

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 206

Uso de previsões meteorológicas e climáticas no setor agroflorestal e ambiental

Luiz Eduardo Mantovani
Elenice Fritzsos

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,

83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.cnpf.embrapa.br

sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Antonio Aparecido Carpanezi, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Cristiane Vieira Helm, Dalva Luiz de Queiroz, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski, José Alfredo Sturion, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté

Normalização bibliográfica: Elizabeth Denise Roskamp Câmara

Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté

Foto da capa: Luiz Eduardo Mantovani

1ª edição

1ª impressão (2010): sob demanda

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Mantovani, Luiz Eduardo.

Uso de previsões meteorológicas e climáticas no setor agroflorestal e ambiental [recurso eletrônico] / Luiz Eduardo Mantovani, Elenice Fritzsos. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2010.

1 CD-ROM. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1679-2599 ; 206)

1. Meteorologia. 2. Floresta. 3. Meio ambiente. I. Fritzsos, Elenice. II. Título. III. Série.

CDD 630.2515 (21. ed.)

© Embrapa 2010

Autores

Luiz Eduardo Mantovani

Geólogo, Doutor,
Professor da Universidade Federal do Paraná,
lem@ufpr.br

Elenice Fritzsos

Engenheira agrônoma, Doutora,
Pesquisadora da Embrapa Florestas,
elenice@cnpf.embrapa.br

Apresentação

Este trabalho versa sobre a importância do conhecimento das previsões meteorológicas para o setor florestal, incluindo alguns aspectos de caráter mais geral que podem ser úteis em estudos ambientais. Apresenta os sites disponíveis na internet e uma análise de suas principais características. Fornece um glossário de termos utilizados em meteorologia e lista publicações e sites para aqueles que buscam se aprofundar no tema.

Ivar Wendling

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
O clima, as condições meteorológicas e os plantios florestais	12
Aspectos climáticos mais importantes para as culturas florestais	14
O desenvolvimento de modelos	18
Resultados de Modelos de previsão existentes nas páginas da internet e a eficiência dos modelos.....	20
Diversidade de modelos	22
Características de alguns modelos.....	24
Conclusões até o presente.....	25
Referências	27
Literatura recomendada	28
Anexo.....	29

Uso de previsões meteorológicas e climáticas no setor agroflorestal e ambiental

Luiz Eduardo Mantovani

Elenice Fritzsos

Introdução

O moderno planejamento de muitos setores da economia requer o uso de sistemas de previsão de tempo e clima, baseados tanto em modelos regionais de curto prazo, como em modelos climáticos sazonais. Dentre estes setores, o agropecuário e o florestal são especialmente dependentes das condições atmosféricas.

O gerenciamento de todo o sistema de produção rural cada vez mais recorre às previsões climáticas que, ao contrário das meteorológicas, são sazonais. As decisões em que se baseiam o planejamento são consideradas decisões estratégicas, de acordo com Soltner (1981), e envolvem a escolha dos meses mais apropriados para preparo do terreno, plantio e colheita, no caso de culturas agrícolas e do plantio, corte, transporte e comercialização da madeira, no caso das espécies florestais. Para a previsão climática, utiliza-se uma série de informações meteorológicas e ambientais que resultam da cooperação e intercâmbio de dados entre praticamente todos os países do mundo. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomenda séries de dados homogêneas com mais de 30 anos

para a análise climática passada e caracterização climática de uma dada estação meteorológica. A previsão climática é de fundamental importância para as culturas de ciclo curto que compõem a maioria das culturas agrícolas. Ela se baseia tanto na incorporação dados do passado aos dados atuais quanto na integração de tendências futuras.

Além da previsão climática, que envolve um período de tempo mais abrangente, variando de meses até décadas respeitando certos ciclos, tais como primavera, verão, estação de águas e das secas, oscilação sul ou ENSO - El Niño/La Niña-Southern Oscillation, isto é, anos de El Niño e La Niña (GRIMM; TEDESCHI, 2009; MENDES et al., 2008) há necessidade de se observar também a previsão meteorológica, que trata de um período de previsão mais curto (1 a 15 dias) para as chamadas decisões táticas, de acordo com Soltner (1981). Estas envolvem as operações de plantio, tratamentos fitossanitários, desbastes, medições de árvores, aplicação de herbicidas, corte, retirada e transporte da madeira.

Para obter estas informações climáticas e meteorológicas durante todos os horários do dia, pode-se fazer uma busca nos sites disponíveis na internet. Cada um deles contém uma série de informações, desde as mais básicas, ou mais simples, que informam sobre a temperatura, precipitação, umidade, ventos e outros parâmetros para os próximos 5 ou 7 dias, até as que mostram, por meio de imagens de satélite, a evolução das correntes de ar, de forma animada (dinâmica), permitindo que o próprio usuário possa compreender os processos atuantes, tais como as correntes de jato que modulam os deslocamentos e a intensidade de sistemas frontais, etc.

Para as culturas agrícolas, inclusive as irrigadas, e para as florestais, a análise e monitoramento de tendências pluviométricas durante todo o ciclo das culturas é fundamental

para o sucesso dos plantios. As chuvas em excesso podem prejudicar os cultivos: encharcamento do terreno, problemas de maturação, maior incidência de pragas e necessidade de medidas fitossanitárias. Enquanto, por falta de chuvas, pode haver redução da vazão dos cursos d'água em superfície e da recarga dos aquíferos, restringindo a disponibilidade de água. A análise sintética de vários parâmetros pode resultar em modelos previsionais de produtividade primária (VERA-DIAZ et al., 2008; YUAN et al., 2010), e a incorporação de séries históricas de dados climáticos pode resultar em análises multivariadas regionalizadas, interessantes em termos ecológicos e agrossilvopastoris (PENENKO; TSVETOVA, 2008; FRITZSONS et al., 2010).

Nas condições geológico-geográficas do território brasileiro, na quase ausência de fenômenos tectônicos de intensidade extrema, são, sobretudo, as concentrações pluviométricas elevadas que desencadeiam acidentes ambientais de maior gravidade. Por outro lado, secas prolongadas que frustram safras e facilitam a propagação de queimadas; inversões térmicas sobre centros urbano-industriais poluídos; neblina e névoa seca que prejudicam a visibilidade em rodovias e aeroportos; ventos fortes que provocam ressacas no mar, derrubam árvores e construções; umidade relativa alta que facilita a deterioração de alimentos e materiais; umidade relativa muito baixa que facilita incêndios, queimadas e problemas respiratórios de pessoas susceptibilizadas. Esses eventos, adversos às atividades humanas, alguns bastante raros outros comuns em certas áreas, constituem também fatores a serem considerados no ambiente previsional.

Alguns destes fenômenos são ainda pouco conhecidos apesar de poderem alcançar uma amplitude continental, a exemplo de uma tormenta que atravessou toda a Amazônia em 2005 e que pode ter derrubado mais de 500 milhões de árvores (NEGRÓN-JUÁREZ et al., 2010). Este tipo de ocorrência deve ter acontecido

durante o Holoceno e Pleistoceno (ESPÍRITO-SANTO et al., 2010). Embora a maioria destes fenômenos seja pouco previsível em longo e médio prazos, sendo praticamente inevitáveis, uma vez que se configurem situações de risco, o monitoramento destes passa a ser essencial para a redução de perdas e danos. Desta forma, torna-se necessário o acompanhamento do desenvolvimento dos sistemas geradores de instabilidade atmosférica em tempo real.

O objetivo deste trabalho é fornecer informações sobre um melhor uso das previsões meteorológicas geradas na atualidade, especialmente para profissionais ligados ao meio ambiente.

O clima, as condições meteorológicas e os plantios florestais

Para o setor florestal, um dos aspectos essenciais para o êxito dos reflorestamentos consiste no plantio de espécies de procedências geográficas adequadas ao novo local ou contendo base genética plástica ou, no mínimo, adaptadas às regiões visadas.

Deve-se considerar que a escolha correta das espécies a serem utilizadas representa uma dificuldade nos países da América Latina, onde o reflorestamento se baseia, principalmente, em espécies exóticas (ZONING ..., 1978). O cultivo de uma espécie em local inadequado pode acarretar diversos problemas, tais como produtividade inferior ao potencial da espécie; elevada susceptibilidade a pragas e doenças; inadaptação geral da espécie; produção de madeira com características não adequadas à finalidade de plantio; sensibilidade aos efeitos de geada e deficiência hídrica (FERREIRA, 1990).

As condições climáticas exercem forte influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois deve ser considerado que

houve uma adaptação genética de cada espécie ao clima e solo de onde elas se originaram e que este processo levou de milhares a milhões de anos. Dos elementos do clima, a temperatura e a umidade, em conjunto, exercem forte influência sobre a vegetação terrestre, uma vez que condicionam, juntamente com os fatores de solo, relevo e migrações biogeográficas, toda a distribuição da biota no globo terrestre.

A precipitação é especialmente importante na fase de plantio das mudas em campo e germinação das sementes, quando a umidade do solo deve ser favorável. Entretanto, as condições de umidade relativa, evapotranspiração, número de dias sem chuva, possibilidade de geadas e excesso de água também exercem forte influência sobre o crescimento das plantas. Considerando as fases iniciais de plantio, as espécies florestais são tão suscetíveis à falta, excesso de água e à ocorrência de geadas quanto as cultura agrícolas.

Áreas onde a incidência de ventos ocorre de forma efetiva e constante também constitui problemas para o sucesso das culturas florestais devido à possibilidade de quebra de galhos e de rupturas de ponteiros, facilitando a proliferação de doenças.

Entretanto, no caso das espécies florestais, o problema mais expressivo com relação às condições meteorológicas é a ocorrência de incêndios, os quais ocorrem quase sempre nos meses mais secos do ano, a exemplo do processo de transformação de floresta amazônica em cerrado por queimadas impulsionadas pelos alísios de leste. Isto faz o cerrado avançar sobre suas bordas ocidentais enquanto recua nas bordas orientais, em processo detalhado em Mantovani et al. (2003) (Figura 1). Eles podem dizimar completamente uma população já adulta e, em horas, causar sérias perdas econômicas, uma vez que todo investimento feito na plantação é perdido.



Figura1. Imagem de satélite LANDSAT-TM NASA, em composição colorida da região de Tiriós norte do Pará. As florestas aparecem em verde; os cerrados em marron claro e as queimadas em cinza escuro.

Outro grave problema de ocorrência mais comum que atinge o setor florestal refere-se à época de colheita da madeira, uma vez que as chuvas podem atrapalhar, ou mesmo impossibilitar, a retirada e escoamento do produto. Este problema se agrava nas regiões onde as vias de acesso não contam com asfalto, como as de muitas partes do território nacional. Entretanto, o problema existe no interior de quase todas as propriedades, pois os carregadores da própria área de exploração não podem ser utilizados em situação de elevada umidade no solo, danificando-os. Já nas áreas de solos mais arenosos, tais como os Neossolos Quartzarênicos e similares, o problema relativo às vias de acesso é mais reduzido, devido à textura mais arenosa, que confere uma drenagem interna rápida e também os torna menos susceptíveis à compactação.

Na dificuldade ou mesmo impossibilidade de retirada da madeira já cortada, a exposição das madeiras às chuvas e à alta umidade

relativa do ar, especialmente para certas espécies mais sensíveis, como as de *Pinus*, pode degradar sensivelmente sua qualidade e causar perda no processamento. Para evitar o manchamento da madeira, causado pelos fungos *Aureobasidium pullulans* e *Sphaeropsis sapinea*, deve-se efetuar o corte das árvores em períodos mais secos e quentes, retirar do campo o mais breve possível para a secagem e processamento mecânico na serraria.

Para os produtores e consumidores, incluindo o setor de processamento de madeiras, as previsões meteorológicas são fundamentais, uma vez que os estoques a serem processados devem ser sempre suficientes para a continuidade do sistema produtivo. Assim, quando há previsão de uma sequência de dias com eventos de precipitação, como ocorre com a entrada de sistemas frontais, há necessidade de aumento do estoque de madeiras a serem processadas.

Aspectos climáticos mais importantes para as culturas florestais

Para as culturas florestais, os aspectos meteorológicos mais importantes e que são passíveis de serem observados em análises climáticas e nas previsões meteorológicas estão listados a seguir:

Eventos meteorológicos**“Situações problema”****Falta de precipitação**

Quando jovens, as espécies arbóreas são sensíveis à falta de água, pois o sistema radicular ainda não está totalmente desenvolvido e, portanto, a planta não suporta secas prolongadas. Assim, a escolha da época de plantio deve priorizar períodos em que as precipitações são frequentes, evitando períodos como o início da primavera em que mesmo a utilização de gel específico para manter a umidade na raiz pode não ser suficiente;

Estiagens prolongadas acompanham, geralmente, uma baixa umidade relativa do ar e aí ocorre o perigo de incêndios. A conjugação de baixa umidade relativa do ar, estiagem prolongada (15, 20 dias) e ventos fortes, por exemplo 6m/s, exige uma maior vigilância do produtor pela presença de material seco fácil de ser queimado. A construção de aceiros pode evitar os problemas em algumas situações. As situações mais críticas ocorrem quando estiagens acentuadas sucedem episódios de geadas, sendo muitas vezes acompanhadas de ventos fortes de noroeste, com temperaturas de ponto de orvalho (ou de bulbo úmido de 10 °C ou mais inferiores às temperaturas de bulbo seco), situação típica de final de inverno e início de primavera.

continua

Eventos meteorológicos**“Situações problema”**

	<p>Prejudica ou impede o corte e a retirada de madeira do campo, podendo reduzir a produção industrial, pela escassez.</p> <p>Danifica espécies já cortadas e que são mais sensíveis, tais como o pínus, com a ocorrência de bolor azul.</p>
Excesso de precipitação	<p>Atrapalha a época de aplicação de herbicida e de adubação, fazendo com que necessite de outras aplicações, o que aumenta os gastos com mão de obra, agrotóxicos e causa uma poluição maior do ambiente.</p> <p>Acelera a erosão, sobretudo em plantios jovens ou em áreas de corte recente. Chuvas prolongadas podem saturar o solo e o regolito, criando condições propícias para movimentos de massa e queda de blocos que podem destruir reflorestamentos em vertentes e fundos de vale.</p>
Umidade relativa alta	<p>Pode, em conjunto com altas temperaturas, propiciar a ocorrência de certas doenças, especialmente fúngicas. Quando associada à nebulosidade elevada, que diminui a insolação e reduz as taxas de crescimento.</p>

continua

Eventos meteorológicos**“Situações problema”****Umidade relativa baixa**

Associado com altas temperaturas e período de estiagem, pode facilitar a disseminação de fogo e também ampliar os efeitos de uma estiagem. Normalmente, condiciona um aumento da amplitude térmica diária, sobretudo na ausência de um nível de saturação mais elevado com formação de nuvens. Acelera a evaporação e evapotranspiração, levando ao ressecamento do horizonte A do solo, causa de frustração de vários plantios florestais durante suas primeiras semanas.

Temperatura alta

Para as espécies florestais, a previsão da temperatura elevada em geral não é tão crítica quanto outras variáveis, pois a temperatura apresenta maior influência no próprio desenvolvimento da espécie (florescimento, frutificação) e, considerando a prática de uma boa silvicultura, deve-se estudar o clima e planejar o sistema produtivo em função dele. Espécies tendo por origem áreas de clima temperado oceânico e tropical de altitude podem entrar em estresse térmico, sobretudo em condições de umidade relativa alta ou quando houver deficiência hídrica no solo sob baixa umidade atmosférica.

continua

Eventos meteorológicos**“Situações problema”****Temperatura baixa**

Na região Sul do Brasil, por exemplo, deve-se fazer um bom planejamento estratégico para evitar períodos de geadas, principalmente durante e logo após o plantio de novas mudas.

Em regiões montanhosas do sul e sudeste, onde as temperaturas se mantêm reduzidas mesmo durante o período estival, o crescimento das árvores também pode ser reduzido.

Deve-se lembrar que quando acontecem geadas, a vegetação arbustiva e herbácea são particularmente afetadas nas regiões brasileiras sujeitas ao fenômeno. Após alguns dias, as plantas fenecem e secam, constituindo um material altamente inflamável que pode ser o ponto inicial de queimadas com alto potencial destrutivo. Este quadro se agrava diante de geadas mais intensas que atingem não apenas o nível da relva, afetando o tapete herbáceo, mas quando as copas também são cobertas pelo gelo, provocando o fenecimento de folhas mesmo em espécies de áreas com ocorrência frequente de geadas. Este foi, por exemplo, o caso da grande geada de 1975 nos Estados do Paraná e sul de São Paulo, que foi sucedida por grandes queimadas e incêndios florestais.

O desenvolvimento de modelos

Nas décadas recentes, com o advento dos supercomputadores, a modelagem matemática tornou-se um dos instrumentos científicos mais poderosos para a projeção de cenários, beneficiando altamente a meteorologia e a climatologia.

Existe um sistema mundial de observação que é coordenado pela Organização Meteorológica Mundial, chamado de Sistema Global de Telecomunicação (GTS), que consiste numa rede de telecomunicações que conecta os serviços meteorológicos mundiais. O GTS faz parte do programa de vigilância global.

Este sistema é distribuído ao redor do globo e as medições (de responsabilidade de cada país) são feitas em horários pré-definidos. Os dados são todos reunidos em centros regionais, onde estes levantamentos são feitos, sendo o centro mundial mais próximo do Brasil o de Washington (outros centros mundiais estão localizados em Moscou e Melbourne) (MODELAGEM ..., 2002). Os centros mundiais coletam os dados regionais, depois eles trocam informações entre si e devolvem os dados para os centros.

No Brasil, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi recomendado pelo Presidente da Comissão para Sistemas Básicos da Organização Meteorológica Mundial (OMM) como um Global Producing Center (GPC), ou Centro Produtor Global, de previsões de longo prazo. A designação representará um selo de qualidade internacional à produção das previsões climáticas sazonais do CPTEC/INPE, sendo ratificada pelo conselho executivo da OMM em junho de 2010. Ao ser designado como GPC, o CPTEC/INPE passou a integrar um seleto grupo de centros mundiais de previsão climática sazonal (CPTEC/INPE ..., 2010) disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ind.php?inic=00&pos=1&prod=ensino>.

Os produtos de previsão e verificação da versão do modelo global atmosférico do CPTEC/INPE, utilizado operacionalmente para a produção da previsão climática sazonal, estão disponíveis na página do CPTEC/INPE.

Resultados de Modelos de previsão existentes nas páginas da internet e a eficiência dos modelos

Atualmente, existe uma série de modelos meteorológicos e climáticos cujas “saídas” se encontram disponíveis pelo menos parcialmente na Web: GFS, NAE, NOGAPS, RHMC, ECMWF, CMC UKMO, COAMPS, JMA, CFS. Além desses modelos, estão ainda disponibilizadas saídas gráficas e numéricas que resultam da combinação por médias dos diferentes modelos básicos. Os modelos existentes se baseiam sempre em modelos gerais de tempo que envolve todo o Planeta, pois existem interligações entre as várias zonas da atmosfera mundial. Além disso, a atmosfera é influenciada pelo estado da superfície do solo e dos oceanos, de forma que qualquer tipo de sistema previsional tem que levar em conta a totalidade desse conjunto no qual ainda se integra o fluxo radiante solar que vai evoluindo dia a dia ao longo do ano.

Assim, pode-se ter acesso facilitado tanto a modelos globais quanto a modelos que detalham mais o tempo e o clima em termos regionais, levando em conta especificidades tais como orografia, proximidade de corpos de água, cobertura do solo, zonas urbanas, etc. Dentre os modelos globais, tem se destacado o modelo *Global Forecast System* (GFS) americano do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Este modelo, o único global com maior embasamento em dados observacionais que tem todas as suas saídas disponibilizadas livremente, vem fornecendo previsões bastante confiáveis, tanto para a América do Sul quanto para o mundo todo, para o intervalo de 5 a 6 dias. Apesar de trabalhar em escalas relativamente reduzidas, isto é, com malha horizontal de

35 km a 70 km, sua resolução real supera a de muitos outros modelos que trabalham com grades de dimensões semelhantes. Quanto à resolução vertical, este modelo trabalha com 64 níveis diversamente espaçados, dos quais 15 entre 1.000 hPa e 800 hPa, e 24 entre 100 hPa e 0,27 hPa (limite do modelo).

As saídas em forma de mapas deste modelo para a América do Sul só são encontradas em alguns sites: COLA-NCEP (Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies - *National Centers for Environmental Prediction* DA NOAA); *Weather Underground* que dispõe de um sistema próprio de animação dos dados de saídas gráficas, *The Weather Channel*, este com saídas mais simplificadas e *Weatheronline* com saídas bastante completas. A forma de apresentação destes mapas normalmente requer alguns conhecimentos básicos para um melhor entendimento e interpretação, pois a resolução espacial é relativamente reduzida: GFS1 (NCEP) - Modelo GLOBAL do NCEP - Resolução de 1° latitude/longitude.

A consulta a alguma bibliografia pode ser interessante para a aquisição progressiva de conhecimentos necessários para a interpretação da linguagem e noções para a leitura e entendimento das informações que estão sendo disponibilizadas. Neste sentido, pode ser útil a consulta a material didático, como, por exemplo, das apostilas em português do Instituto de Astronomia, Geofísica e Atmosférico da Universidade de São Paulo (ENSINO ..., 2010?).

As diferenças nos resultados de previsões devem ser vistas como algo bastante normal, pois, embora a física da atmosfera se baseie em equacionamentos físicos bastante precisos, a interação entre os diversos componentes da dinâmica atmosférica torna-se bastante complexa, tornando praticamente impossível se ter uma previsão meteorológica de grande precisão. Ainda assim, as melhores previsões atuais já poderiam,

quando corretamente interpretadas e assimiladas para ações efetivas, evitar inúmeros prejuízos e acidentes que decorrem das condições de tempo.

Diversidade de modelos

A diversidade de fontes de previsão meteorológica atuais pode ser motivo de desorientação do usuário, no entanto, é recomendável que sejam testadas várias fontes para avaliar quais respondem com maior precisão aos parâmetros visados como de maior significância para o perfil dos interessados. Há institutos de meteorologia dedicados à pesquisa e que divulgam previsões:

www.inmet.gov.br - Instituto Nacional de Meteorologia, com rede de estações meteorológicas de âmbito nacional.

www.cptec.inpe.br - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com grande riqueza de informações.

www.simepar.br - Instituto Meteorológico do Paraná, voltado para o Estado do Paraná, e o único no país, salvo o aeronáutico, com monitoramento 24 h por dia, por meteorologistas. O Simepar integra na atualidade informações de outros institutos paranaenses voltados ao tempo e clima como é o caso do Iapar.

http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=33 - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri/Ciram).

<http://www.dca.iag.usp.br/www/#> - Laboratório Master do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. O site permite o acompanhamento, quase a tempo real, das condições do tempo, tanto através de imagens de satélite quanto no acesso aos dados de estações meteorológicas.

www.cpa.unicamp.br - apresenta uma série de dados úteis para as atividades rurais e urbanas no estado de São Paulo, oferece também imagens dos satélites da série NOAA com maior resolução sobre vários estados brasileiros.

Existe ainda a METSUL (<http://www.metsul.com/blog/>) que no seu blog tece comentários bastante pertinentes sobre meteorologia, clima e previsões, com um enfoque maior na região Sul. Um site internacional equivalente a ele é o Meteogiornale: <http://www.meteogiornale.it/> publicado em italiano.

Sobre a questão de desastres ambientais, muitas vezes desencadeados por condições meteorológicas e climáticas, pode-se consultar o Centro de Apoio Científico em Desastres (Cenacid) em <http://www.cenacid.ufpr.br/index.html>. Esta unidade especial do Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente e Desenvolvimento (Nimad), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), tem por objetivo proporcionar apoio científico e técnico à comunidade em situações de emergência. O Cenacid promove cursos de treinamento para o atendimento de emergências e prevenção de acidentes, sendo vinculado ao Escritório para a Coordenação de Assuntos Humanitários das Nações Unidas (OCHA).

Características de alguns modelos

Alguns modelos de previsões numéricas e suas características são apresentados a seguir:

Modelos	Instituição	Previsão (dias, semanas)	Pontos positivos	Pontos negativos
1 - GFS	NOAA	Mais de 6 dias, até 384 horas	Mundial. Bastante confiável, até 6 dias	Baixa resolução, necessidade de interpretar mapas
2 - ETA ¹	INPE	7 dias	Detalhamento	Variabilidade
3 - HRM ²	DWD-SMM	3 dias ou 78 horas	Maior detalhe das saídas gráficas	Apenas estados costeiros
4 - MBAR ³	DWD-INMET	72/120 horas	Resolução e saídas gráficas	Variabilidade
5 - ECMWF	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i>	10 dias	Mundial	Acesso livre para apenas quatro parâmetros ⁴
6 - Modelos experimentais ⁵	Vários institutos e universidades	Variável	Variável	Confiabilidade, necessidade de ajustes

¹ Inicialmente desenvolvido pela Universidade de Belgrado; ² modelo alemão trabalhado pela Marinha do Brasil; ³ modelo alemão trabalhado pelo INMET; ⁴ pressão ao nível do mar, altura geopotencial 500 hPa, temperatura e vento em 850 hPa; ⁵ um exemplo destes modelos ainda experimentais é dado pelo Sistema MM5, desenvolvido pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) integrante da Organização do Comando da Aeronáutica (COMAER) da Força Aérea Brasileira (FAB); O Sistema MM5 é um modelo de simulação numérica desenvolvido no final da década de 70 pela *Penn State University* em conjunto com o *National Center for Atmospheric Research* (NCAR).

O Sistema MM5 se encontra na quinta geração e possui, como características principais, a capacidade de múltiplos aninhamentos de grade, dinâmica não hidrostática e assimilação de dados em quatro dimensões, além de várias parametrizações físicas e portabilidade em diversas plataformas computacionais, incluindo o sistema LINUX. O MM5 utiliza um sistema de coordenadas sigma que segue a topografia do terreno e resolve as equações de Navier-Stokes em três dimensões, a equação da continuidade, a 1ª. Lei da Termodinâmica e a equação de transferência radiativa. A parte de pré-processamento do modelo MM5 utiliza o sistema de pré-processamento do modelo WRF (WPS). Sua inicialização se dá com o modelo Global, através do formato GRIB2-Global Forecast System (GFS) do National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Este Projeto é fruto da parceria entre o CNMA e o ICEA, ambos subordinados ao DECEA. Coordenado pela Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento do Icea, com a participação de especialistas do ICEA e CINDACTA I e CINDACTA II (CORRÊA, 2010?).

Conclusões até o presente

Tendo em vista a multiplicidade atual de meios e modelos previsionais, o usuário pode sentir-se desorientado quanto à qualidade e precisão dos resultados tais como eles são veiculados, seja pela mídia, seja por canais mais especializados. Isto, em parte, resulta numa descrença relativa frente às previsões e uma menor aplicação destas no planejamento de atividades que apresentem alguma dependência de fatores climáticos. Deixa-se assim de obter um maior uso das previsões, que são cada vez mais necessárias num contexto de competitividade global.

Emerge, portanto, a necessidade de se reavaliar meios e condições operacionais para se obter, para o Hemisfério Sul e, em particular, no âmbito da América do Sul, uma maior precisão de acerto e confiabilidade previsional e preditiva. Deve-se

sempre lembrar que o Hemisfério Sul é largamente dominado por superfícies oceânicas com uma quantidade de bóias meteorológicas relativamente reduzidas, assim como acontece com as estações que realizam radiossondagens sistemáticas. Ainda assim, no interior dos continentes do hemisfério austral, existem áreas pouco habitadas e desprovidas de informações meteorológicas locais.

Apesar dos grandes avanços científicos obtidos durante as décadas mais recentes, os modelos ainda têm um caráter experimental. De acordo com as circunstâncias meteorológicas eles chegam a fornecer previsões de grande detalhe e precisão, porém em face de situações de maior complexidade ou de ocorrência mais rara, erros podem ser gerados e irem se acumulados à medida que o prazo de previsão é estendido. Portanto, torna-se necessário que o usuário destas informações (pesquisadores, setor produtivo, usuários em geral) acompanhe diariamente a evolução destas através de imagens de satélite, dados das estações meteorológicas disponíveis e relatórios dos centros de previsão, pois apenas assim poderá tomar as melhores decisões em termos das práticas agrícolas e florestais.

Assim sendo, a recente implantação no CPTEC-INPE do supercomputador XT6 da Cray, batizado de "Tupã", com capacidade para tratar a América do Sul com malha de 5 km e no modelo global com malha de 20km, deve elevar o nível das previsões brasileiras para um novo patamar. A capacidade de processamento do CPTEC deve ter um acréscimo da ordem de 50 vezes. Ao mesmo tempo, o presente esforço de pesquisa deve facilitar o intercâmbio de informações com outros países e sistemas e promover a Meteorologia e a Climatologia no Hemisfério Sul e região intertropical do Globo.

Referências

CORRÊA, C. S. (Coord.). **Projeto Modelagem Numérica no MM5**. [Rio de Janeiro]: REDEMÉT, [2010?]. Disponível em: <http://www.redemet.aer.mil.br/mm5/index.php?ID_REDEMÉT=955f27f26ec51befbfc260bcf150d43#>. Acesso em: 17 dez. 2010.

CPTEC/INPE é recomendado como centro mundial de previsão de longo prazo. São José dos Campos: INPE, 2010. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2143>. Acesso em: 10 abr. 2010.

ENSINO: tópicos de ensino. São Paulo: MASTER, [2010?]. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/index.php?pi=N>>. Acesso: 14 maio 2010.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; KELLER, M.; BRASWELL, B.; NELSON, B. W.; FROLKING, S.; VICENTE, G. Storm intensity and old-growth forest disturbances in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 37, L11403, 2010. Abstract. Disponível em: <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2010/2010GL043146.shtml>>. Acesso em: 4 out. 2010

FERREIRA, M. **Escolha de espécies arbóreas para formação de maciços florestais**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 15 p. (Documentos florestais, 7). Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicações/docflorestais/cap7.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2010.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.; WREGE, M. Carta de unidades geoclimáticas para o Estado do Paraná para uso florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 129-145, maio/jul. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/162/12>>3. Acesso em: 11 nov. 2010.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 7, p. 1589-1609, 2009.

MANTOVANI, L. E.; FRITZSONS, E.; PARANHOS FILHO, A. C.; MONTEIRO, C. S. Evolução dinâmica das savanas tropicais e subtropicais sul-americanas. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau - SC., v. 5, n. 1, p. 42-55, 2003.

MODELAGEM matemática: o contido e o residual. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/modelagem/mod06.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

NEGRÓN-JUÁREZ, R.; CHAMBERS, J.K.; GUIMARAES, G.; ZENG, H.; RAUPP, C. F. M.; MARRA, D. M.; G.; RIBEIRO, H. P. M.; SAATCHI, S. S.; NELSON, B. W.; HIGUCHI, N. Widespread Amazon forest tree mortality from a single cross-basin squall line event. **Geophysical Research Letters**, v. 37, L16701, 2010. Abstract. Disponível em: <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2010/2010GL043733.shtml>>. Acesso em: 5 maio 2010.

PENENKO, V.; TSVETOVA, E. Orthogonal decomposition methods for inclusion of climatic data into environmental studies. **Ecological Modelling**, v. 217, n. 3-4, 10, p. 279-291, Oct. 2008.

SOLTNER, D. **Les bases de la production végétale**: le climat. Angers: Impr. Praizelin, 1981. t. 2, 311 p. (Série agronomie; Collection sciences et techniques agricoles).

VERA-DIAZ, M. del C.; KAUFMANN, R. K.; NEPSTAD, D. C.; SCHLESINGER, P. An interdisciplinary model of soybean yield in the Amazon Basin: the climatic, edaphic, and economic determinants. **Ecological Economics**, v. 65, n. 2, p. 420-431, Apr. 2008.

YUAN, W.; LIU, S.; YU, G.; BONNEFOND, J.-M.; CHEN, J.; DAVIS, K., DESAI, A. R.; GOLDSTEIN, A. H.; DAMIANO G.; ROSSI, F.; SUYKER E. A.; VERMA, B. S. Global estimates of evapotranspiration and gross primary production based on MODIS and global meteorology data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 1416-1431, 2010.

ZONING for reforestation in Brazil and trials with tropical eucalyptus and pines in Central Region. Brasília, DF: United Nations Development Programme: Brazilian Institute for Forestry Development, 1978. 25 p. (Forestry development and research. Brazil; Technical report, n. 12). Project BRA/76/027. Relatório preparado pela FAO para o Governo do Brasil baseado no trabalho de L. Golfari.

Literatura recomendada

CUNHA, G. R. **Meteorologia**: fatos & mitos. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 267 p.

CUNHA, G. R. **Meteorologia**: fatos & mitos – 3. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 440 p.

IRACEMA, F. A.; CAVALCANTI, N. J.; FERREIRA, M. A. F. D.; JUSTI, M. G. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 464 p.

LEMES, M. A. M.; MOURA, A. D. **Fundamentos de dinâmica aplicados à meteorologia e oceanografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2002. 296 p.

MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e ambiente**: introdução à climatologia para ciências ambientais. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 126 p.

TUCCI, C. E. M. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2000. 348 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, DF: INMET, 2000. 515 p.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alinea, 2004. 398 p.

Anexo

Alguns termos, unidades e conceitos utilizados em meteorologia

Hora UTC ou Z corresponde à **hora GMT/TMG** (*Greenwich Mean Time* / Tempo Médio de Greenwich) e à **hora Z** (Zulu). Quando é 0 **UTC**, é meia-noite em Greenwich (Inglaterra) e 21h00 no Brasil oriental e 20h00 no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Amazonas, 19h00 no Acre e oeste do Estado do Amazonas, salvo se a região se encontra em horário de verão, quando a diferença entre a hora local e a hora UTC diminui de uma hora.

Níveis barométricos: as previsões numéricas são referenciadas segundo o nível de pressão atmosférica correspondente aos dados nas saídas gráficas. Assim, ao nível do mar tem-se aproximadamente a pressão correspondente a 1 atmosfera ou o equivalente a uma coluna de água de 10 m de altura. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a pressão é expressa em Pascal ou Pa, isto é, em $\text{kg m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \text{ m}^{-2}$ ou N m^{-2} . Desta forma, uma atmosfera corresponde aproximadamente à pressão de 1.013 hPa ou 101.325 Pa ou 1.013,25 hPa ou 1.013,25 mbar. Hecto (símbolo **h**) é um prefixo do SI de unidades que denota um fator de 10^2 , ou 100.

Temperatura e altitude: com a diminuição da pressão atmosférica à medida que aumenta a altitude, a temperatura normalmente vai sendo reduzida por gradientes que se situam entre $1\text{ }^\circ\text{C } 100\text{ m}^{-1}$ até $0,6\text{ }^\circ\text{C } 100\text{ m}^{-1}$ de elevação. Este é um dos motivos pelo qual o relevo tem grande importância climática e meteorológica.

Devido a rotação da Terra em torno de seu eixo, todo corpo em deslocamento tende a sofrer um desvio. Isto se torna mais evidente nos fluidos, pois estes estão menos sujeitos à resistência e ao atrito dos sólidos. Assim, qualquer corpo ou massa de ar em deslocamento no Hemisfério Sul tende a se

deslocar para a sua esquerda no sentido do seu movimento (Força de Coriolis ou efeito inercial). No Hemisfério Norte o efeito é inverso e o deslocamento é para a direita.

As correntes de vento têm influência direta na formação das correntes de superfície nos oceanos e mares, induzindo correntes de subsuperfície e de ressurgência nas massas aquáticas..

Os fenômenos El Niño e La Niña não constituem um modismo científico mas se referem a anomalias térmicas de grande extensão que podem perdurar vários meses até mais de um ano sobre o Oceano Pacífico e modificam o padrão de circulação atmosférica mundial.

Não apenas a temperatura tem grande importância para a caracterização do tempo, mas a temperatura do ponto de orvalho ou de condensação da água atmosférica é essencial para o entendimento das relações do clima com a biota.