10	0,00
Ponto 4	15:20	28,90	57,00	26,50	-0,10	29,00	1,90
Ponto 5	15:25	29,00	55,00	26,40	-0,20	29,20	2,10
Ponto 6	15:33	29,00	53,00	26,40	-0,20	29,20	2,10
Ponto 7	15:39	27,10	58,00	26,30	-0,30	27,40	0,30
Ponto 8	15:46	27,00	59,00	26,30	-0,30	27,30	0,20
Ponto 9	15:52	27,80	57,00	26,30	-0,30	28,10	1,00
Ponto 10	15:58	28,30	60,00	26,20	-0,40	28,70	1,60

Pelo estudo feito, em situações pré-frontais as temperaturas, no Bairro Kobrasol, não excederam 3,5°C de diferença para o perímetro urbano (caracterizado pela borda do bairro, marcado pelo ponto 1). Entretanto podem-se diagnosticar duas manchas que compõem ilhas de calor distintas, uma próxima ao INMET/Florianópolis (ponto 10), e outra, a mais intensa, nos pontos 5 e 6 (ver figura abaixo).

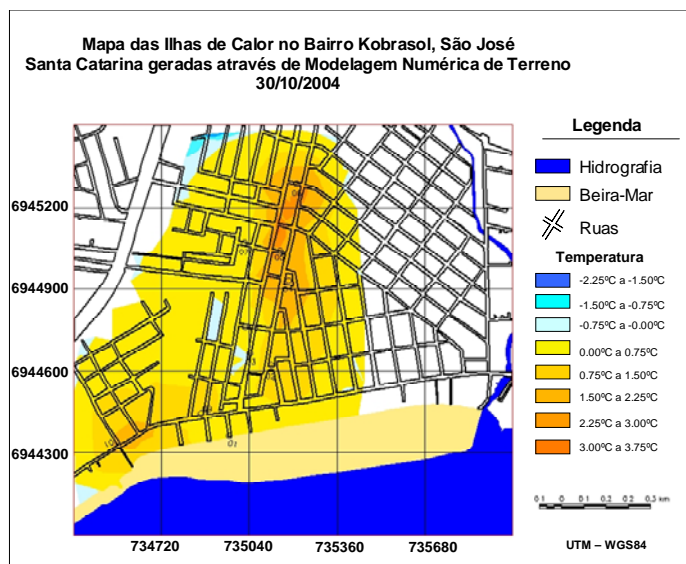


Figura 2 – Ilhas de Calor geradas por Modelagem Numérica de Terreno no dia 30/10/04

Situação Pós-frontal

A passagem da frente fria, é acompanhada pela chegada de uma nova massa de ar. Na primavera, período de transição, esta massa de ar pode vir acompanhada de frio ou de temperaturas amenas. É nessa situação, de grande estabilidade, que as temperaturas no Bairro Kobrasol, adquirem suas temperaturas mais contrastantes.

Após as coletas dos dados de temperatura e umidade nestas condições sinóticas, percebeu-se que no Bairro Kobrasol estruturava-se apenas uma ilha de calor, próximas aos pontos 6 e 8. Em dias estáveis e com pouca velocidade dos ventos, a ilha de calor adquire seus maiores valores, podendo chegar a 7 °C de diferença para o ponto 1. Outra observação marcante, é que nas situações frontais onde predominam os ventos do quadrante sul, as temperaturas no ponto 10, localizado próximo ao INMET/Florianópolis, pouco variam em relação ao ponto 1.

Conclui-se que os ventos do quadrante sul, geram uma circulação distinta no bairro, amenizando as temperaturas próximas ao oceano, e intensificando-as no interior do bairro. Algo semelhante ao ocorrido no dia 18/11/04, este dia foi caracterizado pela passagem da frente no dia 17 de novembro de 2004, e conseqüentemente, a formação de um ciclone extratropical que provocou áreas de instabilidade no litoral da Região Sul.

Com essas características térmicas estruturou-se apenas uma ilha de calor, cuja característica principal foi o ângulo de incidência e velocidade dos ventos. Notou-se que onde o vento sul tinha seu sentido alterado e sua velocidade reduzida pelos edifícios e orientação das ruas, as temperaturas se elevavam.

Tabela 4 – Dados coletados no Bairro Kobrasol no dia 18/11/04

	Hora	Temperatura	Umidade	Correções 1	Correções 2	Correção Final	Diferença
Ponto 1	12:13	27,2	66	25,7	0	27,2	0
Ponto 2	12:21	30,2	65	25,8	0,1	30,1	2,9
Ponto 3	12:29	32,6	39	26,1	0,4	32,2	5
Ponto 4	12:35	34	38	26,2	0,5	33,5	6,3
Ponto 5	12:43	33,3	33	26,4	0,7	32,6	5,4
Ponto 6	12:51	35	31	26,5	0,8	34,2	7
Ponto 7	12:59	31,9	34	26,6	0,9	31	3,8
Ponto 8	13:08	33,3	34	26,8	1,1	32,2	5
Ponto 9	13:15	30	43	26,8	1,1	28,9	1,7
Ponto 10	13:22	30,7	42	26,8	1,1	29,6	2,4

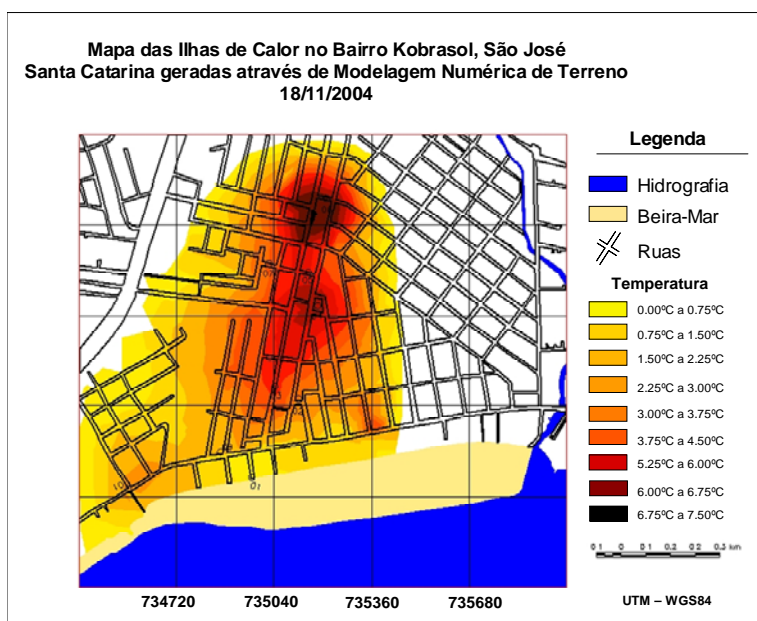


Figura 3– Ilha de Calor gerada por Modelagem Numérica de Terreno no dia 18/11/2004

Média das Ilhas de Calor

Após definir os grupos para a análise das ilhas de calor, calculou-se a média do campo térmico no Bairro Kobrasol, referente às diferenças de temperatura obtidas no decorrer das observações em campo. Com a intenção de diagnosticar quais pontos obtiveram os maiores aquecimentos térmicos, obteve-

se uma média térmica referente aos dados coletados durante 30 dias (tabela abaixo).

Tabela 4 – Média dos dados coletados no Bairro Kobrasol

Ponto 1	0,00	Ponto 6	3,31
Ponto 2	1,18	Ponto 7	1,81
Ponto 3	1,85	Ponto 8	2,78
Ponto 4	2,23	Ponto 9	1,61
Ponto 5	1,98	Ponto 10	2,38
Média		2,14	

CONCLUSÃO

No decorrer do processo de urbanização, as cidades adquiriram um grande desenvolvimento horizontal e vertical, passando a atuar como grandes modificadoras do clima local. Pode-se perceber que as mudanças climáticas urbanas - geradas pelas atividades humanas - são muitas, variadas e modificam o balanço de radiação, a temperatura, a umidade, a pressão e também a aerodinâmica do meio.

As mudanças climáticas que ocorrem em ambientes urbanos, como no caso do Bairro Kobrasol, derivam de vários processos transformadores do meio, entre eles, a substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos, a criação de um novo contexto topográfico (através dos prédios), a modificação da composição química e estrutural da atmosfera, a impermeabilização do solo (ISA) e o aumento das superfícies de absorção térmica merecem destaque.

Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento como o SPRING 4.3, desenvolvido pelo INPE, pode-se analisar as influências da urbanização na constituição de novos topoclimas e detectar áreas de possíveis impactos através de imagens originadas de satélites orbitais. Com o mapa de área de superfície impermeável (ISA) gerado através do cálculo no índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), pode-se detectar as mudanças causadas pela urbanização no intervalo de tempo de 20 anos, indicando quais as áreas que obtiveram um grande acréscimo térmico (como demonstrado pelos mapas de temperatura).

No bairro Kobrasol a superfície foi modificada no que diz respeito à sua impermeabilização, na circulação local e no escoamento superficial, originando

em algumas condições sinóticas, ilhas de calor dentro do bairro Kobrasol que, quando interpoladas pelo processo de modelagem numérica de terreno (MNT) podem chegar a aproximadamente 7°C. Com o auxílio de ferramentas estatísticas do SPRING, obteve-se a evolução da área superfície com 100% de impermeabilização, que apresentou um crescimento de aproximadamente 67% em relação a 1985, quando comparado com as condições atuais.

Após a análise dos dados de temperatura espacializados pelo SPRING, pode-se detectar as diferentes respostas do campo térmico do bairro Kobrasol em condições sinóticas distintas. Percebe-se que a geração das ilhas de calor ocorrem praticamente quando há grande estabilidade atmosférica, este padrão é adquirido após a passagem de um frente fria (com a chegada de uma nova massa de ar estável) ou quando a massa de ar estável começa a perder força dando lugar a massa tropical atlântica.

Percebe-se que na maioria dos casos, o ponto localizado próximo à estação meteorológica do INMET/Florianópolis em São José, obteve uma temperatura média de aproximadamente 2,14 °C, este número é muito próximo ao número obtido pela análise gráfica que compreende um intervalo de 30 anos (1973-2003), indicando que há grandes chances que a mudança detectada no padrão de temperatura da estação do INMET (0,04°C por ano) esteja relacionada com a influência causada pela urbanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Cristiane de C. T. Mudanças climáticas no ambiente urbano. Artigo. Revista Geografia em Atos/ UNESP, v. 1, n. 2, 2000, p. 69 – 86.

CARLSON, T. N., ARTHUR, S. T., The impact of land use — land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective. **Global and Planetary Change**, v. 25, Issues 1-2, pp. 49-65, July 2000.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Florianópolis, Dados Históricos de 1973 a 2003.

IPIUF-Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Estudos Ambientais da Grande Florianópolis, 2000.

OKE, T. R. Boundary Layer Climates. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.