

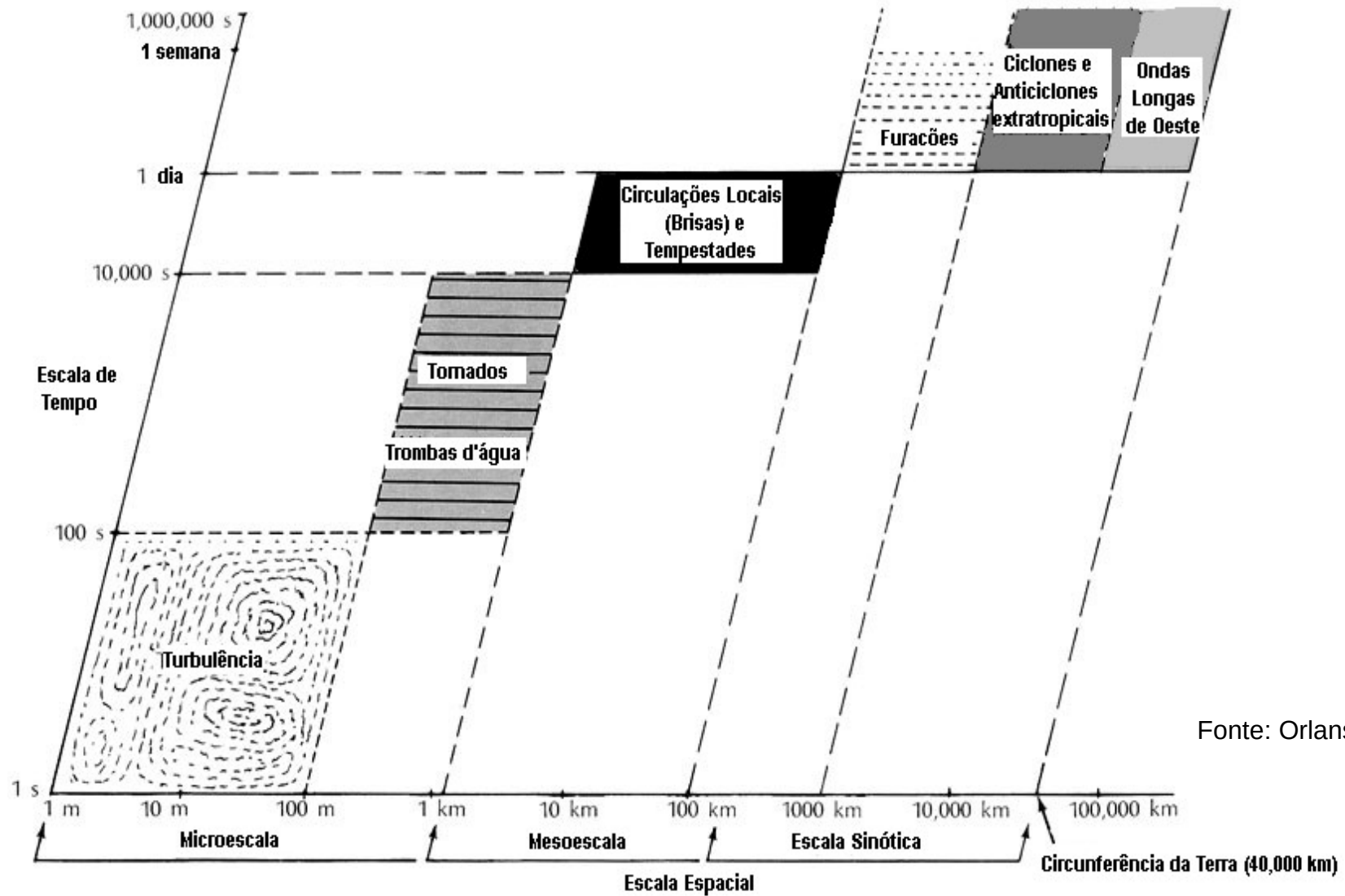
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE METEOROLOGIA

**CURSO DE METEOROLOGIA BÁSICA E USO DE  
INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS**

***Sistemas e Fenômenos Meteorológicos Observados  
na Região Sul do Brasil***

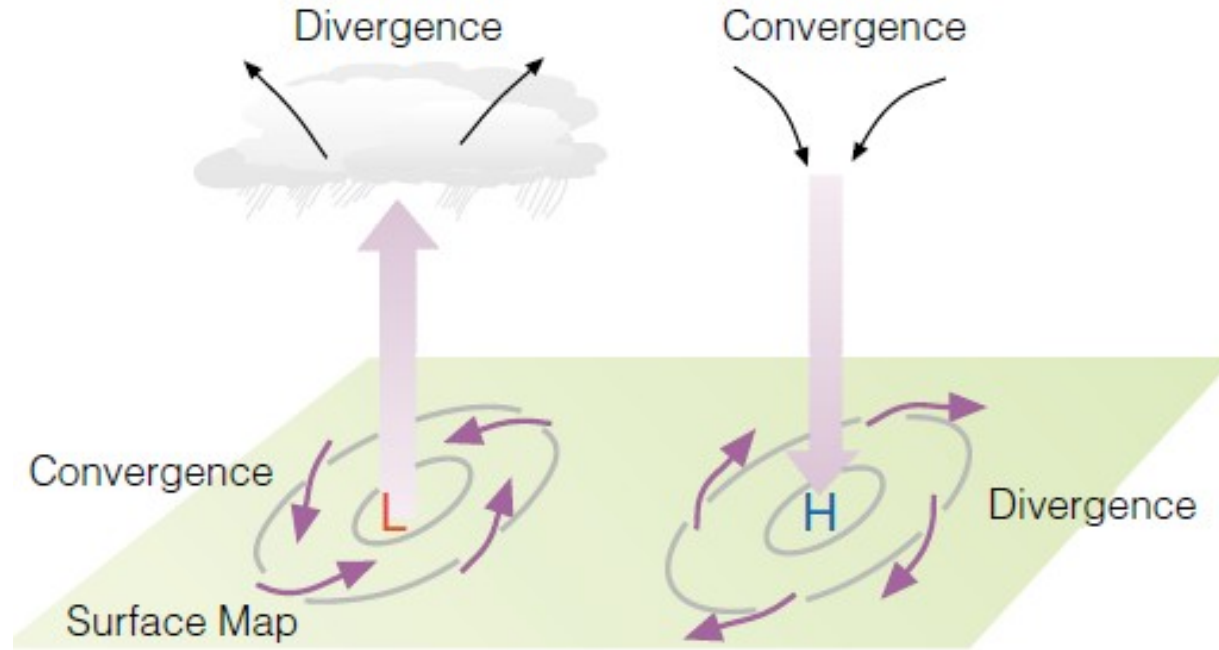
Prof. André Becker Nunes ([andre.nunes@ufpel.edu.br](mailto:andre.nunes@ufpel.edu.br))

- *Foco: Sistemas associados à eventos extremos.*
- 
- *Eventos extremos abordados aqui: tempestades, ressacas, ondas de frio e de calor.*
- *Eventos extremos relacionados a sistemas de bloqueio atmosférico (longos períodos, semanas, com chuva acima do normal) possuem boa previsibilidade diária.*
- 
- *Tempestades normalmente estão associadas a sistemas meteorológicos de mesoescala, que por sua vez estão inseridos em sistemas de grande escala (sistemas sinóticos).*



Fonte: Orlandi (1975)

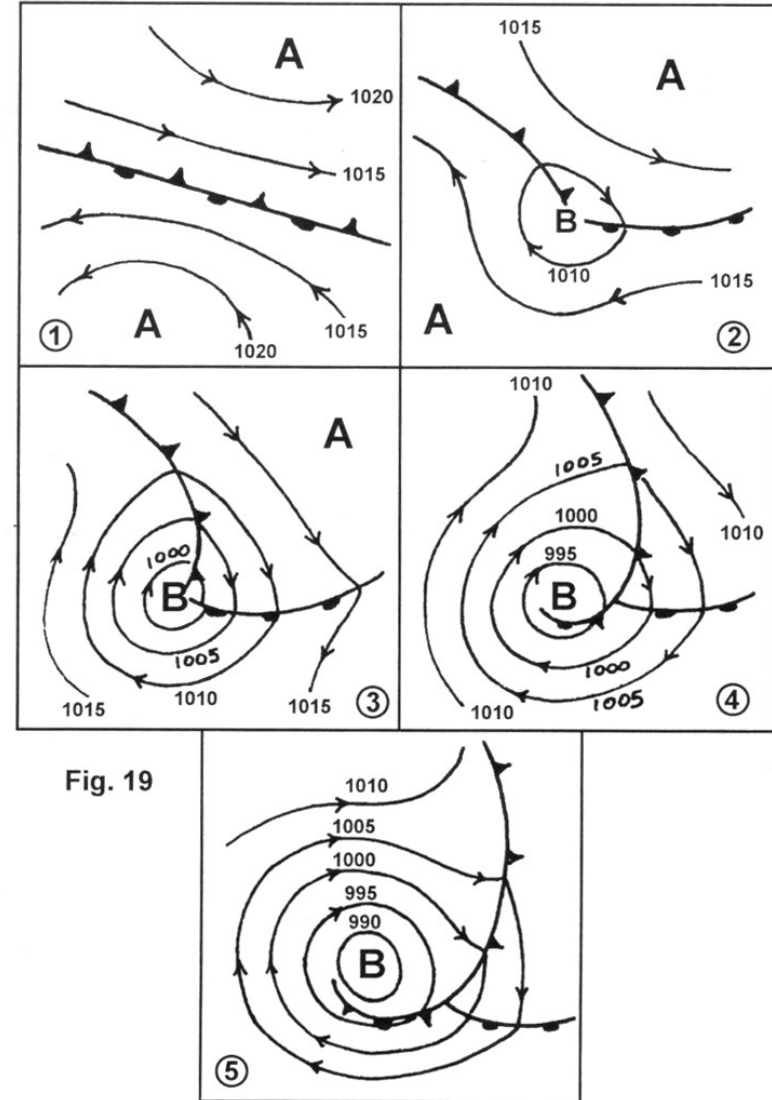
- **Ciclones extratropicais** podem estar associados, direta ou indiretamente, à eventos extremos no RS.
- 
- *O que são ciclones? São centros de baixa pressão em escala sinótica (grande escala) com vento circundando o seu centro. No Hemisfério Sul o vento circula no sentido horário.*
- *Centros de baixa pressão são caracterizados por convergência de vento e movimento ascendente (instabilidades), ou seja, tem potencial para tempestades.*
- Já centros de alta pressão são caracterizados por movimento subsidente e diminuição das chances de instabilidade.



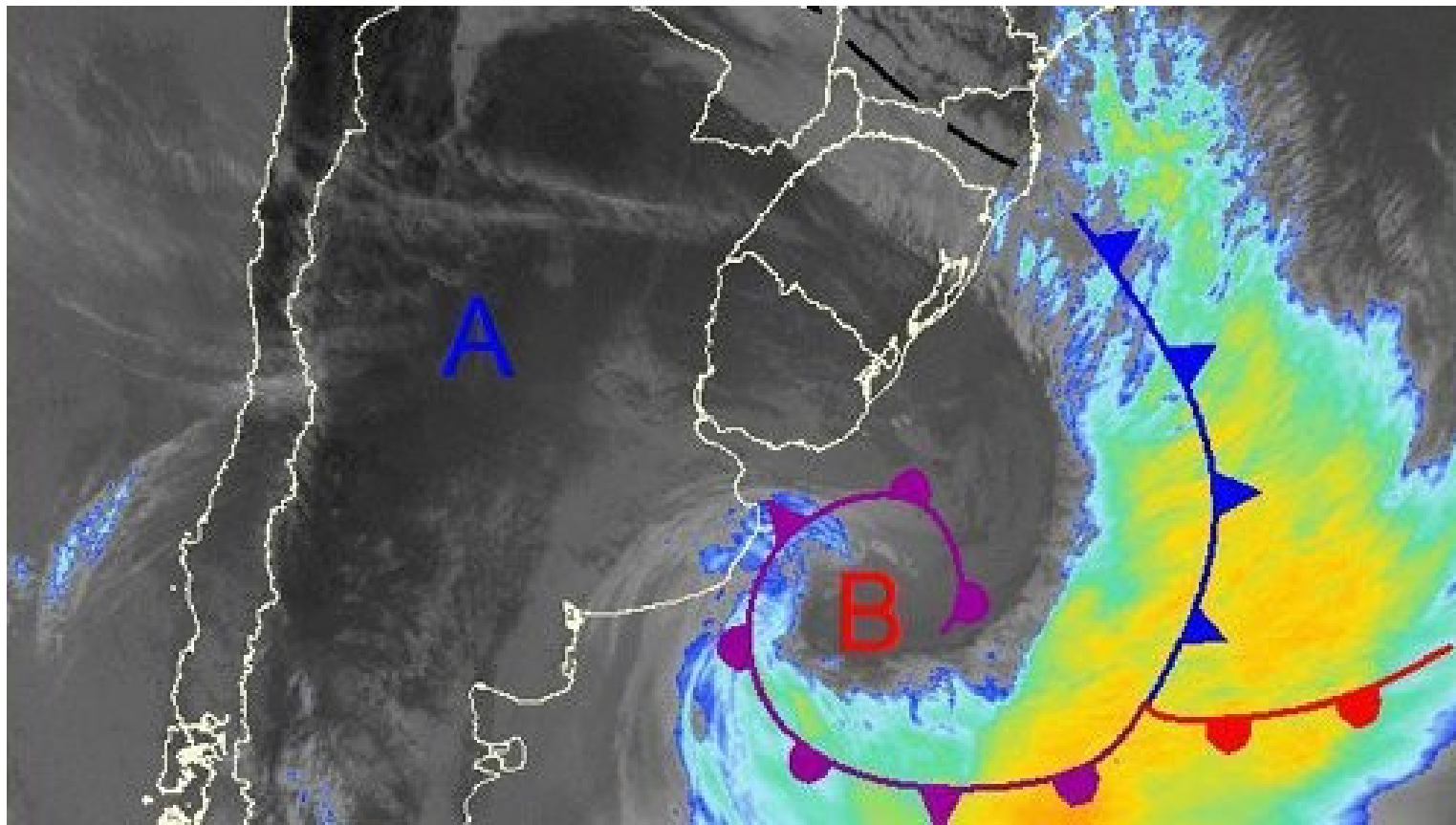
Fonte: Ahrens (2001)

Exemplo para o Hemisfério Norte

- O RS pode ser atingido por dois tipos de ciclones: extratropicais e subtropicais.
- Os ciclones extratropicais são típicos de latitudes médias e altas e possuem sempre um ramo frio (frente fria) e um ramo quente (frente quente).
- A figura ao lado mostra o ciclo de vida de um ciclone extratropical de acordo com a **Teoria da Frente Polar** (mais comum).

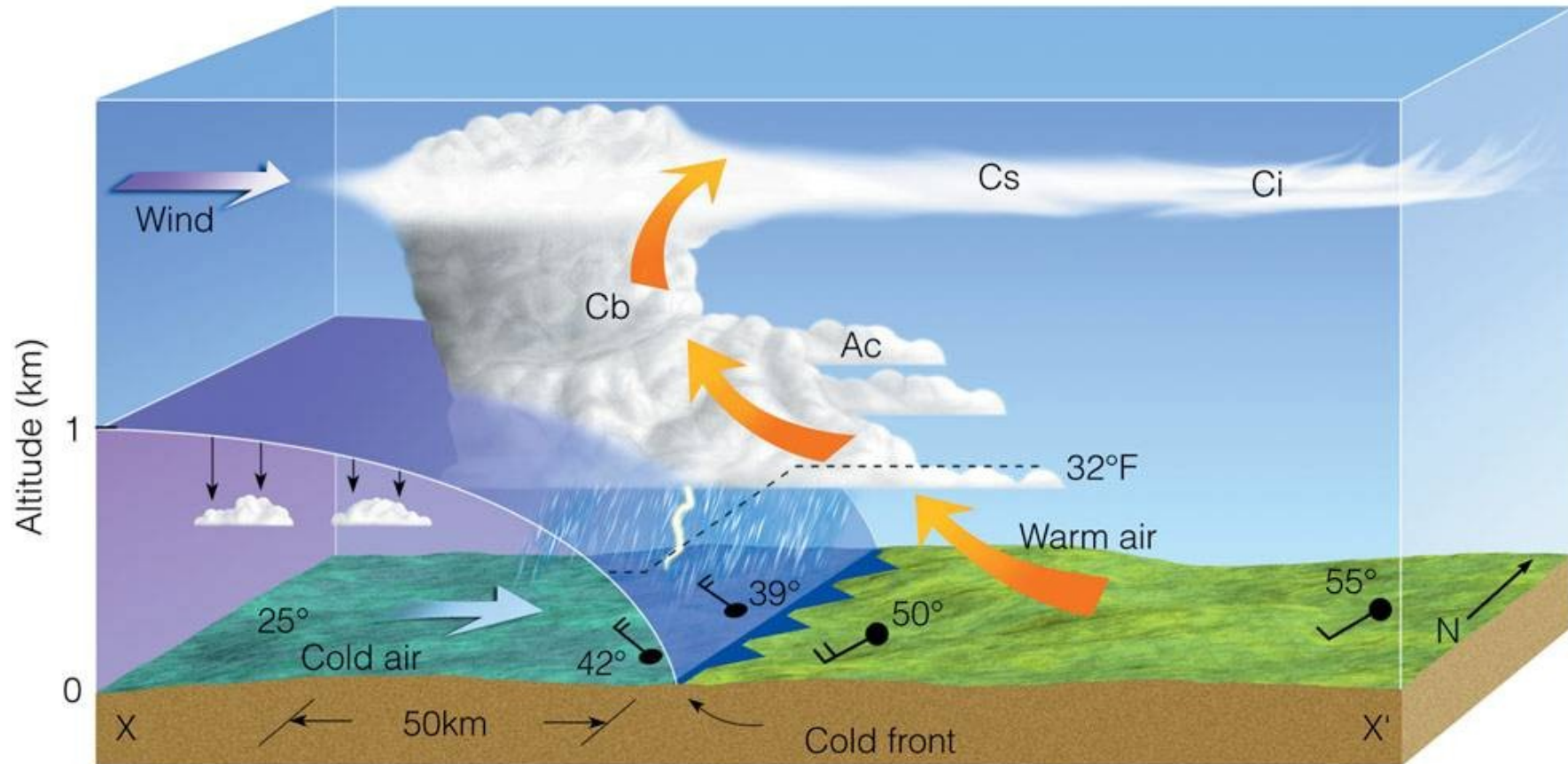


## Nebulosidade típica de um ciclone extratropical



Fonte: Simepar

## Estrutura vertical básica de uma frente fria





## Ciclone extratropical de 10/08/2021

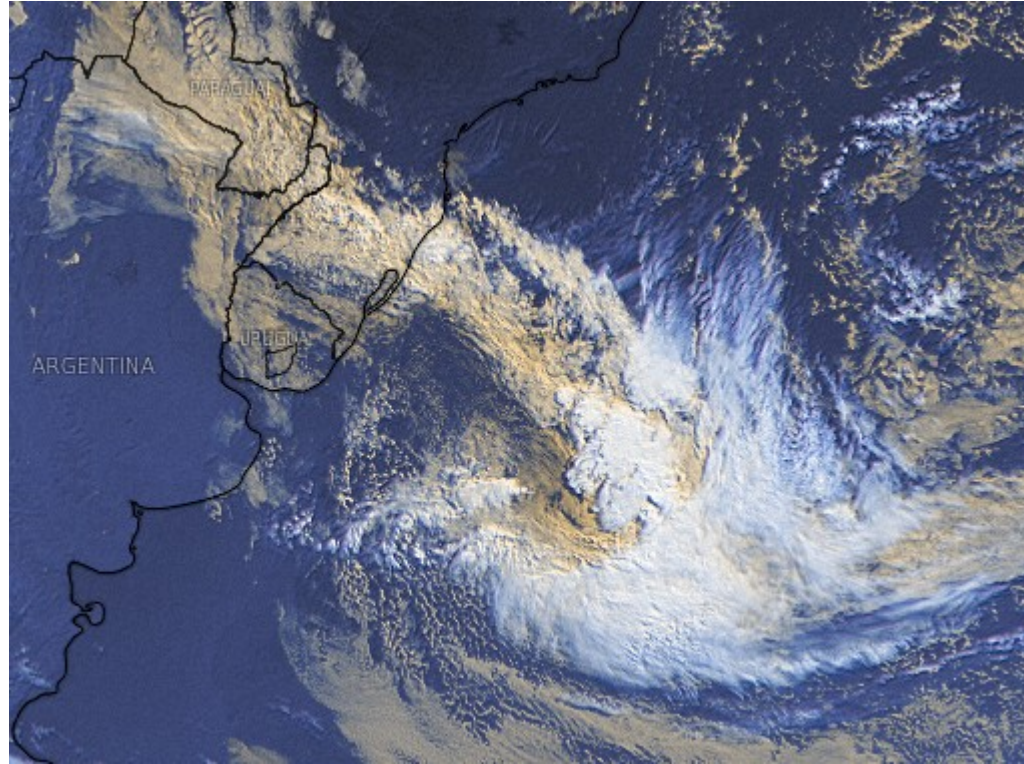
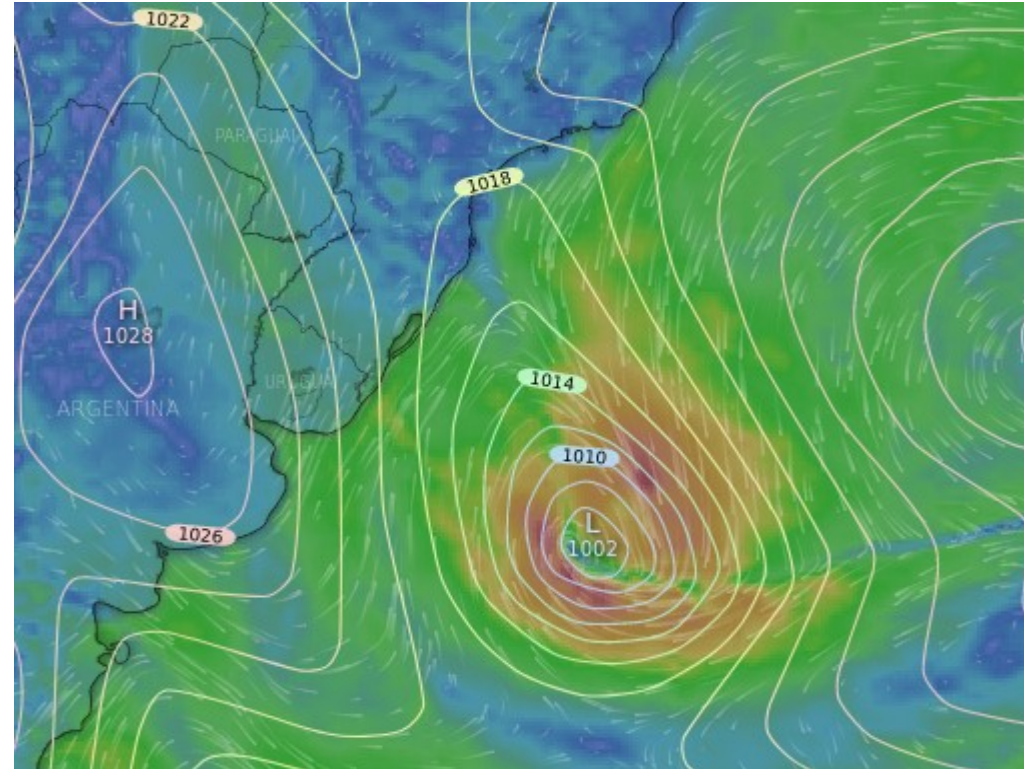
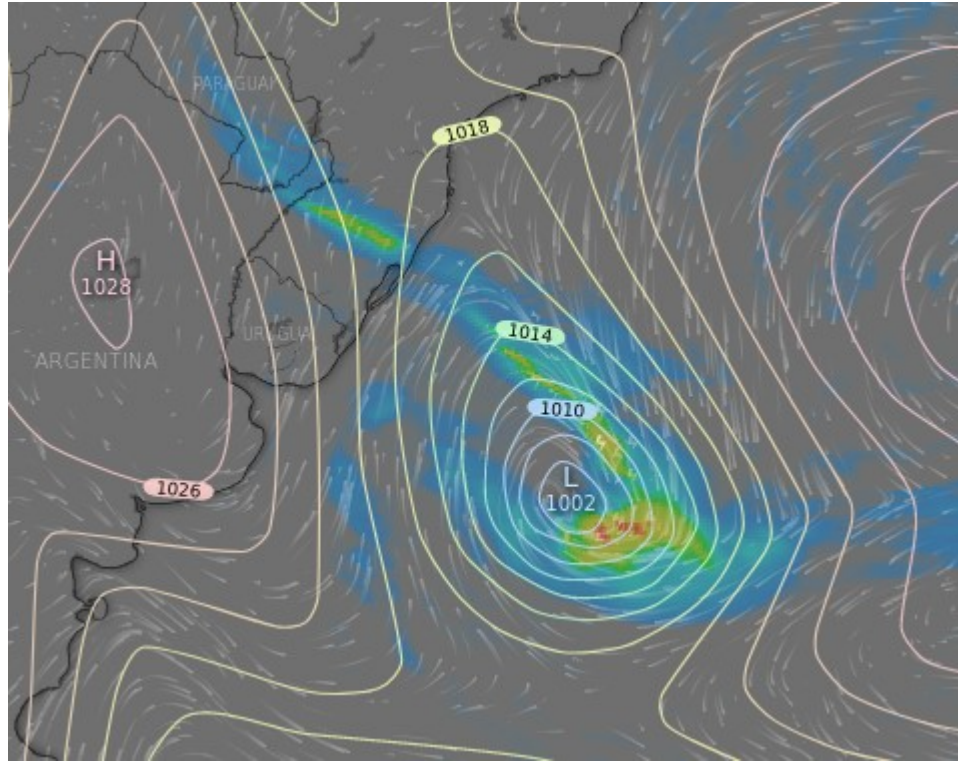


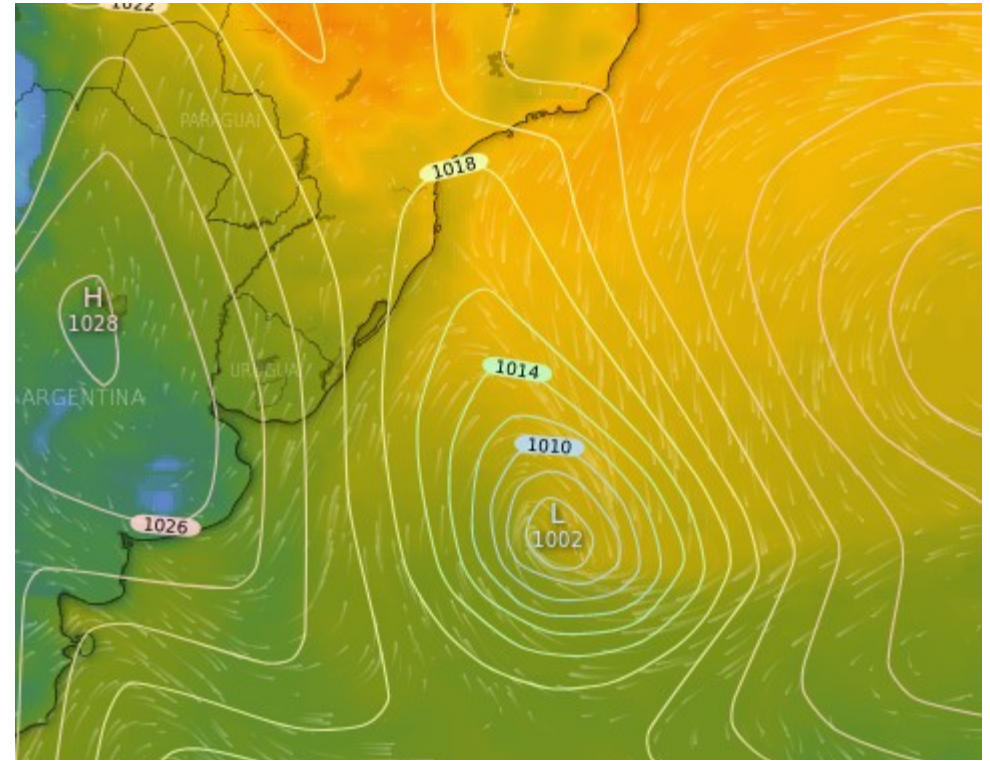
Imagem de satélite



Pressão ao nível do mar e vento



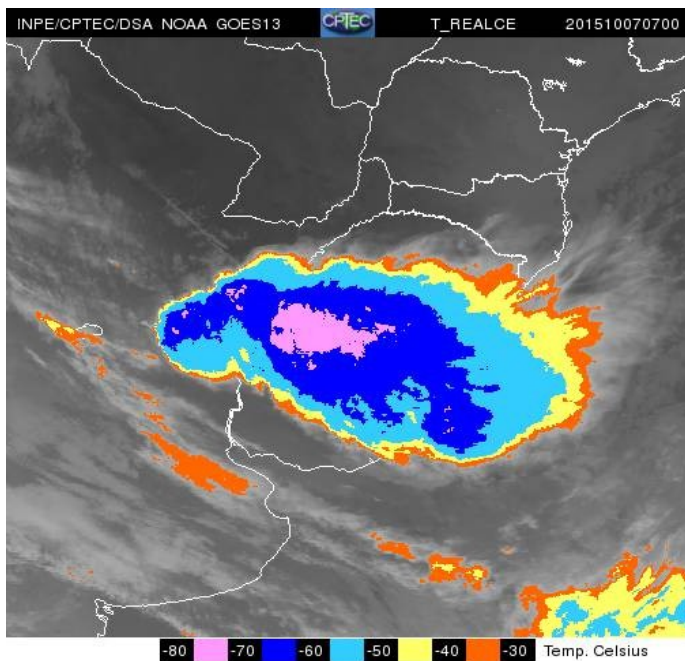
Pressão ao nível do mar e precipitação



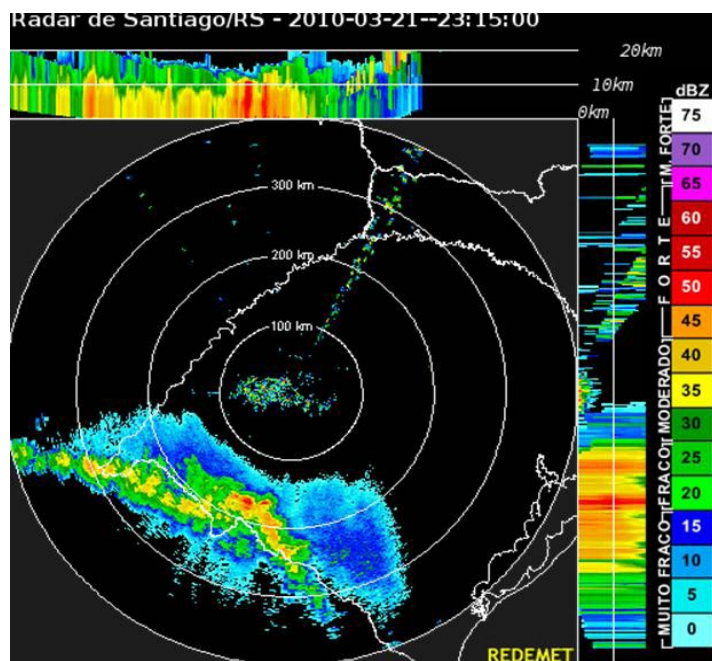
Pressão ao nível do mar e temperatura

- *Como que um ciclone extratropical pode causar evento extremo?*
- Evento extremo de precipitação pode ocorrer antes da chegada da frente fria, ou seja, pode ser ocasionada por um sistema pré-frontal.
- Sistemas pré-frontais que atingem o RS são alimentados por calor e umidade vindos do continente, normalmente da Amazônia. Desta forma, podem ser sistemas convectivos (com altas taxas de precipitação).
- Precipitação convectiva também pode ocorrer na *chegada da frente*, devido ao levantamento da massa quente pela massa polar.
- Por outro lado, eventos extremos de precipitação *pós-frontais* são raros devido à inibição de instabilidade da alta polar.

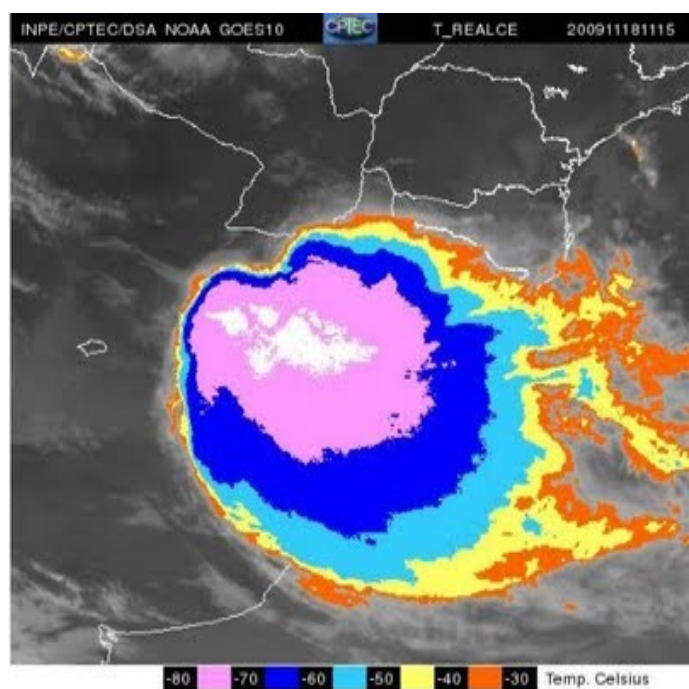
- A maior parte dos eventos extremos associados aos ciclones extratropicais são devido aos SCMs (Sistemas Convectivos de Mesoescala) que podem se formar no ramo quente e na frente fria.
- Basicamente, SCMs podem ser de 3 tipos: SCMs genéricos, linhas de instabilidade e CCMs (Complexos Convectivos de Mesoescala).



SCM genérico (Imagem de satélite)



Linha de instabilidade (Imagem de radar)



CCM genérico (Imagem de satélite)

- O **CCM** é o tipo de SCM mais associado com tempestades severas.
- Dentro de um SCM podem ocorrer chuvas convectivas (altas taxas) e também chuva mais estratiforme (baixas taxas de precipitação).
- As partes com maior convecção dentro do SCM são responsáveis por tempestades severas, que além de precipitação intensa trazem *ventania, descargas elétricas* e, eventualmente, *granizo, tornados, trombas d'água e microexplosões e downburst*.
- Tempestades são sempre associadas à nuvens **Cumulunimbus (Cb)**. Ou seja, as partes de maior convecção dentro de um SCM são compostas por este tipo de nebulosidade.
- Cumulunimbus isoladas podem ocasionar tempestades localizadas e de curta duração.

Nuvem cumulonimbus



Fonte: mapio.net

Tornado em SC



Fonte: nsctotal.com

Tromba d'água em Atlântida-RS



Fonte: metsul.com

Em grandes cumulonimbus, ou em aglomerado delas, podem ocorrer intensos movimentos subsidentes acumulados. Quando estes movimentos são localizados, pequenos, são chamados de microexplosões (microbursts) e, quando são maiores, são os downbursts.

Microexplosão sobre Belo Horizonte



Fonte: [pinterest.com](https://www.pinterest.com)

Downburst sobre cidade da Itália

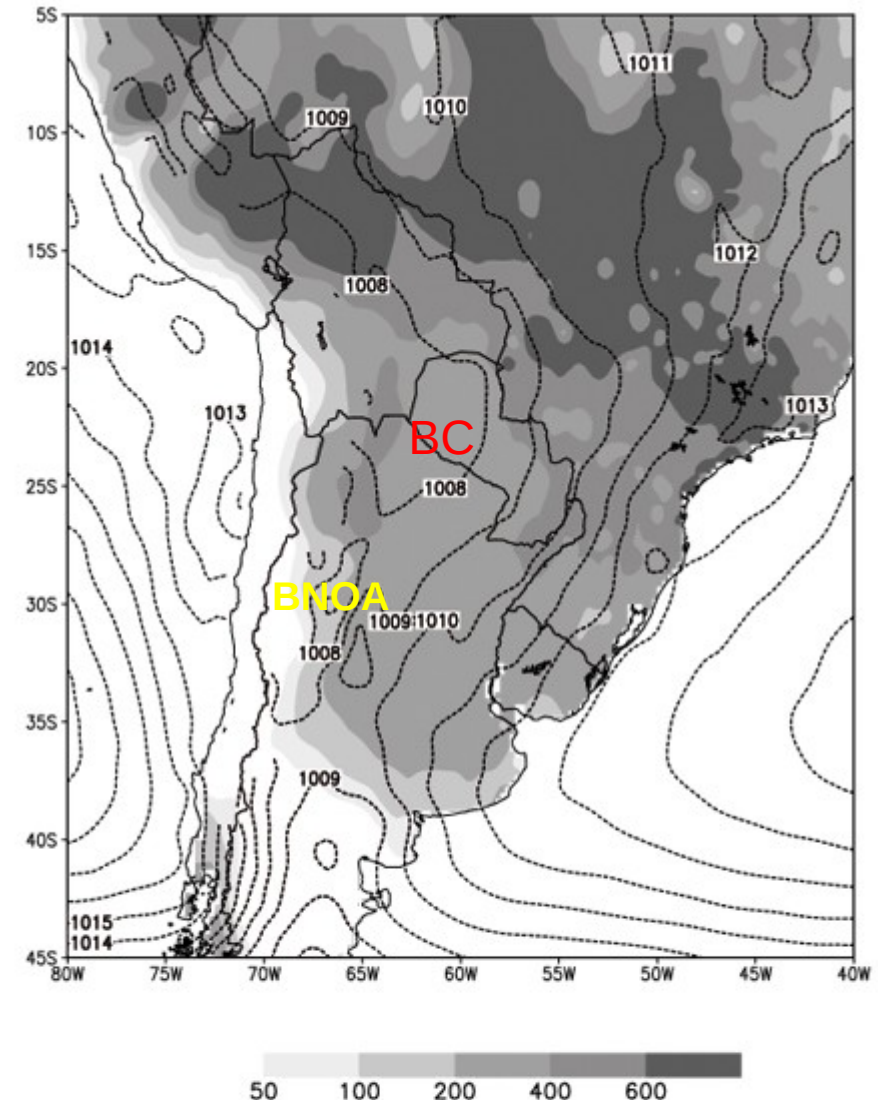


Fonte: [tech.everyeye.it](https://www.tech.everyeye.it)

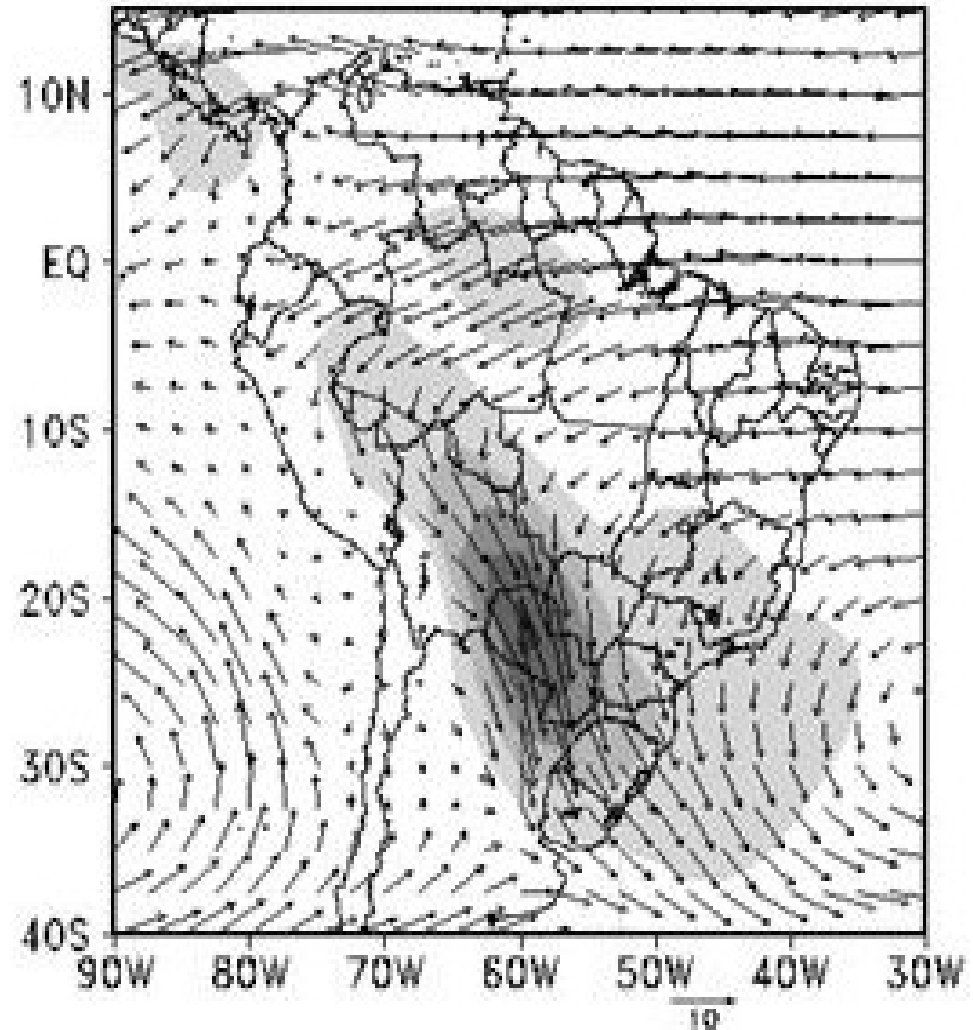
- Existem outros tipos de ciclones que atingem o RS e gerar condições para a formação de SCMs: ciclones explosivos e ciclones subtropicais.
- Os **ciclones explosivos** têm este nome devido à sua rápida intensificação, o que o deixa com mais potencial para eventos extremos. Contudo, salvo raras exceções, a fase explosiva deste sistema normalmente ocorre no oceano, longe da costa.
- 
- **Ciclones subtropicais** tem características de ciclones tropicais e extratropicais. Tipicamente se formam na costa do sudeste e sul do Brasil. Para o RS, têm consequências similares ao ciclone extratropical, embora bem mais raros.
-



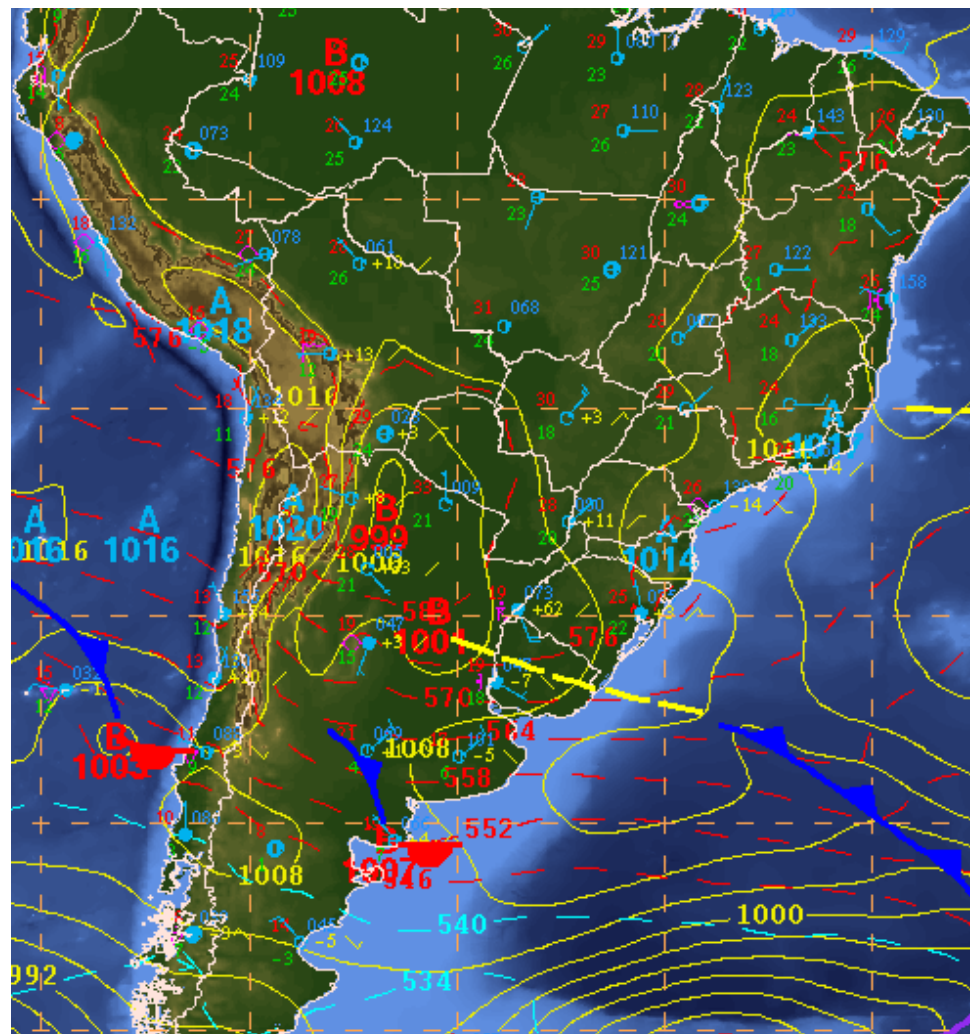
- SCMs se formam, fundamentalmente, em *sistemas de baixa pressão*. Mas não necessariamente ciclones. Na América do Sul existem dois sistemas de baixa que comumente estão associados à formação de tempestades que atingem o RS: a **Baixa do Chaco** e a **Baixa do Noroeste Argentino**.
- A BC se forma no verão, devido ao aquecimento da superfície e transportado de norte. A BNOA pode ocorrer o ano todo, sendo influenciada também pelos Andes e ciclones.



- O transporte de calor e umidade de norte, em baixos níveis, é fundamental para alimentar as tempestades que atingem o RS.
- O **Jato de Baixos Níveis (JBN)** é um fenômeno caracterizado pela aceleração deste transporte.
- JBN intensifica e é intensificado pela BC e BNOA.
- É comum o JBN transportar calor e umidade para o setor quente dos ciclones extratropicais.
- ***É enorme a associação entre JBN e tempestades sobre o RS.***

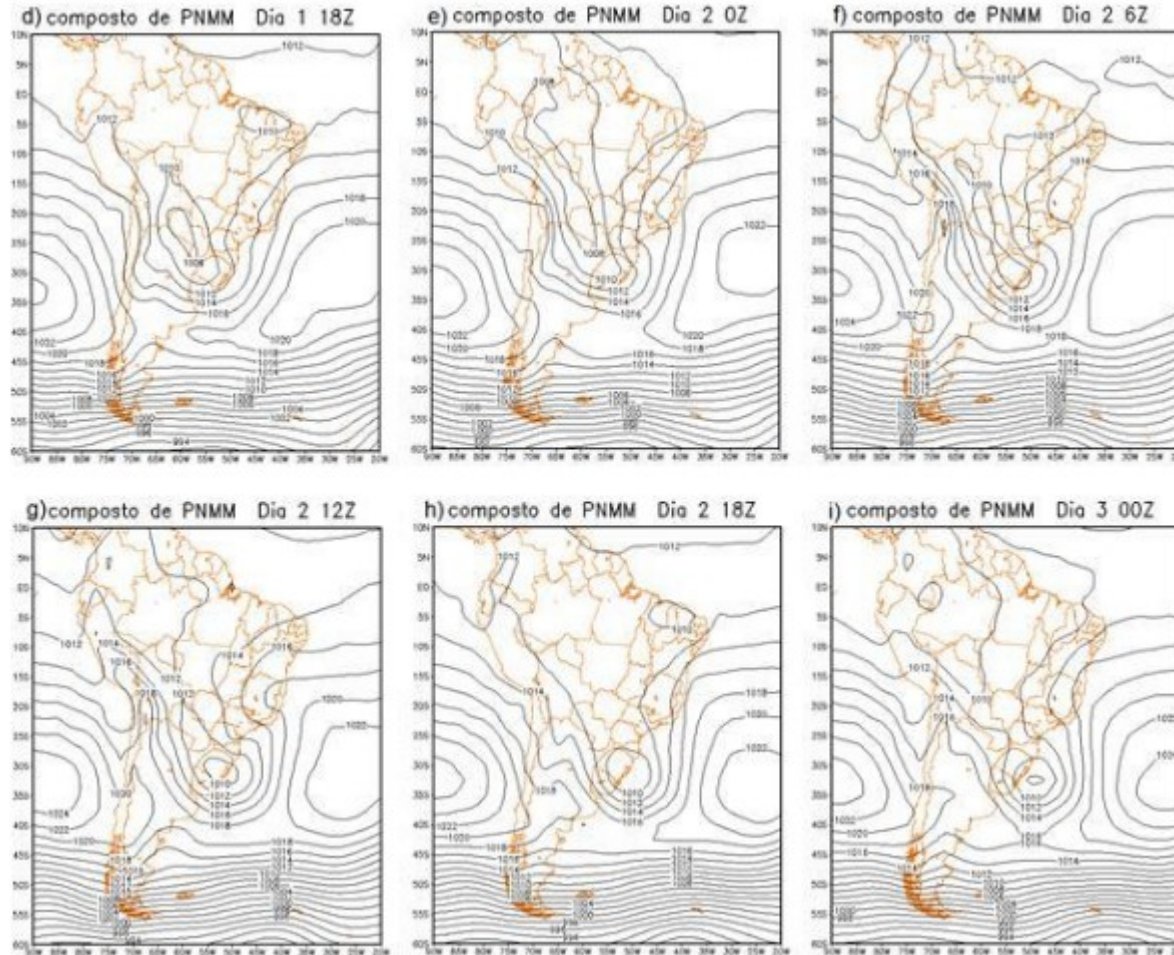


- Facilmente se observam estas baixas continentais (BC ou BNOA) se estendendo em direção à sistemas frontais, provocando uma grande área de instabilidade.



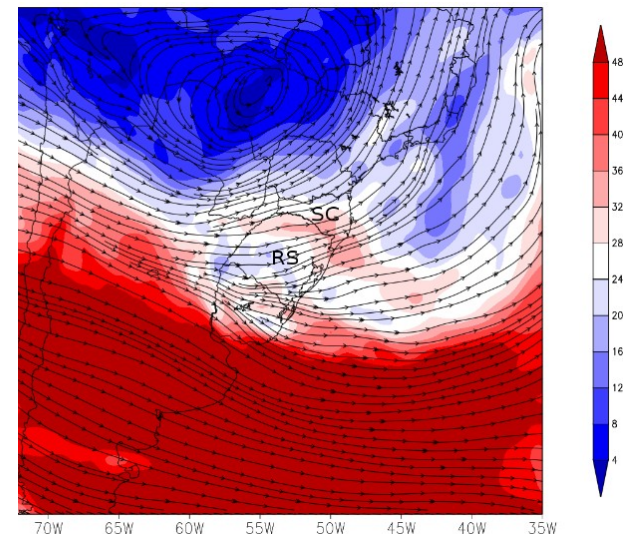
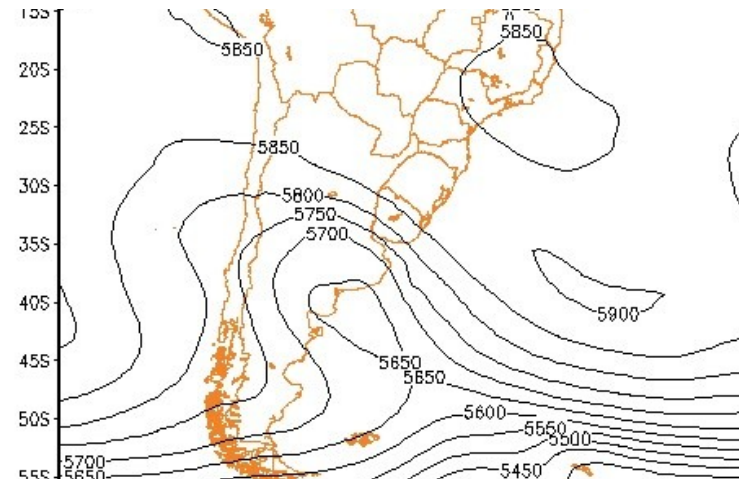
Fonte: CPTEC/INPE

- Quando estas baixas continentais se estendem em direção ao sul, comumente se transformam em ciclones extratropicais.



Durante este desenvolvimento é esperada a ocorrência de instabilidades sobre o RS

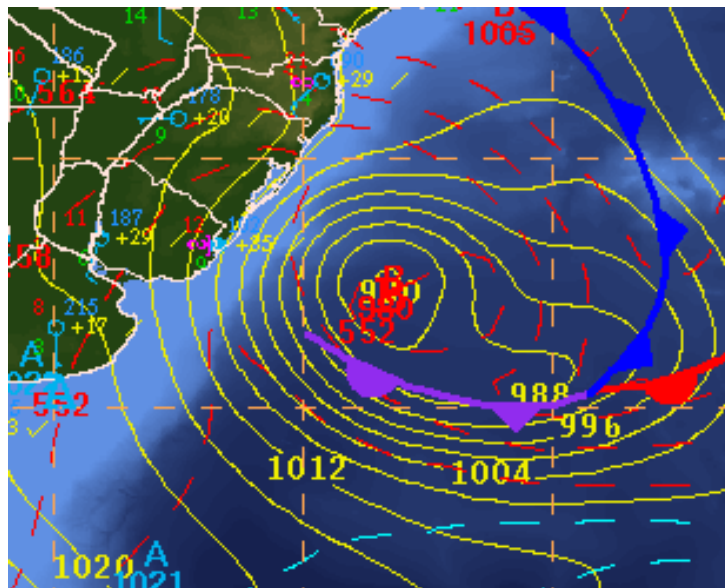
- O JBN é um escoamento em baixos níveis (850 hPa = aprox. 1500m).
- O escoamento do vento em médios (500 hPa = aprox. 5500m) e altos níveis (250 hPa = 10000m) também podem indicar chance de tempestade.
- Em altos níveis, em latitudes médias, temos a **corrente de jato**, que é uma aceleração do vento associada à frentes frias ou estacionárias.
- *Tempestades podem se formar sob dois aspectos do escoamento em altos e/ou médios níveis: à leste de cavados e, principalmente, sob difluência.*



- É esperado que o local onde se forma uma tempestade tenha bastante umidade, seja devido às características locais, ou devido ao transporte de outros locais.
- Esse transporte é observado em baixos níveis. Isto é, espera-se que na região de origem da tempestade ocorra um transporte de qualquer direção, ocasionando uma **convergência de umidade em baixos níveis**.
- Uma vez formada, a tempestade seguirá a trajetória de acordo com o escoamento em médios/altos níveis. **Em latitudes médias, este escoamento é tipicamente de oeste para leste.**
- *Ou seja, espera-se que os SCMs que atingem o RS venham de algum ponto à oeste (podendo ser também de noroeste ou sudoeste). São raríssimos os SCMs vindos de leste.*
- Tempestades formadas e dissipadas sobre o próprio RS tendem a ser mais localizadas, menores e mais curtas.

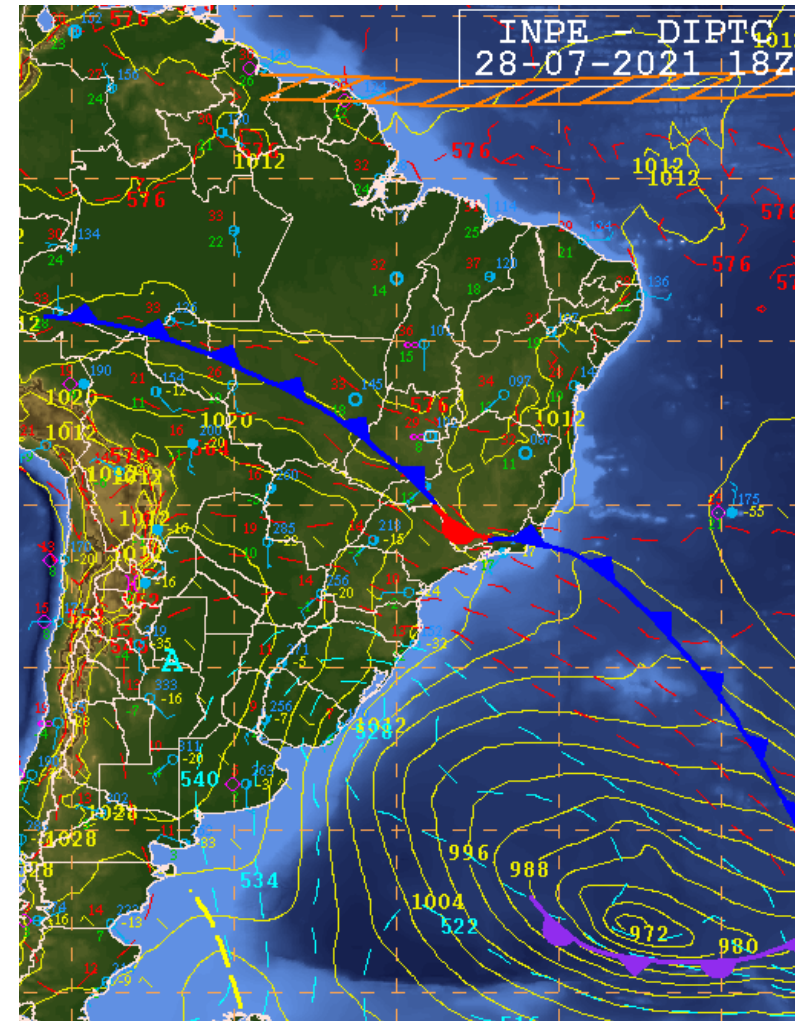
- Sistemas de ***bloqueio atmosférico*** são responsáveis pela manutenção das condições de tempo (seja de seca ou de chuva), por pelo menos 5 dias.
- Normalmente, em caso de chuva contínua, trata-se de chuvas estratiformes (baixas taxas), mas que acumuladas ao longo de dias podem ocasionar transtornos sociais.
- Por outro lado, caso em que bloqueios propiciem a manutenção de anticiclones com massas de ar secas, podem ocasionar em condições de umidade atmosférica muito baixa (menos de 20%), o que implica em problemas respiratórios.

- Quanto mais intensos os ciclones, ou seja, quanto menor o valor da pressão atmosférica no seu centro, maiores as chances de tempestades severas.
- Conseqüentemente, quanto mais próximo do estado, mais perigoso o sistema.
- Mesmo quando não tão próximos, os ciclones podem estar associados com instabilidades no continente. Além disso, em determinadas posições, podem acarretar em **ressaca** no litoral.





- Especialmente no inverno, intensos ciclones extratropicais no oceano muitas vezes estão associados à intensos anticiclones no continente.
- Isto provoca uma pista de vento livre para a passagem de intensas massas polares, que podem ocasionar *ondas de frio*, com possibilidade de dias seguidos com geada ou neve.



Fonte: CPTEC/INPE

Muito obrigado.

Qualquer dúvida: [andre.nunes@ufpel.edu.br](mailto:andre.nunes@ufpel.edu.br)