

## AULA 2

### *METODOLOGIA*

Para estudos preliminares das possíveis relações entre fenômenos biológicos e médicos a fatores meteorológicos sugerem 3 diferentes métodos, para se estabelecer se é significativo estatisticamente. Há três tipos de metodologia : o **empírico**, o **experimental** e o da **predição**. A variabilidade temporal e espacial dos fenômenos atmosféricos tem que ser verificada.

#### **1.1 MÉTODO EMPÍRICO.**

Há dois métodos fundamentais usados em biometeorologia empírica : o método geográfico indireto e o método geográfico direto.

##### 1.1.1 Método geográfico indireto.

Em países, como no caso da Holanda, onde há distribuição geográfica acurada de doenças e taxas de mortalidade, é possível preparar mapas de distribuição (geográfica) com as respectivas taxas de incidência de doença ou de mortalidade (por 1000, 10 000 e 100 000 habitantes). É necessário padronizar a faixa etária dos grupos incidentes, bem como dos grupos raciais, do tipo de alimentação, por sexo, do grau de urbanização, etc. Uma vez feito isto, pode-se, então, comparar a mapas climáticos e sinóticos, encontrando as possíveis coincidências entre os limites dos mapas. Ver figura 1.1 abaixo.

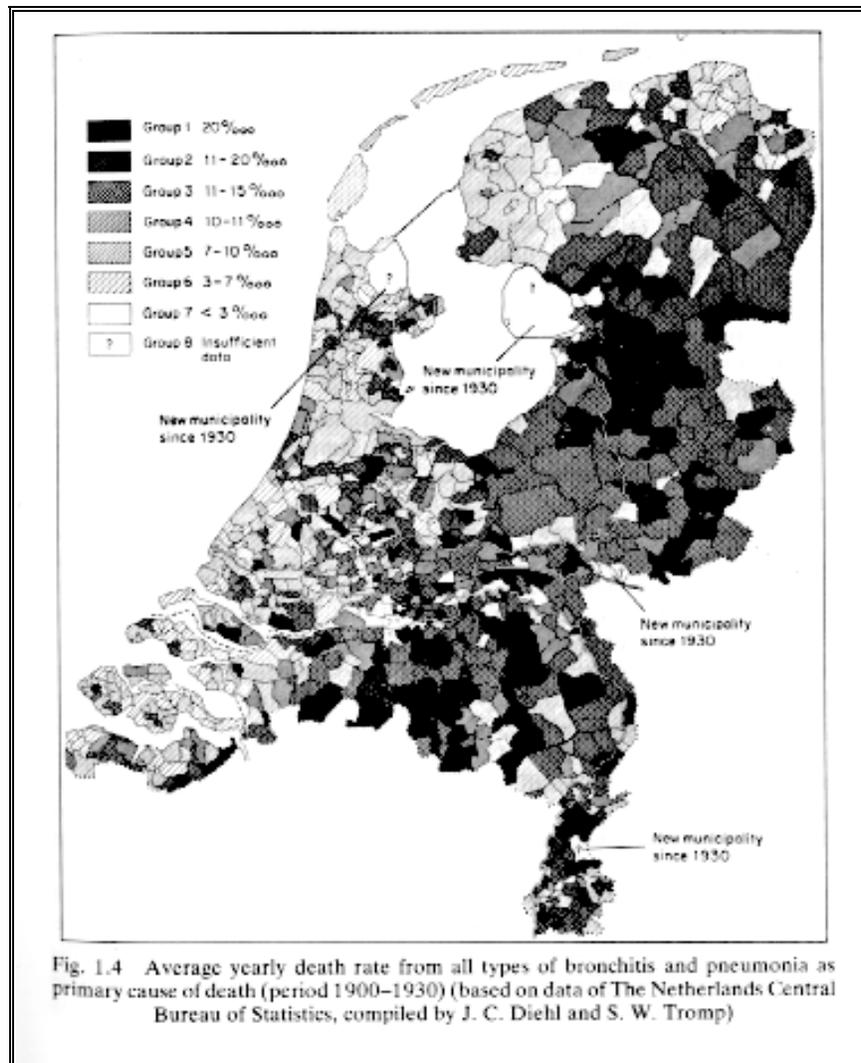


Figura 1.1. Média anual de taxa de mortalidade de todos os tipos de bronquites e pneumonia como causa primária (período 1900-1930) para Holanda, segundo Tromp (1980).

### 1.1.2 Método geográfico direto.

Este método é mais utilizado; cada análise biometeorológica de dados clínicos (sobre uma base empírica) requer 2 grupos de observação: dados meteorológicos acurados e dados clínicos ou variáveis biológicas a serem escolhidos.

Os vários parâmetros meteorológicos podem relacionar se é possível no centro da área onde os estudos estão sendo efetuados. Para cada componente meteorológica, como a passagem de uma frente fria, os dados vindos de áreas distantes podem também ser usados.

Antes da análise estatística, é importante plotar estas observações com os seus símbolos especiais (pressão, temperatura, etc.), chamados de biometeorológicos, ou seja,

são os símbolos sinóticos que afetam os sistemas biológicos. Além, claro, das cartas sinóticas oferecendo as mudanças diárias dos diversos parâmetros.

Para os dados clínicos e fisiológicos, é necessário se ter estudos diários por um longo período. Há vantagens em se utilizar uma só pessoa ou um grupo pequeno, eliminando o problema das variações individuais. Embora, para uma doença específica, com sintomas bem definidos ou então comportamentos fisiológicos bem definidos, é melhor utilizar um número grande de indivíduos. Dados bem apurados dos pacientes tem que ser descritos adequadamente, como drogas ingeridas, influências psicossomáticas, tratamentos com um ou mais médicos e enfermeiras.

A comparação entre Logaritmos biometeorológicos e clínico/biológicos pode ser uma indicação se há ou não correlação. Não se deve colocar todos os dados no computador para a análise estatística porque pode encobrir certas correlações.

Uma vez havendo correlações, uma melhor análise estatística deve ser feita, pelas seguintes razões clínicas e biológicas em geral:

i) clínicas:

- a) erros no diagnóstico devido à doenças não homogêneas (como asma e esquizofrenia), mesmo uma doença reagindo igualmente a estímulos meteorológicos.
- b) erros nos relatos.
- c) erros devido à medicação com certas drogas.
- d) problemas com o corpo de enfermagem.
- e) pacientes com problemas mentais.
- f) problemas com respeito ao sexo, idade, profissão, "status", alimentação, etc.
- g) erros devidos à diferença de horas, meses, anos de observação.

ii) biológicas em geral:

- a) erros nos diagnósticos dos fenômenos anato-morfológicos e fisiológicos das plantas e animais estudados, ex.: mesmo caráter anatômico devido à diferentes parâmetros atmosféricos.
- b) erros nas observações destes fenômenos relatados.
- c) erros dos próprios observadores.
- d) erros devido à outras influências externas (químicas, físicas, etc.).
- e) problemas com dados a respeito do espécime ou grupo destes em questão (sexo, idade, número de indivíduos capazes de reprodução, etc.).
- f) erros devidos à diferença de horas, meses, anos de observação.

## **1.2 MÉTODO EXPERIMENTAL.**

Uma vez tendo uma correlação estatística significativa, é necessário mostrar se a correlação observada é causal ou não. Em consequência, um experimento deve ser projetado, baseado na correlação, para recriar a situação. Estes experimentos requerem laboratórios, como câmaras de baixa pressão, para recriar toda as condições meteorológicas e confirmar as observações empíricas.

### 1.1.1 Experimentos controlados em laboratórios.

Em casos de influências multifatoriais, o investigador tenta isolar o efeito de cada variável por seu turno. Como não é possível isto em ambientes externos, experimentos controlados em laboratórios são mais atraentes. Ex. câmara hiperbárica (oscilações de Pa) do Michael Jackson, túnel de ventilação, etc.

Nos casos de variações sazonais ou de grande escala temporal, podemos acelerá-los nos laboratórios. Ex.: utilizar ratos ao invés de seres humanos.

Observar que determinados casos não podem ser repetidos exatamente em laboratório. Ex.: o espectro solar; os tomates crescem mais com maior amplitude térmica.

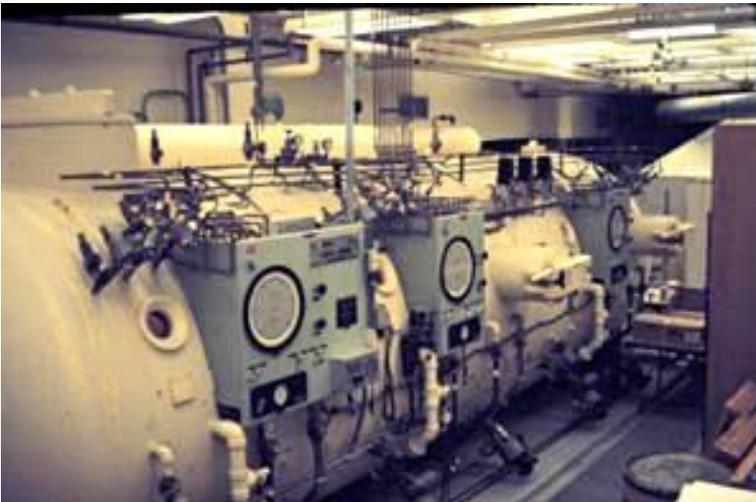
As estufas são utilizadas a muito tempo para estudos experimentais de crescimento vegetal. Ex.: no PHYTOTRON (com as seguintes vantagens : a)comparações, aumento da velocidade de resposta.

b)> flexibilidade c/ menos tempo.

c)maior produtividade e intercâmbio



no BIOTRON (Wisconsin) com 48 *laboratórios* :  $-25^{\circ}\text{C} < \text{temperatura} < 45^{\circ}\text{C}$   
um deserto com  $55^{\circ}\text{C}$   
 $920 \text{ hPa} < \text{Pres.} < 1050 \text{ hPa}$   
 $0\% < \text{UR} < 100\%$



no CLIMATRON (para reumatismo e artrite, com diferentes UR e Pressão atmosférica).  
<http://www.jsonline.com/alive/well/aug02/64017.asp?format=print>



no THERMOHELIODON (para construções de casas e edifícios – ver AULA 9).

no recente TERRA II (para recriar diferentes ecossistemas terrestres com vista a uma futura colonização de Marte e outros planetas).









### 1.1.2 Experimentos quase controlados externamente.

Uma alternativa aos laboratórios são os experimentos *in situ*, quase controlados trabalhos de campo. Este consiste em situações episódicas rápidas impostas a organismos vivos no seu habitat natural quando as condições do tempo estão fixas por área em uma hora. Ex.: um voluntário no deserto, durante o meio dia, fazendo testes de termorregulação humana, outro ex. o ensombreamento artificial sobre plantações para verificar sua temperatura, taxa de evaporação, etc.

### 1.1.3 Estudos baseados em observações climatológicas e de rotina.

Às vezes o investigador não tem controle adequado sobre os instrumentos e as frequências de observações entre outros problemas. Muitos estudos de meteorotropismo, por exemplo, são baseados em dados sinóticos de aeroportos, sendo estes representantes incompletos das condições microclimáticas de áreas construídas.

Estas deficiências devem ser consideradas como exigências da Biometeorologia em melhorar os dados coletados.

Quando se começa um estudo baseado em observações de rotina, o investigador deve tentar uma normalização dos dados, a transformação do tempo relativo ou escalas espaciais para maiores generalizações.

Normalização é frequentemente encontrada em biometeorologia. Ex.: em ciclos diurnos em organismos vivos.

### **1.3 MÉTODO DA PREDIÇÃO.**

Se os métodos prévios confirmam a existência de uma correlação, confirmação adicional pode ser obtida pela predição de eventos biológicos e/ou clínicos em relação às certas condições meteorológicas (indicando a existência de meteorotropismo) ou climáticas durante alguns dias ou meses do ano. E se as predições forem confirmadas, então podemos assumir que as relações meteorotrópicas são realmente as causas do fenômeno.

### **1.4 VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL.**

#### 1.4.1 A variabilidade temporal na atmosfera.

Através da baixa atmosfera, o tempo meteorológico varia enormemente no tempo e no espaço, o balanço de calor oscila quando uma simples nuvem cruza o sol.

Fatores astronômicos impõe oscilações diárias e sazonais, lembrando que em latitudes médias pode haver noites mais quentes que durante o dia e também pode haver inversões climáticas em certas épocas do ano.

Dados biológicos variam diariamente e em ciclos sazonais, mas nem sempre com relações precisas. O problema central da biometeorologia é a separação das situações regulares das do acaso na variabilidade temporal. Em comparação à engenharia, é o signal do ruído.

Há 7 aspectos separados no problema de amostragem temporal :

- a) proposta de investigação.
- b) comprimento do período de observação.
- c) frequência de observação dentro do período.
- d) média temporal de observações individuais.
- e) comprimento do tempo de uma variável em relação à outra.
- f) escolha do melhor índice de variabilidade temporal quando um método empírico é utilizado.

g) interações não lineares, tais como vento e temperatura.

Problemas e precauções:

- i) o que é sinal para um investigador é ruído para outro.
- ii) a importância da grande oscilação da atmosfera.
- iii) a escolha do intervalo de observação é dependente em parte do equipamento de amostragem. Ex.: as chuvas no lago Michigan.

#### 1.4.2 Acumulação de variações diárias ("degree days").

Os "degree days" são temperaturas médias acumuladas a partir de uma determinada data durante sucessivos dias para uma temperatura de referência (utilizado muito em agricultura).

Se a temperatura média de um dia de inverno for 3°C e o valor de referência é 15°C, então serão necessários 12 "degree days" a serem adicionados ao total prévio. Similarmente há também o "degree hour", para o caso de fotoperiodismo, por ex. .

#### 1.4.3 Atraso do tempo físico.

Antes de introduzirmos as respostas dos sistemas biológicos ao "stress" físico, é um importante ressaltar algumas analogias físicas. Como exemplo introdutório: um termômetro comum (com  $T_0$ ) colocado em uma corrente de ar ( $T_1$ ), sendo  $T_1 > T_0$ . Este termômetro não responderá imediatamente, atingindo o equilíbrio assintoticamente. Há, portanto, um atraso ("lag"), dependendo das propriedades física do instrumento e do fluxo de ar. A resposta do termômetro pode ser dada na equação:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(T_1 - T_0)}{\lambda} \quad (1.1)$$

onde  $\lambda$  é uma constante de proporcionalidade

De (1.1) pode vir (1.2) :

$$\frac{(T_1 - T_0)}{(t_1 - t_0)} = \exp(-t/\lambda) \quad (1.2)$$

onde  $t=0$  no instante de imersão.

Esta  $c^{\text{te}} \lambda$  é proporcional ao vento e a espessura do termômetro.

Um grande número de sensores físicos são caracterizados pela equação 1.1. No entanto, faz-se necessário verificações para cada caso.

A eq.1.1 pode ser usada para estimar o comportamento verdadeiro de variáveis meteorológicas. Trocando-se  $T$  por  $y$ , como uma variável qualquer.

$$y_1 = y_0 - \lambda \frac{dy}{dt} \quad (1.3)$$

Muitos sistemas físico-químicos têm respostas de 1ª e 2ª ordem à mudanças ambientais. A temperatura dentro de prédios, por ex., com diversas variáveis influenciando, embora a indústria de construção não leve em conta estes efeitos. Ex. de segunda ordem incluem a ressonância de estruturas ao vento forte (ex.: da ponte) e comportamentos fisiológicos.

#### 1.4.4 Relógios biológicos e biorritmos.

Índices biológicos exibem flutuações ao acaso e ciclos regulares (figura 1.2). Ainda que os ciclos estejam em fases com periodicidades geofísicas (diárias, anuais, etc.), estes relógios continuam a funcionar mesmo em ambientes artificiais. O relógio de 24 h é o mais difícil de alterar, podendo ser de origem genética em alguns casos.

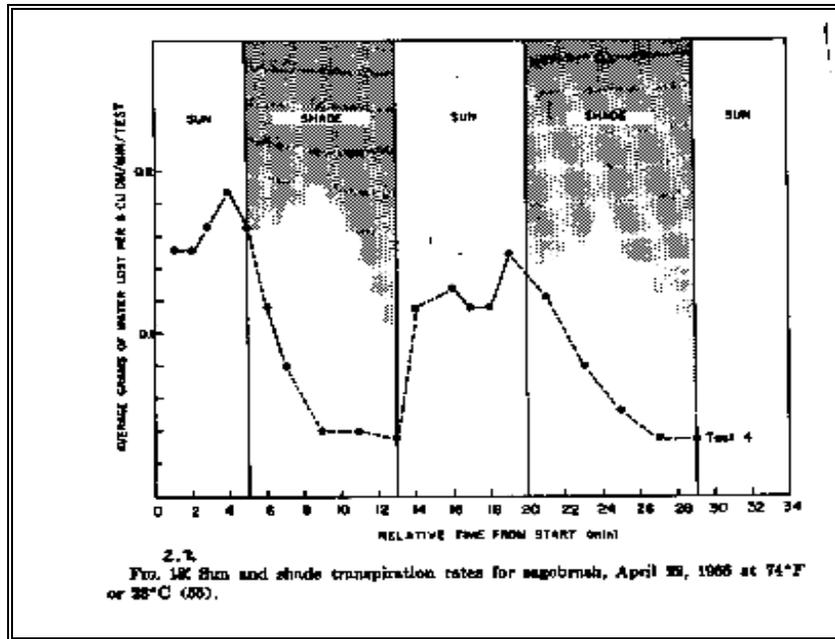


Figura 1.2. Transpiração foliar de um salgueiro exposto ao sol direto e à sombra, em 22/abril/1966, a temperatura de 23°C.

Uma distinção é feita entre um ciclo ambiental (chamado de *Zeitgeber*, onde *Zeit* significa *tempo físico* e *geber*, *doador, modificador*, em alemão), de um ciclo fisiológico, ocorrendo dentro do organismo (ritmo circadiano). O prefixo *circa*, do latim, indica que não há uma correspondência exata ao *Zeitgeber*. O ciclo circadiano tem sido mais estudado, mas há os ciclos sazonal e anual (principalmente em vegetais, também chamados de vernalização), o ciclo de maré (também circadiano) e o ritmo semanal (*circa-*, também), devido à influências sociológicas, ambos estes últimos ligados aos ciclos lunares. Em experimentos biometeorológicos tem que se levar em conta estes ciclos.

Aschoff verificou que o *Zeitgeber* pode ocasionar problemas bastante sérios se entrar em choques com ciclos de indivíduos que tiveram grandes mudanças de local ou viagens.

O fotoperiodismo é considerado, também um ciclo influenciado pelas variações sazonais, plantas temperadas não se reproduzem em climas tropicais.

Concluindo, o problema de amostragem temporal é crítico em estudos ambientais. Os ritmos geofísico e biológico estão interligados e ambos imersos em "um barulho" natural.

## 1.5 CONSIDERAÇÕES ESPACIAIS.

A biosfera é a zona de transição entre a terra e a atmosfera, onde as formas de vida são encontradas. Os elementos meteorológicos nesta região exibem grande variabilidade

espacial nas direções verticais e horizontais; todavia, os gradientes podem ser explicados fisicamente, quando um "filtro" apropriado é utilizado.

Macrometeorologia é o estudo do tempo em larga escala, usando observações superficiais distanciadas de 200 km para cima, e da alta atmosfera. Aqui se utiliza cartas e mapas sinóticos. Os instrumentos estão colocados no padrão, segundo a OMM.

A uniformidade destes instrumentos são tanto vantajosas como desvantajosas p/ os biometeorologistas. As desvantagens: dados da OMM não são representativos de florestas, jardins, etc.

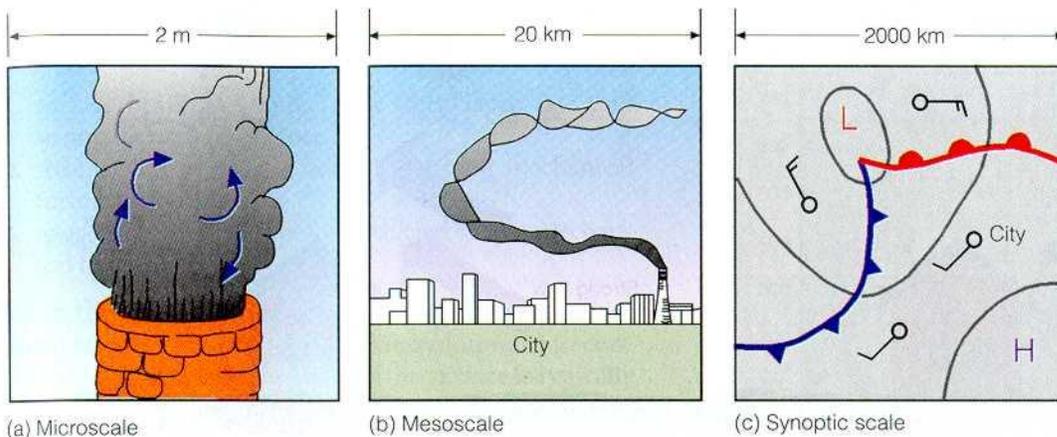
Na mesoescala (cerca de 100 Km), a topografia local tem influência predominante. A topoclimatologia é o estudo de clima de mesoescala em países montanhosos.

Na micrometeorologia (menos de 0,5 km), as estações padrão de observação usualmente não providencia informação suficiente e os sensores adicionais devem ser usados em diferentes alturas e localidades .

A classificação em escalas é arbitrária e depende da pesquisa, todavia, a tabela da 1.1 oferece uma visão sucinta.

Tabela 1.1 Escalas espaciais e temporais referentes aos estudos (bio)meteorológicos.

Movimento	Nº de Rossby	Escala espacial	Escala temporal	Network spacing
Microescala	--	1 m	seg. - min.	cm-m
Onda de gravidade	100	< 1 km	min. - hr.	m-km
Mesosescala	100 a 10	5-10 km	hora	5 -10 km
Escala sinótica pequena	1	100 km	hr. - dia	100 km
Escala sinótica grande	0.1	100- 1000 km	dias	100-500 km
Planetária	< 0.1	> 1000 km	dias-semanas	500 km

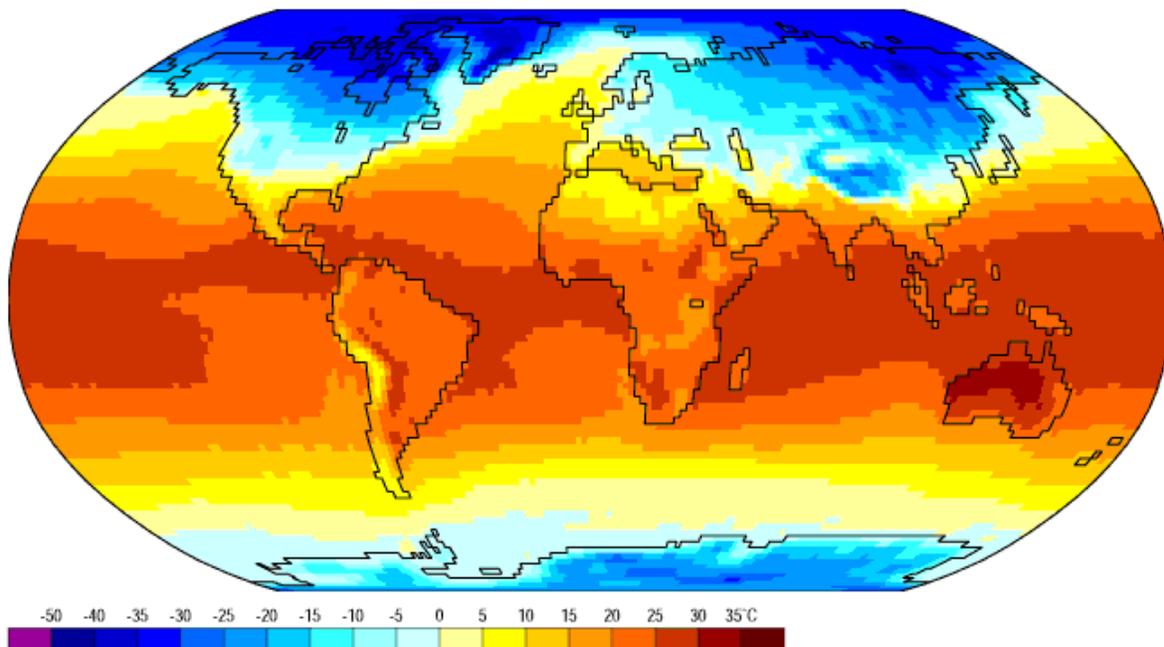


**FIGURE 10.1**

*Scales of atmospheric motion. The tiny microscale motions constitute a part of the larger mesoscale motions, which, in turn, are part of the much larger synoptic scale. Notice that as the scale becomes larger, motions observed at the smaller scale are no longer visible.*

Air Temperature

Jan



Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

Outra definição importante é da climatologia ecológica : é o estudo das relações entre o clima e a vegetação natural e distribuição de animais. Observar que o clima, é definido como uma coleção de dados meteorológicos de uma estação por 10 anos, enquanto que tempo meteorológico (do inglês "*weather*") é em um curto espaço (horas, dias até meses).

Hoje, também, temos o *Biowether* ou *Biowetter*, nos EUA e Alemanha, respectivamente, consistindo na previsão de tempo associada à previsão de doenças humanas ocasionadas por meteorotropismo.

### 1.5.1 Rede espacial ou "network spacing".

A atmosfera tridimensional pode ser vista imperfeitamente e a seleção de localidades pode ser um problema difícil. Um grande número de programas para demarcar esta rede pode não ser suficiente para determinados estudos específicos. O critério deste enquadramento depende dos seguintes fatores:

- a) o propósito da investigação( sinal e ruído)
- b) a natureza da superfície subjacente.
- c) as variações espaciais da fonte do stress.
- d) as var. esp. do n<sup>o</sup> de receptores sujeitos ao stress.

e) limitações práticas como acessibilidade do local, disponibilidade de eletricidade, vandalismo, etc.

A rede pode ser requisitada por 1 das 4 razões abaixo:

- i) para se obter valores médios na área. Ex.: precipitação.
- ii) interpolar os pontos observados para subsequente correlação.
- iii) as variáveis biológicas devem ser verificadas para posterior fornecimento à fazendeiros, etc.
- iv) para prever o comportamento das variáveis, usando métodos empíricos ou produtos físicos que requerem conhecimento das condições iniciais.

Obukhov correlacionou o tempo e o espaço de modo a utilizar um padrão. Por ex.: em um fenômeno de mesoescala de 150 km tem-se que usar uma escala de 1 hora.