

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**FLÁVIA DIAS DE SOUZA MORAES**

**Precipitação e desastres associados  
ao Complexo Convectivo de Mesoescala que atingiu o  
Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011**

**PORTO ALEGRE**

**2014**

FLÁVIA DIAS DE SOUZA MORAES

**Precipitação e desastres associados  
ao Complexo Convectivo de Mesoescala que atingiu o  
Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para a obtenção  
do grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Dr. Francisco Eliseu Aquino

Porto Alegre  
2014

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Moraes, Flávia Dias de Souza

Precipitação e desastres associados ao Complexo Convectivo de Mesoescala que atingiu o Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011 . / Flávia Dias de Souza Moraes. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014.

[84 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2014.

Orientador(es): Francisco Eliseu Aquino

1. Complexos Convectivos de Mesoescala. 2. Desastres. 3. Precipitação. 4. Rio Grande do Sul. I. Título. CDU 911

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS  
Veleida Ana Blank CRB 10/571

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Dr. Francisco Eliseu Aquino, que me apoiou em toda a caminhada dos anos de graduação em Geografia, sempre incentivando a pesquisa e o amor pela climatologia. Graças à sua orientação e paciência, este trabalho foi possível, deixando a imaginação e as páginas de um projeto para tornar-se uma realidade.

Muito importante, também, foi todo o auxílio dado por Denilson Viana, que com seu bom-humor, e conhecimento invejável sobre Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), fez com que eu entendesse muitas das questões que me pareciam obscuras no início dessa caminhada.

À equipe do Centro Polar e Climático (CPC), pelas leves pausas para risadas e café, que ajudaram muito a relaxar e voltar ao trabalho mais tranquila. Em especial, ao professor Dr. Jefferson Simões, que sempre disponibilizou espaço para a minha atuação jornalística e geográfica no CPC, incentivando meu trabalho, e aos queridos professores Éder Maier e Luiz Felipe Velho, que me auxiliaram na elaboração de alguns dos mapas presentes neste estudo.

À minha família, em especial à minha mãe Ana Maria, que sempre me confortou, apoiou a minha escolha por fazer uma segunda graduação e me incentivou a estudar, acreditando no meu potencial.

Ao Lucas Favero, meu namorado e amigo, por me ouvir pacientemente reclamar que não ia dar certo, por suas palavras de incentivo e otimismo, por seu amor que aliviou cada momento de desânimo e por sua habilidade inigualável no MS Excel. Sem você, minhas fórmulas e tabelas não teriam surgido de forma tão simples.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo ensino gratuito e de qualidade ímpar.

À equipe da Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela disponibilização dos dados do aplicativo FORTRACC e das imagens do satélite GOES-12.

À equipe do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por disponibilizar os dados de precipitação das estações convencionais e automáticas do Rio Grande do Sul.

## RESUMO

A América do Sul, além dos Estados Unidos da América, é uma das regiões preferenciais para a atuação de eventos atmosféricos extremos, com formato circular, desenvolvimento rápido, entre 10 e 20h, e de difícil previsibilidade, classificados como Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Este trabalho analisa o evento meteorológico extremo que atingiu o Rio Grande do Sul, nos dias 22 e 23/04/2011, a precipitação e os desastres associados. Assim, fez-se uso dos dados do aplicativo FORTRACC (*Forecast and Tracking of Active Convective Cells*) e das imagens de satélite GOES-12 (*Geostationary Operational Environmental Satellites*), disponibilizados pela Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para avaliar as dimensões e trajetórias do CCM. A precipitação acumulada foi aferida com a coleta de dados de oito estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizadas em Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Cruz Alta, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Rosa e São Luiz Gonzaga, área de atuação do evento, bem como através da comparação desses valores com a climatologia do mês de abril (1975-2004). Os registros de desastres na Defesa Civil do RS e as matérias do jornal Zero Hora, também foram utilizados para dimensionar os impactos causados pelo CCM. Os resultados mostram que o evento que atuou sobre o RS, no período aqui estudado, resultou em 12 mortes e desastres do tipo enxurrada, enchente, vendaval e granizo em 25 municípios. Considerando as oito estações meteorológicas analisadas, a média de precipitação que acumulou durante o CCM foi de 61,8 mm, representando 43% do total esperado para abril (144,7 mm), pela climatologia 1975-2004. Os dados do FORTRACC e do GOES-12 revelam que a trajetória, de noroeste para leste sobre o RS, e a excentricidade maior que 0,7, são características essenciais de CCM apresentadas por este evento, bem como as condições meteorológicas de ausência de outros eventos adjacentes, no dia da sua formação (22/04).

Palavras-chaves: Complexos Convectivos de Mesoescala; Desastres; Precipitação; Rio Grande do Sul.

## ABSTRACT

Besides United States of America, South America is one of the preferential region to occur extreme weather events with circular form and quick development, between 10 and 20 hours with difficult forecasting, that are classified as Mesoscale Convective Complexes (MCC). This study analyses the extreme weather event that happened in the State of *Rio Grande do Sul* (RS), Brazil, between 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> April of 2011, the precipitation and natural hazards associated with this MCC. This research used data from the software FORTRACC (Forecast and Tracking of Active Convective Cells) and from the satellite GOES-12 (Geostationary Operational Environmental Satellites), available at INPE (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*), to evaluate the track and the dimensions of the MCC. The total precipitation was measured with data from INMET (*Instituto Nacional de Meteorologia*) from its meteorological stations that are located in the cities of *Bagé*, *Bento Gonçalves*, *Caxias do Sul*, *Cruz Alta*, *Porto Alegre*, *Rio Grande*, *Santa Rosa* e *São Luiz Gonzaga*, areas where the extreme weather event has happened. The total precipitation was compared with the precipitation's climatology expected for April (1975-2004). Natural hazards registered on the *Defesa Civil do Rio Grande do Sul* and in the local newspaper *Zero Hora* was used to understand and quantify the impacts caused by the MCC. The results show that this MCC, which happened in RS, was responsible by 12 deaths and natural hazards associated, like floods, strong gales and hail storms, and has injured 25 cities. Considering the eight meteorological stations used to measure precipitation in this study, the average MCC accumulated precipitation was 61.8 mm, which means that 43% of the total expected precipitation for April (144.7 mm), considering the climatology 1975-2004, was during the event. Data from FORTRACC and GOES-12 showed that the track, from northwest to east of the RS, and the eccentricity greater than 0.7 also are essentials characteristics of MCC. Besides this, the meteorological conditions, lack of meteorological events in 22<sup>nd</sup> April, reinforce the fact that the extreme event studied in this work has CCM's characteristics.

Key-words: Mesoscale Convective Complexes; Natural hazards; Precipitation; *Rio Grande do Sul*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do RS na América do Sul.....	11
Figura 2 - Municípios do RS atingidos pelo CCM (a) e (b) destaque dos municípios da Região Metropolitana e Vale do Taquari. ....	12
Figura 3 - Acoplamento entre JBN e JAN na América do Sul. ....	19
Figura 4 - Precipitação total mensal média (mm). ....	28
Figura 5 - Precipitação total anual na região Sul.....	29
Figura 6 - Massas de ar da América do Sul no verão. ....	30
Figura 7 - Vento em 850 hPa (m/s). ....	32
Figura 8 - Vento em 200 hPa (m/s). ....	33
Figura 9 - Diretório do FORTRACC.....	35
Figura 10 - Cálculo de velocidade e direção de propagação do SC. ....	40
Figura 11 - Localização das estações meteorológicas do INMET no RS.....	46
Figura 12 - Precipitação pluviométrica acumulada durante o CCM (mm). ....	47
Figura 13 - Análise sinótica do dia 21 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 22 de abril de 2011, às 15h (horário local). ....	50
Figura 14 - Análise sinótica do dia 20 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 21 de abril de 2011, às 15h (horário local). ....	51
Figura 15 - Análise sinótica do dia 22 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 23 de abril de 2011, às 15h (horário local). ....	52
Figura 16 - Trajetória dos SC. O sistema 1 e 2 se unem e formam o 3. ....	53
Figura 17 – Estágios: inicial (a), de máxima extensão (b) e de dissipação do CCM (c) em 22 e 23 de abril de 2011.....	54
Figura 18 - Ventos em 850 hPa (22/04/11, às 8h).....	55
Figura 19 - Ventos em 250 hPa (22/04/11, às 8h).....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Época de ocorrência dos CCM subtropicais estudados por diversos autores. ....	21
Quadro 3 - Limiares de temperatura estabelecidos pelo FORTRACC. ....	36
Quadro 4 - Principais parâmetros calculados pelo FORTRACC. ....	38
Quadro 5 - Campos selecionados para a classificação de CCM. ....	44
Quadro 5 - Municípios atingidos pelo CCM de 22 e 23 de abril de 2011. ....	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição de CCM baseado em características físicas. ....	17
Tabela 2 - Precipitação esperada para o mês de abril e máximo acumulado, em 24h, em abril.....	57
Tabela 3 - Precipitação acumulada durante o CCM no RS.....	58
Tabela 4 - Precipitação acumulada no CMM e a climatologia 1975-2004.....	60

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 4.1 – Raio efetivo do sistema convectivo.....	37
Fórmula 4.2 – Inclinação do sistema convectivo.....	37
Fórmula 4.3 – Projeção no plano do sistema convectivo.....	37
Fórmula 4.4 – Excentricidade do sistema convectivo.....	37
Fórmula 4.5 – Área do sistema convectivo.....	44
Fórmula 4.6 – Área do núcleo frio do sistema convectivo.....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	PROBLEMA	10
1.2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
1.3	OBJETIVOS	13
1.4	JUSTIFICATIVA	13
<b>2</b>	<b>O QUE SÃO OS COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA</b>	<b>15</b>
2.1	A ORIGEM DOS CCM NA AMÉRICA DO SUL	18
2.2	CCM NO RIO GRANDE DO SUL	20
2.3	OS CCM COMO CAUSADORES DE DESASTRES NO RS	22
2.3.1	Definição de desastres	22
<b>3</b>	<b>O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL</b>	<b>25</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA	25
3.2	ESPECIFICIDADES DO CLIMA DO RS	26
3.2.1	As massas de ar e a circulação atmosférica do RS	29
<b>4</b>	<b>MÉTODOS E TÉCNICAS</b>	<b>34</b>
4.1	FORTRACC E GOES-12	34
4.2	ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	40
4.3	DADOS DA DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL	41
4.4	MATÉRIAS DO JORNAL ZERO HORA	42
4.5	O MÉTODO DE ANÁLISE	42
4.5.1	Classificação de CCM	42
4.5.2	Análise da precipitação	45
4.5.3	Consulta do jornal Zero Hora e Defesa Civil	47
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>49</b>
5.1	CCM	49
5.2	PRECIPITAÇÃO	57
5.3	DESASTRES REGISTRADOS NA DEFESA CIVIL DO RS	60
5.4	ANÁLISE DAS NOTÍCIAS NO JORNAL ZERO HORA	61
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

---

A região Sul do Brasil é o local de intensa ocorrência de um fenômeno meteorológico conhecido como Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Esses eventos são responsáveis por boa parte da quantidade de precipitação no Rio Grande do Sul, já que sua formação e atuação resultam em tempestades severas. As consequências da ocorrência desses CCM ainda são pouco compreendidas, pois se trata de um fenômeno meteorológico investigado recentemente, a partir do avanço da tecnologia, como o surgimento de satélite.

A definição de CCM faz parte da história recente da Climatologia e sua classificação foi elaborada por Maddox (1980), como o conjunto de nuvens *cumulonimbus* (Cb) cobertos por uma espessa camada de *cirrus* (Ci). Os CCM podem ser identificados por observação de imagens de satélite, devido ao seu formato aproximadamente circular e um rápido crescimento (formação) entre 6 e 12 horas.

Um marco importante para o estudo de CCM foi o trabalho de Velasco e Fritsch (1987), o qual adaptou a técnica objetiva de classificação, feita por Maddox (1980), e elaborou um mapeamento dos locais de ocorrência e das características associadas. A partir disso, os autores perceberam que esse fenômeno é mais frequente nos meses mais quentes do ano e costuma atuar na América do Sul, principalmente nos setores norte da Argentina, Bolívia, Paraguai e sul do Brasil (VELASCO; FRITSCH, 1987).

Entre as consequências da formação de CCM está a intensa precipitação, que pode levar a inundações, e outros fenômenos severos como tornados, granizo, ventos e intensas tempestades elétricas (MADDOX, 1980; MADDOX, 1983; FERREIRA, 2002; CPTEC/INPE, 2004).

### 1.1 PROBLEMA

Em vista da ocorrência de CCM no Rio Grande do Sul (RS), nos dias 22 e 23 de abril de 2011, o presente trabalho faz uma análise, através de imagens de satélite e do aplicativo FORTRACC (*Forest and Tracking of Active Convective Cells*), do evento de tempestade severa que aconteceu no Estado. Além disso, avalia a

intensidade desse fenômeno, em relação à precipitação, e como ele afetou o RS, através de um levantamento quantitativo do desastre. Entende-se por desastre eventos como alagamentos, deslizamentos, enchentes, enxurradas, granizo, inundações, tornados e vendavais.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O evento extremo avaliado no trabalho atuou sobre todo o RS causando precipitação intensa em muitas regiões. O território localiza-se entre os paralelos 33°45'03" S e 27°04'49" S e entre os meridianos 49°42'41" W e 57°40'57" W, sendo o Estado mais meridional do Brasil (Figura 1). Tem como fronteiras leste o Oceano Atlântico, norte e nordeste o Estado de Santa Catarina, e as repúblicas do Uruguai a sudoeste e da Argentina a noroeste. Possui uma área de 281.748,5 km<sup>2</sup> (Brasil, 2002).

**Figura 1** - Localização do RS na América do Sul.

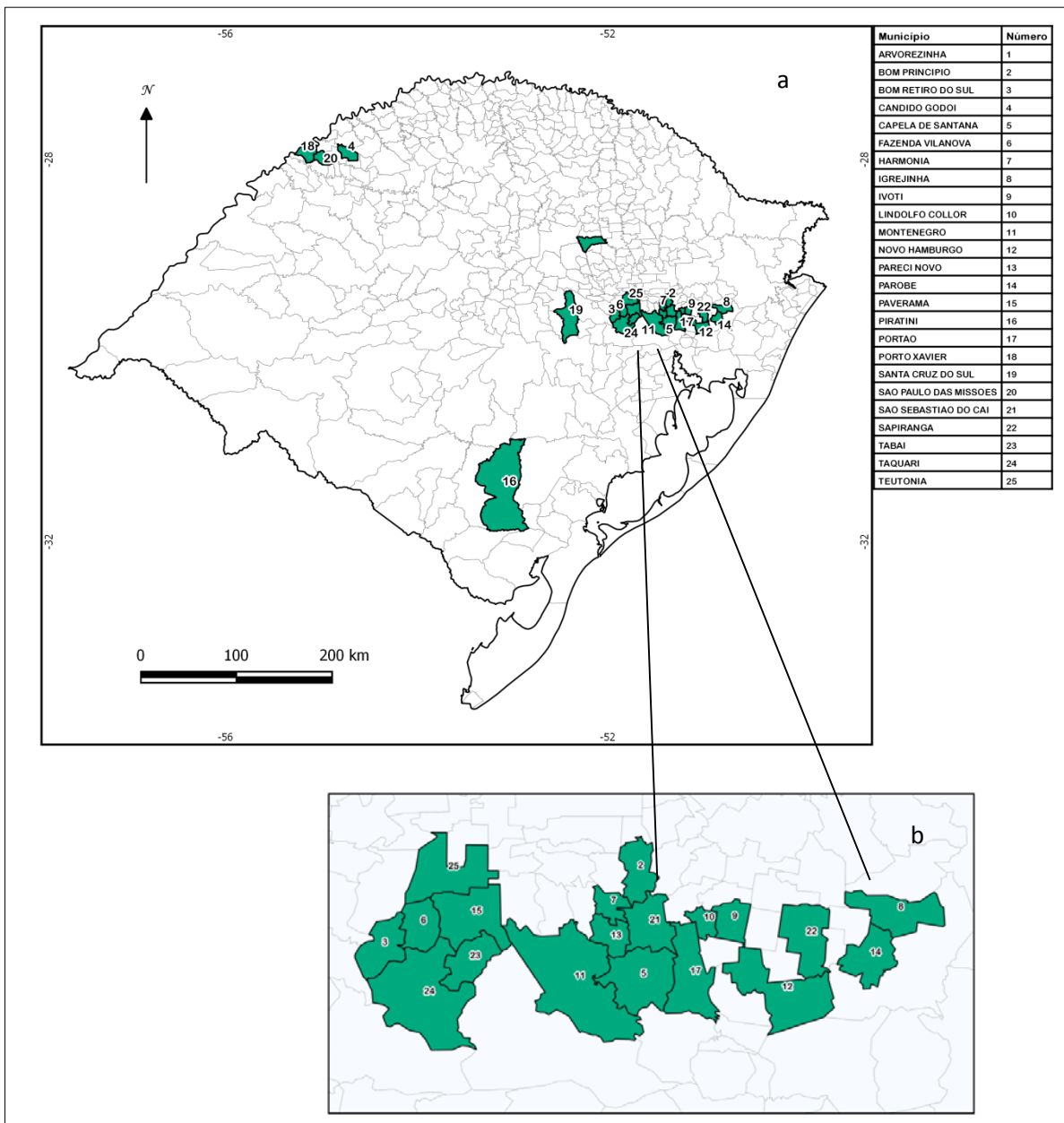


Fonte: Viana, 2006.

A partir dos dados armazenados pela Defesa Civil do RS, sabe-se que as cidades mais afetadas pelo CCM foram: Bom Princípio, Bom Retiro do Sul, Cândido

Godói, Harmonia, Igrejinha, Ivoti, Lindolfo Collor, Pareci Novo, Parobé, Paverama, Portão, Porto Xavier, São Paulo das Missões, São Sebastião do Caí, Tabai, Taquari, Arvorezinha, Capela de Santana, Fazenda Vila Nova, Montenegro, Novo Hamburgo, Santa Cruz do Sul, Sapiranga, Teutônia e Piratini, (Figura 2). Assim, o estudo investiga o que ocorreu nesses municípios, através de um levantamento de dados para construir um quadro geral do evento.

**Figura 2** - Municípios do RS atingidos pelo CCM (a) e (b) destaque dos municípios da Região Metropolitana e Vale do Taquari.



### 1.3 OBJETIVOS

Em vista da situação descrita anteriormente, o presente estudo tem como objetivos atender às seguintes questões:

Objetivo geral:

- Analisar o CCM, que ocorreu no RS, nos dias 22 e 23 de abril de 2011, e suas consequências na quantidade de precipitação nos municípios atingidos e situações de desastres.

Objetivos específicos:

- Abordar o conceito de CCM, pois é um campo de estudo recente na climatologia;
- Dimensionar a situação de desastre nos municípios atingidos, através de levantamento quantitativo, com dados da Defesa Civil do RS e do jornal Zero Hora;
- Analisar os dados de precipitação pluviométrica das estações meteorológicas automáticas e convencionais do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia em comparação com a climatologia 1975-2004. Comparar os valores da precipitação registrada no CCM com o acumulado mensal (abril) de precipitação esperada, das estações próximas ou nas regiões atingidas, para avaliar a dimensão do evento.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

As situações de desastres relacionadas a eventos de precipitação intensa no RS estão cada vez mais sendo divulgadas na mídia e relatadas à Defesa Civil. A cada ano, o Estado defronta-se com inundações, enchentes, pessoas desabrigadas e perdas materiais e de vidas humanas.

Como, em geral, são os CCM que causam, no mínimo, 13 desastres por ano nessa região do Brasil, é importante estudá-lo a fim de compreendê-lo melhor (ABDOULAEV *et al.*, 1996). Situações extremas como a que ocorreu nos dias 22 e 23 de abril de 2011 são, geralmente, decorrentes da formação e atuação de CCM sobre o RS.

Além da análise do evento, também é feito um levantamento dos dados registrados pela Defesa Civil: os prejuízos estimados nos municípios atingidos, com as perdas humanas e materiais. Outro ponto importante e motivador dessa pesquisa é o fato de haver ainda poucos trabalhos que estudem os impactos causados por CCM na região Sul do Brasil.

Para cumprir os objetivos acima citados, nos próximos capítulos deste trabalho serão abordados: o conceito de CCM, sua classificação, dinâmica e atuação no RS; o clima do Estado, suas características atmosféricas e dinâmicas de circulação, bem como os principais fatores que propiciam a atuação de CCM nessa região; os métodos e técnicas utilizados para a avaliação do evento, como a análise de dados do software FORTRACC, em planilha MS Excel, das imagens de satélite GOES-12 e a comparação de precipitação esperada para o mês de abril (1975-2004) com a quantidade precipitada nos dias do evento; a discussão dos dados, com interpretação do evento meteorológico, da quantidade de precipitação e das informações relatadas pelo jornal Zero Hora e Defesa Civil do RS, bem como as considerações finais.



## 2 O QUE SÃO OS COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA

---

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) pertencem ao grupo dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), os quais foram definidos por Houze (1993) como: aglomerados de nuvens convectivas de formas variadas, podendo ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, apresentando área de precipitação contínua. Dentre os SCM existem as Linhas de Instabilidade, as quais possuem formato linear; os CCM, com formato circular, e os de formato irregular, chamados apenas de SCM.

Neste trabalho, interessa estudar os CCM, para analisar o evento extremo que afetou o Rio Grande do Sul nos dias 22 e 23 de abril de 2011. Como foi brevemente abordado no capítulo introdutório deste trabalho, esses sistemas foram definidos por Maddox (1980) como um conjunto de nuvens *cumulonimbus* (Cb), espessas e frias, com formato circular e crescimento vertical, num intervalo de tempo de 6 a 12 horas, associadas a eventos de fortes rajadas de vento e intensa precipitação.

Segundo Cotton *et al.* (1989) e Rocha (1992), o formato circular pode ser o resultado de uma região com a presença de vortacidade anticiclônica em altos níveis e ciclônica em baixos níveis. Cotton *et al.* (1989) afirmam ainda que os CCM são bastante eficazes em produzir precipitação, com uma eficiência de precipitação capaz de exceder os 100% no seu estágio maduro, devido à acumulação de água nas nuvens estratiformes iniciais, durante o período de estágio convectivo do sistema.

Como afirmam Campos *et al.* (2008), a evolução e manutenção dos CCM ainda são pouco conhecidas, principalmente no que se refere aos seus aspectos dinâmicos. A partir da necessidade de confirmar algumas incertezas e também para entender a evolução dos CCM, Cotton *et al.* (1989) elaboraram uma análise composta e usaram os estudos de Maddox (1981). O resultado do estudo gerou a sugestão de um modelo conceitual de evolução desses sistemas, os quais devem seguir as seguintes características:

- 1) Estágio pré-CCM: nesta fase, a escala de circulação sinóptica, na baixa troposfera, promove a convergência de umidade e ar potencialmente instável

para a área ameaçada, o que vai impulsionar a convecção profunda. Além disso, contribuem para a formação do CCM a posição do eixo horizontal de umidade, do jato de baixo nível e da zona de divergência em alto nível.

2) Estágio inicial do CCM: o sistema, normalmente, desenvolve-se próximo a uma zona frontal superficial. Ao exportar energia para os altos níveis da troposfera, guiado por um fluxo de ar de nível médio, o CCM recebe fluxo de umidade na baixa troposfera para compensar. A dupla convergência em baixos níveis e divergência em altos níveis auxilia na entrada e saída de massa pelo longo período de convecção, enquanto a liberação de calor latente impulsiona a convergência nos níveis baixo e médio, proporcionando combustível para alimentar o CCM.

3) Estágio de crescimento do CCM: durante o estágio de crescimento do sistema, a grande diferença de gradiente entre a baixa e a média troposfera permite a alimentação do CCM pela primeira, assim como mantém um ambiente instável para o seu desenvolvimento. Nessa fase, a convergência em baixos níveis se expande e se eleva à média troposfera (400 mb), junto com o aquecimento, o que estimula o desenvolvimento de convergência no nível médio.

4) Estágio maduro do CCM: a intensificação da convergência em nível médio, associada ao desenvolvimento de um cisalhamento ciclônico, é o que mantém o sistema nesta fase. Entretanto, uma intensa camada descendente neste estágio, reflete a presença concomitante de uma descendência em mesoescala. A presença de cisalhamento anticiclônico em altos níveis também é evidente. Em relação à precipitação, a eficiência atinge 113% e são fornecidos mais 13% da atmosfera nebulosa, que acumulou água durante os estágios anteriores do sistema.

5) Estágio de decaimento do CCM: neste estágio o sistema move-se para leste, em zonas onde há menos suporte de umidade e menos instabilidade. Essas condições desfavoráveis vão causando o enfraquecimento do CCM, ou

pelo menos das suas circulação e convecção em baixos níveis. No entanto, a circulação ciclônica segue, em nível médio, bem como a anticiclônica, em altos níveis. A precipitação também começa a decair, embora sua eficiência ainda seja alta (86%).

6) Dissipação e estágio posterior ao CCM: durante a dissipação o CCM segue movendo-se em direção leste, com zonas ainda menos providas de umidade e praticamente sem mecanismos de força e instabilidade. Além disso, esta fase ocorre, normalmente, nas primeiras horas da manhã, momento em que a superfície não está aquecida, ou seja, não há fonte de calor. Todas as outras características também começam a decair, embora ainda presentes de alguma forma. Como exemplo, a precipitação, que tem sua eficiência nesta fase abaixo de 50%.

A partir deste breve modelo conceitual proposto por Cotton *et al.* (1989), é possível ter uma boa noção de pré-requisitos para classificar um evento extremo como CCM. Contudo, é preciso considerar os parâmetros físicos propostos por Maddox (1980), detalhados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Definição de CCM baseado em características físicas.

<b>Tamanho A</b>	Região com temperaturas de topos nebulosos $\leq -32^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 100.000 \text{ km}^2$
<b>Tamanho B</b>	Núcleo com temperaturas de topos nebulosos $\leq -52^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 50.000 \text{ km}^2$
<b>Início</b>	Quando as definições de tamanho A e B forem satisfeitas
<b>Duração</b>	Quando as definições de tamanho A e B forem mantidas por um período $\geq 6$ horas
<b>Máxima extensão</b>	Quando a região definida em A alcançar o tamanho máximo
<b>Forma</b>	Excentricidade $\geq 0,7$ no instante de máxima extensão
<b>Término</b>	Quando as definições de tamanho A e B não mais forem satisfeitas

Fonte: Maddox (1980).

No entanto, ainda faz-se necessário compreender como é o funcionamento desse sistema na América do Sul e no Sul do Brasil, questões explicitadas a seguir.

## 2.1 A ORIGEM DOS CCM NA AMÉRICA DO SUL

Nos Estados Unidos da América (EUA), ao observar os eventos atmosféricos, Maddox (1980) identificou sistemas em formato circular e desenvolvimento rápido, entre 6 e 12h, através de imagens do satélite GOES, os quais classificou como CCM. Na América do Sul (AS), em especial, os CCM costumam ser um pouco mais duradouros, entre 10 e 20h, se desenvolvem um pouco mais tarde e são maiores e mais frequentes do que nos EUA (VELASCO e FRITSCH, 1987; CAMPOS *et al.*, 2008, DURKEE e MOTE, 2009).

Dessa maneira, entre as principais características dos CCM, formados nas regiões subtropicais do Hemisfério Sul, está a sua região de ocorrência preferencial, as quais são o norte da Argentina, Paraguai e sul do Brasil, durante a primavera e o verão. Sua trajetória inicia a leste dos Andes (cerca de 25° S) e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai, partindo para atingir o sul do Brasil, Uruguai e Argentina. Sua formação ocorre durante a noite, com um ciclo de vida entre 10 e 20h, sendo que as primeiras células que antecedem a classificação como CCM podem aparecer já no início da tarde. Sua máxima extensão acontece durante a madrugada e a dissipação por volta das 12h do dia seguinte (VELASCO & FRITSCH, 1987; SILVA DIAS, 1987; SILVA DIAS, 1996; CAMPOS *et al.*, 2008).

A AS conta com a combinação de fatores geográficos, os quais fazem com que surjam fluxos meridionais (sentido norte – sul) em baixos níveis da atmosfera. A consequência desse deslocamento de ar é o transporte da umidade da região da Amazônia para as áreas subtropicais do continente, fluxo conhecido como Jatos de Baixos Níveis (JBN) [VIANA, 2011; BORQUE *et al.*, 2006].

Nas estações mais quentes do ano, esses JBN são intensificados e carregam mais umidade das regiões tropicais para as subtropicais do Planeta, o que facilita o desenvolvimento de sistemas convectivos. Em particular, Viana (2011) destaca a ocorrência dos CCM, como uma consequência direta da existência desses jatos.

Assim, torna-se necessário entender a formação dos JBN para conseguir compreender a origem dos CCM. Gandú e Geisler (1991) e Figueiroa *et al.* (1995) afirmam que a cordilheira dos Andes, pela sua topografia, bloqueia a passagem da umidade para o Pacífico Equatorial, resultando no desenvolvimento de um jato fixo

de norte. Esse fluxo é alimentado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul e, ao defletir para o sul, forma os JBN, que atuam a cerca de 850 hPa.

Somado a isso, está a presença dos Jatos de Altos Níveis (JAN), aproximadamente entre as latitudes 30° S e 40° S e a 250 hPa, os quais facilitam a convecção do ar. Isso porque, ao passar em altos níveis, age como se retirasse o ar presente ali, propiciando que o ar em superfície ascenda para ocupar o seu lugar. Dessa maneira, boa parte da umidade que vem com os JBN, ao ascender, servem como combustível para a formação de nuvens do tipo Cb na região subtropical da AS (Figura 3).

**Figura 3** - Acoplamento entre JBN e JAN na América do Sul.



Fonte: Modificado de Custódio e Herdies (1994), In: Viana, 2006.

O conjunto dessas células convectivas individuais, nuvens Cb, aliado a uma camada de nuvens Ci, que vêm do topo das Cb maduras, formam os CCM. Conforme Viana (2011, pg. 09), “as primeiras tempestades desenvolvem-se

tipicamente durante o entardecer e a transição para um sistema de larga escala, altamente organizado, ocorrem após o início da noite”.

Ainda de difícil prevenção meteorológica, o estudo realizado por Borque *et al.* (2006) reafirma alguns fatores atmosféricos que seriam responsáveis pela criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento de CCM na AS. Entre eles, a presença do JBN, que traga ar quente e umidade do norte. Suas características geram condição instável através de advecção de calor e umidade, que foi observada como persistente durante os dias de estudo. Essa advecção úmida é responsável pelo aumento do vapor de água na atmosfera e, conseqüentemente, pelo aumento da umidade atmosférica. A barreira física também é importante para o acúmulo dessa umidade, papel desempenhado pelos Andes. O aquecimento por radiação solar, que ocorre durante o dia de céu limpo, detectados pré-CCM, é outro elemento fundamental, pois possibilita o aumento da instabilidade convectiva entre a superfície e 3000 metros de altitude.

Dentre as áreas de ocorrência de CCM, descritas acima, interessa para este estudo focar nos eventos extremos que afetam diretamente o RS, detalhe que será abordado no próximo tópico.

## 2.2 CCM NO RIO GRANDE DO SUL

Nos últimos anos, tem-se divulgado de forma recorrente na imprensa gaúcha situações de desastres no RS. Muitas delas, no entanto, podem estar ligadas aos CCM, já que as características de vendavais e precipitação intensa, bem como a rápida formação e dissipação dos eventos, condizem com a evolução desses sistemas convectivos.

Diversos autores, ao estudarem os principais períodos de ocorrência dessas condições meteorológicas extremas, identificaram a maioria delas nas estações de transição (primavera e outono) e também no verão, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1** - Época de ocorrência dos CCM subtropicais estudados por diversos autores.

<b>Autores</b>	<b>Época do CCM</b>
Abdouliev et al (1994)	Verão
Duquia e Silva Dias (1994)	Primavera
Durkee e Mote (2009)	Primavera e Verão
Cavalcanti (1982)	Primavera
Figueiredo e Scola (1996)	Primavera e Verão
Guedes (1985)	Primavera
Rocha (1992)	Verão
Scola e Figueiredo (1990)	Inverno
Velasco e Fritsch (1987)	Primavera Verão e Outono
Custódio e Herdies (1994)	Primavera

Fonte: Modificado de CPTEC/INPE

O papel dos CCM no Estado, conforme Abdouliev (1996), é influenciar na precipitação e no desencadeamento de desastres. No que se refere à precipitação, Viana *et al.* (2009, pg. 93) afirmam que “a distribuição da precipitação observada no verão e nas estações de transição sugere que os CCM sejam um dos mecanismos responsáveis pelos acumulados registrados em toda a Região Sul”.

Quando se fala em desastre, refere-se aos municípios que declararam tal situação para a Defesa Civil do RS, seja pela ocorrência de alagamentos, deslizamentos, enchentes, enxurradas, granizo, inundações, tornados ou vendavais. Assim, pode-se afirmar que, durante o período de 22 e 23 de abril de 2011, estudado neste trabalho, 25 municípios registraram impactos que podem estar associados a um evento de CCM. Mais detalhes serão abordados no tópico a seguir.

Mesmo com tantas ocorrências recorrentes, ainda não é tão simples prever a formação de CCM no RS, pois eles não costumam estar associados aos sistemas meteorológicos, como linhas de instabilidade e frentes frias. De acordo com Maddox (1980) sua formação parte da quantidade de umidade disponível na atmosfera, em baixos níveis, da circulação do ar, em altos níveis, e da circulação atmosférica local.

## 2.3 OS CCM COMO CAUSADORES DE DESASTRES NO RS

Eventos meteorológicos extremos assustam a sociedade, por sua capacidade destrutiva, tanto de bens materiais como de vidas humanas. Os impactos de um vendaval, de uma enchente ou tempestade severa trazem consequências para a economia e o bem-estar social.

No RS, episódios de desastres relacionados a eventos extremos são bastante frequentes no verão e nas estações de transição (primavera e outono), período que também coincide com a ocorrência de CCM no Estado (VIANA *et al.*, 2009). Para entender melhor que desastres são esses, é preciso conceituar o que se entende por desastre neste trabalho.

### 2.3.1 Definição de desastres

Dentre as diversas definições de desastres, as variações estão ligadas às consequências e à natureza dos eventos. Para Castro (1999), desastre é o consequente prejuízo econômico e social causado por eventos extremos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável. Ou seja, o desastre não é o evento adverso em si, mas sim as suas consequências, relacionadas aos danos e aos prejuízos causados nos locais atingidos. O autor define ainda como vulnerabilidade o resultado da interação entre o sistema receptor e a magnitude do evento, a qual define os efeitos adversos (intensidade dos danos previstos).

Kobiyama *et al.* (2006) complementa que quando fenômenos como vendavais, enchentes, escorregamentos etc., acontecem em locais onde as pessoas vivem, resultando em danos materiais e humanos, bem como em prejuízos socioeconômicos, são considerados como desastres. Por dano, entende-se a severidade ou intensidade dos resultados de um evento extremo ou acidente (CASTRO, 1999).

Os desastres são, também, classificados de acordo com a sua intensidade, evolução e origem, conforme explica Castro (1999). A intensidade pode ser definida em quatro níveis distintos (pequeno, médio, grande e muito grande porte), variando de acordo com a magnitude dos danos e dos prejuízos causados; a evolução é definida pela velocidade com que ocorrem os eventos causadores dos desastres, podendo ser súbitos ou de evolução aguda, graduais ou de evolução crônica e por



somação de efeitos parciais (repetição frequente de ocorrência do evento); a origem, por fim, é classificada de acordo com a causa primária do agente causador, podendo ser ela natural, humana ou antropogênica e mista (atividades humanas somada a fenômenos naturais).

Importante, ainda, conceituar os tipos de fenômenos que serão trabalhados neste estudo, segundo publicação organizada por Kobiyana *et al.* (2006):

- Enxurrada: é uma inundação brusca, relacionada a precipitação intensas e concentradas, que provocam o extravasamento da água do rio para as áreas ao seu entorno. A elevação do nível da água é brusca e repentina e o escoamento violento, podendo causar mortes (CASTRO, 2003);
- Enchente: é o aumento do nível de água no leito do rio, além da sua vazão normal, mas sem ocorrer o transbordamento sobre as áreas próximas a ele;
- Vendaval: diferença no gradiente de pressão atmosférica, movimentos ascendentes e descendentes do ar e a rugosidade do terreno provocam um deslocamento intenso de ar na superfície do planeta que é chamado de vendaval (VIANELLO; ALVES, 1991). Eles causam danos diretos na área pela qual transitam;
- Granizo: é definido como precipitação de gelo, em forma esférica ou irregular, apresentando geralmente um diâmetro de 5 mm (GLICKMAN, 2000). As condições que propiciam a sua formação acontecem na parte superior de nuvens do tipo *Cumulunimbus*, as quais possuem temperaturas muito baixas. Em função da união de gotas congeladas, o granizo cresce rapidamente, já que essas gotas movimentam-se com as correntes subsidentes e ascendentes, chocando-se com gotas de água mais frias, até alcançarem as dimensões de queda (KULICOV e RUDNEV, 1980; KNIGHT e KNIGHT, 2001).

Após compreender o que são os CCM e como eles atuam no RS é importante entender o clima do Estado, e as dinâmicas atmosféricas que propiciam a formação desses eventos extremos.

### 3 O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL

---

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para entender as características climáticas de determinada região é preciso saber o que se entende por clima e por tempo meteorológico. O primeiro está relacionado às características da atmosfera, inferidas de contínuas observações durante períodos de 30 anos, tempo definido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2006). Já o tempo seria um determinado comportamento da atmosfera em um dado instante, podendo variar mais de uma vez ao longo do dia. Ou seja, o primeiro é resultado de uma análise contínua e é previsível e o segundo de uma análise pontual e é mais difícil de prever.

Wilhem Köppen, reconhecido como o primeiro a classificar os climas globais, utilizou os dados de temperatura e precipitação, considerando também a distribuição dos tipos de vegetação, para estabelecer os limites. Em sua pesquisa, que data de 1918, Köppen classificou o Rio Grande do Sul com o tipo de clima Cfa, o qual significa: 'C' é um clima temperado chuvoso e moderadamente quente, 'f' não possui estação seca, sendo úmido o ano inteiro, e 'a' possui verão quente, sendo que o mês mais quente tem temperatura média maior do que 22°C (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Apenas numa porção da região de altitude do Planalto Meridional do Estado é que se encontra a classificação climática do tipo Cfb, na qual a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses são maiores que 10°C. Estes locais possuem a altitude de mais de 800 metros, aproximadamente (VIANA, 2006).

Strahler e Strahler (1997), por sua vez, basearam-se nos controles climáticos para fazer a sua classificação, levando em conta os centros de ação, massas de ar e sistemas frontais, além das características de precipitação dos lugares. Dessa maneira, o RS fica classificado entre os climas de latitudes médias, os quais se encontram em uma área de intensa interação entre massas de ar contrastantes: a tropical e a polar. Nenhuma dessas massas prevalece como controle exclusivo dessas regiões, havendo o constante encontro de ambas. Dentro

dessa classificação, o Estado fica ainda subnomeado como clima do tipo subtropical úmido.

“Esse modelo geral de clima, denominado subtropical úmido, surge nas latitudes de 25° a 35° N e S, sob domínio, no verão, das bordas ocidentais das células de altas pressões oceânicas, gerando chuvas copiosas e temperaturas e umidades elevadas. A precipitação é abundante durante todo o ano, porém, em geral, as máximas ocorrem no verão. No inverno, os avanços frequentes das massas polares e as perturbações ciclônicas geram temperaturas baixas, com amplitude térmica de moderada magnitude e chuvas frequentes. A precipitação invernal, algumas vezes em forma de neve, é do tipo frontal” (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 132).

Entre outras características do clima subtropical úmido ainda é possível citar a grande variabilidade de temperatura anual, médias entre 14°C e 22°C, podendo chegar a 10°C nas regiões mais elevadas e 40°C nos vales interioranos.

### 3.2 ESPECIFICIDADES DO CLIMA DO RS

A posição geográfica em uma zona de transição, entre latitudes médias e os trópicos, além de influência do relevo, são alguns fatores que fazem com que o RS tenha a maior amplitude do ciclo anual de temperatura do Brasil e precipitação em forma de neve (GRIMM, 2009).

Dentre as principais características que marcam os aspectos climáticos do Estado, Grimm (2009) destaca:

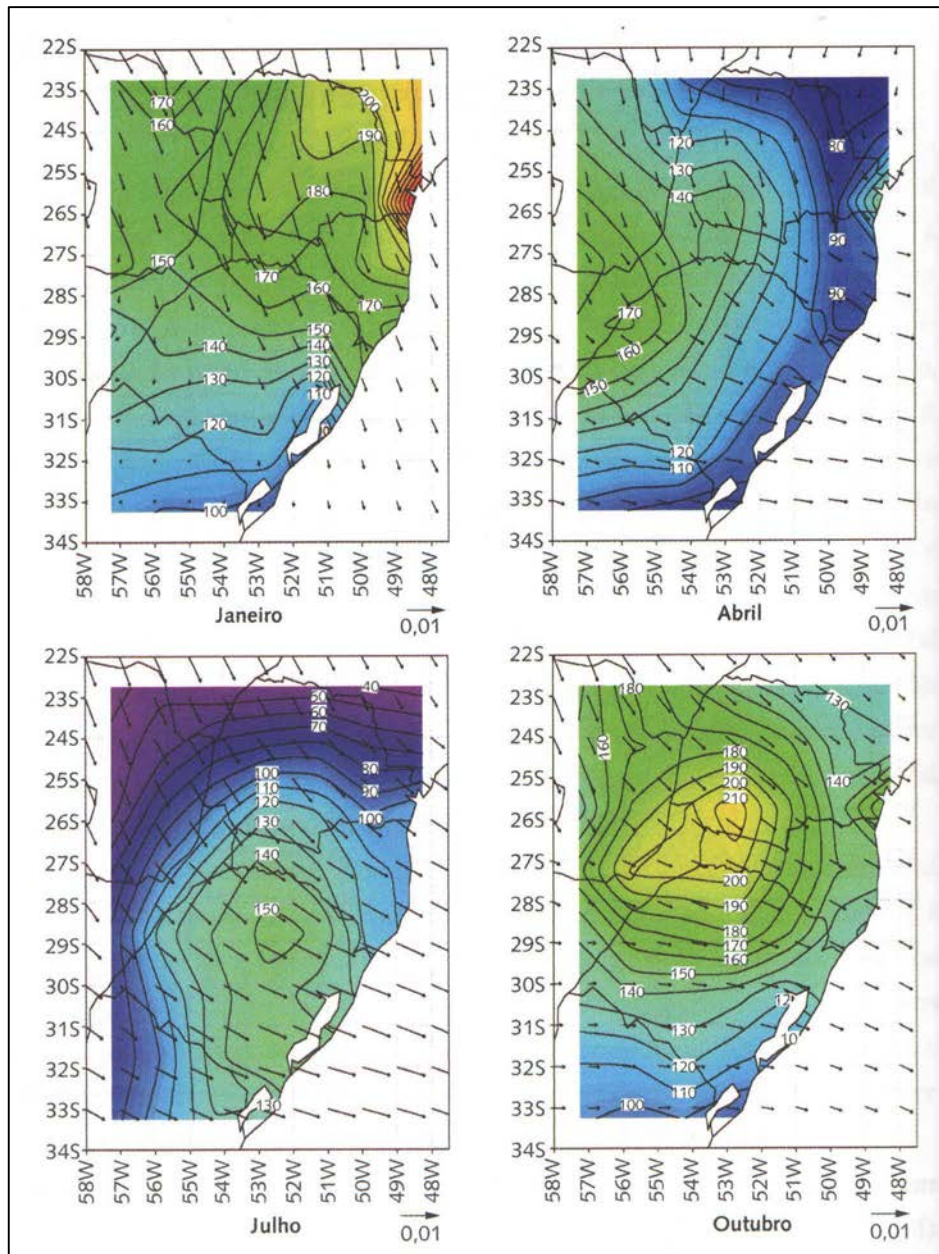
- Temperatura: o inverno é o período com as mais baixas médias de temperatura da região, cerca de 11°C. A influência das altitudes ajuda na produção de geada e, em alguns pontos, precipitação de neve;
- Pressão e ventos: entre os principais sistemas de pressão que são importantes para o clima do RS é possível destacar o centro de baixa pressão intermitente localizado no noroeste da Argentina, Paraguai e sul da Bolívia. Sua origem está ligada à interação entre os Andes, ventos de oeste em altos níveis e o aquecimento da superfície. Durante o verão, esse centro fica mais

extenso e profundo, conhecido como a Baixa do Chaco, o que fortalece o gradiente zonal subtropical de pressão e o comportamento meridional do vento. Assim, os ventos de noroeste são fortalecidos em baixos níveis, conectando os trópicos com a região Sul.

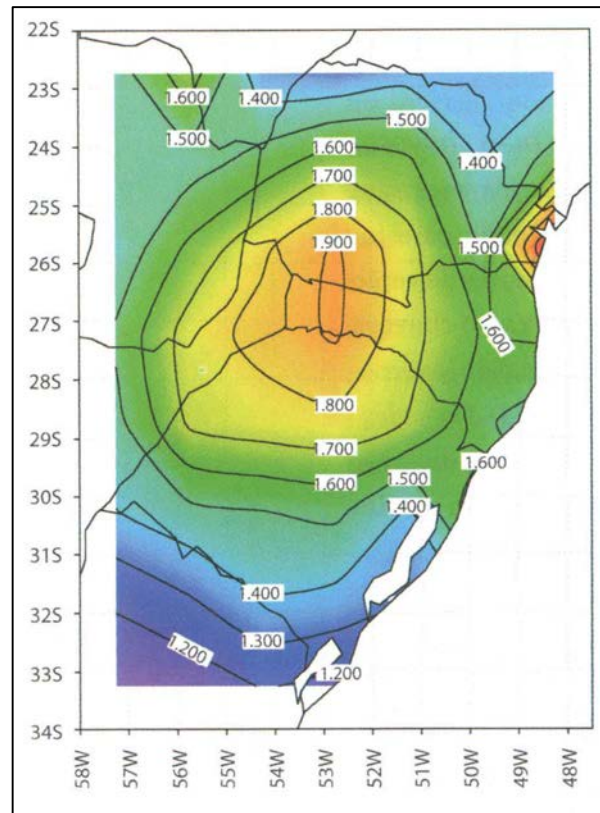
No que se refere à precipitação, especificamente, a autora explica que o RS pode ser classificado como bimodal ou trimodal, com mais de um máximo na estação chuvosa. Na região sudeste do Estado, o inverno é marcado pelo máximo de precipitação, caracterizando um regime de latitudes médias, “onde a chuva resulta de penetrações frontais associadas a ciclones extratropicais migratórios” (GRIMM, 2009, p. 273).

Entretanto, o noroeste do Estado possui o regime trimodal, com máximos no início da primavera, verão e outono, muito influenciado pelos CCM. Esses complexos têm um papel bastante importante na precipitação regional, podendo ser o responsável pelos máximos de precipitação nessa região em janeiro, abril e outubro (Figura 4), contribuindo também para os valores totais anuais de precipitação (Figura 5).

Figura 4 - Precipitação total mensal média (mm).



Fonte: Grimm (2009, p.270)

**Figura 5** - Precipitação total anual na região Sul.

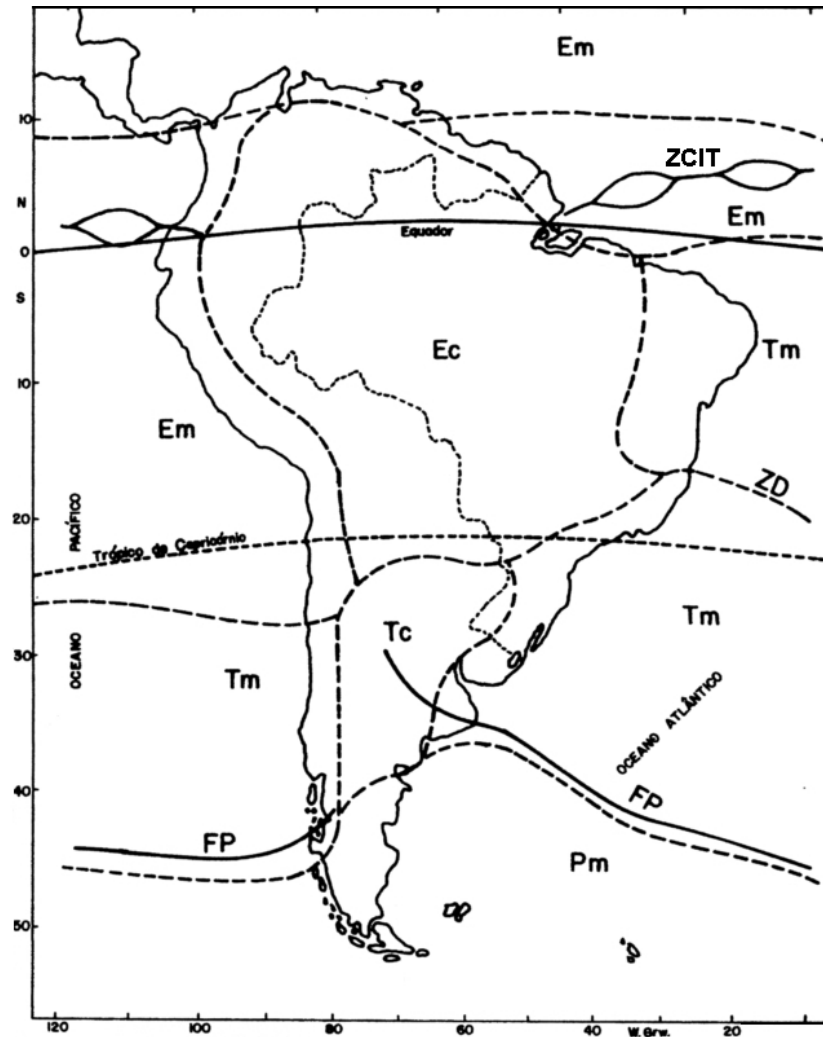
Fonte: Grimm (2009, p.274)

### 3.2.1 As massas de ar e a circulação atmosférica do RS

O Rio Grande do Sul, por estar numa posição geográfica e zonal singular, do ponto de vista climático e meteorológico, está “sujeito a um modelo atmosférico, determinado pela dinâmica dos centros de ação que movimentam as massas de ar” (VIANA, 2006, p.13). O paralelo 30° S, que corta o Estado, é a latitude que separa as zonas tropicais das temperadas, bem como local de atuação dos anticiclones permanentes, o que marca a transição entre as latitudes baixas e as médias (Nimer, 1977).

Dessa forma, o RS está localizado numa zona de influência de massas de ar, como já foi citado anteriormente, provenientes das regiões subpolar e tropical, bem como continental e marítima. Conforme Andrade (1972) e Tubelis e Nascimento (1980), as principais massas que influenciam e atuam no RS são: a Marítima Tropical (Tm), a Marítima Polar (Pm) e a Continental Tropical (Tc).

**Figura 6** - Massas de ar da América do Sul no verão. ZCIT = Zona de Convergência Intertropical; Em = Equatorial Marítima; Tm = Tropical Marítima; Ec = Equatorial Continental; Tc = Tropical Continental; Pm = Polar Marítima; FP = Frente Polar; ZD = Zona de Descontinuidade.



Fonte: Tubelis e Nascimento (1980).

Além disso, Nimer (1977) e Viana (2006) afirmam que a dinâmica meteorológica do RS é influenciada pela presença de dois grandes sistemas de alta pressão, sendo eles o Anticiclone Migratório Polar (AMP) e o Anticiclone Semifixo Tropical (AST). Os AMP são distinguidos por massas de ar frio, e sua origem emana das altas latitudes (60° e 70° S). O AST, por sua vez, está situado na porção central do Atlântico Sul e seu deslocamento sazonal é pequeno. Na região do AST é que se originam as massas de ar Tm, enquanto a Pm provém da região do oceano Circumpolar sul. É o deslocamento e o contato entre essas duas grandes massas de ar, a primeira, quente, e a segunda, fria, que formam a dinâmica atmosférica do RS (TUBELIS E NASCIMENTO, 1980).

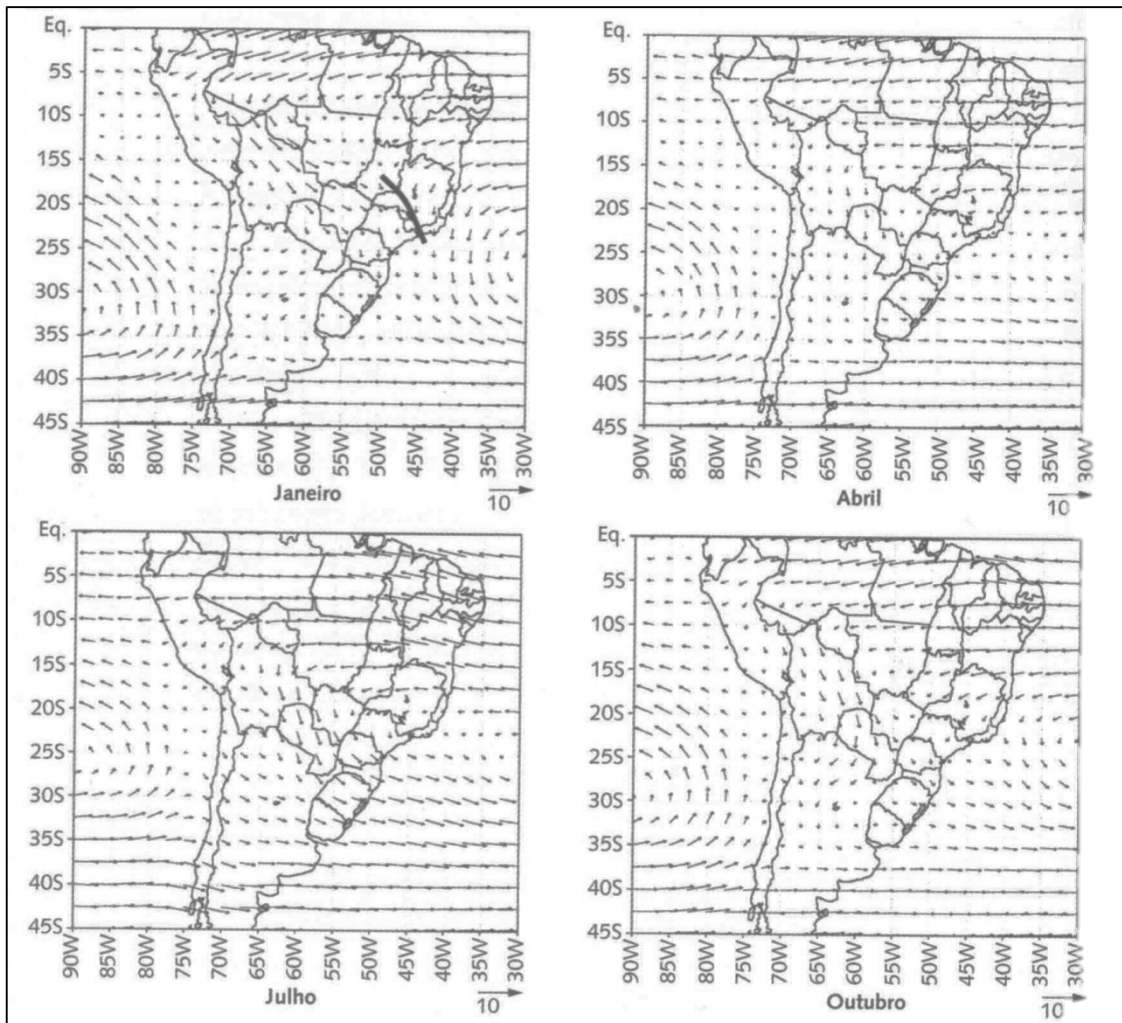


Grimm (2009) destaca, ainda, a circulação atmosférica que compõe o clima regional. Sua compreensão é bastante relevante para entendermos os processos que estão envolvidos na formação e dissipação dos CCM.

A autora afirma que o padrão de circulação em baixos níveis está associado ao deslocamento, entre verão e inverno, da alta do Atlântico Sul. No verão, a alta do Atlântico é deslocada para leste, fazendo com que no oeste ela não penetre no continente. Existe ainda um fluxo transequatorial, que penetra no continente ao norte, é desviado para sudeste e gira ao redor da baixa continental, caracterizando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Assim, parte do fluxo que vem de noroeste converge para essa Zona e parte para o Sul do Brasil, o que determina qual destas regiões vai receber mais precipitação.

No inverno, não há fluxo transequatorial em direção ao Sul, sendo apenas o fluxo do oceano Atlântico Sul que penetra no continente, ao sul do equador. Outra característica importante ocorre nas estações de transição, quando os ventos vindos de norte ficam mais fortes, trazendo altas temperaturas e umidade para o RS (Figura 7).

**Figura 7 - Vento em 850 hPa (m/s).**

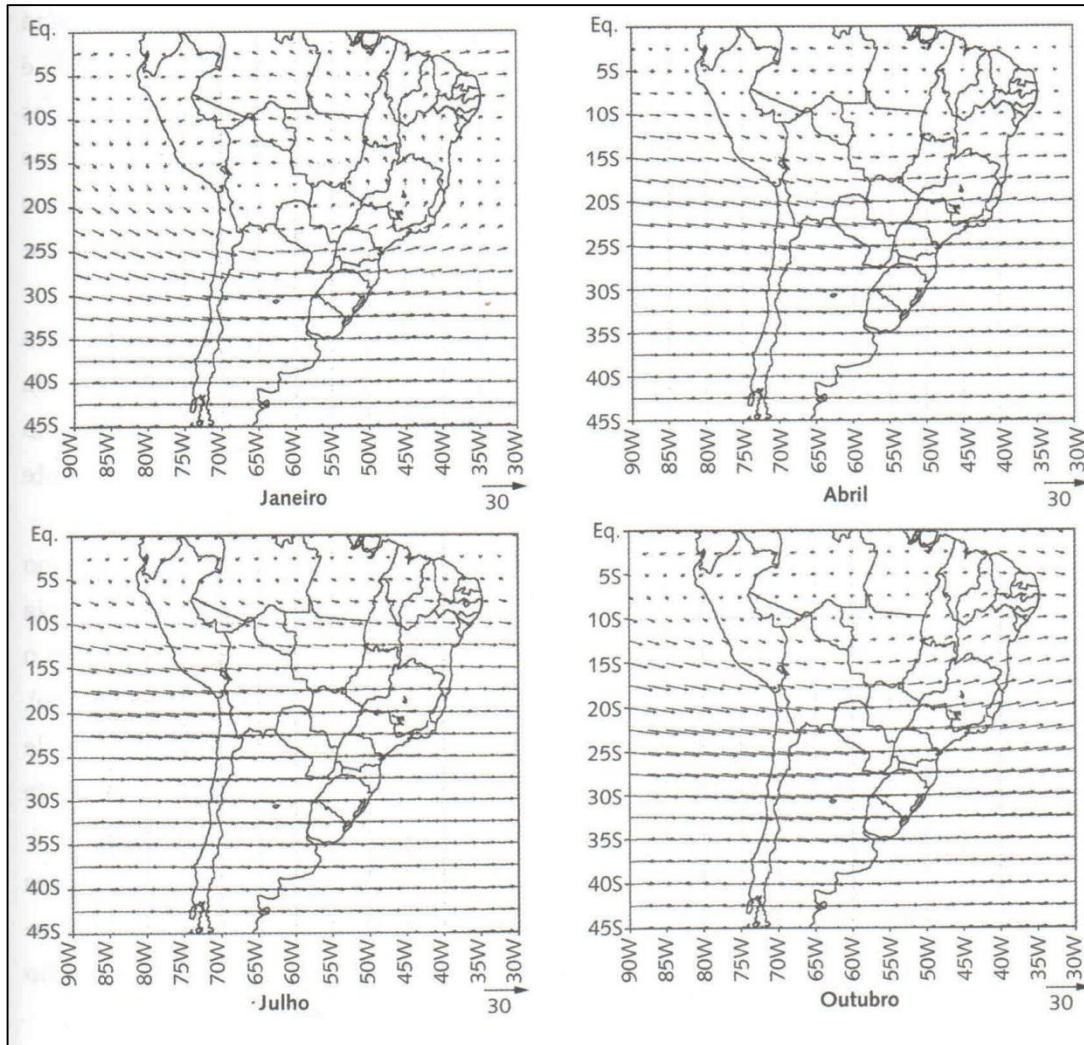


Fonte: Grimm (2009, p.266).

Na alta troposfera, por sua vez, Grimm (2009) ressalta uma circulação bastante diferente. São ventos predominantemente de oeste que ficam sobre a região Sul, os quais podem sofrer diariamente perturbações ondulatórias ligadas à pressão (Figura 8).

“Nas estações de transição, o jato subtropical de altos níveis está centrado sobre o sul do Brasil/nordeste da Argentina, o que influencia os máximos de precipitação na região e a ocorrência de complexos convectivos de mesoescala” (GRIMM, 2009, p. 267).

**Figura 8** - Vento em 200 hPa (m/s).



Fonte: Grimm (2009, p.267)

Pode-se afirmar, então, que a união de todas essas características forma o clima do RS, que está entre um dos cinco grandes compartimentos climáticos do país. Conforme Mendonça e Danni-Oliveira (2007), é importante considerar todos os fatores acima, como a distribuição da temperatura e da pluviosidade registrada, além das características geográficas e a dinâmica das massas de ar citadas anteriormente, para formar o que conhecemos como o clima do RS.

## 4 MÉTODOS E TÉCNICAS

---

Com o intuito de analisar o evento de tempestade severa que atingiu o Rio Grande do Sul, nos dias 22 e 23 de abril de 2011, este trabalho faz uso de alguns métodos e técnicas. Primeiramente, para visualizar e quantificar o CCM faz-se uso das imagens geradas pelo aplicativo FORTRACC e do satélite geoestacionário GOES-12.

Além disso, são utilizados dados de precipitação do INMET, bem como da Defesa Civil do RS, a fim de localizar os municípios que declararam estado de desastre, e ainda foram consultadas matérias do jornal Zero Hora, de 21 de abril a 1 de maio de 2011, para mais informações do evento, de pessoas e de cidades atingidas.

### 4.1 FORTRACC E GOES-12

Para a análise do evento extremo que atingiu o Estado, foram utilizadas imagens do satélite GOES-12 e do aplicativo FORTRACC. Conforme Macedo *et al.* (2004), o satélite geoestacionário GOES-12 produz imagens da América do Sul em cinco canais, de diferentes bandas de comprimento de onda, os quais permitem observar e também quantificar várias características da nebulosidade. Entre as vantagens destas imagens estão a frequência, já que a cada meia hora uma é gerada; a definição espacial, de 4 km, e o caráter operacional, com previsão de serviço contínuo por um período extenso de tempo.

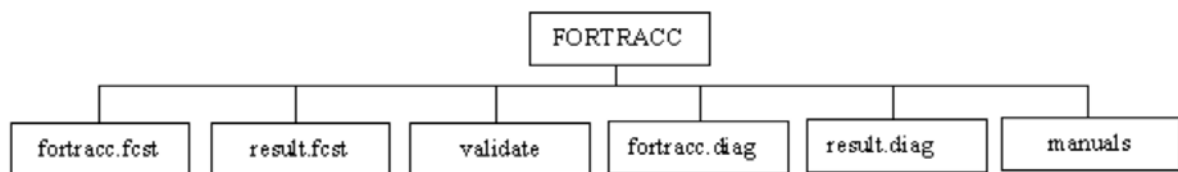
Assim, as imagens GOES-12 permitem que haja o monitoramento de informações para a previsão de impactos de alguns fenômenos meteorológicos e também sua avaliação posterior, na escala de horas. Um exemplo é o monitoramento do crescimento e da velocidade de deslocamento de eventos do tipo CCM (Macedo *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 1998, Machado e Laurent, 2004). É com a utilização de imagens GOES, como base fundamental de dados, que o aplicativo FORTRACC determina as trajetórias e ciclo de vida dos CCM, segundo Macedo *et al.* (2004, p.2):

“O estudo das trajetórias e ciclo de vida dos SC [sistemas convectivos] utiliza imagens no canal infravermelho termal de satélite geoestacionário, baseando-se na similaridade das características morfológicas (reconhecimento de padrões) e na área de superposição entre os SC em imagens sucessivas”.

A partir do guia do usuário do FORTRACC, disponibilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), é possível entender como funcionam o pré-processamento de imagens, a definição dos limiares para a identificação de sistemas convectivos, quais são os cálculos de parâmetros e as variáveis incluídas no processo.

O programa foi desenvolvido em linguagem Fortran e opera na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) em ambiente LINUX. São duas a suas versões: uma operacional, destinada a fazer o *tracking* dos CCM e também prognósticos da evolução desses sistemas para até duas horas (FORTRACC.FCST); e outra não operacional, que realiza apenas os diagnósticos (FORTRACC.DIAG). O programa inclui rotinas que se encontram distribuídas em diretórios, conforme a Figura 9, abaixo:

**Figura 9** - Diretório do FORTRACC.



Fonte: Macedo *et al.* (2004, p.10)

No que se refere às imagens, Macedo *et al.* (2004) explica que são usadas imagens em alta resolução temporal e espacial e com poucas falhas, sejam elas falta de imagens e/ou de linhas nas imagens, para que se possa monitorar os SC. As imagens GOES-12 que estão em projeção satélite, são então reprojctadas para projeção retangular antes de iniciado o processamento pelo FORTRACC. Assim, a imagem composta (Norte + Sul) é recortada para a região de interesse e são criados

arquivos de latitude e longitude para o recorte e um de correspondência entre a navegação da imagem em projeção satélite e o recorte em projeção retangular.

Como os sistemas convectivos, em geral, e os CCM, em particular, são compostos por diversos tipos de nuvens, que variam segundo a sua fase do ciclo de vida, o FORTRACC utiliza limiares diferentes para cada objetivo. Os limiares de 235 K são estabelecidos para definir o sistema convectivo; o de 210 K, para definir as células convectivas imersas no sistema e o de 250 K para detecção precoce dos CCM (ver Quadro 3). A escolha por esses limiares está ligada ao interesse para “a previsão de curto prazo dos SC com maior atividade convectiva”, justifica Macedo *et al.* (2004, p.3).

**Quadro 2** - Limiares de temperatura estabelecidos pelo FORTRACC.

Intervalo de temperatura	Limiar quente (K)	Limiar frio (K)
Detecção Precoce de SC	250 (−23°C)	235 (−38°C)
Rastreamento de SC	235 (−38°C)	210 (−63°C)

Fonte: Macedo *et al.* (2004, p.4).

Com esses limiares, então, são gerados aglomerados de pixels (*clusters*) segundo dois critérios: o de rastreamento de sistemas convectivos, que constituem todos aqueles sistemas cujo tamanho em pixels seja superior a um valor mínimo N, para o limiar quente (235 K ou −38°C), e a detecção precoce, que são todos aqueles sistemas cujo tamanho no limiar quente seja superior a N, mas cujos topos frios (limiar frio) tenham um tamanho inferior a N.

Conforme Macedo *et al.* (2004), dentre os parâmetros calculados, considerando os limiares de temperatura para cada sistema convectivo, estão:

a) Parâmetros morfológicos

- Tamanho do SC (número de pixels e área em km<sup>2</sup>). As coordenadas de latitude e longitude do centro geométrico do SC são levadas em conta;
- Raio efetivo do SC: é o raio de um círculo cuja área seja igual a área do sistema,

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (4.1)$$

Onde  $r$  representa o raio efetivo;

- Fração convectiva e número de células convectivas: as células convectivas são definidas como os aglomerados de pixels que possuem a temperatura de brilho imediatamente mais baixa que o limiar inferior, neste caso 210 K;
- Tamanho das cinco maiores células convectivas encontradas no SC;
- Eixo de inércia;
- Inclinação e excentricidade do SC: o cálculo é baseado numa representação no plano de todos os pontos do sistema. Após a aplicação da metodologia dos mínimos quadrados nos pontos, a reta gerada (e sua ortogonal) serão os novos eixos de inércia. Logo, os pontos ( $LAT_i$ ,  $LON_i$ ) são projetados no novo sistema cartesiano ( $xx_i$ ,  $yy_i$ )

$$\begin{aligned} xx_i &= LON_i \cos \beta + LAT_i \sin \beta \\ yy_i &= LON_i \sin \beta + LAT_i \cos \beta \\ \beta &= \tan^{-1} \alpha \end{aligned} \quad (4.2)$$

onde

$$\alpha = \frac{(N \sum LAT_i LON_i - \sum LAT_i \sum LON_i)}{N \sum LAT_i^2 - (\sum LAT_i)^2} \quad (4.3)$$

o valor  $\beta$  representa a inclinação do sistema.

A excentricidade é calculada a partir das seguintes equações:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{|xx(max) - xx(min)|}{|yy(max) - yy(min)|} \\ \varepsilon &= \frac{|yy(max) - yy(min)|}{|xx(max) - xx(min)|} \end{aligned} \quad (4.4)$$

b) Parâmetros radiativos

- Temperaturas média e mínima do sistema;
- Temperatura média das cinco maiores células convectivas;

c) Parâmetros de localização

- Coordenadas do centro geométrico;
- Coordenadas do centro geométrico das cinco maiores células convectivas;
- Data e hora (GMT).

Ainda no que se refere ao guia do usuário do CPTEC para o FORTRACC, é possível listar alguns parâmetros que são calculados pelo programa, como mostra o Quadro 4.

**Quadro 3** - Principais parâmetros calculados pelo FORTRACC.

<b>SYS</b>	Número de identificação do SC
<b>XLAT</b>	Latitude do centro de massa do SC
<b>XLON</b>	Longitude do centro de massa do SC
<b>TIME</b>	Intervalo de tempo em relação ao horário da imagem
<b>SIZE</b>	Tamanho do SC em pixels
<b>DSIZE</b>	Taxa de expansão do SC
<b>TMED</b>	Temperatura média do SC
<b>DTMED</b>	Taxa de variação da temperatura média do SC
<b>TMIN</b>	Temperatura mínima do SC
<b>DTMIN</b>	Taxa de variação da temperatura mínima
<b>TMIN9</b>	Média do kernel de 9 pixels (análise da vizinhança)
<b>DTMIN9</b>	Taxa de variação de TMIN9
<b>CBNUM</b>	Quantidade de topos frios
<b>VEL</b>	Velocidade do CM do SC em relação ao seu posicionamento na imagem anterior
<b>DIR</b>	Direção da velocidade do centro de massa do SC
<b>INCLI</b>	Inclinação do SC
<b>ECCE</b>	Excentricidade do SC
<b>CLA</b>	Classificação do SC
<b>SYS_ANT</b>	Identifica qual o SC anterior que originou o atual

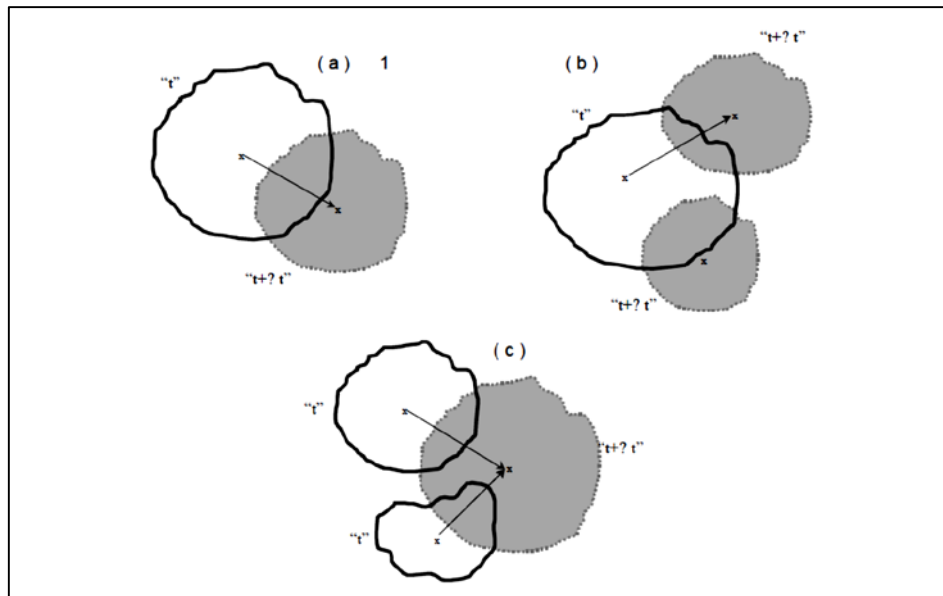
Fonte: Macedo *et al.* (2004, p.16)



Quanto às variáveis incluídas no acompanhamento dos sistemas convectivos, é usado o critério de máxima superposição da área dos SC em imagens sucessivas. Assim, o número de 150 pixels é adotado como o mínimo considerável para a continuidade do sistema em um  $\Delta t = 30$  minutos. Macedo *et al.* (2004) afirma que se a superposição for menor o SC não é considerado como sendo o mesmo do tempo anterior. São quatro as situações consideradas neste algoritmo de acompanhamento:

- 1) **Sistema novo ou de geração espontânea (N):** é aquele que é identificado numa imagem e não está presente na imagem anterior, ou não cumpre com o critério de mínima superposição dos SC.
- 2) **Continuidade (C):** é aquele sistema que é identificado numa imagem e está presente na imagem anterior, cumprindo com o critério de mínima superposição dos SC. Essa situação pode ser visualizada na Figura 10a.
- 3) **Split (S):** quando no tempo "t" existe um sistema que cumpre com o critério de mínima superposição dos SC com dois ou mais sistemas no tempo "t+ $\Delta t$ ". Neste caso, o maior sistema no tempo "t+ $\Delta t$ " é considerado como a continuidade do SC no tempo "t". Essa situação pode ser visualizada na Figura 10b.
- 4) **Merge (M):** quando no tempo "t" existem dois ou mais SC que cumprem com o critério de mínima superposição com só um sistema no tempo "t+ $\Delta t$ ". Neste caso, cada um dos SC no tempo "t" são considerados como a continuidade de diferentes famílias de sistemas. Essa situação pode ser visualizada na Figura 10c.

**Figura 10** - Cálculo de velocidade e direção de propagação do SC.



Fonte: Macedo et al (2004, p.7)

Em relação às imagens GOES-12, especificamente, foram coletadas em formato JPEG, realçadas, referente aos dias 21 a 24 de abril de 2011. Isso permite a visualização, trajetória e abrangência do evento extremo que atingiu o Estado. Em intervalos de tempo de meia em meia hora, nos dois dias críticos do evento, e de duas em duas horas nos dias anterior e posterior, o total de imagens obtidas foi de 293 itens.

## 4.2 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Para obter os valores de precipitação, que foram acumuladas durante o CCM, são utilizados os dados armazenados pelas estações meteorológicas, automáticas e convencionais, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Mesmo quando não havia estação localizada no município que decretou emergência para a Defesa Civil, dados de estações vizinhas foram coletadas para verificação.

Conforme as notas técnicas do INMET (2011), uma estação meteorológica automática coleta, a cada minuto, as informações de temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos e radiação solar da área em que está localizada. De hora em hora, os dados são integralizados e estão

disponíveis para serem transmitidos para a sede do INMET em Brasília, onde são validados e armazenados em um banco de dados.

Dentre os elementos que compõem uma estação automática estão: o subsistema de coleta de dados, no qual sensores medem a cada minuto parâmetros meteorológicos a serem observados, como temperatura, umidade, precipitação acumulada etc; o subsistema de armazenamento, que possui um processador central para o registro dos valores coletados; o subsistema de energia, que torna a estação independente de energia elétrica, por meio de baterias e um painel solar que as alimenta, bem como um subsistema de comunicação, o qual faz a transmissão dos dados coletados e armazenados na memória.

Entre os requisitos para a instalação de uma estação está a existência de uma área livre de obstruções naturais e prediais, que esteja em uma área gramada mínima de 14 m por 18 m, com tela metálica para evitar a entrada de animais. As notas técnicas do INMET (2011, p.3), ainda destacam que “os sensores e demais instrumentos são fixados em um mastro metálico de 10 m de altura, aterrado eletricamente (malha de cobre) e protegido por para-raios”. Ainda dentro do cercado, mas fora do mastro, estão os aparelhos para as medições de chuva (pluviômetro) e de radiação solar, bem como a antena para a comunicação.

No que se refere às estações meteorológicas convencionais, os dados do INMET explicam que elas são compostas de vários sensores isolados, os quais registram continuamente os parâmetros meteorológicos de pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar etc. Esses dados são lidos e anotados por um observador, em intervalos determinados, que os envia para o centro coletor.

#### 4.3 DADOS DA DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL

A fim de saber quais os municípios do RS foram atingidos com o evento de tempestade severa, dos dias 22 e 23 de abril de 2011, foram coletados dados na página web da Defesa Civil do Estado. Em seu banco de informações aparecem todos os municípios que tenham decretado estado de emergência e/ou desastre, ou seja, que tenham sido atingidos por eventos extremos.

Assim, o caminho seguido para a obtenção das informações desejadas segue a ordem a seguir: entrada no site da Defesa Civil

(<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>), acesso ao item *Área dos Municípios* e depois entrada no item *Municípios Atingidos – Ativos e Arquivados – Eventos a partir de 2011*. Neste item, foram preenchidas as datas durante e posteriores ao evento extremo, dias 22 a 25 de abril de 2011, para saber quais cidades haviam relatado estragos à Defesa Civil após a passagem do evento extremo e que tipo de desastre as havia atingido (exemplo: vendaval, granizo, enxurrada).

Dessa forma, obteve-se como resultado que 25 municípios decretaram algum tipo de acontecimento negativo, após a passagem do evento de tempestade, sendo que 76 % afirma terem sido atingidos por enxurrada (Quadro 5).

#### 4.4 MATÉRIAS DO JORNAL ZERO HORA

Por fim, a coleta de dados foi complementada pela seleção de matérias divulgadas no jornal Zero Hora, de circulação estadual pelo RS. A fim de saber quais situações de desastre chegaram à imprensa, foram selecionadas as edições dos dias 21 de abril a 1º de maio de 2011.

A partir da análise dessas reportagens jornalísticas, é possível saber com maiores detalhes, dos estragos registrados no site da Defesa Civil do RS, o que aconteceu nos municípios mais atingidos pelo CCM aqui estudado. Assim, as leituras das matérias mostraram-se fundamentais para o conhecimento de casos específicos de estragos, prejuízos e perdas de vidas humanas.

#### 4.5 O MÉTODO DE ANÁLISE

##### 4.5.1 Classificação de CCM

Através do uso do aplicativo FORTRACC foi feita a identificação do CCM que atuou sobre o RS. A equipe do DSA-INPE disponibilizou um arquivo texto com as informações dos principais parâmetros calculados no FORTRACC, referentes aos SC ocorridos entre os dias 20 e 24 de abril de 2011. A partir desse arquivo, foi feita a importação e seleção, em software MS Excel, do evento de interesse para análise neste trabalho, que atuou sobre o RS entre os dias 22 e 23 de abril de 2011.

Como o arquivo continha todos os SC que atuaram sobre a América do Sul, no período acima citado, houve a necessidade de uma triagem detalhada do

material específico para esta pesquisa. Portanto, foi definido que, primeiramente, seriam selecionados os SC que se formaram entre os dias 22 e 23 de abril, entre as latitudes 20° e 40° S, e entre as longitudes 50° e 60° W, já que o objetivo é analisar somente os sistemas que atuaram sobre o RS.

Com base nos dados pré-selecionados, foram destacados ainda os SC que estavam sobre o território estadual, efetivamente, e foi traçada a trajetória do evento em mapa, através do Software Quantum Gis, desde o seu estágio inicial até o começo da sua dissipação.

Na sequência, foram escolhidos os campos de interesse para a classificação de CCM, conforme método utilizado por Viana (2006). Esses campos estão detalhados no Quadro 5. Somente após esse processo de seleção é que foi possível analisar o evento meteorológico, com base nos critérios descritos no capítulo dois, e nos parâmetros do FORTRACC descritos neste capítulo.

No caso da visualização do evento e da localização da área de abrangência do mesmo, foram utilizadas as imagens do satélite GOES-12 (realçadas) e do próprio FORTRACC, disponíveis para consulta na página online do CPTEC. A partir dessas imagens, foi possível selecionar apenas o fenômeno que, em algum momento de seu ciclo de vida, teve a sua área de nebulosidade atuando sobre o Estado.

**Quadro 4** - Campos selecionados para a classificação de CCM.

<b>Código</b>	<b>Descrição do Parâmetro</b>
<b>DATA</b>	Data de início do SC
<b>HORA</b>	Hora de início do SC
<b>SYS</b>	Número de identificação do SC
<b>SYS_ANT</b>	Identifica o SC anterior que originou o atual
<b>CLA</b>	Classificação do SC (Novo, Continuidade, <i>Split</i> , <i>Merge</i> )
<b>XLAT</b>	Latitude do centro de massa do SC
<b>XLON</b>	Longitude do centro de massa do SC
<b>TIME</b>	Intervalo de tempo em relação ao início do SC
<b>SIZE</b>	Tamanho do SC em pixels (topos com limiar de temperatura $\leq -38^{\circ}\text{C}$ )
<b>TMED</b>	Temperatura média do SC (K)
<b>TMIN</b>	Temperatura mínima do SC (K)
<b>CBNUM</b>	Quantidade de topos frios (topos com temperatura $\leq -63^{\circ}\text{C}$ )
<b>CBMED</b>	Tamanho médio dos topos frios (pixels)
<b>TAM_A (*)</b>	Tamanho do SC em $\text{km}^2$ (limiar $\leq -38^{\circ}\text{C}$ )
<b>TAM_B (*)</b>	Tamanho do núcleo frio do SC em $\text{km}^2$ (limiar $\leq -63^{\circ}\text{C}$ )
<b>ECCE</b>	Excentricidade do SC

(\*) Campos calculados no MS Excel.

Ainda com base nos métodos aplicados por Viana (2006), foram calculados, no MS Excel, os campos TAM\_A e TAM\_B. esses cálculos foram feitos para converter os valores dos campos que estão em pixel para  $\text{km}^2$ , no arquivo enviado pelo DSA-INPE. Assim, como o tamanho do pixel do satélite GOES-12 corresponde a uma área de  $4 \times 4 \text{ km}$ , um pixel equivale a uma área total de  $16 \text{ km}^2$ , por isso o cálculo das áreas dos CCM foram obtidos através das equações exibidas abaixo.

$$\text{TAM}_A = \text{SIZE} \times 16 \quad (4.5)$$

$$\text{TAM}_B = \text{CBNUM} \times \text{CBMED} \times 16 \quad (4.6)$$

Já o cálculo do TAM\_B foi pensado por Viana (2006) para que haja uma estimativa do tamanho do núcleo frio do sistema. Isso porque o campo CBNUM (Quadro 5) indica o total de topos frios das nuvens Cb presentes no SC e o campo

CBMED estima o tamanho médio desses Cb. Assim, o autor afirma que esse cálculo se mostra como uma das únicas possibilidades de estimar o tamanho do núcleo frio dos SC e permite uma aproximação apropriada do tamanho da área, em km<sup>2</sup>, do limiar de temperatura inferior a -52°C (para Maddox) e -63°C (para FORTRACC) (VIANA, 2006).

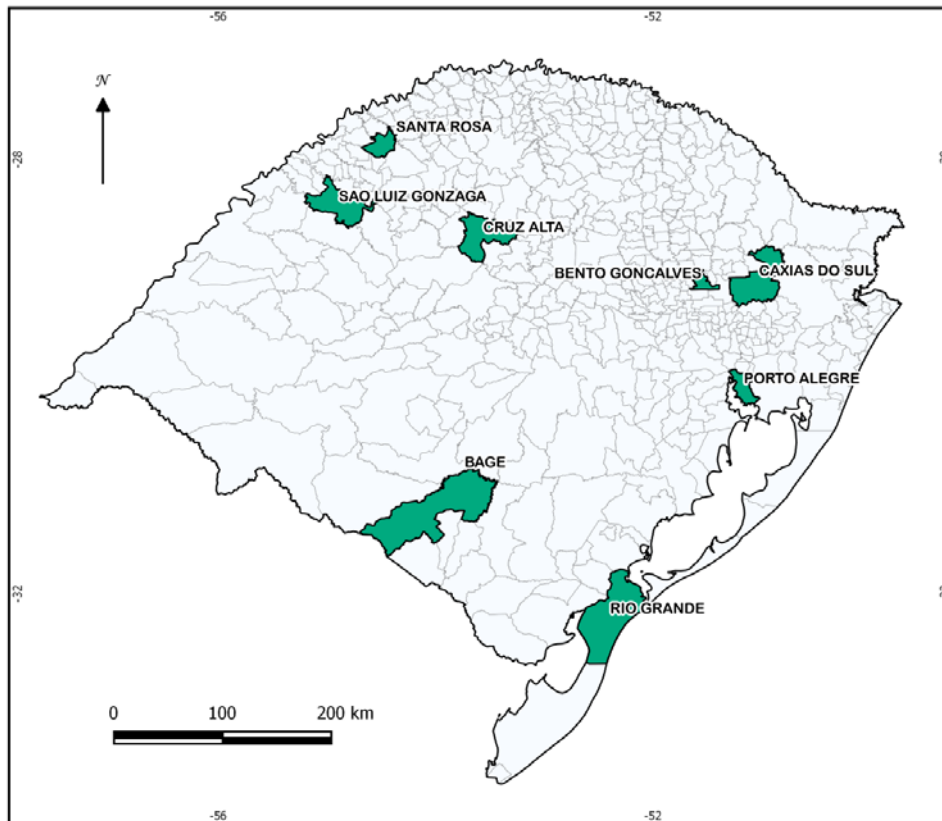
Outro fator analisado foi o vento em altitude e em baixos níveis. A fim de verificar se havia a presença dos jatos de baixos níveis, provenientes da Amazônia, e dos jatos de altos níveis, foram plotados os componentes meridional e zonal do vento (U e V) em 850 hPa e 250 hPa. Através do software MatLab e com o uso dos dados NCEP/NCAR *Reanalysis 1*, do site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), foi possível visualizar as direções e intensidades dos ventos no dia do evento meteorológico aqui estudado (latitude 10 N até 60 S e longitude 120 W até 0).

#### **4.5.2 Análise da precipitação**

Para avaliar a precipitação que ocorreu durante os dias em que o evento de CCM atingiu o RS, foram selecionadas as estações automáticas de cidades próximas àquelas atingidas pelo evento meteorológico. Ou seja, caso a cidade que decretou estado de emergência não tivesse estação meteorológica própria, os dados foram coletados da estação mais próxima. As estações selecionadas para análise neste trabalho foram: Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Cruz Alta, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Rosa e São Luiz Gonzaga (Figura 11).

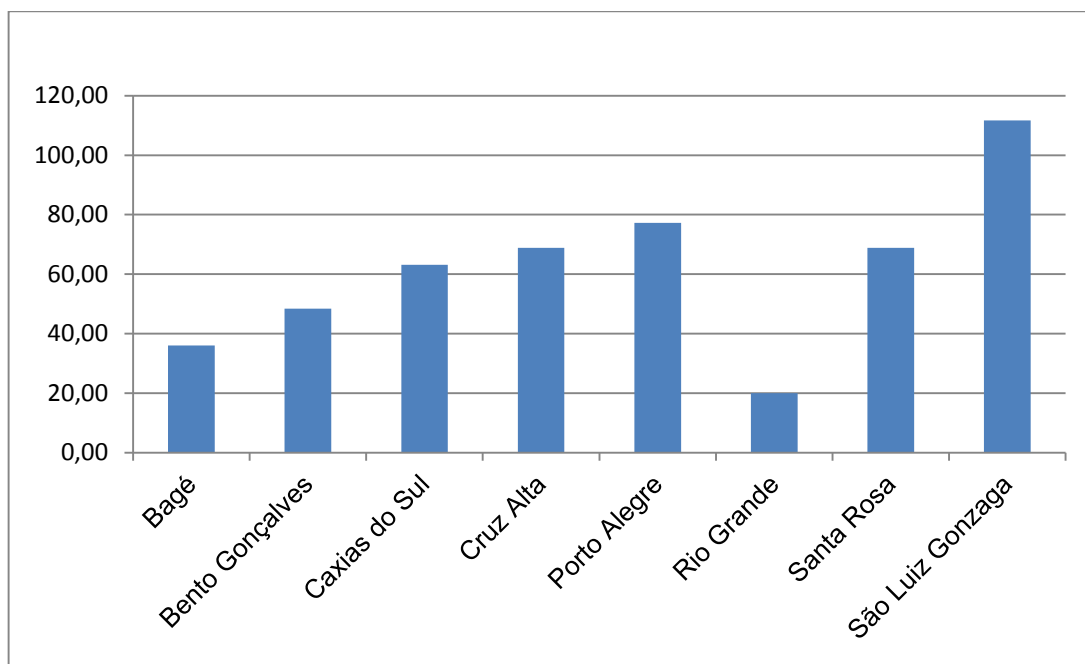
Outro fator determinante na seleção das estações foi a existência ou não de séries de 30 anos das mesmas (climatologia 1975-2004), a fim de poder ter um parâmetro climatológico para avaliar a precipitação do período aqui estudado.

**Figura 11** - Localização das estações meteorológicas do INMET no RS.



A partir daí, pegou-se os valores de precipitação das estações automáticas no INMET, ocorridos entre os dias 22 e 23 de abril de 2011, e destacou-se os horários que tiveram maior concentração de precipitação em cada um dos municípios e que condiziam com o período de passagem do CCM. Esses valores horários foram somados, formando o acumulado de precipitação para cada cidade, o que foi considerado neste trabalho como o período em que o CCM atuou naquela localidade. Em seguida, fez-se gráfico comparativo do acumulado de precipitação que atingiu cada uma das estações meteorológicas aqui analisadas, referente ao período de atuação do evento extremo (Figura 12).



**Figura 12** - Precipitação pluviométrica acumulada durante o CCM (mm).

Além disso, pegou-se também os valores acumulados diários da precipitação, entre os dias 22 e 23 de abril, disponíveis para as cidades que possuem apenas estações convencionais. Esses valores serviram de parâmetro de comparação para verificar se a quantidade de precipitação que atingiu os municípios era significativa, em relação à quantidade esperada para o mês de abril.

Para que a interpretação e comparação entre os valores acumulados de precipitação, durante a passagem do CCM e o que era esperado para o mês inteiro, pudessem ser feitos, coletou-se os dados das normais climatológicas de 1975-2004, referentes ao mês de abril. Esse valores provém do trabalho de Viana *et al.* (2006) e foram calculados com base nas informações do INMET e da FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do RS).

#### 4.5.3 Consulta do jornal Zero Hora e Defesa Civil

Para fazer uma quantificação sobre os desastres que atingiram os municípios do RS e também saber mais detalhes do ocorrido, não informados na tabela de dados da Defesa Civil do Estado, foram utilizadas matérias do jornal Zero Hora. Os textos foram, então, analisados em seu conteúdo a fim de encontrar informações

sobre as consequências da tempestade severa no RS e, especificamente, em alguns municípios mais atingidos.

A partir da leitura das notícias e da coleta de informações no jornal, fez-se uma comparação com os dados da Defesa Civil para ver se as situações de desastre lá descritas estavam em concordância com os relatos do veículo de comunicação.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

---

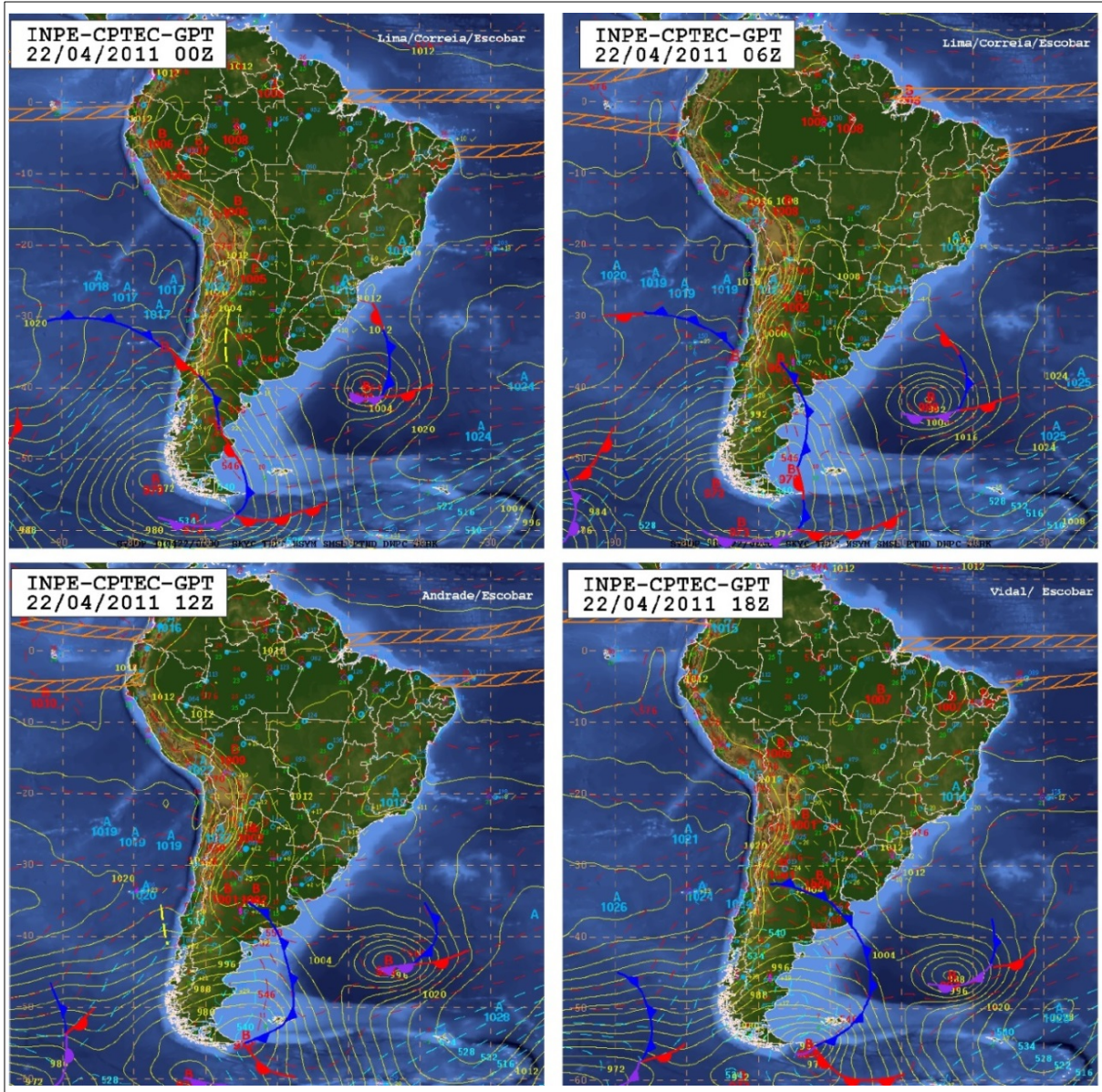
### 5.1 CCM

Após a análise dos dados do aplicativo FORTRACC, enviados pelo CPTEC e tabulados no MS Excel, das imagens de satélite GOES-12 e da análise sinótica, também disponível no site do CPTEC, é possível analisar o CCM que atuou sobre o Rio Grande do Sul, entre os dias 22 e 23 de abril de 2011, e destacar os fatores que o determinam, que serão descritos e discutidos neste capítulo.

O primeiro ponto em destaque nas características desse CCM é o fato de que não há nenhum outro evento meteorológico atuando sobre a região sul do Brasil, especificamente sobre o RS, no dia 22 de abril de 2011, data em que o evento começa a se formar (Figura 13). Isso confirma o que já foi abordado no capítulo dois, de que os CCM não são fáceis de serem previstos, pois não costumam estar associados aos sistemas meteorológicos, como linhas de instabilidade e frentes frias. Segundo Maddox (1980), dependem da quantidade de umidade disponível na atmosfera, em baixos níveis, da circulação do ar, em altos níveis, e da circulação atmosférica local.

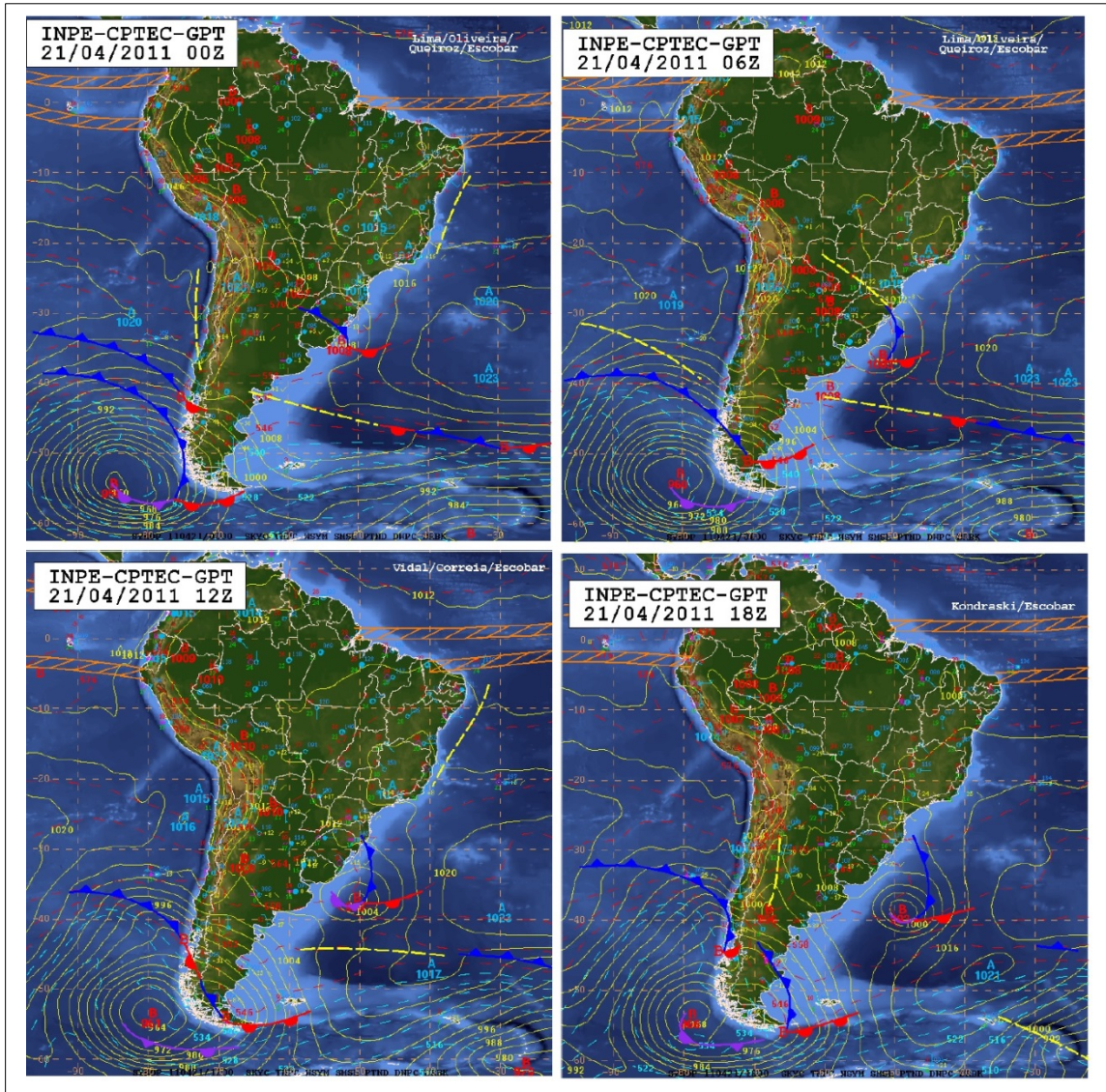
Dessa forma, observando as imagens da análise sinótica entre o período de 21 a 23 de abril de 2011, percebe-se que no dia anterior ao início do CCM (dia 21) houve uma passagem de frente fria sobre o Estado, como se pode ver na Figura 14. Entretanto, no período de formação do evento, essa frente já está deslocada para o oceano Atlântico, formando um sistema frontal em oclusão a leste da Região Sul do Brasil. Assim, o RS está sem a presença de eventos meteorológicos neste dia, ambiente condizente com o esperado para a formação de CCM (Figura 13).

**Figura 13** - Análise sinótica do dia 21 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 22 de abril de 2011, às 15h (horário local).



Fonte: CPTEC

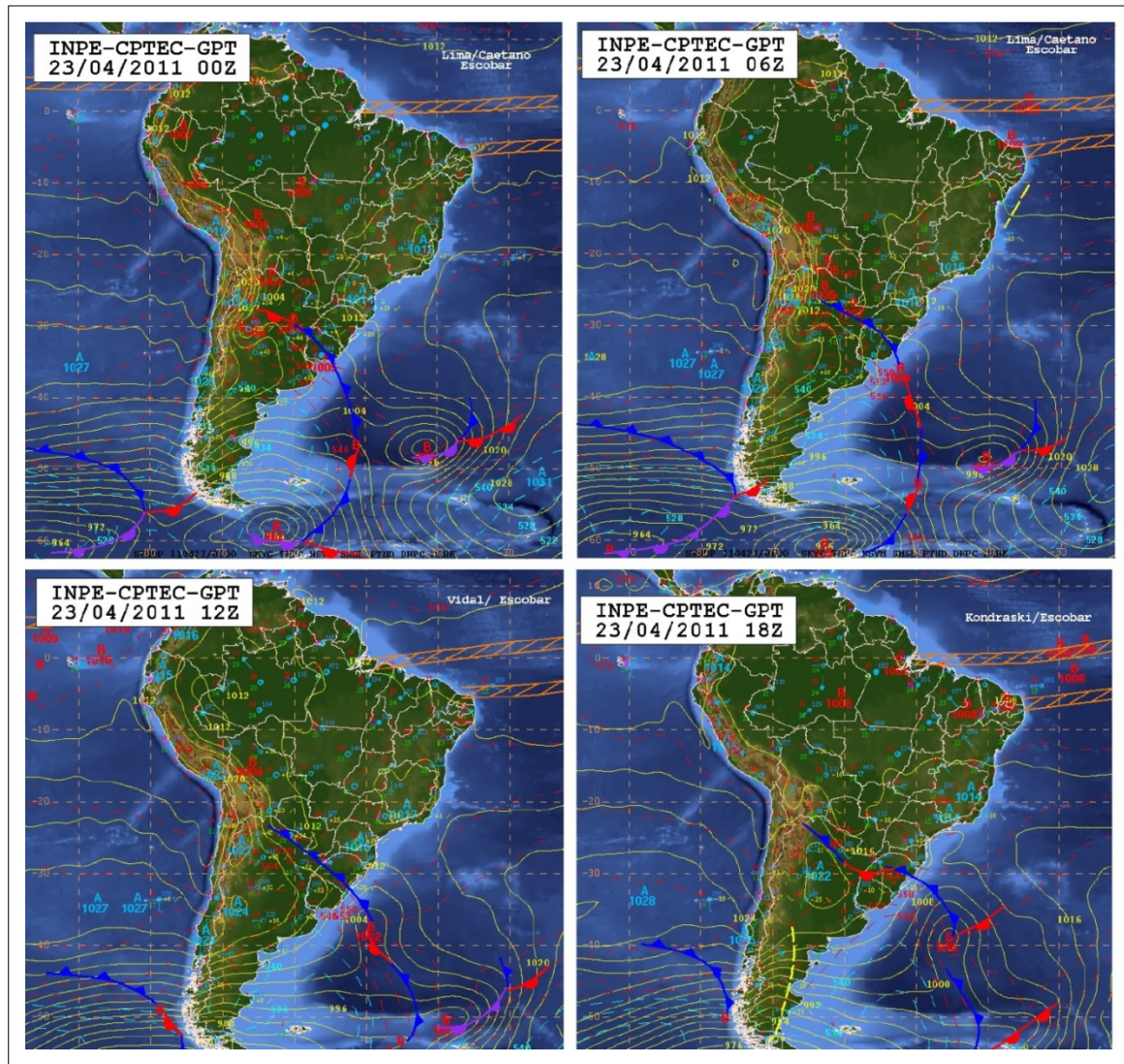
**Figura 14** - Análise sinótica do dia 20 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 21 de abril de 2011, às 15h (horário local).



Fonte: CPTEC

Contudo, na madrugada do dia 23, quando o CCM se intensifica consideravelmente e acaba por atingir a sua máxima extensão, percebe-se uma frente fria se aproximando do RS. Primeiramente, ela está atuando entre o Uruguai, o extremo sul e oeste do RS e o norte da Argentina, às 3h do horário local (Figura 15). Às 9h, essa frente já está atuando no Sul do Estado, período em que o CCM começa a se dissipar.

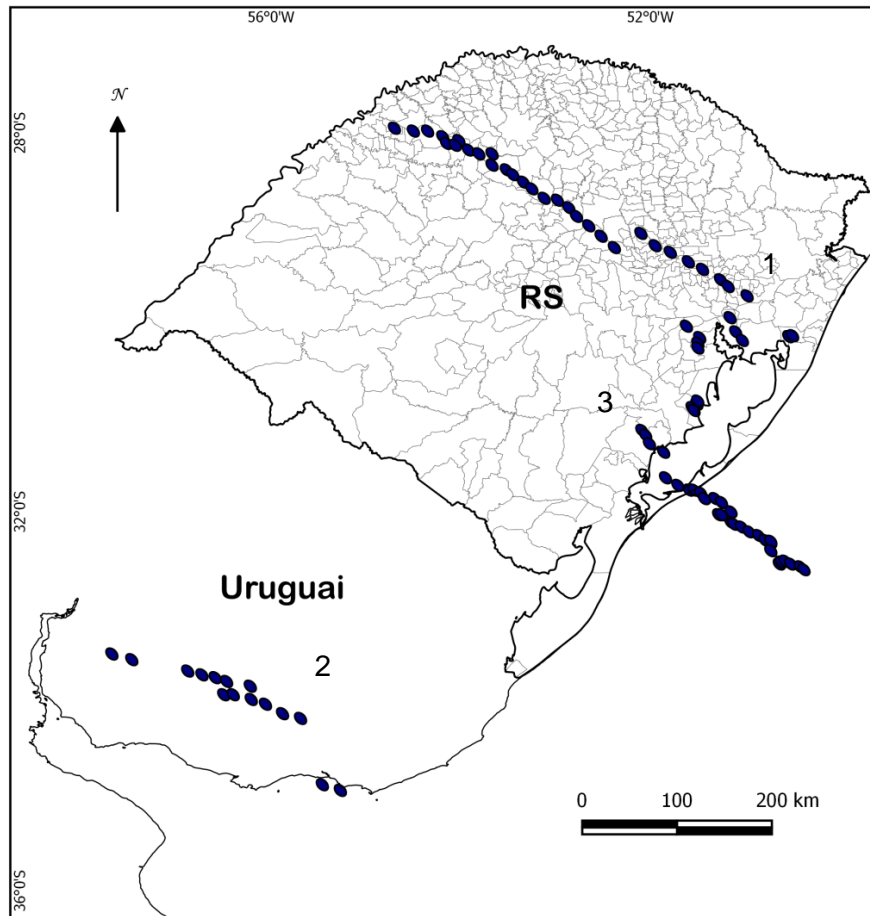
**Figura 15** - Análise sinótica do dia 22 de abril de 2011, às 21h (horário local), ao dia 23 de abril de 2011, às 15h (horário local).



Fonte: CPTEC

Entre esses dois períodos, acima citados, ocorre a fusão do SC, que vem crescendo desde o noroeste do RS, com outro SC, que estava atuando sobre o Uruguai (Figura 16). Com base nessas informações é possível sugerir que esta frente fria, que veio do sul do continente, pode ter forçado a migração em direção a nordeste do SC uruguaio, fazendo-o encontrar e fundir (*merge*) com o SC que estava sobre o RS. Essa fusão, portanto, é a responsável pela máxima extensão do CCM, que, na sequência, atinge 948.144 km<sup>2</sup> e excentricidade de 0.91, na latitude 32°61' S e longitude 50°38' W.

**Figura 16** - Trajetória dos SC. O sistema 1 e 2 se unem e formam o 3.

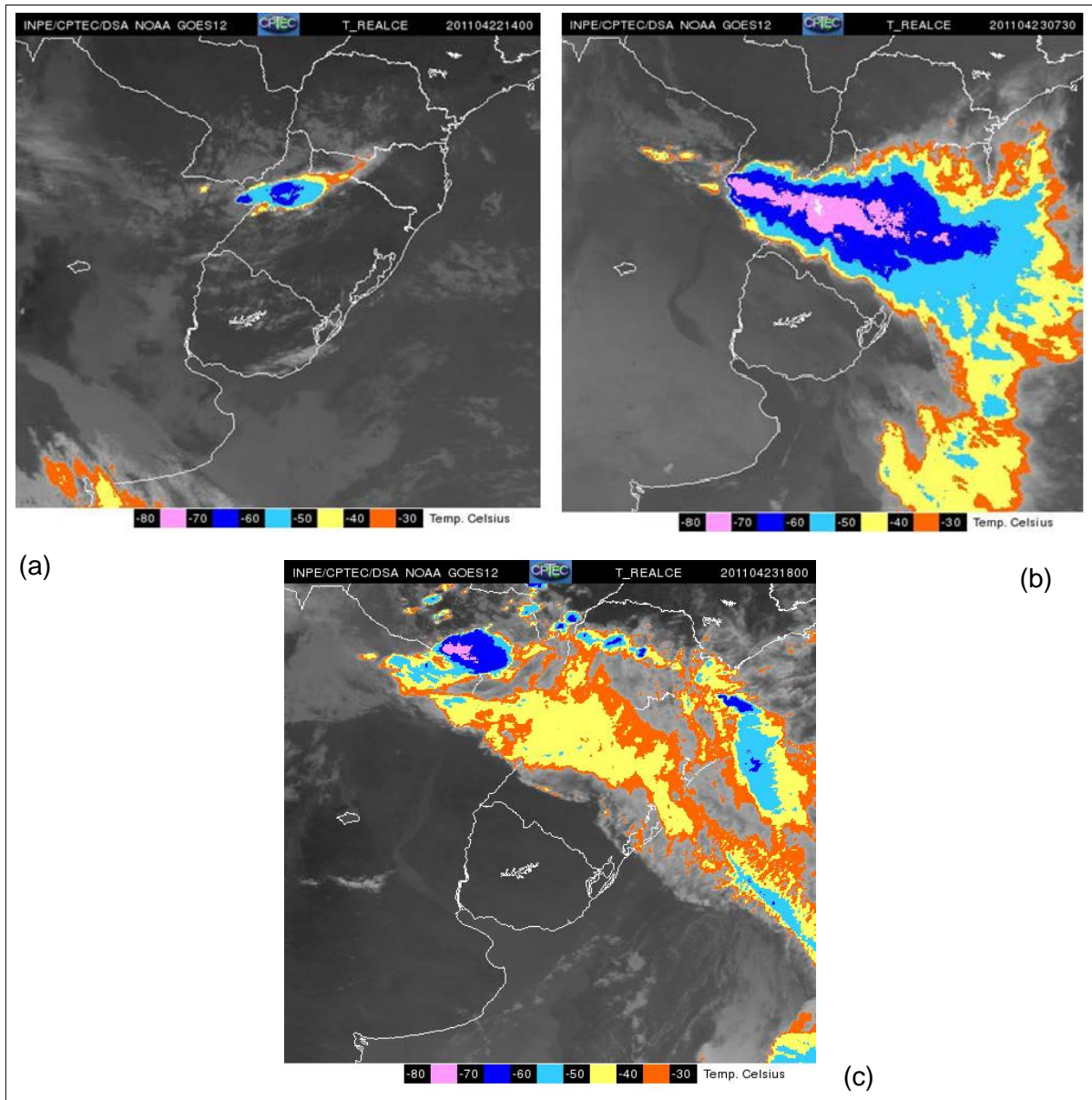


Além disso, a presença da frente fria (do dia 23) remete à discussão já sugerida por Viana *et al.* (2009, p.288), que observou que alguns CCM no RS se desenvolvem em condições pré-frontais, ou seja, “o avanço da massa de ar frio atua como a brisa de vale-montanha, impulsionando a convecção”.

Após esse momento, quando o sistema frontal estacionário já está entre o oeste do RS e o norte da Argentina, com um ramo frio entre o centro do RS e o Atlântico, às 15h do horário local (Figura 15), percebe-se que o CCM já está se dissipando, perdendo a sua força e seu tamanho, migrando para leste (Figura 17c).

Através das imagens do satélite GOES-12 (realçadas e em horário UTC), dos dias 22 e 23 de abril de 2011, é possível ver os estágios: inicial (Figura 17a), de máxima extensão (Figura 17b) e de dissipação do CCM (Figura 17c).

**Figura 17** – Estágios: inicial (a), de máxima extensão (b) e de dissipação do CCM (c) em 22 e 23 de abril de 2011.

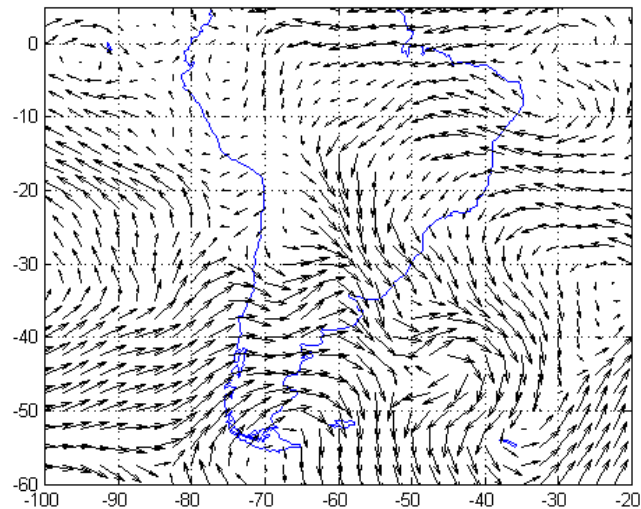


Fonte: CPTEC

É importante notar ainda que, apesar de os valores da excentricidade do CCM ficarem maiores que 0,7 apenas após a fusão (*merge*) dos dois SC, configurando-se assim um CCM maduro de fato, os valores da excentricidade vêm crescendo constantemente desde o seu estágio de formação (ver Anexo 2). Ou seja, o evento vai passando sobre o RS e sendo alimentado cada vez mais pela umidade proveniente da região amazônica, através do jato de baixo nível, o qual sofre advecção pela presença constante do jato de alto nível sobre a região do RS (Figuras 18 e 19).

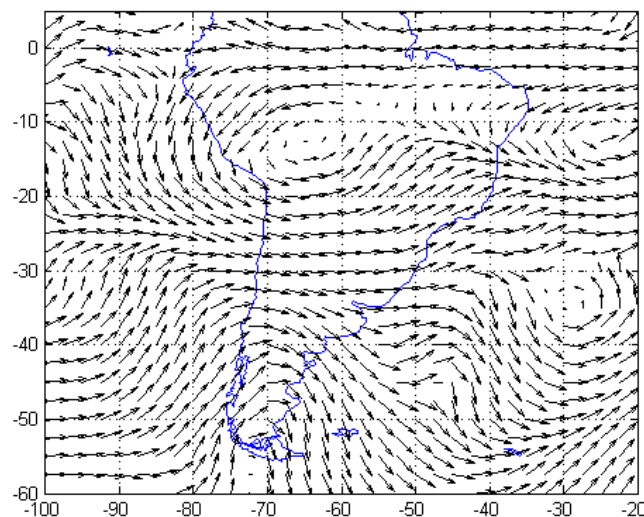


**Figura 18** - Ventos em 850 hPa (22/04/11, às 8h).



A presença desses jatos também enfatiza os requisitos para a formação de CCM, pois a presença dos jatos de altos e baixos níveis está condizente com os critérios explicados no capítulo dois. Percebe-se que no dia 22, às 8h, do horário local, duas horas antes de começarem a aparecer as primeiras nuvens do SC, havia a presença marcante dos jatos de baixos níveis, trazendo umidade da região amazônica para o RS, bem como dos jatos de altos níveis, propiciando a formação de nuvens Cb.

**Figura 19** - Ventos em 250 hPa (22/04/11, às 8h).



Assim, o CCM vai crescendo e se intensificando, provocando precipitação severa pela região onde passa o seu centro, mas também em locais que estão encobertos pela nebulosidade que o compõe. Mesmo fora da zona central do SC,

essas regiões com nuvens espessas continuam, então, sendo atingidas pela precipitação, mesmo algumas horas após a passagem do centro de ação.

O número de horas que o CCM atuou sobre o RS também condiz com os critérios estabelecidos no capítulo dois. Foram cerca de 9h30min de atuação, desde o surgimento das primeiras nuvens, no noroeste do Estado, até o momento do *merge* com o SC que veio do Uruguai. A partir daí, foram mais 9h de crescimento e intensificação até começar a se dissipar sobre o oceano Atlântico. Mesmo com parte das horas finais do evento já sobre as águas, é possível afirmar que ele cumpre o seu período médio de duração de 20h, previstos para a América do Sul (VELASCO e FRITSCH, 1987; CAMPOS *et al*, 2008, DURKEE e MOTE, 2009).

Além disso, Maddox (1980) e Silva Dias (1996) haviam estimado o crescimento vertical, num intervalo de 6 a 12h, associadas a eventos de fortes rajadas de vento e intensa precipitação, o que também descreve o CCM aqui estudado. Isso porque, além de ele ter crescido intensamente nesse período, os desastres registrados pelas cidades, na Defesa Civil, são exatamente relacionados ao excesso de precipitação e a vendaval.

Embora o seu crescimento e trajetória tenham sido marcados sobre o RS ao longo do dia 22, o seu ápice e intensificação mais significativos, como um CCM de fato, acontecem durante a noite, após às 19h. Conforme previsto por Velasco e Fritsch (1987), os valores de área e excentricidade atingem o seu máximo na madrugada, às 4h30min do dia 23, totalmente em concordância com os critérios de o CCM estar relacionado ao período noturno.

Outro ponto importante deste CCM está relacionado ao momento da sua dissipação e desaparecimento, dentro dos estágios de um CCM estabelecidos por Cotton *et al*. (1989). O evento, aqui observado, realmente começa a morrer durante a manhã do dia 23, ao mesmo tempo em que vai se deslocando para leste, como previsto na teoria desses autores.

Importante destacar ainda que o ápice do CCM, atingido apenas após o *merge*, faz com que o evento seja ainda mais extremo no momento em que já está localizado sobre o oceano Atlântico. É nessa ocasião, que o CCM, então, fica mais intenso e com sua máxima extensão e possibilidade de tempestades ainda mais severas do que durante a sua passagem sobre o RS.

Se, enquanto o seu centro de ação estava sobre o estado, antes de se tornar maior e mais violento, os estragos causados pelo CCM já atingiram 25 municípios

gaúchos, com vendavais, granizo, enchentes e enxurradas, é possível sugerir que a tempestade no oceano foi ainda mais intensa, livrando a região do RS de desastres ainda maiores.

## 5.2 PRECIPITAÇÃO

Em relação aos dados analisados de precipitação, é possível perceber que a quantidade de precipitação acumulada no dia da passagem do CCM, em algumas cidades do RS, foi próxima à quantidade de precipitação esperada para todo o mês de abril.

A climatologia utilizada foi a série de 1975-2004, elaborada por Viana *et al.* (2006) com dados disponibilizados pela FEPAGRO e INMET, e calculados a partir dos acumulados mensais de precipitação das estações meteorológicas. Os únicos casos em que se utilizou a série de 1961-1990, do INMET, foram: para a estação de Bento Gonçalves, pois essa não tinha dados atualizados para 1975-2004, e para os dados de quantidade máxima de precipitação em 24h, por município. As estações meteorológicas, que condizem com locais de passagem do CCM, estão destacadas abaixo (Tabela 2).

**Tabela 2** - Precipitação esperada para o mês de abril e máximo acumulado, em 24h, em abril.

Nome da Estação	Precipitação acumulada - mm (1975-2004)*		Máx. acumulado 24h - mm Abril (1961-1990)	
	Abril	Anual	Ano	Valor
Bagé	175	1506	1977	86,3
Bento Gonçalves*	92,7	1.683,7	1972	90,0
Caxias do Sul	139	1755	1988	80,5
Cruz Alta	149	1714	1983	142
Porto Alegre	121	1443	1980	89,3
Rio Grande	112	1346	1975	41,4
Santa Rosa	159	1752	1984	183,9
São Luiz Gonzaga	210	1940	1983	150,6

\*Exceto para Bento Gonçalves (1961-1990)

Os dados de precipitação do evento também estão tabulados para mostrar o acumulado de precipitação no período de atuação do CCM no RS (Tabela 2).

**Tabela 3** - Precipitação acumulada durante o CCM no RS.

Nome da Estação	CCM (22 a 23 de abril de 2011)	
	Acumulado diário (mm)	Acumulado (mm) na passagem do evento (em horas)
Bagé	36	16,6
Bento Gonçalves	sem estação convencional	48,4
Caxias do Sul	63,2	sem estação automática
Cruz Alta	64	68,8
Porto Alegre	77,2	76,4
Rio Grande	20	sem estação automática
Santa Rosa	sem estação convencional	68,8
São Luiz Gonzaga	111,7	sem estação automática

Em Porto Alegre, dos 121 mm esperados para o mês de abril, 77,2 mm foram acumulados em 24h, entre os dias 22 e 23 de abril (das 9h às 9h horário local), dos quais, 76,4 mm foram contabilizados apenas num período de 13h (das 18h às 7h, dos dias 22 para 23). Ou seja, apesar da cidade não ter decretado estado de emergência para a Defesa Civil, essa quantidade de precipitação, se pensada para as cidades atingidas na Região Metropolitana, pode ser considerada também como acima da média. São elas Portão, Tabaiá, Sapiranga, Novo Hamburgo, Montenegro, Capela de Santana, Harmonia, São Sebastião do Caí, Ivoti, Lindolfo Collor, Pareci Novo, Parobé, Paverama e Fazenda Vilanova.

No caso de Harmonia, e das outras cidades citadas posteriormente a ela, que são municípios localizados entre a capital e a região da Serra Gaúcha, estações como a de Bento Gonçalves e Caxias do Sul também podem ser consideradas para estimar a quantidade de precipitação. Em Caxias do Sul, o acumulado nas 24h, entre os dias 22 e 23 de abril (das 9h às 9h horário local), alcançou cerca de 45% da precipitação esperada para todo o mês de abril (139 mm). Esse total de 63,2 mm em apenas um dia é bastante precipitação para ser administrada pelas cidades, além de ser muito próximo ao total acumulado em 24h, de acordo com a climatologia 1961-1990, que foi de 80,5 mm no ano de 1988. Em Bento Gonçalves, choveu 48,4 mm

em 10h de evento, enquanto o esperado para o mês inteiro era de 92,7 mm, ou seja, mais da metade da precipitação de abril precipitou em algumas horas na cidade. Todos esses valores, portanto, deixam evidências de que essa região recebeu uma quantidade bastante significativa de precipitação durante a passagem do CCM.

As estações de São Luiz Gonzaga e Santa Rosa foram coletadas para a quantidade de precipitação nas cidades de Cândido Godói, Porto Xavier e São Paulo das Missões, afetadas por enxurrada ou vendaval durante o CCM. Ambas registraram precipitação acima do esperado para um dia. Segundo a climatologia 1975-2004, no mês de abril a precipitação esperada para São Luiz Gonzaga seria de 210 mm e nas 24h entre os dias 22 e 23 foram acumulados 111,7 mm de precipitação na estação. Isso indica que mais de 50% do total esperado para o mês choveu em apenas 24h, o que explica o impacto do CCM nessas pequenas cidades do noroeste do RS. Em Santa Rosa, dos 159 mm estimados, acumulou 68,8 mm em apenas 6h, o que representa mais de 40% do esperado para todo o mês.

Em Cruz Alta, o valor de 68,8 mm de precipitação, que atingiu a cidade em menos de 24h, representa cerca de 50% da precipitação esperada para abril (149 mm). Esta estação pode representar a quantidade de precipitação que afetou cidades próximas, como Arvorezinha. Este município, que registrou na Defesa Civil o evento de enxurrada, também pode ter a sua precipitação relacionada com os valores da estação de Caxias do Sul, mencionada anteriormente.

Para o caso do município de Piratini, único ao sul do RS que decretou estado de emergência, é possível avaliar a precipitação através dos dados das estações de Bagé e Rio Grande. Nesta última, dos 112 mm esperados para o mês de abril, acumulou 20 mm nas 24h, entre os dias 22 e 23 de abril (das 9h às 9h horário local). Em Bagé, a precipitação durante as mesmas 24h (36 mm) representa cerca de 20% do total estimado pela climatologia (175 mm). Embora estes dois valores de precipitação não tenham sido tão significativos quanto os de outras estações, citadas acima, foi o suficiente para a precipitação de granizo causar estragos na cidade de Piratini.

A precipitação acumulada durante o evento de CCM, em comparação com a climatologia 1975-2004, é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 4** - Precipitação acumulada no CMM e a climatologia 1975-2004.

<b>Estação</b>	<b>Cidades correspondentes</b>	<b>Série 1975-2004 (mm)</b>	<b>CCM (mm)</b>
Bagé	Piratini	175	36
Bento Gonçalves	Harmonia, São Sebastião do Caí, Ivoti, Lindolfo Collor, Pareci Novo, Parobé, Paverama e Fazenda Vilanova	92,7	48,4
Caxias do Sul	Harmonia, São Sebastião do Caí, Ivoti, Lindolfo Collor, Pareci Novo, Parobé, Paverama, Arvorezinha e Fazenda Vilanova	139	63,2
Cruz Alta	Arvorezinha	149	68,8
Porto Alegre	Portão, Tabai, Sapiranga, Novo Hamburgo, Montenegro, Capela de Santana, Harmonia, São Sebastião do Caí, Ivoti, Lindolfo Collor, Pareci Novo, Parobé, Paverama e Fazenda Vilanova	121	77,2
Rio Grande	Piratini	112	20
Santa Rosa	Cândido Godói, Porto Xavier e São Paulo das Missões	159	68,8
São Luiz Gonzaga	Cândido Godói, Porto Xavier e São Paulo das Missões	210	111,7

Todos esses valores bastante elevados de precipitação acumulada durante o evento de CCM condizem com as consequências de tempestades severas que são esperadas com a passagem desse tipo de evento. Mesmo não tendo atingido a sua máxima extensão e excentricidade sobre o RS, como foi comentado anteriormente, o CCM que passou entre 22 e 23 de abril de 2011 conseguiu chegar próximo aos acumulados de precipitação esperado para o mês inteiro, em apenas 24h (Tabela 3).

### 5.3 DESASTRES REGISTRADOS NA DEFESA CIVIL DO RS

Ao analisar os dados dos municípios que se reportaram à Defesa Civil do RS, após a passagem do CCM, percebeu-se que os eventos registrados estavam ligados a ocorrência de vendaval, enxurrada, enchente ou granizo. Assim, pode-se afirmar que durante o período de 22 e 23 de abril de 2011, foram 25 municípios atingidos pelo evento extremo de tempestade severa. Desse total, 76% foram atingidos por enxurradas, conforme dados do Quadro 5.

**Quadro 5** - Municípios atingidos pelo CCM de 22 e 23 de abril de 2011.

<b>Data do evento</b>	<b>Município</b>	<b>Tipo de evento</b>
22/04/2011	Arvorezinha	Enxurrada
22/04/2011	Capela de Santana	Enxurrada
22/04/2011	Fazenda Vila Nova	Vendaval
22/04/2011	Montenegro	Enxurrada
22/04/2011	Novo Hamburgo	Enxurrada
22/04/2011	Piratini	Granizo
22/04/2011	Santa Cruz do Sul	Enxurrada
22/04/2011	Sapiranga	Enxurrada
22/04/2011	Teutônia	Vendaval
23/04/2011	Taquari	Enxurrada
23/04/2011	Tabaí	Vendaval
23/04/2011	São Sebastião do Caí	Enxurrada
23/04/2011	São Paulo das Missões	Vendaval
23/04/2011	Porto Xavier	Enxurrada
23/04/2011	Portão	Enxurrada
23/04/2011	Paverama	Enxurrada
23/04/2011	Parobé	Enxurrada
23/04/2011	Pareci Novo	Enxurrada
23/04/2011	Lindolfo Collor	Enxurrada
23/04/2011	Ivoti	Enxurrada
23/04/2011	Igrejinha	Enxurrada
23/04/2011	Harmonia	Enxurrada
23/04/2011	Cândido Godói	Enxurrada
23/04/2011	Bom Retiro do Sul	Enxurrada
23/04/2011	Bom Princípio	Enchente

Fonte: Defesa Civil do Rio Grande do Sul.

#### 5.4 ANÁLISE DAS NOTÍCIAS NO JORNAL ZERO HORA

Para perceber a informação passada para a população, através da imprensa, e também conseguir dimensionar um pouco melhor os estragos que o evento de CCM deixou pelo RS, segundo registros da Defesa Civil expostos no Quadro 5, foram consultadas algumas notícias do jornal Zero Hora (ZH).

É possível identificar, pelo texto do dia 22 de abril de 2011 (matéria no Anexo 3), que a passagem de precipitação forte, granizo e ventania de até 70 km/h foram

previstas para o final do dia, devido à instabilidade atmosférica presente. No entanto, não foi mencionado que tipo de evento meteorológico seria esse, nem a sua dimensão real, com possibilidade de desastre. Sendo assim, percebe-se que a afirmativa de Maddox (1980) quanto à dificuldade de previsão dos CCM, segue valendo para o RS.

Já no jornal do dia 23, os relatos do desastre aparecem. Com o título “Temporal provoca duas mortes”, o texto comenta os estragos, as pessoas mortas, a falta de luz e o alagamento no RS, principalmente na Região Metropolitana e Vale do Taquari, locais onde ficam muitas das cidades que decretaram emergência para a Defesa Civil do RS (Quadro 5 e Anexo 3).

O início da notícia já revela uma situação típica da passagem de um CCM, com precipitação bastante concentrada em poucas horas e atingindo todo o RS: “Em 30 minutos no final da tarde de ontem, um temporal alagou ruas, derrubou árvores e postes e transtornou a vida de milhares de pessoas no Estado” (ZERO HORA, 2011). Além disso, o texto comenta que as nuvens tinham até 10 km de altura e o temporal veio acompanhado de vento e granizo; também fala que havia ar quente no RS, o que indica a presença do jato de baixo nível.

No caso da Região Metropolitana, bastante afetada, o relato da mesma notícia deixa detalhes sobre a precipitação, com base nas informações da Somar Meteorologia. “Em Porto Alegre, tudo começou por volta das 17h30min. Em uma hora, choveu 27,2 milímetros na cidade, o equivalente a 30% da média do mês”, diz ZH. A matéria segue e afirma que, na manhã do dia 23, ainda pode haver precipitação, o que condiz com a nebulosidade ainda vista durante este dia, enquanto o CCM se dissipava, nas imagens do satélite GOES-12 (Figura 17).

Ainda no dia 24, seguem informações sobre os desastres no Estado. A cidade de Novo Hamburgo, que está na lista da Defesa Civil apresentada anteriormente, tem destaque como um cenário de “tragédia do temporal, onde três crianças da mesma família morreram após desmoronamento na noite de sexta-feira (22)”. O texto segue explicando, simplificadamente, o evento meteorológico sem ainda atribuir-lhe o nome de CCM.

De acordo com a meteorologista, Estael Sias, entrevistada pelo jornal, a tempestade estava relacionada ao encontro de uma área de instabilidade, que veio do Noroeste do RS, com as altas temperaturas que estavam, principalmente, no Vale do Taquari e Região Metropolitana. Assim, as nuvens aumentaram muito rápido



e causaram os temporais e estragos. Ela lembra ainda que, durante a noite, com a aproximação da frente fria que veio da Argentina, a precipitação forte foi prolongada e aumentou os impactos. Essa explicação corrobora o que pode ser visto nas imagens sinóticas do CPTEC (Figuras 14, 15 e 16) e o que aconteceu durante os estágios de vida do CCM aqui estudado.

Nas matérias posteriores, a evidência já é para o fim dos temporais e a chegada da frente fria sobre o RS, com a queda brusca de temperaturas e tempo seco.

Alguns dias após a passagem do CCM (1º de maio de 2011), no entanto, o jornal fez uma matéria bastante explicativa sobre o ocorrido e, então, definiu o evento como CCM. O repórter Marcelo Gonzatto fala sobre as evidências de o clima do RS estar se tornando mais severo, com aumento da quantidade de precipitação, temperatura média e instabilidade (Anexo 3).

Os dados abordados confirmam as estações de transição como as mais propícias para esses eventos de tempestades, conforme já foi verificado por diversos autores citados no capítulo dois. Além disso, a matéria traz um infográfico (esquema com ilustração e explicação textual) que mostra uma das imagens do satélite GOES-12, usada neste estudo, para indicar a presença e a dimensão do CCM sobre o RS. Em seguida, conceitua, brevemente, o que são os CCM e faz uma comparação entre tamanho e duração desses sistemas na Bacia do Prata e nos Estados Unidos.

Por fim, a consulta às matérias do jornal ZH ajudam ainda a quantificar os estragos registrados com a passagem do CCM. Entre eles estão: 200 mil casas sem luz, entre a Região Metropolitana e o Vale do Taquari; ruas alagadas, árvores e postes derrubados; 12 pessoas mortas no RS; dois aviários destruídos e um chiqueiro em Teutônia; deslizamento de terras com casas soterradas em Novo Hamburgo, Igrejinha, Fazenda Vilanova; alagamento na estrada ERS-122, com água na altura da porta dos carros; transbordamento do arroio Lajeado e alta do Rio Pardinho, em Santa Cruz do Sul; interdição de pista em alguns trechos da BR-116, e, em Piratini, o granizo danificou carros e casas, feriu moradores e destelhou parcialmente um posto de saúde e uma escola.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A América do Sul, além dos Estados Unidos, é uma das regiões que registra a atuação de eventos atmosféricos extremos, os quais possuem formato circular, desenvolvimento rápido, entre 10 e 20h, e que são de difícil previsão, classificados por Maddox (1980) como CCM. Entre as principais características dos CCM, formados nas regiões subtropicais do Hemisfério Sul, é possível destacar a sua região de ocorrência preferencial, as quais são: o norte da Argentina, Paraguai e sul do Brasil, durante a primavera e o verão. No Rio Grande do Sul, em especial, a atuação desse evento é responsável por, aproximadamente, 13 desastres por ano (ABDOULAEV *et al.*, 1996).

Neste trabalho, o interesse em estudar os CCM está ligado à necessidade de analisar o evento meteorológico que afetou o Rio Grande do Sul nos dias 22 e 23 de abril de 2011. Com características típicas de CCM, rapidez na sua formação, dimensões e impactos significativos no Estado, foram usados métodos e técnicas apropriados para a análise desse CCM específico.

Dessa forma, após a análise dos dados ambientais gerados pelo aplicativo FORTRACC, imagens de satélite GOES-12 e da análise sinótica, juntamente com dados de ventos e precipitação coletados, foi possível detalhar as características desse CCM. Entre outros atributos, o aplicativo FORTRACC revela que a excentricidade do evento vai crescendo, ao longo da sua formação, até atingirem valores acima de 0,7, caracterizando a morfologia arredondada essencial para que o SC seja do tipo CCM. Valores de latitude e longitude mostram que sua trajetória iniciou no noroeste e seguiu para o leste do RS. Esse é exatamente o padrão de trajetória descrito em estudos anteriores sobre CCM no RS.

Além disso, as cartas sinóticas do período mostram que não havia outro evento meteorológico atuando sobre o Estado no dia da formação do CCM (22 de abril de 2011), uma das características especiais desse tipo de evento. Os jatos de baixos níveis (850 hPa) estavam fortalecidos e trazendo umidade da região amazônica para o RS (de N-S), juntamente com a presença dos jatos de altos níveis (250 hPa), atuando para forçar a advecção dessa umidade e formação rápida de nuvens do tipo Cb (de W-E).

Os valores de precipitação, observados em 19h30min de evento, atingiram quase ou mais da metade do total esperado para o mês de abril, confirmam a intensidade deste evento extremo e os desastres associados. Levando em conta as oito estações aqui utilizadas (Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Cruz Alta, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Rosa e São Luiz Gonzaga), a média de precipitação esperada para abril, de acordo com climatologia (1975-2004), é de 144,7 mm. Calculando os acumulados para estas mesmas oito estações, no dia do evento (22/23 de abril de 2011), registrou-se o valor médio de 61,8 mm de precipitação. Isso quer dizer que, em apenas um dia, a atuação do CCM provocou uma precipitação média que representa 43% do esperado para o mês, nas cidades mais atingidas, o que caracteriza um volume de precipitação acima do esperado para 24h.

Em destaque, está o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, uma das mais atingidas durante o CCM. Com registros de deslizamentos de terra e três mortes, teve mais de 60% da precipitação (76,4 mm), esperada para abril na estação Porto Alegre (121 mm), em apenas 13h.

Os registros de desastres da Defesa Civil do RS, marcam as consequências da passagem do CCM pelo Estado. Foram 25 municípios atingidos, que decretaram desastre, os quais são: Arvorezinha (enxurrada), Capela de Santana (enxurrada), Fazenda Vila Nova (vendaval), Montenegro (enxurrada), Novo Hamburgo (enxurrada), Piratini (granizo), Santa Cruz do Sul (enxurrada), Sapiranga (enxurrada), Teutônia (vendaval), Taquari (enxurrada), Tabaí (vendaval), São Sebastião do Caí (enxurrada), São Paulo das Missões (vendaval), Porto Xavier (enxurrada), Portão (enxurrada), Paverama (enxurrada), Parobé (enxurrada), Pareci Novo (enxurrada), Lindolfo Collor (enxurrada), Ivoti (enxurrada), Igrejinha (enxurrada), Harmonia (enxurrada), Cândido Godói (enxurrada), Bom Retiro do Sul (enxurrada), Bom Princípio (enchente).

Com detalhes sobre deslizamentos de terra, números de vítimas fatais (12) e principais prejuízos nos municípios, o jornal Zero Hora complementa a informação da Defesa Civil do RS e evidencia a intensidade e as consequências atreladas à passagem do CCM.

A partir desta pesquisa, sugere-se que outros estudos sejam feitos, a fim de contribuir para o campo de pesquisa do CCM no RS e no sul da América do Sul. É possível, por exemplo, ampliar a classificação feita aqui para mais eventos que

ocorreram sobre o RS, em um período de tempo maior, a fim de determinar a quantidade e magnitude dos CCM que atuam nessa região, elaborando uma climatologia.

Além da climatologia de CCM, seria interessante fazer uma climatologia de desastres, investigando as principais consequências causadas pelos CCM no RS, ao longo dos últimos 30 anos. Isso ajudaria a entender onde estão as principais vulnerabilidades das regiões atingidas pelos eventos, auxiliando na elaboração de planos de prevenção de desastres pela Defesa Civil do RS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORQUE, P.; VIDAL, R.; SALIO, P.; SKABAR, Y.G. e NICOLINI, M. Previous Conditions Associated With A Development Of A Mesoscale Convective System Under A South American Low-Level Jet Event: A Case Study. In: **International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO)**, 8., Foz do Iguaçu, Brasil, April 24-28, 2006, INPE, p. 1677-1682. Disponível em: [http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/adm\\_conf/2005/10.31.19.56/doc/1677-1682.pdf](http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/adm_conf/2005/10.31.19.56/doc/1677-1682.pdf).

Acesso em: 29 janeiro 2014.

BRASIL. 2002: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Números**. Rio de Janeiro: IBGE. v.10. 376 p.

CAMPOS, C.R.J.; LIMA, E.C.S. e PINTO, L.B. **Complexo Convectivo de Mesoescala observado em 27/11/2002 no Nordeste da Argentina**. Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: [http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario\\_2008\\_2/2008\\_2\\_23\\_32.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2008_2/2008_2_23_32.pdf).

Acesso em: 22 janeiro 2014.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em Defesa Civil**. Vol.1. Brasília: Ministéria da Integração Nacional / Departamento de Defesa Civil. 1999. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Manuais-de-Defesa-Civil/Manual-PLANEJAMENTO-1.pdf>>. Acesso em: 07 março 2014.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

COTTON, W.R.; LIN, M.S.; MCANELLY, R.L. e TREMBACK, C.J. A composite model of Mesoscale Convective Complexes. **American Meteorological Society**. Vol. 117, p. 765-782. 1989. Disponível em: <http://rams.atmos.colostate.edu/cotton/vita/50.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2014.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.). **Análise Sinótica – 21/04/2011**. Disponível em: [http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise\\_21042011.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_21042011.pdf)>. Acesso em: 03 junho 2014.

\_\_\_\_\_. **Análise Sinótica – 22/04/2011**. Disponível em: [http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise\\_22042011.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_22042011.pdf)>. Acesso em: 03 junho 2014.

\_\_\_\_\_. **Análise Sinótica – 23/04/2011**. Disponível em: [http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise\\_23042011.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_23042011.pdf)>. Acesso em: 03 junho 2014.

\_\_\_\_\_. **Imagens de satélite**. 2011. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 27 abril 2011.

DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL (DCRS). **Área dos municípios – municípios atingidos – ativos e arquivados.** Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>>. Acesso em: 07 março 2014.

DURKEE, J. D. e MOTE, T. L. A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**. Vol. 30. 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1893/pdf>>. Acesso em: 26 março 2014.

FIGUEROA, S.N.; SATYAMURTY, P. e SILVA DIAS, P.L. Simulations of the Summer Circulation over the South American Region with an Eta Coordinate Model. **Journal of the Atmospheric Sciences**. Vol. 52, Nº 10, p.1573-1584. 1995.

GANDU, A.W. e GEISLER, J.E. A Primitive Equations Model Study of the Effect of Topography on the Summer Circulation over Tropical South America. **Journal of the Atmospheric Sciences**. Vol. 48, Nº 16, p.1822-1836. 1991.

GLICKMAN, T. S. **Glossary of meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 2000. 855 p.

GRIMM, A.M. Clima da Região Sul do Brasil. IN: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J. e DIAS, M.A.F.S (orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259-275.

HOUZE JR., R. A. Mesoscale convective systems. In: HOUZE Jr, R. A. (ed.) **Cloud Dynamics**. Academic Press, Inc., Vol. 53, p. 334-404. 1993.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados de precipitação pluviométrica das Estações Automáticas**. 2011. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 maio 2011.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados de precipitação pluviométrica das Estações Convencionais**. 2011. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 28 maio 2011.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nota Técnica nº 001-2011-SEGER-LAIME-CSC-INMET: **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas INMET**. 2011. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo\\_iframe/pdf/Nota\\_Tecnica-Rede\\_estacoes\\_INMET.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf). Acesso em: 28 março 2014.

KNIGHT, C. A.; KNIGHT, N. C. Hailstorms. In: DOSWELL III, C. A. **Severe convective storms**. Boston: American Meteorological Society, 2001.(Meteorological Monographs, v. 28, n. 50, 2001. p. 223-249).

KOBIYAMA, M.; et al. **Prevenção de desastres: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.

KULICOV, V. A.; RUDNEV, G. V. **Agrometeorologia tropical**. Havana: Científico-Técnica, 1980.

MACEDO, S.R.; VILA, D.; MACHADO, L.A. **FORTRACC - Previsão a curto prazo e evolução dos sistemas convectivos: FORTRACC V1.1 - Guia de Usuário**. São Paulo: INPE/CPTEC, 2004. Disponível em: <<http://moara.cptec.inpe.br/pdf/FORTRACC.pdf>>. Acesso em: 31 março 2014.

MADDOX, R. A. **Mesoscale Convective Complexes**. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 61, N° 11, 1980, p. 1374-1387.

\_\_\_\_\_. **The structure and lifecycle of midlatitude mesoscale convective complexes**. Tese de Doutorado, na Universidade do estado de Colorado, Estados Unidos da América, 1981. 171 p.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE/SERGRAF. v.5. 1977. p. 35-79.

ROCHA, R. P.. **Simulação numérica de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre a América do Sul**. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, IAG/USP, Dissertação de Mestrado, 1992. 93 p.

SILVA DIAS, M.A.F. Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo à Curto Prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Vol.2, 1987, p.133-150.

\_\_\_\_\_. Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a Região Sul do Brasil. **Climanálise Especial**, 1: 173-179. 1996.

VELASCO, I.; FRITSH, J. M. **Mesoscale Convective Complexes in the Americas**. Journal of Geophysical Research, Vol. 92 (D8), 1987, p. 9591-9613.

VIANA, D. R. **Avaliação da precipitação e desastres naturais associados a complexos convectivos de mesoescala no Rio Grande do Sul entre outubro e dezembro de 2003**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006. p.135

VIANA, D. R., AQUINO, F. E., MATZENAUER, R. Comportamento espaço-temporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Florianópolis. 2006.

VIANA, D.R.; AQUINO, F.E.; BURGOBRAGA, R. e FERREIRA, N.J. Mesoscale Convective Complexes in Rio Grande do Sul between October and December of 2003 and associated precipitation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Vol.24, N° 3, 2009, p. 276-291.

VIANA, D.R.; AQUINO, F.E. e MUÑOZ, V.A. Avaliação de Desastres no Rio Grande do Sul associados a Complexos Convectivos de Mesoescala. **Sociedade e Natureza**, Vol.21 (2), 2009, p. 91-105.

VIANA, D.R. **Interação Trópicos/Extra-Trópicos: contribuição dos jatos de baixos níveis no transporte de umidade para a região subtropical da América do Sul**. Monografia para a disciplina de Tópicos Especiais em Climatologia Tropical, INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.

VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV,1991. 449 p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. 1980: **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel. 374 p.

Zero Hora. Jornal Zero Hora. Porto Alegre (RS). **Notícias**. Acesso aos pdfs das matérias em 02 de agosto de 2011.

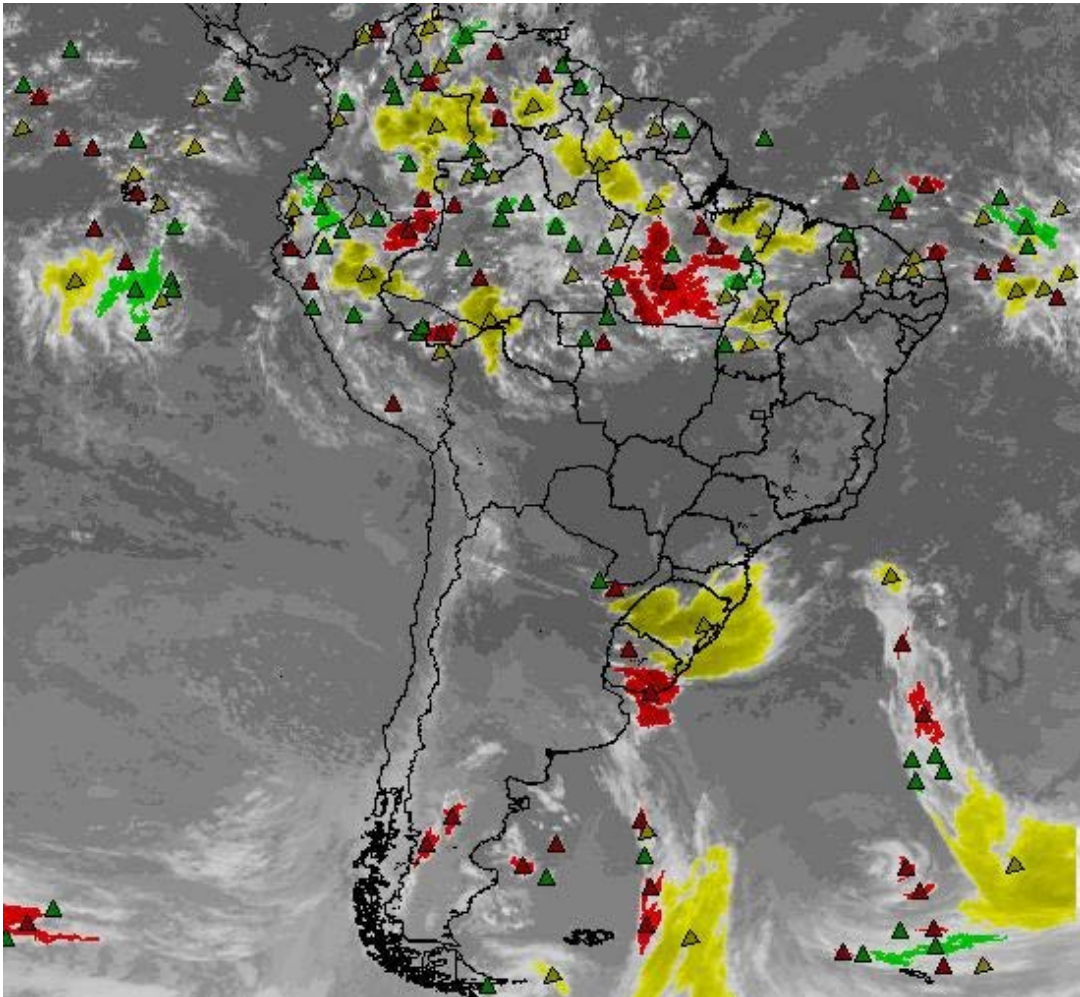


# **ANEXOS**

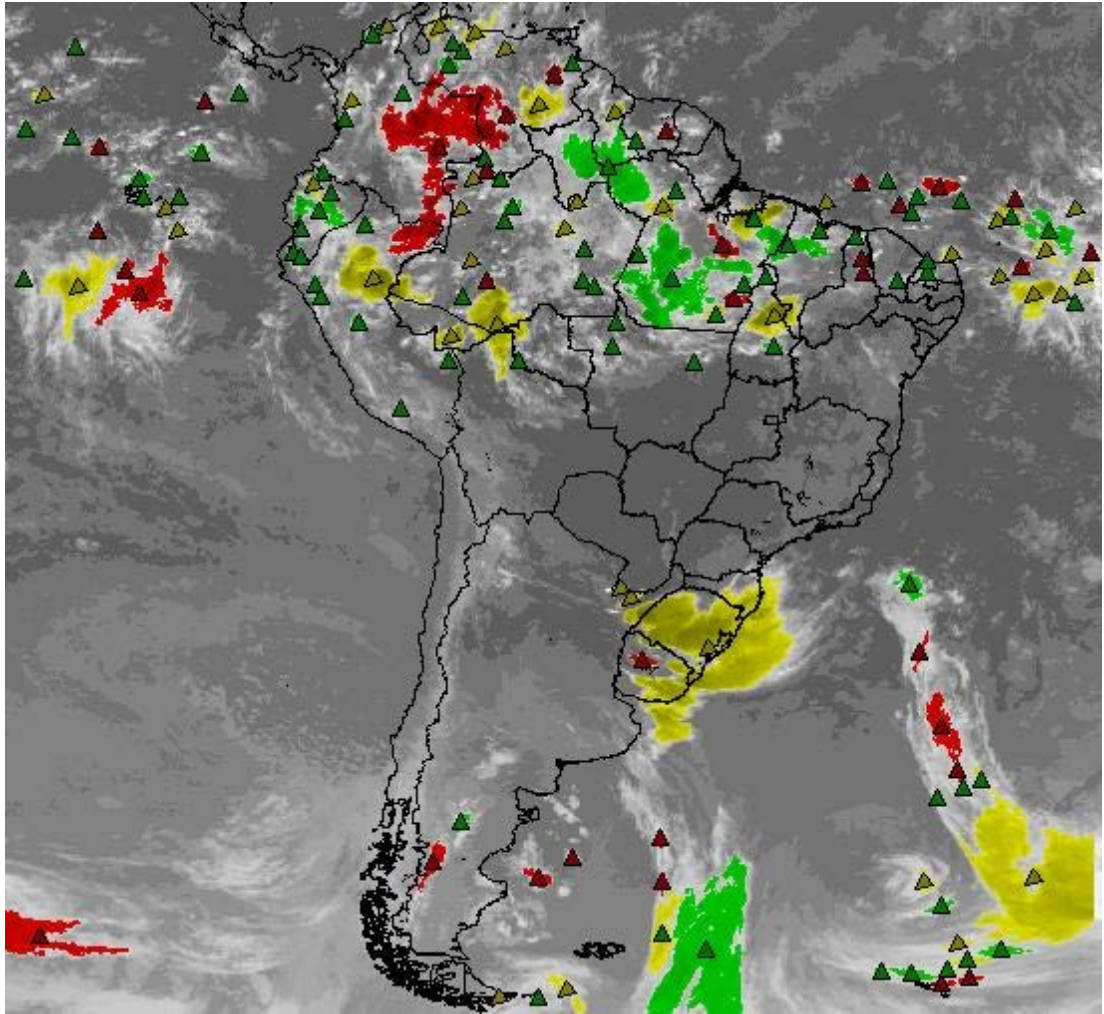
**ANEXO 1**

Imagens do FORTRACC que mostram o momento de *merge* entre os SC que estavam sobre o RS e o Uruguai, no dia 22 de abril de 2011, às 19h (a) e 19h30 (b), respectivamente.

(a)



(b)



## ANEXO 2

Histórico do CCM que atuou sobre o Rio Grande do Sul nos dias 22 e 23 de abril de 2011.

As linhas destacadas em cinza, representam, nesta ordem, o momento do *merge* entre o SC do RS e do Uruguai e o momento de máxima extensão do CCM. O significado de cada item do cabeçalho está descrito no Quadro 5 deste trabalho.

Data	Hora	TIME	XLAT	XLON	SYS#	SYS_ANT	SIZE	ECCE	TAM_A (km²)	TMED	TMED (°C)	TMIN	TMIN (°C)	CBNUM	CBMED	TAM_B (km²)	CLA
22/04/2011	11:00:00	4	-27.95	-54.7	164	158	2002	0.34	32032	218.2	-54.80	201	-72	5	33	2640	C
22/04/2011	11:13:12	4.22	-27.98	-54.5	168	164	2254	0.35	36064	217.3	-55.70	205	-68	4	40	2560	C
22/04/2011	11:30:00	4.5	-27.98	-54.35	158	168	2495	0.37	39920	217.4	-55.60	207	-66	6	14	1344	C
22/04/2011	11:43:12	4.72	-28.04	-54.19	* 152	158	2638	0.38	42208	217	-56.00	206	-67	6	19	1824	C
22/04/2011	12:00:00	5	-28.08	-54.02	178	152	3311	0.44	52976	218.2	-54.80	201	-72	2	89	2848	C
22/04/2011	12:13:12	5.22	-28.11	-54.15	198	178 171	4351	0.37	69616	218.4	-54.60	205	-68	9	32	4608	M
22/04/2011	12:30:00	5.5	-28.13	-54.06	200	198	4738	0.38	75808	218.4	-54.60	203	-70	12	18	3456	C
22/04/2011	12:43:12	5.72	-28.18	-53.92	196	200	5248	0.39	83968	218.4	-54.60	202	-71	22	15	5280	C
22/04/2011	13:00:00	6	-28.22	-53.81	214	196	5466	0.39	87456	218.3	-54.70	200	-73	15	33	7920	C
22/04/2011	13:13:12	6.22	-28.22	-53.67	* 210	214	5512	0.39	88192	218.2	-54.80	200	-73	15	33	7920	C
22/04/2011	13:30:00	6.5	-28.34	-53.67	206	210	6228	0.41	99648	217.8	-55.20	198	-75	17	41	11152	C
22/04/2011	13:43:12	6.72	-28.39	-53.52	228	206	6795	0.45	108720	217.6	-55.40	198	-75	11	96	16896	C
22/04/2011	14:00:00	7	-28.44	-53.45	227	228	7191	0.45	115056	217.3	-55.70	198	-75	8	158	20224	C
22/04/2011	14:13:12	7.22	-28.52	-53.34	254	227	7732	0.45	123712	216.9	-56.10	200	-73	8	200	25600	C
22/04/2011	14:30:00	7.5	-28.59	-53.25	268	254	8225	0.45	131600	216.8	-56.20	200	-73	11	148	26048	C
22/04/2011	14:43:12	7.72	-28.69	-53.12	* 254	268	8469	0.45	135504	216.7	-56.30	200	-73	18	102	29376	C
22/04/2011	15:00:00	8	-28.71	-52.98	289	254	9395	0.45	150320	216.7	-56.30	197	-76	12	173	33216	C
22/04/2011	15:13:12	8.22	-28.79	-52.86	270	289	10222	0.46	163552	216.6	-56.40	197	-76	21	104	34944	C
22/04/2011	15:30:00	8.5	-28.88	-52.78	262	270	10605	0.46	169680	216.1	-56.90	197	-76	24	98	37632	C
22/04/2011	15:43:12	8.72	-28.98	-52.65	282	262	11377	0.50	182032	215.9	-57.10	199	-74	37	75	44400	C
22/04/2011	16:00:00	9	-29.09	-52.52	* 266	282	11763	0.50	188208	215.7	-57.30	199	-74	24	141	54144	C
22/04/2011	16:13:12	9.22	-29.21	-52.38	* 254	266	11824	0.50	189184	215.7	-57.30	199	-74	24	141	54144	C
22/04/2011	16:30:00	9.5	-29.06	-52.1	284	254 287	14378	0.52	230048	215.8	-57.20	200	-73	16	219	56064	M
22/04/2011	16:43:12	9.72	-29.19	-51.95	299	284	15383	0.58	246128	215.5	-57.50	199	-74	13	328	68224	C
22/04/2011	17:00:00	10	-29.26	-51.79	318	299	16250	0.61	260000	215.6	-57.40	197	-76	10	463	74080	C
22/04/2011	17:13:12	10.22	-29.36	-51.6	332	318	17382	0.63	278112	215.7	-57.30	199	-74	19	267	81168	C
22/04/2011	17:30:00	10.5	-29.44	-51.45	334	332	18152	0.64	290432	215.8	-57.20	199	-74	16	330	84480	C
22/04/2011	17:43:12	10.72	-29.55	-51.26	* 328	334	18400	0.64	294400	215.7	-57.30	199	-74	15	355	85200	C
22/04/2011	18:00:00	11	-29.62	-51.18	324	328 313	20180	0.58	322880	216.4	-56.60	199	-74	20	283	90560	M
22/04/2011	18:13:12	11.22	-29.72	-50.98	339	324	20896	0.61	334336	216.7	-56.30	198	-75	22	241	84832	C
22/04/2011	18:30:00	11.5	-29.95	-51.16	341	339 334	21802	0.62	348832	216.3	-56.70	199	-74	40	138	88320	M
22/04/2011	18:43:12	11.72	-30.1	-51.1	325	341 397	22132	0.66	354112	216.2	-56.80	197	-76	34	161	87584	M
22/04/2011	19:00:00	12	-30.19	-51.03	332	325	22448	0.67	359168	216.2	-56.80	196	-77	28	182	81536	S
22/04/2011	19:13:12	12.22	-30.04	-51.62	* 316	332 324 3	25489	0.68	407824	215.8	-57.20	193	-80	34	185	100640	M
22/04/2011	19:30:00	12.5	-30.16	-51.48	305	316	27532	0.67	440512	216	-57.00	196	-77	18	404	116352	C
22/04/2011	19:43:12	12.72	-30.22	-51.5	290	305 294	28691	0.65	459056	216	-57.00	187	-86	39	192	119808	M
22/04/2011	20:00:00	13	-30.27	-51.5	283	290	29432	0.69	470912	215.9	-57.10	192	-81	36	210	120960	C
22/04/2011	20:13:12	13.22	-31.14	-52.09	266	283 288	36297	0.81	580752	216.8	-56.20	188	-85	48	179	137472	M
22/04/2011	20:30:00	13.5	-31.19	-52.05	275	266	37221	0.84	595536	216.9	-56.10	187	-86	41	221	144976	C
22/04/2011	20:43:12	13.72	-31.28	-52.01	* 272	275	37347	0.84	597552	217	-56.00	187	-86	41	221	144976	C
22/04/2011	21:00:00	14	-31.37	-51.86	261	272	38912	0.87	622592	216.9	-56.10	194	-79	29	366	169824	S
22/04/2011	21:13:12	14.22	-30.86	-51.51	234	261 256	36203	0.65	579248	216.3	-56.70	192	-81	20	563	180160	M
22/04/2011	21:30:00	14.5	-30.83	-51.5	251	234 236	37059	0.67	592944	216.4	-56.60	194	-79	25	455	182000	M
22/04/2011	21:43:12	14.72	-30.9	-51.56	243	251 257	39054	0.65	624864	216.3	-56.70	192	-81	31	381	188976	M
22/04/2011	22:00:00	15	-30.93	-51.54	241	243	39928	0.68	638848	216.2	-56.80	178	-95	31	410	203360	C
22/04/2011	22:13:12	15.22	-31.64	-51.84	229	241 255	45494	0.97	727904	216.8	-56.20	191	-82	22	614	216128	M
22/04/2011	22:30:00	15.5	-31.72	-51.71	212	229	46791	0.96	748656	217.2	-55.80	190	-83	21	649	218064	C
22/04/2011	22:43:12	15.72	-31.77	-51.59	219	212	48057	0.95	768912	217.4	-55.60	191	-82	42	315	211680	C
22/04/2011	23:00:00	16	-31.77	-51.54	210	219	48386	0.96	774176	217.3	-55.70	189	-84	42	313	210336	S
22/04/2011	23:13:12	16.22	-31.8	-51.47	219	210	48658	0.88	778528	217.3	-55.70	189	-84	31	419	207824	S
22/04/2011	23:30:00	16.5	-31.86	-51.43	220	219	48674	0.88	778784	217.3	-55.70	191	-82	40	320	204800	S
22/04/2011	23:43:12	16.72	-31.86	-51.32	* 210	220	48011	0.87	768176	217.3	-55.70	193	-80	40	314	200960	C
23/04/2011	00:00:00	17	-31.9	-51.25	224	210	50020	0.83	800320	217.3	-55.70	191	-82	35	357	199920	S
23/04/2011	00:13:12	17.22	-32.11	-51.15	225	224 241	51994	0.77	831904	217.8	-55.20	188	-85	37	327	193584	M
23/04/2011	00:30:00	17.5	-32	-51.15	225	225 220	53050	0.86	848800	217.8	-55.20	189	-84	33	364	192192	M
23/04/2011	00:43:12	17.72	-32.03	-51.28	194	225 209	53229	0.93	851664	218.4	-54.60	191	-82	28	391	175168	M
23/04/2011	01:00:00	18	-32.03	-51.25	206	194	53550	0.94	856800	218.5	-54.50	192	-81	36	303	174528	S
23/04/2011	01:13:12	18.22	-32.13	-51.12	193	206 235	54765	0.87	876240	218.8	-54.20	189	-84	30	358	171840	M
23/04/2011	01:30:00	18.5	-32.16	-51.04	208	193	55206	0.87	883296	219	-54.00	189	-84	34	303	164832	S
23/04/2011	01:43:12	18.72	-32.21	-50.96	186	208 205 2	57184	0.98	914944	219.5	-53.50	189	-84	23	424	156032	M
23/04/2011	02:00:00	19	-32.25	-50.86	170	186	57318	0.97	917088	219.6	-53.40	191	-82	25	383	153200	C
23/04/2011	02:13:12	19.22	-32.3	-50.79	169	170	57632	0.92	922112	219.7	-53.30	193	-80	15	657	157680	C
23/04/2011	02:30:00	19.5	-32.32	-50.73	187	169	57910	0.91	926560	219.9	-53.10	191	-82	14	749	167776	C
23/04/2011	02:43:12	19.72	-32.31	-50.73	* 182	187	57619	0.91	921904	219.9	-53.10	191	-82	14	744	166656	C
23/04/2011	03:00:00	20	-32.41	-50.73	198	182 186	57361	0.93	917776	219.9	-53.10	191	-82	8	1416	181248	M
23/04/2011	03:13:12	20.22	-32.55	-50.64	206	198 233	57234	0.92	915744	220.2	-52.80	191	-82	15	729	174960	M
23/04/2011	03:30:00	20.5	-32.53	-50.62	203	206	57257	0.93	916112	220.2	-52.80	193	-80	18	611	175968	S
23/04/2011	03:43:12	20.72	-32.52	-50.58	208	203	57292	0.92	916672	220.2	-52.80	192	-81	12	912	175104	C
23/04/2011	04:00:00	21	-32.55	-50.52	200	208	57906	0.91	926496	220.3	-52.70	190	-83	13	853	177424	S
23/04/2011	04:13:12	21.22	-32.58	-50.42	212	200	58785	0.91	940560	220.6	-52.40	189	-84	14	764	171136	S
23/04/2011	04:30:0																

**ANEXO 3**

Notícias do jornal Zero Hora utilizadas para dimensionar os desastres relacionados ao CCM.

# BAIXA TEMPERATURA

## Após chuva, frio avança no Estado

Na manhã de domingo, mínima pode chegar a 10°C em Porto Alegre

A instabilidade deve deixar o Estado amanhã.

No lugar da chuva, uma massa de ar polar proveniente da Argentina baixará a temperatura em todas as regiões, especialmente no domingo de Páscoa.

Hoje, o dia deve começar abafado. Em Porto Alegre, o sol aparece, e a temperatura chega a 29°C. No decorrer da tarde, o tempo muda devido à aproximação de uma frente fria. Na ordem, a instabilidade atinge o Oeste – onde a chuva deve ser mais volumosa, com até 60 milímetros –, a Campanha, o Sul e o Norte. Ventania de até 70 km/h e granizo podem atingir o Estado.

A previsão da Somar Meteorologia é de que a chuva cederá espaço a uma massa de ar polar. Na Capital, a mínima atinge 15°C e a máxima, 23°C. O sol toma conta do céu no Estado ao longo do dia, mas a temperatura máxima não passa de 26°C. O vento deixa a sensação térmica mais baixa. À noite, os termômetros baixam a 10°C na Campanha. O frio se amplia no domingo. Porto Alegre deve ter mínima de 10°C e máxima de 22°C.



Acúmulo de gelo nas ruas de Luzerna impressionou moradores

## Granizo em Santa Catarina

A natureza reservou uma surpresa ontem para os moradores de Luzerna, no meio-oeste de Santa Catarina. Cerca de 15 minutos de chuva de granizo, por volta das 17h, mudaram completamente o cenário nos bairros São Francisco e Vila Alemanha. Em alguns locais, a camada de gelo chegou a 20

centímetros. O fenômeno deixou alguns estragos em residências, mas nenhuma família ficou desalojada. Todos se reuniram nas ruas para apreciar a paisagem branca, nunca vista antes na cidade. A dona de casa Silvia Ebert precisou utilizar um balde para retirar o gelo da casa.

## INFORME DO ENSINO

### EDUCAÇÃO BÁSICA



**INGLÊS** – O Colégio Farroupilha foi habilitado como Centro de Exames de Cambridge. Na quarta-feira passada, 11 professores da escola receberam certificações de metodologias e de proficiência de Língua Inglesa, emitidas pela universidade inglesa.

**JOGOS** – No dia 27, o programa Cultura Itinerante, da Fundação Ecarta, estará em Santa Cruz do Sul, promovendo palestra voltada a professores da Educação Infantil, sobre jogos cooperativos. A atividade ocorre às 19h, na Câmara de Vereadores (Rua Júlio de Castilhos, 567). Entrada franca.



Sugere-se a doação de um livro para o projeto Livro é Para Ler, da Fundação Ecarta

**REVISTA** – A 13ª edição da Revista Textual, do Sinpro, está disponível para download e para leitura no site do sindicato. O artigo de capa da publicação, do professor de Engenharia da PUCRS Claudio Luis Frankenberg, aborda a disparidade entre a produção e a reciclagem dos resíduos sólidos. Acesse [www.sinpro.org.br/textual](http://www.sinpro.org.br/textual)

### Outros assuntos

• **Violência contra** professores, condição docente dos professores da Educação Infantil, identidade e papel das instituições comunitárias de Educação Superior, entre outros



**ENERGIA** – Um grupo de 22 alunos do Ensino Médio do Colégio Metodista Americano, integrantes do programa de Iniciação Científica, trabalham na construção do Carro Solar. Coordenado pelo professor José Ramiro Maciel, o projeto adapta um carro de criança, movido à bateria, para funcionar com energia solar. O veículo deve ficar pronto em cerca de dois meses.

### Saiba mais

• **No capô** do carro, uma placa de silício retém a energia limpa, que é transferida para a bateria, passa para o motor e depois é distribuída entre as quatro rodas do carro

### CURSO

• O Sindilojas Porto Alegre promove, de 2 a 5 de maio, o curso Técnicas de Atendimento e Vendas. As inscrições são gratuitas para lojistas associados e funcionários e podem ser feitas até o dia 29, pelo e-mail [valemals@sindilojaspoa.com.br](mailto:valemals@sindilojaspoa.com.br). As aulas ocorrem das 8h30min às 12h30min ou das 18h30min às 22h30min. Informações pelo telefone (51) 3025-8300 ou na sede do sindicato (Rua dos Andradas, 1.234, Porto Alegre).

Esta coluna publica prioritariamente cursos e atividades gratuitos. Informações podem ser enviadas para Coluna Informe do Ensino, Avenida Ipiranga, 1.075, CEP 90.169-900, Porto Alegre, pelo fax (51) 3218-4799, ou pelo e-mail [informe.ensino@zerohora.com.br](mailto:informe.ensino@zerohora.com.br)

### ENSINO SUPERIOR



**PALESTRA** – O projeto Fé e Cultura promove, no dia 26, a palestra Homossexualidade, Heterossexualidade, Matrimônio e Sacramento. A atividade, que tem entrada franca, ocorre às 18h15min, no auditório do prédio 9 (Avenida Ipiranga, 6.681, Porto Alegre). Informações: [www.pucrs.br/feecultura](http://www.pucrs.br/feecultura) ou [feecultura@pucrs.br](mailto:feecultura@pucrs.br)

### Palestrantes

- **Dóris Helena Della Valentina**, Faculdade de Psicologia
- **João Manuel Prates Piccoli**, Faculdade de Teologia

**ESTAGIÁRIOS** – O Instituto Evaldo Lodi (IEL-RS) oferece cursos gratuitos a distância para capacitação de estagiários. Informações e inscrições: [www.iel.org.br](http://www.iel.org.br)

### Cursos

- Marketing Pessoal, Prepare-se para o Mercado: Currículo e Entrevista, Conheça a Empresa, Aprenda com o Estágio, Construa sua Carreira

### EM PARCERIA COM O SENAI

- Educação Ambiental, Empreendedorismo, Legislação Trabalhista, Segurança no Trabalho, TI e Comunicação e Propriedade Intelectual

**FILME** – A Sociedade Brasileira de Psicanálise de Porto Alegre (Rua Quintino Bocaiuva, 1.362) exhibe, no dia 30, às 9h, o filme *A Rede Social*, seguido de debate. A entrada é franca. Informações e inscrições: (51) 3333-6857 ou (51) 3330-3845.

### PÓS-GRADUAÇÃO

**BOLSAS** – O programa de bolsas European Institutes for Advanced Study oferece 10 meses de residência em um dos institutos participantes. Informações: [www.grupoaplub.com.br/fundaplub/bolsasdisponiveis](http://www.grupoaplub.com.br/fundaplub/bolsasdisponiveis)

### Institutos

- Berlim, Lyon, Nantes, Paris, Bologna, Bruxelas, Budapeste, Bucareste, Cambridge, Helsinki, Jerusalém, Uppsala, Viena e Wassenaar

### O funcionamento dos shoppings da Capital

SHOPPINGS	HOJE	SÁBADO	DOMINGO
<b>BARRA SHOPPINGSUL</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 23h. Lojas, 11h às 23h (abertura opcional). Restaurantes gourmet, 12h às 24h.	Alimentação e lazer, das 11h às 23h. Lojas, das 11h às 23h. Restaurantes gourmet, das 12h às 24h.	Alimentação e lazer, das 11h às 21h. Lojas, 14h às 20h. Restaurantes gourmet, das 11h às 23h.
<b>BELLA VISTA PLAZA</b>	Farmácia, das 10h às 21h. Alimentação, das 10h às 23h. Lojas fechadas.	Farmácia, das 10h às 23h. Alimentação, 11h às 23h. Lojas, 10h às 20h.	Farmácia, das 10h às 23h. Alimentação, das 10h às 23h. Lojas fechadas.
<b>BOULEVARD STRIP CENTER</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 13h às 19h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, 11h às 22h. Lojas, das 13h às 19h (abertura opcional).
<b>BOURBON ASSIS BRASIL E IPIRANGA</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>BOURBON COUNTRY</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 23h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>DC SHOPPING</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 20h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 21h.	Alimentação e lazer, das 11h às 20h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>IGUATEMI</b>	Alimentação e lazer, 11h30min às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação, lazer e lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, 11h30min às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>JOÃO PESSOA</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação, lazer e lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>LINDOIA</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 13h às 19h (abertura opcional).	Alimentação, lazer e lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 13h às 19h (abertura opcional).
<b>MOINHOS</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 13h às 19h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 13h às 19h (abertura opcional).
<b>PASEO ZONA SUL</b>	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>PRAIA DE BELAS</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 10h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).
<b>RUA DA PRAIA</b>	Alimentação e lazer, das 9h às 21h (abertura opcional). Lojas fechadas.	Alimentação e lazer, das 9h às 21h. Lojas, das 9h às 20h.	Alimentação e lazer, das 9h às 21h (abertura opcional). Lojas fechadas.
<b>TOTAL</b>	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, das 10h às 22h.	Alimentação e lazer, das 11h às 22h. Lojas, 14h às 20h (abertura opcional).

# AGUACEIRO NO FERIADO

## Temporal provoca duas mortes

Mais de 200 mil casas ficaram sem luz, principalmente na Região Metropolitana e no Vale do Taquari, áreas mais atingidas

Em 30 minutos no final da tarde de ontem, um temporal alagou ruas, derrubou árvores e postes e transtornou a vida de milhares de pessoas no Estado.

Uma pessoa morreu em Sapucaia, na Região Metropolitana, e outra em Fazenda Vila Nova, no Vale do Taquari. As duas regiões foram as mais afetadas.

O aguaceiro desabou de nuvens de até 10 quilômetros de altura. A chuva chegou acompanhada de muito vento e granizo.

— A instabilidade chegou ao Vale do Taquari e à Região Metropolitana em cima de ar quente, o que intensificou o temporal — explicou a meteorologista Estael Sias, da Central de Meteorologia.

Poucos minutos de vento forte e chuva repentina causaram danos irreparáveis à família do agricultor Ademar Hagemann, 67 anos. Ele morreu atingido pelo galpão de sua propriedade, que foi ao chão na tarde de ontem em **Fazenda Vilanova**, no Vale do Taquari. Hagemann tinha ido ao galpão pouco antes de começar o temporal, por volta das 16h, quando a chuvarada chegou à localidade de Nova Westfália.

Outra vítima do temporal morreu em **Sapucaia do Sul**. Edison Miguel Trindade Farias, 58 anos, passava de bicicleta pela Rua Teodomiro Pinto da Fonseca por volta das 18h10min quando viu Jorge Adalberto Adam, 55 anos, levar um choque ao sair de casa.

Ao tentar ajudá-lo, Farias pisou sobre o fio, e acabou recebendo um choque mais forte, conforme os bombeiros, e morreu. Adam foi encaminhado ao hospital.

Em **Teutônia**, uma das cidades mais atingidas, dois aviários foram destruídos. A rodovia Tabai-Estrela (BR-386) ficou em meia pista depois da queda de árvores em cinco pontos ao longo de 30 quilômetros.

Em Porto Alegre, tudo começou por volta das 17h30min. Em uma hora, choveu 27,2 milímetros na cidade, o equivalente a 30% da média do mês, segundo a Somar Meteorologia.

Entre as 17h10min e as 18h5min, os termômetros mostraram uma queda de temperatura de 28°C a 19,4°C. A ventania atingiu 69 km/h. Uma árvore de cerca de 10 metros de altura caiu e quase causou uma tragédia na esquina da Rua Barão do Amazonas com a Avenida Protásio Alves, no bairro Petrópolis. A Saveiro Cross Fox do engenheiro Raul da Veiga Lima, 59 anos, teve o capô esmagado.

O mau tempo deixou mais de 200 mil clientes da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), RGE e AES Sul sem luz.



Uma árvore de 10 metros caiu e quase causou uma tragédia na esquina da Rua Barão do Amazonas com a Avenida Protásio Alves



Agricultor morreu com queda de galpão em Fazenda Vila Nova



Em pouco mais de 30 minutos, ruas da Capital ficaram alagadas

## Estado pode ter nova chuvarada pela manhã

Novos temporais como o de ontem podem voltar a ocorrer hoje.

A previsão é de precipitações rápidas e de volume encorpado no início do dia.

O temporal pode ser mais intenso nas primeiras horas da manhã no norte do Estado — incluindo Capital, Região Metropolitana, Litoral e Serra —, com acumulado superior a 60 milímetros e rajadas de vento de até 90 km/h. A temperatura fica entre 19°C e 24°C em Porto Alegre. A partir da tarde, a chance de temporais diminui no Rio Grande do Sul.

No domingo, a entrada de uma massa de ar polar vinda da Argentina permite o retorno do sol. A temperatura, porém, cai drasticamente. Na fronteira com o Uruguai, a mínima pode atingir 5°C — a mais baixa do ano. Em Porto Alegre, o sol predomina. Os termômetros marcam entre 14°C a 21°C.

Na segunda-feira, o tempo permanece seco e ensolarado em todo o Estado. Ainda faz frio pela manhã, com mínima de 5°C em Bagé e 12°C em Porto Alegre. À tarde, a sensação térmica será agradável, com máxima de 22°C na Capital.

### A previsão



• **Hoje** - Possibilidade de novos temporais, com acumulado de chuva de mais de 60 milímetros e rajadas de vento de até 90 km/h. A partir da tarde, a chance de temporais diminui.



• **Amanhã** - A entrada de uma massa de ar polar vinda da Argentina permite o retorno do sol. A temperatura, porém, cai drasticamente. Na fronteira com o Uruguai, a mínima pode atingir 5°C.



• **Segunda-feira** - O tempo permanece seco e ensolarado em todo o Estado. Ainda faz frio pela manhã, com mínima de 5°C em Bagé e 12°C em Porto Alegre.

ZEROHORA.COM

Em galeria, confira mais imagens dos estragos causados pela chuva no Estado. Acesse [www.zerohora.com](http://www.zerohora.com)



## AGUACEIRO NO FERIADO

## Enxurrada e mortes

Chuvarada alagou ruas, derrubou encostas, matou pelo menos seis pessoas e deixou outras seis desaparecidas no Estado



O bairro São José, em Novo Hamburgo, foi cenário da pior tragédia do temporal, onde três crianças da mesma família morreram após desmoronamento na noite de sexta-feira

A colisão de uma massa de ar quente acumulada há uma semana no Estado com uma frente fria oriunda da Argentina provocou um choque térmico de consequências catastróficas para os gaúchos neste feriadão.

Entre a sexta-feira e o sábado, os céus despejaram sobre parte das cidades gaúchas um volume de chuva superior à média costumeira para o mês. O resultado é trágico: alagamentos em todas as regiões do Estado, desabamentos nos vales do Sinos e Paranhana, pelo menos seis pessoas mortas e seis desaparecidas.

Em Novo Hamburgo, no final da noite de sexta, três crianças morreram soterradas com a queda da casa onde moravam, na Vila Kephas, no bairro São José. As vítimas são os irmãos Gustavo dos Santos Alves, nove anos, Evandro dos Santos Alves, 11 anos, e Tauane dos Santos Alves, 13 anos. Vizinhos estavam retirando a água que invadia as casas quando ouviram um estrondo. A família era

composta por um casal e cinco filhos, dos quais dois conseguiram sobreviver, além dos pais. Em Igrejinha, no sábado, o desmoronamento de quatro residências soterrou pessoas e matou Marli Jardim e deixou seis desaparecidos.

As duas outras mortes confirmadas também aconteceram sexta-feira. Em Sapucaia do Sul, Edison Miguel Trindade Farias, 58 anos, morreu ao tentar ajudar um vizinho que levou um choque de um fio de luz caído na rua. O vizinho sobreviveu. Em Fazenda Vilanova, no Vale do Taquari, o agricultor Ademar Hagemann, 67 anos, morreu atingido pelo galpão de sua propriedade, que desmoronou.

A meteorologista Estael Sias, da Central de Meteorologia, atribui o temporal a dois fatores. Um foi o encontro de uma área de instabilidade (concentração de nuvens de tempestade) vinda do Nordeste do Estado com as altas temperaturas no Vale do Taquari e na Região Metropolitana: o calor fez com que as nuvens aumentassem muito e muito rápido, causando os temporais. E, durante a noite, a chegada de uma frente fria fez com que a chuva forte se prolongasse, aumentando o problema.

A chuva atingiu todas as regiões do Estado. Em Novo Hamburgo, no Vale do Sinos, as estações de

bombeamento das águas de arroios não suportaram o volume acumulado e pelo menos quatro bairros alagaram. Em Portão, algumas famílias foram retiradas de casa pelos Bombeiros.

#### Em Santa Cruz do Sul, arroio transbordou e alagou ruas

Na ERS-122, a água chegou à altura das portas dos veículos. Em Porto Alegre, ruas ficaram alagadas, e o nível do Arroio Dilúvio subiu ao ponto de quase transbordar. Ventos de até 75 km/h também derrubaram árvores em diversos pontos. No Litoral Norte, alagamentos ocorreram em Capão da Canoa e em Tramandaí. No Vale do Caí, em Montenegro, famílias tiveram de ser removidas de casa em decorrência de alagamentos. Em Teutônia, um chiqueiro com 700 leitões e dois aviários foram destruídos pelo temporal.

Em Santa Cruz do Sul, no Vale do Rio Pardo, o arroio Lajeado transbordou e, com alta também do Rio Pardo, cerca de 80% da cidade ficou alagada. Vinte famílias precisaram ser retiradas e 350 casas foram atingidas.

#### Sem luz

A chuvarada resultou em falta de energia elétrica. Às 9h deste sábado, cerca de

**73,5 mil**

residências permaneciam sem luz.

**9,5 mil**

são em áreas da CEEE,

**45 mil**

em áreas da AES Sul e

**19 mil**

em áreas da RGE. Os telefones de emergência destas empresas entraram em pane, devido ao excesso de ligações.

#### Nas estradas

As tempestades também provocaram transtornos no trânsito, sobretudo no Vale do Sinos.

- **Em Dois Irmãos**, o km 228,4 da BR-116 teve meia-pista interditada por queda de barreira, deixando o tráfego impedido no acostamento e na faixa Interior-Capital.
- **Em Novo Hamburgo**, no km 236,4 da BR-116, ocorreu grande acúmulo de água, em decorrência de entupimento de uma boca de lobo, deixando o tráfego lento no sentido Capital-Interior.
- **Em Estância Velha**, o km 232 da BR-116 foi parcialmente interditado em decorrência de queda de barreira e árvores. Às 6h23min, foi liberado o tráfego no sentido Interior-Capital.
- **Em Ivoti**, o km 231,8 da BR-116 estava interditado desde as 5h15min por queda de barreira, interrompendo o acostamento e parte da faixa Capital-Interior.



Casa da família Alves, na Vila São José, em Novo Hamburgo foi arrastada por lama e por pedras

## DOR EM FAMÍLIA

# Três irmãos morrem soterrados em NH

Dois meninos - de nove e 11 anos - e uma garota de 13 anos perderam a vida

Vale do Sinos/Casa Zero Hora

LETÍCIA BARBIERI

O topo da Rua Águas Claras foi o foco da tragédia que tirou a vida de três crianças depois que uma avalanche de pedras e lama soterrou a casa da família, no bairro São José, em Novo Hamburgo.

O relógio marcava 23h30min de sexta-feira quando as crianças dormiam e o padrasto Cristiano da Silva Onofre, 27 anos, levantou para conferir a chuva que insistia em cair. Não deu tempo de chegar à janela. Um estouro o surpreendeu e, de repente, a terra arrastou tudo.

Foi o tempo dele quebrar o vidro da janela e ajudar a mulher, Lu-

ciana Silva dos Santos, 34 anos, a saltar. Ele conseguiu resgatar duas crianças, Gabriel, cinco anos, e Igor, nove anos. Mas não deu tempo de localizar as outras três. Evandro dos Santos Alves, 11 anos, Gustavo dos Santos Alves, nove anos, e Tauane dos Santos Alves, 13 anos, morreram no local.

Vizinhos faziam uma corrente de solidariedade retirando móveis uns dos outros para locais seguros quando o estrondo fez todos pararem. Com uma pá nas mãos, Rafael Barbosa Dutra, 14 anos, foi um dos primeiros a chegar à casa da família soterrada e começar a cavar.

— De repente veio uma segunda avalanche, só vi que alguém me pegou pelo braço e me salvou — relata o garoto.

Testemunhas contam que uma das



Evandro

crianças ainda estava viva embaixo dos escombros, mas não suportou até a chegada do socorro. A mãe desmaiou ao perceber que três de seus filhos não seriam salvos. Foram três horas até a remoção dos corpos que começaram a

ser velados ainda de manhã, em uma capela da vila. O enterro será no Cemitério Municipal de Novo Hamburgo.

Construída em uma encosta, em uma região conhecida como Vila Kephass, no bairro São José, em Novo Hamburgo, a casa de dois cômodos destruída pela avalanche de terra era apenas mais uma entre dezenas que ali estão. De forma irregular, em área verde, elas foram sendo construídas por famílias que dizem não ter opção para onde ir.

## ENTREVISTA Cristiano da Silva Onofre, padrasto das crianças mortas

### “Só consegui salvar dois”

Desolado, o gari Cristiano da Silva Onofre, 27 anos, lamentava na manhã deste sábado não ter conseguido salvar três enteados depois de a casa ser levada por uma avalanche de terra. Ele conseguiu salvar a mulher e as outras duas crianças. Depois do drama, ele diz que nunca mais aceitará construir junto a encosta. Confira trechos da entrevista concedida a Zero Hora:

**Zero Hora** – O que vocês estavam fazendo quando isso aconteceu?

**Cristiano da Silva Onofre** – Era umas 23h30min quando começou a chover mais forte. A gente tinha jantado, tranquilos, e as crianças já estavam dormindo.

**ZH** – Como foi que isso aconteceu?

**Onofre** – Chovia muito naquela hora e eu levantei para ver, foi quando deu um estouro e veio tudo abaixo.

**ZH** – Qual foi sua reação?

**Onofre** – Quebrei o vidro da janela, minha mulher pulou e eu passei o pequeno, de cinco anos, para ela. Depois consegui passar o segundo, de nove. Quando eu ia pegar os outros a televisão caiu em cima do meu braço e não deu mais. Só consegui salvar dois.

**ZH** – Há quanto tempo vocês moravam ali?

**Onofre** – Estávamos juntos há quatro anos e morávamos ali há dois. Tinha só dois cômodos, um onde dormia todo mundo e a cozinha. Agora não moro em morro nunca mais. Acabou.

# Deslizamento mata mulher e deixa seis desaparecidos em Igrejinha

Igrejinha

MAICON BOCK

Era 5h30min quando um forte estrondo despertou os moradores do bairro Saibreira II, às margens da rodovia Gramado Taquara (ERS-115), em Igrejinha, no Vale do Paranhana.

O barulho era resultado do deslizamento de uma encosta que soterrou cinco casas na Rua Teutônia, deixando pelo menos uma pessoa morta, três feridos e seis desaparecidos.

A vítima identificada no início da manhã era a auxiliar de serviços gerais Marli Terezinha Jardim, 42 anos. Ela estava na residência com seu marido, Breno Leite de Lima, 39 anos, industrial, e com os filhos, Bruno Rafael Jardim de Lima, 11 anos e William Jardim de Lima, cinco anos. As crianças e o marido foram socorridos e levados para o Hospital Bom Pastor.

William ficou cerca de duas horas prensado por pedaços de madeira e contra o muro da residência ao lado. Foi esse muro que evitou uma tragédia ainda maior, ao conter o deslizamento. No local, o conjunto de casas foi sendo derrubado como em um efeito dominó, e arrasadas por um volume de terra que cobriu completamente quatro casas. Em

uma das casas, estariam cinco pessoas de uma mesma família.

— Quando ouvi o estrondo e sai de casa havia uma névoa no ar — relatou Joaquim José de Oliveira, 45 anos, motoboy que também foi acordado pelo estrondo.

### Bombeiros procuravam família inteira no sábado

Na avaliação preliminar do comandante do Corpo de Bombeiros de Taquara, o capitão André Lima da Silva, que atendeu a ocorrência, os trabalhos no local devem levar pelo menos dois dias.

Estavam desaparecidos na manhã deste sábado Iraci Pereira, 41 anos, cozinheira, o marido, Fernando de Lima, 43 anos, e os três filhos do casal: Leandro, 22 anos, Jozelena, 19 anos, e Rafael Pereira de Lima, nove anos. Outra pessoa, ainda não identificada, também era procurada em outra casa.

— Eu vim aqui há uma semana e não tinha nada de anormal no terreno. E chego aqui e vejo isso. E eles nem sequer começaram a mexer onde eles estão — lamentava a irmã de Iraci, a vendedora Magda Pereira, 31 anos, que acompanhava com os olhos marejados e sob o guarda-chuva os trabalhos de resgate.

maicon.bock@zerohora.com.br



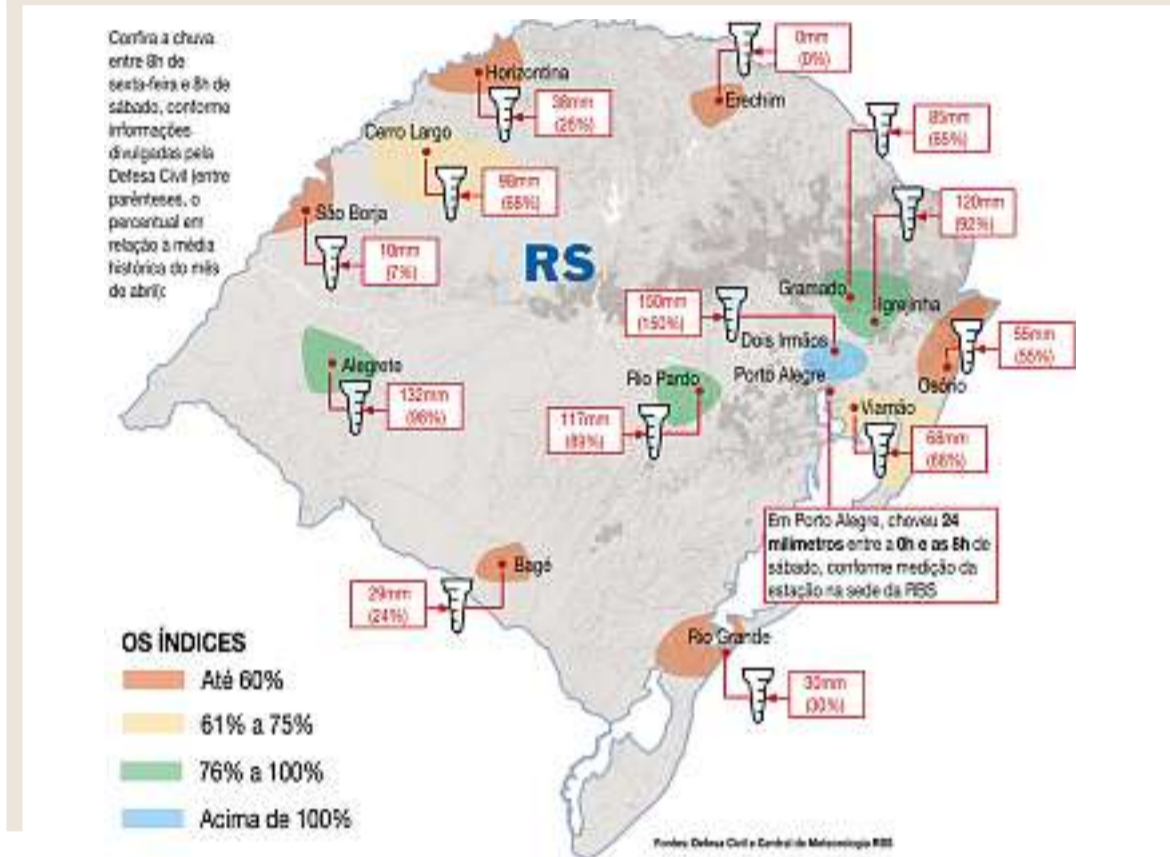
Casa em que a família de Marli morava foi atingida após chuvarada

# AGUACEIRO NO FERIADO

## Após a chuva, o frio

Meteorologia prevê que Estado registre temperatura de 3°C ao amanhecer

### O mapa da chuarada



Depois de ser castigado pela chuva forte desde a tarde de sexta-feira, o Estado deve enfrentar uma onda de frio.

Neste domingo, o tempo deverá ser seco, e a temperatura mínima no Estado pode chegar perto dos 3°C na Campanha e na Fronteira Oeste, segundo a meteorologia.

Passado o temporal da sexta-feira e da madrugada deste sábado, a tendência para domingo e segunda-feira é que a chegada do ar frio estabilize o tempo e derrube a temperatura em praticamente todo o Estado. Em Porto Alegre, por exemplo, o domingo deve começar com temperatura próxima dos 13°C. Em outras partes do Rio Grande do Sul, o amanhecer deve estar abaixo dos 10°C, mas se descarta o risco de geada. Para a tarde, a expectativa é de clima seco e ameno, por volta dos 22°C.

O tempo deverá se manter estável também na segunda e na terça-feira. No Norte do Estado, por exemplo, a segunda-feira poderá ser ainda mais fria do que o domingo. Conforme a Central de Meteorologia, o tempo no Estado deve se manter seco na sema-

ESTAEL SIAS  
meteorologista

“Daqui para diante, as ondas de frio serão cada vez mais frequentes. A primeira metade do outono costuma ter momentos de calor, e a segunda metade já tende mais para o inverno.”

na, com chance de chuva passageira na Fronteira Oeste na sexta-feira.

Até lá, a tendência é que a temperatura se mantenha baixa. O frio deve perder força nesta terça-feira, mas uma nova frente fria está prevista para aparecer entre 2 e 3 de maio – aí, com possibilidade de temperaturas próximas a 0°C e consequentes geadas.

– Daqui para diante, as ondas de frio serão cada vez mais frequentes. A primeira metade do outono costuma ter momentos de calor, e a segunda metade já tende mais para o inverno. – avisa a meteorologista Estael Sias, da Central de Meteorologia.

### Próximos dias

#### DOMINGO



• **Tempo ensolarado**, com alguma nebulosidade na Serra e na Região Norte. Temperaturas perto de 3°C na Fronteira Oeste e na Campanha.

#### SEGUNDA-FEIRA



• **Tempo seco** no Estado, com sol. A mínima deve girar em torno de 5°C na Campanha. À tarde, tendência é a de que a temperatura fique amena.

#### TERÇA-FEIRA



• **O sol** predomina, mas a temperatura fica mais amena.

Fonte: Central de Meteorologia

### O balanço dos estragos

Prejuízos se espalharam pelo Estado desde a tarde de sexta-feira:

- **Campo Bom** – Oito pessoas foram resgatadas após a residência em que estavam ficar parcialmente alagada na Rua Fredolino Martins, no bairro Imigrante.
- **Estância Velha** – Os bombeiros atenderam cerca de 1,6 mil ocorrências durante a madrugada de sexta para sábado. Casas alagadas e deslizamentos nos bairros Campo Grande, Rincão dos Ilhéus, Rincão Gaúcho e Bairro das Rosas foram os mais registrados.
- **Piratini** – Na zona rural, queda de granizo danificou carros, feriu moradores, que danificou casas e destelhou parcialmente um posto de saúde e uma escola na noite de sexta-feira.
- **Porto Alegre** – Chuvarada alagou ruas e provocou queda de árvores. Uma delas bloqueou o trânsito na esquina das ruas Marquês do Herval e Félix da Cunha. O nível do Arroio Dilúvio subiu ao ponto de quase transbordar.
- **Santa Maria** – A chuva causou prejuízos a uma aldeia indígena situada próximo à rodoviária da cidade. Também houve registros de queda de árvores.
- **Santa Cruz do Sul** – O Arroio Lajeado transbordou e, com alta também do Rio Pardo, parte da cidade ficou alagada. Segundo informações preliminares, pelo menos 350 casas foram atingidas e 20 famílias precisaram ser retiradas.
- **Santa Rosa** – O temporal se iniciou às 4h30min deste sábado e provocou alagamentos em pontos isolados. Famílias do bairro Auxiliadora

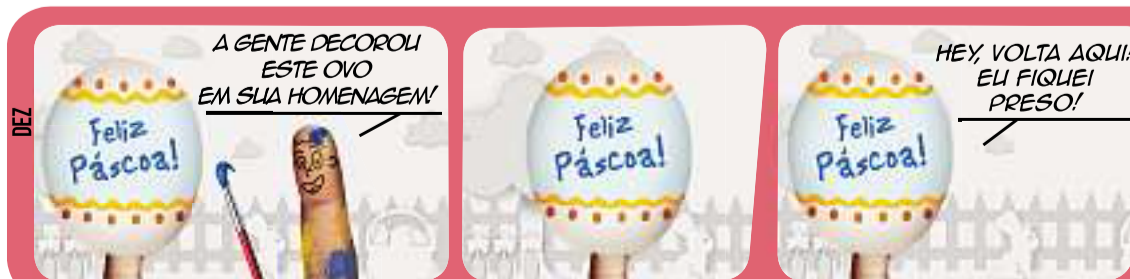
foram retiradas do local com o auxílio de um barco.

- **Santo Ângelo** – Na Rua 15 de novembro, no Centro da cidade, às 3h de sábado, uma loja foi atingida pelo telhado de um prédio em frente. Também foram registrados destelhamentos e alagamentos.
- **São Luiz Gonzaga** – O forte vento acompanhado de chuva, que começou por volta das 2h deste sábado, destelhou cerca de 20 casas, em diversos pontos da cidade.
- **São Sebastião do Caí** – Nove pessoas foram removidas de suas casas no bairro Conceição, quando a água do arroio que corta o local invadiu as residências.
- **Sapiranga** – Segundo os bombeiros, a maioria dos bairros estava alagado na madrugada. No bairro Centenário, o mais atingido, os bombeiros resgataram cerca de 70 pessoas que estavam ilhadas nas residências.
- **Teutônia** – Um chiqueiro com 700 leitões e dois aviários foram totalmente destruídos pelo temporal.
- **Venâncio Aires** – O telhado de um supermercado caiu e feriu levemente dois jovens. O estabelecimento fica na Rua Osvaldo Aranha, no centro da cidade.
- **Vera Cruz** – O Rio Pardo chegou a ficar quatro metros acima do leito no início da manhã e invadiu casas em bairros ribeirinhos. No interior, a cheia é do Arroio Andréas, que também está em média quatro metros acima do normal. Pelo menos 15 famílias foram retiradas de casa pelos Bombeiros e Defesa Civil na madrugada.



Santo Ângelo foi uma das cidades que registrou estragos

JULIANA GOMES



www.clicrbs.com.br

Grupo RBS  
**clic RBS**  
TUDO COM MUITO MENOS CLIQUES.

# O PAMPA EM MUTAÇÃO

# O clima gaúcho em

*A impressão de que o clima gaúcho está mais severo do que antigamente não é apenas palpite. Estudos revelam que a quantidade de chuva anual aumentou em 16% em todo o Estado nos últimos 60 anos, e a temperatura média se elevou em 0,5°C em meio século. Essas tendências favorecem a multiplicação de eventos extremos como a tempestade que matou 12 pessoas no final de semana passado – e há indícios de que isso já está ocorrendo.*

MARCELO GONZATTO

Concluída no ano passado, uma dissertação de mestrado apresentada pela engenheira agrônoma e doutoranda da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Ana Paula Assumpção Cordeiro é uma das evidências recentes de que o clima gaúcho está mais instável. Ao compilar registros atmosféricos dos últimos 60 anos de 14 estações meteorológicas, ela descobriu que atualmente, em um ano, chove em média 255 milímetros a mais do que chovia na década de 50. Isso equivale, por exemplo, à quantidade de chuva que costuma ser registrada em junho e julho na Capital.

Outra alteração climática em curso é o progressivo aumento da temperatura. Um trabalho científico realizado pelos pesquisadores Francisco Aquino, Camila Carpenedo e Candida Dewes aponta que, desde os anos 60, os termômetros se elevaram em média 0,5°C em solo rio-grandense.

Pode parecer pouco, mas uma elevação como essa é capaz de provocar impacto significativo. O professor de climatologia e membro do Centro Polar e Climático da UFRGS Francisco Eliseu Aquino resume a equação climática a que os gaúchos estão sujeitos:

– Mais calor e mais umidade contribuem para um número maior de eventos severos como tempestades, já que funcionam como combustíveis para elas – observa o especialista.

Além disso, a precipitação excedente está se concentrando em meses de transição de outono e primavera, nos quais o contraste de temperatura potencializa chuvaradas e ventanias.

Alguns indícios já apontam para uma escalada de temporais no Estado. Como os observadores meteorológicos dos aeroportos registram o número de trovoadas que ouvem de hora em hora, Aquino e o geógrafo Ramiro da Costa Jr. tiveram a ideia de comparar o número de trovões ouvidos nas últimas duas décadas.

As trovoadas são provocadas por nuvens de tempestade e representam uma maneira eficiente de verificar se esse tipo de fenômeno está mais ou menos intenso.

O resultado surpreendeu os autores do estudo: os dados do Aeroporto Internacional Salgado Filho e da Base Aérea de Canoas, que servem como referência para toda a Região Metropolitana, mostram que, entre 2000 e 2009, houve um salto de 71% na ocorrência de trovoadas em comparação à década anterior.

## O impacto da mudança global

A coleção de estatísticas comprova que, além do aumento populacional e da ocupação de áreas de risco, o próprio clima está se transformando em um risco crescente para tragédias naturais no sul do país.

– O impacto dessas tendências vai de possíveis enchentes, ocasionadas pelo aumento da intensidade da chuva, até danos à agricultura, alterações no ciclo de pragas e patógenos e na aptidão agroclimática de algumas áreas – afirma Ana Paula.

As razões para as tendências encontradas pelos cientistas ainda não são conclusivas, mas podem ter relação com as mudanças climáticas em nível global, variações na circulação dos ventos próximo à Antártica e na ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña (aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico, respectivamente).

Em sua pesquisa, Ana Paula verificou que o La Niña está menos presente nos últimos 30 anos. Como o fenômeno contribui para reduzir a temperatura no Estado, sua menor ocorrência provocaria uma natural elevação nos registros.

Francisco Aquino assegura, porém, uma firme certeza:

– Se a pergunta é se o clima gaúcho está mudando, a resposta é simples: sim.

marcelo.gonzatto@zerohora.com.br

## O NOVO CENÁRIO

### MAIS UMIDADE

Estudos demonstram aumento na precipitação sobre o Estado:

Um trabalho realizado por Ana Paula Cordeiro mostra que:

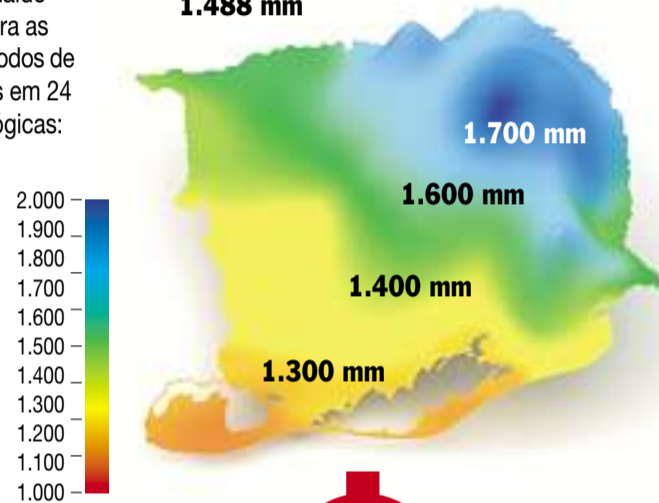
● A cada ano, chove em média **4,25 mm** a mais do que no ano anterior

● Em um período de 60 anos, isso representa um acréscimo de **255 mm** na média anual gaúcha

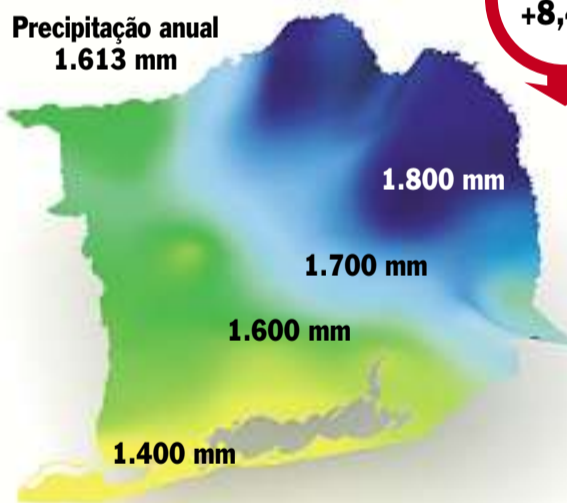
● O aumento da precipitação significa **16%** a mais na média histórica de **1.597 mm** registrada em 14 estações meteorológicas incluídas no estudo no período de 1950 a 2009

Outro trabalho, realizado por Francisco Aquino, Denilson Ribeiro Viana e Ronaldo Matzenauer compara as médias de dois períodos de 30 anos registradas em 24 estações meteorológicas:

**1945-1974**  
Precipitação anual  
**1.488 mm**



**1975-2004**  
Precipitação anual  
**1.613 mm**



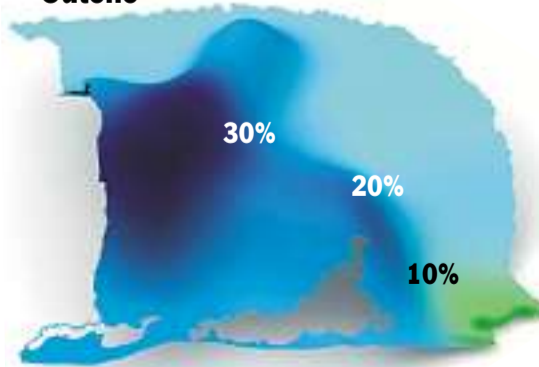
Variação  
**+8,4%**

### A MIGRAÇÃO DAS CHUVAS

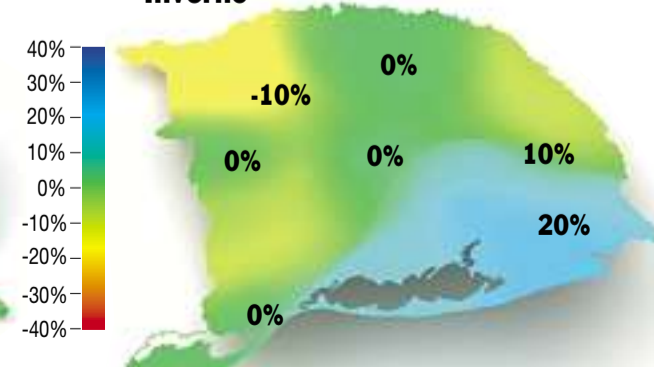
O aumento no nível de precipitação se concentra principalmente nos meses de transição climática do outono e da primavera, o que favorece a ocorrência de temporais devido ao choque de massas de ar quente e frio:

Estação	Aumento na chuva
Outono	<b>17%</b>
Primavera	<b>9%</b>
Verão	<b>7%</b>
Inverno	<b>2%</b>

### Outono



### Inverno



# transformação

Tamanho médio das tempestades **256 mil km<sup>2</sup>**

Bacia do Prata

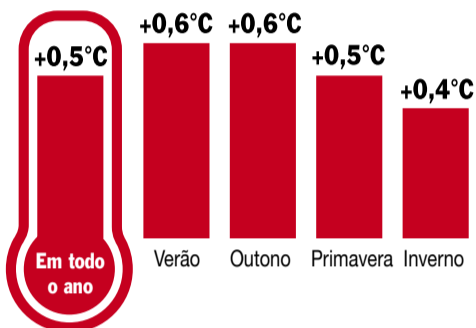
Comparação entre tempestades

Duração média das tempestades **14 horas**

## MAIS CALOR

Temperatura média vem aumentando nas últimas décadas entre os gaúchos, o que contribui para reforçar temporais.

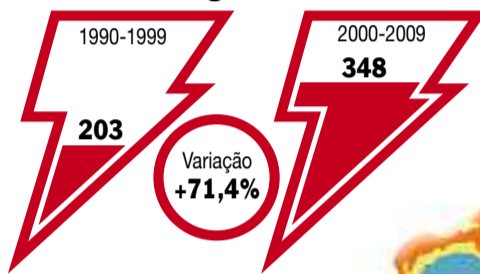
**Aumento médio na temperatura entre 1961 e 2008:**



## TEMPORAIS EM ASCENSÃO

Registros feitos no Aeroporto Internacional Salgado Filho e na Base Aérea de Canoas indicam que o número de trovoadas vem se multiplicando nas últimas duas décadas na Região Metropolitana:

**Trovoadas registradas**



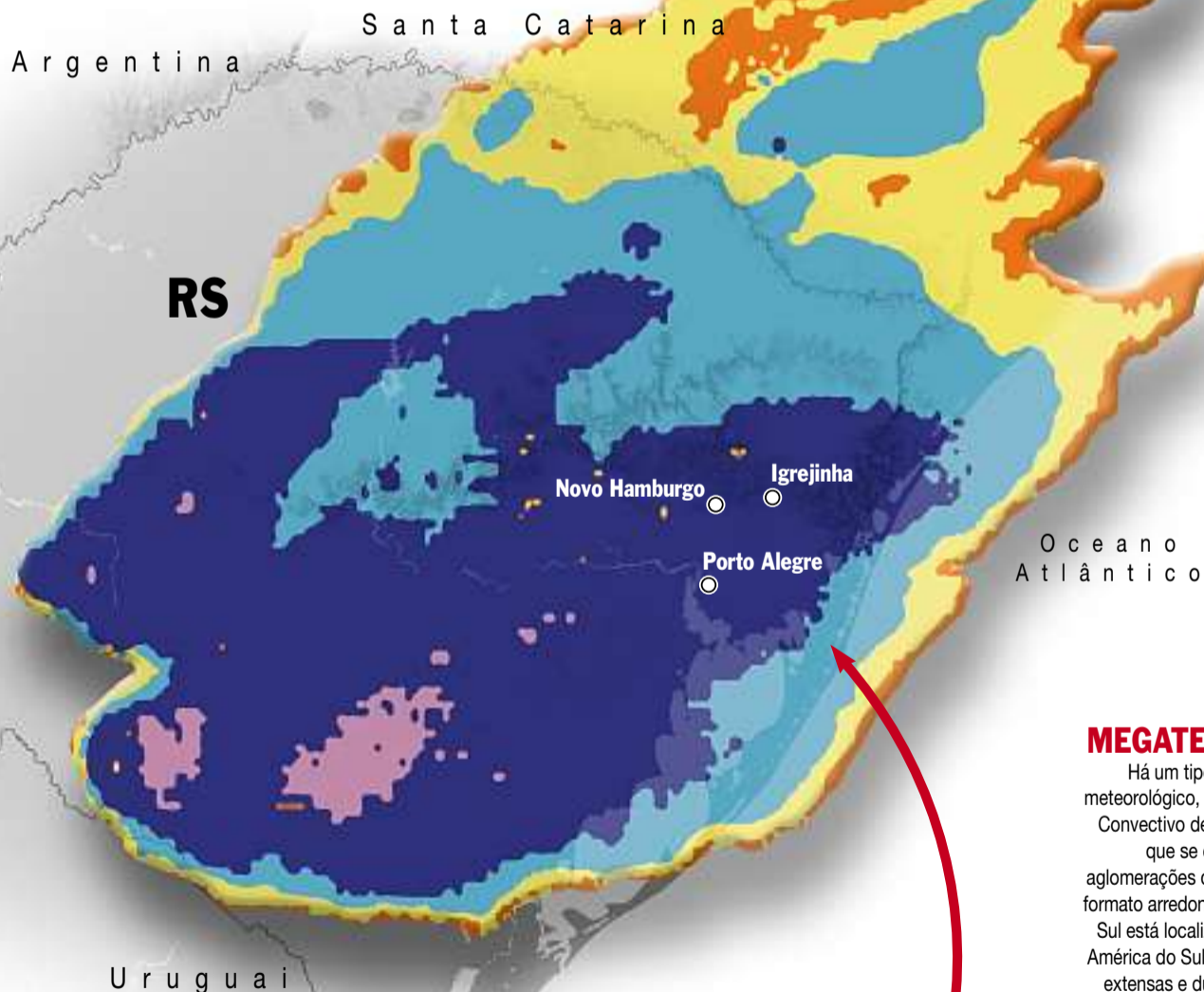
Um trabalho sobre variações climáticas na América do Sul aponta que o Rio Grande do Sul vem apresentando aumento no número de dias com chuva pesada (acima de 10 mm diários):

● O número de dias com chuva pesada aumentou no Rio Grande do Sul nos últimos 40 anos. Em um ano, há até 12 dias a mais de precipitação intensa em relação ao esperado.

Tamanho médio das tempestades **164 mil km<sup>2</sup>**

Estados Unidos

Duração média das tempestades **10 horas**



## AS MEGATEMPESTADES

Há um tipo específico de sistema meteorológico, chamado de Complexo Convectivo de Mesoescala, ou CCM, que se caracteriza por grandes aglomerações de nuvens carregadas e formato arredondado. O Rio Grande do Sul está localizado em uma região da América do Sul que concentra as mais extensas e duradouras tempestades desse tipo – fenômeno que contribuiu para causar estragos em Novo Hamburgo e Igrejinha na semana passada. Confira a comparação com outra região típica de CCMs, o sudeste dos Estados Unidos:

Comparação com a área de Porto Alegre **496,6 km<sup>2</sup>**

Imagem registrada pelo satélite americano Goes-12, às 17h de sexta-feira retrasada, quando um forte temporal começava a atingir o Estado. As cores mais ao centro indicam nuvens mais altas e frias – capazes de provocar chuva, vento, granizo e até tornado.



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ALUNA: FLÁVIA DIAS DE SOUZA MORAES

**Composição da Banca Examinadora:**

1º) Orientador: Francisco Eliseu Aquino

2º) Prof. Examinador: Jefferson Cardia Simões

3º) Prof. Examinador: Denilson Ribeiro Viana

**Título do Trabalho de Graduação:**

Precipitação e desastres associados ao evento meteorológico que atingiu o Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011

**Data da Defesa do TG:** 04/07/2014

**Parecer da Comissão Examinadora:** A aluna cumpriu plenamente com os requisitos de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Tendo sido clara na definição dos objetivos, na escolha e aplicação da metodologia, mostrando habilidade na utilização destes métodos, alcançando os resultados propostos. Considerando a atualidade do tema e a sua originalidade em conjugar áreas do conhecimento geográfico, recomenda a continuidade e aprofundamento do tema em questão. A banca concede conceito (A).

**Assinatura dos Membros da Comissão:**

1)

2)

3)

**Ciente do Aluno:**

Flávia Moraes

**Data:** 04/07/2014

UFRGS – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Av. Bento Gonçalves, nº 9500 – Bloco 1 – Prédio 43113

Fones: (051) 3308 6348/3308 6329 – Fax: (051) 3308 7302

Caixa Postal: 15.001 – CEP: 91540 000 – Porto Alegre – RS – Brasil. E-mail: igeo@ufrgs.br