

**TRATAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS PARA A AVALIAÇÃO
DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES EM NATAL - RN**

Prof^a. Virgínia Maria Dantas de Araújo e Prof^a. Themis Lima Fernandes Martins - Laboratório de Conforto Ambiental - DARQ - UFRN
Prof. José Wilton Queiróz e Eduardo Henrique Silveira de Araújo
CONSULEST - DEST - UFRN

O presente trabalho objetiva a definição de uma metodologia para a caracterização das condições típicas de exposição de uma edificação ao clima da cidade de Natal - RN. Inicialmente foi definido um período de 05 anos de análise dos dados horários de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos. Os dados foram coletados junto à Estação do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno - Ministério da Aeronáutica e tratados estatisticamente, definindo um modelo das condições externas típicas aplicáveis a avaliação do desempenho das edificações. O modelo definido possibilitou determinar o dia típico e o presente estudo subsidiará pesquisas posteriores a respeito do desempenho térmico de edificações e do conforto térmico de ambientes.

The work is intended to establish a methodology for the characterization of the typical conditions for a building to be exposed to the local climatic conditions of the city of Natal-RN. Initially a period of five years was set up to survey time data on temperature and relative humidity, as well as speed and direction of the winds. Data was collected at the Air Force Station located in the Center of Barreira do Inferno, in Natal-RN. The data collected was statistically dealt with and a model representing the typical external conditions relevant to the assessment of building behaviour was established. This model made it possible to determine what would be a typical day. As a result the present study will be used as a subsidy for further work concerning the thermal behaviour of buildings as well as environmental thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado. É um dos aspectos de suma importância e ao mesmo tempo particular para cada região. Além de ser bastante variável, tanto no espaço quanto no tempo, os elementos que o caracterizam podem afetar ao homem tanto diretamente quanto com relação às atividades que desempenha.

Um grupo de atividades humanas bastante afetado pelo clima e que, no entanto carece de informações a respeito é o relacionado a arquitetura, construção civil e urbanismo.

De acordo com pesquisas desenvolvidas, a tendência atual é organizar os dados relativos aos agentes térmicos que intervêm preponderantemente no clima: a radiação solar, a temperatura, a umidade e a direção e a velocidade do ar, dentro do chamado "dia típico de projeto ou de cálculo", mediante estudos estatísticos com que se analisam as variações simultâneas, e não se paradas, de todos os parâmetros.

O ideal seria definir uma metodologia para o tratamento dos dados climáticos de forma a caracterizar estas condições típicas de exposição da edificação ao clima. Os dias típicos deveriam ser definidos de forma a representarem as condições mais significativas ao longo de um ano e os dados climáticos selecionados deveriam, portanto, apresentar um significado estatístico quanto a frequência de ocorrência em determinado período de tempo, permitindo quantificar os níveis exigência na avaliação a ser efetuada no projeto.

2. DIAS TÍPICOS DE PROJETO

Os dados climáticos podem ter diferentes formas de apresentação, dependendo do uso para o qual se destinam. Para o desempenho térmico de edificações é necessário saber como variam a temperatura do ar, umidade relativa, a direção e a velocidade do vento, e a radiação solar, não só ao longo das estações do ano, mas

também no decurso das 24 horas do dia. Interessa conhecer, não apenas valores médios diários ou sazonais, que por abrandarem variações cíclicas ou irregulares das variáveis meteorológicas são muito limitados na caracterização de um clima. O que é usualmente aceito no que concerne a variáveis cuja variação seja cíclica, é a sua disponibilidade em base horária. Para o projeto de edificações, também é importante conhecer a probabilidade de ocorrência de um determinado conjunto de condições meteorológicas que possibilitem a opção entre o custo de uma determinada solução e o risco de ocorrência de condições de desconforto.

3. METODOLOGIA

Os dias típicos para projeto térmico de edificações foram definidos com base em cinco anos de dados meteorológicos (1986 a 1990). Os dados foram coletados junto a Estação do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno - Ministério da Aeronáutica.

A inexistência de dados de radiação solar, no período em estudo, fez com que se optasse por uma posterior análise desta variável, uma vez que a Estação Climatológica do Campus da UFRN adquiriu no ano passado um aparelho específico para registro deste dado.

Uma estrutura de banco de dados foi montada de modo compatível com os softwares que foram utilizados para analisá-los, interpretá-los e criticá-los. Alguns softwares foram desenvolvidos para tal fim*

Inicialmente, foi feita uma análise estatística descritiva destes dados, utilizando-se os softwares SOC (Software Científico - EMBRAPA - UNICAMP) e SAS (Statistics Analysis System). Calculou-se todas as estatísticas primárias: média, mediana, moda, percentual, coeficiente de variação, desvio padrão, máximos e mínimos. Usando-se as médias e as medianas que foram as estatísticas mais significativas para representar os dados, montou-se o dia típico para as variáveis estudadas.

Paralelamente, foram utilizadas as técnicas de análise espectral e de perfis do comportamento da trajetória da temperatura e da umidade relativa do ar, durante o período de cinco anos.

Em seguida, iniciou-se o estudo de, correlação entre as variáveis em cada hora do dia. Tal estudo está ainda em fase de conclusão.

4. ANALISE DOS RESULTADOS

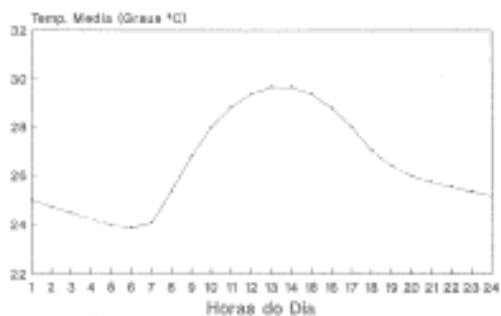
4.1. Temperatura do Ar

Analisando o comportamento do dia típico de temperatura do ar para o período de análise (gráfico 4.1) verificou-se quatro períodos "distintos": o primeiro, que compreende as seis primeiras horas do dia, e apresenta um comportamento de valores decrescentes tendendo a uma certa estabilização; o segundo, das 6:00 às 12:00 h, mostra um comportamento definido de acréscimo acentuado de temperatura; o terceiro, das 12:00 h até aproximadamente às 18:00 h, apresenta um comportamento de temperaturas decrescentes de maneira acentuada; e o último, que compreende as últimas horas do dia, (18:00 às 24:00 h), apresenta um comportamento semelhante ao primeiro período mas se encontra num patamar mais elevado.

Ao analisar estes quatro períodos em cada ano ao longo dos meses, utilizando-se uma técnica de análise de perfil, verifica-se, que qualquer que sejam os anos, eles apresentam dois comportamentos distintos na variação da temperatura. Esta análise também foi comprovada quando utilizou-se a técnica de análise espectral e encontrou-se nitidamente estes comportamentos distintos. Estes dois períodos são caracterizados, primeiro, entre os meses de janeiro/abril e outubro/dezembro como períodos idênticos e o outro compreendido entre maio e setembro (gráficos 4.2 a 4.6).

Posteriormente, será efetuada uma análise do comportamento do dia típico de temperatura do ar para os dois períodos identificados.

DIA TIPO DE TEMPERATURA PARA O MUNICÍPIO DE NATAL-RN

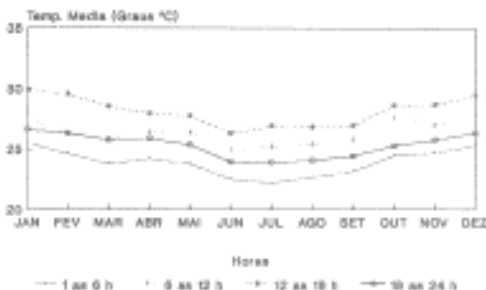


DADOS : BARRERA DO INFERNO

ANO	Hora							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Média	25,0	24,7	24,5	24,0	23,9	24,0	24,0	25,4
ANO	Hora							
	9	10	11	12	13	14	15	16
Média	26,0	28,0	28,0	29,4	29,7	29,7	29,3	28,0
ANO	Hora							
	17	18	19	20	21	22	23	24
Média	28,0	27,1	26,4	26,0	25,7	25,5	25,4	25,2

GRÁFICO 4.1

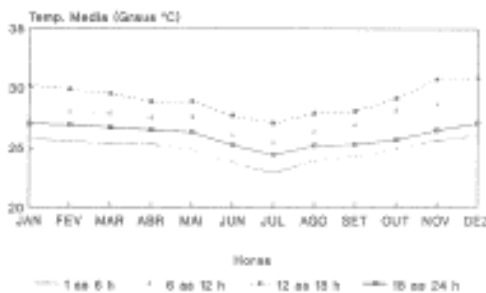
Comportamento da Temperatura mensal por períodos em 1986 / Natal-RN



Dados : Barrera do Inferno

GRÁFICO 4.2

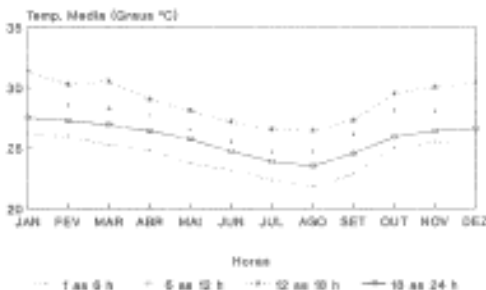
Comportamento da Temperatura mensal por períodos em 1987 / Natal-RN



Dados : Barrera do Inferno

GRÁFICO 4.3

Comportamento da Temperatura mensal por períodos em 1988 / Natal-RN



Dados : Barrera do Inferno

GRÁFICO 4.4

Comportamento da Temperatura mensal por períodos em 1989 / Natal-RN

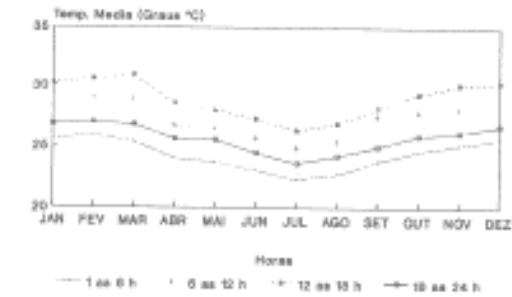


GRÁFICO 4.5

Comportamento da Temperatura mensal por períodos em 1990 / Natal-RN

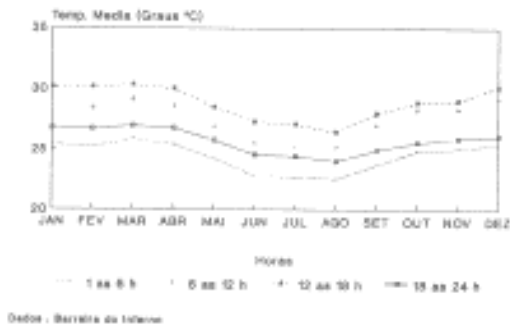


GRÁFICO 4.6

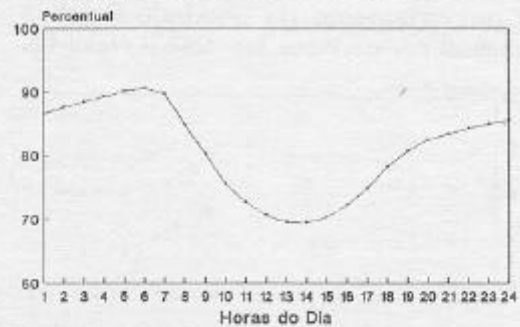
4.2. Umidade Relativa do Ar

O dia típico da umidade relativa do ar tem um comportamento inverso ao dia típico da temperatura do ar (gráfico 4.7). Verifica-se, do mesmo modo, quatro períodos distintos: o primeiro, que compreende as seis horas do dia, e apresenta um comportamento de valores crescentes tendendo a uma certa estabilização; o segundo, das 6:00 às 12:00 h, mostra um comportamento bastante definido de decréscimo acentuado de umidades; o terceiro, das 12:00 h até aproximadamente às 18:00 h, apresenta um comportamento de umidades crescentes de maneira acentuada; e o último, que compreende as últimas horas do dia, (18:00 às 24:00 h), apresenta um comportamento semelhante ao primeiro período mas se encontra num patamar menos elevado.

Da mesma forma, ao analisar estes quatro períodos em cada ano ao longo dos meses, utilizando-se uma técnica de análise de perfil, verifica-se, que qualquer que sejam os anos, eles apresentam dois comportamentos distintos na variação da umidade. Esta análise também foi comprovada quando utilizou-se a técnica de análise espectral e encontrou-se nitidamente estes comportamentos distintos. Estes dois períodos são caracterizados, primeiro, entre os meses de janeiro/abril e outubro/ dezembro como períodos idênticos e o outro compreendido entre maio e setembro (gráficos de 4.8 a 4.12).

Posteriormente, também será efetuada uma análise do comportamento do dia típico de umidade relativa do ar para os dois períodos identificados.

DIA TÍPICO DE UMIDADE RELATIVA PARA O MUNICÍPIO DE NATAL-RN



		Hora							
ANO		1	2	3	4	5	6	7	8
Média		86,6	87,5	88,4	89,3	90,1	90,6	89,7	85,0
		Hora							
ANO		9	10	11	12	13	14	15	16
Média		80,3	79,6	72,6	70,7	69,5	69,5	70,3	72,1
		Hora							
ANO		17	18	19	20	21	22	23	24
Média		74,8	78,3	80,6	82,4	83,5	84,3	85,0	85,6

GRÁFICO 4.7

Comportamento da Umidade Relativa mensal por períodos em 1986 / Natal-RN

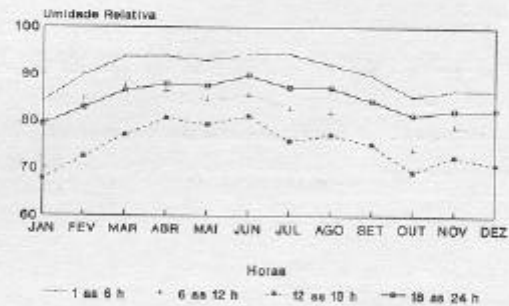


GRÁFICO 4.8

Comportamento da Umidade Relativa mensal por períodos em 1987 / Natal-RN

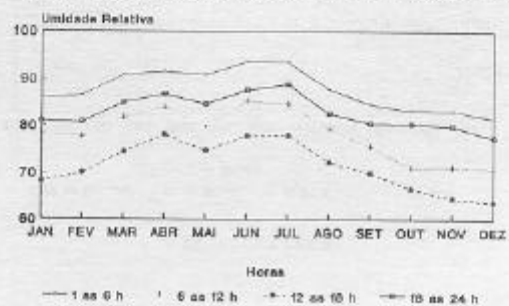


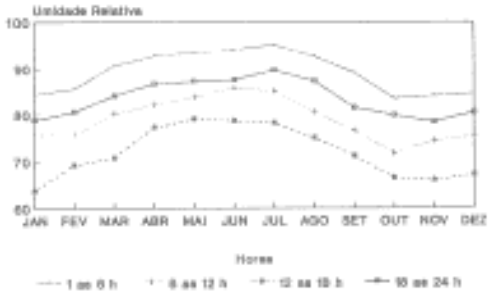
GRÁFICO 4.9

4.3. Velocidade dos Ventos

Ao analisar o gráfico relativo a velocidade dos ventos, (gráfico 4.13), verifica-se que esta já não tem um comportamento tão definido quanto a temperatura ou a umidade relativa do ar. No entanto pode-se constatar que há uma relação entre a velocidade das massas de ar e a temperatura, onde: nas primeiras horas do dia (até às 6:00 h) há um decréscimo na velocidade dos ventos; num segundo momento (correspondente ao segundo período identificado no comportamento do dia típico de temperatura, que vai de 6:00 até 12:00), há também, um acréscimo nos valores da velocidade do vento; num terceiro momento (correspondente ao período de 12:00 até 18:00 h) há uma estabilização nos valores da velocidade das massas de ar; e finalmente, um último período que compreende as últimas horas do dia (de 18:00 até 24:00 h) onde temos novamente um decréscimo nos valores da velocidade do ar, só que, também num patamar distinto do primeiro período (mais elevado).

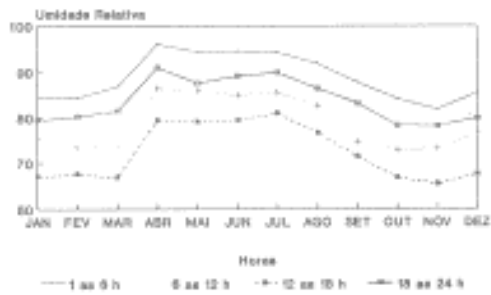
Ao trabalhar estes quatro períodos, em cada ano ao longo dos meses com a técnica de análise de perfil, verifica-se que a velocidade dos ventos não é o parâmetro mais indicado para se identificar os períodos distintos ao longo do ano (gráficos 4.14 a 4.18).

Comportamento da Umidade Relativa mensal por períodos em 1988 / Natal-RN



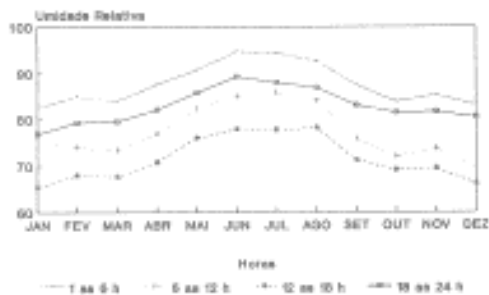
Dados: Serviço de Informação
GRÁFICO 4. 10

Comportamento da Umidade Relativa mensal por períodos em 1989 / Natal-RN



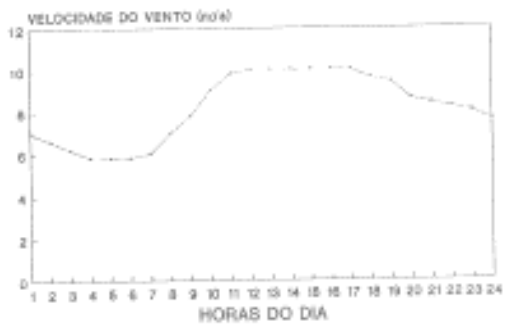
Dados: Serviço de Informação
GRÁFICO 4. 11

Comportamento da Umidade Relativa mensal por períodos em 1990 / Natal-RN



Dados: Serviço de Informação
GRÁFICO 4. 12

DIA TÍPICO DA VELOCIDADE DO VENTO PARA O MUNICÍPIO DE NATAL/RN

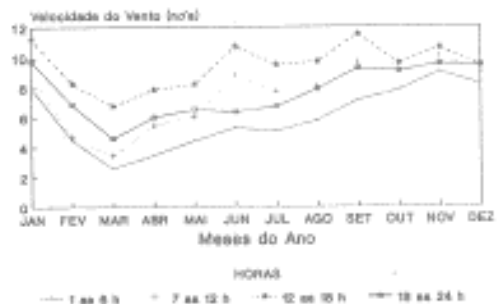


DADOS: Serviço de Informação

ANO	Hora							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mediana	7	6,6	6,2	5,8	5,8	5,8	6	7
ANO	Hora							
	9	10	11	12	13	14	15	16
Mediana	7,8	9	9,8	10	10	10	10	10
ANO	Hora							
	17	18	19	20	21	22	23	24
Mediana	10	9,6	9,4	9,6	8,4	8,2	9	7,6

GRÁFICO 4. 13

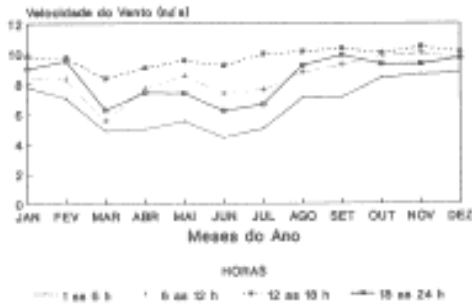
Comportamento da Velocidade dos Ventos mensal por período em 1988 - Natal/RN



DADOS: Serviço de Informação

GRÁFICO 4. 14

Comportamento da Velocidade dos Ventos mensal por período em 1987 - Natal/RN



DADOS - Barraes do Inferno

GRÁFICO 4. 15

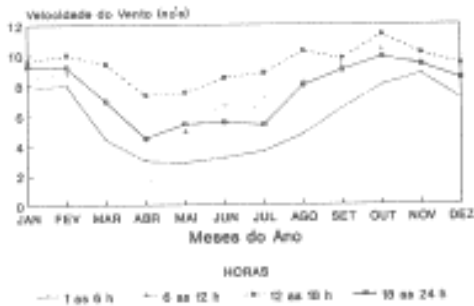
Comportamento da Velocidade dos Ventos mensal por período em 1988 - Natal/RN



DADOS - Barraes do Inferno

GRÁFICO 4. 16

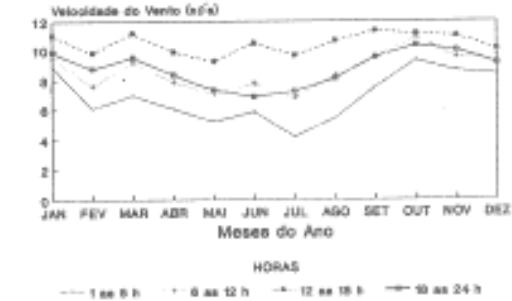
Comportamento da Velocidade dos Ventos mensal por período em 1989 - Natal/RN



DADOS - Barraes do Inferno

GRÁFICO 4. 17

Comportamento da Velocidade dos Ventos mensal por período em 1990 - Natal/RN



DADOS - Barraes do Inferno

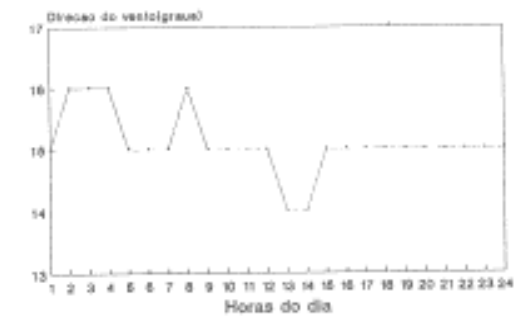
GRÁFICO 4. 18

4.4. Direção dos Ventos

A análise do comportamento do dia típico da direção do vento para o período estudado (gráfico 4.19) mostra a predominância a 150° na direção das massas de ar e uma certa estabilidade ao longo das horas do dia.

Por outro lado, a técnica de análise de perfil (ao longo do meses de cada ano) mostra que, qualquer que sejam os anos, estes apresentam dois comportamentos distintos na variação da direção dos ventos. Esta análise também foi comprovada quanto utilizou-se a técnica espectral e encontrou-se nitidamente estes comportamentos distintos (semelhante à análise das outras variáveis). Estes dois períodos são caracterizados, primeiro, entre os meses de janeiro/abril e outubro/ dezembro como períodos idênticos e o outro compreendido entre maio e setembro (gráficos de 4.20 a 4.23).

DIA TÍPICO DA DIREÇÃO DO VENTO PARA O MUNICÍPIO DE NATAL/RN



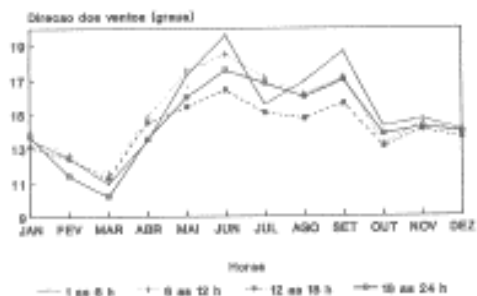
DADOS - Barraes do Inferno

ANO	Hora											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Med.	15	16	14	16	15	15	15	16	15	15	15	15

ANO	Hora											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Med.	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

GRÁFICO 4. 19

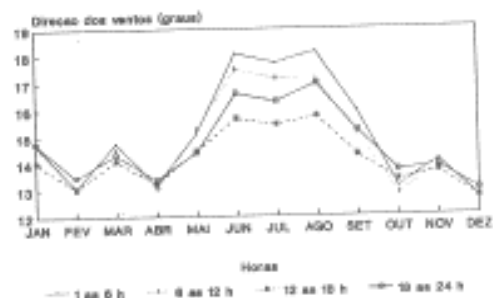
Comportamento da Direcao dos Ventos mensal por periodo em 1986 - Natal/RN



Fonte : Barreira do Inferno

GRÁFICO 4. 20

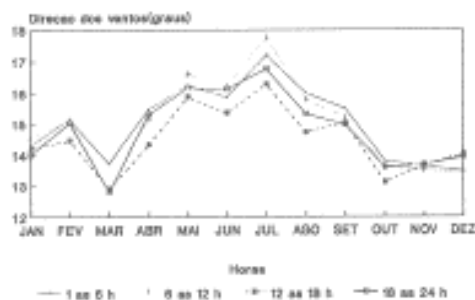
Comportamento da Direcao dos Ventos mensal por periodo em 1990 - Natal/RN



Fonte : Barreira do Inferno

GRÁFICO 4. 24

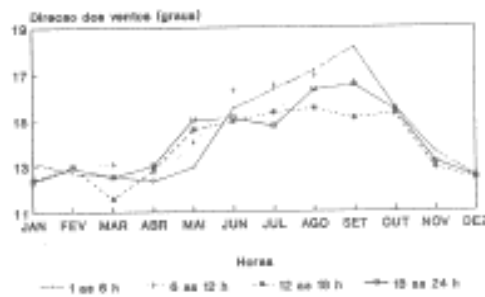
Comportamento da Direcao dos Ventos mensal por periodo em 1987 - Natal/RN



Fonte : Barreira do Inferno

GRÁFICO 4. 21

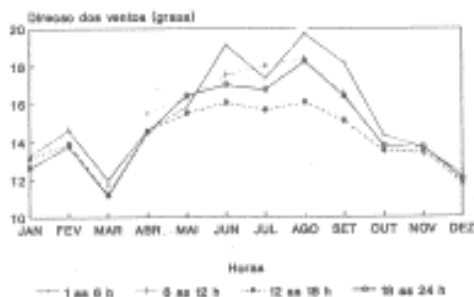
Comportamento da Direcao dos Ventos mensal por periodo em 1989 - Natal/RN



Fonte : Barreira do Inferno

GRÁFICO 4. 23

Comportamento da Direcao dos Ventos mensal por periodo em 1988 - Natal/RN



Fonte : Barreira do Inferno

GRÁFICO 4. 22

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante esclarecer que esta pesquisa ainda não está concluída. Deverá ser efetuada, posteriormente, uma análise do comportamento do dia típico das diversas variáveis para os dois períodos do ano identificados; o estudo das correlações entre as variáveis (que ainda se encontra em andamento), como também o desenvolvimento desta mesma metodologia para a variável: radiação solar.

Pretende-se, também, a continuidade desta pesquisa com o estudo comparativo com os próximos cinco anos (1991 a 1995) até que se complete um período de dez anos.

6. BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, E. H. E. ; QUEIRU, J. W. de; ARAÚJO, V. M. D. de. Modelo harmônico para determinação do dia típico de temperatura horária para a região de Natal - RN. in: X Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. Anais. 1987, vol. 1, pp. 29-34.
 FORSDYKE, A.G. Previsão do tempo e clima - série Prisma, 1969, 160 p.

GEIGER, R. Manual de microclimatologia - o clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961, 556 p., 4ª ed.

HASENACK, H. Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na ares urbana de Porto Alegre. UFRGS, Porto Alegre, 1989, 95 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Desempenho térmico de edificações escolares manual de procedimentos para avaliação. São Paulo, 1987, 72.

KOENIGSBERGER et alii. Factores climaticos globales - viviendas y edificios en zonas calidas e tropicales. Ed. Paraninfo, Madrid, pp. 20 a 55.

SATTLER, Miguel A. Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre. Porto Alegre, maio/1988, 22 p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. de. Meteorologia descritiva - fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980, 374 p.