

ANÁLISE PRELIMINAR DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS PRESENTES EM EPISÓDIOS DE VENTOS FORTES QUE CAUSARAM IMPACTOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL, BRASIL¹

Luiza Luciana SALVI²

Nelson Jesus FERREIRA³

Resumo

Neste artigo são apresentadas diversas características meteorológicas associadas a ocorrências de ventos fortes que teriam causado impactos em Mato Grosso do Sul (MS), segundo informações levantadas junto à imprensa sobre eventos climáticos, no período de 1954 a 2004. Classificaram-se 175 casos de ocorrência de ventos (ventania, vendaval e tempestade) em MS de acordo com a escala de Beaufort, segundo tabela de impactos elaborada por Blessmann. Foram analisados 14 casos de ocorrência de ventos fortes que provocaram danos/queda de torres de transmissão de energia elétrica ou de telefonia quanto à estação do ano e período do dia das ocorrências, realizando-se a classificação preliminar dos sistemas atmosféricos atuantes em cada caso, e o levantamento dos impactos à distribuição de energia elétrica no estado. O estudo realizado, de caráter preliminar, sugere que os episódios de ventos fortes analisados, apesar de frequentes, provavelmente não constituem episódios atmosféricos extremos mas representam possivelmente condições favoráveis à convecção geradas da associação de diversos fatores, não muito intensos quando considerados individualmente, mas importantes se considerados em conjunto.

Palavras-chave: Impacto climático. Complexo convectivo de mesoescala. Vulnerabilidade.

Abstract

Preliminary Analysis of the Prevailing Atmospheric Conditions Related to Strong Winds Events that Caused Impacts in Mato Grosso do Sul State, Brazil

This paper describes several meteorological features associated with the occurrence of strong winds events that caused impacts in Mato Grosso do Sul (MS) based on newspaper's notices on meteorological events that occurred in MS during the 1954 to 2004 period. 175 cases of winds damage were classified using the Belfort's scale and the list of corresponding impacts proposed by Blessmann. Damage and fall of power transmission line tower or phone tower's transmission line towers were observed and 14 episodes were analyzed considering the season of the year and period of the day. A preliminary classification of the prevailing atmospheric conditions is proposed and the impacts of the transmission of electric energy in MS are discussed. This preliminary study suggests that the winds episodes analyzed, although frequent, probably do not represent extreme atmospheric events but only favorable conditions of convective activity generated by the association of several factors not very important when separately considered, but of significant importance if considered as a whole.

Key words: Climatic impact. Mesoscale convective complex. Vulnerability.

¹ Pesquisa em desenvolvimento, "Circulação da Atmosfera e Impactos Climáticos do Estado de Mato Grosso do Sul: estudos de casos no Pantanal e no Planalto de Maracaju (flutuações interanuais e episódios extremos pluviais e de ventos)", aprovada no DCH/CPTL/UFMS e na Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFMS. A pesquisa foi desenvolvida junto ao DCH/CPTL/UFMS e ao INPE como parte de programa de pós-doutorado.

² Docente do Curso de Geografia do Departamento de Ciências Humanas do Campus de Três Lagoas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Ranulpho Marques Leal, 3484 - CP 210. CEP 79620-080. Três Lagoas, MS. luizasalvi@ceul.ufms.br

³ Pesquisador Titular do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1558. Jd. da Granja. CEP 12227-010. São José dos Campos - SP - nelson@cptec.inpe.br

INTRODUÇÃO

No presente artigo são descritos aspectos relacionados à ocorrência de ventos em Mato Grosso do Sul (MS). Escolheram-se episódios nos quais ventos teriam provocado queda/dano em torres de transmissão de energia elétrica (138 kV) ou de telefonia que, segundo as especificações técnicas de projeto das torres, suportariam ventos máximos de até 110 km/h.

O objetivo era o de levantar informações adicionais sobre os acidentes uma vez que episódios de queda/dano em torres do estado mostraram frequência semelhante de ocorrência mas com maior número de torres atingidas por episódio em comparação com casos registrados nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, segundo informações das Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL).

A despeito da importância para o setor elétrico, apontada por Gewehr (1997), de informações meteorológicas sistemáticas, de caráter climatológico, e as relacionadas à previsão do tempo, o estudo realizado representa um levantamento preliminar das condições atmosféricas com o intuito de sondar as características dos episódios de queda de torres. A análise sistemática nos campos da Climatologia e da Meteorologia dos eventos levantados não foi elaborada.

MATO GROSSO DO SUL E A CIRCULAÇÃO DA ATMOSFERA NA AMÉRICA DO SUL

O estado de Mato Grosso do Sul está situado na região central da América do Sul (AS) entre as latitudes de 17°S e 24°S e as longitudes de 51°W e 58°30'W. As altitudes médias na região variam de 100 m a 200 m na planície sedimentar do Pantanal (no extremo oeste) e no vale do Rio Paraná (no extremo leste), e 500 m a 600 m no centro do estado ocupado pela porção oeste do Planalto Brasileiro em terreno sedimentar do Planalto de Maracaju-Campo Grande, segundo denominação adotada pelo Projeto RadamBrasil (ALVARENGA et al., 1984).

O extremo sul do estado é atravessado pelo Trópico de Capricórnio e MS encontra-se na área de transição entre os climas tropical ao norte e subtropical ao sul. As temperaturas médias anuais são mais elevadas na porção centro norte do estado, atingindo 25°C em Corumbá (a oeste do estado), e mais baixas na porção sul (20,9°C em Ponta Porã, situada no extremo sul); os totais anuais de precipitação apresentam valores médios de 1300 mm, diminuindo de leste para oeste (1118,2 mm em Corumbá) e de sul para norte (1661,1 mm em Ponta Porã), de acordo com as normais climatológicas de 1961-1990. Segundo estudo realizado por Zavatini (1992) o estado é atravessado pelo limite zonal, na faixa entre 20°S e 21°S, que separa os climas controlados por massas de ar equatoriais e tropicais ao norte dos climas controlados por massas de ar polares e tropicais ao sul, definindo na porção norte climas tropicais alternadamente secos e úmidos e na porção sul climas sub-tropicais úmidos.

As características principais da circulação da atmosfera na América do Sul (AS) foram sintetizadas e discutidas por Satyamurty et al. (1994) com base nos dados de pressão média ao nível do mar, vetores de vento em 850 hPa e 200 hPa e radiação de ondas longas emergentes referentes ao período de 1961 a 1990, e a descrição foi esquematizada em dois mapas. A circulação regional na AS caracteriza-se pela presença das altas subtropicais, centradas ao sul dos oceanos Pacífico e Atlântico; por uma faixa de baixa pressão próximo ao Equador (entre 10°N e 3°SN), que se funde com a Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) nos oceanos; por uma região frontogenética sobre o continente, situada entre as altas subtropicais (entre 15°S e 40°S); pelas incursões de ar polar a leste dos Andes (que, durante o inverno, podem alcançar latitudes equatoriais pela rota do interior) que representam, pela penetração meridional, uma evidência da forte interação entre as latitudes médias e os trópicos; e pela presença da Baixa do Chaco no verão, centrada no noroeste da Argentina (Satyamurty et al. 1994).

Interação entre Trópico e Latitudes Médias

Diversas pesquisas no campo da Meteorologia mostraram características da interação entre a circulação da atmosfera nas latitudes baixas e médias sobre o território brasileiro e indicaram o papel exercido pelas incursões para nordeste das frentes provenientes da Argentina e a organização da convecção tropical ressaltando que a faixa de latitude entre 20°S e 35°S é a mais propícia à interação (KOUSKY; FERREIRA, 1981; KOUSKY; VIRJI, 1982; OLIVEIRA, 1986; LEMOS; CALBETE, 1996). Um estudo recente aponta a interação entre a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a precipitação na Amazônia (FERREIRA et al., 2004). Essas pesquisas interessam ao presente estudo porque o estado de MS está situado na faixa de transição climática.

Oliveira (1986) estudou a interação de sistemas frontais e a convecção tropical analisando o período que se estendeu de 1975 a 1984. As principais conclusões da autora referem-se à ocorrência de interação entre os sistemas frontais e a convecção da Amazônia principalmente na porção central quando os sistemas frontais encontram-se entre 35°S e 20°S; à frequência de interação mais alta nos meses de convecção mais intensa e sua relação com o grau de penetração meridional dos sistemas frontais; à confirmação que os sistemas frontais podem organizar, intensificar e deslocar a convecção tropical.

Kousky e Ferreira (1981) estudaram a variação diária da pressão atmosférica no Brasil com o objetivo de analisar a variação espacial e sua relação com sistemas sinóticos e com a atividade convectiva tropical. Foram utilizados dados diários de 1961 a 1970. Os resultados mostraram correlação positiva entre as flutuações associadas aos sistemas sinóticos das latitudes médias e as flutuações na Amazônia e que as perturbações, em geral, propagam-se para leste e nordeste. A variabilidade interanual foi atribuída à variação da intensidade e frequência das perturbações, principalmente quanto à penetração de sistemas frontais e massas de ar polares pelo interior do continente até a Amazônia no inverno.

Kousky e Virji (1982) apresentam os resultados preliminares do estudo de um caso excepcional de interação interlatitudinal que ocorreu de 21 a 26 de abril de 1979 no Brasil, durante o qual uma frente fria deslocou-se para nordeste até Pernambuco e interagiu com forte convecção na Amazônia que apresentou deslocamento para leste. Em altos níveis foi observada forte divergência na faixa tropical do continente e havia situação de bloqueio nos dois hemisférios, no Brasil e no Atlântico norte; o jato em altos níveis intensificou-se durante o período.

Ferreira et al. (2004) apresentaram um estudo das características de escala sinótica da circulação da atmosfera sobre a AS nos meses de janeiro e fevereiro de 1999, durante a primeira campanha para coleta de dados atmosféricos em mesoescala na estação úmida (Atmospheric Mesoscale Campaign in the Wet Season – WETAMC) do Experimento de Grande Escala na Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA). Os resultados mostraram que a circulação em janeiro de 1999 apresentou-se anômala em 250 hPa; a Alta da Bolívia (AB) apresentou-se estendida para leste com um segundo centro de alta corrente abaixo e o cavado a nordeste da AB foi substituído por uma circulação fechada dada a alta frequência de vórtices que ocorreram na região. Em fevereiro de 1999 a situação em altos níveis diferiu pouco daquela de janeiro, exceto pela divergência mais fraca na zona de ZCAS. Em

baixos níveis (850 hPa), em janeiro e fevereiro de 1999, observou-se uma vasta região de convergência na Amazônia e ao longo ZCAS. Dados de chuva diária obtidos com imagens de satélites, parcialmente coincidente com os padrões de convergência de fluxo de umidade, mostraram os altos índices associados às ZCAS em São Paulo durante o mês de janeiro e os episódios de penetração de sistemas frontais que provocaram chuvas no sudeste do Brasil em fevereiro. Os deslocamentos de sistemas frontais no sul do Brasil induziram chuvas no sul da Amazônia, em acordo com resultados prévios obtidos no projeto.

Lemos e Calbete (CLIMANÁLISE ESPECIAL, 1996, p. 131-135, Cap. 14) apresentaram um estudo sobre "Sistemas Frontais que Atuaram no Litoral do Brasil (Período 1987-1995)". Os resultados mostraram que em média 4,5 a 6 sistemas frontais deslocam-se por mês ao longo do litoral brasileiro. O número médio mensal de sistemas frontais diminui à medida que diminui a latitude; de 35°S a 25°S, de abril a dezembro, o número médio é superior ou igual a 4; de 25°S a 20°S, de abril a junho e de setembro a novembro, o número médio é de 3 sistemas; e ao norte de 20°S, de abril a junho e em outubro e novembro, o número médio é de 2 a 3 sistemas.

O limite zonal, situado entre 20° S e 21° S, proposto por Zavattini (1992) para o território de Mato Grosso do Sul é coerente com os resultados das pesquisas no campo da Meteorologia, e a interação entre as latitudes tropicais e as latitudes médias é uma das características climáticas do estado a ser levada em conta no estudo de episódios de ventos.

ACIDENTES ASSOCIADOS A VENTOS FORTES EM MS (1954 A 2004)

O levantamento de notícias sobre eventos climáticos que ocorreram em MS, de 1954 a 2004, foi realizado junto ao jornal Correio do Estado⁴. Levantaram-se 1067 notícias, publicadas na primeira página, sobre 607 eventos climáticos (chuvas, enchentes, secas, veranicos, ventos, geadas etc.), dos quais 175 casos referiam-se a acidentes possivelmente causados por ventos fortes (Figura 1a).

Classificaram-se os 175 casos de acordo com a escala de Beaufort, segundo tabela elaborada por Blessmann (2001, p.127-129) que descreve os efeitos na natureza, nas edificações e nas pessoas de cada classe de velocidade do vento proposta por Beaufort com base em análise de casos ocorridos na Região Sul do Brasil desde a década de 1960.

Dos casos levantados, por volta de 60% referiam-se a acidentes ocorridos na capital, Campo Grande; a maioria dos demais episódios referia-se a localidades situadas na porção centro sudeste do estado. Mais da metade das notícias referia-se a episódios que envolveram destelhamentos, em geral de residências e queda de árvores. Há notícias também de acidentes envolvendo a destruição de casas simples, danos a coberturas isoladas e a placas e painéis de propaganda, danos a postes de iluminação, de semáforos e danos em barracos e barracões de madeira ou de lona e em galpões.

O número de ocorrências (Figura 1a) ao longo do período levantado aparentemente teria aumentado a partir da década de 1980, entretanto é preciso considerar que a divisão do estado de Mato Grosso e a criação do estado de Mato Grosso do Sul deu-se em 1979, o que provavelmente propiciou a melhoria das comunicações entre os municípios de MS e a capital recém criada, Campo Grande.

⁴ Na sede do jornal Correio do Estado, em Campo Grande, foi permitida, gentilmente, a consulta ao arquivo com quase todos os exemplares, de circulação diária, desde o início das atividades em 1954.

Os casos mais intensos (28 casos), de número 10 e 11 na escala de Beaufort, correspondem à classe “vendaval” e ventos de 88-102 km/h (e rajadas de 128-148 km/h) e à classe “tempestade” e ventos de 102-120 km/h (e rajadas de 148-174 km/h), respectivamente, e mostraram frequência de 1 ocorrência a cada 1,1 ano (Figura 1b); a distribuição espacial mostrou que a maioria dos casos noticiados ocorreu na região mais povoada do estado (centro-sul); a maioria dos casos ocorreu na primavera, especialmente em outubro, e à tarde.

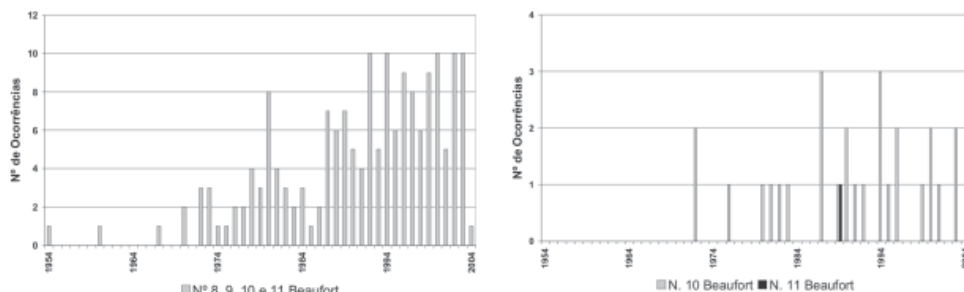


Figura 1 – Episódios de Ventos em MS Estimados segundo Escala de Beaufort N° 8, 9, 10 e 11 – 1954 a 2004

Fonte: Jornal “Correio do Estado” e Relatórios da Eletrosul.

Os tipos de danos, com base na tabela de Blessmann (2001, p.129), além das torres, envolveram queda de árvores, desabamento de muros e, principalmente, o desabamento de construções (em geral casas simples) e/ou atingiram a cobertura de construções, seja de construções amplas como hangares, armazéns, dependências de parque de exposição, rodoviária e clube, seja de casas, havendo notícias que descrevem o destelhamento de centenas de casas; há notícia de tombamento de ônibus, de barcos terem sido virados e de carros arrastados pelo vento (Quadro 1). Em 6 casos relatou-se a ocorrência de granizo. Em quase um terço dos casos pessoas foram feridas, em três casos houve mortes e em outros três houve registro de desabrigados.

Metade dos danos mais intensos (10 na escala de Beaufort) se referiam à queda (ou dano) de torres de transmissão de energia elétrica ou de telefonia; um caso foi classificado como 11 no qual teria ocorrido um tornado (Quadro 1).

O levantamento e a análise realizada até o momento representam uma amostra de danos provocados por ventos fortes em MS. A representatividade dos casos analisados está relacionada ao critério adotado no levantamento, que levou em conta as notícias publicadas na primeira página do jornal, não tendo sido selecionadas notícias que se referiam à ocorrência de temporais, principalmente no verão, que causaram enxurradas rápidas e/ou processos erosivos importantes, durante os quais provavelmente ocorreram ventos fortes também.

A classificação dos casos (Figura 1 e Quadro 1) quanto aos danos provocados pelos ventos deve ser considerada com cautela porque não está baseada em análise objetiva do estado em que se encontravam os elementos atingidos ou nas características estruturais das construções atingidas ou, ainda, no grau de rugosidade do terreno. A classificação apresentada permitiu levantar os tipos de danos relacionados à ocorrência de ventos provavelmente fortes em MS mas não permite inferir a velocidade do vento de modo objetivo.

Em todas as unidades climáticas sub-regionais do estado houve registro de danos provocados por ventos fortes; não foram encontradas notícias sobre as regiões pouco ocupadas do estado.

**Quadro 1 – Tipo de Danos Provocados por Ventos Fortes em MS
(Número da Escala de Beaufort 10 e 11)**

Nº Beaufort	Tipo de Dano	Nº de Ocorrências
10	Árvores são arrancadas ou quebradas em grande número	1
	Danos a plantações e bosques	1
	Danos estruturais consideráveis: forro, telhas e telhados pesados são arrancados	7
	Danos estruturais consideráveis: danos a paredes de alvenaria	9
	Danos estruturais consideráveis: casas de alvenaria podem ser parcialmente ou totalmente destruídas	2
	Danos estruturais consideráveis: hangares são destelhados e mesmo arrancados de suas bases	3
	Danos estruturais consideráveis: aviões pequenos são deslocados e virados	1
	Torres de linhas de transmissão são danificadas ou arrancadas de suas bases	15
	Postes são tombados	-
11	Danos generalizados e severos, em estruturas e em plantações e bosques, que sofrem grandes devastações	1
	Construções de alvenaria podem ser totalmente destruídas, bem como pavilhões industriais e afins	1

Os danos mais freqüentes, dentre os casos mais intensos, atingindo áreas rurais assim como áreas urbanas, foram basicamente de dois tipos: danos estruturais que atingiram forros, telhas e telhados pesados e as paredes de alvenaria nas quais estavam apoiados, e os danos que se referem à queda de torres de transmissão de energia elétrica e de telefonia, evidenciando a ocorrência de ventos fortes, porém na maior parte dos casos, não de caráter excepcional.

O espaço ocupado na imprensa local pelas notícias sobre as ocorrências de ventanias e vendavais indica que esse tipo de fenômeno meteorológico é percebido pela população do estado.

OS EPISÓDIOS

Das 15 ocorrências de dano/queda de torres, estudaram-se 14 episódios que ocorreram de 1983 a 2003 (21 anos); as ocorrências concentraram-se ao longo de 10 anos, de 1987 a 1996, quando ocorreram 11 casos. Em média, ocorreu 1 episódio a cada ano e meio envolvendo a queda/dano de 6,8 torres/episódio em média.

A figura 2 mostra um exemplo de impactos causados na rede de transmissão de energia elétrica: danos em uma torre (Figura 2a) e a queda de uma das torres com o solapamento da base de sustentação (Figura 2b).



**Figura 2 – Dano (a) e Queda (b) de Torres da Linha Jupiá
Campo Grande – Episódio ACL (15.10.1992)**

Fonte: Correio do Estado de 17/18.10.1992, p.6 (Fotos Valdenir Rezende).

Segundo informações recebidas junto à Enersul⁵, a primeira linha de transmissão do estado foi concluída em 1966 (circuito 2 da linha Jupiá/Mimoso/Campo Grande) e as linhas implantadas na região de Dourados, que se estendem até Aquidauana e Anastácio (140 km a oeste de Campo Grande), foram concluídas na década de 1980.

Dos 14 casos analisados, 9 ocorreram nos dois principais sistemas de transmissão do estado, 4 em linhas que abastecem áreas periféricas de MS e 1 numa torre isolada da Embratel (Figura 3). A maior parte dos casos ocorreu no Planalto de Maracaju/Campo Grande, na porção centro sul do estado, principalmente; dois casos ocorreram na região do Pantanal, a oeste do estado.

O número de torres atingidas por queda/dano variou de 1 a 31, em 9 casos não ultrapassando 3 torres. Na região centro sul, região de Dourados, o número de queda de torres foi maior em algumas ocorrências (14 torres no caso DOR, 10 no caso IVI e 5 no caso NVD) sugerindo que possivelmente a intensidade dos ventos foi maior do que na porção centro norte (região de Campo Grande) e no Pantanal (Quadro 2).

Em 3 casos, CG1 (3 torres), CG2 (31 torres) e ACL (11 torres), a queda de torres de uma linha de transmissão sobre outra linha de transmissão, foi considerada fator agravante da ocorrência relacionado ao projeto das linhas, segundo avaliação técnica da Eletrosul, já que nos trechos da rede de transmissão atingidos a implantação dos circuitos paralelos apresenta distância entre os circuitos menor do que a altura das torres:

Infelizmente temos a lamentar somente a pequena distância entre as linhas de transmissão paralelas, o que provocou a avaria de uma LT pela queda da outra. Todo o episódio teria sido amenizado em suas consequências para o Sistema Elétrico de Mato Grosso do Sul, se não houvesse tamanha superposição de faixas de servidão (16,5m de eixo a eixo, com torres de 28 m de altura). (Relatório da ocorrência... Mimoso-Campo Grande..., 1987, Conclusão).

A extensão das consequências aos circuitos III e IV deve ser creditada à superposição de faixas de servidão das duas LT's, existente em diversos trechos entre Jupiá, Mimoso e Campo Grande. (Relatório sobre..., Eletrosul, 1992, p. 3).

⁵ Correspondência da Eletrosul, de Ricardo Luiz de Souza Licks, datada de 28 de novembro de 1997.



Figura 3 – Localização dos Episódios de Queda/Dano de Torres em Mato Grosso do Sul

Quadro 2 – Episódios de Queda/Dano em Torres de Transmissão de Energia Elétrica ou de Telefonia em MS

Local	Localização	Data	Horário (*)	Nº Torres Atingidas
Água Clara (ACL)	20°30'S 52°40'W – 420 m	15.10.1992	17h07min	Queda – 11 (***)
Batagussu (BAT)	21°40'S 52°30'W – 300 m	19.10.1987	à tarde	Queda – 1 (**)
Campo Grande 1 (CG1)	20°30'S 54°15'W – 600 m	30.09.1987	17h20min	Queda – 2 (***) / Danos – 1
Campo Grande 2 (CG2)	20°30'S 54°30'W – 600 m	28.11.1994	22h55min	Queda – 31 (***)
Campo Grande 3 (CG3)	20°30'S 54°45'W – 500 m	08.09.2000	Por volta de 6h	Queda – 2
Corguinho (CRN)	19°50'S 54°50'W – 300 m	13.10.1995	14h	Queda – 3 / Danos – 3
Cuturama (CUT)	22°15'S 54°05'W – 340 m	08.05.1987	10h02min	Queda – 3 / Danos – 2
Dourados (DOR)	22°15'S 54°30'W – 340 m	28.05.1994	19h30min	Queda – 11
Ilha do Rio Paraná (IPR)	22°35'S 53°05'W – 250 m	09.08.2000	12h56min	Queda – 1
Ivinhema (IVI)	22°20'S 53°50'W – 340 m	29.07.1989	23h54min	Queda – 10 / Danos – 1
Jaraguari (JAR)	20°10'S 54°25'W – 600 m	01.10.1996	12h	Queda – 2
Miranda 1 (MI1)	20°10'S 56°20'W – 150 m	05.12.1983	13h30min	Queda – 2 / Danos – 1
Miranda 2 (MI2)	20°10'S 56°45'W – 150 m	11.10.1989	17h40min	Queda – 3 / Danos – 1
Nova Andradina (NVD)	22°15'S 53°20'W – 370 m	16.09.1996	20h45min	Queda – 5

(*) Horário: hora local (1 hora a menos em relação ao horário de Brasília).

(**) Torre isolada de telefonia da Embratel.

(***) Caso no qual o número de torres derrubadas pelo vento não foi relatado porque uma linha de transmissão caiu sobre a outra.

Segundo dados disponibilizados pela Eletrosul⁶, referentes ao período de 1977 a 1997, o número de ocorrências nos estados do sul foi equivalente ao de MS; foram registradas 5 ocorrências no Rio Grande do Sul (RS), 6 no Paraná (PR) e 7 em MS. Nos eventos de queda de torres de transmissão de energia elétrica que atingiram os estados do PR e RS registrou-se a queda de 1,5 torres/episódio, em média, no RS e de 2,7 torres/episódio, em média, no PR, enquanto que, para o mesmo período e desconsiderando os casos que ocorreram nos circuitos duplos (CG1, CG2 e ACL), em MS registrou-se a queda de 7,3 torres/episódio em média.

As linhas de transmissão de energia elétrica da Eletrosul em MS atingidas foram aquelas cujo vento máximo de projeto é de 110 km/h (Quadro 3), de acordo com informação obtida junto à Eletrosul.

Quadro 3 – Linhas de Transmissão, Tensão, Vento Máximo de Projeto e Episódios de Queda / Dano de Torres em Mato Grosso do Sul

Linha de Transmissão	Tensão	Vento Máximo de Projeto	Episódio
Jupia / Mimoso / Campo Grande Circuitos 1 e 2	138 kV	110 km/h	ACL, CG1, CG2 e CG3
Jupia / Mimoso / Campo Grande Circuitos 3 e 4	138 kV	110 km/h	ACL, CG1, CG2 e CG3
Porto Primavera / Ivinhema / Dourados	138 kV	110 km/h	CUT, DOR, IPR, IVI e NVD
Outras	138 kV	-	CRN, JAR, MI1 e MI2

Mais da metade dos casos ocorreu na primavera (8 episódios), principalmente em outubro, e os demais no outono (maio) e inverno. Não há registro de casos no verão (janeiro, fevereiro e março) e em abril e junho. A maioria dos episódios ocorreu no período da tarde. A frequência mais elevada de ocorrência dos episódios registrada durante a estação de transição entre o inverno e o verão, na primavera, sugere que fatores de grande escala aliam-se a fatores de escala sinótica e redundam em ventanias, vendavais ou temporais. A ocorrência da maioria dos episódios no período da tarde constitui indicação do papel desempenhado pelo aquecimento da superfície.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA PRELIMINAR

Os 14 casos de queda/dano em torres foram analisados para estudo preliminar quanto às condições sinóticas presentes em cada caso, classificando-se os sistemas atmosféricos atuantes. Esta etapa da pesquisa foi realizada junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Utilizaram-se os dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) da National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA)⁷. Consultaram-se as imagens do satélite meteorológico GOES disponíveis no CPTEC e as cartas sinóticas de superfície

⁶ Correspondência da Eletrosul, de Ricardo Luiz de Souza Licks, datada de 28 nov. 1997, dados atualizados em 18.9.97.

⁷ Utilizaram-se dados horários de umidade específica, movimento vertical (omega) e componentes do vento zonal (u) e meridional (v) da América do Sul. No Programa GrAds, elaboraram-se mapas temáticos de umidade específica (1000 e 850 hPa), omega (500 e 300), divergência e linhas de correntes (850, 700, 500 e 300 hPa), vetor vento (850 e 700 hPa).

elaboradas pelo Ministério da Marinha (enviadas pela internet). Os dados pluviométricos diários foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA) e os de temperatura, junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)⁸.

Segundo Cotton e Anthes (1989) a mesoescala compreende os sistemas atmosféricos que possuem escalas entre a macroescala (maior que 1000 km, alguns dias ou mais) e a microescala (dezenas a centenas de metros, minutos). Orlanski (*apud* HOUZE, 1993, p. 5) sugeriu subdividir as escalas de movimento do ar relacionadas à dinâmica das nuvens em três grupos de escalas horizontais: a escala sinótica, maior de 2000 km; a mesoescala, de 20 a 2000 km; e a escala convectiva, de 0,2 a 20 km.

A mesoescala, ainda segundo proposta de Orlanski (*apud* COTTON; ANTHES, 1989, ix-xii), pode ser subdividida em três classes de escalas espaciais e temporais decrescentes: a meso- compreende os sistemas frontais e furacões, de escala horizontal entre 200 e 2000 km e escala temporal de 1 dia a 1 semana; a meso- compreende o jato noturno em baixos níveis, linhas de instabilidade, ondas inerciais, aglomerados de nuvens, circulações de montanha, de lagos e costeiras, de escala espacial de 20 a 200 km e escala temporal de algumas horas a 1 dia; a meso- abrange as tempestades (trovoadas), ondas de gravidade internas, turbulência de céu claro e efeitos urbanos, de escala horizontal de 2 a 20 km e escala temporal de meia hora a algumas horas.

Segundo Houze (1993, p. 22-25) as imagens de satélites meteorológicos permitem visualizar a extensão e a forma de sistemas de nuvens, permitindo identificar e caracterizar nuvens produtoras de precipitação que abrangem a mesoescala e a escala sinótica. Esses sistemas de nuvens são compostos de diversos tipos de nuvens que resultam geralmente em um complexo de precipitação (p. 22). Houze reconhece três tipos principais de sistemas de nuvens: os sistemas convectivos de mesoescala, os furacões e os ciclones extratropicais (p. 22-25). Ao presente estudo interessam os sistemas convectivos de mesoescala já que na região de MS não há atuação dos outros sistemas.

Os sistemas convectivos de mesoescala, de acordo com Houze (p. 22-23), são constituídos de grupos organizados de nuvens cumulonimbus e são discerníveis nas imagens pela nuvem cirriforme de mesoescala que os envolve; são sistemas típicos dos trópicos e ocorrem com frequência ao longo da zona de convergência tropical; são responsáveis pela maior parte da precipitação da zona tropical e por grande parte da precipitação de verão nas áreas continentais das latitudes médias.

No presente estudo sugere-se uma classificação preliminar dos sistemas atmosféricos atuantes em cada episódio (Quadro 4).

⁸ As estações meteorológicas da Embrapa no estado localizam-se em Campo Grande (20°27'S, 54°37'W, 530 m), Dourados (22°14'S, 54°49'W, 452 m) e Corumbá (Faz. Experimental Nhumirim, Pantanal, 18°59'S, 56°39'W, 98 m).

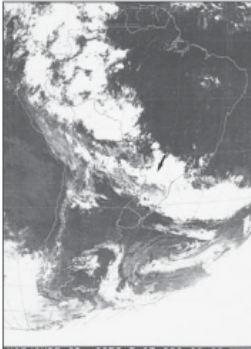
Quadro 4 – Sistemas Atmosféricos segundo os Episódios

Episódio	Sistema Atmosférico
BAT – Bataguassu – (primavera / tarde)	Sistema convectivo intenso
DOR – Dourados – (outono / noite)	Complexo convectivo de mesoescala - MCC
IVI – Ivinhema – (inverno / madrugada)	Sistema convectivo de mesoescala
MI1 – Miranda 1 – (primavera / tarde)	Sistema convectivo de mesoescala
CG3 – Campo Grande 3 – (inverno / madrugada)	Sistema convectivo de mesoescala
CUT – Cuturama – (outono / manhã)	Linha de instabilidade precedendo entrada de frente
CRN – Corguinho – (primavera / tarde)	Instabilidade em linha associada a pré-frontal
MI2 – Miranda 2 – (primavera / tarde)	Instabilidade em linha associada a frente
IPR – Ilha do Rio Paraná – (inverno / tarde)	Atividade convectiva associada a sistema frontal
NVD – Nova Andradina – (inverno / noite)	Convecção associada a frente
CG2 – Campo Grande 2 – (primavera / noite)	Convecção associada a frente precedendo formação de ciclone extratropical na vizinhança do RS
ACL – Água Clara – (primavera / tarde)	Convecção entre frentes, na região sudeste do Brasil e no norte da Argentina
JAR – Jaraguari – (primavera / tarde)	Interação entre cavado e convecção tropical
CG1 – Campo Grande 1 – (primavera / tarde)	Convecção local

A análise visual das imagens de satélite referentes a cada episódio permitiu sugerir uma classificação preliminar dos sistemas atmosféricos atuantes de acordo com o brilho do topo do sistema de nuvens, sua extensão e deslocamento e de acordo com a presença ou ausência de interação com sistemas frontais. Resultaram três grupos: (a) sistemas convectivos de mesoescala, (b) linhas de instabilidade e convecção associadas a sistemas frontais em aproximação e (c) convecção (Quadro 4). No primeiro grupo classificaram-se os sistemas de nuvens muito organizados que foram denominados **sistemas convectivos de mesoescala**: episódios BAT, DOR, IVI, MI1, CG3 (Quadro 4). Caracterizaram-se pela presença de um sistema de nuvens de topo muito brilhante (frio), de grande extensão horizontal, como no caso BAT, ou pouco extensas, como nos episódios IVI e MI1, ou pela presença de um sistema de nuvens de tonalidade menos brilhante e forma circular ou quase circular cuja evolução e deslocamento foram peculiares, como nos casos DOR e CG3. Havia interação com sistema frontal nos casos BAT e DOR. Os episódios ocorreram à tarde, à noite ou de madrugada. No Quadro 5 mostra-se um exemplo desse grupo (BAT). No segundo grupo classificaram-se os sistemas de nuvens organizados por ou associados a sistemas frontais: casos CUT, CRN, MI2, IPR, NVD, CG2 (Quadro 4). As

linhas de instabilidade e convecção associadas a sistemas frontais em aproximação foram visualizadas através da forma, no caso das linhas de instabilidade (CUT, CRN e MI2), e da presença de sistemas frontais em avanço na região (IPR, NVD e CG2). Os episódios ocorreram de manhã, à tarde ou à noite. No Quadro 6 é apresentado um exemplo do grupo (CUT). No terceiro grupo, **convecção**, casos ACL, JAR, CG1 (Quadro 4), foram classificados os sistemas de nuvens convectivas, de topo brilhante (ACL e JAR) não associadas a sistemas frontais e não organizadas individualmente. Num dos casos, não sendo possível visualizar o sistema de nuvens, considerou-se que a ocorrência teria sido provocada por convecção local (CG1). Os três episódios ocorreram à tarde. Um exemplo desse grupo será discutido adiante (caso JAR).

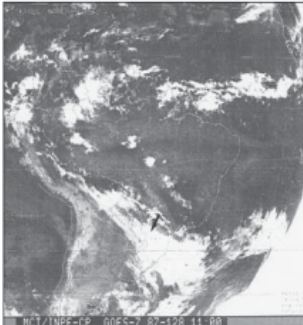
Quadro 5 – Exemplo de Sistema Convectivo de Mesoescala – Caso BAT



Episódio
BAT – Sistema Convectivo Intenso – 19.10.1987 à tarde

Descrição
As imagens de satélite do dia 18 mostram pouca nebulosidade a NE da AS associada à alta subtropical (1020 hPa). Um sistema frontal encontrava-se no Atlântico, na latitude da região SE do Brasil e intenso sistema convectivo situava-se sobre o S do Paraguai, SC e no oceano. Ao longo do dia o sistema convectivo intensificou-se, interagindo com o sistema frontal e a convecção a W da AM, e a imagem das 00:00Z mostra que o sistema se estendeu para E no oceano, ocupando parte do Paraguai, das regiões S e SE Brasil e a porção centro leste de MS. No dia seguinte a alta polar (1020 hPa) deslocou-se para o NE da Argentina. A temperatura máxima no dia 18, em Campo Grande e em Dourados, alcançou valores próximos a 35°C. Os totais diários de chuva foram elevados na região, acima de 50 mm, e em localidade próxima a Bataguassu, registraram-se 86,9 mm (P. Euclides da Cunha, SP).
Imagem - 19.10.1987, 00:00Z. A seta indica o local aproximado da queda da torre.

Quadro 6 – Exemplo de Linha de Instabilidade Associada a Sistema Frontal em Aproximação – Caso CUT



Episódio
CUT – Linha de Instabilidade - 08.05.1987 às 10h02

Descrição
As imagens de satélite do dia 8 mostram frente fria no RS e intensa nebulosidade associada, com presença de linhas de instabilidade, sobre o Paraguai, Bolívia, sul de MS, SC e PR. Céu claro no Brasil central e região NE. A alta subtropical apresentava-se moderada (1020 hPa) centrada no oceano a E do Prata e a alta polar apresentava-se intensa (1030 hPa) no N da Patagônia. À noite a frente encontrava-se em SP e interagiu com a convecção a W da AM. As temperaturas máxima e mínima em Dourados foram de 29,9°C e 21°C no dia 7, tendo a mínima caído para 6,9°C no dia 9. Os totais pluviométricos registrados na porção centro-sul do estado de MS situaram-se entre 30 mm e 50 mm.
Imagem - 08.05.1987, 11:00Z.
A seta indica o local aproximado da queda das torres.

Algumas situações favoráveis à convecção mostraram-se mais frequentes (Quadro 7). Os fatores dinâmicos presentes na maioria dos episódios foram a divergência e, secundariamente, a presença de corrente de jato ao sul da região (em 300 hPa); cavados a oeste da região e ondas curtas na região (em 500 hPa); escoamento de noroeste e convergência de umidade (em 850 hPa e 700 hPa). Não foi observada ocorrência de jato noturno em baixos níveis.

Quadro 7 – Resumo dos Fatores Dinâmicos⁹

Caso	Sistema Atmosférico	Fatores Dinâmicos															
		Altos e Médios Níveis					Baixos Níveis						Atuação S. Frontal				
		jt	d v	cv	cd	oc	jb	oc	n	s	id	cv	pr	it	a p	as	
BAT	Sistema convectivo intenso	X	X	X	X			X			X		X				
DOR	Sistema convectivo de mesoescala MCC		X		X	X			X		X		X				
IVI	Sistema convectivo de mesoescala	X	X		X			X			X					X	
MI1	Sistema convectivo de mesoescala		X								X					X	
CG3	Sistema convectivo de mesoescala	X	X			X		X			X					X	
CUT	Linha de instabilidade precedendo entrada de frente	X	X		X			X			X				X		
CRN	Instabilidade em linha associada a pré-frontal	X	X		X	X		X			X				X		
MI2	Instabilidade em linha associada a frente	X	X			X				X	X				X		
IPR	Atividade convectiva associada a sistema frontal		X			X				X	X	X					
NVD	Convecção associada a frente		X						X		X				X		
CG2	Convecção assoc. a frente precedendo formação de ciclone na vizinhan. do RS		X			X		X			X				X		
ACL	Convecção entre frentes, na região SE do Brasil e no norte da Argentina		X			X		X			X					X	
JAR	Interação entre cavado e convecção tropical		X		X			X			X					X	
CG1	Convecção local		X					X			X				X		

Em superfície, a maioria dos episódios ocorreu sob a atuação das altas subtropical e polar de intensidade moderada ou intensa (Quadro 8). Em geral houve deslocamento da alta polar em direção ao norte ou nordeste da Argentina no dia do episódio ou no dia seguinte, apresentando-se intensa, com pressão atmosférica de 1028/1030 hPa (CG1, CRN, CUT, MI2, NVD) ou muito intensa, com pressão atmosférica superior a 1030 hPa (IPR).

Em quatro casos, no dia seguinte ao episódio ou dois dias depois, desenvolveu-se ciclone extratropical no Oceano Atlântico, aproximadamente entre 40°S e 40°W (CG2, CG3, DOR, CRN).

Na maioria dos casos não houve atuação direta de sistemas frontais mas a aproximação de sistemas frontais parece ser fator importante; em cinco casos não havia sistemas frontais na região ou em aproximação (Quadro 7). Na maioria dos casos a umidade específica na região estava alta ou muito alta; em pouco mais da metade dos casos, havia movimento vertical significativo (omega negativo) na região e em cinco casos associado a totais diários elevados de precipitação (BAT, IVI, CG3, MI2 e ACL). Em 8 casos houve registro na região de totais pluviométricos diários superiores a 50 mm (alcançando 80 mm ou quase 100 mm em alguns casos); nos demais episódios, foram registrados totais diários de 10 mm a 40 mm na região. Na maioria dos casos constatou-se que as temperaturas máxima e mínima diária encontravam-se acima da normal do respectivo mês.

⁹ Fatores dinâmicos: **jt** – jato polar e/ou subtropical, jet streak; **dv** – divergência e/ou difluência; **cv** – convergência (na região ou vizinhança); **cd** – cavado; **oc** – onda curta; **jb** – jato em baixos níveis; **n** – escoamento de NW e/ou N; **s** – escoamento de SW, SE e/ou S; **id** – escoamento indefinido; **pr** – presente; **it** – em interação com convecção; **ap** – em aproximação; **as** – ausente.

Quadro 8 – Intensidade das Altas Subtropical e Polar no Período de Ocorrência dos Episódios

Intensidade	Número de Casos	
	Alta Subtropical	Alta Polar
Fraca (< 1020 hPa)	1	1
Moderada (1020 a 1024 hPa)	8	4
Intensa (1026 a 1030 hPa)	3	6
Muito Intensa (> 1030 hPa)	2	1
Ausente		2

A análise preliminar dos episódios indica que diversos tipos de sistemas atmosféricos com condições favoráveis à convecção estiveram associados à ocorrência dos eventos, abrangendo escalas espaciais regionais (BAT) até locais (CG1).

DIVERSIDADE DE SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E DE IMPACTOS (exemplos)

O levantamento e classificação preliminar dos sistemas atmosféricos que atuaram nos dias das ocorrências de queda das torres mostraram a diversidade de características dos sistemas, que abrangeram escalas espaciais e temporais diversificadas. Alguns aspectos dos impactos relacionados às ocorrências serão discutidos a seguir através de exemplos selecionados dentre os episódios estudados.

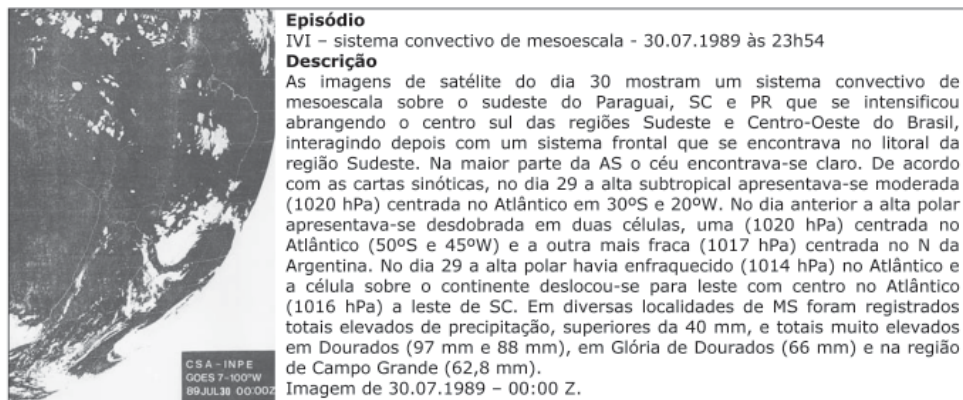
Episódio Ivinhema (IVI)

No episódio que ocorreu em **Ivinhema (IVI)** durante o **inverno** (final de julho de 1989), a sudeste do estado (Figura 3) e que foi classificado como **sistema convectivo de mesoescala**, foi descrita a ocorrência de tornado¹⁰, que atingiu a área rural e urbana próximo à cidade. O sistema convectivo de mesoescala, apresentou

“[...] características tipicamente de verão como, por exemplo, um alto teor de umidade nos níveis baixos (temperatura do ponto de orvalho da ordem de 20°C ou mais em grandes extensões da Região Oeste do Brasil, Bolívia e Paraguai). Também foram observados perfis termodinâmicos com alto grau de instabilidade convectiva e condicional, sobretudo em Campo Grande no dia 29 de julho, acoplado a um intenso cisalhamento vertical, o que favoreceu o desenvolvimento de tempestades severas.” (CLIMANÁLISE, 1989, p. 33).

¹⁰ Certidão Meteorológica nº 126/127 de 31.08.1989 do 7º Distrito de Meteorologia do INMET.

Quadro 9 – Descrição do Episódio IVI – sistema convectivo de mesoescala



A análise das imagens de satélite disponíveis e das cartas sinóticas mostrou que o sistema convectivo de mesoescala intensificou-se provocando chuvas intensas na região, tendo interagido posteriormente com sistema frontal que encontrava-se no Atlântico na latitude de região sudeste do Brasil (Quadro 9).

No episódio IVI, segundo as notícias do jornal, o vento arrancou 2 das paredes de um clube e a queda da cobertura deixou 17 mortos e 160 feridos; foram destruídas 80 casas (10 de madeira), 1 escola (parcialmente); 3 fábricas de farinha de mandioca; plantação de milho (parcialmente); 3 automóveis (parcialmente); árvores foram arrancadas e foram atingidos animais pequenos (19 Mortos..., Correio..., 1989; Ivinhema avalia..., Correio..., 1989; Prefeito de Ivinhema..., Correio..., 1989; Tufão ciclônico..., O Vale..., 1989).

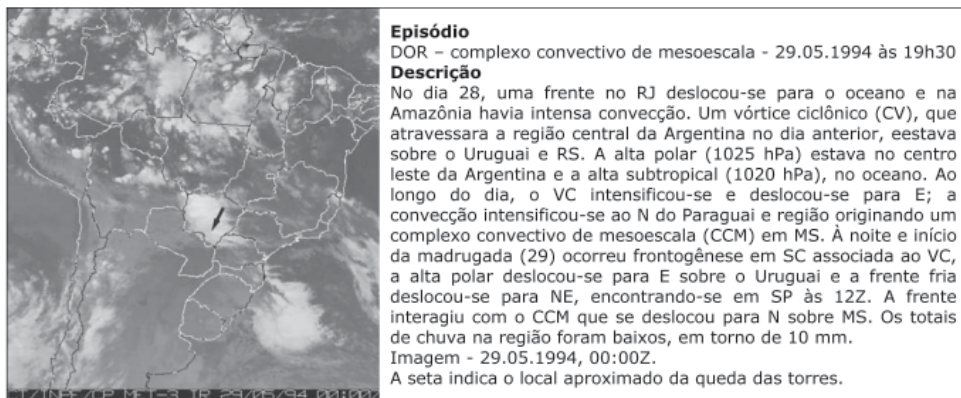
Episódios Dourados (DOR)

O episódio DOR ocorreu no outono (maio de 1994) próximo à cidade de Dourados no centro sul do Estado (Figura 3) e foi classificado como **complexo convectivo de mesoescala (MCC)**, com base em análise realizada por Conforte (1997). Segundo o autor, o sistema iniciou-se às 18:00Z do dia 28, alcançou área máxima às 23:00Z e dissipou-se às 4:30Z do dia 29, tendo durado 10 horas, realizado trajetória de sul para norte na porção central de MS e atingido área máxima em -19,63 de latitude e -55,73 de longitude na região norte do estado (CONFORTE, 1997, p.48).

A análise das imagens de satélite e cartas sinóticas (Quadro 10) mostrou que durante o período houve interação entre diversos sistemas que atuavam na região centro sul da América do Sul: convecção, vórtice ciclônico, frontogênese e deslocamento de sistema frontal.

Em altos e médios níveis havia condições favoráveis à convecção, com divergência em 300 hPa e presença de cavado e onda curta em 500 hPa; em baixos níveis, o escoamento era de SW e SE com convergência de umidade sobre a porção centro sul do Brasil e sobre o Paraguai. No dia 28, a alta polar, moderada (1025 hPa), encontrava-se no centro leste da Argentina deslocando-se para o Uruguai no dia seguinte.

Quadro 10 – Descrição do Episódio DOR – complexo convectivo de mesoescala



Os totais diários de precipitação registrados na região foram baixos (Quadro 10) mas segundo relatório da Eletrosul sobre a ocorrência em Dourados

"[...] havia grande dificuldade de deslocamento no sentido ré da torre 178, devido a um riacho transbordando [...]." "[...] fortes chuvas causaram bastante estrago na região, e no local da torres caídas, embora em uma área de plantação de milho, havia grande dificuldade de deslocamentos devido atoleiros que não davam condições de tráfego de veículos pequenos e caminhões." [...] "Chuvas no local da emergência até às 11:00h [do dia 29], causaram transtornos no andamento dos serviços." (Comunicação RMS-047/94, p.2)

Episódio Jaraguari (JAR)

O episódio que ocorreu em **Jaraguari (JAR)** na **primavera** (outubro de 1996), na porção centro norte do estado (Figura 3), foi classificado como de **interação entre cavado e convecção tropical**, e caracterizou-se pela interação de diversos sistemas atmosféricos (Quadro 11) organizados pela presença de cavado a leste dos Andes (Figura 4b).

As condições favoráveis à convecção eram a presença de difluência em 300 hPa, a leste do Paraguai, e de cavado em 500 hPa de orientação NE-SW a oeste da fronteira brasileira (Figura 4). Em baixos níveis o escoamento era proveniente de NW e havia forte interação entre o cavado e a convecção tropical desde o sul da Amazônia.

Quadro 11 – Descrição do Episódio JAR - interação entre cavado e convecção tropical

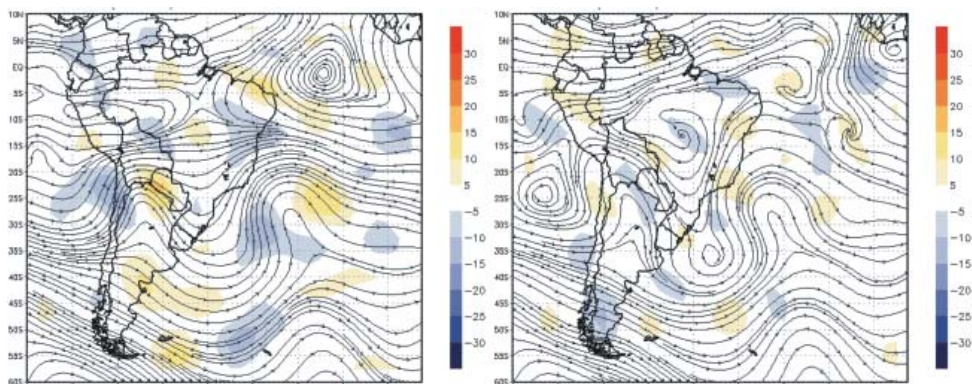


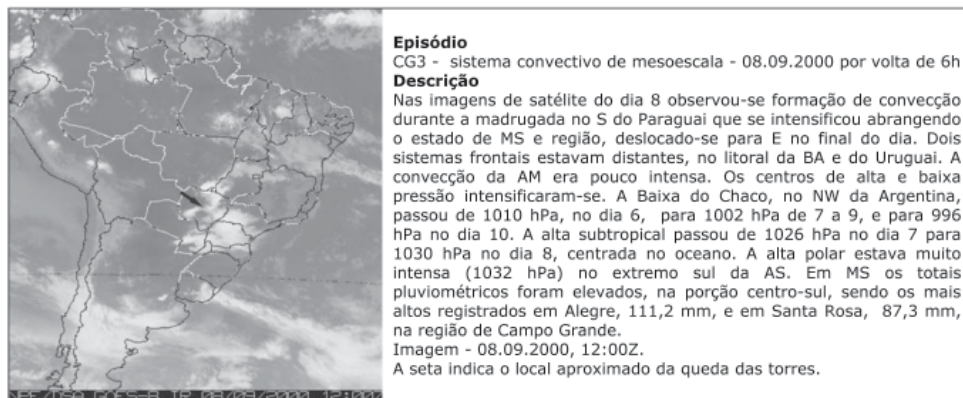
Figura 4 – Divergência ($10^{-6}s^{-1}$) e Linhas de Corrente em 300 hPa (a) e em 500 hPa (b) para o dia 01.10.19 - 12Z – Episódio JAR

Neste episódio, segundo as notícias publicadas, nove municípios da porção norte do estado ficaram sem energia elétrica. Em Bandeirantes (ao norte de Campo Grande) a chuva provocou erosão e aparecimento de voçorocas. Em Corumbá um raio atingiu torre de transmissão de telefonia e o aeroporto fechou durante 3 horas. Em Ponta Porã uma pessoa morreu atingida por um raio (Vendaval deixa..., Correio..., 1996).

Episódio Campo Grande 3 (CG3)

Um dos episódios que ocorreram próximo à capital do estado, **episódio Campo Grande 3 (CG3)** (Figura 3), deu-se no **final do inverno** (início de setembro de 2000) e foi classificado como **sistema convectivo de mesoescala** que se desenvolveu durante intensificação das altas subtropical e polar (Quadro 12).

Quadro 12 – Descrição do Episódio CG3 – sistema convectivo de mesoescala



As condições favoráveis à convecção em 300 hPa, eram a presença de jato subtropical de orientação W-E sobre a região central da América do Sul (não mostrado) e forte divergência sobre Mato Grosso do Sul (Figura 5a); em 500 hPa, havia presença de onda curta na região (não mostrado). Em baixos níveis, o escoamento era de NW (Figura 5b) e havia convergência de umidade em 850 hPa na região de fronteira entre o Brasil e Paraguai.

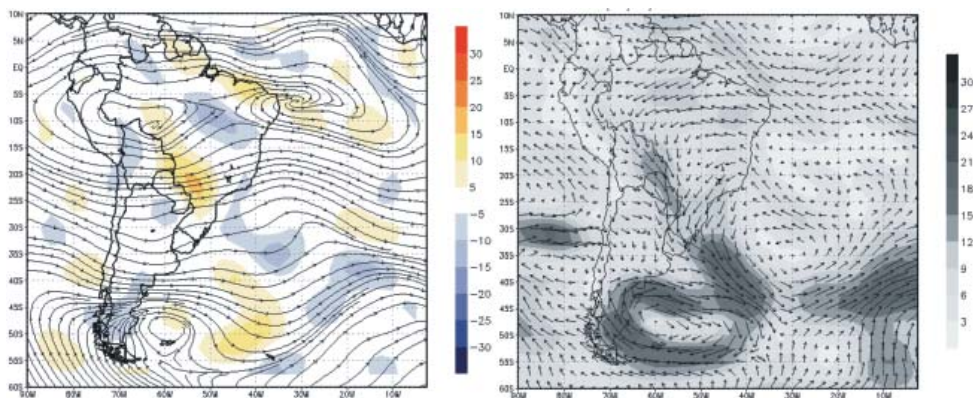


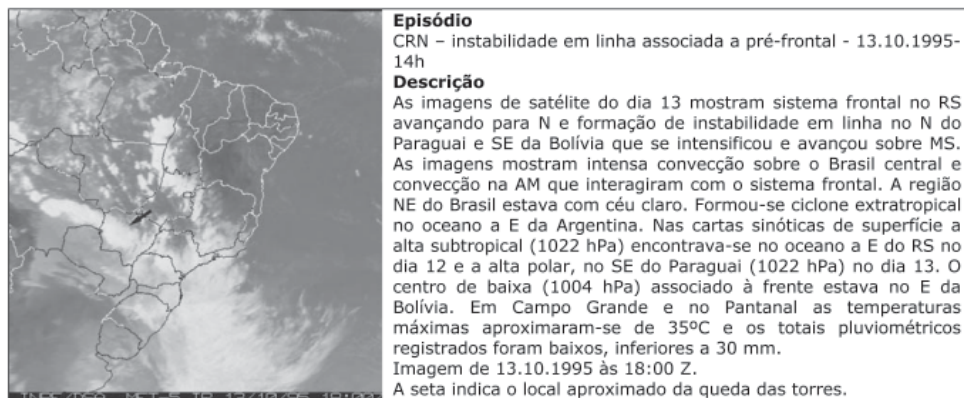
Figura 5 – Divergência ($10^{-6}s^{-1}$) e Linhas de Corrente em 300 hPa (a) e Vetor Vento (m/s) em 850 hPa (b) para o dia 08.09.2000 - 06Z - Episódio CG3

O episódio não causou problemas de fornecimento de energia elétrica em Campo Grande e o norte do estado; na cidade houve queda de árvores e alagamento de vias de trânsito (Estragos, Correio..., 2000).

Episódio Corguinho (CRN)

O episódio que ocorreu em **Corguinho (CRN)**, na porção norte do estado (Figura 3), na **primavera** (outubro de 1995) foi classificado como **instabilidade em linha associada a pré-frontal** (Quadro 13).

Quadro 13 – Descrição do Episódio CRN – instabilidade em linha associada a pré-frontal



Havia condições favoráveis à convecção pela presença de corrente de jato no norte da Argentina (não mostrado) e difluência na região em 300 hPa e em 500 hPa às 12Z (Figura 6); às 18Z havia forte divergência sobre o norte de MS e o sul de Mato Grosso, presença de cavado, de eixo NNW-SSE, estendendo-se do norte da Argentina à Baía Blanca e Oceano Atlântico, e onda curta sobre a região em 500 hPa (não mostrado). Em baixos níveis o escoamento era de NW com forte convergência de umidade em Mato Grosso do Sul (não mostrado).

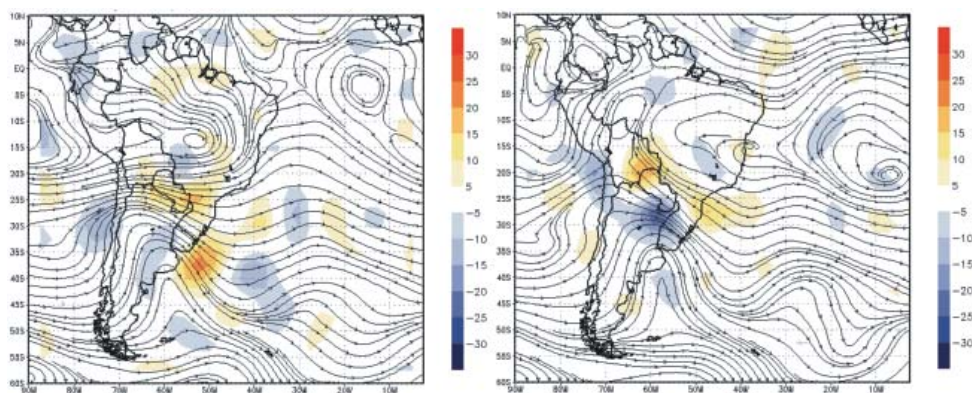


Figura 6 – Divergência ($10^{-6}s^{-1}$) e Linhas de Corrente em 300 hPa (a) e em 500 hPa (b) para o dia 13.10.1995 – 12Z - Episódio CRN

O vendaval atingiu diversas regiões do estado segundo as notícias publicadas. A queda/dano das torres causou o corte de fornecimento de energia elétrica em municípios do norte do estado durante 30 horas. Em Corumbá os ventos atingiram 75 km/h e houve destelhamentos e queda de árvores; em Campo Grande, 5 casas foram atingidas por queda de árvores (Vendaval traz..., Correio...,1995; Enersul recupera..., Correio...,1995).

Episódio Campo Grande 2 (CG2)

O episódio que ocorreu próximo a **Campo Grande, CG2** (Figura 3), na **primavera** (novembro de 1994), apresentou **convecção associada a frente precedendo formação de ciclone extratropical na vizinhança do Rio Grande do Sul** (Quadro 14).

Quadro 14 – Descrição do Episódio CG2 – convecção associada a frente precedendo formação de ciclone extratropical na vizinhança do Rio Grande do Sul



As condições favoráveis à convecção eram divergência forte e difluência na região em 300 hPa e presença de onda curta na região em 500 hPa (não mostrados). Em baixos níveis o escoamento era de NW e havia convergência de umidade em 700 hPa e 850 hPa na região e vizinhança (não mostrado). A umidade específica estava alta na região (16 g/kg) e no restante do país (18 g/kg).

Os dados de vento registrados no aeroporto da cidade mostraram que entre 20h do dia 28 e 00h do dia 29 a velocidade do vento variou de 12 kt (22,2 km/h) a 30 kt (55,6 km/h) e que às 21h ocorreu rajada de 45 kt (83,4 km/h)¹¹.

A queda das torres ocorreu 15 km a leste de Campo Grande, às margens da BR 262 e, segundo a notícia publicada, uma torre apenas teria caído e as demais (30 torres) teriam sido puxadas por aquela e derrubadas (Figura 3), tendo sido atingidos dois circuitos de linhas de transmissão do trecho Mimoso/Campo Grande (Análise de ocorrência..., Eletrosul, 1994).

¹¹ Dados horários do vento obtidos junto ao Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA II) em Curitiba, Paraná.

No local da queda das torres houve queda de armações dos dois lados da pista (BR 262, km 309), árvores foram arrancadas, cercas foram desmontadas e cartazes de publicidade foram destruídos. Na área urbana de Campo Grande o Córrego do Prosa transbordou. No interior do estado o vendaval teria atingido localidades próximas à Serra de Maracaju em Nioaque, onde houve registro de uma morte e dois feridos, e em localidades situadas no centro sul do estado, houve destelhamento de 100 casas (Vendaval obriga..., Correio..., 1994; Vendaval provoca..., Correio..., 1994; Energia será..., Correio..., 1994; Sanesul impõe..., Correio..., 1994).

Impactos

Em três episódios foram descritos **solos encharcados**, em Dourados (DOR), em Água Clara (ACL) e em Jaraguari (JAR) (Figura 3). Em Dourados (Figura 3) foram registradas chuvas intensas também nos dias anteriores à ocorrência (totais entre 50 mm e 80 mm na região nos dias 27 e 28) e havia dificuldade de acesso ao local da queda das torres (Comunicação RMS 047/94). Em Água Clara (Figura 3) o solo encharcado teria sido provocado pelo rompimento de açude, segundo consta do relatório da Eletrosul (Relatório sobre a recomposição..., Eletrosul, 1992, p. 3); nesses dois episódios houve solapamento da base de concreto que sustentava as torres (Figura 2). Em Jaraguari (Figura 3), de acordo com a notícia publicada no jornal, os solos estavam encharcados e havia dificuldade de trânsito por causa de atoleiro (Vendaval deixa..., Correio..., 1996).

O estudo realizado mostrou que os **impactos** mais significativos, do ponto de vista da **transmissão de energia elétrica**, foram registrados na linha Jupiá/Mimoso/Campo Grande, pois através destas linhas é fornecida 55% da energia elétrica consumida em MS (Relatório de ocorrência... Mimoso-Campo Grande, Eletrosul, 1987; Relatório sobre..., Eletrosul, 1992; Análise de ocorrência..., Eletrosul, 1994). As subestações Campo Grande e Mimoso são as mais importantes do estado. Dos episódios ocorridos naquelas linhas (ACL, CG1, CG2 e CG3), segundo o levantamento realizado junto ao jornal Correio do Estado¹², os episódios CG2 e ACL foram os que mais atingiram a população, houve diminuição de 35% no fornecimento de energia elétrica para as porções central, norte e oeste do estado, foi adotado racionamento de energia afetando a população como um todo e as atividades industriais em Campo Grande e Corumbá (nesta última cidade o racionamento afetou de modo significativo a produção de cimento e as atividades ligadas à metalurgia), e foi adotado racionamento de água na capital do estado.

A linha de transmissão Porto Primavera/Ivinhema/Dourados fornece 30% da energia consumida no estado e suas linhas de transmissão interligam Guaíra a Anastácio. Os impactos quando da queda/dano das torres nessa linha não repercutiram nas demais regiões de MS (Relatório da ocorrência... Porto Primavera..., Eletrosul, 1987; Relatório de ocorrência..., Eletrosul, 1989; Comunicação RMS 047/94, Eletrosul; Comunicação RMS – 219/96, Eletrosul)¹³.

¹² Queda de 11 torres..., 1992; Vendaval derruba..., 1992; Chuva atrapalha..., 1992; Chuvas provocam..., 1992; Recuperação de torres..., 1992; Pode faltar..., 1992; Torre cai..., 1987; Eletrosul garante..., 1987; Abastecimento de energia..., 1987; Empresas contabilizam..., 1987; Vendaval obriga..., 1994; Vendaval provoca..., 1994; Energia será..., 1994; Sanesul impõe..., 1994; Estragos, 2000.

¹³ Segundo as notícias veiculadas pelo Correio do Estado: Torre cai..., 2000; 19 mortos..., 1989; Ivinhema avalia..., 1989; Prefeito de Ivinhema..., 1989; Tufão ciclônico..., 1989; Vendaval causa..., 1996; Vendaval provoca..., 1996; Restabelecido fornecimento..., 1996; Abastecimento de energia..., 1996.

A queda da torre de transmissão de telefonia da Rota Leste da Empresa Brasileira de Telecomunicações (Embratel) situada próximo a Bataguassu, segundo notícia publicada, deixou

"[...] o Mato Grosso do Sul em total isolamento com São Paulo e toda a região Sudeste, além de mais alguns pontos do País [...] além das ligações telefônicas, ficaram interrompidas as linhas de transmissão de telex e de imagens [...] acabou comprometendo, também, as ligações internacionais [...]." (Embratel restabelece..., Correio..., 1989, p. 1).

As transmissões foram desviadas por Cuiabá e em menos de 24 horas após o acidente, o sistema estava funcionando.

No Pantanal (casos MI1 e MI2), a queda de torres de transmissão de energia elétrica afetou apenas os municípios de Corumbá e Ladário (Temporal provoca..., Correio..., 1983; Acidente deixa..., Correio..., 1989).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas atmosféricos que atuaram na região de Mato Grosso do Sul, durante os quais ocorreu queda/dano de torres de transmissão de energia elétrica ou de telefonia, abrangeram sistemas que variaram da mesoescala à escala local. A classificação preliminar daqueles sistemas, baseada na análise visual de imagens de satélite e realizada de modo subjetivo, permitiu distinguir três grupos de sistemas convectivos segundo o grau de organização das nuvens e a presença/ausência de sistemas frontais. A despeito do caráter preliminar da classificação, a análise dos 14 casos mostrou aspectos da organização da convecção em zona de transição entre os trópicos e as latitudes médias no território sul-americano, a leste dos Andes, que caracteriza a faixa entre 20°S e 35°S, evidenciando a diversidade de sistemas atmosféricos associados a sistemas de mesoescala (5 casos) e a sistemas de nuvens organizados por ou associados a sistemas frontais (6 casos).

Diversos pesquisadores estudaram a ocorrência de CCM na porção centro sul da América do Sul (VELASCO; FRITSCH, 1987; Guedes e Silva Dias, *apud* SILVA DIAS, 1987), cuja área de atuação, a sotavento da Cordilheira dos Andes em latitudes médias, situa-se nos territórios da Bolívia, Paraguai, norte da Argentina, Uruguai, abrangendo a Região Sul do Brasil e o sul de Mato Grosso do Sul. Os CCM são "[...] conjuntos de cumulonimbus cobertos por densa camada de cirrus [...] sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas" (SILVA DIAS, 1987, p. 143), sendo acompanhados de ventos intensos e de chuvas torrenciais. A despeito da descrição de ocorrência de um tornado (IVI) e de um CCM (DOR) dentre os 14 casos analisados em MS, a classificação preliminar dos sistemas atmosféricos evidenciou que não se trata da atuação de sistemas intensos como os descritos por aqueles autores.

A convecção presente mostrou-se relacionada a diversos tipos e escalas de sistemas atmosféricos cujas características gerais em comum foram: divergência/difluência em altos níveis, presença de cavado/onda curta em médios níveis, convergência de umidade e escoamento de NW/N em baixos níveis e aquecimento e presença de umidade em superfície.

As condições favoráveis à convecção, além dos fatores mencionados acima, estavam associadas também, em alguns casos, à presença de jatos polar e subtropical; à altas polares intensas/muito intensas (> 1024 hPa), nos casos que apresentaram linha de instabilidade e convecção associada a aproximação de frente, e à posterior formação de ciclone extratropical sobre o Oceano Atlântico a leste do Uruguai.

Nos casos em que ocorreram sistemas de mesoescala isolados (DOR, IVI, MI1 e CG3) ou convecção não associada a sistemas frontais (ACL e JAR) as condições favoráveis à convecção não apresentaram padrão em comum e discernível.

As variáveis analisadas nos diversos níveis da atmosfera, com algumas exceções, não apresentaram padrão de tempo severo; possivelmente as condições favoráveis foram geradas da associação de diversos fatores, não muito intensos quando considerados individualmente, mas importantes se considerados em conjunto.

A análise realizada sugere que a localização do estado de MS na porção central da América do Sul, em latitude tropical e a leste dos Andes, desempenha importante papel na ocorrência de condições favoráveis à convecção.

A topografia e sua disposição espacial e a rugosidade do terreno são importantes fatores relacionados com impactos causados por ventos fortes. Embora não tenha sido possível obter dados sobre a velocidade do vento para os episódios analisados deve-se levar em conta que a Serra de Maracaju, que atravessa o estado de MS, possui orientação NNE-SSW, transversal ao escoamento de NW em baixos níveis, o que pode contribuir regionalmente para intensificar os ventos. A localização dos episódios analisados mostra a concentração espacial de 5 deles na porção central e elevada do estado (CG1, CG2, CG3, JAR e CRN), enquanto que na rede Rosana-Dourados os episódios ocorreram ao longo da linha de transmissão, provavelmente em função de ventos mais fortes que causaram a queda de maior número de torres.

O levantamento realizado junto à imprensa local, indica que os episódios de ventos que causaram impactos em MS, são freqüentes, mas a análise das condições sinóticas evidenciou que provavelmente não constituem episódios atmosféricos extremos.

O grau de vulnerabilidade parece elevado no estado, tanto em relação ao número de torres por episódio que sofreram danos quanto às construções atingidas; em ambientes urbanos em geral o vento provoca danos em construções de baixa resistência.

A vulnerabilidade pode estar relacionada também a outros fatores como os totais elevados de chuva associados aos solos arenosos e vulneráveis à erosão, típicos de diversas regiões do estado e que motivaram a execução de obras de contenção em áreas urbanas desde a década de 1970.

A despeito do caráter subjetivo da análise sinótica, o estudo mostrou características importantes da climatologia de MS, que podem ser exploradas no campo da Meteorologia, através de análise objetiva da atmosfera, visando principalmente a previsão do tempo e na própria Climatologia Geográfica, que investiga as relações entre a natureza e a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), onde foi realizada a pesquisa das condições sinóticas dos casos analisados; ao Correio do Estado, que permitiu a consulta ao arquivo dos jornais publicados desde 1954; à Eletrosul Centrais Elétricas S.A., que forneceu relatórios das ocorrências e demais dados sobre as linhas de transmissão; às instituições que forneceram os dados: National Centers for Environmental Prediction - National Oceanic & Atmospheric Administration (NCEP/NOAA); Agência Nacional de Águas (ANA); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e DHN do Ministério da Marinha; a Ary Tavares Rezende Filho pela digitalização das figuras.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, S. M. et. al. – Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-Grossenses. **Boletim Técnico**, Série Geomorfologia. Projeto Radam Brasil, 1984.
- BLESSMANN, J.- **Acidentes causados pelos ventos**. 4ª ed.. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001.
- CLIMANÁLISE – Contribuições reproduzidas na íntegra - Chuvas intensas ocorridas nos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo. **Climanálise**, v. 4, n. 7, p. 28-33, 1989.
- CLIMANÁLISE ESPECIAL. **INPE**, São José dos Campos, 1996.
- CONFORTE, J.C. – **Um estudo de complexos convectivos de mesoescala sobre a América do Sul**. Tese (Doutorado). INPE, São José dos Campos, 1997.
- COTTON, W. R.; ANTHES, R. A. – **Storm and cloud dynamics**. San Diego: Academic Press, 1989.
- FERREIRA, N. J.; CORREIA, A.A.; RAMIREZ, M. C. V. Synoptic scale features of the tropospheric circulation over tropical South America during the WETAMC TRMM/LBA experiment. **Atmosfera**, v. 17, n.1, p. 13-30, 2004.
- GEWEHR, O.P. – Aplicações meteorológicas e da previsão do tempo no setor elétrico. In: ENCONTRO DE APLICAÇÕES METEOROLÓGICAS NO SETOR ELÉTRICO – **SIMEPAR/ELETROBRÁS**. Curitiba, outubro 1997.
- KOUSKY, V.E.; FERREIRA, N.J. – Interdiurnal surface pressure variations in Brazil: their distributions, origins and effects. **Monthly Weather Review**, v. 109, n. 9, p. 1999-2008, 1981.
- KOUSKY, V.E.; VIRJI, H. – **A Entrada de um Sistema Frontal em Latitudes Baixas e seus Efeitos na Atividade Convectiva Tropical**. São José dos Campos: INPE publi. 2582, 1982.
- OLIVEIRA, A. S. de – **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. São José dos Campos: INPE. Publicação 4008-TDL/239, 1986.
- SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.A.; SILVA DIAS, P.L. – **Tropics: South America**. In: Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Meteorological Monographs, 41, Boston: American Meteorological Society, USA, 1988, p. 119-139.
- SILVA DIAS, M. A. F. da – Sistemas de mesoescala e previsão do tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 2, p. 133-150, 1987.
- VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. – Mesoscale convective complexes in the Américas. **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. D8: 9591-9613, 1987.
- ZAVATINI, J.A. – Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia**, Rio Claro, v. 17, n. 2, p. 65-91, outubro 1992.

RELATÓRIOS ELETROSUL DE OCORRÊNCIAS NAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Caso CUT

Relatório da Ocorrência na LT 138 kV Porto Primavera-Ivinhema-Dourados (Trecho Ivinhema-Dourados) – 08/05/1987, Eletrosul.

Caso CG1

Relatório de Ocorrência na LT 138 kV Mimoso-Campo Grande I, II e III – 30/09/1987, Eletrosul.

Caso IVI

Relatório de Ocorrência na LT 138 kV Porto Primavera-Ivinhema-Dourados (Trecho Ivinhema-Dourados) – 29/07/1989, Eletrosul.

Caso ACL

Relatório sobre a Recomposição das LT's Circuitos I/II/III/IV – Emergência na RMS – Regional de Mato Grosso do Sul – 15.10.1992, Eletrosul.

Caso DOR

Comunicação RMS – 047/94 de 30/05/94, Eletrosul.

Caso CG2

Análise de Ocorrência no Sistema, n. 408 – 28/11/1994, Eletrosul.

Caso NVD

Comunicação RMS – 219/96 de 17/09/1996, Eletrosul.

JORNAIS CONSULTADOS**Caso ACL**

Queda de 11 torres deixa 80% do MS sem energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 17/18 out. 1992.

Vendaval derruba 11 torres de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 6, 17/18 out. 1992.

Chuva atrapalha recuperação torres de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 19 out. 1992.

Chuvas provocam atrasos na recuperação de torres. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 7, 19 out. 1992.

Recuperação de torres continua lenta na região de Água Clara. Sem racionamento, pode faltar água. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 20 out. 1992.

Caso BAT

Embratel restabelece a telefonia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 20 out. 1987.

Caso CG1

Torre cai e deixa boa parte do estado sem energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 1 out. 1987.

Eletrosul garante que energia já tem fornecimento garantido. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 03/4 out. 1987.

Abastecimento de energia é restabelecido em todo o MS. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 17, 03/4 out. 1987.

Empresas contabilizam os prejuízos com blecaute. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 5 out. 1987.

Caso CG2

Vendaval obriga MS a racionar energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 30 nov. 1994.

Vendaval provoca racionamento de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 10, 30 nov. 1994.

Energia será restabelecida sexta-feira. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 1 dez. 1994.

Sanesul impõe racionamento na capital. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 5, 1 dez. 1994. **Caso CG3**

Estragos. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 9 set. 2000.

Caso CRN

Vendaval traz prejuízos para Campo Grande. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, – 14/15 out. 1995.

Energia recupera torres. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 16 out. 1995.

Caso IPR

Torre cai e 6 cidades ficam sem energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 10 ago. 2000. **Caso IVI**

19 mortos em desabamento. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 31 jul. 1989.

Ivinhema avalia saldo da tragédia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 1 ago. 1989.

Prefeito de Ivinhema decreta calamidade. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 12, 2 ago. 1989.

Tufão ciclônico causa ferimentos e destruição em Ivinhema. **O Vale do Ivinhema**, Ivinhema, p.1, 27/7 a 3 ago. 1989.

Caso JAR

Vendaval deixa 9 municípios sem energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 01/02 out. 1996.

Caso MI1

Temporal provoca vários estragos. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 8 dez. 1983.

Caso MI2

Acidente deixa Cotumba e Ladário sem luz há 2 dias. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 13 out. 1989.

Caso NVD

Vendaval causa racionamento de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 18 set. 1996.

Vendaval provoca racionamento de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 7, 18 set. 1996.

Restabelecido fornecimento de energia. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 1, 19 set. 1996.

Abastecimento de energia já é normal. **Correio do Estado**, Campo Grande (MS), p. 5, 19 set. 1996.

Recebido em setembro de 2007

Revisado em outubro de 2007

Aceito em maio de 2008