

1. Classificação <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 551.509.3</i>		2. Período	4. Distribuição	
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>PREVISÃO METEOROLÓGICA;</i> <i>PREVISÃO NUMÉRICA</i>			interna <input type="checkbox"/>	externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-2151-RPE/372</i>	6. Data <i>Julho, 1981</i>		7. Revisado por <i>Luiz Carlos B. Molion</i>	
8. Título e Sub-Título <i>A EVOLUÇÃO DA PREVISÃO METEOROLÓGICA</i>			9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Director</i>	
10. Setor <i>DME</i>	Código		11. Nº de cópias <i>08</i>	
12. Autoria <i>Marco A. M. Lemes</i>			14. Nº de páginas <i>04</i>	
13. Assinatura Responsável <i>Marco A. M. Lemes</i>			15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>É apresentada uma breve revisão da evolução das técnicas de previsão de tempo, desde o começo do século até o presente, quando os Serviços Meteorológicos de inúmeros países contam com um poderoso e confiável método, ou seja, a revisão dinâmica ou numérica, ao lado de uma quantidade massiva de informações meteorológicas (convencionais e não convencionais). Algumas aplicações no caso específico da Agricultura são discutidas.</i>				
17. Observações <i>Aceito para apresentação no II Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Pelotas, RS, 5-10 de julho de 1981.</i>				

A EVOLUÇÃO DA PREVISÃO METEOROLÓGICA

MARCO ANTONIO MARINGOLO LEMES

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq
 INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
 C.P. 515 - 12.200 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

I. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Já não se pode definir Meteorologia, somente em base teórica, como a ciência da física da atmosfera, sem mencionar o seu papel fundamental (hoje cada vez mais marcante) de melhoramento do bem-estar do Homem. Destaca-se, assim, a importância sócio-econômica dessa ciência, visto que as mais variadas áreas de atividades humana, e em especial a Agricultura, dependem crucialmente do tempo.

Dentre os problemas tratados pela Meteorologia, aquele de previsão é sem dúvida alguma, o mais desafiador, e devido à sua aplicabilidade prática, também um dos mais complexos.

O objetivo desse trabalho é apresentar uma breve revisão das várias modalidades de previsão de tempo, usadas desde os fins do século passado, considerando conjuntamente os elementos básicos (conhecimentos teórico e observacional e desenvolvimento tecnológico) responsáveis pelo progresso realizado nessa área. Ainda dentro desse enfoque, é discutida a técnica de Previsão Numérica de Tempo (PNT), que além de ser automática e rápida permite o aproveitamento máximo de todas as observações quantificáveis (convencionais e sobretudo os não-convencionais, como os fornecidos pelos satélites meteorológicos e plataformas remotas de coleta de dados). Algumas outras aplicações desses dados, que não em modelos dinâmicos de previsão, de interesse para a Agricultura também são mencionadas.

Por uma questão de conveniência, o período em consideração será dividido em três como em Reed (1977) que os denominou de período empírico, de transição e científico.

II. OS PERÍODOS

II.1 - O PERÍODO EMPÍRICO (1860-1920)

Com a construção da primeira carta sinótica, (com dados passados), por volta de 1820, tornou-se reconhecido o potencial dessa ferramenta na arte de previsão meteorológica. O problema da falta de comunicações rápidas para a canalização de informações para uma agência central de análise foi parcialmente resolvido com a invenção do telégrafo em 1845. Os anos subsequentes viram um lento desenvolvimento da previsão de tempo de 24 a 36 horas, através de uso empírico de mapas de superfície, analisando os campos de isóbaras, e o tempo característico a eles associados.

II.2 - O PERÍODO DE TRANSIÇÃO (1920-1950)

O início desse período caracterizou-se, além dos serviços rotineiros de previsão, por um grande interesse teórico na dinâmica da atmosfera. Através dos estudos

cionários) na rede mundial de observações já é uma realidade e a América do Sul, devido a falta de continentalidade pode grandemente se beneficiar dessas novas tecnologias.

De fato, a grande cobertura espacial em áreas remotas, e a frequência das observações (até a cada 30 minutos) tem colocado o satélite meteorológico, não como um substituto da rede meteorológica convencional de superfície e altitude, mas sim como excelente meio complementar de dados, permitindo a extensão das análises e o preenchimento de "vazios de dados".

Métodos radiométricos de sondagem atmosférica permitem a medição de perfis de temperatura e umidade (sensores no infravermelho) e detecção de áreas de precipitação dentro de grandes aglomerados de nuvens (sensores de micro-ondas). Em adição, é possível a extração de informações de vento a partir do movimento de nuvens analisando fatos sucessivas de satélites geoestacionários.

IV. ALGUMAS APLICAÇÕES

A vulnerabilidade de planejamento sócio-econômico do país, face aos fenômenos meteorológicos adversos destaca a importância e a real necessidade em se contar com previsões de tempo confiáveis. A Agricultura, por exemplo, pode-se beneficiar com:

- Previsão em escala sinótica: movimentos de massas de ar polar, condições favoráveis a situações de bloqueios (responsáveis pelo verão no sul do país), chuvas (com consequência na área de transportes).
- Previsão em escala regional: geadas (previsões de algumas horas, através do monitoramento da evolução do campo térmico como dado por imagens de satélite no infravermelho).

A lista, obviamente não é exaustiva.

V. ABSTRACT

A survey of the evolution of the weather forecasting techniques is traced since the beginning of the century, up to the present when Meteorological Services relies on numerical methods and a massive amount of non-conventional data furnished by the meteorological satellites. Some applications to the Agriculture are discussed.

VI. LITERATURA:

- REED, R.J. "The Development and Status of Modern Weather Prediction", Bull. Am. Met. Society, 58, nº 5 May 1977.
- BJERKNES, V. "Das Problem von der Wetter Vorhersage, betrachtet von Standpunkt der Mechanik und der Physik" Meteor. Z. 54, 1904.
- ROSSBY, C.G. "Relations between Variations in the Intensity of the Zonal Circulation of the Atmosphere and the Displacement of the Semi-Permanent Center of Action" J. of Mar. Research 2, 1939.
- RICHARDSON, F.L. "Weather Prediction by Numerical Process", Cambridge University Press, London, 1922, 236 p.

de V. Bjerknes entre 1917-1919 e de subsequentes estudos da chamada escola de Bergen, dois conceitos de capital importância foram apresentados. São eles: o de frente atmosférica e o de ciclogênese, até hoje considerados a base de todos os métodos sinóticos (não-numéricos) de previsão de tempo de curto prazo. Esses métodos encontraram alguma resistência inicial, mas gradativamente foram adotados pelos Serviços Meteorológicos existentes. Progresso também foi registrado na área de observações, com o advento do balão-piloto, medidas "in situ" por instrumentos a bordo de aviões e principalmente da radiossonda (conjunto de sensores para medir pressão, temperatura e umidade, carregado por balões e transmitindo as informações para rádios às estações na superfície). Apesar desse enorme avanço observacional, as teorias frontais de 1920-1940 ainda apresentavam ineficientes para prever quantidades de precipitação; um dos maiores problemas do previsor era distinguir frentes que produziam muitas chuvas daquelas das quais resultava pouca ou nenhuma precipitação.

Dois outros trabalhos teóricos realizados nesse período foram o do inglês L. Richardson (1922), que relata em seu livro "Weather by Numerical Process" o primeiro experimento de previsão numérica de tempo. As causas do seu fracasso além da pobre cobertura observacional da época, foi o seu desconhecimento do fato de que as equações por ele usadas descrevem variedade de tipos de movimentos, incluindo as ondas acústicas e de gravidade que a despeito da pouca ou nenhuma importância meteorológica (na escala sinótica) impõem graves restrições aos métodos de solução dessas equações. O problema de filtragem dessas ondas "espúrias" só foi resolvido por Rossby (1939), quando introduziu a teoria quase-geoestrófica.

II.3 - O PERÍODO CIENTÍFICO (1950-presente)

O início desse período coincide com o advento da previsão numérica de tempo (PNT), com a previsão meteorológica assumindo mais um caráter de ciência exata, do que uma arte.

PNT é uma modalidade de prever o tempo, em escala sinótica, que consiste na solução das equações termo-hidrodinâmicas governantes do comportamento dinâmico da atmosfera. Devido à complexidade dessas equações e ao elevado número de operações aritméticas envolvidas, o problema é resolvido por métodos numéricos em computadores eletrônicos. (O primeiro computador eletrônico digital ENIAC, foi colocado à disposição de um grupo de meteorologistas e matemáticos no início da década dos 50).

Como visualizado por Bjerknes (1904), as equações termo-hidrodinâmicas são prognósticas, i.e. contêm derivadas temporais, e assim tornar-se possível a integração em tempo das mesmas a partir de um estado inicial conhecido da atmosfera. Os primeiros modelos numéricos (barotrópicos, i.e. de um único nível) foram sucedidamente desenvolvidos, baseados em idéias pioneiras estabelecidas no período anterior, como as de Rossby (1939).

Em 1958, um desses modelos simples foi adotado operacionalmente pelo serviço meteorológico dos EE.UU e nos 20 anos subsequentes, registrou-se um rápido desenvolvimento em PNT com a introdução de modelos de multi-níveis (baroclínicos) e a extensão do domínio de integração de escalas regionais a hemisféricas e até globais. Hoje vários países desfrutam dos benefícios da implantação de PNT em seus serviços meteorológicos.

III. O PROBLEMA OBSERVACIONAL

Para a PNT, mas igualmente verdadeiro para qualquer método de previsão meteorológica, previsões de tempo rápidas e de boa qualidade só podem ser conseguidas se existir uma rede eficiente (com boa cobertura espacial e temporal) de observações e uma rede de comunicação para canalizar as informações ao centro previsor, em tempo útil. A inclusão de plataformas observacionais não convencionais (em especial os satélites geoest