

IMPACTOS GERADOS POR DOIS COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA DE DIFERENTES EXTENSÕES NO SUL DO BRASIL

DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018186-205

Karina Bruno Lima¹

Francisco Eliseu Aquino²

Flávia Dias de Souza Moraes³



2º Seminário
Internacional de
**PROTEÇÃO E
DEFESA CIVIL**

RESUMO

Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), estão muitas vezes, associados a eventos meteorológicos severos e, conseqüentemente, desastres. Para analisar se existe relação entre a extensão destes sistemas e seu potencial destrutivo, este estudo compara eventos de dimensões extremas, sendo eles o segundo maior e o menor CCM que atingiram a Região Sul do Brasil entre 1998 e 2007. Foram utilizadas informações do banco de dados de CCM de Durkee e Mote (2009), imagens do satélite GOES-12, cartas sinóticas DHN, dados de precipitação de estações meteorológicas e registros em jornais. O maior CCM analisado (21 a 23/04/2004) foi 10,8 vezes mais extenso em área, durou 3,48 vezes mais (36,5 h) e causou volumes maiores de precipitação nos municípios atingidos, se comparado ao menor CCM (07 a 08/10/2005) que durou 10,5 h. Apesar disso, as conseqüências foram impactantes para a população em ambos os casos, visto que os desastres dependem também das vulnerabilidades sociais e dos locais no momento em que são atingidos.

Palavras-chave: Sistemas Convectivos. Precipitação. Desastres. Região Sul.

¹ Geógrafa, UFRGS (2016); Mestranda em Climatologia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRGS. E-mail: karina.blima@yahoo.com.br

² Geógrafo, Professor do Departamento de Geografia, coordenador do NOTOS – Laboratório de Climatologia e pesquisador do Centro Polar e Climático, professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRGS. E-mail: francisco.aquino@ufrgs.br

³ Geógrafa, UFRGS (2014); Mestre em Geografia UFRGS (2016); Doutoranda em Climatologia Departamento de Geografia, Universidade da Geórgia/EUA. E-mail: flavia.moraes@uga.edu

1 INTRODUÇÃO

Os fenômenos classificados como CCMs são comuns em algumas regiões do mundo, como Estados Unidos e América do Sul. A Região Sul do Brasil concentra cerca de 30% dos CCM que ocorrem na América do Sul (MORAES, 2016) e, conforme Abdoulaev *et al.* (1996), eles causam cerca de 13 desastres ao ano, somente no Rio Grande do Sul.

Visto a importância do tema, o objetivo deste estudo é verificar se existe relação entre a dimensão dos CCM e a potencialidade dos impactos causados por eles. Para isso, serão analisados e comparados dois eventos de CCM de tamanhos distintos, sendo eles o segundo maior e o menor sistema em extensão que atingiram a Região Sul do Brasil entre 1998 e 2007.

2 COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA (CCM)

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são sistemas de nuvens convectivas que apresentam área de precipitação contínua e podem ser parcialmente convectivos e parcialmente estratiformes (HOUZE, 1993). Estes sistemas podem apresentar formato linear (linhas de instabilidade); formato irregular ou formato circular – os CCM.

Os CCM passaram a ser caracterizados por Maddox (1980), que elaborou uma classificação com características morfológicas necessárias a este tipo de sistema de formato circular, como por exemplo, uma região com temperaturas de topos nebulosos $\leq -32^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 100.000 \text{ km}^2$ e um núcleo com temperaturas de topos nebulosos $\leq -52^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 50.000 \text{ km}^2$. Esta classificação ainda é utilizada nos dias de hoje para distinguir os CCM de outros sistemas convectivos.

Os CCM são compostos por nuvens convectivas *Cumulo nimbus* (Cb) cobertas por camada de nuvens *cirrus* (Ci), de rápida formação – geralmente entre 6h e 12h - possuem forma arredondada e estão muitas vezes associados a tempestades severas, granizo, rajadas de vento e tornados (MADDOX, 1980; MADDOX, 1983), sendo mais frequentes em meses quentes do ano e fortalecidos por elevada umidade (VELASCO; FRITSCH, 1987; VIANA, 2011; MORAES, 2016).
R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

Segundo vários autores, o acoplamento entre os Jatos de Baixos Níveis (JBN), e a circulação transversal gerada pelos Jatos de Altos Níveis (JAN), provoca um aumento de convergência em baixos níveis, criando condições para convecção profunda e formação de sistemas convectivos (UCCELLINI, 1980; GUEDES, 1985; VELASCO; FRITSCH, 1987; CUSTODIO; HERDIES, 1994).

Na América do Sul, os JBN trazem umidade da região amazônica até a região subtropical do país. Este fluxo, potencializado em meses mais quentes, carregará grande aporte de ar quente e úmido e, em conjunção com os JAN, entre as latitudes 30°S e 40°S (Figura 1), criarão um cenário favorável à formação dos sistemas (GUEDES, 1985; CUSTODIO; HERDIES, 1994; VIANA, 2011).

Figura 1 – Associação dos JBN e JAN no sul da América do Sul.



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

Conforme Moraes (2016), a Região Sul do Brasil concentrou cerca de 1/3 dos CCM registrados na América do Sul entre 1998 e 2007 (Tabela 1). A média de duração e de extensão máxima destes superou a média dos CCM dos Estados Unidos e da América do Sul. Tais dados sugerem que este fenômeno tem como

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

região preferencial para formação, na América do Sul, a Região Sul do Brasil.

Tabela 1 – Climatologia dos CCM para EUA, América do Sul e Sul do Brasil

Características dos CCM	Localização		
	Estados Unidos*	América do Sul**	Sul do Brasil**
Quantidade média por estação quente	35	18,7	10,7
Duração média (h)	10	12	15,78
Média da extensão máxima (km ²)	164.600	222.440	276.070

* A análise dos CCM dos EUA foi feita para os períodos de 1978 a 1987 e 1992 a 1999, somando 15 anos. **A análise dos CCM da AS e, conseqüentemente, do Sul do Brasil foi feita a partir da série de 1998 a 2007.

Fonte: *Durkee e Mote (2009); **Modificado de Moraes (2016).

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

Foram selecionados os eventos, de menor e de segunda maior extensão, em km² que atingiram a Região Sul do Brasil, ou seja, que atuaram entre as latitudes 22°30'58" 33°45'03" S e longitudes 48°05'e 57°40'57" W.

O banco de dados produzido por Durkee e Mote (2009), contém várias características dos sistemas convectivos que atingiram a América do Sul entre 1998 e 2007. Deste banco de dados, Moraes (2016) selecionou os CCM aqui analisados.

O maior CCM da série 1998-2007, ocorrido entre 02 e 04/02/2000, não possuía imagens de satélite realçadas disponíveis (o satélite GOES-8, da série *Geostationary Operational Environmental Satellites*, foi substituído em 2003), assim optou-se em utilizar o segundo maior CCM do período, ocorrido entre 21 e 23/04/2004 já com imagens GOES-12.

Cartas sinóticas disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e pela MASTER-USP (Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais) contribuíram para a análise e compreensão das condições sinóticas, e dados de estações meteorológicas convencionais e automáticas disponibilizadas pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo)

foram utilizados para a análise da precipitação.

Para a análise dos impactos, foram utilizadas notícias de jornais do Grupo RBS.A Defesa Civil do RS não possuía, no momento da pesquisa, dados anteriores a 2011 devido a um problema na troca de gestão no órgão e, por isso, tais informações não puderam ser utilizadas.

Todos os horários estão em Coordenada de Tempo Universal (UTC).

4 RESULTADOS

4.1 Análise do maior CCM

O maior CCM desta análise teve início no dia 21/04/2004 às 20h45min sobre o Uruguai e a Argentina. Atingiu a maior extensão às 08h15min do dia 22/04/2004 com 828.006 km² e excentricidade de 0,72 com seu centro na latitude -34,4673 e longitude -55,323 (Figura 2). Entretanto, o momento de maior excentricidade foi às 14h45min do mesmo dia, com 0,763. Este CCM atingiu também o estado de Santa Catarina e atuou até o dia 23/04/2004 às 09h15min, quando se dissipou, tendo duração de 36,5 horas.

Figura 2 – Imagem da cobertura de nuvens do maior CCM no momento de sua máxima extensão.

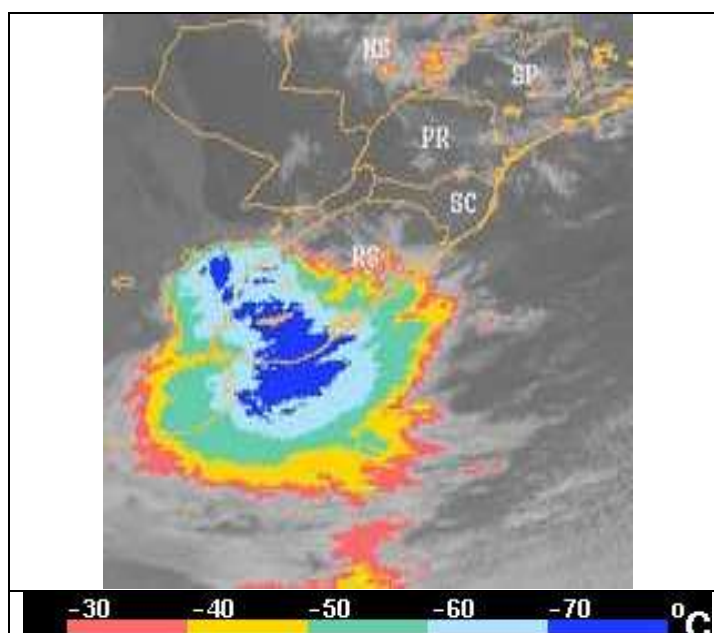
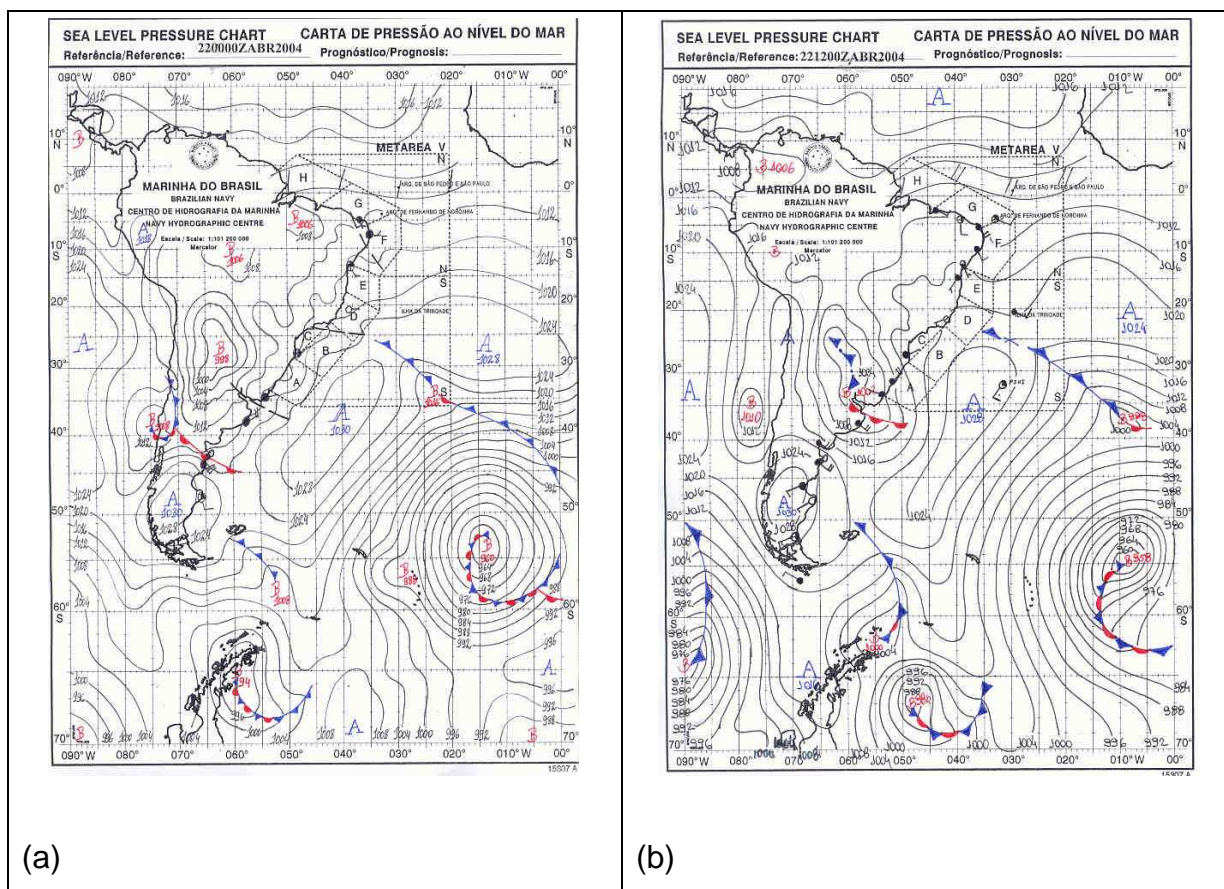


Imagem do satélite GOES 12 do dia 22/04/04 às 08h15min UTC. Legenda: MS = Mato Grosso do Sul; SP = São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul. A barra de cores de temperatura refere-se às temperaturas de brilho do topo das nuvens.
 Fonte: INPE/CPTEC.

Na análise das cartas sinóticas, verifica-se que à 00h do dia 20/04/04 uma área de alta pressão está sobre o continente, em toda a região do Chaco, proporcionando o aquecimento na região. Ela posteriormente migra, se unindo à área de alta pressão semipermanente no Oceano Atlântico Sul e esse deslocamento da alta para leste propicia a formação de uma área de baixa pressão na região do Chaco, favorecendo o aporte de umidade vindo de norte (Amazônia) para sul e de instabilidade na área com o desenvolvimento de um ciclone extratropical. A baixa pressão pode ser visualizada sobre a região no dia 22/04/04 à 00h (Figura 3a), quando o CCM já está se desenvolvendo. A frente fria que avança no continente (Figura 3b) força a massa de ar quente e úmida do norte a subir, propiciando o desenvolvimento da nebulosidade e o crescimento do CCM.

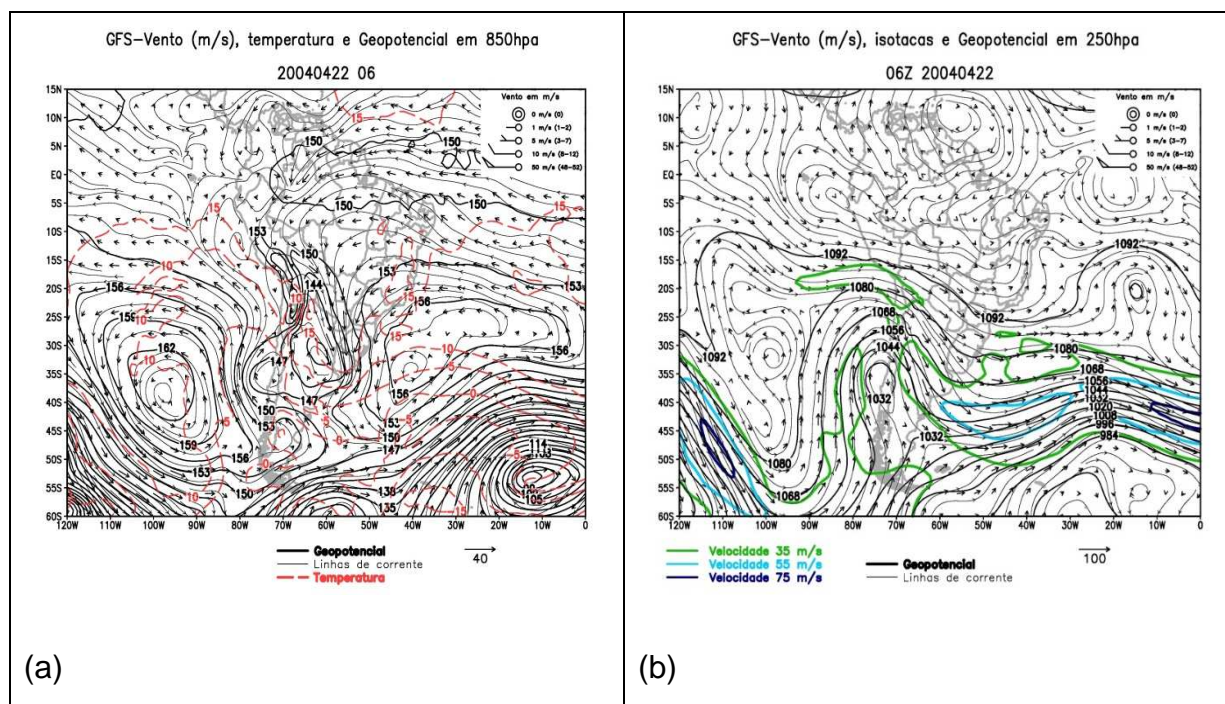
Figura 3 –Cartas sinóticas: (a) à 00h do dia 22 e (b) às 12h do dia 22.



Fonte: DHN/Marinha do Brasil.

Analisando as cartas de ventos de altos e baixos níveis, nota-se que no dia 22 às 06h (Figura 4a e b), próximo ao momento de maior extensão do CCM, os JBN vêm trazendo a umidade de norte para o sul, sugerindo acoplamento com os JAN e formando assim o cenário ideal para o desenvolvendo do CCM.

Figura 4 –Ventos a: (a) 850 hPa às 06h do dia 22 e (b) 250 hPa às 06h do dia 22.



Fonte: MASTER-USP

O centro deste CCM atingiu Bagé, Gravataí, Mariana Moro, Lagoa Mirim e Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul e Seara e Ponte Serrada, em Santa Carina. Apenas Bagé, Gravataí e Ponte Serrada, possuíam estação pluviométrica ativa na data do evento e foram utilizadas para a análise da precipitação em outros municípios também atingidos pela extensão da área de nebulosidade do sistema (Tabela 2).

Seis dos municípios analisados ultrapassaram os 100 mm de precipitação em um período de 24 horas e oito ultrapassaram este valor durante o período em que o CCM atuou. Dez dos municípios acumularam mais de 50% da precipitação mensal apenas no período de vida do CCM, que foi de 36,5 horas.

Em Rio Grande, este CCM gerou 97,77 mm de precipitação durante seu ciclo de vida, o que corresponde a 189,84% do esperado para o mês de abril (51,50 mm) R. gest. sust. ambient., Florianópolis,. v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

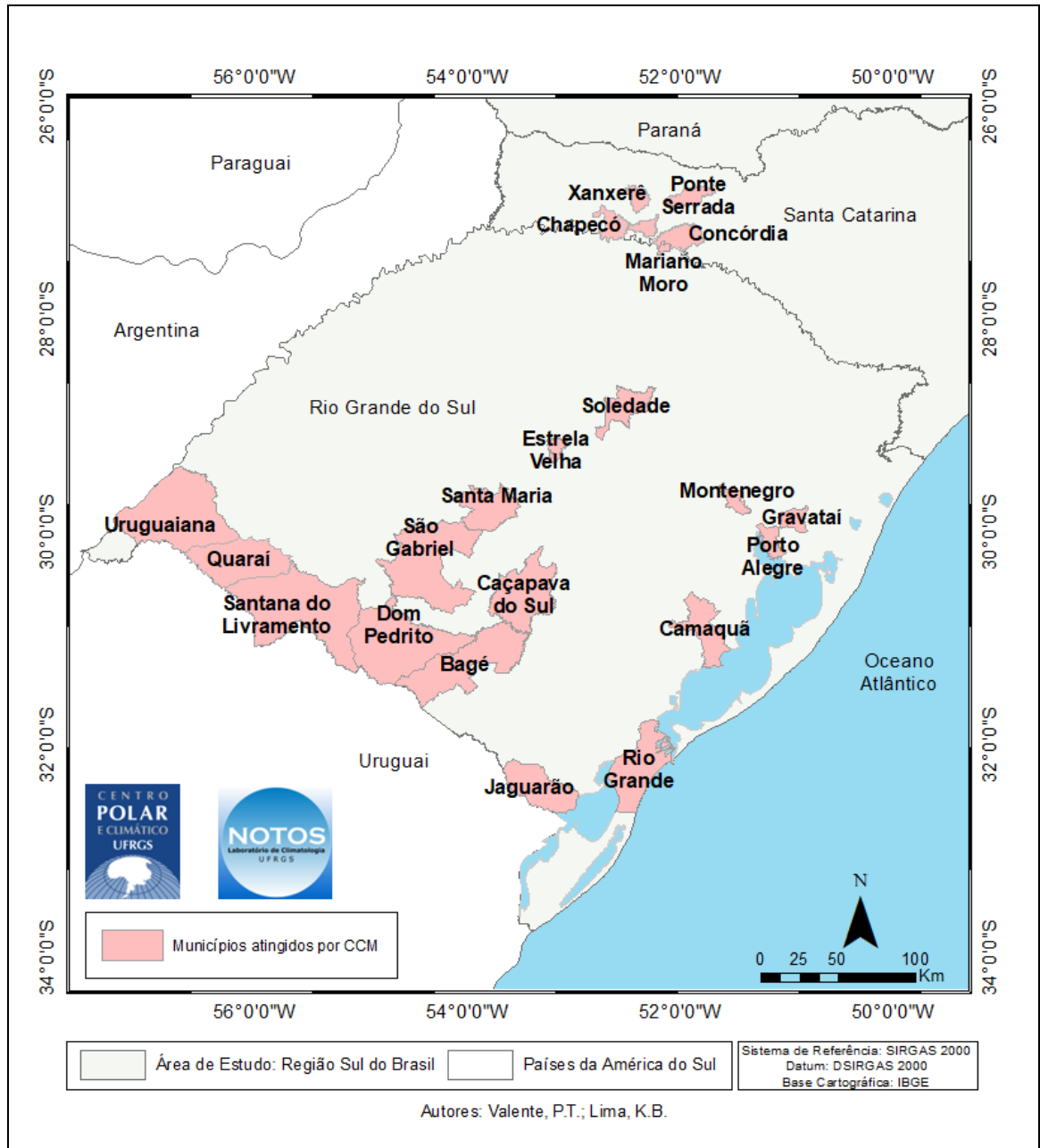
conforme a normal climatológica de 1961-1990 (INMET, 2009). Em Bagé, registrou-se 114,90 mm, correspondendo a 137,93% da precipitação para o mês (83,30 mm) e em Porto Alegre, 61,02 mm, correspondendo a 78,94% do total esperado (77,30 mm). Notícias de jornal ainda registraram efeitos decorrentes do CCM em Santana do Livramento e Uruguaiana (Figura 5).

Tabela 2 – Percentual de precipitação causado pelo CCM ocorrido entre 21 e 23 de abril de 2004 em relação à precipitação mensal total de abril de 2004.

CCM de 21 a 23 de abril de 2004*					
Estação	Precipitação mensal - abril/2004 (mm)	Precipitação acumulada em 24 horas (mm)**	%	Precipitação durante todo o CCM (mm)	%
Dom Pedrito	270,69	118,74	43,86	141,75	52,37
Quaraí	130,03	40,26	30,96	50,28	38,67
Bagé	182,82	112,59	61,58	114,90	62,85
Jaguarão	246,42	141,51	57,43	173,58	70,44
Rio Grande	119,16	88,08	73,91	97,77	82,05
São Gabriel	206,46	109,41	52,99	113,52	54,98
Caçapava do Sul	203,43	107,97	53,07	142,50	70,05
Camaquã	152,34	117,24	76,96	126,54	83,06
Porto Alegre	81,57	55,50	68,04	61,02	74,81
Montenegro	100,56	62,64	62,29	75,78	75,36
Estrela Velha	184,32	68,82	37,34	105,54	57,26
Soledade	234,48	86,97	37,09	96,45	41,13
Santa Maria	220,29	67,41	30,60	99,75	45,28
Xanxerê	164,04	64,14	39,10	64,14	39,10
Ponte Serrada	210,70	25,70	12,20	25,70	12,20
Chapecó	201,10	35,70	17,75	35,70	17,75
Concórdia	797,73	46,00	5,76	118,10	14,80

* Alguns dos dados foram estimados pelo Agritempo (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico).
 ** Para o acumulado de 24h, foi considerado o dia com a maior precipitação durante o período de vida do CCM.

Figura 5 – Municípios atingidos pelo CCM de 21 a 23 de abril de 2004 no Sul do Brasil.



4.2 Análise do menor CCM

No dia 07/10/05 havia um sistema convectivo sobre o Rio Grande do Sul e outro sobre Santa Catarina, os quais se uniram (*merge*) e formaram um CCM que atingiu Santa Catarina e Paraná com sua nebulosidade, mas se concentrou principalmente sobre o Rio Grande do Sul e Oceano Atlântico (Figura 6).

Este CCM atingiu sua maior extensão às 02h45min do dia 08/10/05, quando chegou a 76.485 km². O momento de maior excentricidade ocorreu no mesmo horário, quando atingiu 0,723 sobre a latitude -30,7351 e longitude -46,9319. Infelizmente, não foram encontradas imagens deste horário. Esse CCM esteve ativo até o dia 08/10/2005 às 10h15min, tendo duração total de 10,50h.

Figura 6 – Imagem da cobertura de nuvens do menor CCM, momentos antes de sua máxima extensão.

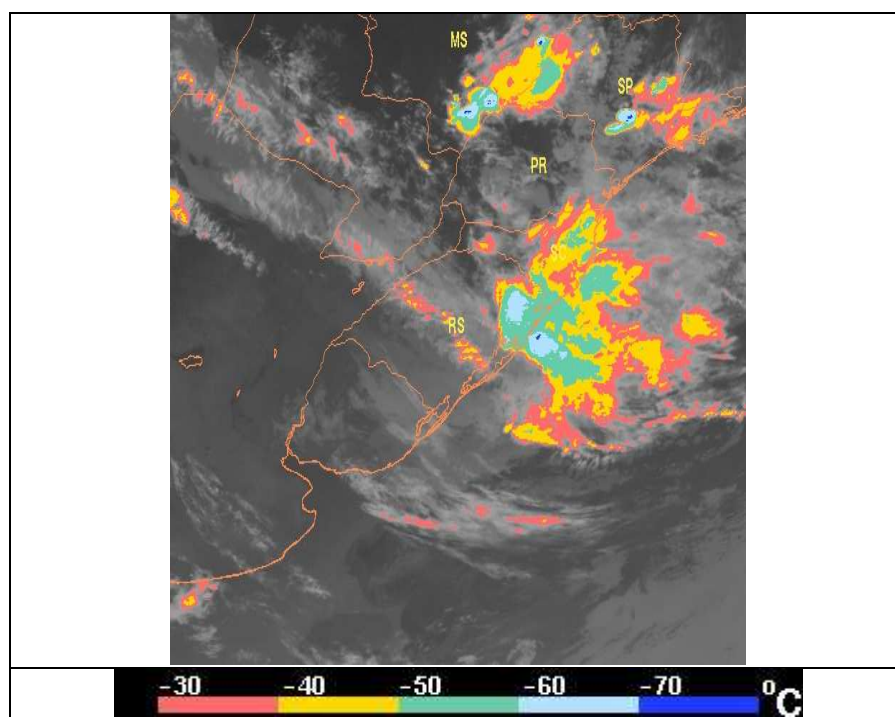
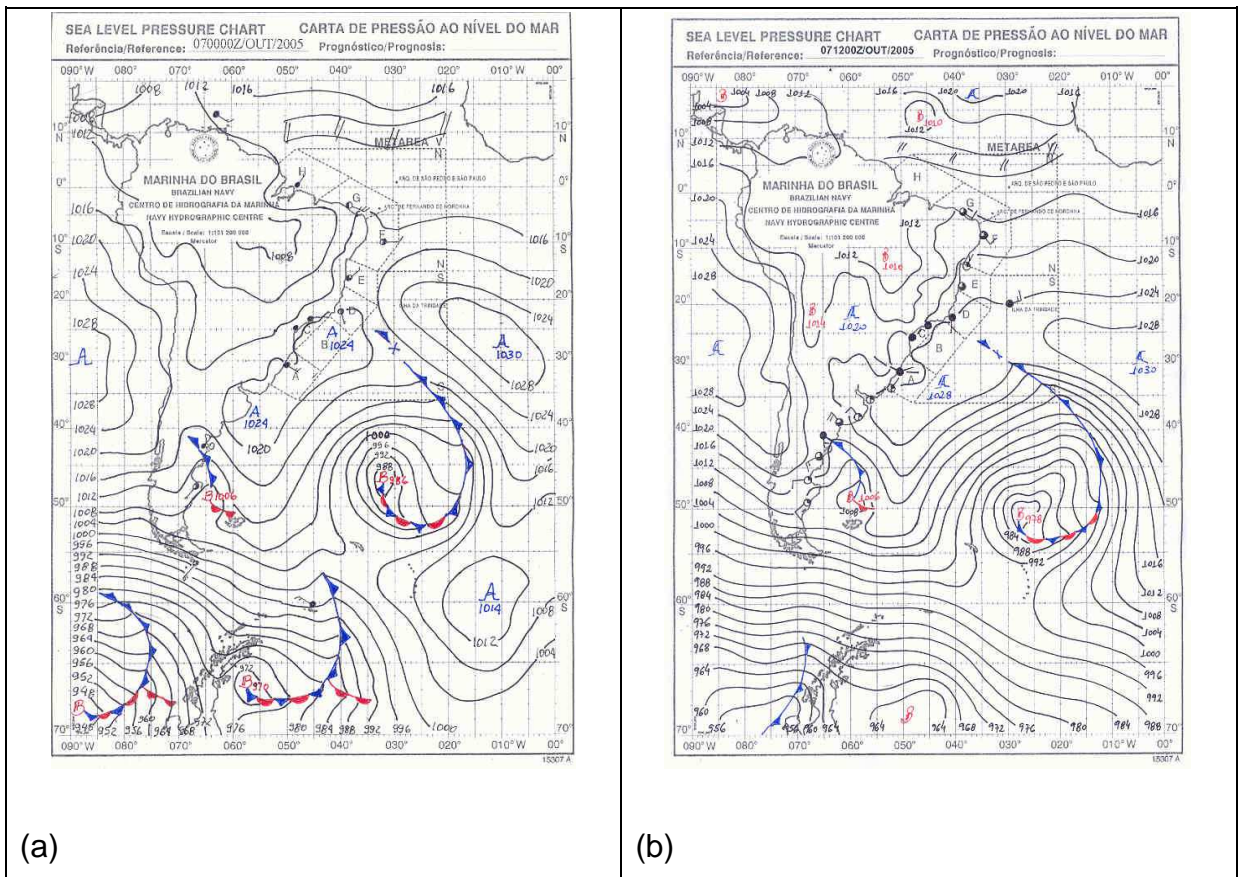


Imagem do satélite GOES 12 do dia 08/10/05 a 00:00h UTC. Legenda: MS = Mato Grosso do Sul; SP = São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul. A barra de cores de temperatura refere-se às temperaturas de brilho do topo das nuvens. Fonte: INPE/CPTEC.

No dia 07/10/05 à 00h (Figura 7a) existe uma zona de alta pressão sobre o Oceano Atlântico atingindo parte do Uruguai e do Rio Grande do Sul. No dia 07 às R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

12h (Figura 7b), passa a haver uma zona de alta pressão também sobre o continente, favorecendo o aquecimento da região, e já se verifica uma linha de instabilidade sobre Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esse cenário atmosférico instável é um pré-requisito para a formação do CCM.

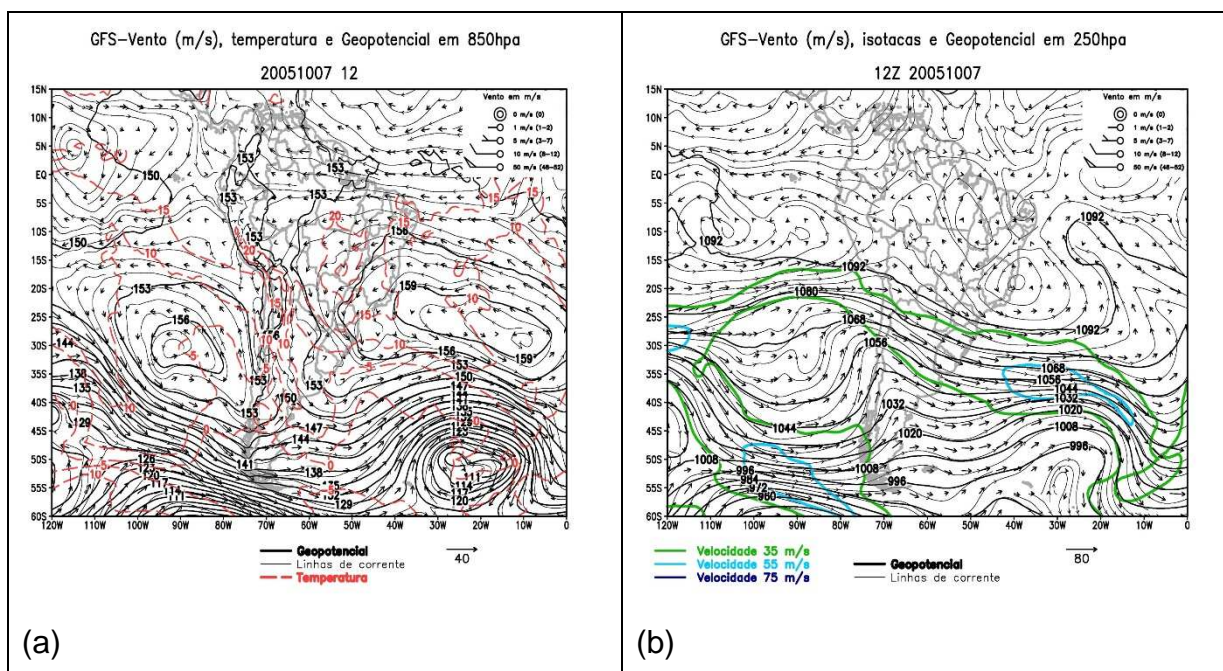
Figura 7 – Cartas sinóticas: (a) 00h do dia 07/10/05, (b) 12h do dia 07.



Fonte: DHN/Marinha do Brasil.

Os ventos a 850 hPa, no dia 07 às 12h, mostram os JBN trazendo umidade da região amazônica enquanto há JAN a 250 hPa (Figura 8a e b).

Figura 8 – Ventos a: (a) 850 hPa às 12h do dia 07, (b) 250 hPa às 12h do dia 07.



Fonte: MASTER-USP.

Durante seu ciclo de vida, este CCM causou efeitos, principalmente, na Região Metropolitana de Porto Alegre (Figura 9), com seu centro passando por Montenegro, Sapucaia do Sul, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha. Sua nebulosidade também atingiu outros municípios e foram utilizadas as estações de Cachoeirinha, Porto Alegre, Tramandaí, São Francisco de Paula, Nova Santa Rita, Passo Fundo, General Câmara, Venâncio Aires e Caxias do Sul (Tabela 3).

As estações de Araranguá, Laguna, Jaguaruna, São Joaquim, Lages, Caçador, Blumenau e Florianópolis foram verificadas e, apesar de todas elas terem apresentado precipitação durante o período de atuação do CCM, nenhuma apresentou volume superior a 20 mm em 24h, logo, não foram utilizadas para esta análise.

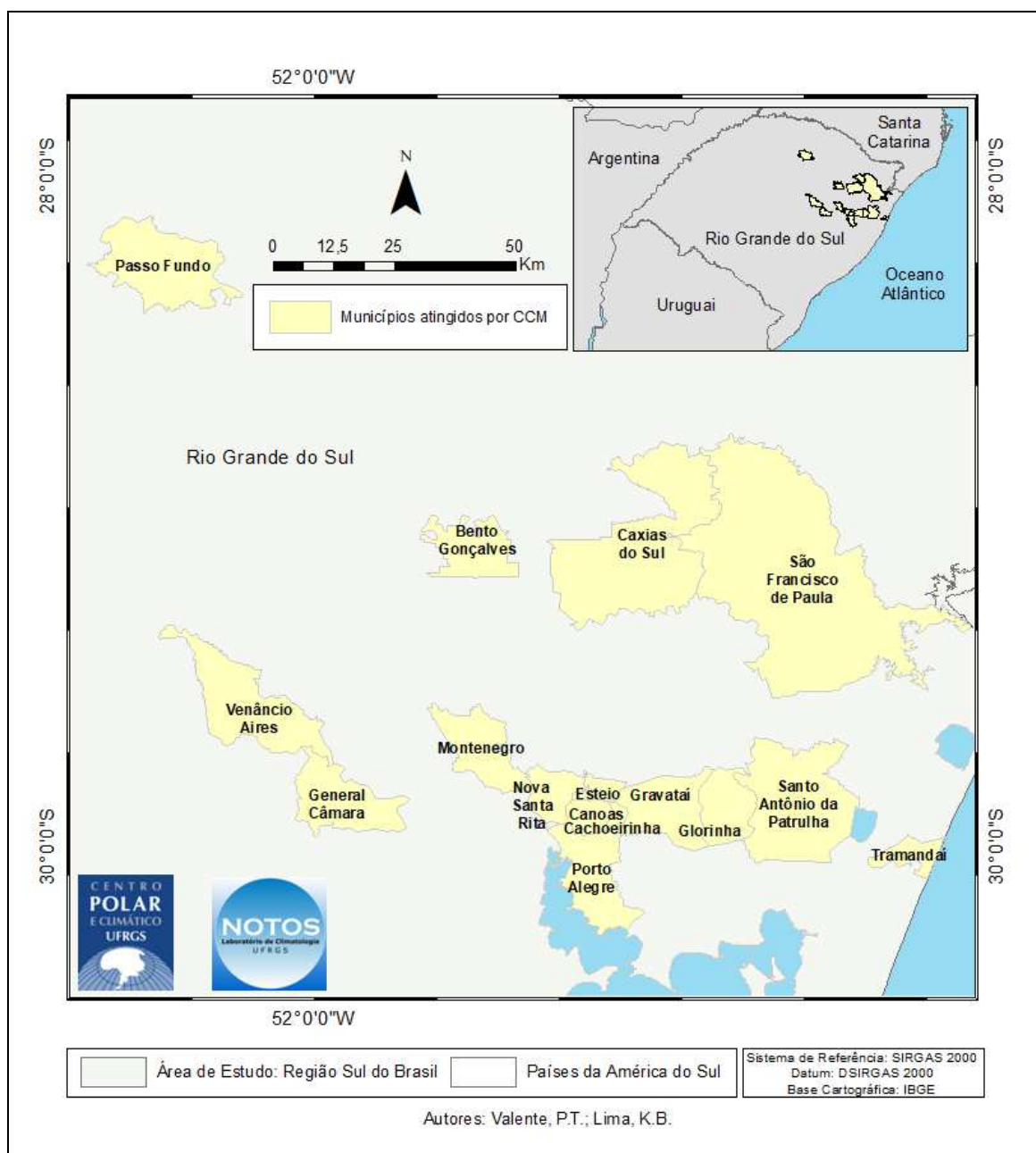
Tabela 3 – Percentual de precipitação causado pelo CCM ocorrido entre 07 e 08 de outubro de 2005 em relação à precipitação mensal total de outubro de 2005.

CCM de 07 e 08 de outubro de 2005*					
Estação	Precipitação mensal – outubro/2005 (mm)	Precipitação acumulada em 24 horas (mm)**	%	Precipitação durante todo o CCM (mm)	%
Montenegro	295,95	50,07	16,92	61,38	20,74
Porto Alegre	281,79	72,57	25,75	73,29	26,01
Cachoeirinha	315,50	128,70	40,79	132,70	42,06
Santo Antônio da Patrulha	241,53	58,89	24,38	60,87	25,20
Nova Santa Rita	282,06	63,06	22,36	65,64	23,27
Tramandaí	170,58	29,10	17,06	36,42	21,35
São Francisco de Paula	241,83	32,34	13,37	32,34	13,37
General Câmara	359,61	87,96	24,46	90,99	25,30
Venâncio Aires	282,33	47,25	16,73	49,11	17,39
Caxias do Sul	322,70	29,80	9,23	35,80	11,09
Passo Fundo	320,01	25,65	8,01	25,65	8,01

* Alguns dos dados foram estimados pelo Agritempo (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico).

** Para o acumulado de 24h, foi considerado o dia com a maior precipitação durante o período de vida do CCM.

Figura 9 – Municípios atingidos pelo CCM de 07 a 08 de outubro de 2005 no Sul do Brasil.



Este CCM proporcionou 73,29 mm de precipitação em Porto Alegre durante os dois dias em que atuou, sendo 60,42% do total esperado para o mês de outubro (121,30 mm), conforme a climatologia de 1961-1990 (INMET, 2009). No mesmo município, o valor máximo de precipitação observado em 24h, havia sido de 74,80 mm em 1982, tendo este CCM causado 72,57 mm, esteve apenas 2,98% abaixo R. gest. sust. ambient., Florianópolis., v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

desta marca.

Apenas o município de Cachoeirinha apresentou mais de 100 mm de precipitação acumulada em 24h, sendo também o único município a superar esta marca durante todo o ciclo de vida do CCM. Ainda alcançou o percentual mais alto de precipitação acumulada nos dois dias da passagem do CCM em relação à precipitação total mensal (42,06%). Matérias de jornal mostraram ainda consequências do CCM em Esteio, Alvorada, Gravataí, Canoas e Bento Gonçalves.

4.3 Análise das notícias de jornais

As notícias relacionadas ao maior CCM (edição de 23/04/2004 do jornal Zero Hora) nos mostram que ele provocou destelhamento de casas, deixando 400 desabrigados e um prejuízo calculado em R\$ 1 milhão no município de Estrela Velha. Foram registrados alagamentos em Bagé e muitas famílias ficaram sem energia elétrica em diversos municípios. Este CCM causou grandes volumes de precipitação, fortes rajadas de vento (até 70 km/h) e tempestade de granizo (em Estrela Velha), sendo que tal fenômeno não foi registrado pelo menor CCM.

As notícias relacionadas ao menor CCM (edições de 08, 09 e 10/10/2005 do jornal Zero Hora) mostram que ele causou danos relacionados a alagamentos e enxurradas, tendo cerca de 1,5 mil casas sido atingidas por água em diversos municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre, entre 07 e 10/10/2005. Como consequência, foram registradas também quedas de barreiras em estradas e o desaparecimento de uma pessoa em Sapucaia do Sul.

4.4 Análise comparativa dos CCM

O maior CCM, ocorrido entre os dias 21 e 23/04/04, alcançou uma extensão máxima de 828.006 km², logo, foi 10,826 vezes maior que o CCM ocorrido em 07 e 08/10/05 que chegou a 76.485 km² (Tabela 4). A excentricidade máxima atingida pelos sistemas foi próxima, com 0,763 e 0,723, respectivamente.

Com relação à duração, o maior CCM (36,5h) durou 3,48 vezes mais que o menor (10,5h). Isso corrobora com o estudo de Campos (2011), que reitera que R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

vários autores teriam observado que o tamanho dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) está associado ao seu tempo de vida, ou seja, os maiores SCM apresentariam maior duração, pois seriam características relacionadas.

Tabela 4 – Comparação das características dos CCM analisados e diferenças com relação à média dos CCM da Região Sul

Comparação das características e diferenças com relação à média dos CCM da Região Sul *				
	Extensão máxima (km²)	Diferença com relação à média (276.070)	Duração (h)	Diferença com relação à média (15,78h)
Maior CCM (abril/2004)	828.006	+ 199,92%	36,5	+ 131,30%
Menor CCM (outubro/2005)	76.485	- 72,29%	10,5	- 33,46%

* Médias de extensão máxima e duração dos CCM da Região Sul conforme Moraes (2016).

A análise dos municípios mais atingidos por cada evento mostrou que o maior CCM gerou maior precipitação acumulada em 24h e de precipitação acumulada durante todo o ciclo de vida do CCM, além disso, mais estações registraram valores superiores a 100 mm em decorrência dele (Tabela 5). Entretanto, o menor CCM atingiu locais muito urbanizados e vulneráveis a grandes volumes de precipitação, e as vulnerabilidades também são determinantes para desastres (CASTRO, 1999).

Tabela 5 – Comparação dos impactos dos CCM analisados

Comparação dos impactos dos CCM analisados		
	Maior CCM (abril/2004)	Menor CCM (outubro/2005)
Precipitação acumulada em 24h no município mais atingido (mm)	141,51	128,70
Precipitação acumulada durante todo o ciclo de vida do CCM no município mais atingido (mm)	173,58	132,70
Estações analisadas que superaram 100 mm*	8 de 17 (47%)	1 de 11 (9%)
Estações analisadas que superaram 50% da precipitação mensal **	10 de 17 (59%)	0 (0%)
Municípios atingidos	Estrela Velha, Rio Grande,	Venâncio Aires, Sapucaia

citados em notícias de jornais	Bagé, Santana do Livramento, Uruguaiana, Porto Alegre, Santa Maria.	do Sul, Esteio, Porto Alegre e Região Metropolitana (Alvorada, Gravataí, Canoas, Cachoeirinha)
---------------------------------------	---	--

*Estações, entre as analisadas, que superaram 100 mm de precipitação durante o ciclo de vida do CCM.

**Estações, entre as analisadas, que superaram 50% da precipitação total do mês durante o ciclo de vida do CCM.

5 CONCLUSÕES

O maior evento de CCM analisado foi 10,826 vezes maior que o menor evento no momento de suas extensões máximas, ou seja, existiu uma discrepância de tamanho em área entre eles que torna possível essa análise comparativa entre eventos de portes distintos. O maior CCM também durou 3,48 vezes mais.

O maior CCM proporcionou entre 25 mm e 173 mm de precipitação acumulada em municípios nos quais atuou durante seu período de vida, enquanto oito das estações apresentaram valores acima de 100 mm. Já o menor CCM proporcionou precipitação entre 25 mm e 132 mm, mas com apenas uma das estações apresentando volume superior a 100 mm. O maior CCM proporcionou também mais de 50% do total da precipitação do mês de ocorrência em 59% das estações utilizadas no estudo, enquanto o menor CCM não alcançou este percentual em nenhuma das estações analisadas, produzindo entre 8 e 42% da precipitação total do mês em que ocorreu. Além disso, o CCM maior atingiu mais municípios e por mais tempo em relação ao menor.

Identificou-se nas notícias de jornal, que ambos os CCM causaram transtornos à população e que, apesar de o menor evento ter atuado por menos tempo e ter causado volumes menores de precipitação, ele se concentrou em uma área extremamente urbanizada – a região metropolitana de Porto Alegre – causando assim impactos semelhantes.

Áreas mais urbanizadas costumam ser vulneráveis a grandes volumes de precipitação, principalmente em eventos de curto período de tempo, e isso acontece devido a diversos fatores, como a cobertura do solo diferenciada (asfalto), sistema de drenagem ineficiente (ou não preparado para receber tais volumes em pouco tempo) e regiões ribeirinhas muito reduzidas, além da elevada quantidade de lixo

que pode obstruir todo o sistema pluvial.

A análise de dois CCM de tamanhos distintos evidenciou que a extensão do fenômeno, nestes casos, esteve positivamente relacionada à sua duração, ao volume de precipitação e à área total atingida. Entretanto, ambos possuem elevado potencial de risco sob o ponto de vista humano e por mais que haja diferenças resultantes da extensão dos CCM, os impactos na vida da população dependem também de outros fatores, como as vulnerabilidades dos locais onde vivem no momento em que são atingidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS (processo 17/2551-0000518-0) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT da Criosfera) pelo apoio financeiro e na infraestrutura, e ao NOTOS – Laboratório de Climatologia.

IMPACTS GENERATED BY TWOMESOSCALE CONVECTIVE COMPLEXESWITH DIFFERENT EXTENSIONS IN THE SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

Mesoscale Convective Complexes (MCC) are often associated with severe weather events and consequently disasters. This study compares the second largest and the smallest MCC event that occur in Southern Brazil between 1998 and 2007 to analyze if there is a connection between the extension and the destructive potential of these MCCs. It was used information from the Durkee and Mote (2009) database, satellite imagery from GOES 12, synoptic charts, precipitation data from meteorological stations, and articles from the local newspapers. The largest MCC analyzed (April 21st to 23rd, 2004) was 10.8 times larger lasted 3.48 times more (36.5 h), and caused higher volumes of precipitation in the affected municipalities, when compared to the smallest MCC (August 07 to 8th, 2005) that lasted 10.5 h. Despite this, the consequences have been striking for the population in both cases, because natural hazards also depend on the vulnerabilities of the locations at the moment the events took place.

Keywords: Convective systems. Precipitation. Natural Hazards. Southern Brazil.

REFERÊNCIAS

ABDOULAEV, S.; STAROSTIN, A.; CASARIN, D. P. Sistemas de mesoescala de precipitações no Rio Grande do Sul. Parte 1: Descrição Geral. In: IX CONGRESSO BASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET. **Anais...** Campos do Jordão. v. 2, 1996, p. 936-940.

CAMPOS, C. J. e EICHHOLZ, C. W. Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**. Vol.29, no.2, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbq/v29n2/a09v29n2.pdf>> Acesso em: 25 maio 2016.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em Defesa Civil**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional / Departamento de Defesa Civil. 1999.

CUSTODIO, M. A. M.; HERDIES, D. L. O jato de baixos níveis a leste da Cordilheira dos Andes – um estudo de caso. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, **Anais...**2, 1994, p. 617-619.

DURKEE, J. D. e MOTE, T. L. A climatology of warm-season mesoscale convective 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: 8 junho 2016.

DURKEE, J. D.; MOTE, T. L. e SHEPHERD, J. M. The contribution of mesoscale convective complexes to rainfall across subtropical South America. **Journal of Climate**, v. 22, 2009, p. 4590-4605.

GUEDES, R. L. Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, 1985.

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

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. 2009.

INPE/CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Especiais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Divisão de Satélites Ambientais** – Banco de Dados. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/pedidoweb/pedido.formulario.logic>> Acesso em 20 abril 2016.

MADDOX, R. A. **Mesoscale Convective Complexes**. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol 61, Nº 11, 1980, p. 1374-1387.

_____. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**, v. 111, 1983, p. 1475-1485. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 186-205, jun. 2018.

1493.

MORAES, F. D. S. 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**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014, 84 p.

_____. Ambiente atmosférico favorável ao desenvolvimento de Complexos Convectivos de Mesoescala no Sul do Brasil. **Dissertação de Mestrado**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016, 119 p.

SCOLAR, J.; FIGUEIREDO, J. C. Análise das condições sinóticas associadas à formação de Complexos Convectivos de Mesoescala. VI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET. **Anais...** v.2, 1990, p. 457-461.

UCCELLINI, L. W. **The role of upper tropospheric jet streaks and lee-side cyclogenesis in the development of low level jets in the great plains.** Mon. Wea. Rev. 1980.

VELASCO, I.; FRITSCH, 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**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006, 135 p.

_____. 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, 31 p.