

VARIAÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM REGIÕES DE BAIXA LATITUDE E CLIMA QUENTE E ÚMIDO

Angelina D. L. Costa (1); Lucila Labaki (2); Virgínia Araújo (3)

(1) UNICAMP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Campinas/SP - (19)

e-mail: angelina@fec.unicamp.br

(2) UNICAMP - Orientadora

(3) UFRN – Co-orientadora

RESUMO

Analisa-se a distribuição da temperatura do ar em Natal/RN, cidade de baixa latitude, correlacionando-a com os revestimentos da superfície horizontal existentes. A cidade está exposta a um balanço térmico positivo permanente; o que justifica que pequenas diferenças entre os pontos são significativas. Foram feitas medições de campo em 20 pontos fixos em 02 períodos (estação chuvosa e seca), por 07 dias, com dados horários para: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos; aliado a caracterização do uso e ocupação do solo com imagens de satélite de uma área de 0,31km² no entorno de cada ponto. Encontraram-se valores médios de temperatura do ar entre 26,5^oC e 27,9^oC e umidade relativa do ar de 80% a 66%, o que representa uma diferença média de 1,4^oC e 15%; concluiu-se que as diferenças estão mais relacionadas aos pontos que às regiões administrativas em que estão situados e ocorrem no período do dia, alcançando 3,4 ^oC às 13h; que a amplitude térmica diária é maior no inverno; e que a velocidade dos ventos diminui a medida que se adentra e adensa a cidade. Enfim, a temperatura do ar não é uniforme na cidade sugerindo a configuração de microclimas diferentes.

ABSTRACT

The distribution of the air temperature is analyzed in Natal/RN, city with low latitude, correlating it with the horizontal coverings surface existent. The city is exposed to a positive thermal permanent; what justifies that small differences among the points are significant. Field measurements were made in 20 fixed points in 02 periods (rainy and dry station), for 07 days, with data schedules for: temperature and relative humidity of the air, speed and wind direction; allied the characterization of the land use with satellite images of 0,31km² around each point. They were found medium values to air temperature between 26,5^oC and 27,9^oC and relative humidity from 80% to 66%, what represents a medium difference of 1,4^oC and 15%; the differences are more related to the points than to the administrative areas in that they are placed and they happen in the day period, reaching 3,4^oC at 13pm; that the daily thermal width is larger in the winter; and that the speed of the winds reduces the measure that goes into the density city. Finally, the temperature of the air is not uniform in the city suggesting the configuration of different microclimates.

1. INTRODUÇÃO

As cidades são organismos extremamente dinâmicos, resultantes de interações entre o homem e a natureza estabelecendo complexa diversidade de tipologias morfológicas e relações climáticas, que se tornam evidentes pela formação de microclimas na sua área urbana. Os inúmeros padrões de urbanização existentes numa cidade determinam a qualidade térmica dos ambientes que permeiam as edificações (camada intra-urbana), em particular das áreas abertas por onde circulam os pedestres. Em regiões tropicais de baixa latitude, em especial as cidades de clima quente e úmido, o desconforto térmico causado pelos efeitos da urbanização e do crescimento populacional reflete-se em proporções

maiores e pequenas diferenças de temperatura encontradas entre pontos distintos devem ser consideradas.

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar a distribuição da temperatura do ar na área urbana de uma cidade de baixa latitude, correlacionando-a com os tipos de revestimento da superfície horizontal (cobertura e piso) existentes, tendo Natal/RN como objeto de estudo. Para Givoni (1989) a temperatura externa, a velocidade do vento e a radiação solar que cada edifício individualmente é exposto não é uma consequência do clima regional e sim do microclima, modificado pela estrutura da cidade, principalmente pelo entorno em que está situado. Além disso, a substituição do solo natural e da vegetação pelos materiais de construção reduzem o potencial de diminuição da temperatura do ar por evapotranspiração e sombra (SYNNEFA; SANTAMOURIS; LIVADA, 2006), tornando esses ambientes mais quentes.

2. OBJETO DE ESTUDO

Natal situa-se na região Nordeste do Brasil, ocupando a porção central do litoral oriental do Rio Grande do Norte, estado do qual é capital. Possui uma área territorial de 171,10km²; e está compreendida entre: 05°41'42" e 05°54'43" de latitude Sul, e 35°08'39,4" e 35°17'51,9" de longitude Oeste (Figura 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da cidade é do tipo Megatérmico (tropical úmido) com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C; podendo ainda ser enquadrado no subtipo As, ou seja, com precipitações de outono e inverno; tendo estação seca no verão. Destaca-se pela alta umidade e pequena amplitude térmica diária e sazonal, com temperaturas sempre inferiores a da pele.



Figura 1 - Mapa de localização do Município de Natal no Brasil

A intensidade de radiação é grande, pois a trajetória do sol varia de 65° a 90°, em grande parte difusa e com grande luminosidade. Apresenta aproximadamente 2184,80 horas anuais de insolação, e a nebulosidade média de 6.2, numa escala de 1 a 10 (MASCARÓ, 1991). Isso ameniza a radiação solar direta intensa, mais também não permite a re-irradiação para o céu à noite, o que impede a queda acentuada da temperatura e provoca uma radiação solar difusa bastante intensa. Como se observa na carta solar para Natal, cuja distância para o Equador é pequena, o percurso do sol ao longo do dia é quase simétrico em relação à direção Leste – Oeste (Figura 2). Além disso, o sol incide quase perpendicularmente durante todo o ano, fazendo com que o tipo de material escolhido para revestir pisos e coberturas (no plano horizontal) tenha papel fundamental na composição de microclimas.

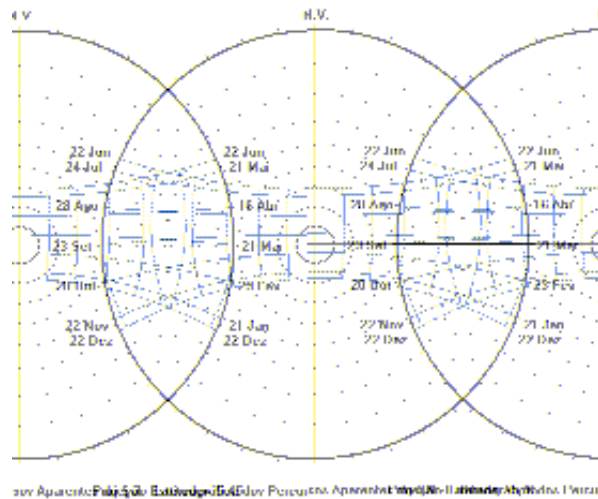


Figura 2 – Carta solar para Natal

Fonte: Adaptado do *software luz do sol*

A temperatura do ar é bastante elevada e constante, com a máxima chegando a 37°C, e uma pequena amplitude térmica diária em torno de 6°C e anual em torno de 14°C, com uma leve baixa nos meses de abril a setembro; sendo mais amena à noite. A umidade relativa do ar é elevada, 80% em média, e o ar ainda possui baixo teor de partículas poluentes em suspensão. O período de chuvas é indefinido, contudo atinge maiores índices entre os meses de julho e agosto (MASCARÓ, 1991). É imprescindível na caracterização do clima urbano da região, a observação do caminho do vento proveniente do mar, um agente importante na amenização climática, aumentando a perda de calor por evaporação. A posição latitudinal da cidade expõe-na a um balanço térmico positivo permanente, entretanto, suas médias compensadas anuais, relativamente elevadas, são atenuadas pelos ventos alísios que sopram, regularmente, no litoral. A amplitude térmica anual, favorecida pelo efeito da maritimidade, é relativamente baixa. Em Natal os ventos são constantes na direção Sudeste (em torno de 150°), e tem velocidade média de 5m/s (ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO, 1998).

Para os autores a cidade apresenta duas "épocas características distintas", com pequena variação climática entre elas: a primeira compreende o período de abril a setembro (chamado no presente trabalho de período de inverno), e outra de outubro a março (período de verão). O período compreendido entre os meses de abril e setembro é o período chuvoso e se caracteriza por: temperaturas mais amenas, umidades relativas mais altas e velocidades dos ventos mais elevadas com predominância no quadrante Sudeste, e variações Sul - Sudoeste, principalmente, nas primeiras horas do dia. Já o período de outubro a março caracteriza-se por temperaturas mais elevadas, umidades relativas mais baixas, velocidades do vento relativamente menores e com predominância Sudeste, apresentando pequenas variações na direção Leste - Nordeste.

A topografia da cidade foi um fator condicionador da ocupação, uma vez que a cidade se apresenta sobre um grande platô central com altitude média de 47,68 metros, não existindo grandes desníveis. As regiões "edificáveis" da cidade encontram-se em área de tabuleiro e apresentam-se menos elevadas que as dunas. As cotas baixas são verificadas na faixa de praia e nas margens do Rio Potengi, onde se encontram também as áreas de mangue.

3. METODOLOGIA

3.1 Coleta de dados das variáveis ambientais

As medições de campo ocorreram durante os meses de fevereiro e junho de 2006, por 07 dias para cada período climático característico de verão e de inverno respectivamente, conforme Araújo, Martins, Araújo (1998). Os registros ocorreram de 30 em 30 minutos em dias de céu parcialmente encoberto e/ou claro e sem ocorrência de precipitações para a primeira coleta, e com precipitação e céu encoberto e/ou parcialmente encoberto na segunda.

Foram feitos registros contínuos por 20 equipamentos do tipo *loggers*, sendo: 11 *Testo* 175-177, Testostor (de propriedade da UNICAMP), 06 *Hobo* H8, Onset Technical Support (03 da UNICAMP e 03 da UFRN) e 03 Estações Meteorológicas da Davis (da UFRN), compostas por registradores e armazenadores (consoles) para onde são transmitidos via radio os dados captados nos registradores. Os equipamentos do tipo *Testo* e *Hobo* registraram as variáveis: temperatura do ar e umidade relativa do ar. As estações, bem mais complexas, além desses, coletaram dados de velocidade do ar, direção dos ventos, além da pluviosidade e pressão atmosférica. No Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada – LACAF/ UNICAMP foi desenvolvida uma proteção plástica especialmente para essa pesquisa, para abrigar os equipamentos de medição, baseada no modelo de abrigo meteorológico padrão.

3.2 Coleta de dados das variáveis físicas

Foram escolhidos 20 pontos distribuídos na cidade, em função da disponibilidade de equipamentos para a pesquisa, da segurança para os mesmos e da diversidade de uso do solo no entorno, sendo 19 em sites e 01 ponto de referência (EST REF); distribuídos por região (04 na Região Norte, 10 na Região Sul, 04 na Região Leste e 02 na Região Oeste) (Figura 3).



Figura 3 – Mapa com localização dos pontos de coleta

Reconhece-se a importância que as variáveis velocidade do ar e direção dos ventos têm no tipo de clima estudado, entretanto, sua verificação não foi possível em todos os pontos em função da falta de

instrumentos adequados. Neste sentido, procurou-se incluir esse fator “influência” adotando-se uma composição de área de entorno dos pontos de coleta que fosse maior no quadrante Sudeste, fato justificado por inúmeros autores. Para Oke (2004) a área de influência captada pelo sensor não é um raio simétrico – é uma elipse, sendo maior no caminho do vento. O círculo de influência da temperatura do ar e umidade relativa do ar tem um raio de 0,5km em média dependendo do grau de densidade da área.

Já Grimmond (2006) defende que a área de influência de uma medição é função da variável em observação, do método que é utilizado na medição, da localização do equipamento, da natureza da superfície do lugar observado, e em alguns casos das condições meteorológicas.

Para a definição da área que seria adotada nessa pesquisa, foi considerado o raio de 150m, estabelecido por Katzschner, Bosch e Rottgen (2002) para a unidade climática local, nas direções Norte e Oeste a partir do ponto de coleta, e para as direções Sul e Leste foi considerado um raio de 350m, de forma que o raio resultante fosse de 500m (ou 0,5km defendido por Oke); na intenção de considerar a questão da importância da ventilação como amenizador climático para o clima estudado. É consenso na literatura, que para o clima quente e úmido o tipo de forma urbana encontrada no caminho do vento (a barlavento) influencia mais significativamente as possíveis alterações microclimáticas no ponto de coleta do que a forma urbana situada a sotavento desse ponto. A figura 4 detalha melhor a composição da área. Esse procedimento considerou então uma área de 0,31km² no entorno de cada ponto para estudo das variáveis físicas.

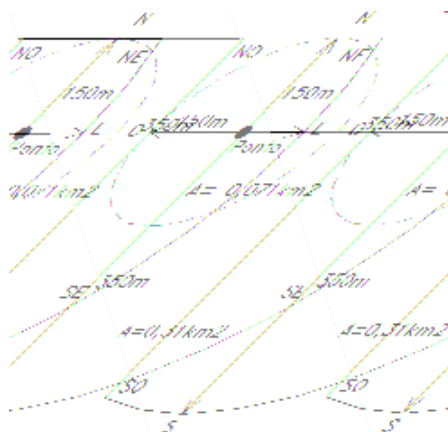


Figura 4 – Composição da área de análise do entorno de cada ponto medido

Definida a área, a análise do uso e ocupação do solo na cidade contou com o auxílio de uma imagem de alta resolução do satélite IKONOS II, datada de 2003 em uma composição colorida multi-espectral (RGB -321), com resolução espacial de 1m, resultante da fusão com a banda pancromática; em cujo tratamento foi utilizado o *software ENVI*, versão 3.4. Com base na análise interpretativa preliminar da imagem, auxiliada por visitas *in loco* e pelo conhecimento prévio da pesquisadora das áreas de estudo, foram definidas inicialmente as seguintes classes temáticas para os tipos de revestimento do solo, como representativas da realidade encontrada: cobertura com cerâmica, cobertura com amianto, cobertura metálica, corpos d' água 1 (lagoa/mar), corpos d' água 2 (piscinas/espelhos d' água), pavimento asfáltico, pavimento de concreto/calçamento, área com solo exposto/ vegetação rasteira, áreas com vegetação arbórea. A partir daí foi realizada uma Classificação Supervisionada, no *software Arcview*, pelo método de Máxima Verossimilhança no intuito de se identificar na imagem essas possíveis classes de uso e ocupação do solo. Em seguida, foram calculadas as porcentagens de cada classe para cada entorno dos pontos de forma a considerar na composição da resultante da variável temperatura do ar (medida *in loco*) as variáveis de maior presença.

4. RESULTADOS DA ANÁLISE

A Análise dos mapas temáticos evidenciou grandes diferenças de configuração de uso do solo nos pontos pesquisados (Figura 5). Foram analisadas áreas com bastante/ pouquíssima área verde, grande/ pequena quantidade de pavimento asfáltico e com/ sem presença de massa d'água. Observou-se ainda que a relação sócio-econômica está diretamente ligada às características de ocupação. Em regiões onde o padrão sócio-econômico é elevado, como na região Sul da cidade observam-se lotes maiores, baixa densidade, presença de áreas arborizadas e vias largas pavimentadas com asfalto. Por outro lado, em áreas de baixo padrão sócio-econômico (como na região Norte) não há espaçamento entre os lotes nem áreas verdes; as vias têm solo exposto e largura reduzida. No entanto, na cobertura de ambos os padrões predomina o uso de telha cerâmica quando a edificação é térrea.

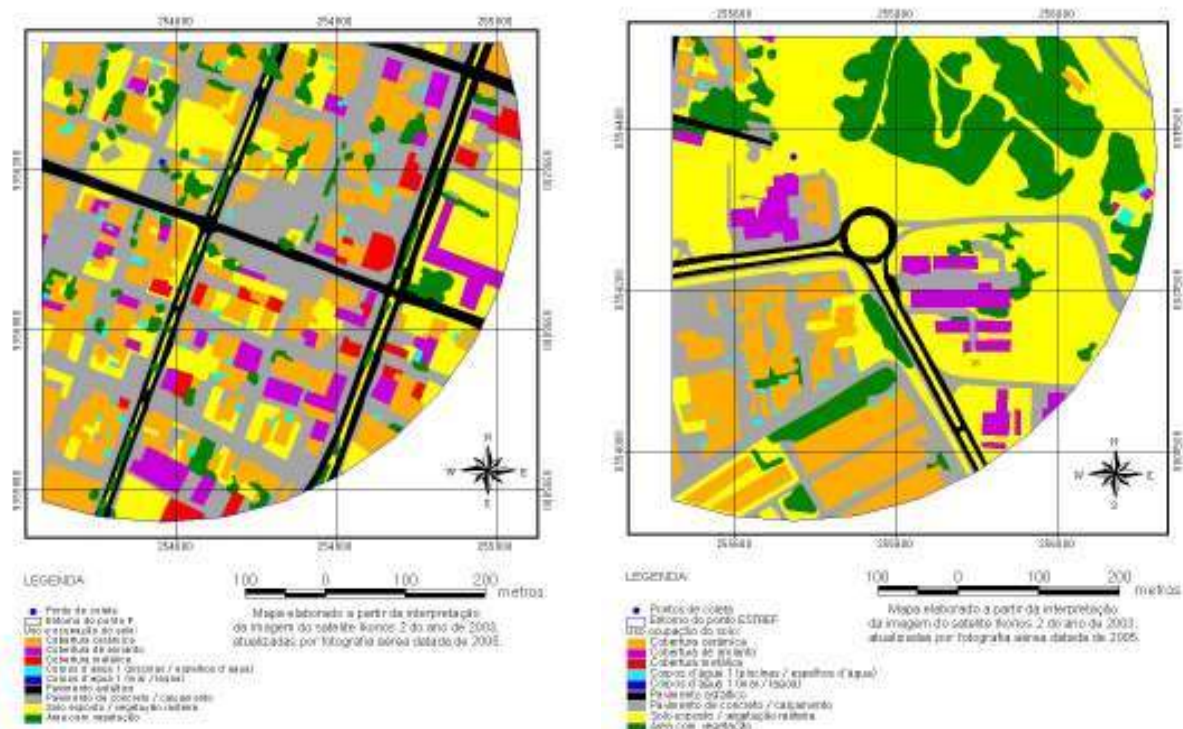


Figura 5 – Mapas temáticos com classificação supervisionada.

Em relação aos dados das variáveis ambientais, no período de verão observa-se que os valores médios de temperatura do ar variaram de 28,15°C (D) e 28,24°C (G) a 29,64 °C (EST 027) e 29,99°C (K) e a umidade relativa do ar de 80,4% (D) a 65,5% (Q), o que representa uma diferença média espacial na cidade de 1,84°C e 14,9%. A análise dos dados separados por regiões administrativas mostra que há pouca diferença entre as mesmas (de apenas 0,45°C e 6,2% na média) estando a diferença de valores melhor relacionada aos pontos de coleta. Além disso, a análise aponta para diferenças significativas de valores entre às 8h e 17h – durante o período do dia, em detrimento de diferenças noturnas. As diferenças alcançam 3,4 °C às 13h, que é o horário de maior temperatura, entre o ponto de maior temperatura média (Ponto E – 35,5°C) e a média do horário em todos os pontos (32,1°C), sendo o Ponto EST REF o que apresentou menor temperatura média no horário estudado, de 28,3°C. Às 5h, que é o horário de menor temperatura, a diferença entre o valor encontrado para o Ponto P (que foi o maior, de 25,7°C) difere apenas 0,7°C da média do horário (26,4°C) sendo ainda o Ponto K, o que apresentou o maior valor de temperatura do ar no horário, 27,5°C. A velocidade dos ventos diminui a medida que se adentra a cidade e é evidente a tendência SE-L como direção predominante (Figura 6).

Já o inverno teve valores entre 24,61°C (EST03) e 24,80°C (N) a 26,01°C (J) e 26,13°C (I), e 74% (M) a 94% (K), não sendo representativa a diferença média por regiões mas sim também por hora, principalmente no período de sol (dia): em média a temperatura do ar foi maior às 12h (29,12°C) e menor às 5h (22,48°C) ; em relação à umidade relativa do ar 92,30% às 6h e 66,92% às 6h. A ventilação predominante apresenta tendência S-SE para o período. A velocidade do ar média foi de 1,52m/s para o EST03 e de 0,73m/s para o EST027, também confirmando que a velocidade do ar é menor na medida em que se adentra a cidade (Figura 7).

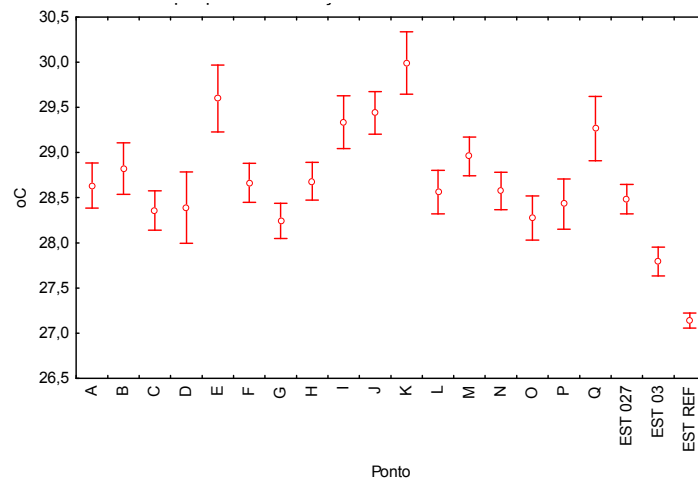


Figura 6 – Gráfico da temperatura do ar média por ponto no verão

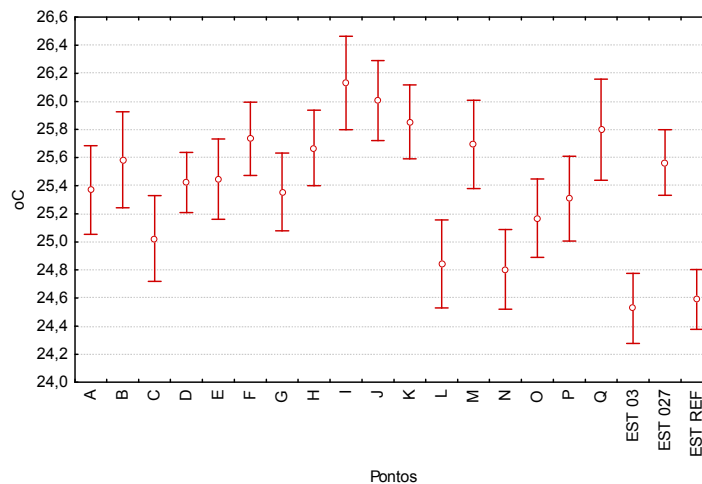


Figura 7 – Gráfico da temperatura do ar média por ponto no inverno

A figura 8 apresenta a análise de mapa-estrela realizado na tentativa de espacializar os dados encontrados comparando-os com aspectos físicos. Observou-se que a direção da estrela apontada nas linhas tracejadas concordam com a ventilação predominante. O período de verão deteve menor amplitude térmica, além de evidenciar a importância da região sul como canalizador do vento na cidade, uma vez que o parque das Dunas, constitui-se numa barreira natural.

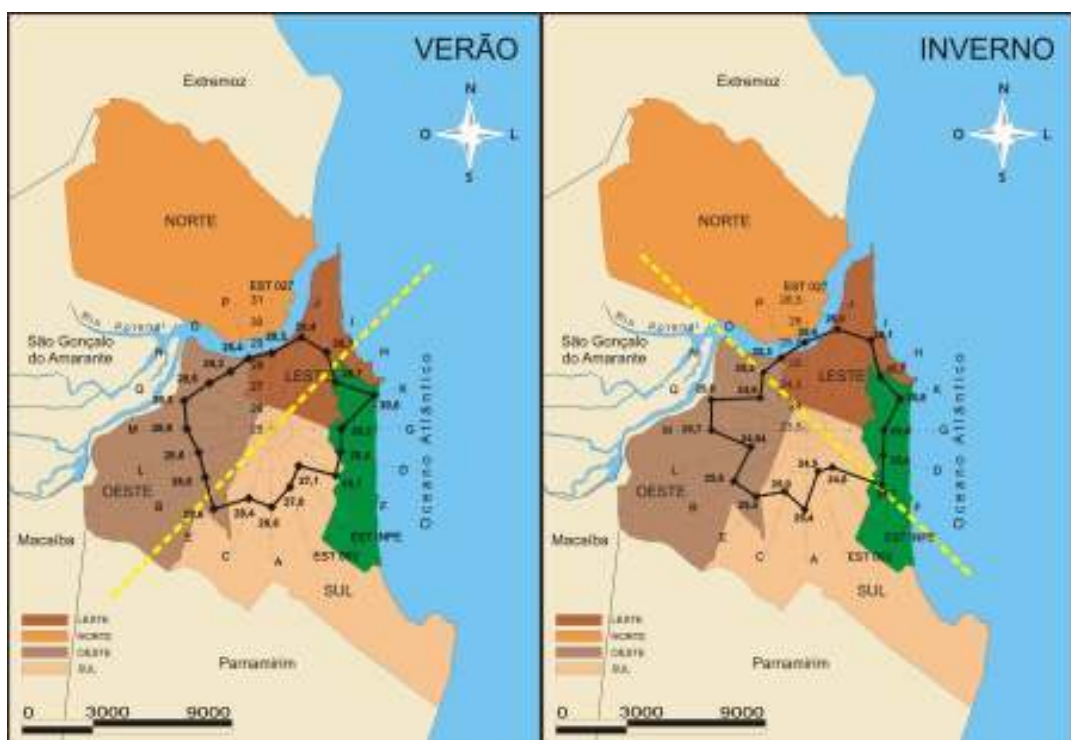


Figura 8 – Mapas estrela resultantes da análise de campo, com as médias gerais por ponto, por período.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que a ventilação predominante e constante tem um papel fundamental na amenização climática; além disso, que os fatores de uso do solo pesquisados também influenciam nas respostas de temperatura do ar encontradas na cidade. Observam-se também diferenças significativas tanto no que concerne aos períodos climáticos característicos distintos quanto na localização dos pontos de coleta da cidade.

Além disso, uma análise de cluster permitiu unir pontos pesquisados em 5 grupos: $G1=\{G, I, K\}$; $G2=\{EST\ 027, O, P, Q\}$; $G3=\{C, L, M, N\}$; $G4=\{F, H, J, EST\ REF, EST\ 03\}$; $G5=\{A, B, E\}$; que quando espacializados no mapa sugerem a existência de microclimas diferenciados dentro da estrutura urbana (figura 9).

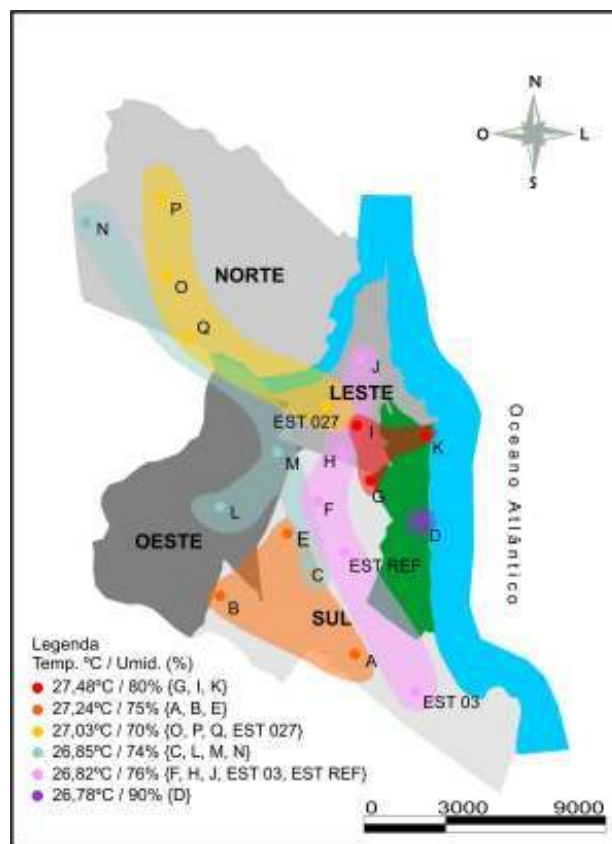


Figura 9 – Agrupamentos dos pontos de coleta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Eduardo H. S.; MARTINS, Themis L. F.; ARAÚJO, Virgínia M. D. (1998) *Dias típicos para o projeto térmico de edificações em Natal - RN*. Natal: EDUFRN.
- GRIMMOND, C.S.B. (2006) "Progress in measuring and observing the urban atmosphere". In: *Theoretical and Applied Climatology*. Áustria: s. ed., 2006. v. 84, 3-22
- GIVONI, Baruch.(1989) *Urban design in different climates*. Geneve: WCAP-10, World Meteorological Organisation - WMO/TD n. 346.
- KATZSCHNER, Lutz; BOSCH, Ulrike; ROTTGEN, Mathias. (2002) "Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions". In: *Internacional Conference On Passive And Low Energy Architecture – PLEA*, 19, France, 2002. *Procedings...*France: James & James Ltd., p.411-415.
- MASCARÓ, Lúcia Raffo de. (1991) *Energia na Edificação*. 2. Ed. São Paulo: Projeto Editores Associados.
- OKE, T.R. (2004) *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. IOM Report , TD. in press, World Meteorological Organization, Geneva.
- SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M; LIVADA, I. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. Elsevier.