

Boletim Gaúcho de Geografia

<http://seer.ufrgs.br/bgg>

A ILHA TÉRMICA DE PORTO ALEGRE

Inês Moresco Danni

Boletim Gaúcho de Geografia, 8: 33-48, maio, 1980.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37634/24286>

Publicado por

Associação dos Geógrafos Brasileiros



Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: portoalegre@agb.org.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio, 1980

Associação Brasileira de Geógrafos, Seção Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

A ILHA TÉRMICA DE PORTO ALEGRE
Contribuição ao Estudo do Clima Urbano *

INÊS MORESCO DANNI **

INTRODUÇÃO:

A preocupação com as modificações que o desenvolvimento de uma cidade ocasiona no clima local, já se manifesta desde a primeira metade do século XIX, na Inglaterra, com os trabalhos de Howard (1833 e 1860). A partir daí, com o crescente desenvolvimento das cidades, muito se têm estudado e escrito sobre as consequências climáticas da urbanização em todo mundo.

No Brasil estes estudos têm originado um grande número de trabalhos nas mais variadas abordagens - pluviosidade, visibilidade, poluição, ventos e temperatura. Contudo, no Rio Grande do Sul e talvez mesmo no Brasil, no que se refere a estudos de temperatura e mais especificamente estudos de ilha de calor, têm-se analisado estas duas variáveis apenas qualitativamente. Tais análises teóricas, apesar de necessárias, não evidenciam as reais condições térmicas que cada cidade possui para a formação da ilha de calor.

Dessa maneira, o presente trabalho limita-se a estudar os aspectos da temperatura do ar da cidade de Porto Alegre que dão origem à ilha térmica, fazendo uma análise quantitativa daquela variável num determinado período de tempo.

(*) Resumo da pesquisa realizada sob a orientação do Prof. Gilberto Lazare da Rocha, na disciplina Geo 128 - Trabalho de Graduação II ministrada pelo Depto de Geografia do Instituto de Geociências - UFRGS. Nesse trabalho a autora faz a análise da ilha térmica de Porto Alegre, num período de 15 dias não consecutivos. O original se encontra à disposição dos interessados na sede da AGB/RS.

(**) Bacharel em Geografia.

HIPÓTESE:

O sítio urbanizado de Porto Alegre tende a formar sobre si uma ilha de calor (ilha térmica).

ÁREA ESTUDADA:

A área em questão abrange parte do espaço urbano de Porto Alegre e a ilha Mauá, no Guaíba. Os limites da variável analisada são decorrentes do número de termômetros disponíveis e do número de estações meteorológicas existentes na cidade.

METODOLOGIA:

Empregou-se nesta pesquisa a metodologia utilizada por Chandler no estudo da ilha térmica de Londres (1959), embora outras também sejam conhecidas, como por exemplo as que se baseiam na observação móvel com veículo (Martin e Evan, 1973) e na observação móvel a pé (Sekiguti, 1947).

Formou-se em Porto Alegre um rede de observação à superfície, através das estações meteorológicas oficiais¹ da cidade, e das residências das pessoas que, solicitadas e instruídas sobre a maneira correta de se fazer as leituras, se dispuseram a colaborar. (No caso de Londres, os termômetros foram instalados em escolas secundárias daquela cidade, sendo os próprios alunos os responsáveis pelas observações). Dessa forma, foram fixados nas paredes externas das residências, em local abrigado de chuva e da insolação direta, 35 termômetros² com coluna de mercúrio e escala Celsius, sendo 33 com intervalos de um grau e dois com intervalos de décimos de grau. Os termômetros foram fixados em placas de madeira de 0,8 cm de espessura para proporcionar um isolamento térmico relativo aos diferentes substratos onde os mesmos foram fixados, e para maior segurança dos instrumentos.

Os horários estabelecidos para a leitura dos aparelhos seguiram as normas determinadas pela OMM, correspondendo às 9, 15 e 21 horas do tempo local. Para a realização das observações em cada horário, estabeleceu-se um intervalo de 20 min admitindo-se 10 min de tolerância a mais ou a menos da hora fixada.

A distribuição dos termômetros na cidade seguiu o critério da equidistância proporcional, adaptada posteriormente aos recursos

NOTA:

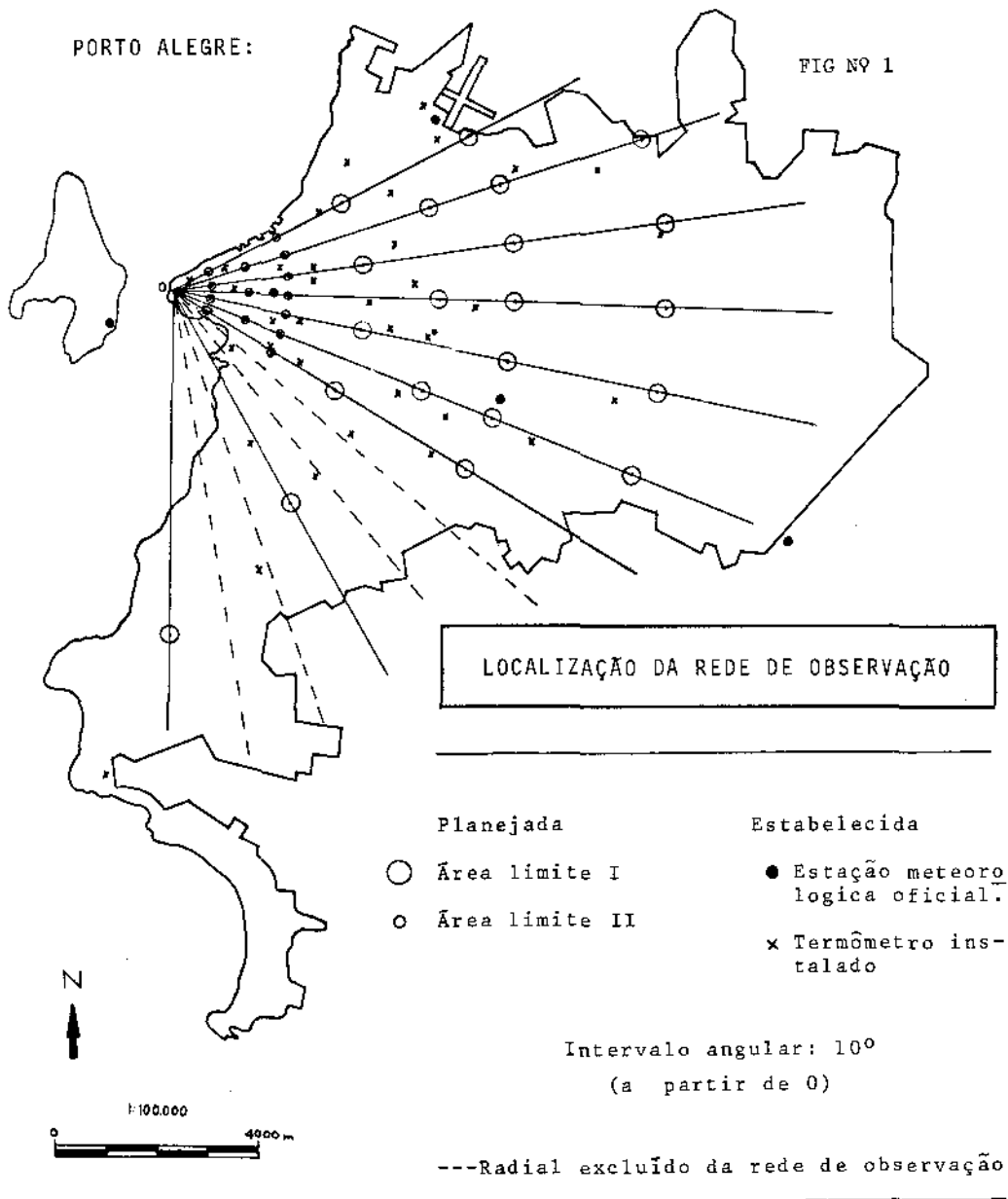
- 1 - Estação Meteorológica do 8º DISME, do IPH, do Serviço de Proteção ao Vão, do DEPREC e a operada pelo Depto de Geografia-UFRGS.
- 2 - Cinco dos quais fornecidos pelo Depto de Geografia - Área de Geografia Física do Instituto de Geociências-UFRGS e trinta pela indústria Termômetros do Brasil S.A. de Porto Alegre.

humanos disponíveis, tendo como ponto de partida o seu centro urbano (fig. 1).

O período de observação compreende quinze dias dos meses de maio e junho de 1979, nem sempre consecutivos.

PORTO ALEGRE:

FIG Nº 1



Localizou-se na carta de Porto Alegre (escala 1:70.000) os pontos de observação e nestes, em cada um dos dias e nos horários fixados, indicou-se os valores observados da temperatura, obtendo-se portanto quarenta e cinco cartas com a distribuição espacial daquele elemento. Em cada uma das cartas ligou-se os pontos de mesma temperatura (observada ou inferida), resultando isotermas que possibilitaram o estudo da formação da "Ilha de Calor".

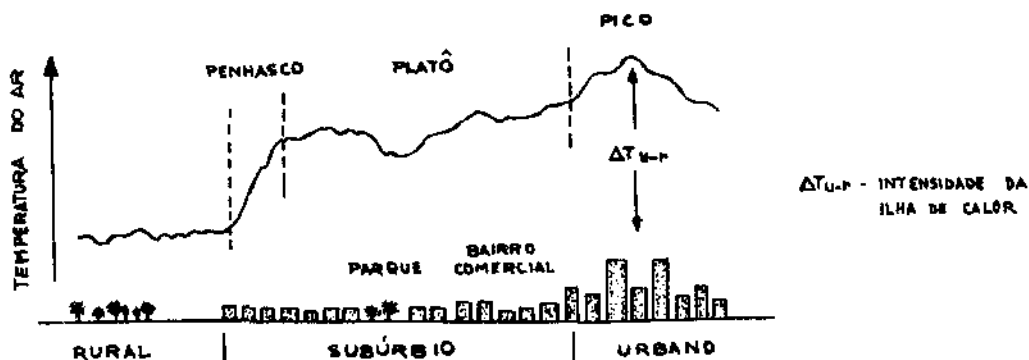
Contudo, para esta sinopse considerou-se apenas a situação média das ilhas térmicas nos quinze dias estudados. Para tanto, fez-se a média aritmética das observações dos três horários para cada posto, levando-se em conta somente aqueles postos onde as mesmas foram efetivas.

Dessa forma não se evidencia nesta localização média a característica ilha térmica da área de maior concentração industrial da cidade, localizada na sua porção setentrional.

REVISÃO TEÓRICA:

Formação da Ilha de Calor:

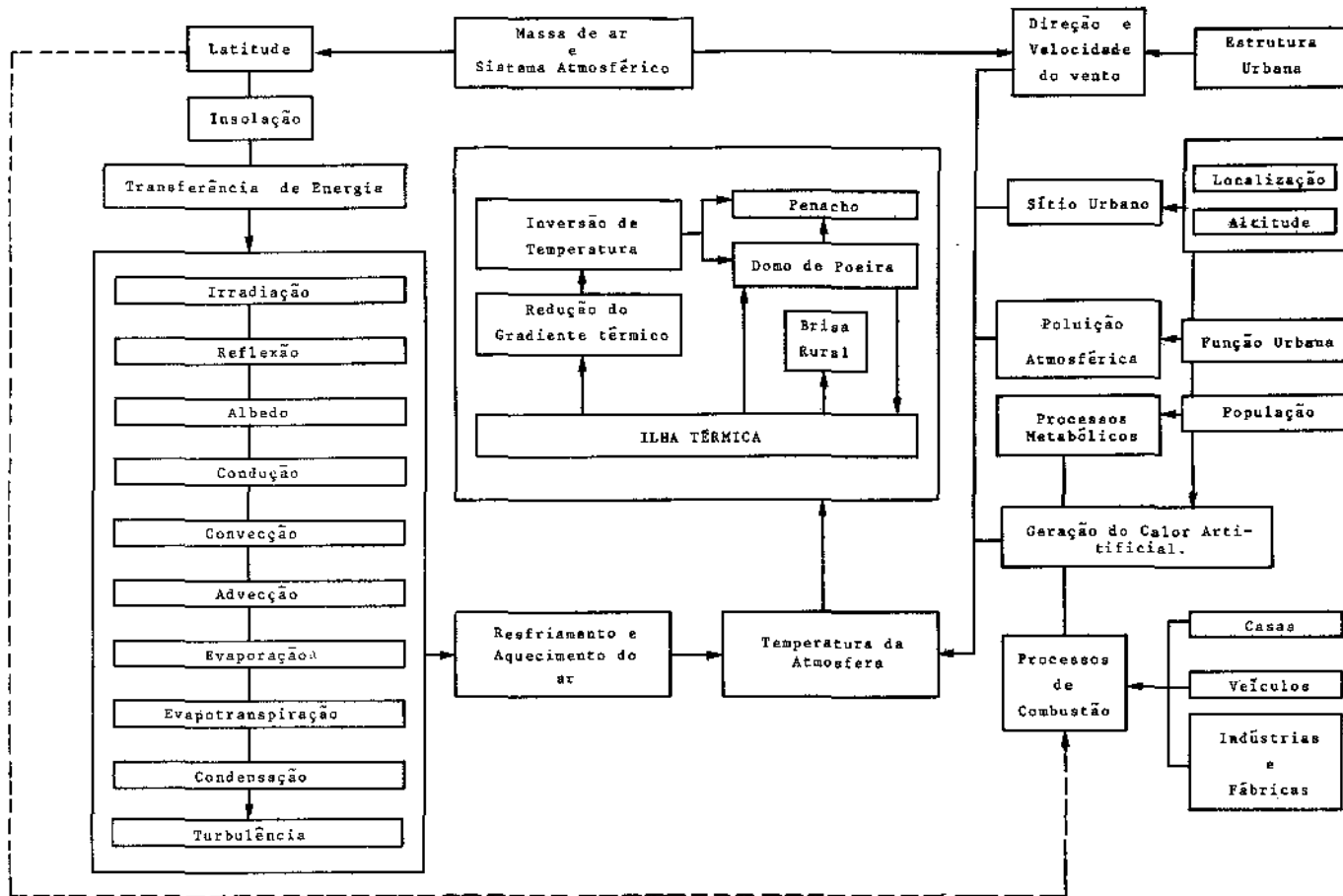
Para melhor descrever a formação da ilha térmica, alguns autores (Oke, 1978 e Frisken, 1973) comparam-na com o relevo, associando-a à forma de um platô onde as temperaturas mais elevadas (ΔT_{u-r}), representadas por um pico, decrescem gradativamente em direção ao subúrbio e bruscamente (escarpa) em direção à área rural (fig. 2)



FORTE: OKE, TR - BOUNDARY LAYER CLIMATE. METHUEN & CO LTDA - LONDON, 1978, p. 294.

FIG. 2 SEÇÃO TRANSVERSAL GENERALIZADA DE UMA TÍPICA ILHA TÉRMICA URBANA.

FIG. III - VARIÁVEIS QUE ATUAM NA FORMAÇÃO DE ILHA TÉRMICA



-----> Relação existente somente para latitudes altas e média

O surgimento e desenvolvimento da ilha de calor numa cidade têm como causas primárias fenômenos sazonais e azonais que envolvem um grande número de variáveis complexas (fig. 3).

No verão, as diferenças térmicas entre a cidade e o campo serão orientadas, principalmente, pela grande absorção e armazenamento das radiações diurnas, e pela geometria daquela. Secundariamente, a maior quantidade de calor sensível da atmosfera urbana, decorrente de uma menor evaporação provocada pelo "run off" da precipitação sobre as ruas, prédios, e seu escoamento pelos esgotos pluviais, irá contribuir para a elevação da temperatura atmosférica. À noite, quando tanto o campo quanto a cidade se resfriam através da perda de radiação para a atmosfera na faixa do infravermelho, a intensidade da ilha térmica torna-se maior em consequência do fluxo de calor que se mantém entre as edificações feitas pelo homem e o ar.

Em noites sem nuvens e com ar calmo, tal fluxo se faz mais intenso e, adicionado ao calor sensível decorrente da produção artificial, irá formar uma ilha de calor bem caracterizada.

No inverno como as horas de insolação e altura solar diminuem, a formação de ilha térmica em cidades de latitudes médias terá como principal causa a produção de calor artificial (Peterson, 1973).

Os fenômenos azonais que contribuem para o surgimento da ilha térmica, estão relacionados com a poluição atmosférica, a redução da velocidade dos ventos locais e com as características do próprio sítio urbano. Assim, o seu desenvolvimento será acentuado (1) devido à reflexão de calor e retorno da radiação proveniente da superfície urbana, provocadas pela névoa seca; (2) diminuição em cerca de 17 à 15% na velocidade dos ventos (de acordo com estudo feito por Chandler, em Londres), decorrentes da estrutura urbana e tamanho da cidade. Esta redução da velocidade terá como consequência uma menor dispersão das partículas poluentes, vapor d'água e gases suspensos na atmosfera, diminuindo assim a difusão de calor e, consequentemente, aumentando a intensidade da ilha térmica. Contudo, os fortes ventos regionais que superam os efeitos de redução da velocidade ocasionados pela cidade, atuam como dispersores daquelas variáveis. E (3) como o sítio urbano varia de cidade para cidade, sua influência sobre a ilha de calor é particular a cada uma, podendo-se, no entanto, generalizar os efeitos da topografia e hidrografia.

A topografia pode tanto acentuar a intensidade da ilha térmica por aquecimento catabático do ar (quando grandes desníveis topográficos estão envolvidos - cerca de 1 km para mais), como inibir seu desenvolvimento através do resfriamento adiabático da atmosfera.

Os efeitos térmicos da hidrografia sobre a ilha de calor (considerando-se um lago ou um rio com perfil longitudinal pouco acentuado) podem ser (1) negativo, quando durante o dia (absorção de radiação solar - calor específico da água é de 1 cal/g/°C) há um movimento de ar frio da superfície líquida em direção à periferia da cidade e (2) positivo, quando à noite o fluxo se inverte (por

ter a água maior capacidade térmica), possibilitando uma expansão horizontal do pico da ilha térmica. Considerando-se o sítio de Porto Alegre, estas influências podem eventualmente ocorrer.

Muitas vezes a existência de ilha térmica tem implicação direta ou indireta na formação de outros fenômenos atmosféricos urbanos. Um de seus efeitos diretos é a ocorrência de ventos induzidos termalmente, chamados de brisa rural, similares em gênese à brisa marinha (Chandler, 1963). Tais ventos trazem ar fresco e menos poluído das áreas rurais vizinhas à cidade, de lagos próximos a ela, ou mesmo das áreas verdes para as áreas de maior densidade populacional ou mais industrializadas.

Os efeitos térmicos de uma ilha de calor se fazem sentir até uma altura três vezes superior a do prédio mais alto da cidade (Ross e Bryson, 1972). Dessa forma, haverá até este limite uma redução do gradiente térmico vertical da atmosfera urbana, provocando uma isotermia ou inversão de temperatura. Sob estas condições formar-se-á uma capa de ar quente que dará origem a uma inversão térmica de baixa altitude.

Caso o ar esteja saturado de partículas poluentes, formar-se-á um domo de poeira que, por sua vez, através das propriedades térmicas dos poluentes, irá intensificar o desenvolvimento da ilha de calor. Assim, se estabelecerá um ciclo de realimentação térmica entre os dois fenômenos, só interrompido com a ocorrência de fortes ventos regionais. Se os ventos que soprarem não forem suficientemente fortes para dispersar o domo de poeira e sua ilha térmica, haverá apenas um prolongamento daquele sobre as áreas rurais em direção a sotavento, assumindo o domo a forma de uma pluma - o que lhe originou o nome de penacho.

O SÍTIO URBANO:

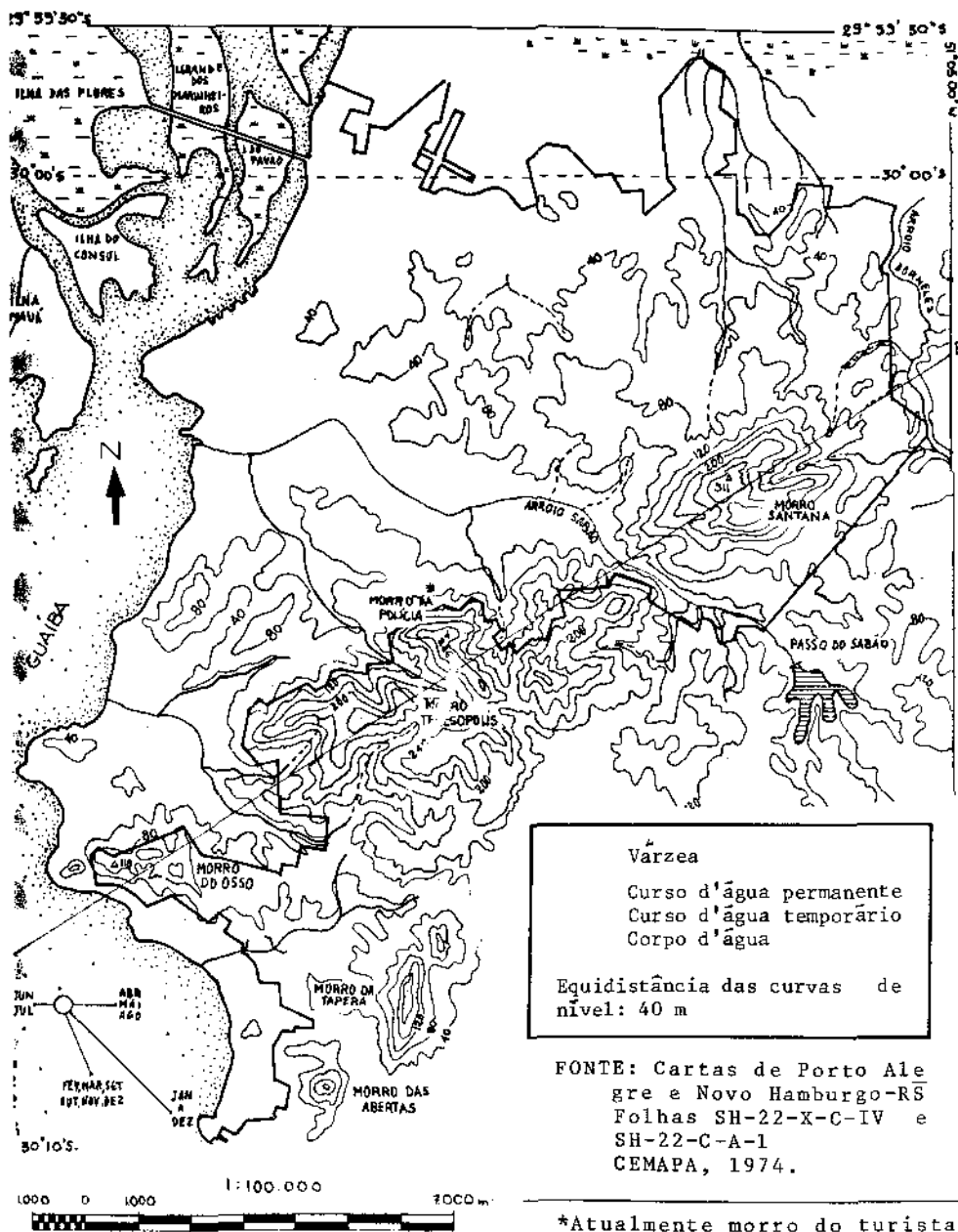
Porto Alegre ocupa uma área limitada, grosso modo, pelos paralelos $29^{\circ}10'30''$ e $30^{\circ}10'00''$ S e meridianos $51^{\circ}16'15''$ e $51^{\circ}05'00''$ WGR, bastante diversificada quanto às características físicas.

A cidade cresceu e se desenvolveu a partir dos promontórios da margem esquerda do Guaíba, sobre um embasamento cristalino composto por variadas rochas graníticas e migmatitos de idade Pré-Cambriana do Maciço de Porto Alegre.

Esta diferenciação litológica e conseqüente erosão diferencial, juntamente com os processos tectônicos de soerguimento que deram origem ao Maciço de Porto Alegre, formaram diferentes níveis altimétricos cujos valores oscilam de 4 a 300 m, sobre o nível médio do mar, com altitudes médias em torno de 80 a 100 m. A urbanização alcançou também as planícies aluviais recentes, foi ocupando as vertentes mamelonares dos espigões e tabuleiros (Ab'Saber, 1966) que caracterizam o relevo do sítio urbano, até alcançar morros onde a topografia atinge 200-300 m, com seu máximo altimétrico (311 m) no Morro Santana (fig. 4).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE
PORTO ALEGRE

FIG. Nº 4



A hidrografia que aí se estabeleceu é representada por um número pequeno de cursos d'água (sendo o principal o Arroio Sabão), que possuem como nível de base local o Guaíba e o Rio Gravataí, os quais juntamente com o delta do Rio Jacuí completam o quadro hidrográfico da área.

A vegetação que cedeu lugar à urbanização constituía-se em matas pluviais, correspondendo ao grupo das florestas atlânticas (Ab'Saber, 1966). Desenvolvia-se nas "planícies aluviais, encostas dos morros de nível médio (10-20 a 130-160 m) e nos baixos terraços em butidos entre os espigões e promontórios" (Ab'Saber, 1966).

Nas vertentes mais íngremes e elevadas, principalmente naquelas voltadas para o norte, a vegetação torna-se mais esparsa e de menor porte, assumindo o aspecto de mata apenas nas depressões úmidas e de solo espesso (Ab'Saber, 1966).

A condição de cidade de latitude sub-tropical localizada na costa oriental do continente (embora não sendo uma cidade litorânea) impõe à Porto Alegre, face à circulação atmosférica, um clima subtropical úmido que vem completar a paisagem que a caracteriza.

Dessa maneira, os anticiclones migratório Polar e semipermanente do Atlântico somados às massas polares e tropicais marítimas nas suas oscilações latitudinais e sazonais, proporcionam à cidade tipos de tempo bastante variados, responsáveis por máximas térmicas absolutas de 40,4°C (fevereiro) e mínimas de -2,0°C no mês de junho (Ratisbona, 1976). Contudo a temperatura média anual é de 19,5°C, sendo a amplitude de 9,9°C, estando a média das máximas em 24,5°C e a das mínimas em 14,5°C.

As chuvas se distribuem ao longo do ano tendo, no entanto, seus máximos pluviométricos nos meses de maio a setembro. Com uma umidade relativa média de 77%, a precipitação média anual atinge 1.297mm (Machado, 1950).

Os ventos predominantes são os dos quadrantes sudeste e este-sudeste, ocorrendo nos meses de junho e julho também ventos de oeste e em abril, maio e agosto ventos de este (Machado, 1950 e Ratisbona, 1976).

ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO MÉDIA DA ILHA TÉRMICA:

A análise da situação média da distribuição das temperaturas refere-se apenas àquelas cujas observações, nos dias considerados, não foram interrompidas. Desta forma, das três ilhas térmicas mais frequentemente evidenciadas nos quinze dias de estudo, apresenta-se somente uma única ilha ("A") devido a falta de dados.

Nos três horários, "A" se desenvolve sobre uma ampla área com vários prolongamentos, incluindo espaços onde verificava-se a existência de duas ilhas térmicas bem definidas, correspondendo u-

ma à porção ocidental da área de concentração industrial e outra à locais próximos às vertentes dos Morros da Polícia e Santana.

Observa-se que o bairro do Centro não chega a formar uma ilha de calor, constituindo-se apenas em um prolongamento da ilha média. Esta, possui seu centro térmico, cujos valores correspondem a 13, 18 e 15°C, respectivamente, às 9, 15 e 21 h, sobre áreas próximas àquele. Observa-se, no entanto, que em áreas próximas ao Parque Farroupilha* (na carta representado por um triângulo), nos três horários considerados ocorrem sempre menores temperaturas, possivelmente decorrentes da influência daquela área verde sobre a temperatura ambiente (fig. 5, 6 e 7).

CONCLUSÃO:

A intensa urbanização de Porto Alegre, juntamente com seu complexo sítio, criam condições para a formação de ilha térmica, comprovando assim a hipótese formulada no início desta pesquisa.

O desenvolvimento "sui generis" de Porto Alegre, com seu centro urbano localizado sobre um "promontório" e a partir daí, sua expansão radial onde se verificam áreas com urbanização diferenciada, faz com que surjam ao invés de uma, as várias ilhas de calor. Deve-se observar que tal fato não foi identificado na bibliografia consultada onde os centros urbanos coincidem com o geométrico.

É flagrante a influência que exerce a área de maior concentração industrial sobre a atmosfera da cidade. Dos quinze dias analisados, em apenas dois não se formou sobre aquela área uma ou mais ilhas de calor. Chama a atenção, no entanto, que estes correspondem à domingo, quando as indústrias se mantêm inativas, não havendo assim geração de calor artificial e nem lançamento de partículas poluentes na atmosfera.

A topografia da cidade também age na diferenciação térmica da atmosfera, possibilitando a formação de ilhas de calor nas áreas próximas às vertentes norte dos Morros Santana, da Polícia e Teresópolis quando: 1) ocorrem ventos de este, sul e sudeste (provável efeito de abrigo à sotavento) e 2) fraca nebulosidade (por ação do maior ângulo de incidência sobre as vertentes e baixo calor específico das rochas que as constituem).

Com nem sempre se forma sobre o Centro (cujos terrenos variam entre 10 a 30 m de altitude) uma ilha térmica, deduz-se que a brisa lacustre do Guaíba (sentida ao longo de sua margem), juntamente com o resfriamento adiabático associado à convergência e elevação do ar provocados pela topografia, sejam os responsáveis por tal fato. No entanto, sobre os bairros vizinhos àquele, invariavelmente, forma-se à noite uma ilha térmica que tem como principal eixo de expansão o sentido N-S. Observa-se que tal eixo corresponde à área de maior urbanização da cidade, excetuando-se o Centro.

(*) 30.000 m².

PORTO ALEGRE
(Área urbana)

FIG. 5

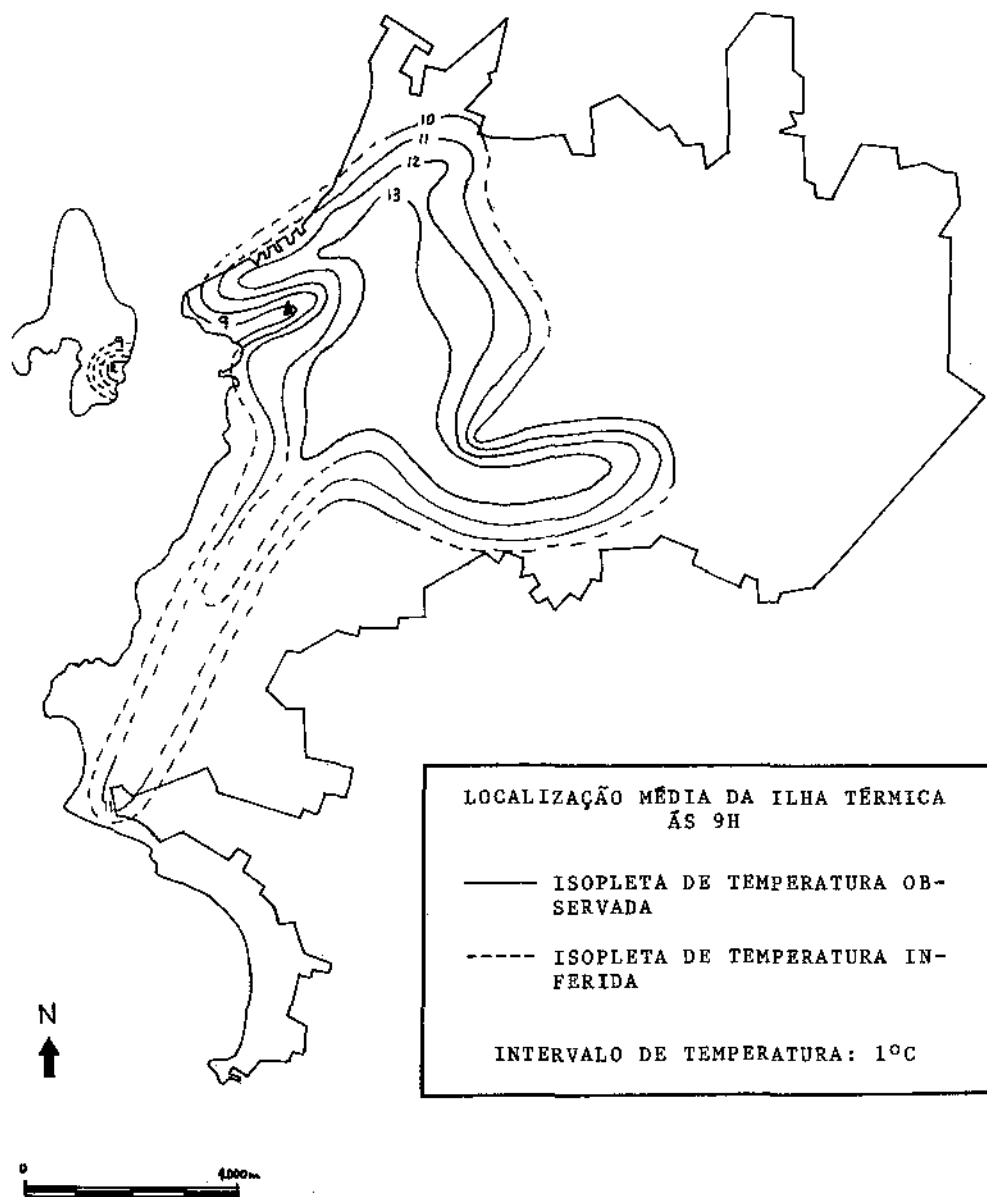
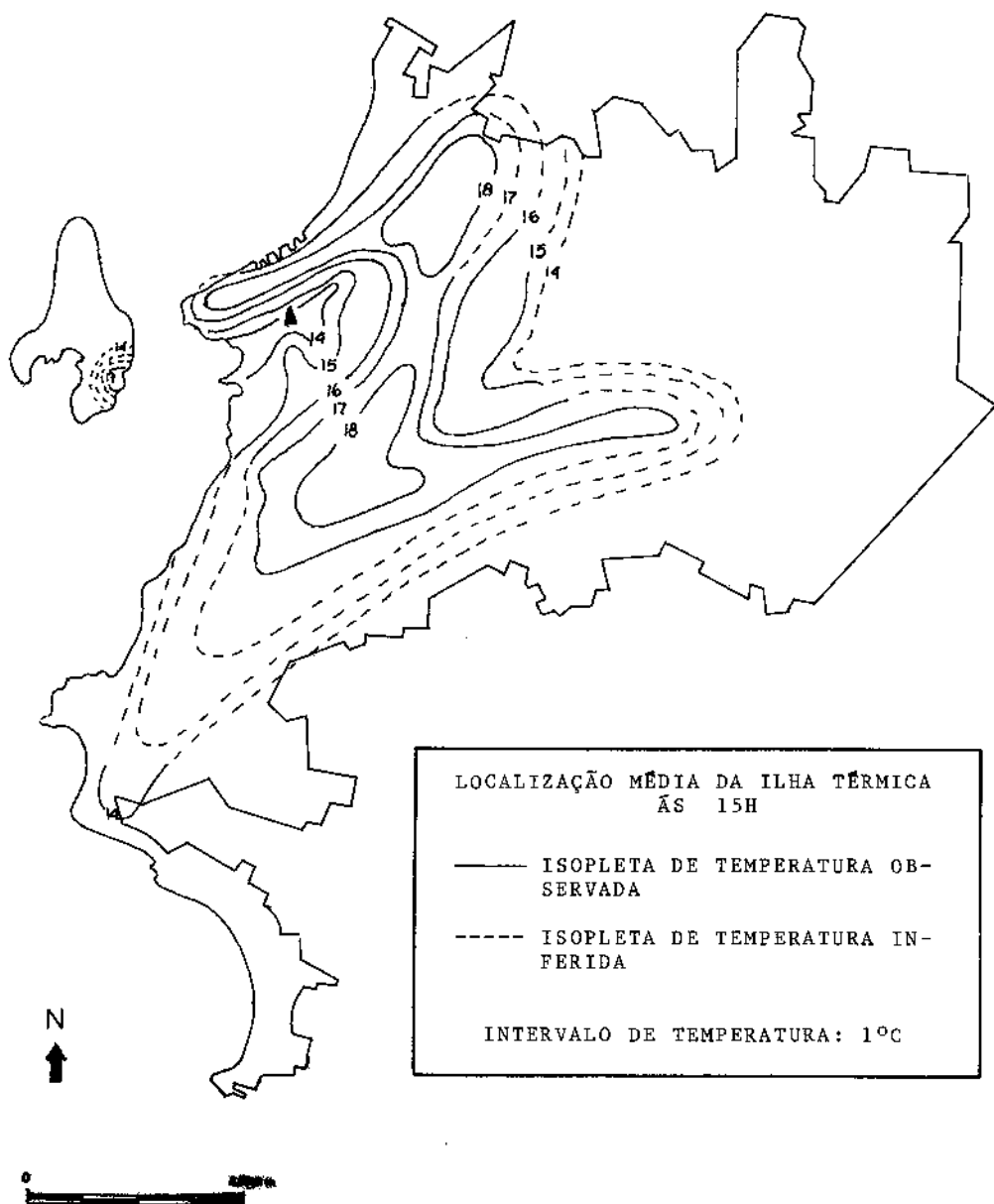
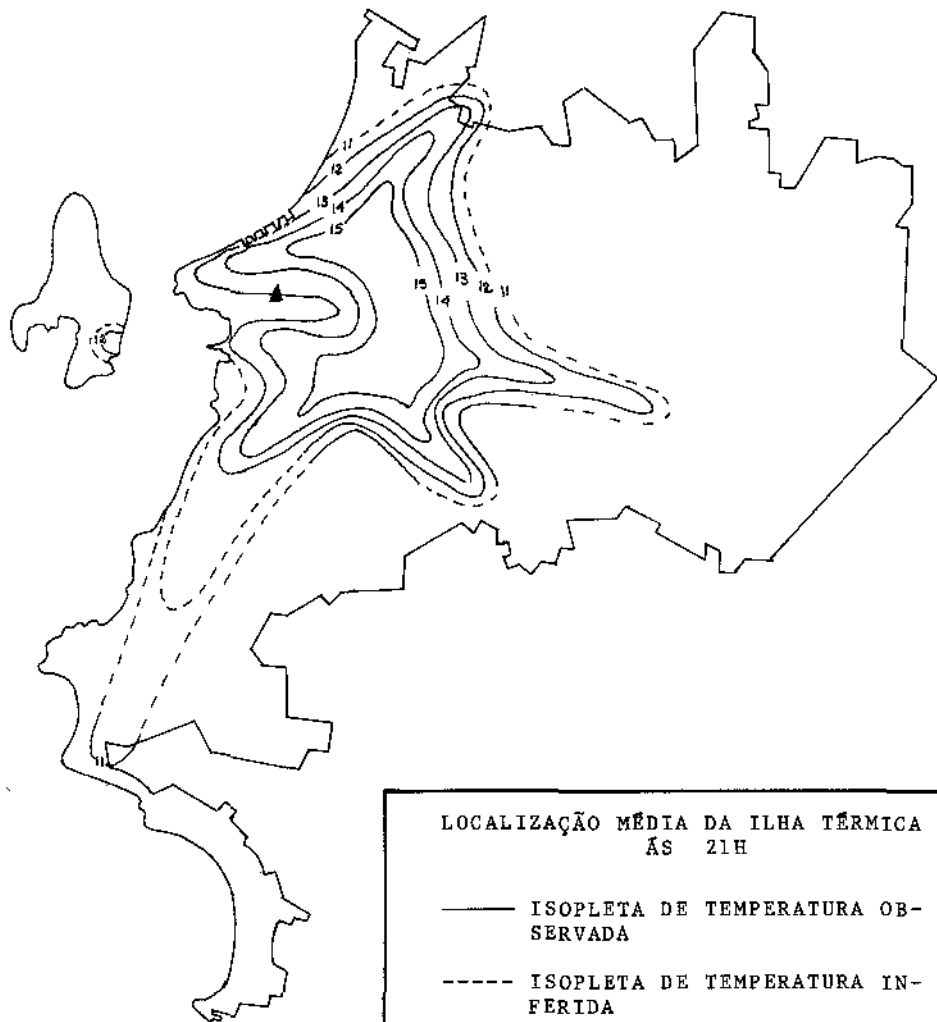


FIG. 6



PORTO ALEGRE
(Área urbana)

FIG. 7



LOCALIZAÇÃO MÉDIA DA ILHA TÉRMICA
ÀS 21H

— ISOPLETA DE TEMPERATURA OB-
SERVADA

- - - ISOPLETA DE TEMPERATURA IN-
FERIDA

INTERVALO DE TEMPERATURA: 1°C

N
↑

0 4,000 m

Não pode ser constatada a real influência da velocidade dos ventos sobre as ilhas de calor por não se ter, para Porto Alegre, maiores informações a respeito e por terem ocorrido fracos ventos no período considerado. Contudo, observou-se que quando ocorrem ventos do quadrante norte (variando de NE à NW), portanto, oriundos de massas tropicais, há uma maior formação das ilhas de calor e/ou maior intensificação de seus picos térmicos.

A formação de ilhas térmicas sobre a ilha Mauã, que é fracamente urbanizada, não se relaciona aos tipos de tempo que ocorrem durante o período de estudo, visto que ela se forma com as mais variadas coberturas de céu, direção e velocidade do vento. Deve-se observar, no entanto, que sua formação se dá à tarde, quando a superfície arenosa está mais aquecida do que a massa líquida do Guaíba.

A nebulosidade e a formação de névoa úmida atuam na temperatura atmosférica através da diminuição dos contrastes térmicos, ampliando a área de ação das ilhas de calor, enquanto que a névoa seca aumenta os contrastes de temperatura daquelas localidades do centro-oeste da cidade e amplia a área de ação das localizadas sobre a área industrial.

Chama a atenção que no decorrer do período em estudo, apesar de corresponder ao final do outono e início do inverno, houve dias em que as temperaturas máximas foram superiores à 22°C e inferiores à 27°C. Comparando-se as médias das temperaturas máximas dos meses que correspondem ao final do inverno e à primavera, pode-se dizer que as temperaturas caracterizam o período de observação são similares às destas estações do ano. Entretanto, aqueles valores não correspondem às altas temperaturas que a cidade enfrenta no verão quando a insolação é máxima. Deduz-se, portanto, que em tal ocasião deve haver uma grande intensificação dos picos térmicos das ilhas de calor - salienta-se aqui que tal fato não pode ainda ser comprovado, ficando o mesmo apenas em nível de hipótese.

Para não se intensificar os efeitos térmicos das principais ilhas de calor que se formam sobre Porto Alegre, sugere-se: 1) evitar uma maior urbanização sobre o bairro do Centro e principalmente sobre os bairros vizinhos a ele; 2) impedir maior concentração de indústrias sobre a porção norte da cidade e 3) arborizar as vias de circulação, produzindo sombra e conseqüente redução de temperatura¹.

Resta lembrar que para amenizar tais efeitos (tão indesejáveis no verão, embora agradáveis no inverno), pode-se proporcionar condições para a ocorrência de ventos induzidos termalmente, atra-

NOTA:

- 1) Aconselha-se utilizar árvores caducifólias que permitem no inverno a incidência de radiação solar sobre a superfície.

vês da criação de áreas verdes² próximas às de formação de ilha térmica.

NOTA:

- 2) Deve-se levar em conta que a vegetação reduz a temperatura do ar através do processo de evapotranspiração, produção de sombra e em menor proporção, reflexão da radiação incidente. Tais características sugerem a formação de "ilhas frescas", que através de processos termodinâmicos teriam seu ar ambiente desviados para as ilhas de calor.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, Aziz Nacib & ROCHE, Jean. O sítio Urbano de Porto Alegre. IN: Três estudos rio-grandenses: Faculdade de Filosofia da UFRGS Porto Alegre, 1966.
- BRYSON, Reid & ROSS, John. The climate of the city. IN: Urbanization and environment. Duxbury Press, Belmont (California), 1972, pág. 287.
- CHANDLER, T. J. London's urban climate. Geographical Journal, vol. 128, part 3, september 1962.
- ' T. J. The changing form of London's. Geography, vol. 46 part. 4, nº 213, november 1961.
- FONSECA, Romulo Soares. Elementos de desenho topográfico. São Paulo. Ed. McGraw Hill do Brasil, MEC, 1973, pág. 90.
- GUERRA, A. T. Dicionário Geológico-Geomorfológico. IBGE - Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 2ª ed., 1966.
- FOSS, I. Tratado de Topografia. Madrid, 2ª ed., Ed. Dssat S/A, 1943, pág. 1157.
- FRISKEN, Willian R. The atmospheric environment. Resources for the future, INC. Baltimore and London, 1973, pág. 68.
- LONGLEY, R. W. Elements of meteorology. John Wiley & Sons Inc. New York, 1970, pág. 317.
- MARTIN, Frank P. & EVANS, M. The heat island effect of a large shopping mall in Akron Ohio. IN: Westherwise the magazine about weather. David M. Ludlum, vol 28, nº 6, dez. 1975.
- METEOROLOGICAL OFFICE, A course in elementary meteorology. 2nd ed HMSO, London, 1978, pág 208.
- NEIBURGER, M. EINGER, J. G. & BONNER, W. D. Understanding our atmospheric environment. W. H. Freeman and Co, San Francisco, 1973, pág. 293.
- OKE, T. R. Boundary layer climate. London, Methuen & LTD, A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York 1978, pág. 372.
- PETERSON, James T. The climate of the cities: a survey of recent literature. IN: Climate in Review. Geoffrey McBoyle, Houghton Mifflin Co, Boston, 1973, pág. 313.
- SEKIGUTI, T. Studies in local climatology - temperature distribution and surface covers. IN: Papers in meteorology and geophisics. Nabashi, Suginami, Tokio, Japan. Vol II, nº 3-4, 1951.