



① Processos físicos associados aos sistemas de tempo e clima

São inúmeros os processos físicos associados aos sistemas de tempo e clima. Dentre eles, podemos destacar a circulação, a advecção, a convecção, a geração de ondas (e.g., de gravidade, Kelvin, Rossby) e a turbulência.

A circulação é controlada pela rotação da Terra ~~em torno~~ ^{em torno} do seu próprio eixo e em torno do Sol, pelo peso do ar (pressão) sobre os diferentes níveis da atmosfera, pela topografia, pela disponibilidade de umidade e pelo eixo de inclinação terrestre. Além disto, a distribuição continental e oceânica também influencia fortemente a circulação geral da atmosfera.

Os elementos supracitados favorecem a formação de sistemas de alta e baixa pressão em regiões específicas. Por exemplo, a rotação da ^{Terra} em torno do seu próprio eixo, de oeste para leste, dá origem a sistemas anticiclônicos em regiões subtropicais, cujos ventos ~~convergem~~ convergem e ascendem, aproximadamente, sobre o Equador, originando, assim, um cinturão de baixa pressão conhecido como Zona de convergência intertropical (ZCIT). Sobre esta última, a formação de nebulosidade é muito comum devido à disponibilidade de umidade e à convecção originada pela convergência dos ventos anticiclônicos. Ao ascender, o ar resfria e perde umidade sob forma, principalmente, de chuva. Próximo ao topo da ~~da~~ troposfera, o ar ascendente se direciona para sul, no hemisfério Sul, e para norte, no hemisfério Norte, dando origem às células de Hadley. O ramo descendente dessas células se encontra ^{com} o ramo ~~descendente~~ descendente das células de Ferrel em torno de 30°S/N , reforçando os anticiclones ~~semi-permanentes~~ semi-permanentes que atuam nesta região devido à pressão exercida pelas correntes de ar descendentes. Ao chegar em superfície, parte do ar é



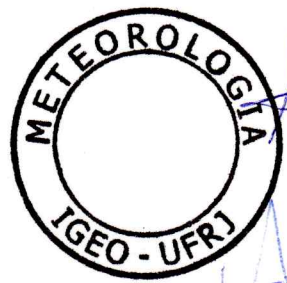
Número de inscrição: 602131 - Folha 2

direcionado para o Equador, fechando as células de Hadley, e parte para as latitudes médias, onde se encontram com o ar ascendente da célula de Ferrel. O ar frio advectado (transportado) pelas células polares em superfície se encontra com o ramo ascendente da célula de Ferrel em latitudes médias e, assim, é deslocado para níveis mais altos, fechando a célula de Ferrel. Próximo à tropopausa, parte do ar é direcionado para a região tropical, e a outra parte para os polos, fechando a célula polar.

Nas regiões em que os ramos descendentes estão presentes, existe a atuação de anti-ciclones, e nas regiões em que os ramos ascendentes estão presentes, observa-se a maior presença de ciclones. Esse modelo ideal de circulação mostra que o ar quente dos trópicos é deslocado para regiões de mais altas latitudes, principalmente, pela convecção oriunda da convergência do ar em superfície e da disponibilidade de umidade. Já o ar mais frio dos polos é advectado para regiões de latitudes mais baixas, principalmente, através de sistemas que se deslocam em superfície.

A geração de ondas de Rossby é causada não apenas pela rotação da Terra, mas também pelos transportes de umidade, calor e movimento ocasionados pela circulação geral descrita anteriormente. Essas ondas influenciam diretamente a formação, intensidade e deslocamento dos ciclones.

Por fim, a turbulência é um ~~importante~~ processo que prevalece na camada limite planetária, onde o vento é fortemente afetado pelo arrasto, ou rugosidade, da superfície e onde o aquecimento superficial domina o processo de mistura.



③ Técnicas observacionais in situ e remotas para previsão do tempo, sazonal e projeção climática

A previsão do tempo ^osazonal, assim como a projeção climática, depende fortemente das condições iniciais fornecidas para os modelos numéricos. Essas condições iniciais são criadas a partir de observações, dados medidos, da atmosfera e do oceano, as quais são assimiladas e combinadas de forma a gerar campos que representem o estado atual da atmosfera e do oceano. Os dados podem ser medidos por diversas plataformas, incluindo estações meteorológicas de superfície (convencional e automática), balões, aeronaves, navios, boias oceanográficas, radares e satélites.

As estações meteorológicas, apesar de, na maioria das vezes, fornecerem dados de boa qualidade, são irregularmente espaçadas e não são encontradas em localidades remotas. Essas plataformas vêm coletando dados há mais de um século em diversas regiões.

Aeronaves, navios e balões fornecem dados apenas em suas rotas e de maneira não contínua. Apesar disso, ~~dados oriundos de aeronaves e balões~~ dados oriundos de aeronaves e balões indicam o estado da atmosfera em níveis mais altos, onde as estações meteorológicas não são capazes de medir. Dados oriundos de navios vêm sendo coletados há séculos e, apesar de esparsos, foram medidos em regiões de difícil acesso.

Boias oceanográficas coletam dados de grande valor, devido às suas localidades, porém, apenas pontualmente e, geralmente, somente em águas costeiras ou ~~na plataforma continental~~ sobre a plataforma continental.



Radares e satélites vieram revolucionar a coleta de dados por se tratarem de plataformas de medição remota.

Dados de radar são de grande valia, principalmente, para a previsão de curtíssimo prazo, em que a tomada de decisão e a emissão de alertas para tempo severo dependem de medições de boa qualidade e coletadas num curto intervalo de tempo (até ~ 30 minutos). A maior vantagem dos dados de satélite está na sua cobertura espacial, principalmente, sobre o oceano, onde a aquisição de dados é de difícil acesso e custosa financeiramente. Por outro lado, satélites que não são geo-estacionários podem demorar entorno de 10 dias para obter medições do mesmo ponto, o que dificulta a análise de eventos extremos, já que os momentos mais intensos (ou picos) do fenômeno ~~de~~ analisado pode não ser capturado. Satélites estacionários, por sua vez, coletam informações de um mesmo local com uma frequência muito mais alta que os não estacionários, mais estão limitados a uma área fixa.

Portanto, todos os tipos de plataformas de coleta de dados apresentam vantagens e desvantagens, seja ~~na~~ ^{pela} cobertura espacial ou temporal, seja pela resolução espacial ou temporal, ou ~~na~~ mesmo pela localização onde foram instaladas ou se deslocam. O importante é saber aproveitar os dados da melhor maneira.

As previsões do tempo se beneficiam bastante de todos esses dados. Entretanto, o processo de assimilação realizado antes do início da previsão.



propriadamente dita não consegue aproveitar alguns desses dados por causa da frequência de coleta deles.

A ^{atual} base observacional e as mudanças climáticas ~~representam~~ representam um ^{desafio} ~~desafio~~ para a previsão sazonal e decadal e, principalmente, para as projeções climáticas. Nessas escalas de tempo, dados de satélite, coletados há, aproximadamente, 40 anos ^{ainda} não fornecem ^{subsídios} ~~subsídios~~ suficientes para capturar, com qualidade, certas oscilações do sistema climático (e.g., El Niño - Oscilação Austral) e suas variações. Outras plataformas de coleta de dados já mencionadas, ~~cujos~~ ^{cujos} registros de dados são ~~consideravelmente~~ consideravelmente mais longos que os de satélites, não possuem cobertura espacial suficiente, principalmente, ~~sobre~~ sobre o oceano, para prover ~~as~~ informações que atendam as necessidades das previsões de mais longo prazo.

Pode-se concluir que o avanço da computação de alto desempenho, o qual permite melhorar e otimizar as previsões, deve estar sempre atrelado à constante coleta de dados se quisermos ter sucesso nas nossas previsões, principalmente, as de longo prazo.



5) Previsão por conjunto (ensemble)

A previsão por conjunto é uma previsão probabilística que tem como objetivo prover uma estimativa das condições de tempo que podem ocorrer, dadas as inevitáveis incertezas nas condições iniciais e nas equações dos modelos.

As previsões por ensemble ~~levam~~ levam em consideração dois pontos principais:

- 1) condições iniciais imperfeitas, oriundas do ~~numero~~ número limitado de observações e das incertezas associadas às medições, principalmente, indiretas (e.g., por satélite); e
- 2) imperfeições nas formulações dos modelos numéricos, as quais se originam na aproximação por diferenças finitas, simplificações de termos da equações, truncamento, esquemas numéricos e parametrizações. A natureza caótica das equações primitivas dos modelos atmosféricos associada a condições iniciais imperfeitas resulta na propagação e, conseqüentemente, aumento dos erros em estágios futuros das simulações. Assim, a previsão por ensemble busca minimizar tais imperfeições ao ~~estimar~~ ^{estimar} o tempo futuro a partir de várias simulações.

Existem três maneiras básicas de se fazer previsão por ensemble, utilizando-se a perturbação de parâmetros com valores pré-estabelecidos ("perturbed parameter schemes approach"), parametrização estocástica e com múltiplos modelos. No primeiro caso, parâmetros com valores pré-estabelecidos têm seus valores alterados em cada simulação. Por exemplo, o coeficiente de entranhamento, o qual representa a mistura turbulenta de ar seco em nuvens convectivas, tem um valor único que representa um processo bastante complexo. Então, seu valor é ligeiramente alterado em cada simulação. A parametrização estocástica é utilizada para explorar os diversos efeitos associados aos processos de subgrade que podem influenciar



a escala de movimento resolvida pela simulação (ou seja, aqueles fenômenos que buscam ser simulados de maneira apropriada com a resolução espacial atribuída à modelagem).

Neste caso, números aleatórios (condizente com o que se espera, obviamente) são incluídos nas equações de movimento a fim de representar o efeito médio dos processos de ~~subgrade~~ subgrade. Por fim, como o próprio nome já diz, o ensemble de múltiplos modelos utiliza diferentes modelos nas simulações. Quando os ~~modelos~~ diferentes modelos estão ajustados para lidar com os seus vies, a previsão por conjunto é chamada de "superensemble". Este tipo de previsão tem se mostrado ~~seja~~ excelente, com reduções significativas de erro nos resultados. Por outro lado, quando ~~os~~ modelos que simulam processos físicos diferentes são combinados, e.g., modelos atmosféricos, oceânicos e de onda, a previsão por conjunto é chamada de "hyper-ensemble".

A avaliação do ensemble é, geralmente, realizada através da comparação entre a média das previsões individuais para uma variável e o valor observado. O desvio padrão geral das simulações é chamado espalhamento ("spreading"). O espalhamento indica o quão confiante o previser pode ser a respeito daquela previsão. Um baixo espalhamento, ~~ou seja~~ ou seja, soluções consistentes entre as diversas ~~modelos~~ simulações, sugere maior confiança, enquanto um alto espalhamento, menor confiança.

De maneira geral, é importante que exista uma relação entre o espalhamento e a habilidade do modelo em simular corretamente o fenômeno, pois, assim, as incertezas associadas às condições iniciais e às formulações do modelo ~~podem ser levadas em consideração~~ são levadas em consideração.