



① Processos físicos associados aos sistemas de tempo e clima

A meteorologia ~~parte-se~~ é dividida em escalas para melhor entendimento, de acordo com a duração do fenômeno e sua extensão espacial. Tempo é a influência desses fenômenos no instante atual, como por exemplo se está fazendo um dia quente ou frio. Já a média dessas influências é definida como clima, por exemplo a média da temperatura em um determinado mês. Tempo e clima tratam-se de aspectos observados, ocorridos. A previsão de tempo trata da previsão da evolução dos sistemas meteorológicos atuantes no momento e como isso irá afetar as variáveis meteorológicas como temperatura, umidade, vento, precipitação, etc. A previsão de clima trata da previsão da influência média dos fenômenos e interações presentes na atmosfera e outros componentes do sistema climático, como hidrosfera, e como isso irá afetar as variáveis meteorológicas como temperatura e precipitação.

É importante a compreensão das componentes ~~que~~ ~~compõem~~ do sistema climático, uma vez que elas vão dirigir as alterações no tempo e conseqüentemente no clima.

O sistema terrestre é aberto para trocas de energia e fechado para trocas de massa. Os processos se iniciam com a incidência da radiação solar e a partir ~~de~~ disso, as diferenças de calor geram os movimentos.

A conservação de energia, massa e momento na atmosfera não acontece em nível local nem em um curto espaço de tempo, é preciso ter tempo e espaço suficientes para que ocorram os balanços. 18



Inscrição: 600 967



A equação do balanço de energia, por exemplo, considera que a radiação líquida, balanço entre a radiação que entra no topo da atmosfera e a que sai devido ao aquecimento <sup>diferencial</sup> da superfície da terra e da atmosfera, gera fluxos de calor latente, sensível, condutivo (de calor no solo e superfície do oceano) e fluxo de devedimento ou congelamento.

Esses fluxos transportam energia em nível local e global através dos movimentos que ocorrem na atmosfera e nos oceanos de regiões onde há ganho de energia, por exemplo os trópicos, para regiões onde há perda de energia, por exemplo os polos.

A ocorrência desses processos de troca de calor e busca por equilíbrio desencadeiam diversos fenômenos atmosféricos, como sistemas frontais e convecção, chamados transientes.

Fenômenos que provocam variabilidade interanual da temperatura global como El Niño / La Niña e erupção vulcânica, também afetam o tempo de maneira diferente e em diferentes locais do globo, pois muitas vezes levam a mudanças (ou são provocados por) na circulação local e global. Outros fatores que afetam o balanço de energia é a formação de núvens e precipitação, composição da atmosfera, etc.

Os processos físicos que ocorrem na atmosfera devem ser levados em consideração na elaboração dos modelos e na interpretação dos resultados, tanto de modelos numéricos quanto de modelos de inteligência artificial, para compreensão das interações 2/3

Inscrição: 600 067

das condições de contorno e condições iniciais. Além disso, a composição do sistema climático e seus processos é importante para a elaboração de modelos realistas.





Inscrição: 600 067



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

A observação meteorológica é a base da meteorologia. A partir dos dados observados das variáveis meteorológicas se obtém a caracterização da atmosfera em nível local e a partir de uma rede de ~~estações~~ de observações se obtém essas características em uma escala maior. O objetivo das observações meteorológicas é buscar a compreensão e o conhecimento dos fenômenos meteorológicos e dos processos que ocorrem na superfície e na atmosfera em uma dada região, limitada pela representatividade espaço-temporal dos dados.

As observações meteorológicas são importantes para o conhecimento da estrutura física e dinâmica da atmosfera e do oceano.

~~A partir das observações e das equações de balanço, por exemplo, é possível obter~~

Há diversas técnicas, in situ e remotas, para observação meteorológica, desde estações de superfície, que medem <sup>em geral</sup> temperatura, pressão, umidade, cobertura de nuvens, precipitação, vento; bóias sobre o oceano que medem temperatura da superfície do mar, salinidade, temperatura do ar, pressão, umidade, vento; algumas bóias medem abaixo da superfície as variáveis de temperatura, salinidade, conteúdo de oxigênio, concentração de nutrientes, e radiosondas, que medem o perfil vertical da atmosfera temperatura, pressão, umidade e vento horizontal.



Inscrição: 600 067



Dentre as principais técnicas remotas estão os satélites, que obtêm dados em locais remotos e sobre os oceanos, onde a cobertura in situ é insuficiente ou inexistente, e apresentam diversos canais com diferentes frequências, sendo os principais o infravermelho e o visível, que apresentam diferentes características das nuvens e da superfície; os radares meteorológicos fornecem uma estimativa da taxa de precipitação mais direta que os satélites e possuem uma cobertura espacial e muitas vezes temporal, maior que os pluviômetros; os perfiladores atmosféricos como o SODAR, ~~de vento~~ fornecem observações do perfil da atmosfera dentro da camada limite e estimativas de parâmetros de instabilidade.

As observações in situ apresentam incertezas do próprio instrumento e de instalação, como características locais. As observações remotas, além das incertezas do instrumento e instalação, também são influenciadas por fatores, como por exemplo, atenuação das partículas no caso do radar. Isso deve ser levado em consideração ~~quando~~ na análise e aplicação dos dados.

Não existiria meteorologia sem observação meteorológica, as aplicações são diversas, desde a validação de modelos e/ou experimentos, formulação de modelos para reproduzir as observações, avaliação dos resultados previstos, entendimento do papel dos fenômenos, conhecimento das características de uma região (climatologia) local e global, confecção de



Inscrição: 600 067



análises para modelos de previsão numérica do tempo, entre outras. Há de se destacar que as observações são insuficientes/deficientes para inúmeras aplicações.

A partir das observações e equações de balanço, por exemplo, é possível investigar os mecanismos que geram os processos na atmosfera e oceano como transporte de momento, vapor de água e energia. Além disso, a inserção de observações atmosféricas nas equações climáticas pode esclarecer outras partes do sistema climático.



Inscrição: 600 067



## 5) Previsão por conjunto (ensemble)

Lorenz, na década de 60, concluiu que a habilidade da previsão dos modelos atmosféricos não depende só da acuidade da condição inicial e do realismo do modelo, mas também das instabilidades presentes no escoamento em si. Assim, qualquer sistema dinâmico não linear, como a atmosfera tem previsibilidade limitada. O crescimento de erros devido a instabilidade implica que pequenas imperfeições do modelo ou o menor erro na condição inicial irão inevitavelmente levar a uma perda total da habilidade na previsão depois de um tempo finito de cerca de 2 semanas.

Para avaliar a natureza estocástica da evolução da atmosfera a partir de modelos numéricos, utilizam-se ensembles. A previsão por conjunto (ensemble) são conjuntos de rodadas de um, ou vários, modelos atmosféricos com pequenas variações entre os membros. Os objetivos do ensemble são: melhorar a previsão pela média do ensemble, filtrando componentes incertas e reterdo componentes que concordam entre si; prover um indicativo da confiabilidade da previsão a partir da dispersão dos membros; prover uma base quantitativa para previsão probabilística.

Em uma estratégia operacional, por exemplo, pode-se usar um ensemble com 5 membros, onde o 1º é o controle, ~~isto~~ a partir da análise; 2 membros perturbados <sup>com</sup> com perturbação adicionada e outro com perturbação subtraída com relação  $\frac{1}{3}$  ao controle; um membro é a média do



Inscrição: 600 067

ensemble; e por último a evolução real da atmosfera, no entanto, este último não está disponível em tempo real.



Um bom ensemble é quando a evolução real está entre os membros.

Além da metodologia comentada acima, ~~existe~~ entre outras, pode-se citar o "superensemble", que combina a previsão de vários ~~modelos~~ modelos meteorológicos.

Devido à variabilidade diária da previsibilidade é importante o uso de previsão por ensemble, pois este também permite, além da avaliação ~~esta~~ da variabilidade diária, ~~estender~~ o alcance da previsão além de 2 semanas.