

1º Encontro Dia Mundial da Meteorologia

03 abril 2013

Instituto Politécnico de Tomar

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday
12°C 9°C	12°C 6°C	10°C 5°C	17°C 12°C	12°C 9°C

Feels like: 7°C
Humidity: 70%
UV Index: 1 Low



World Meteorological Organization
Weather • Climate • Water

“Observar o Tempo para proteger a vida e a propriedade”

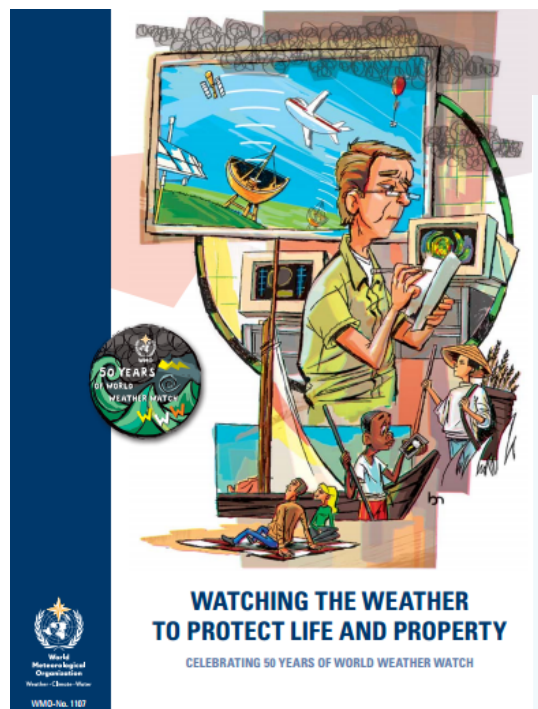
A Previsão do Tempo e a Prevenção de Riscos Meteorológicos

João Corte-Real (jmcr@uevora.pt)

Universidade de Évora, ICAAM

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, UNICA

[Apoio Técnico: Regina Corte-Real](#)



ipt Instituto Politécnico de Tomar
1º Encontro Dia Mundial da Meteorologia

Monitorar o tempo para proteger vidas e propriedades: Celebrando 50 anos da Vigilância Meteorológica Mundial

Mensagem de Michel Jarraud, secretário-geral da OMM



O Dia Meteorológico Mundial foi estabelecido em 1960 para tornar mais conhecido e apreciado o trabalho dos Serviços Meteorológicos e Hidrológicos Nacionais pelo público de todos os países. A data de 23 de março foi escolhida para celebrar a entrada em vigor, em 1950, da Convenção da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

O tema escolhido para 2013 é “Monitorar o tempo para proteger vidas e propriedades”, também celebrando 50 anos da Vigilância Meteorológica Mundial. Este tema enaltece uma das razões de ser da OMM – a redução de fatalidades e danos causados pelos perigos relacionados ao tempo, clima e água. Ao mesmo tempo, o Dia Meteorológico Mundial de 2013 reconhece a contribuição

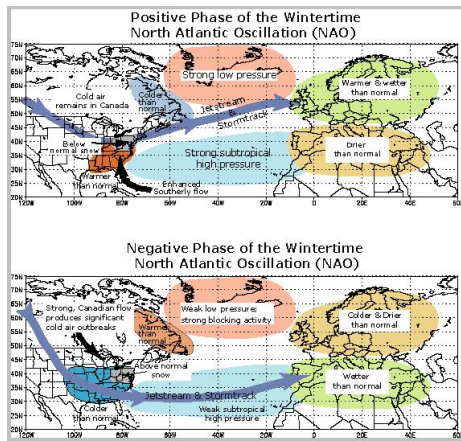
fundamental da Vigilância Meteorológica Mundial para atingir este objetivo.

O crescente impacto de extremos climáticos não pode ser ignorado. Nos últimos 30 anos desastres naturais tiraram a vida de mais de 2 milhões de pessoas e produziram perdas econômicas estimadas em mais de 1.5 trilhões de dólares. Quase 90 por cento destes desastres, mais que 70 por cento das fatalidades e quase 80 por cento das perdas econômicas foram causadas por perigos relacionados ao tempo, clima e água, como ciclones tropicais, tempestades, ondas de calor, secas, enchentes ou epidemias de doenças relacionadas aos desastres.

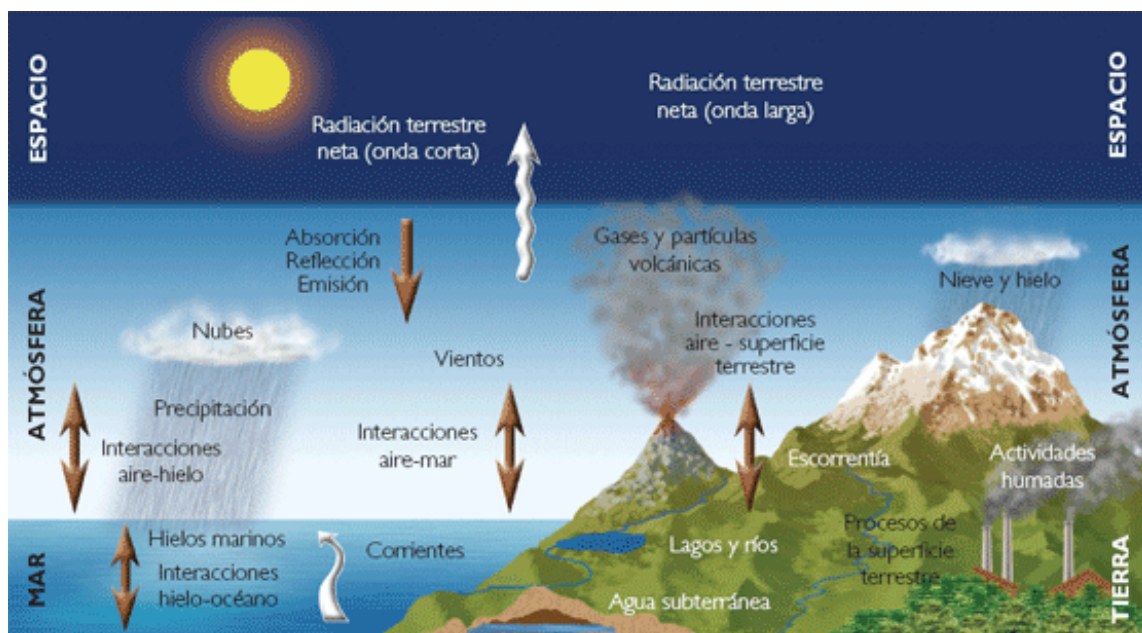
A OMM fornece uma fundamental contribuição à proteção da vida e propriedade, por meio de seus Programas e da rede de mais de 190 Serviços Meteorológicos e Hidrológicos Nacionais. A previsão do tempo e avisos antecipados aos governos, a diversos setores econômicos e indivíduos ajudam a prevenir e atenuar desastres.

Introdução

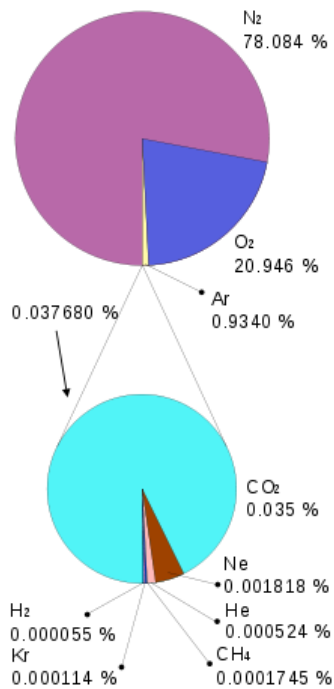
- A atmosfera como componente do Sistema Climático ou Sistema Terra
- Meteorologia
- Climatologia



SISTEMA CLIMÁTICO OU SISTEMA TERRA



Composição da Atmosfera



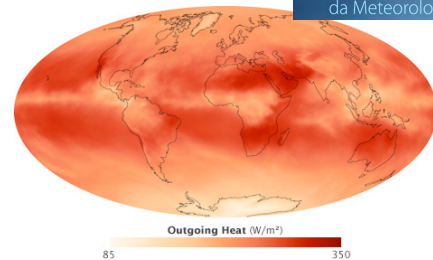
<i>Elemento</i>	<i>(ppmv)</i>
N₂	780 800
O₂	209 500
H₂O	30 000
A	9 300
CO₂	345
CH₄	2

} 0,04 %



Complexidade da Atmosfera

- Não linear
- Múltiplas escalas
- Mecanismos de realimentação
- Teleconexões
- Irregular, turbulento ou caótico
- Sensibilidade às condições iniciais; importância de observações de qualidade!



Estado da Atmosfera

- Composição (concentrações; humidade específica)
- Temperatura (T)
- Pressão (p)
- Velocidade ($\vec{V} = \vec{V}_H + \vec{V}_V$)
- Densidade (ρ)



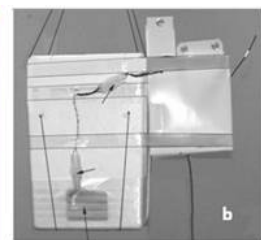
João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



7

Estado da Atmosfera

- Observações:
- Superfície: estações meteorológicas, EMAs
- Altitude: radiosondagens
- Detecção Remota:
- Satélite: geostacionário; órbita polar
- Radar: Tempo e Perfilador
- Meteorologia Sinóptica



LAVAT - Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais
Sistema de radiosondagem em Maxaranguape-RN

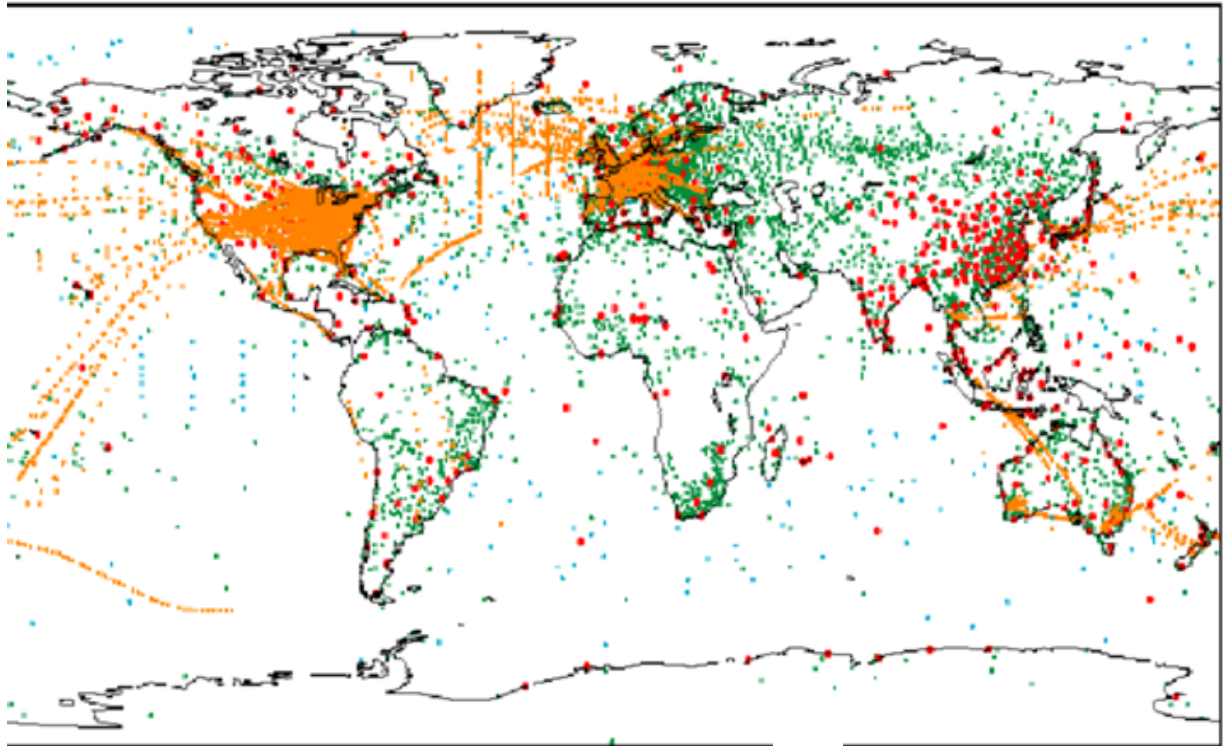


João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



8

● Balloon sondes ● Aircraft ● Land and ship stations ● Automatic buoys



João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



9

Enquadramento Internacional

- Organização Meteorológica Mundial (OMM)
- Conselho Internacional para a Ciência (ICSU)
- Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC)
- Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo (ECMWF)
- Institutos de Meteorologia
- EUMETSAT

IPCC
INTERGOVERNMENTAL
PANEL ON
CLIMATE CHANGE



**European Centre
for Medium-Range
Weather Forecasts**



João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



10

Programas da OMM

World Weather Watch (WWW) Programme

Global Observing System

Global Telecommunication System

Global Data-processing and Forecasting System



18.03.2009 - Spring day over Western Europe, sea fog off SW England and southern Ireland

World Climate Research Programme (WCRP)

Climate Variability and Predictability (CLIVAR)

Global Atmosphere Watch Programme (GAW)



The Global Telecommunication System (GTS)

The Global Telecommunication System (GTS) is defined as: "The co-ordinated global system of telecommunication facilities and arrangements for the rapid collection, exchange and distribution of observations and processed information within the framework of the World Weather Watch." - WMO No 49 Technical Regulations

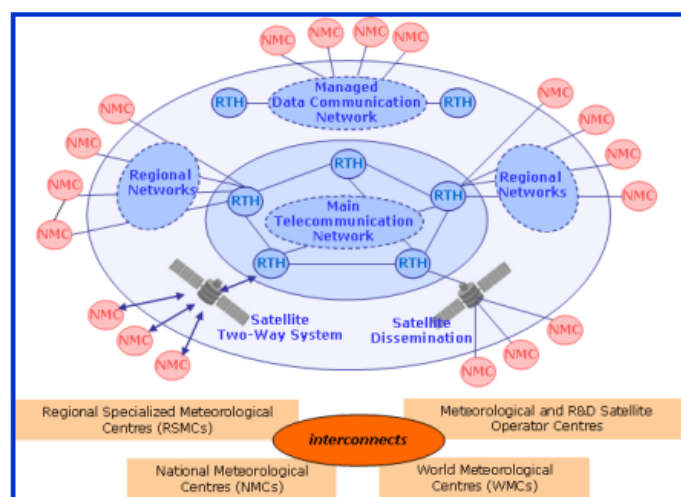


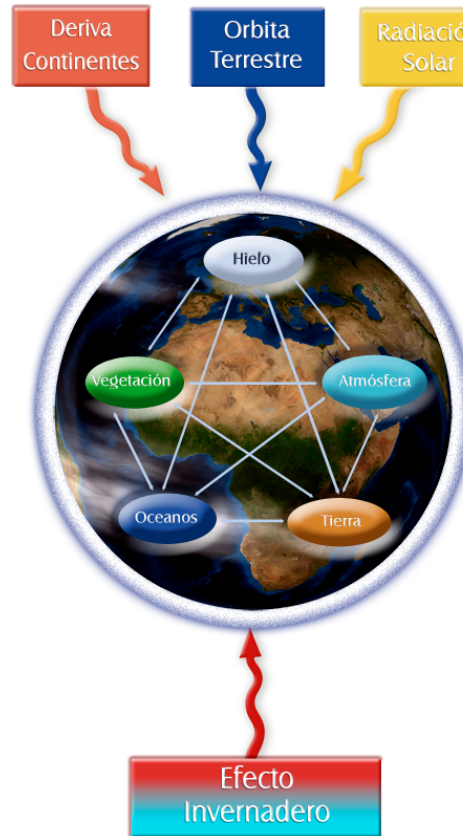
FIGURE 1 - Structure of the Global Telecommunication System

http://www.wmo.int/pages/prog/www/TEM/GTS/index_en.html



O TEMPO

- O Tempo (atmosférico) é definido pelo estado instantâneo da atmosfera.



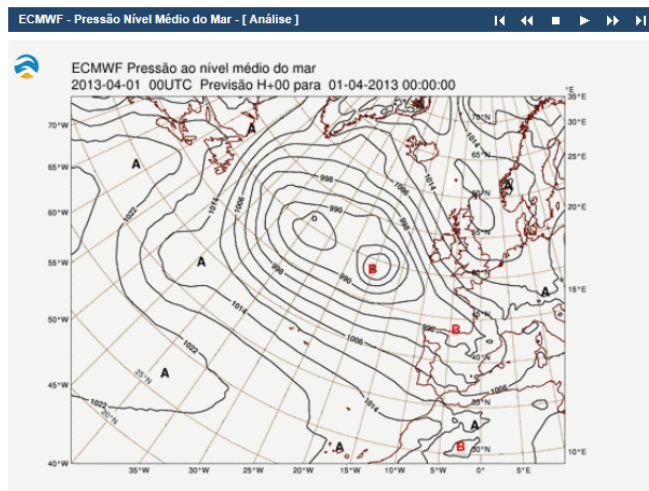
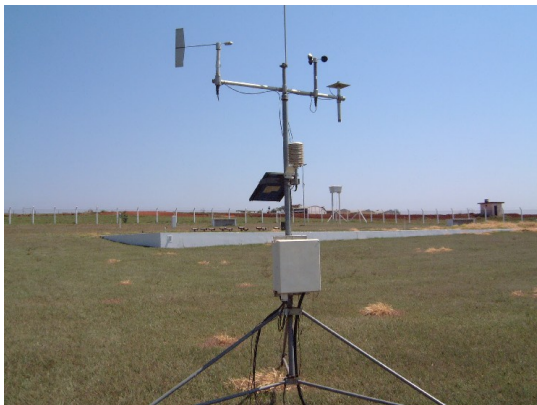
PREVER O TEMPO

Que é prever o tempo?

É determinar os estados futuros da atmosfera, a partir de um estado "inicial" conhecido.

É isso possível?

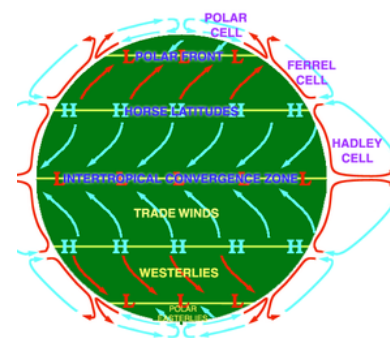
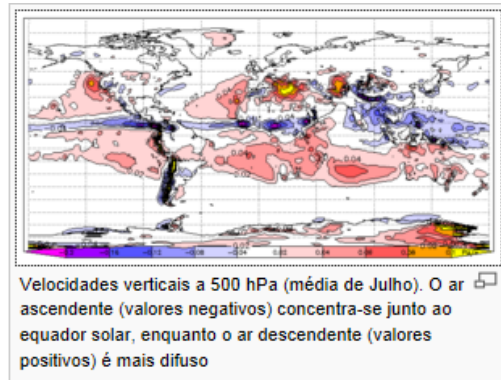
Se sim, como?



PREVER O TEMPO

Prever o tempo: **sim, é possível.**
Porquê?

Porque as variáveis que definem o estado instantâneo da atmosfera, estão ligadas entre si por equações, que traduzem leis fundamentais da Física, e que incluem o forçamento da atmosfera pelos restantes componentes do sistema climático e pelo Sol.



Web: Esquema idealizado da circulação atmosférica



Como se prevê o tempo?

No presente, o tempo atmosférico prevê-se, **resolvendo com o auxílio de computadores digitais, o sistema de equações** que resulta, **por aplicação de métodos numéricos**, da transformação das equações que regem o comportamento da atmosfera em equações discretizadas no espaço e no tempo.

Homepage Favoritos Contactos Links Úteis Mapa do site Site PDA English

Tempo Mar Sismos Pesca Clima Aeronáutica Agrometeorologia Ambiente

IPMA > Tempo > Previsão 10 dias

O TEMPO NA CIDADE - PREVISÃO SIGNIFICATIVA

Seleccione Distrito/Região: Santarém Seleccione a Cidade/Via: Tomar Seleccione um período: 3 dias 5 dias 10 dias

DATA	QUA 27	QUI 28	SEX 29	SAB 30	DOM 31	SEG 1	TER 2	QUA 3	QUI 4	SEX 5
Estado do tempo										
Temperatura	16°C / 10°C	16°C / 9°C	17°C / 12°C	17°C / 11°C	16°C / 12°C	13°C / 9°C	15°C / 8°C	14°C / 8°C	13°C / 8°C	17°C / 6°C
Probabilidade precipitação										
Vento	↗	→	↑	→	→	↗	→	→	↖	↘
Estado do mar										
Temp. da água										
Índice Ultravioleta										
Avisos Meteorológicos										

Previsão elaborada por Meteorologista Data de atualização: Previsão de modelos numéricos Data de atualização: 2013-03-27 08:23 UTC Avisos Meteorológicos Data de atualização: 2013-03-27 12:09 UTC



Como se prevê o tempo?

Equações de Navier-Stokes para uma camada de fluido homogêneo (densidade constante), hidrostático e sobre a Terra em rotação:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - f v &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + f u &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= -\rho g \end{aligned} \right.$$

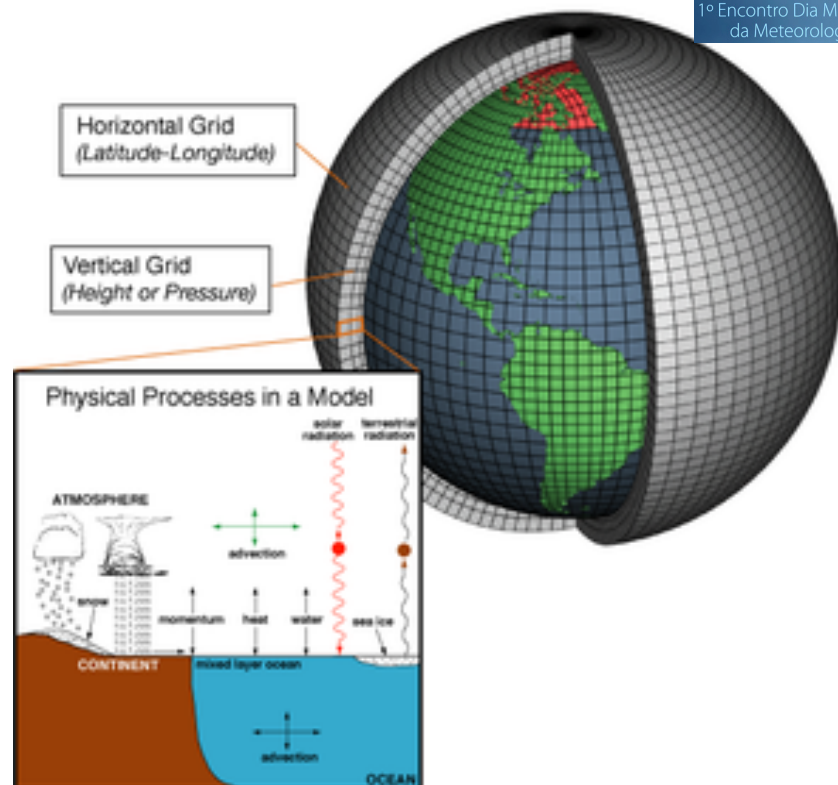
Onde $V = (u, v, w)^T \Rightarrow$ vetor velocidade

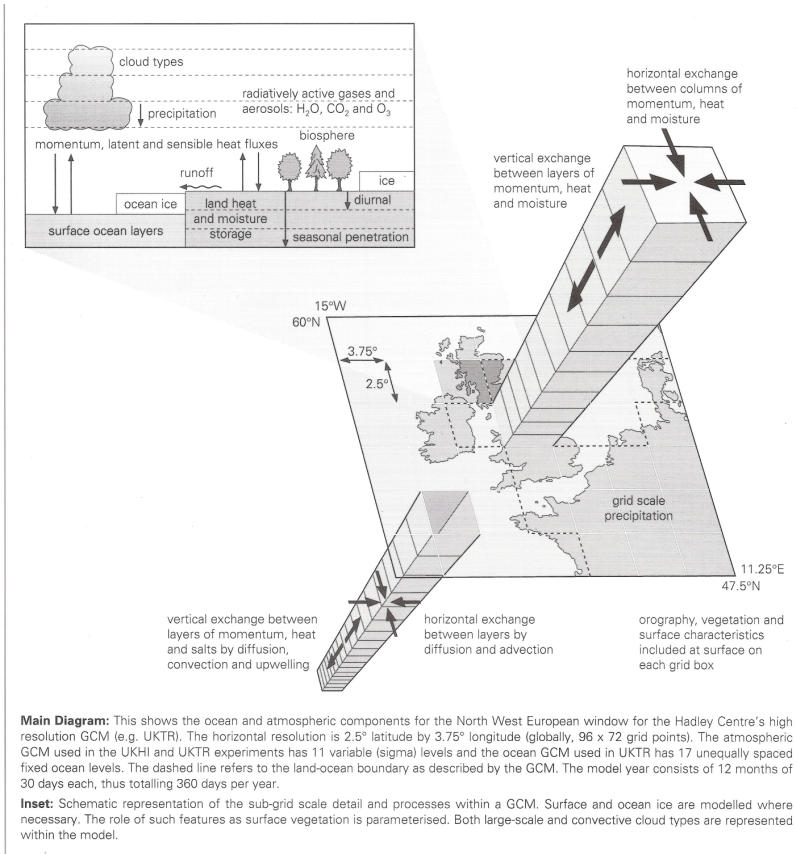
$p \Rightarrow$ pressão hidrostática; $\rho \Rightarrow$ densidade (constante)

$g \Rightarrow$ aceleração efetiva da gravidade e $f \Rightarrow$ parâmetro de Coriolis

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Fonte: raupp@ift.unesp.br





João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013

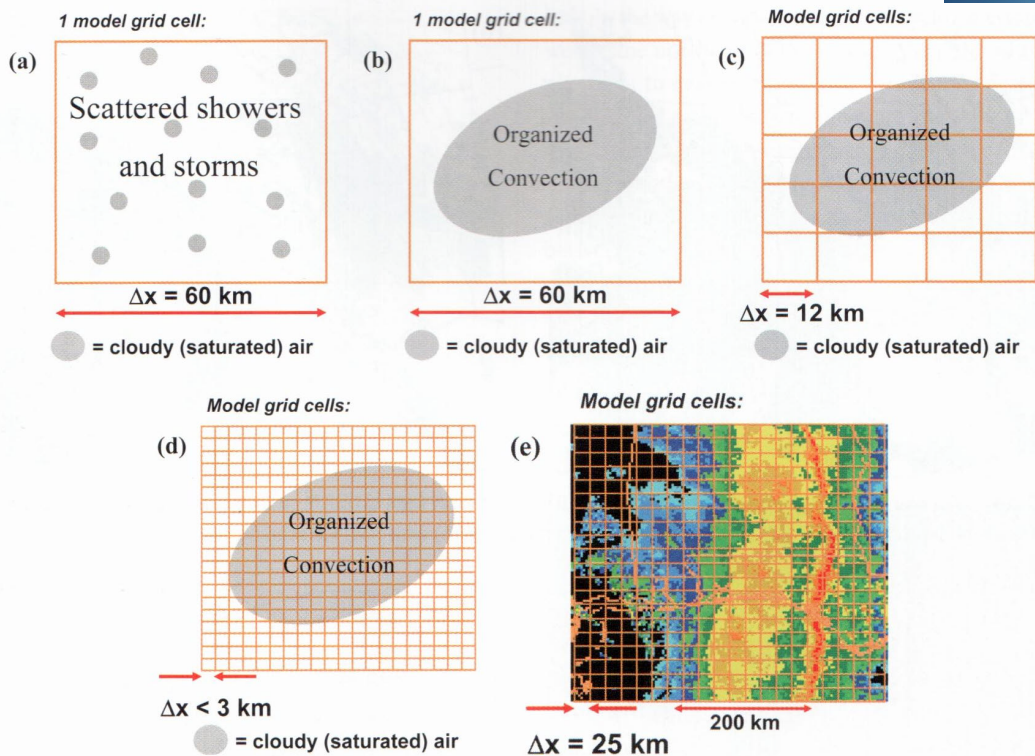


Figure 10.25. Idealized schematics of model grids with various spacing and convective systems (graphic adapted from example by Jason Millbrandt, Environment Canada).



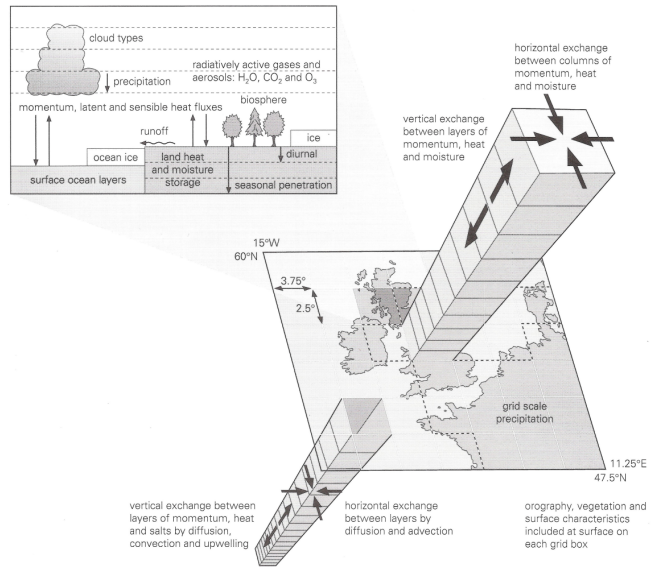


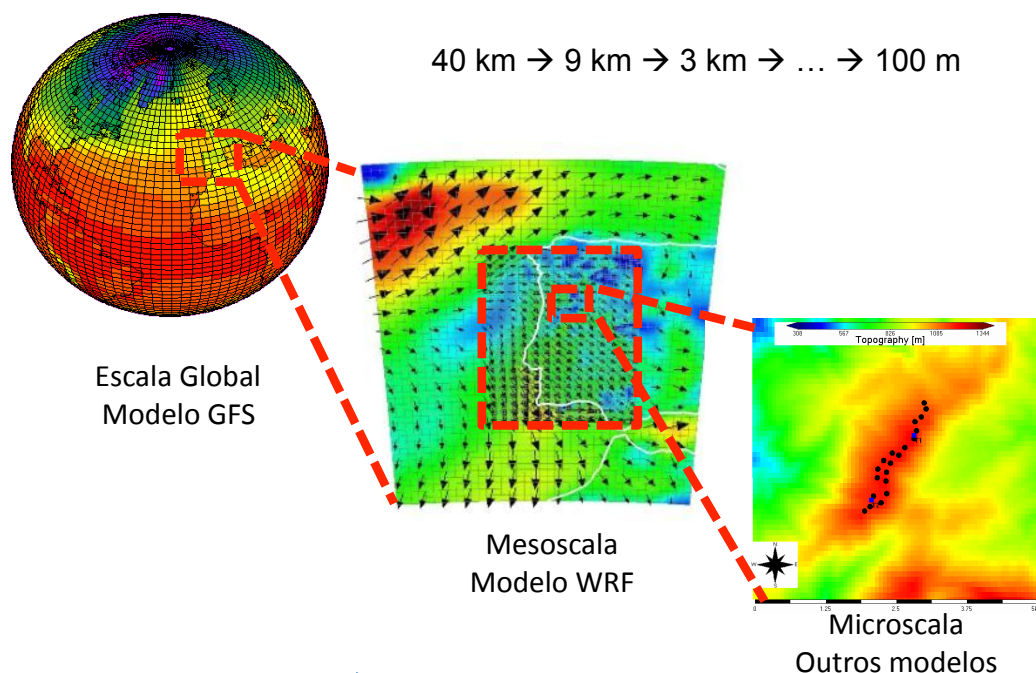
Figure 5
A conceptual diagram of a coupled ocean-atmosphere GCM

Modelos de área limitada:

- RAMS, BRAMS
- WRF
- HIRLAM
- ALADIN
- Harmonie
- Arome
- Aplicações de metros a milhares de Km. Nesting, HPMPC.

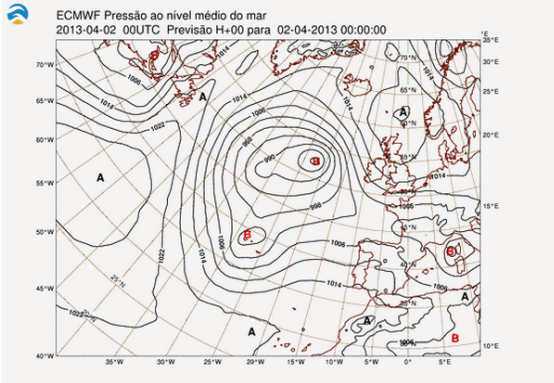


Resolução Espacial



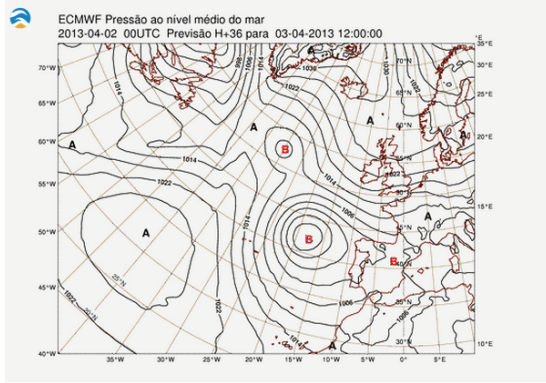
Como se prevê o tempo?

ECMWF - Pressão Nível Médio do Mar - [Análise]



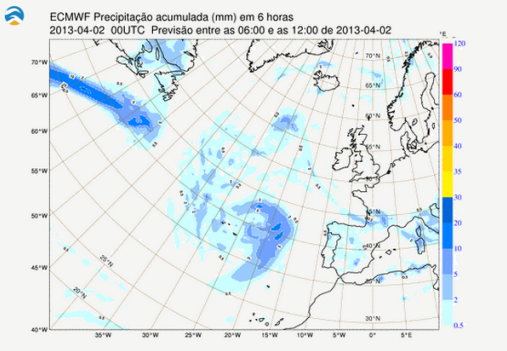
copyright © 2012 IPMA

ECMWF - Pressão Nível Médio do Mar - [Step H+036]



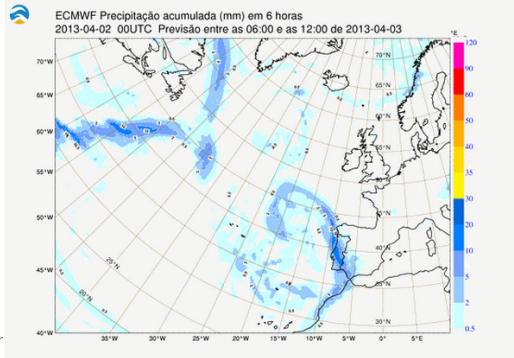
copyright © 2012 IPMA

ECMWF - Precipitação - [Step H+012]



copyright © 2012 IPMA

ECMWF - Precipitação - [Step H+036]

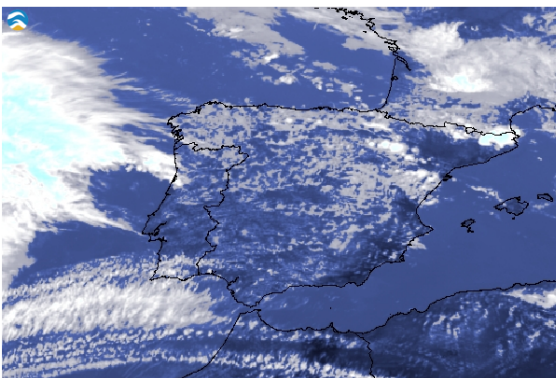


copyright © 2012 IPMA

Real - Tom

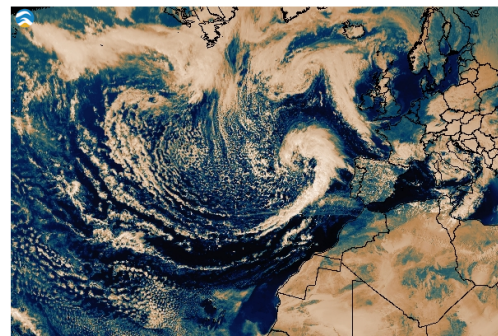
Como se prevê o tempo?

Infravermelho [2013-04-02 14h UTC]



copyright © 2012 EUMETSAT/IPMA

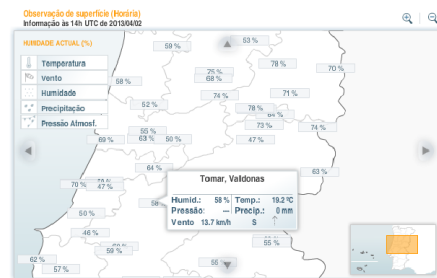
Visível [2013-04-02 14h UTC]



copyright © 2012 EUMETSAT/IPMA

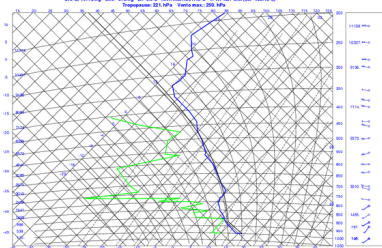
IPMA > Tempo > Observação superfície

Resumo horário - rede de Estações Meteorológicas

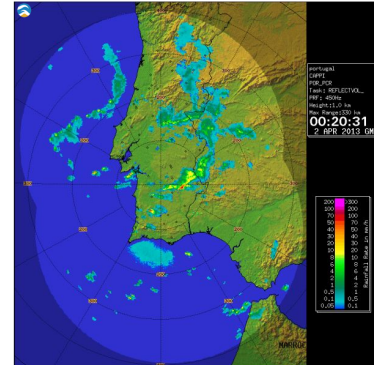


IPMA > Tempo > Perfis verticais

Tefigramas: Lisboa [Observação 12UTC]



Intensidade da Precipitação (mm/h) [2013-04-02 00:20h UTC]

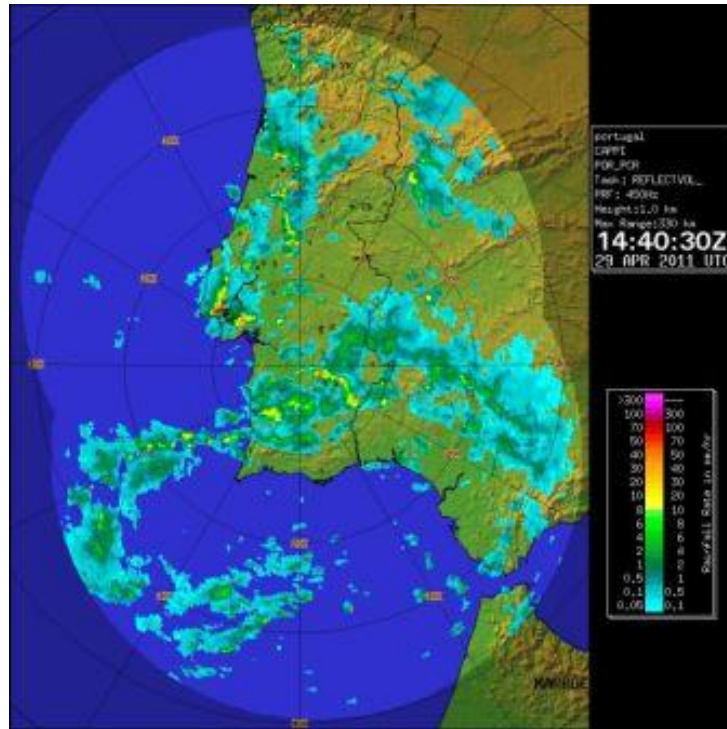


copyright © 2012 IPMA



Radar meteorológico

- RADAR – Radio Detection And Ranging (www.meteo.pt)
- Tempestade de Granizo em Benfica de 29 de Abril 2011

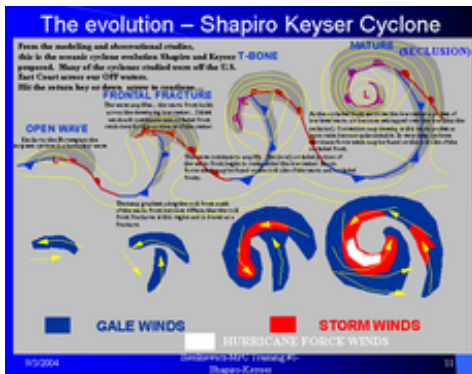


João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013

25



A Previsão do Tempo até 1950



O modelo norueguês de ciclones, formulado pela equipe liderada por Vilhelm Bjerknes, comparado ao modelo Shapiro-Keyser de ciclones



web: Vilhelm Bjerknes

web: Divino Moura



A invenção do telégrafo em 1837 permitiu uma revolução no intercâmbio de dados meteorológicos, proporcionando o surgimento das primeiras redes de observação meteorológica

O primeiro modelo de Charney, Fjortoft e von Neumann consistiu na solução matemática e na codificação numérica para a solução da equação da vorticidade barotrópica quase-geostrófica:

$$\frac{\delta Z}{\delta t} = \left(\frac{1}{a \cos \phi} \right)^2 \frac{\delta(Z, \psi)}{\delta(\phi, \lambda)}$$

onde $\delta/\delta t$ significa derivada parcial com o tempo, e $Z = \text{Laplaciano } \psi + 2\Omega \sin \phi$, a vorticidade quase-geostrófica e $\psi(\phi, \lambda, t)$ a função de corrente sobre uma esfera em rotação (Ω), raio a , latitude ϕ e longitude λ .

A solução proposta no trabalho foi a de calcular as variáveis no tempo t , levando os resultados ao tempo $t + \delta t$, através dos seguintes passos, começando com $\psi(t - \delta t)$ e $\psi(t)$:

- (1) calcular $\delta Z/\delta t$ pela equação acima e
- (2) depois para ψ , resolvendo a equação de Poisson, então resolver
- (3) $\psi(t + \delta t) = \psi(t - \delta t) + 2\delta t(\delta\psi/\delta t)$, este último calculado em $t = t$. (vide Charney & Phillips (1953) para esta solução).

Este modelo - trata-se na realidade de um caso particular do Teorema de Ertel (1942) para a vorticidade potencial, que é conservada para escoamento invíscidos e adiabáticos, conforme também trabalho de Rossby (1939) - e a sua metodologia de solução conseguiram superar as dificuldades encontradas por Richardson em 1920, uma vez que, através do balanço quase-geostrófico da atmosfera em larga escala, consegue filtrar o denominado ruído atmosférico introduzido pelas ondas de gravidade (de alta velocidade) presentes no modelo completo mais sofisticado utilizado por ele. Hoje existem técnicas numéricas e de inicialização dos modelos de previsão que evitam tais desequilíbrios e tendências elevadas, não-realistas para a pressão atmosférica dos sistemas sinóticos observados e responsáveis pelo tempo do dia-a-dia, como os ciclones e as frentes frias a eles associadas.



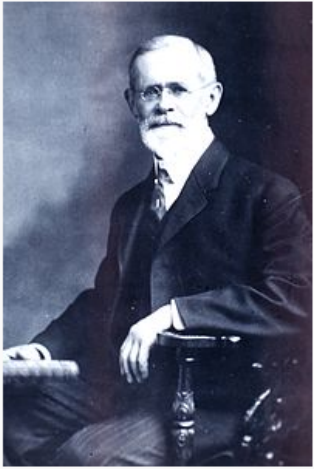
Finais do Sec. XIX: conhecidos os princípios físicos que regem a dinâmica de fluidos e a dinâmica da atmosfera.


Cleveland Abbe propõe uma solução matemática para o problema da previsão do tempo (1890).

Depois dos seus estudos nos Estados Unidos e Pulkovo (Rússia), foi director do Observatório de Cincinnati. Ficou notabilizado pela organização que fez, já no segundo terço do século XX, de um serviço meteorológico sistemático, por telégrafo, em benefício do comércio.

Cleveland Abbe $\delta_j = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2x}$

Astronomia, meteorologia



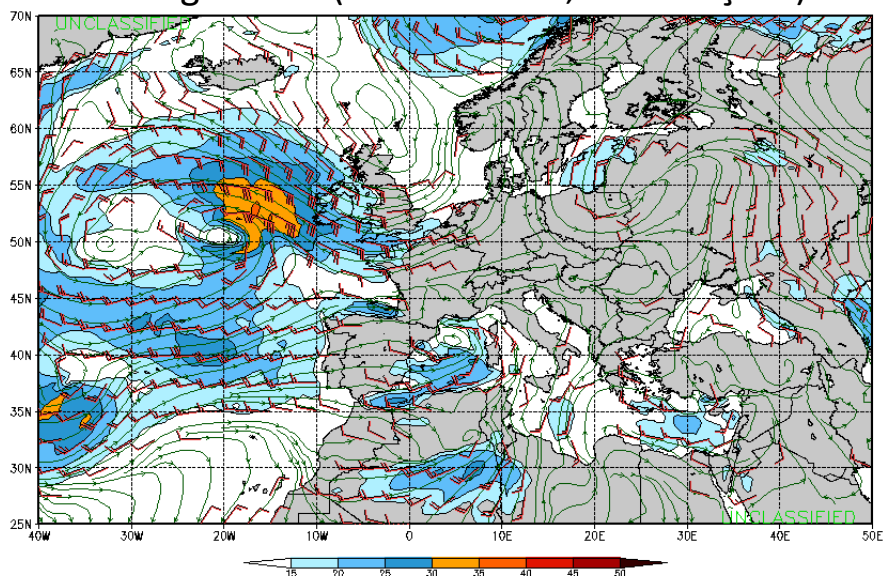
Nacionalidade  Estadunidense

Nascimento 3 de dezembro de 1838

Local Nova Iorque



Vilhelm Bjerknes:
estabelece as etapas para a previsão racional do tempo:
E1: Diagnóstico (estado inicial; observações)

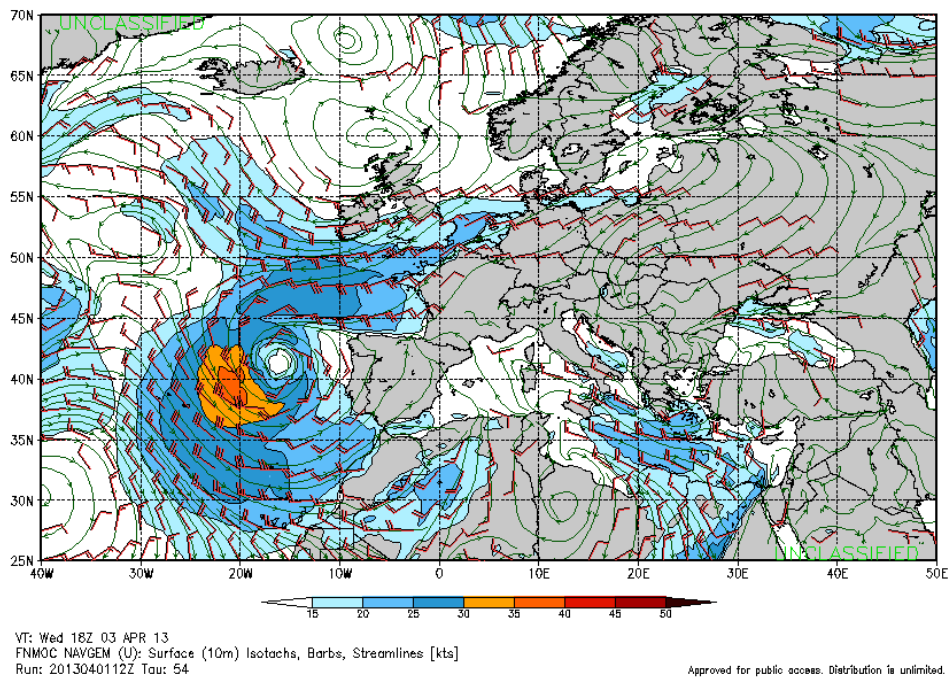


VT: Mon 12Z 01 APR 13
FNMOC NAVGEM (U): Surface (10m) Isotachs, Barbs, Streamlines [kts]
Run: 2013040112Z Tau: 0

Approved for public access. Distribution is unlimited.



Vilhelm Bjerkness: previsão racional do tempo E2: Prognóstico (evolução do estado inicial, ditada pelas leis do movimento)



João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



29

- Bjerkness propõe um método gráfico, baseado em cartas meteorológicas, para resolver as equações, dado que as não podia resolver nem analiticamente nem numericamente!
- Bjerkness comparou a astronomia com a meteorologia e estabeleceu um objectivo:
- “Tornar a meteorologia uma ciência exacta, uma verdadeira física da atmosfera”
- No entanto, Bjerkness não viu qualquer possibilidade de por as suas ideias em prática.

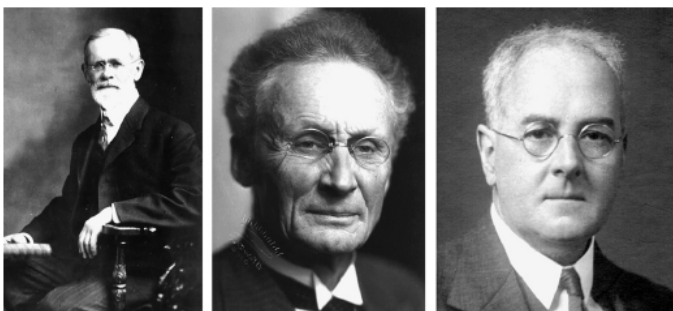
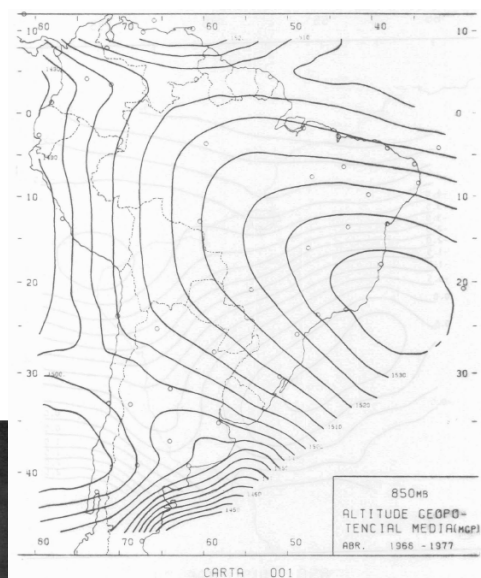


Fig. 1. Left: Cleveland Abbe (1838–1916). Centre: Vilhelm Bjerknes (1862–1951). Right: Lewis Fry Richardson (1881–1953).



P. Lynch / Journal of Computational Physics 227 (2008) 3431–3444

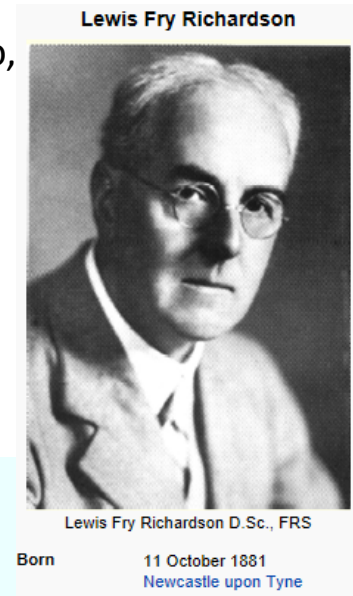


João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



30

Em 1913, Lewis Fry Richardson tenta resolver directamente as equações do movimento. Richardson simplificou as equações do movimento, introduzindo a hipótese hidrostática, aplicou técnicas numéricas de processamento de observações (interpolação para certas latitudes, longitudes e altitudes) e obteve valores futuros, para um instante posterior ao inicial. Em seguida iterou o processo.



We seek the solution to a set of linear equations, expressed in matrix terms as

$$Ax = b.$$

The Richardson iteration is

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \omega (b - Ax^{(k)}),$$

where ω is a scalar parameter that has to be chosen such that the sequence $x^{(k)}$ converges.

It is easy to see that the method is correct, because if it converges, then $x^{(k+1)} \approx x^{(k)}$ and $x^{(k)}$ has to approximate a solution of $Ax = b$.



The Richardson number is named after Lewis Fry Richardson (1881 – 1953).

It is the dimensionless number that expresses the ratio of potential to kinetic energy

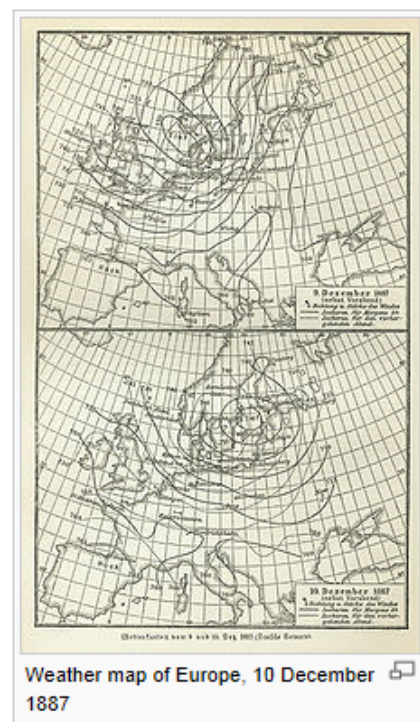
$$Ri = \frac{\text{potential energy}}{\text{kinetic energy}} = \frac{gh}{u^2}$$

where g is the acceleration due to gravity,

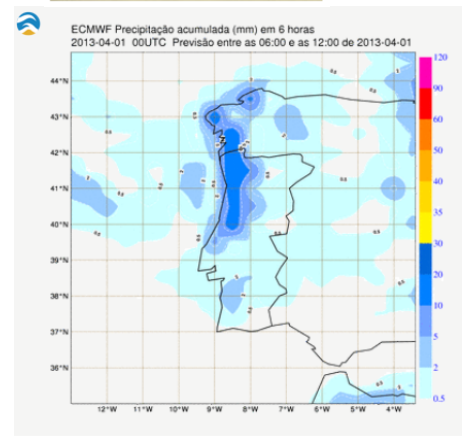
h a representative vertical lengthscale,

and u a representative speed.

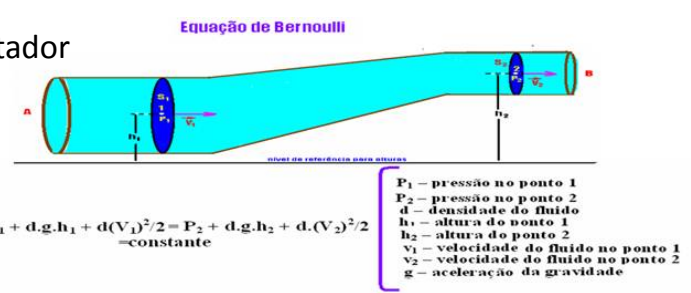
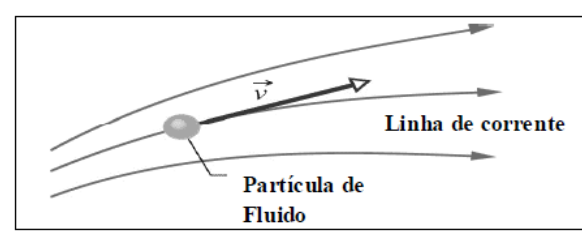
- Richardson obteve variações da pressão e do vento para dois pontos na Europa central.
- Os resultados foram totalmente irrealistas: tendências da pressão de 145 hPa/6h.
- Richardson considerou que melhores resultados teriam sido obtidos se os dados iniciais tivessem sido alisados.



- Na realidade a causa dos péssimos resultados estava na existência de ondas gravíticas espúrias, de grande amplitude, presentes nos dados iniciais.
- O Problema da inicialização!
- Mas, apesar dos seus calamitosos resultados, as ideias e os métodos de Richardson, explicitados no seu livro “Weather Prediction by Numerical Process”, lançaram os fundamentos da PNT moderna!



- Nas décadas que se seguiram à tentativa de Richardson de prever o tempo integrando as equações termohidrodinâmicas, ocorreram desenvolvimentos científicos e tecnológicos importantes:
- Avanços teóricos na compreensão da dinâmica da atmosfera (Rossby, Starr)
- Avanços teóricos na análise numérica (e.g. a condição FCL)
- A invenção da radiossonda
- O desenvolvimento de um computador digital (ENIAC)




$$\Delta U = W + Q$$

Primeira lei da termodinâmica



- Os desenvolvimentos referidos permitiram o iniciar da PNT tal como hoje se pratica
- Nos anos 30, John von Neumann, ficou interessado em movimentos turbulentos em fluidos e, compreendeu a necessidade de se dispor de máquinas calculadoras de alta velocidade.
- Por esta razão, von Neumann supervisionou a construção do primeiro computador electrónico, no IAS em Princeton, EUA: o ENIAC

John von Neumann $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2x}$

Matemática



Neumann, à época de Los Alamos (c. 1943-1945), primeiro laboratório de armas nucleares dos Estados Unidos

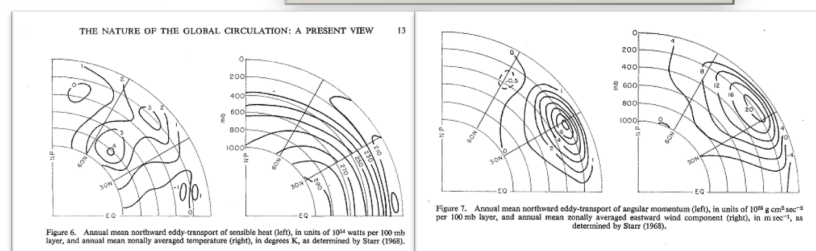
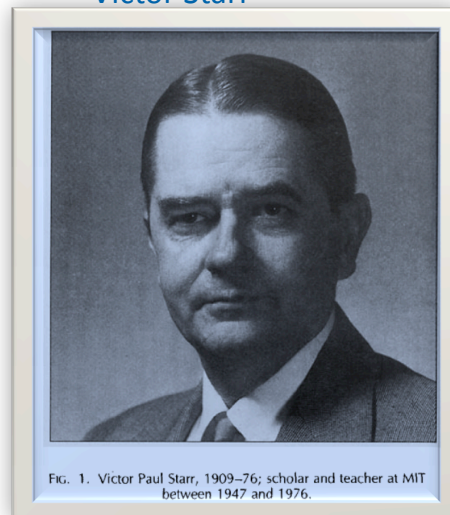
Nacionalidade  Húngaro
 Estadunidense

Nascimento 28 de dezembro de 1903



Carl-Gustaf Rossby

Victor Starr



BAMS, Vol. 79, No. 1, January 1998

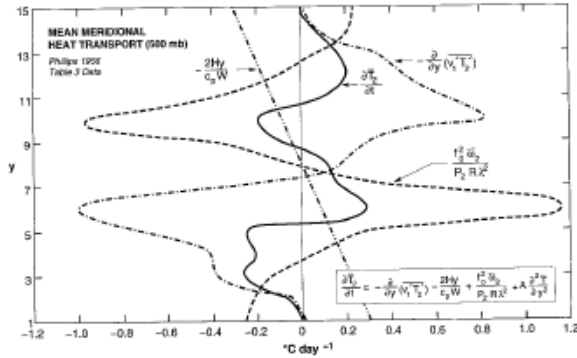


FIG. 8. Latitudinal distribution of the various terms in the thermodynamic equation, averaged over the 11-day period, days 1–20 inclusive. The lateral diffusion coefficient is denoted by A , P_2 is 500 mb, R is the gas constant, and λ^2 is a positive parameter related to the static stability (assumed constant). The diffusion term is of negligible magnitude and has not been plotted.



FIG. 3. Top: J. Bjerknes (in the foreground) and D. Fultz at the University of Chicago's Hydrodynamics Laboratory (1953). Middle-left: H. Jeffreys sits in his office at Cambridge (ca. 1928). Middle-right: C. H. B. Priestley (ca. 1980). Bottom: V. Starr (ca. 1965). (Courtesy of Lady Jeffreys, Dave Fultz, Constance Priestley, and the MIT archives.)

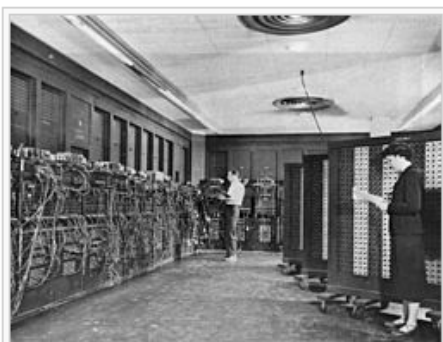


João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



37

O ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)



Glen Beck (background) and Betty Snyder (foreground) program ENIAC in BRL building 328. (U.S. Army photo)



Programmers Betty Jean Jennings (left) and Fran Bilas (right) operate ENIAC's main control panel at the Moore School of Electrical Engineering. (U.S. Army photo from the archives of the ARL Technical Library)



Four ENIAC panels and one of its three function tables, on display at the School of Engineering and Applied Science at the University of Pennsylvania



ENIAC vacuum tubes in holders



João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



38

O ENIAC foi construído entre 1946 (em 1947 nasce o SMN!) e 1952 e, o Projecto envolvia quatro grupos:

- Engenharia
- Programação e concepção lógica
- Matemática
- Meteorologia

O Grupo 4 foi dirigido entre 1948 e 1956 por Jule Charney



- John von Neumann conhecia a tentativa de Richardson, bem como os trabalhos de Friedrichs, Courant e Lewy, relativos à solução numérica de equações com derivadas parciais.
- Von Neumann submeteu uma proposta de financiamento de Projecto Meteorologia, à marinha americana, que foi aprovado.
- O Projecto começou em Julho de 1946.



EIGHTH WEATHER REGION
(Colonel Arthur Merewether)

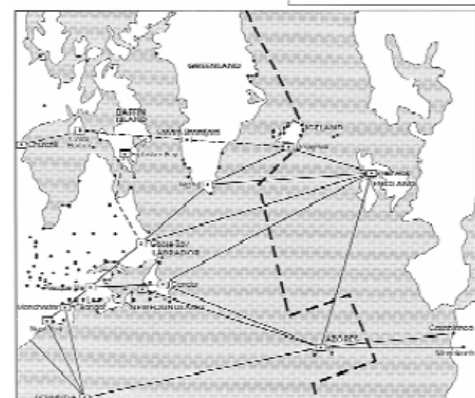
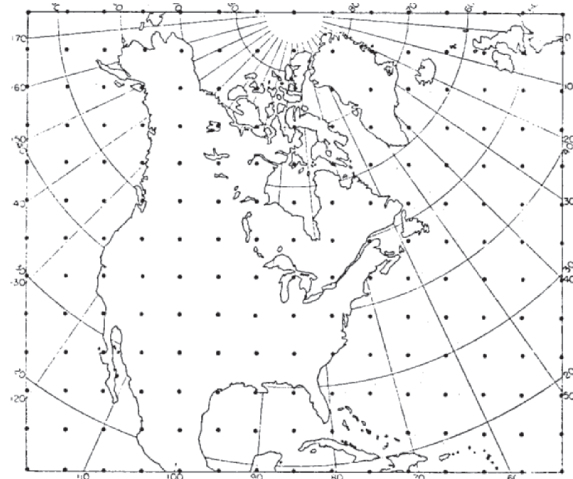


FIG. A1. Stations in the 8th Weather Region during World War II. Colonel Arthur Merewether, shown above the location chart, commanded this weather region from 1942 to 1945. (Courtesy of Athelstan Spilhaus.)



- Em seguida, von Neumann organizou uma Conferência de Meteorologia em Princeton, para conquistar a comunidade meteorológica para o Projecto.
- Rossby, com quem von Neumann havia discutido o futuro da PNT, conseguiu que Charney estivesse presente no Encontro.
- Charney já conhecia a condição FCL e os trabalhos de Richardson, e tinha verificado que o intervalo de tempo utilizado por Richardson era demasiado elevado (outra causa do falhanço!).



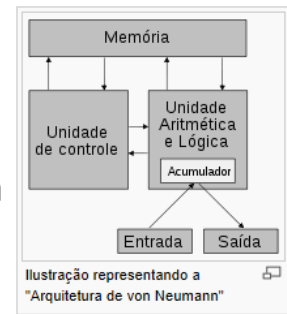
BAMS, January 2008
FIG. 2. Computation grid used for the ENIAC forecasts. One line is omitted from the southern edge and two lines from the remaining edges (from CFvN).



- No seu trabalho sobre instabilidade baroclínica, Charney tinha desenvolvido um método para eliminar (filtrar) ondas sonoras e ondas gravíticas.
- Com a aplicação do seu método de filtragem, Charney simplificou as equações primitivas, substituindo-as pelo sistema Quase-Geostrófico (QG)!
- Para movimento puramente horizontal, a equação da vorticidade QG reduzia-se à equação barotrópica da vorticidade, sem divergência, a qual tinha sido utilizada por Rossby, no seu estudo analítico de ondas na atmosfera.



Em 1950, o Grupo 4 – Meteorologia tinha concluído, sob a direcção de Jule Charney, o algoritmo numérico para resolver aquela equação. Colaboraram George Platzmann, John Freeman e Joseph Smagorinsky. A equação foi integrada ao nível de divergência nula (~ 500 hPa) com recurso ao ENIAC. Os resultados foram claramente positivos! Cada previsão para 24h, exigia 24h de cálculo no ENIAC!



Dr. John Freeman



George W. Platzman

Photo by The University of Chicago



Joseph Smagorinsky

Joseph Smagorinsky

Born January 29, 1924
New York City

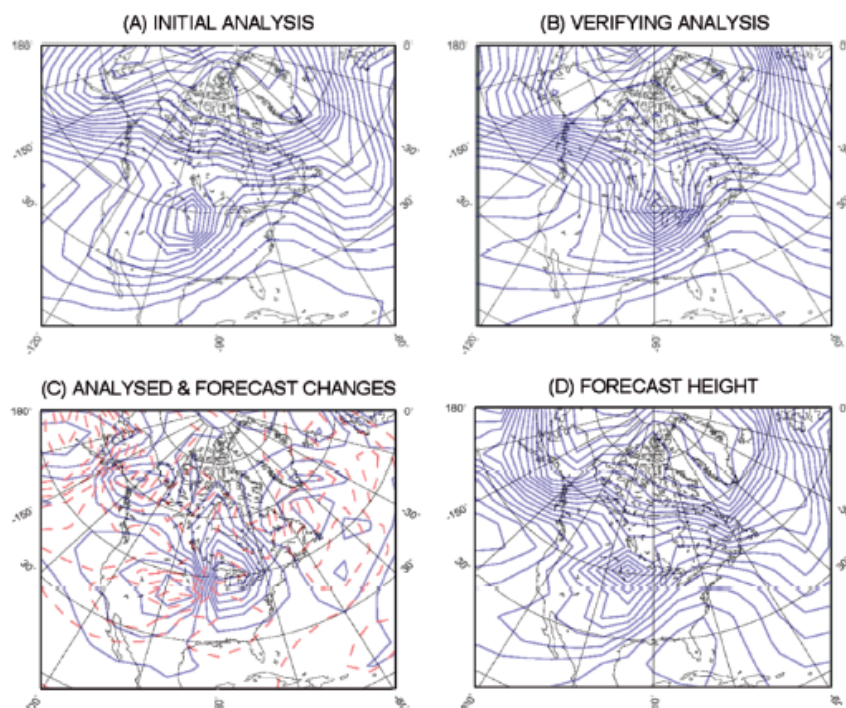
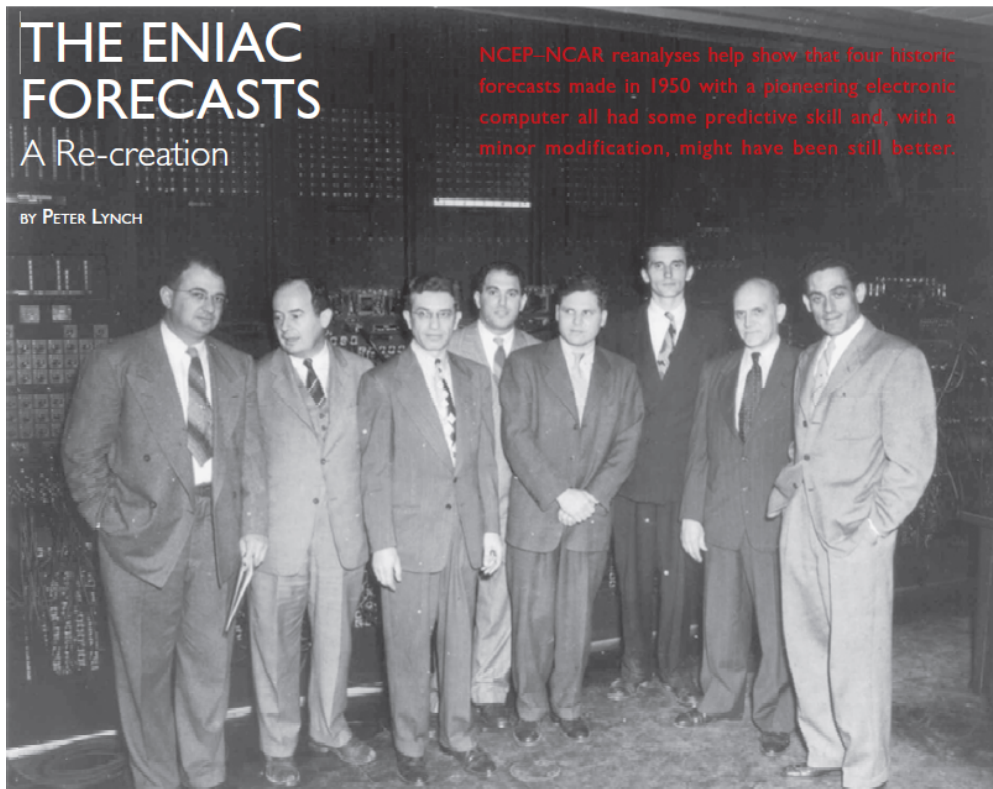


FIG. 4. Reconstructed forecast for 5 Jan 1949: (a) analysis of 500-hPa geopotential height (thick lines) for 0300 UTC 5 Jan, (b) analysis for 0300 UTC 6 Jan, (c) observed change (solid) and forecast change (dashed), and (d) forecast height valid at 0300 UTC 6 Jan. Height contour interval is 50 m.

BAMS, January 2008





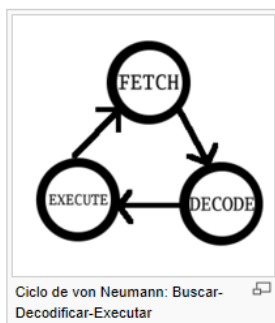
BAMS, January 2008
FIG. 1. Visitors and some participants in the 1950 ENIAC computations. (left to right) Harry Wexler, John von Neumann, M. H. Frankel, Jerome Namias, John Freeman, Ragnar Fjørtoft, Francis Reichelderfer, and Jule Charney. (Provided by MIT Museum.)



Anos mais tarde, numa palestra feita na Royal Meteorological Society, Charney afirmou:

“..to the extent that my work in weather prediction has been of value, it has been a vindication of the vision of my distinguished predecessor, Lewis Fry Richardson” .

Richardson, tomou conhecimento pelo próprio Charney, do sucesso obtido em Princeton e classificou-o de “an enormous scientific advance”!



IAS (Princeton Institute for Advanced Studies),



- Poucos anos após a primeira previsão do tempo com sucesso, foram desenvolvidos vários modelos baroclínicos, todos QG, os quais simulavam razoavelmente a ciclogênese.
- Foi no entanto compreendida a necessidade de utilizar modelos que ultrapassassem as limitações dos modelos QG.

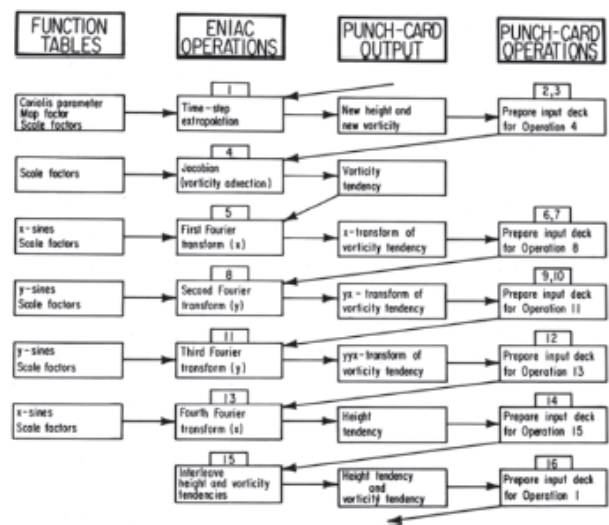
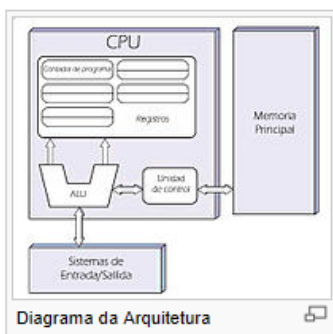


FIG. B1. Flowchart showing the 16 operations required for each time step of the ENIAC forecast (from Platzman 1979).



- Em 1951, Karl-Heinz Hinkelmann publicou um artigo intitulado “The mechanism of meteorological noise” em que tratava a questão do controlo de perturbações atmosféricas de alta frequência (“noise”), mostrando que a mesma podia ser resolvida com uma inicialização adequada, abrindo caminho para a utilização de equações primitivas.



At an early stage, Karl-Heinz Hinkelmann proposed that if **geostrophic winds** were assumed initially, the high frequency noise would remain under control.

Moreover, the process of geostrophic adjustment, elucidated by Carl Gustav Rossby a decade earlier, implied that the **flow would soon adjust** to harmony with the pressure field.

Hinkelmann, K., 1951: Der Mechanismus des meteorologischen L’armes. Tellus, 3, 285–296.



- Seguiram-se outros estudos do mesmo problema, por Charney e Norman Phillips.
- As primeiras aplicações das equações primitivas, produziram boas simulações do desenvolvimento, da oclusão e da estrutura frontal.
- Em 1966, o Deutscher Wetterdienst, iniciou a previsão operacional do tempo, com base num modelo a equações primitivas.

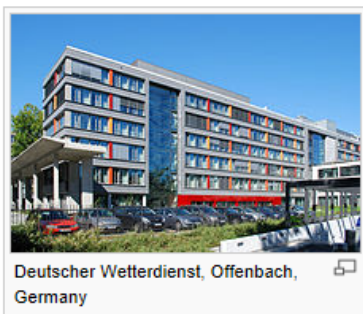


FIG. A2. Some of the members of the Meteorology Project at the Institute for Advanced Study in 1952. From left to right: J. Charney, N. Phillips, G. Lewis, N. Gilberg, and G. Platzman. The IAS computer, MANIAC I, is in the background. This picture was taken by Joseph Smagorinsky, another member of the Meteorology Project. (Courtesy of J. Smagorinsky)



- Seguiu-se-lhe o National Meteorological Center, NMC (hoje NCEP) em Washington D.C., que utilizava um CDC 6600, concebido por Seymour Cray da Control Data Corporation.
- De imediato, o indicador de perícia (“skill score”) S1, relativo à previsão dos 500 hPa, revelou uma melhoria de 5 pontos!
- Em 1972, o Meteorological Office (Metoffice) inglês, introduziu um modelo a equações primitivas a 10 níveis (Shuman) que incorporava uma parametrização sofisticada de processos físicos; com ele, foram produzidas as primeiras previsões úteis de precipitação.



- Os avanços conseguidos nos últimos 50 anos do Sec. XX, estabeleceram a meteorologia como uma ciência, alicerçada na física, química, matemática e computação.
- A Previsão do Tempo faz-se hoje combinando a utilização de modelos globais e modelos de área limitada.

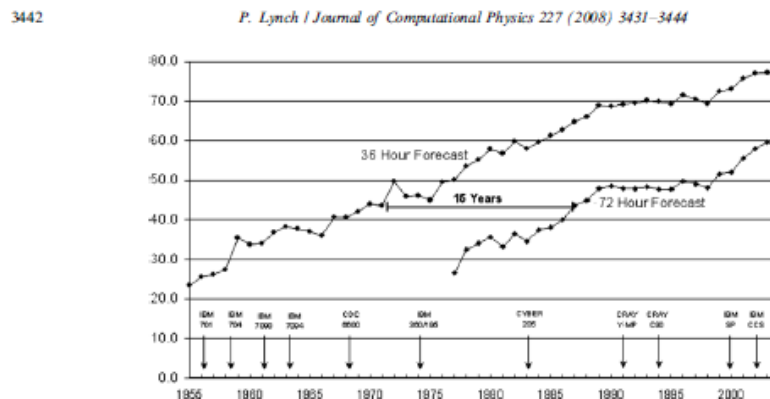


Fig. 4. Skill of the 36 hour (1955–2004) and 72 hour (1977–2004) 500 hPa forecasts produced at NCEP. Forecast skill is expressed as a percentage of an essentially perfect forecast score. Thanks to Bruce Webster of NCEP for the graphic of S1 scores.



- Um exemplo brilhante de sucesso na modelação atmosférica e na previsão do tempo e dado pelo Centro de Previsão do Tempo a Médio Prazo (ECMWF), criado em 1973, na sequência de uma acção COST.
- As primeiras previsões operacionais foram feitas a 1 de Agosto de 1979 (o primeiro Director, o Professor Axsel Wiin-Nielsen visitou o Centro de PMT do SMN nesse ano).
- O ECMWF produz uma variedade de previsões atmosféricas e oceânicas globais e dissemina-as com regularidade aos Estados Membros, através dos seus Institutos de Meteorologia, incluindo o IPMA.



Professor Axsel Wiin-Nielsen



Alguns produtos do ECMWF:

- Previsões atmosféricas deterministas, até 10 dias, disseminadas duas vezes por dia.
- Previsões atmosféricas de Ensemble, até 10 dias, disseminadas duas vezes por dia.
- Previsões atmosféricas de Ensemble até 1 mês, disseminadas uma vez por semana.
- Previsões atmosféricas de Ensemble até 6 meses (sazonais), disseminadas uma vez por mês.



Aplicações:

- Fornecimento de avisos de ocorrências de fenómenos extremos, para protecção de vidas e bens.
- Previsões para fins específicos como por exemplo: transportes, turismo, agricultura, energia, recursos hídricos e, em geral, todas as actividades sensíveis às condições atmosféricas.
- Previsões do estado do mar, de vaga e ondulação, com base nas previsões atmosféricas do vento.
- Geração automática de previsões de aeródromo (TAFs).



Conclusões:

- De forma superficial, vimos como os sonhos de Bjerkness e de Richardson se tornaram realidade na segunda metade do Sec. XX em consequência da combinação de avanços na
- Ciência (compreender)
- Tecnologia (levar à prática em tempo útil)
- Contribuindo para uma significativa melhoria da qualidade de vida e protecção de pessoas e bens.



João Corte-Real - Tomar, 3 Abr 2013



55



O ICAAM



Investigação / Research

O ICAAM é um Instituto de I&D que tem como objetivo prioritário desenvolver, promover e apoiar a investigação científica fundamental e aplicada na área das Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas.

Em termos organizacionais, a atividade de investigação do ICAAM estrutura-se em 4 Grupos de Investigação:

- Água, Solo e Clima
- Ciência e Tecnologia Animal
- Ciência e Tecnologia Vegetal
- Ecossistemas e Paisagens Mediterrânicas

Muito Obrigado!

João Corte-Real
jmcr@uevora.pt

<http://www.icaam.uevora.pt>



Suporte Técnico: Regina Corte-Real

Tomar, 3 Abr 2013

56