

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS
NO ESTADO DO PARANÁ – PERÍODO DE 2000 A 2008**

Leonardo Luís Rossetto

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE)

INPE
Santa Maria
2010



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS NO ESTADO DO PARANÁ – PERÍODO DE 2000 A 2008

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE)

Leonardo Luís Rossetto (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: leo.luis.rossetto@hotmail.com

Dra. Elisabete Caria Moraes (INPE, Orientadora)
E-mail: bete@ltid.inpe.br

COLABORADORES

Dr. Anderson Spohr Nedel (CRS/INPE)
Msc. Silvia Midori Saito (CRS/INPE)
Dra. Tania Maria Sausen (CRS/INPE)

Junho de 2010

RESUMO

Este trabalho, iniciado em agosto de 2009, tem como objetivo geral analisar a ocorrência de eventos extremos como inundação brusca, vendaval e granizo no estado do Paraná, com uso de geotecnologias e cujos resultados servirão de apoio à tomada de medidas preventivas a fim de mitigar danos. Inicialmente, foram organizados dados de ocorrências de granizo, vendaval e inundação brusca no período de 2000 a 2008, disponíveis no *site* da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Paraná (<http://www.defesacivil.pr.gov.br/>). Para a identificação dos episódios mais significativos, utilizou-se como critério o maior número de municípios atingidos por tais eventos extremos numa mesma data. Os casos em que três ou mais municípios foram atingidos por um determinado tipo de desastre foram escolhidos para análise. Com isso, foram feitas tabelas nas quais existissem ocorrências simultâneas de eventos de granizo, vendaval e inundação brusca, eventos de vendaval e granizo, e eventos de vendaval e inundação brusca. Em seguida, os municípios afetados foram localizados em mapas para identificar qual região foi a mais afetada por determinado tipo de evento. Para a caracterização dos sistemas atmosféricos causadores dos eventos utilizaram-se as informações dos boletins Climanálise, dados de reanálise do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research*), imagens de satélites (GOES 8, 10 e 12), além de dados de variáveis meteorológicas de estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Verificou-se que dos 14 episódios em estudo caracterizados, 11 estavam relacionados pela atuação do Jato de Baixos Níveis e apenas 3 não apresentaram a atuação deste jato, que converge umidade da Amazônia para o Centro-Sul do Brasil favorecendo a convecção, tornando-se assim um indicador da intensidade do fenômeno. Além disso, o Jato Subtropical que é uma corrente de ar muito forte que flui perto da tropopausa, contribuiu juntamente com as frentes frias para maioria dos danos ocasionados nos municípios. Estes episódios analisados ocorreram na época de transição inverno-primavera. As regiões sudoeste e centro foram caracterizadas como mais afetadas pela ocorrência de granizo e a região metropolitana de Curitiba foi a mais afetada pela inundação brusca. Os resultados desta pesquisa serão muito úteis e estarão disponíveis aos órgãos governamentais no auxílio à tomada de decisões e a prevenção de desastres naturais.

GEOTECHNOLOGIES FOR EXTREME EVENTS ANALYSIS IN PARANÁ STATE - PERIOD 2000-2008

ABSTRACT

This work, started in August 2009, has as general objective to analyze the occurrence of extreme events such as rough flood, windstorm and hail in the state of Paraná, with the use of geo-technologies which the results will suit as support for taking preventive measures in order to mitigate damages. Initially, were organized the occurrence of hail, windstorm a rough flood data in the period from 2000 to 2008, available on the State Civil Defense Coordinator of the State of Paraná site (<http://www.defesacivil.pr.gov.br/>). For the identification of the most significant episodes, it was used as criterion the largest number of affected counties by such extreme events in the same date. The occurrence in which three or more counties were affected by a certain type of disaster were chosen for analysis. Therefore, charts were made in which there were simultaneous occurrences of hail, windstorm and rough flood events, windstorm and hail events and windstorm and rough flood events. Afterwards, the affected counties were localized on maps to identify what region was more affected by certain type of event. For the characterization of the causative atmospheric systems of the events was used the information from the Climanálise bulletin, reanalysis data from NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research*), satellites images (GOES 8, 10 and 12), besides data from meteorological variables of INMET (National Institute of Meteorology) station. From the 14 episodes in characterized studies was verified that 11 were related by the acting of low levels flush and only 3 did not present the acting of this flush, which converges humidity from Amazonia to Brazil's South Central helping the convection, thus becoming a phenomenon intensity indicator. Furthermore, the subtropical flush that is a very strong drought that flows near the tropopause, contributed along with the cold front for most damages caused in the counties. These analyzed episodes occurred in the transition period winter-spring. The southeast and center regions were characterized as the most affected by the occurrence of hail and the metropolitan region of Curitiba was the most affected by rough flood. The results of this research will be very useful e will be available to the governmental bodies in the assistance for taking decisions and the prevention of natural disasters.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	
Lista de Tabelas	
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivos específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Eventos severos e desastres naturais	17
2.2 Aplicação de Geotecnologias em estudos de desastres naturais	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
4. RESULTADOS	23
4.1 Estudos de caso	23
a) Caso I: dias 10 e 11/09/2000	26
b) Caso II: dias 30/09 e 01/10/2001	28
c) Caso III: dias 19 e 20/09/2002	30
d) Caso IV: dias 13 e 14/09/2004	32
e) Caso V: dias 12 e 13/10/2004	35
f) Caso VI: dias 23, 24 e 25/10/2004	37
g) Caso VII: dias 3 e 4/11/2004	39
h) Caso VIII: dias 30 e 31/08/2005	42
i) Caso IX: dias 4 e 5/10/2005	44
j) Caso X: dias 27 e 28/10/2005	46
k) Caso XI: dias 15 e 16/09/2006	48
l) Caso XII: dias 28 e 29/10/2007	50
m) Caso XIII: dias 11/09/2008	52
n) Caso XIV: dias 11 e 12/11/2008	55
4.2 Identificação de áreas inundadas através de imagens do satélite CBERS/CCD	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do estado do Paraná.....	15
Figura 2: Ocorrências de vendaval, granizo e inunda��o brusca no estado do Paraná no período de 2000-2008.....	23
Figura 3: Casos mais significativos de vendaval.....	24
Figura 4: Casos mais significativos de granizo.	25
Figura 5: Casos mais significativos de inunda��o brusca.	25
Figura 6: Imagem de s��t��lite do dia 11/09/2000 às 21Z.....	27
Figura 7: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/09/2000 às 18Z.	27
Figura 8: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 11/09/2000 às 18Z.	28
Figura 9: Imagem de s��t��lite do dia 01/10/2001 às 02:09Z.	29
Figura 10: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 01/10/2001 às 06:00Z.	29
Figura 11: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 01/10/2001 às 06:00Z.	30
Figura 12: Imagem de s��t��lite do dia 20/09/2002 às 02:09Z.	31
Figura 13: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 20/09/2002 às 00:00Z.	31
Figura 14: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 20/09/2002 às 00:00Z.	32
Figura 15: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de geopotencial em 500 hPa do dia 14/09/2004 às 00:00Z.	33
Figura 16: Imagem de s��t��lite do dia 14/09/2004 às 00:00Z.	34
Figura 17: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 14/09/2004 às 00:00Z.	34
Figura 18: Imagem de s��t��lite do dia 13/10/2004 às 12:00Z.	36
Figura 19: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 13/10/2004 às 12:00Z.	36

Figura 20: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 13/10/2004 às 12:00Z.	37
Figura 21: Imagem de satélite do dia 13/10/2004 às 12:00Z.	38
Figura 22: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 24/10/2004 às 00:00Z.	39
Figura 23: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 24/10/2004 às 00:00Z.	39
Figura 24: Imagem de satélite do dia 04/11/2004 às 00:00Z.	40
Figura 25: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 4/11/2004 às 00:00Z.	41
Figura 26: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 4/11/2004 às 00:00Z.	41
Figura 27: Imagem de satélite do dia 31/08/2005 às 04:00Z.	42
Figura 28: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 31/08/2005 às 00:00Z.	43
Figura 29: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 31/08/2005 às 00:00Z.	43
Figura 30: Imagem de satélite do dia 05/10/2005 às 00:00Z.	45
Figura 31: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 5/10/2005 às 00:00Z.	45
Figura 32: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 5/10/2005 às 00:00Z.	46
Figura 33: Escoamento em altos níveis (200 hPa) indicando a posição e magnitude médias do jato subtropical no dia 27/10/2005.	47
Figura 34: Imagem de satélite do dia 28/10/2005 às 12:00Z.	48
Figura 35: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 28/10/2005 às 12:00Z.	48
Figura 36: Imagem de satélite do dia 16/09/2006 às 00:00Z.	49
Figura 37: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 16/09/2006 às 00:00Z.	49

Figura 38: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 16/09/2006 às 00:00Z.	50
Figura 39: Carta sinótica de altitude do CPTEC, mostrando os campos de vento, os jatos e os sistemas atmosférica atuantes.	51
Figura 40: Carta sinótica de superfície do CPTEC, mostrando os campos de pressão, espessura e os sistemas atmosféricos atuantes.	52
Figura 41: Imagem de satélite do dia 29/10/2007 às 20:15Z.	52
Figura 42: Imagem de satélite do dia 11/09/2008 às 23:15Z.	53
Figura 43: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/09/2008 às 18:00Z.	54
Figura 44: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 11/09/2008 às 18:00Z.	54
Figura 45: Imagem de satélite do dia 11/11/2008 às 18:00Z.	56
Figura 46: Carta sinótica de altitude do CPTEC, mostrando os campos de vento, os jatos e os sistemas atmosférica atuantes.	57
Figura 47: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/11/2008 às 18:00Z.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Episódios de vendaval, granizo e inundação brusca que atingiram maior número de municípios.	24
Tabela 2: Disponibilidade de imagens de satélites para os eventos selecionados de inundação brusca	58

1 INTRODUÇÃO

Os estados da região Sul do Brasil têm sido severamente impactados por desastres naturais que resultaram em grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais, assim como em feridos e vítimas fatais. Grande parte dos desastres está associada às instabilidades severas que causam vendavais, granizos e inundações, entre outros fenômenos.

O estado do Paraná (Figura 1), em especial a região Oeste/Centro-Oeste, sofre com a frequente incidência de vendavais os quais trazem grandes prejuízos quando atingem áreas urbanas, torres de transmissão de energia elétrica e áreas cultivadas. Tais eventos estão invariavelmente associados a nuvens convectivas de grande desenvolvimento vertical (*cumulonimbus*) que são intensificadas por sistemas de escala sinótica como frentes frias ou de mesoescala como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e linhas de instabilidade e até mesmo forçantes locais (PRATES et al, 1998). Isto justifica a necessidade de uma análise dos eventos severos no estado do Paraná para uma possível ação de prevenção e redução dos danos materiais e humanos.

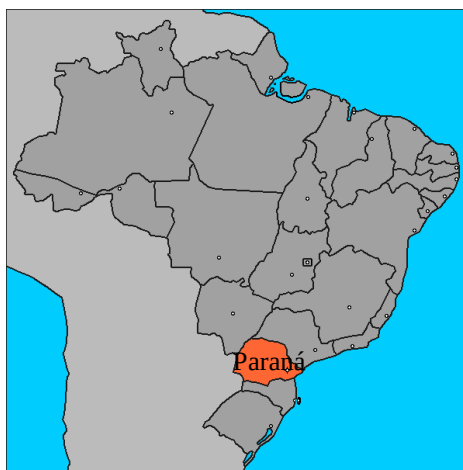


Figura 1: Mapa de localização do estado do Paraná

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a ocorrência de eventos extremos no estado do Paraná, como inundação brusca, vendaval e granizo, com uso de geotecnologias, para apoiar a tomada de medidas preventivas de danos.

1.1.1. Objetivos específicos

- Identificar os eventos extremos mais significativos ocorridos no Paraná, entre 2000 a 2008.
- Identificar padrões atmosféricos através de imagens de satélites que caracterizam episódios de inundações bruscas, vendavais e granizos.
- Caracterizar os eventos extremos no estado do Paraná durante o período 2000 a 2008 através de imagens de satélites e variáveis meteorológicas de superfície.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eventos severos e desastres naturais

Quando fenômenos naturais severos como inundações, escorregamentos, secas e vendavais ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (sócio-econômicos) são considerados como desastres naturais (KOBİYAMA, 2006).

Estes desastres podem afetar um município colocando-o em situação de emergência ou estado de calamidade pública. Segundo Castro (1999) situação de emergência é o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal provocada por desastre, causando danos humanos, materiais e ambientais menos importantes, os quais são mais facilmente suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas. Por sua vez, estado de calamidade pública é o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal provocada por desastre, causando danos humanos, materiais e ambientais muito importantes, muitas vezes de caráter irreversível ou de recuperação muito difícil, os quais são muito dificilmente suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas.

Dentre os tipos de desastres naturais está a inundação, popularmente tratada como enchente, que é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Classificam-se as inundações em função do padrão evolutivo como inundações graduais e inundações bruscas (KOBİYAMA, 2006).

As inundações graduais ocorrem quando a águas elevam-se de forma vagarosa e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e a seguir escoam-se gradualmente. Por outro lado, as inundações bruscas são provocadas por chuvas fortes e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por sua violência e menor previsibilidade produzindo súbitas elevações dos caudais (CASTRO, 2003).

Outro tipo de desastre natural é o granizo que pode ser definido como a precipitação sólida de grânulos de gelo, de forma esférica ou irregular, raramente cônica, de diâmetro igual ou superior a 5 mm. É formado no interior das nuvens do tipo *cumulonimbus*, onde as gotas de chuva ao ascenderem sob o efeito das correntes verticais congelam-se ao atingirem as regiões mais elevadas.

O vendaval, por sua vez, pode ser definido como uma perturbação marcante no estado normal da atmosfera devido ao deslocamento violento de uma massa de ar. Normalmente é acompanhado de precipitações hídricas intensas e concentrado, e algumas vezes por queda de granizo (CASTRO 2003).

Muitos trabalhos foram publicados na área de desastres naturais, entre ele está o trabalho de Barbieri *et al* (2009), que realizaram uma pesquisa cujo principal objetivo foi verificar a relação entre as anomalias de precipitação e os desastres naturais na região Sul do Brasil. Mapas de anomalias de precipitação foram feitos de acordo com a precipitação média climatológica para o período 1980 e 2006. Posteriormente, foram elaborados o cálculo das normais climatológicas e anomalias de precipitação. Para a interpolação espacial dos mesmos, o método de *Kriging* foi usado no *software* SPRING, sendo utilizado para definir as classes de anomalias. Segundo os resultados, foi possível verificar a relação entre anomalias de precipitação negativas e positivas e ocorrência de desastres naturais na área de estudo.

Outro estudo na área de desastres naturais, é o de Prates *et al* (1998) que analisaram as condições da atmosfera desenvolvidas em mesoescala que favorecem a ocorrência de ventos intensos associados à convecção profunda. O modelo de mesoescala RAMS com alta resolução, foi utilizado para simular as condições atmosféricas. Para verificação dos resultados da simulação foram utilizados os dados meteorológicos de superfície obtidos por meio da rede telemétrica do Instituto Tecnológico SIMEPAR e das saídas do modelo global COLA-CPTEC disponibilizadas pelo CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Verificou-se, por exemplo, que a destrutiva tempestade

que atingiu Nova Laranjeira - Paraná em 13 de junho de 1997, foi resultado de uma corrente descendente seca conhecida como *microbursts* seco.

2.2 Aplicação de Geotecnologias em estudos de desastres naturais

As geotecnologias são representadas principalmente pelo Sensoriamento Remoto e pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizados para analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte a tomada de decisões.

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como a técnica de se adquirir informações sobre um objeto na superfície da Terra, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, sem que haja necessidade de contato físico direto com os mesmos (SAUSEN, 2008).

O termo SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Como principal característica, o SIG pode integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno (CÂMARA, 1995).

Um exemplo de trabalho onde as geotecnologias se mostraram bastante adequadas foi feito pela equipe do Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos (GEODESASTRES-SUL) do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que monitorou a formação de um ciclone extratropical em 02/05/2008, o qual afetou o litoral sul de Santa Catarina e o leste e nordeste do Rio Grande do Sul (SAUSEN *et al*, 2008). Com isto, analisaram sua gênese e avaliou seus consequentes danos, por meio do uso de geotecnologias, como suporte para medidas preventivas e mitigadoras na região afetada. Para tal, foram utilizados dados meteorológicos de precipitação, ventos, imagens dos

satélites GOES, CBERS 2, LANDSAT e dados SRTM, o software SPRING e dados de GPS.

Outro trabalho feito na área das geotecnologias foi o estudo de Adami *et al.* (2006) cujo objetivo foi avaliar métodos de estimativa de precipitação pluvial para o Paraná, a partir de modelos matemáticos e de informações orbitais. Foram testadas informações provenientes do modelo de previsão de tempo ETA, do modelo Hidroestimador e TRMM e um modelo de interpolação, nas escalas temporais de 1, 3, 7 e 15 dias de chuva acumulada. Verificou-se que o melhor desempenho observado foi para a escala total de 15 dias, com altos índices de concordância, e o método de interpolação obteve bom desempenho nas simulações com menores erros.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, o projeto previa a seleção dos municípios que decretaram Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) por granizo, vendaval e inundação brusca, entre os anos de 2000 a 2008. Entretanto, foi constatado que durante esse período, nenhum município emitiu decreto por SE ou ECP, mas registrou ocorrências dos fenômenos acima citados. Assim, para essa pesquisa foram consideradas tais ocorrências tendo em vista que em muitos eventos, centenas de pessoas foram afetadas. Estes dados estão disponíveis no *site* da Defesa Civil do estado do Paraná, de onde selecionaram-se os episódios mais significativos. Para esta identificação, utilizou-se como critério o maior número de municípios atingidos por tais eventos extremos numa mesma data. Os casos em que três ou mais municípios foram atingidos por um determinado tipo de desastre foram escolhidos para análise. Com isso, foram feitas tabelas onde existissem coincidências de eventos de granizo e vendaval, inundação brusca, vendaval e granizo, vendaval e inundação brusca.

Em seguida, foram localizados em mapas os municípios afetados para identificar qual região do Paraná foi mais afetada por um determinado tipo de evento. Durante estes meses, também se realizou um levantamento bibliográfico do assunto abordado.

Após, fez-se uma análise para os episódios selecionados de vendaval, granizo e inundação brusca, ocorridos no estado do Paraná. Buscou-se identificar padrões atmosféricos semelhantes que possam gerar eventos extremos, com potencial de ocasionar danos à sociedade. Esta identificação e caracterização dos sistemas atmosféricos são baseadas nas seguintes informações: dados de reanálise do NCEP/NCAR, imagens de satélites meteorológicos, boletins Climanálise, e dados de variáveis meteorológicas de estações do INMET.

A etapa seguinte da pesquisa consiste na determinação das regiões afetadas pelos eventos extremos, através de imagens do satélite CBERS/CCD, de data anterior e posterior aos eventos quando disponíveis. Ainda para uma melhor caracterização das

áreas afetadas será realizada a consulta ao banco de dados do GEODESASTRES-SUL (2010) o qual sistematiza informações das Defesas Civas estaduais e notícias de periódicos *online* de ocorrências de desastres naturais da região Sul do Brasil.

4 RESULTADOS

A Figura 2 mostra, a partir dos decretos de situação de emergência e estado de calamidade pública dos municípios paranaenses, a quantidade total e por ano de decretos por vendaval, granizo e inundação brusca. Pode-se observar que dentre os desastres naturais analisados, mais da metade foi causada por vendavais. Destacam-se os anos de 2003 e 2008 que foram os que apresentaram os maiores números de vendavais, 83 e 84 respectivamente. Para os casos de granizo, o ano de 2008 apresentou o maior número perfazendo um total de 52 eventos e para os casos de inundação brusca, o ano de 2007 apresentou o maior número com um total de 35 ocorrências. No total, o ano de 2008 foi o que apresentou o maior número de eventos adversos, 153, seguido do ano de 2005 com 123 desastres naturais.

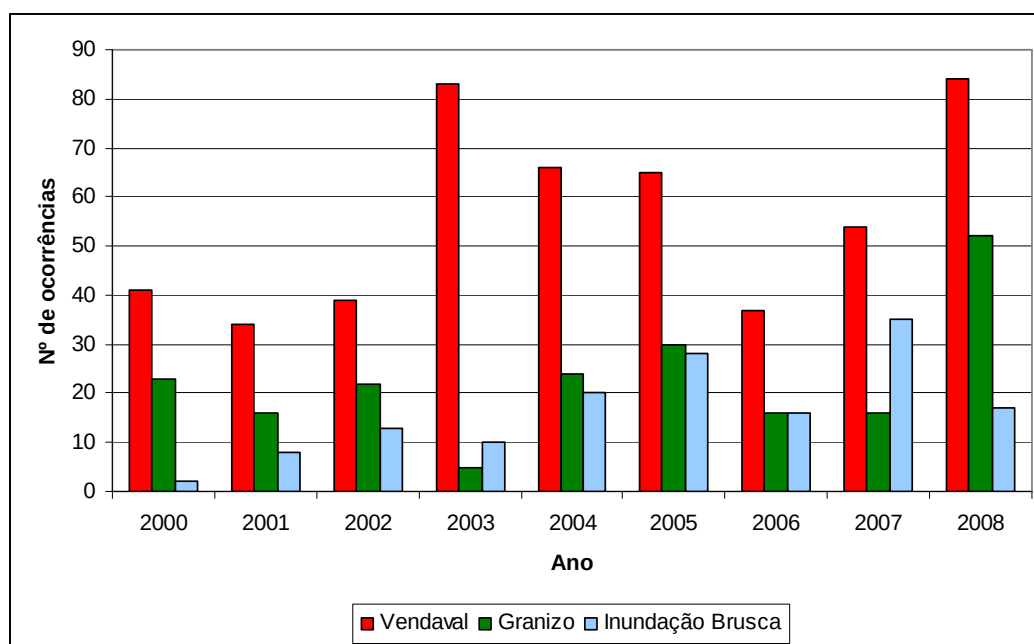


Figura 2: Ocorrências de vendaval, granizo e inundação brusca no estado do Paraná no período de 2000-2008.

Com estes dados, tornou-se possível selecionar, dentre todos os eventos ocorridos, os episódios que atingiram maior número de municípios (Tabela 1). A partir desses dados foram organizados mapas para identificar a região mais atingida por um determinado evento.

Tabela 1: Episódios de vendaval, granizo e inundação brusca que atingiram maior número de municípios.

Data (dia/mês/ano)	Número de municípios afetados			
	Vendaval	Granizo	Inundação brusca	Total
10 e 11/09/2000	1	4	1	6
30/09 e 01/10/2001	14	6	4	24
19 e 20/09/2002	3	3	0	6
13 e 14/09/2004	3	4	0	7
12 e 13/10/2004	7	0	3	10
23, 24 e 25/10/2004	8	0	4	12
3 e 4/11/2004	16	1	3	20
30 e 31/08/2005	3	3	0	6
4 e 5/10/2005	21	5	2	28
27 e 28/10/2005	4	0	4	8
15 e 16/09/2006	1	4	1	6
28 e 29/10/2007	4	2	5	11
11/09/2008	3	4	0	7
11 e 12/11/2008	3	3	0	6

As Figuras 3, 4 e 5 mostram a distribuição dos municípios atingidos por eventos de vendaval, granizo e inundação brusca, respectivamente, para os episódios com maior número de municípios afetados. Nestas figuras, cada ponto representa a localização de um município atingido por um evento extremo.

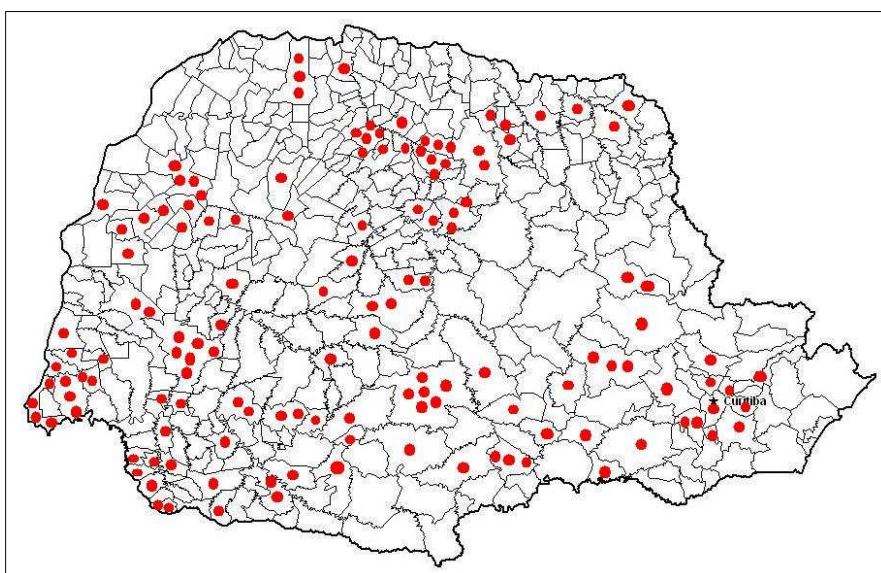


Figura 3: Casos mais significativos de vendaval.

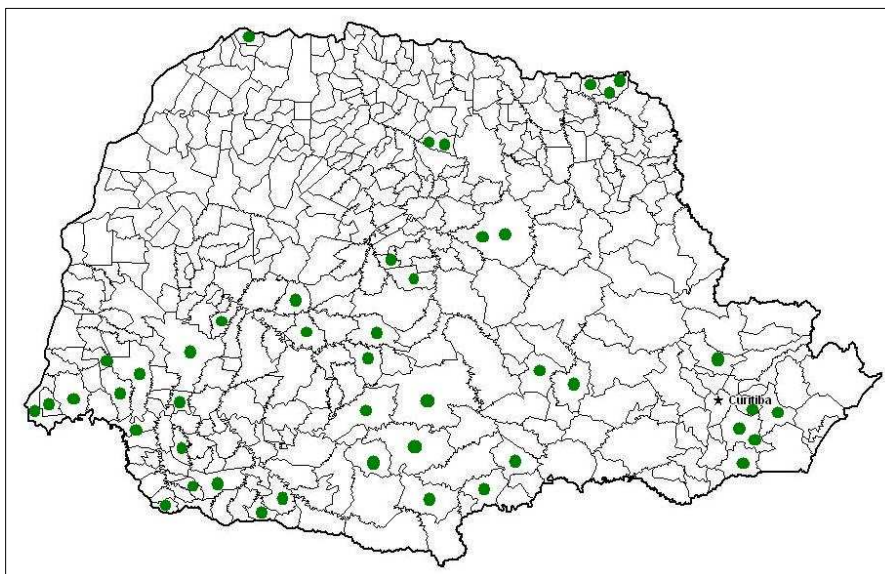


Figura 4: Casos mais significativos de granizo.

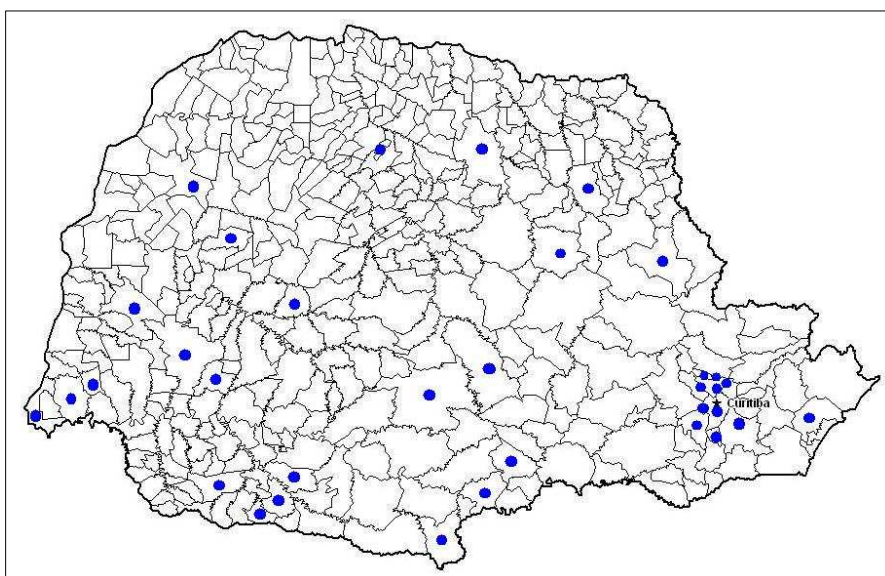


Figura 5: Casos mais significativos de inundação brusca.

A partir desses mapas, pode-se observar que os casos de vendaval estão bem distribuídos, abrangendo todas as regiões do Paraná, entretanto nota-se que há um maior número de ocorrências nas cidades mais populosas e suas vizinhanças, como Curitiba, Guarapuava, Foz do Iguaçu, Cascavel, Umuarama, Maringá e Londrina. Quanto aos casos de granizo, pode-se notar um maior número de casos nas regiões sudoeste e centro do estado. E, para os casos de inundação brusca, pode-se notar que as cidades mais

populosas anteriormente citadas, foram as mais atingidas, principalmente a região metropolitana de Curitiba. Uma hipótese a ser investigada neste último tipo de evento extremo seria a modificação no uso e cobertura do solo, adensamento urbano, o que aumenta a impermeabilidade do solo. Para as ocorrências de vendaval e granizo, pode ser investigada a influência do relevo, da localização geográfica, do uso do solo, da entrada de sistemas frontais, entre outros aspectos.

4.1 – Estudos de caso

Abaixo, será realizada a análise de cada episódio de granizo, vendaval e inundação brusca ocorrido, através de uma identificação e caracterização dos sistemas atmosféricos.

a) Caso I: dias 10 e 11/09/2000

O evento dos dias 10 e 11 de setembro de 2000 afetaram principalmente a região centro-sul do estado do Paraná. Este episódio ocorreu devido a uma frente fria que se deslocou pelo litoral do Rio Grande do Sul até a cidade de Cabo Frio-RJ (CLIMANÁLISE, 2000). Na imagem do satélite GOES-8 do dia 11, das 21Z (18 horas local, Figura 6), no canal infravermelho (IR), observa-se a presença do sistema frontal sobre a região sul do Brasil avançando sobre os estados de Santa Catarina e Paraná. Nas figuras 7 e 8 observa-se os campos de reanálise do NCEP/NCAR, onde na primeira figura vê-se que uma área de baixa pressão associada a uma frente fria passa pela região Sul, instabilizando o tempo. Na segunda figura, nota-se que o vento de norte (quente) começa a se misturar com o vento de sul (frio) caracterizando a frente fria.

Esse evento causou 4 vendavais, 1 inundação brusca e 1 granizo. As cidades mais atingidas foram Imbituva, onde o granizo afetou 2949 pessoas, e Manguinhos onde o vendaval afetou 3904 pessoas. Neste dia, a estação meteorológica da ANEEL/DNAEE registrou 58 mm de chuva em Manguinhos.

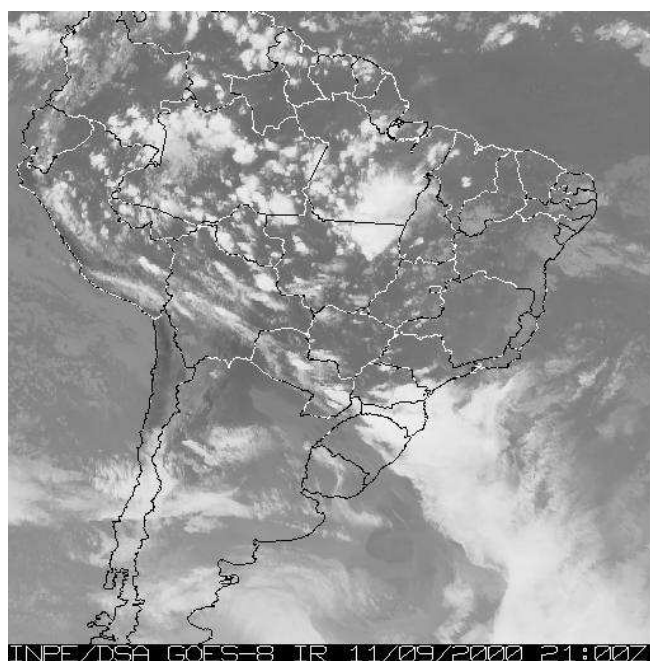


Figura 6: Imagem de satélite do dia 11/09/2000 às 21Z.

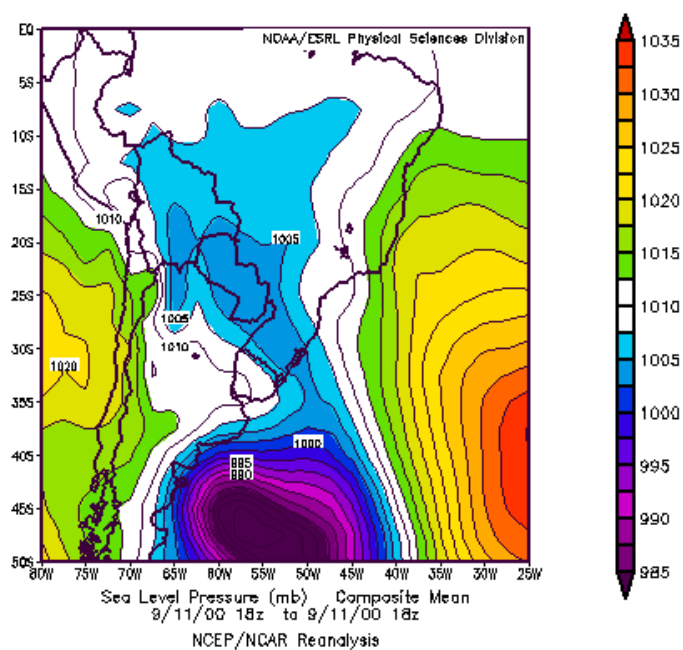


Figura 7: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/09/2000 às 18Z.

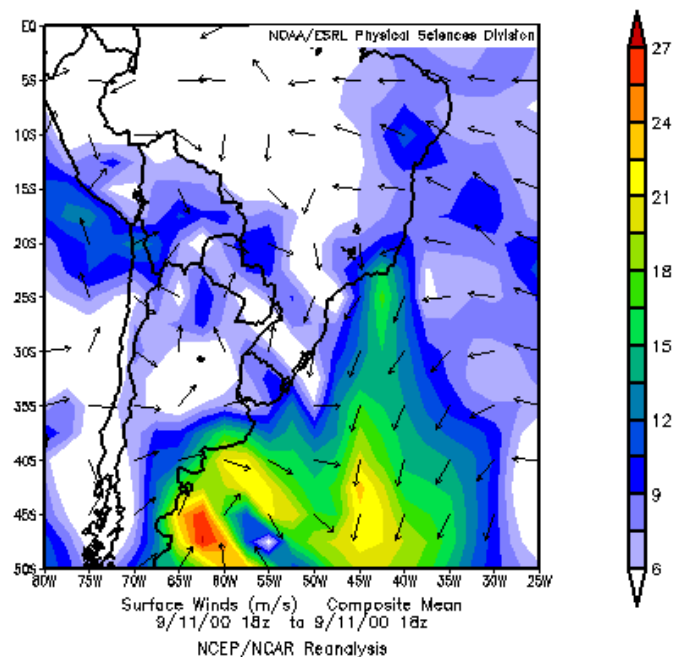


Figura 8: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 11/09/2000 às 18Z.

b) Caso II: dias 30/09 e 01/10/2001

O evento dos dias 30 de setembro e 1 de outubro de 2001, afetaram principalmente as regiões oeste e centro do Paraná. Segundo o boletim Climanálise, um VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis) deslocou-se para o norte da Argentina intensificando o sistema de baixa pressão configurado sobre o sul do Brasil, dando origem a uma ciclogênese e posteriormente a formação de um sistema frontal (CLIMANÁLISE, 2001). Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 02:09Z (23:09h local, Figura 9) do dia 01 de outubro, observa-se a ciclogênese ocorrendo próxima ao litoral do Uruguai. Nas figuras 10 e 11 observam-se os campos de reanálise do NCEP/NCAR, onde na primeira figura percebe-se um área de baixa pressão avançando sobre o Paraná. Na segunda figura nota-se o vento convergindo sobre o Paraná, fazendo com que o ar ascenda e consequentemente forme chuva.

Esse evento causou 14 vendavais, 6 granizos e 4 inundações bruscas. O granizo afetou 2820 pessoas em Ramilândia e o vendaval afetou 2215 pessoas em Bela Vista da

Caroba. A estação meteorológica do CMCD (Centro de Missão de Coleta de Dados) registrou 105 mm de chuva no dia 1 em União da Vitória.

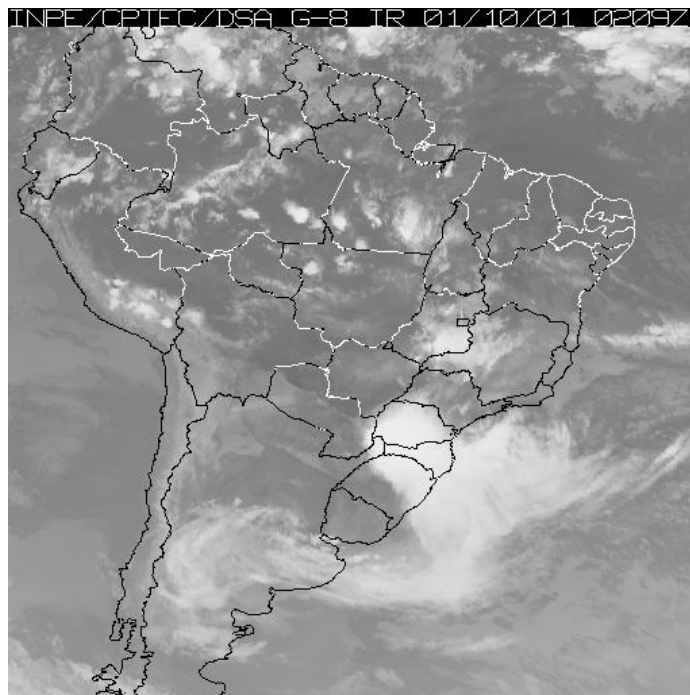


Figura 9: Imagem de satélite do dia 01/10/2001 às 02:09Z.

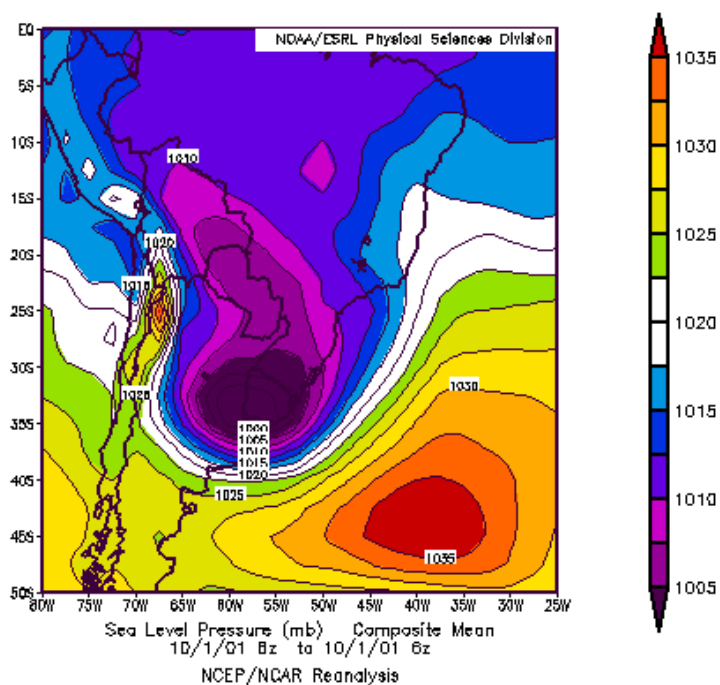


Figura 10: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 01/10/2001 às 06:00Z.

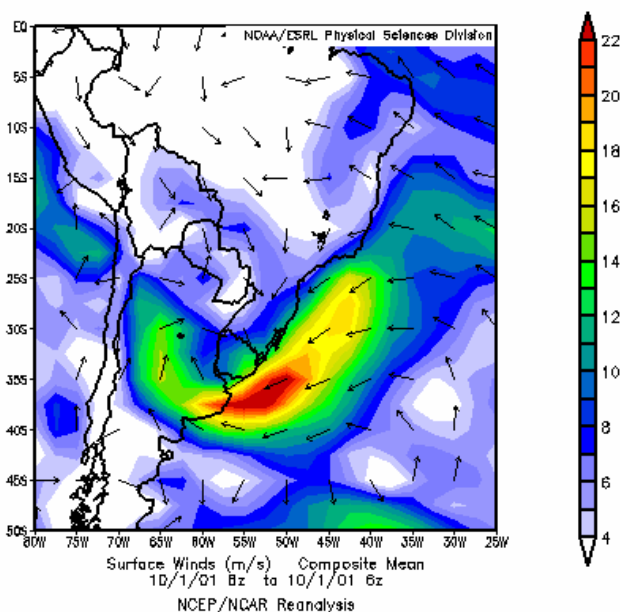


Figura 11: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 01/10/2001 às 06:00Z.

c) Caso III: 19 e 20/09/2002

O evento dos dias 19 e 20 de setembro de 2002 afetaram as diversas regiões do Paraná. O sistema frontal que atingiu esse estado causou chuvas superiores a 50 mm na Região Sul do Brasil, com o registro de ventos que chegaram a 140 km/h em Santa Maria-RS (CLIMANÁLISE, 2002). Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 00:10Z (21:10h local, Figura 12) do dia 01 de outubro, observa-se um forte frente fria atuando nos estados Paraná e de Santa Catarina.

A figura 13 mostra os valores da pressão em superfície no dia 20 às 0Z (21 horas local). Observam-se valores menores que 1000hPa centrados entre as coordenadas 35S-50S, e 50W-40W, próximo ao litoral do Uruguai, que este deve ser o centro do ciclone. A partir desse ciclone, estende-se uma faixa de baixas pressões em direção a Amazônia que instabiliza a atmosfera. A figura 14 mostra os valores do vento em superfície no dia 20 às 0Z (21 horas local), onde nota-se a convergência do vento sobre o Paraná. Esse evento causou 3 vendavais e 3 granizos, sendo que o granizo afetou 1550 pessoas em Francisco Beltrão e 600 pessoas em União da Vitória.

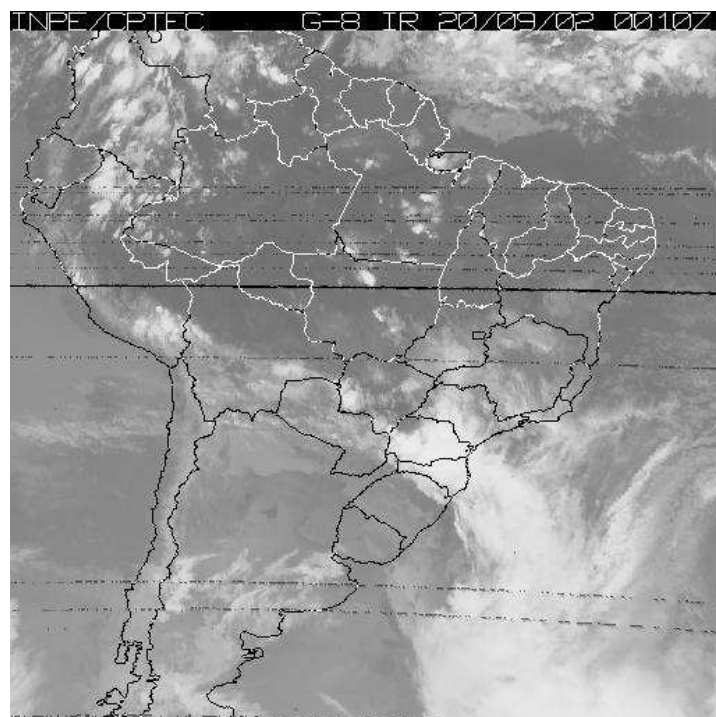


Figura 12: Imagem de satélite do dia 20/09/2002 às 02:09Z.

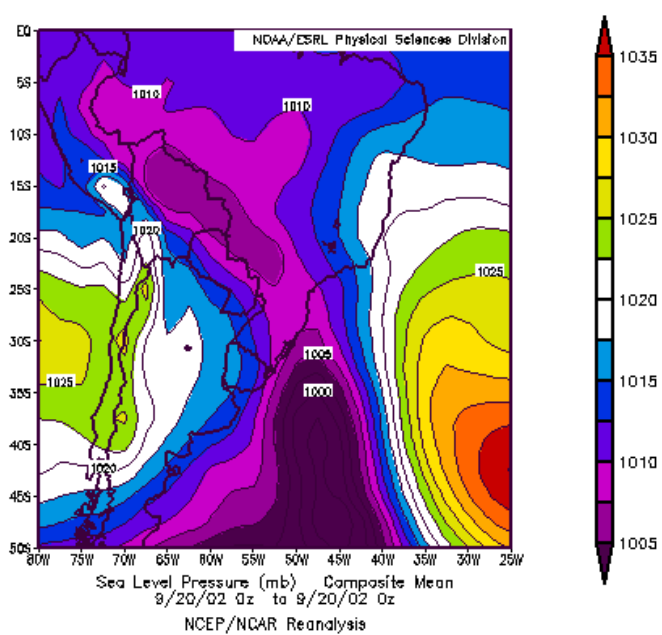


Figura 13: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 20/09/2002 às 00:00Z.

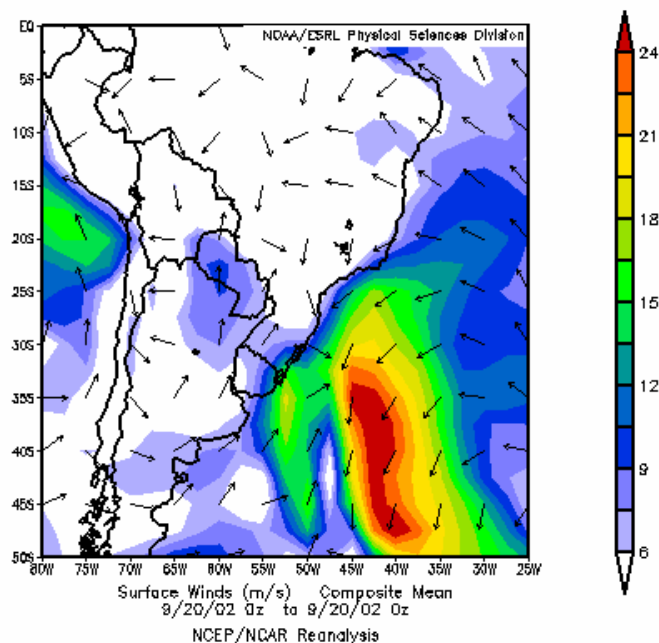


Figura 14: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 20/09/2002 às 00:00Z.

d) Caso IV: dias 13 e 14/09/2004

O evento dos dias 13 e 14 de setembro de 2004 afetaram as regiões centro e litoral do estado. A formação de uma ciclogênese proporcionou totais de precipitação mais significativos no oeste do Paraná e no leste de Santa Catarina (50mm). No dia 13, a atuação de um vórtice ciclônico nos médios e altos níveis da atmosfera sobre a Região Sul contribuiu para a intensificação desta ciclogênese, próxima ao litoral (CLIMANÁLISE, 2004). Esse evento causou 3 vendavais e 4 granizos, sendo que o granizo afetou 2132 pessoas em Ponta Grossa e 900 pessoas em Ventania.

A figura 15 mostra os valores de geopotencial em 500 hPa no dia 14 às 0Z (12 horas local). Observa-se no sul do Paraguai uma área de geopotencial menor em relação às áreas vizinhas, caracterizando um VCAN. Ele provoca chuva e tempestades sobre os lugares por onde passa. Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 00:00Z (Figura 16) do dia 14 de setembro, observa-se uma grande área de nebulosidade

sobre o sul do Brasil e o Paraguai. A figura 17 mostra o campo de vento, onde nota-se que há vento vindo do litoral em direção ao interior do Paraná, transportando umidade.

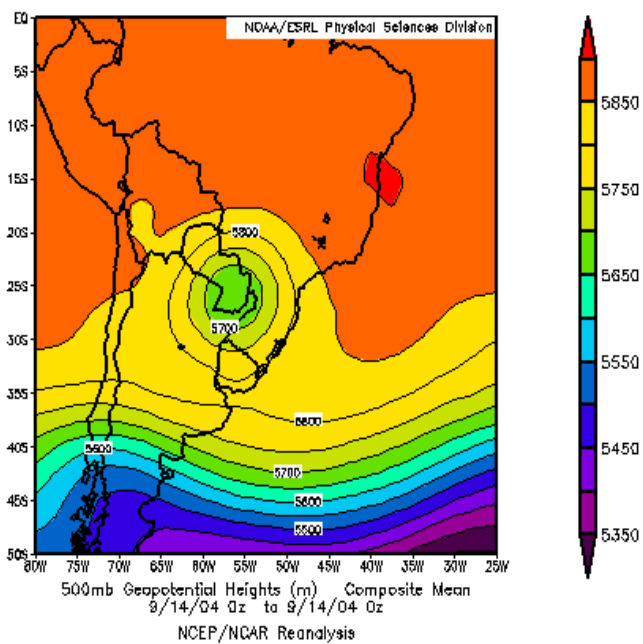


Figura 15: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de geopotencial em 500 hPa do dia 14/09/2004 às 00:00Z.

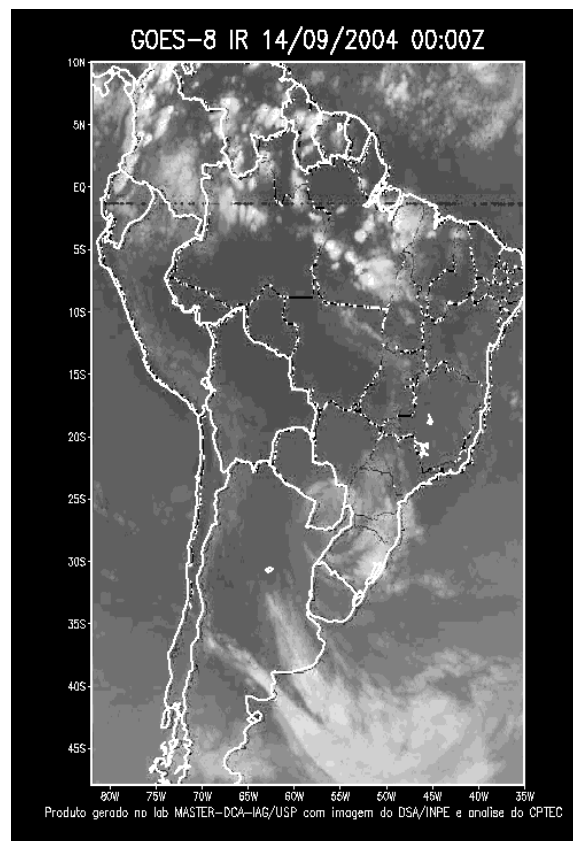


Figura 16: Imagem de satélite do dia 14/09/2004 às 00:00Z.

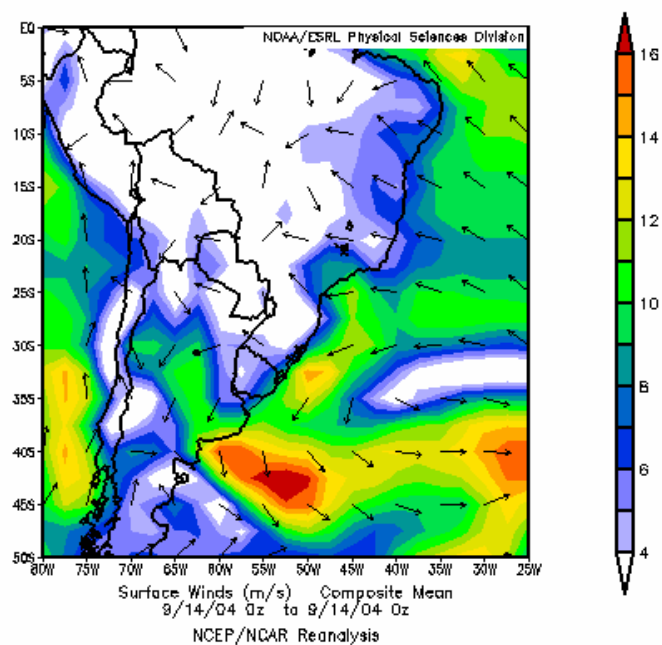


Figura 17: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 14/09/2004 às 00:00Z.

e) Caso V: dias 12 e 13/10/2004

O evento dos dias 12 e 13 de outubro de 2004 afetaram as diversas regiões do Paraná. Na cidade de Foz do Iguaçu, no oeste do Estado, registrou-se um total acumulado de chuva igual a 71 mm, no dia 13 e a estação meteorológica da SUDERHSA, registrou 87 mm de chuva em Guarapuava, na localidade Colônia Vitoria. Esse evento causou 7 vendavais e 3 inundações bruscas, sendo que a inundação brusca afetou 23 pessoas em Guarapuava.

A frente fria originou-se de uma ciclogênese que se configurou sobre o Rio Grande do Sul no dia 12, e proporcionou elevados acumulados de chuva em grande parte do Rio Grande do Sul, no oeste de Santa Catarina e no sudoeste do Paraná (CLIMANÁLISE, 2004). Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 12:00 Z (9 horas local, Figura 18) do dia 13 de outubro, observa-se uma frente fria atuando sobre os estados da Região Sul. Na figura 19, que mostra o campo de pressão em superfície, observa-se um ciclone perto de Mar del Plata que força o ar frio em direção ao Equador, formando a frente fria. Na figura 20, percebe-se que o vento quente e úmido vindo da Amazônia chega até o Paraná causando um aumento na instabilidade atmosférica.

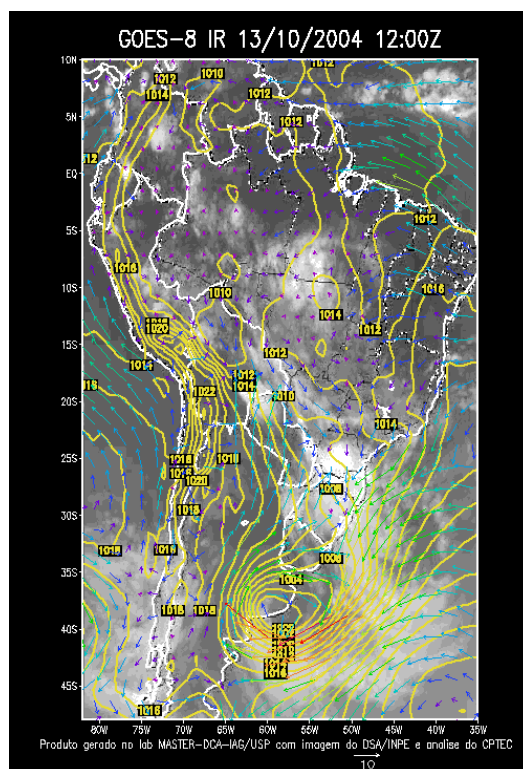


Figura 18: Imagem de satélite do dia 13/10/2004 às 12:00Z.

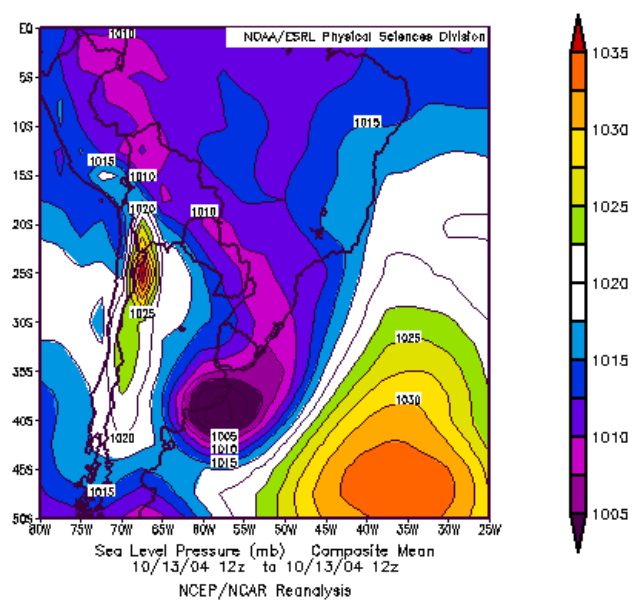


Figura 19: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 13/10/2004 às 12:00Z.

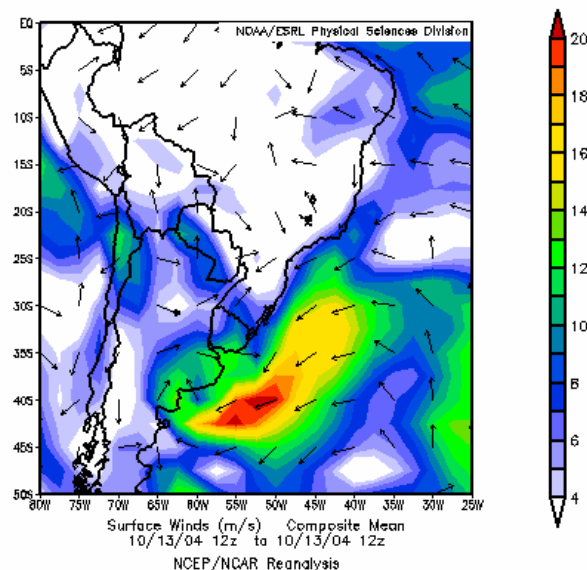


Figura 20: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 13/10/2004 às 12:00Z.

f) caso VI: dias 23, 24 e 25/10/2004

O evento dos dias 23, 24 e 25 de outubro de 2004, afetou as regiões oeste e centro do estado. No dia 23, notou-se a atuação do jato em baixos níveis sobre o oeste de Santa Catarina e Paraná, sul do Mato Grosso do Sul, no Brasil, e Paraguai, com a formação de um CCM que proporcionou chuvas intensas nestas regiões. Houve uma ciclogênese sobre o Atlântico Sul e a formação do quarto sistema frontal que atuou no Brasil. (CLIMANÁLISE, 2004). Esse evento causou 8 vendavais e 4 inundações bruscas, sendo que a inundação brusca afetou 190 pessoas em Goioerê e 123 pessoas em Mauá da Serra. A estação meteorológica da SUDERHSA registrou 30 mm de chuva no dia 25 em Formosa do Oeste na localidade de Porto Formosa.

Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 00:00 Z (21 horas local, Figura 21) do dia 24 de outubro, observa-se a presença de um CCM sobre o Paraguai e o Paraná. Na figura 22, que mostra o campo de pressão em superfície, nota-se a presença do ponto de colo sobre o Paraná causando chuvas e tempestades. Na

figura 23, que mostra o campo de vento, vê-se o vento vindo do Oceano Atlântico trazendo umidade para o Paraná.

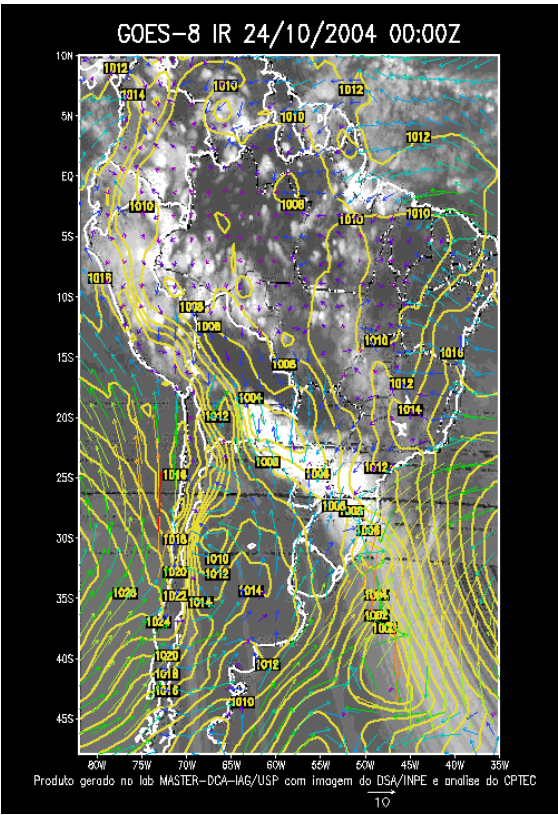


Figura 21: Imagem de satélite do dia 13/10/2004 às 12:00Z.

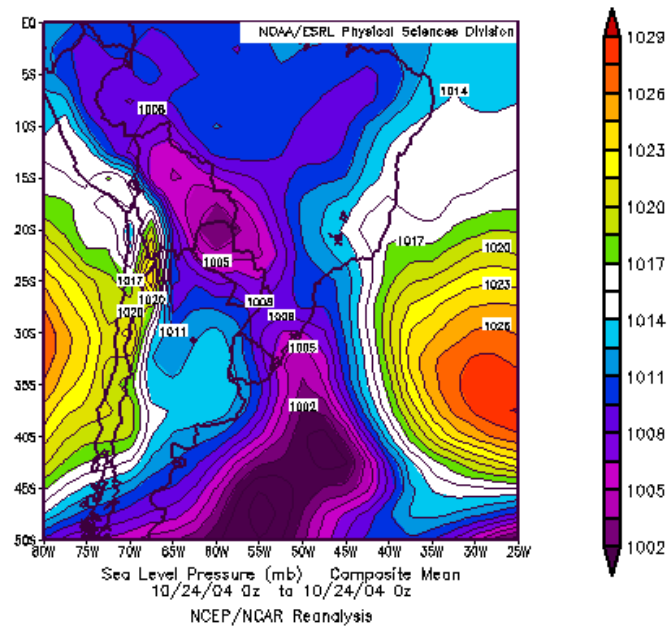


Figura 22: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 24/10/2004 às 00:00Z.

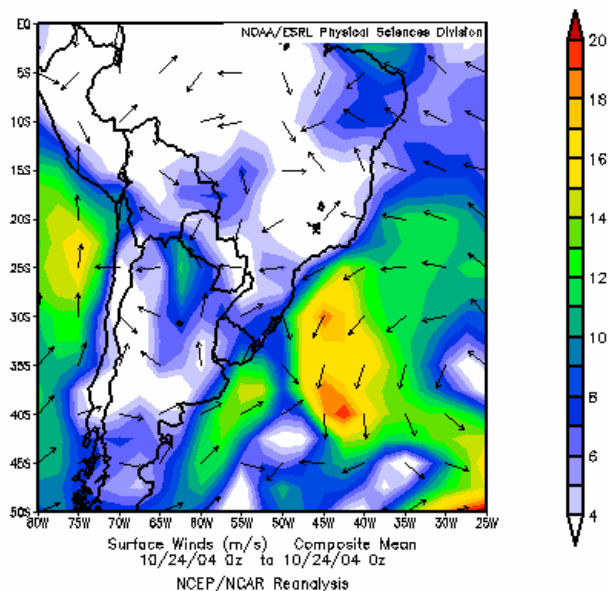


Figura 23: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 24/10/2004 às 00:00Z.

g) Caso VII: dias 3 e 4/11/2004

O evento dos dias 3 e 4 de novembro de 2004, afetaram as regiões oeste, centro e norte do estado. No dia 04, a primeira frente fria encontrava-se em Torres-RS. Este sistema recuou para o Rio Grande-RS no dia seguinte e ao associar-se a um sistema de baixa pressão em superfície e um cavado nos médios e altos níveis da atmosfera deu origem a uma ciclogênese no litoral do Rio Grande do Sul (CLIMANÁLISE, 2004). Esse evento causou 16 vendavais, 1 granizo e 3 inundações bruscas, sendo que a inundação brusca afetou 9957 pessoas em Nova Cantú e o vendaval afetou 800 pessoas em Rio Bonito do Iguaçu. A estação meteorológica da SUDERHSA registrou 31 mm de chuva no dia 4 em Palmital.

Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) da 00:00 Z (21 horas local, Figura 24) do dia 4 de novembro, observa-se muitas nuvens sobre a região sul associadas com o quadro pré-frontal. Na figura 25, que mostra o campo de pressão em superfície, vê-se uma grande área de baixa pressão sobre o Paraguai que faz aparecer o

Jato de Baixos Níveis, transportando umidade da Amazônia em direção ao Paraná. Na figura 26, pode-se notar este Jato na Bolívia e no Paraguai, com valores de vento de 4 a 11m/s.

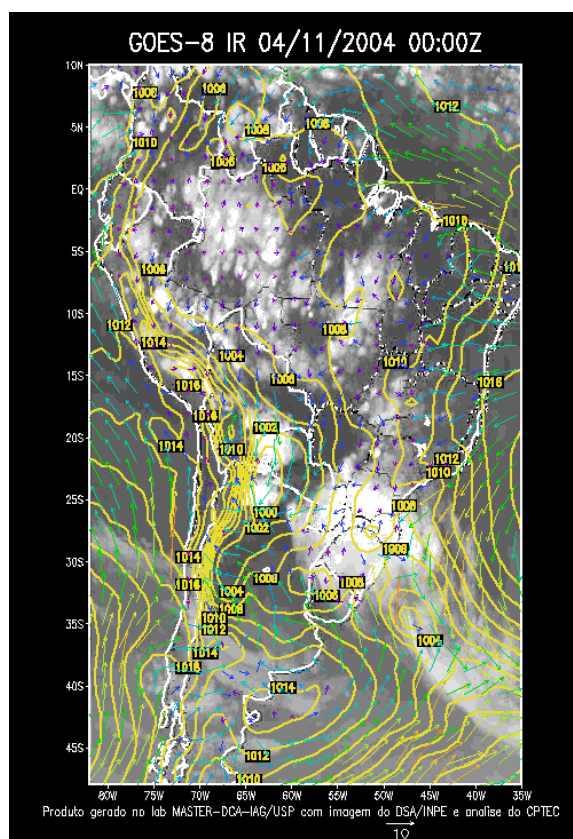


Figura 24: Imagem de satélite do dia 04/11/2004 às 00:00Z.

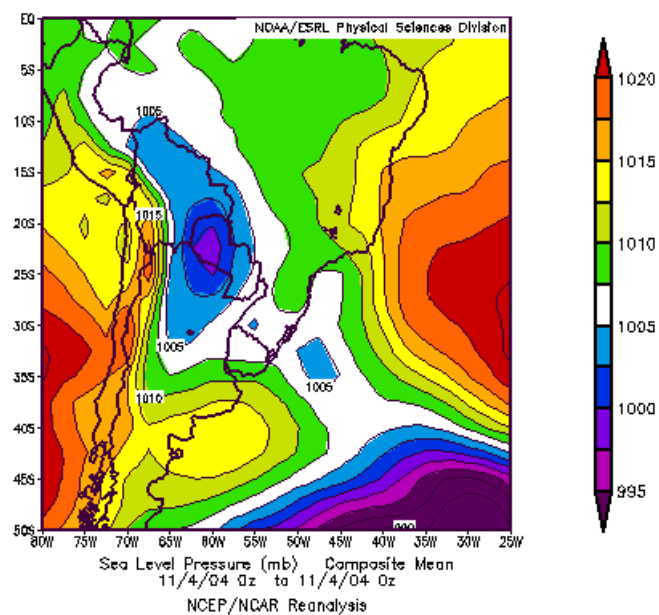


Figura 25: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 4/11/2004 às 00:00Z.

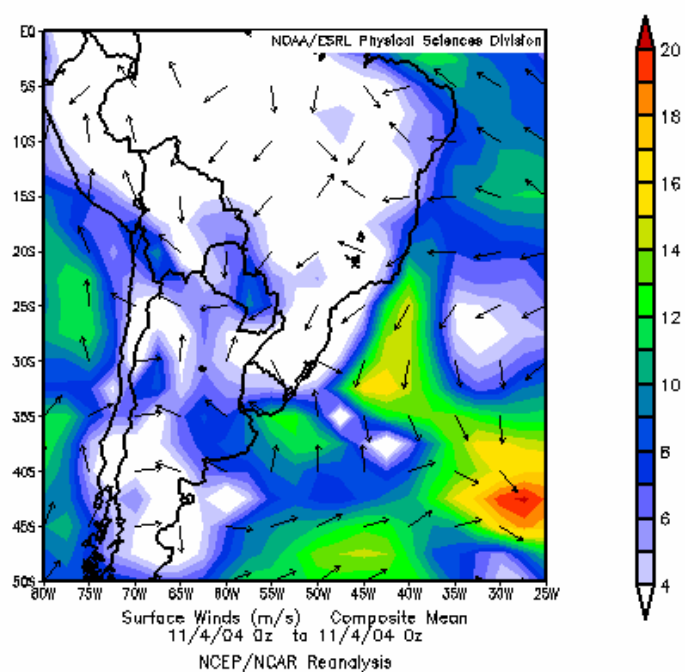


Figura 26: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 4/11/2004 às 00:00Z.

h) Caso VIII: dias 30 e 31/08/2005

O evento dos dias 30 e 31 de agosto de 2005 afetou as regiões do centro ao norte do estado. Nos dias 28 e 29, a frente fria permaneceu semi-estacionária no Rio Grande do Sul deslocando-se até o litoral de Santos-SP no dia 31. Pelo interior, deslocou-se até Presidente Prudente-SP e Guaira-PR. Juntamente com o sistema frontal, houve a configuração de situação de cavado em altos níveis, associado, à atividade do jato subtropical, sobre o centro-sul da Argentina. (CLIMANÁLISE, 2005). Esse evento causou 3 vendavais e 3 granizos, sendo que o granizo afetou 808 pessoas em Ortigueira e o vendaval afetou 623 pessoas em Prudentópolis. A estação meteorológica da SUDERHSA registrou 31 mm no dia 4 em Palmital.

Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) da 04:00 Z (1 hora local, Figura 27) do dia 31 de agosto, observa-se uma frente fria estacionária atuando sobre o norte do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e metade sul do Paraná. Na figura 28, que mostra o campo de pressão em superfície, nota-se uma frente fria de fraca intensidade atuando na região Sul, com duas áreas de baixa pressão, um sobre a Bolívia e outra sobre o Oceano Atlântico. Na figura 29, que mostra o campo de vento, vê-se uma área de vento mais forte no norte do Paraná, chegando a quase 8m/s.

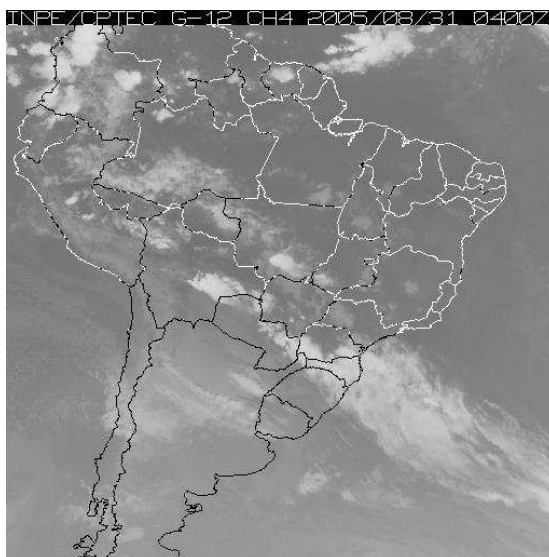


Figura 27: Imagem de satélite do dia 31/08/2005 às 04:00Z.

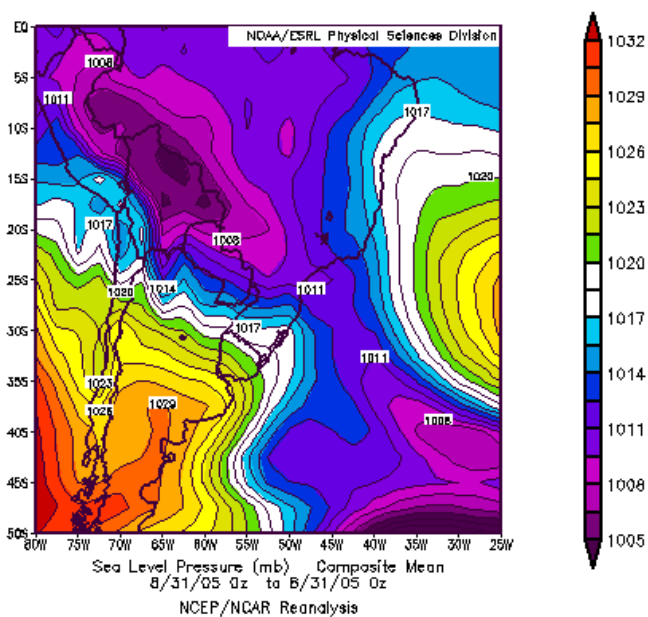


Figura 28: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 31/08/2005 às 00:00Z.

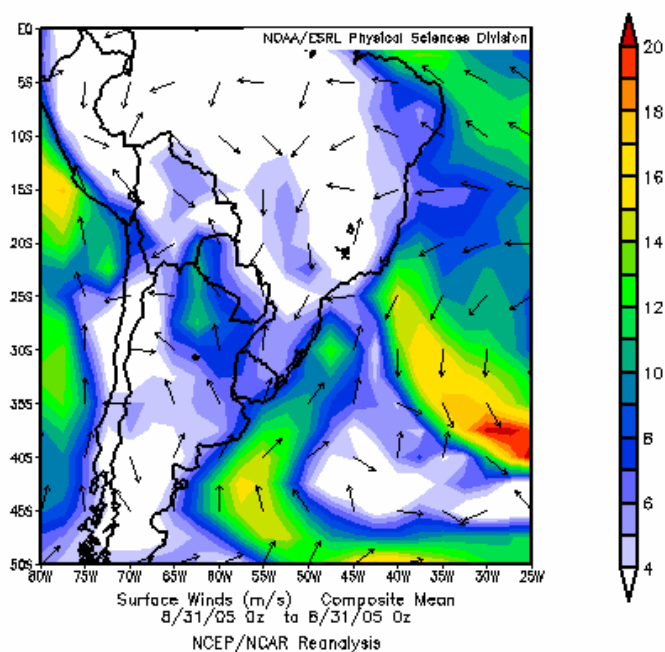


Figura 29: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 31/08/2005 às 00:00Z.

i) Caso IX: dias 4 e 5/10/2005

O evento dos dias 4 e 5 de outubro de 2005 afetaram principalmente as regiões oeste, centro e sul do Paraná. Segundo o boletim Climanálise (2005): “no dia 04, o segundo sistema frontal do mês, ingressou pelo interior e litoral da Região Sul, deslocando-se até São Paulo e Campo Grande-MS. No interior, esta frente fria atuou até o dia 06 e, no litoral, permaneceu estacionária em Ubatuba-SP entre os dias 06 e 07, onde enfraqueceu.” Esse evento causou 21 vendavais, 5 granizos e 2 inundações bruscas, sendo que o granizo afetou 6972 pessoas em Pinhão e o vendaval afetou 2000 pessoas em Umuarama. A estação convencional do INMET em Ivaí registrou 30mm de chuva dia 5.

Segundo Jacóbsen (2006) esta tempestade foi responsável por ventos intensos, grande concentração de descargas atmosféricas e precipitações na região oeste do Paraná, inclusive houve a queda de cinco torres da linha de transmissão de energia elétrica de FURNAS. Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 00Z (21 horas local, Figura 30) do dia 5, observa-se a presença de uma grande quantidade de nuvens associada a uma frente fria, que causou chuva forte no Rio Grande do Sul. Na figura 31, que mostra o campo de pressão em superfície, vê-se a presença de um ciclone extratropical em 45W, 40S, que leva consigo a frente fria em direção ao sul do Brasil causando mau tempo. Na figura 32, que mostra o campo de vento, nota-se a convergência do vento sobre o Paraná gerando instabilidade sobre a região.

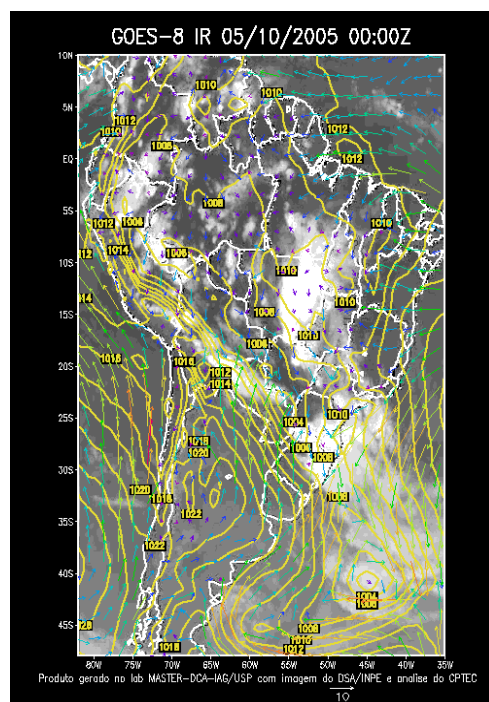


Figura 30: Imagem de satélite do dia 05/10/2005 às 00:00Z.

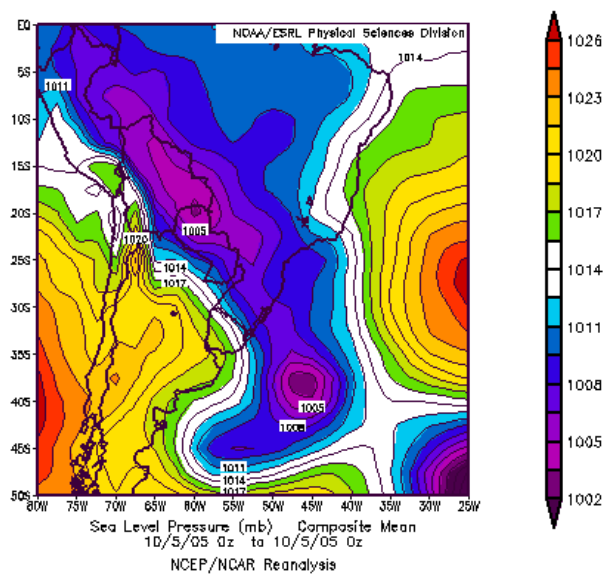


Figura 31: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 5/10/2005 às 00:00Z.

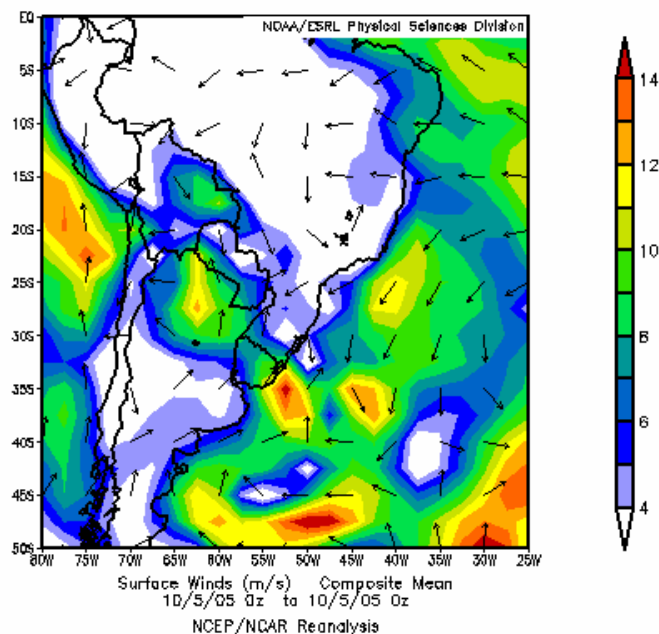


Figura 32: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 5/10/2005 às 00:00Z.

j) Caso X: dias 27 e 28/10/2005

O evento dos dias 27 e 28 de outubro de 2005 afetaram as regiões oeste e norte do estado. O último sistema frontal do mês atuou na Região Sul e deslocou-se até Vitória-ES, onde enfraqueceu. A Figura 16 ilustra o escoamento associado ao jato subtropical no dia 27, quando a intensa formação convectiva sobre a Região Sul proporcionou a ocorrência de totais diários que excederam os 50 mm, principalmente no Paraná e em Santa Catarina (CLIMANÁLISE, 2005). Esse evento causou 4 vendavais e 4 inundações bruscas, sendo que a inundação brusca afetou 800 pessoas em Espigão Alto do Iguaçu e 276 pessoas em Medianeira. A estação meteorológica da SUDERHSA registrou em Quedas do Iguaçu na localidade de Santo Osório 57 mm de chuva no dia 28.

Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) das 12Z (9 horas local, Figura 34) do dia 28, observa-se a presença de uma grande quantidade de nuvens associada ao escoamento do jato subtropical. Na figura 35, que mostra o campo de

pressão em superfície, nota-se a presença de uma grande área de baixa pressão sobre o Paraguai e sobre o Oceano Atlântico associada a uma frente fria de fraca intensidade.

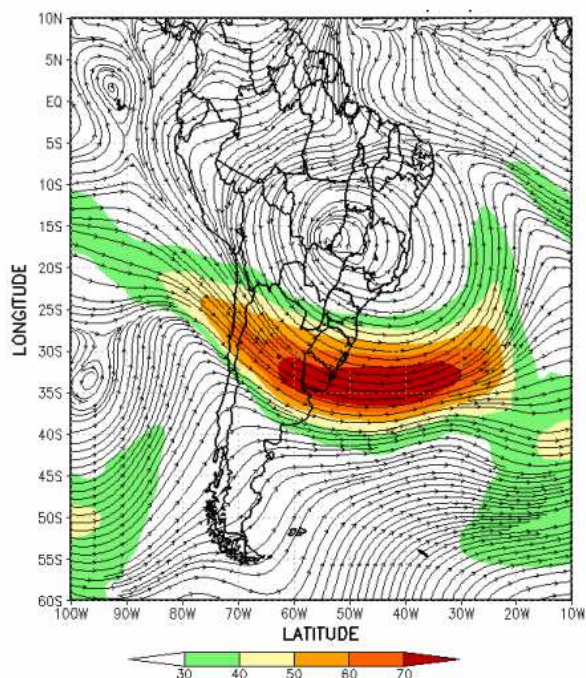


Figura 33: Escoamento em altos níveis (200 hPa) indicando a posição e magnitude média do jato subtropical no dia 27/10/2005.

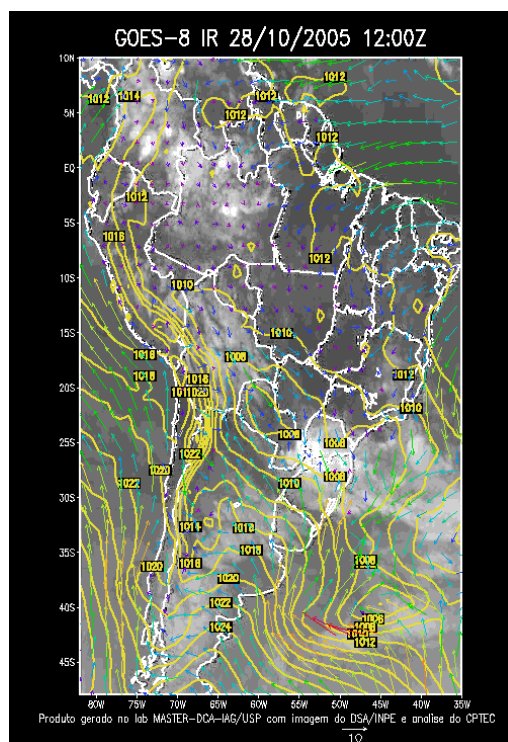


Figura 34: Imagem de satélite do dia 28/10/2005 às 12:00Z.

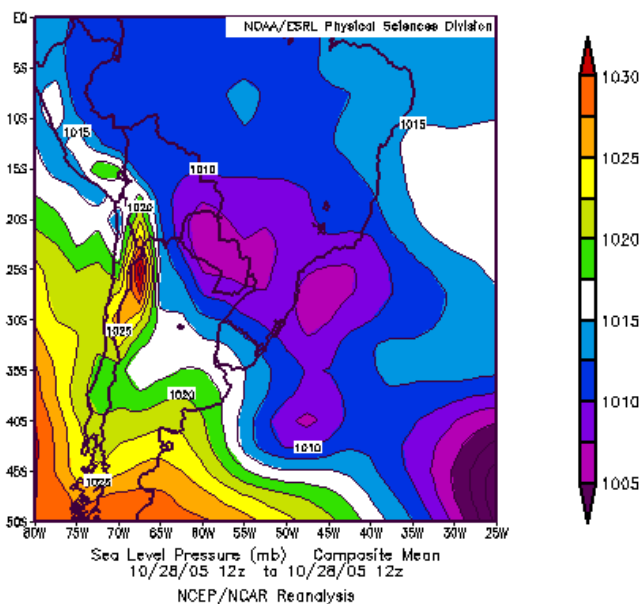


Figura 35: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 28/10/2005 às 12:00Z.

k) Caso XI: dias 15 e 16/09/2006

O evento dos dias 15 e 16 de setembro de 2006 afetaram principalmente a região norte do estado. Entre os dias 14 e 15, configurou-se, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul, uma área de baixa pressão que deu origem a um novo sistema frontal. Ressalta-se que este centro de baixa pressão também foi intensificado pela atuação do jato em baixos níveis. Durante a trajetória deste sistema frontal, ocorreram rajadas de vento de até 50 km/h em cidades do Paraná (CLIMANÁLISE, 2006). Esse evento causou 1 vendaval, 4 granizos e 1 inundação brusca, sendo que o granizo afetou 1700 pessoas em Andirá e 120 pessoas em Rio Branco do Sul. A estação meteorológica da COPEL registrou 64 mm em Maringá no dia 16.

Na imagem do satélite GOES-8 do canal infravermelho (IR) da 00:00 Z (21 horas local, Figura 36) do dia 16 de setembro, observa-se uma frente fria atuando no Paraná e no leste de Santa Catarina. Na figura 37, que mostra o campo de pressão em superfície, percebe-se que as isolinhas de pressão estão mais afastadas umas das outras,

caracterizando um frente frio de intensidade menor. Na figura 38, que mostra o campo de vento, nota-se bastante vento de sul (frio e seco) em direção ao Paraná fazendo com que o tempo comece a secar.

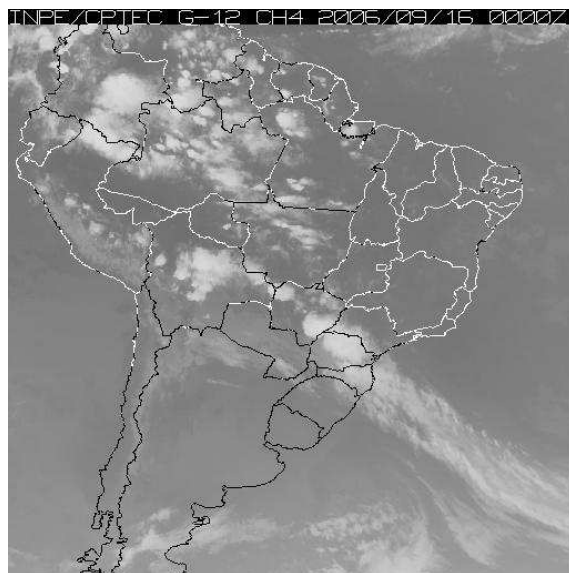


Figura 36: Imagem de satélite do dia 16/09/2006 às 00:00Z.

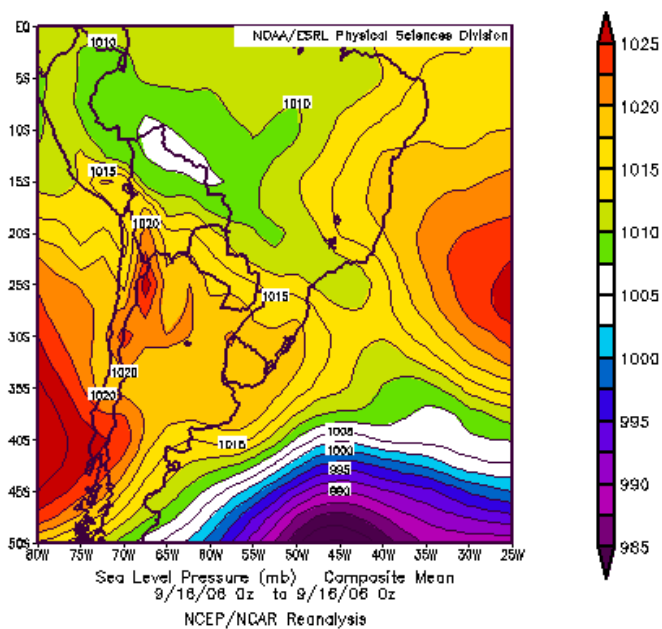


Figura 37: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 16/09/2006 às 00:00Z.

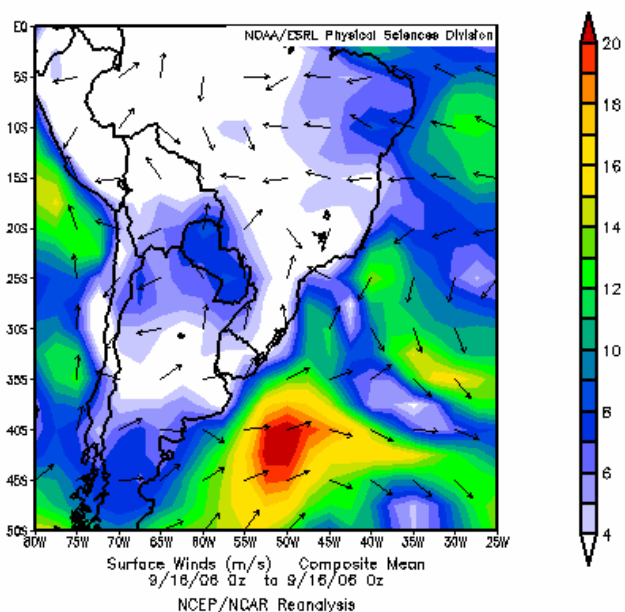


Figura 38: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 16/09/2006 às 00:00Z.

I) Caso XII: dias 28 e 29/10/2007

O evento dos dias 28 e 29 de setembro de 2007 afetaram a região metropolitana de Curitiba. Alguns fatores combinados foram os responsáveis pelas chuvas ocorridas. Em altos níveis da atmosfera (Figura 39) podemos observar um escoamento predominantemente ciclônico sobre a Região Sul com forte difluência dos ventos no escoamento. E em baixos níveis (Figura 40), uma extensa área de baixa pressão atua entre o sul da Bolívia, o centro e norte da Argentina e o Paraguai, que favorece a atuação do Jato de Baixos Níveis (advecção quente e úmida do quadrante norte) sobre a Região Sul. Estes processos contribuíram para a instabilização desta região. (CPTEC, 2007).

Na imagem do satélite GOES-10 do canal infravermelho (IR) da 20:15 Z (17:15h local, Figura 41) do dia 29 de outubro, observa-se uma grande área de instabilidade atuando no leste do Paraná e no norte de Santa Catarina, causando muitas tempestades isoladas. Esse evento causou 4 vendavais, 2 granizos e 5 inundações bruscas no Paraná, sendo que o granizo afetou 817 pessoas em São José do Pinhais e o vendaval afetou 800

pessoas em Colombo. A estação meteorológica automática do INMET registrou 27,6 mm em Curitiba.

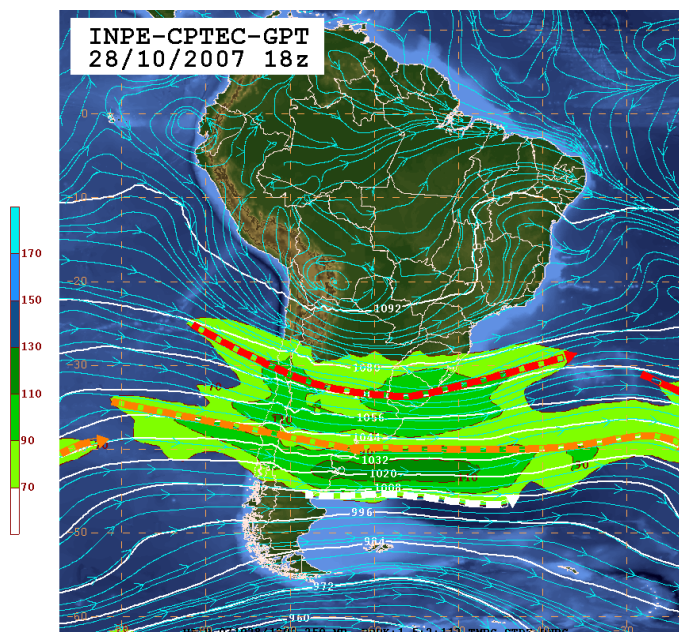


Figura 40: Carta sinótica de superfície do CPTEC, mostrando os campos de pressão, espessura e os sistemas atmosféricos atuantes.

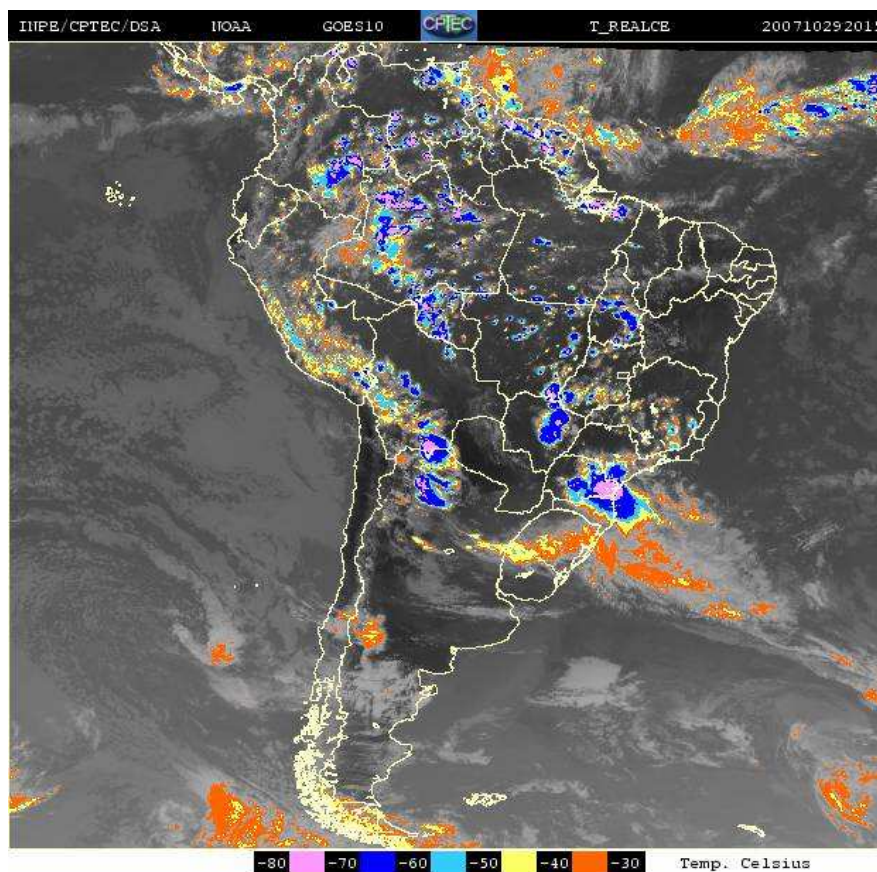


Figura 41: Imagem de satélite do dia 29/10/2007 às 20:15Z.

m) Caso XIII: dias 11/09/2008

O evento do dia 11 de setembro de 2008 afetou a região oeste do estado. Neste dia, a passagem de um cavado em níveis médios e altos da atmosfera, interagiu com uma frente quente dando origem a uma nova onda frontal, também sendo intensificada pela passagem do jato subtropical. A formação deste sistema provocou chuva forte, com destaque para os 60 mm de chuva acumulados na cidade de Porto Alegre-RS nos dias 11 e 12 (CLIMANÁLISE, 2008). Esse evento causou 3 vendavais e 4 granizos, sendo que o granizo afetou 1500 pessoas em Santa Isabel do Oeste e o vendaval afetou 600 pessoas em Francisco Beltrão. As estações meteorológicas automáticas do INMET de

Dionísio Cerqueira e de Dois vizinhos registraram rajadas de vento de 17,3 m/s e 15,6 m/s, respectivamente.

Na imagem do satélite GOES-10 do canal infravermelho (IR) da 23:15 Z (20:15 hora local, Figura 19) do dia 11 de setembro, observa-se uma frente fria atuando sobre os estados da Região Sul e também sobre o Paraguai. Na figura 43, que mostra o campo de pressão em superfície, percebe-se uma ciclogênese próxima ao litoral sul do Rio Grande do Sul que formará a frente fria. Na figura 44, que mostra o campo de vento, nota-se um vento mais forte no nordeste do Paraná chegando a 6m/s.

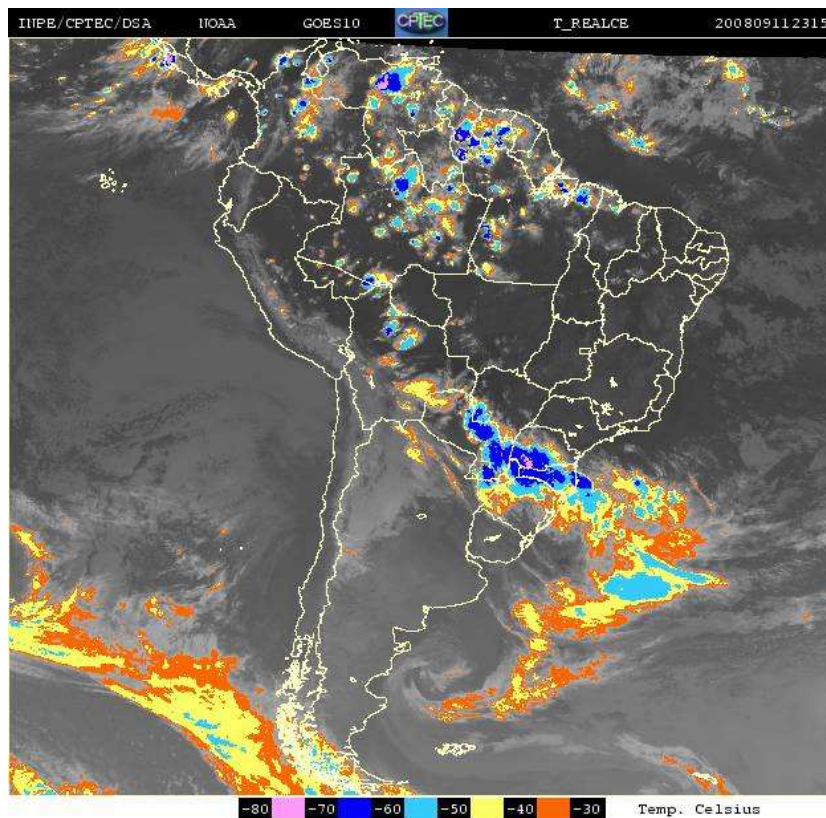


Figura 42: Imagem de satélite do dia 11/09/2008 às 23:15Z.

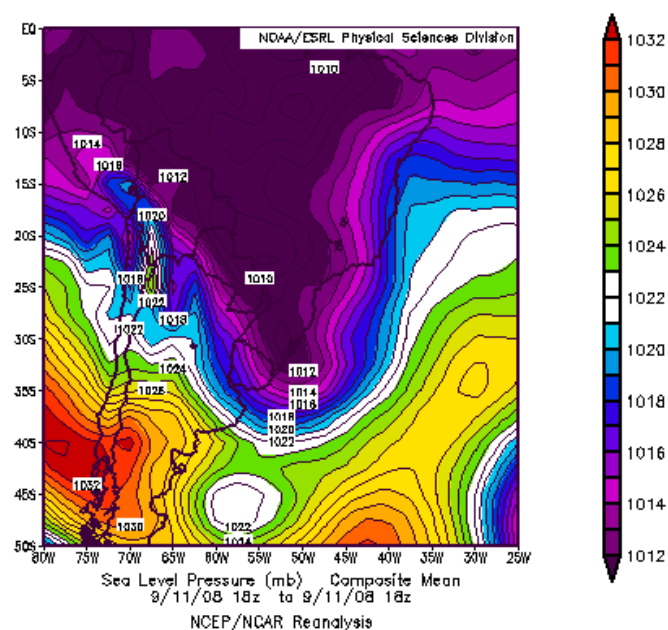


Figura 43: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/09/2008 às 18:00Z.

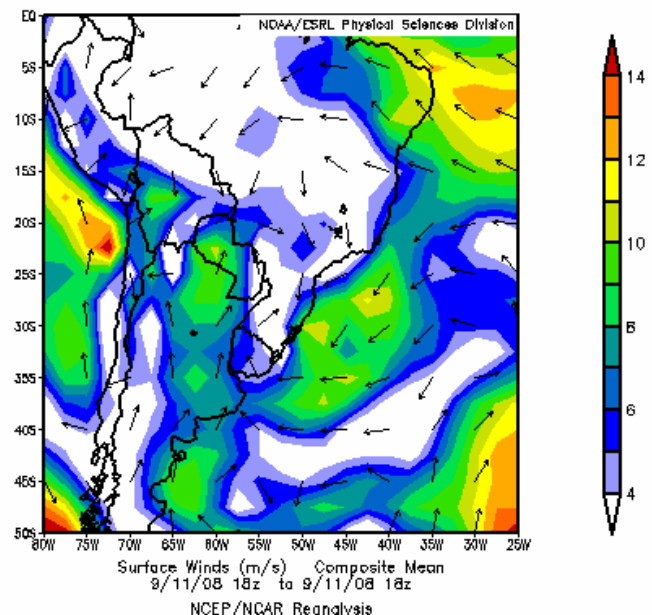


Figura 44: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de vento em superfície do dia 11/09/2008 às 18:00Z.

n) Caso XIV: dias 11 e 12/11/2008

O evento dos dias 11 e 12 de novembro de 2008 afetaram as regiões oeste, centro e norte do estado. Este episódio foi causado por um VCAN, que se amplificou entre médios e altos níveis da troposfera (Figura 20) e instabilizou áreas do Sul do Brasil, associado ao transporte de umidade pelos ventos de leste provocados pela posição do anticiclone sobre o Atlântico. As estações meteorológicas automáticas do INMET de Dois vizinhos e de Nova Fátima registraram rajadas de vento de 13,2 m/s e 15,7 m/s, respectivamente. Neste período, também houve significativos totais de chuva no nordeste de Santa Catarina, como os registrados em São Francisco do Sul (204,9 mm) e Itapoá (199,8 mm) (CLIMANÁLISE, 2008). Esse evento causou 3 vendavais e 3 granizos no Paraná, sendo que o granizo afetou 2000 pessoas em Telêmaco Borba e o vendaval afetou 1755 em Salto do Lontra.

Na imagem do satélite GOES-10 do canal infravermelho (IR) da 18:00 Z (15:00 hora local, Figura 46) do dia 11 de novembro, observa-se uma área de instabilidade sobre o oeste do Paraná causando chuvas em Foz do Iguaçu e em Cascavel. Na carta sinótica de altitude do CPTEC (figura 45) observa-se um VCAN sobre o Rio Grande do Sul associado com o Jato Subtropical que ajuda a instabilizar a atmosfera. Na figura 47, que mostra o campo de pressão em superfície, podemos notar um cavado sobre o oeste da região Sul causando convergência do vento e consequentemente chuva.

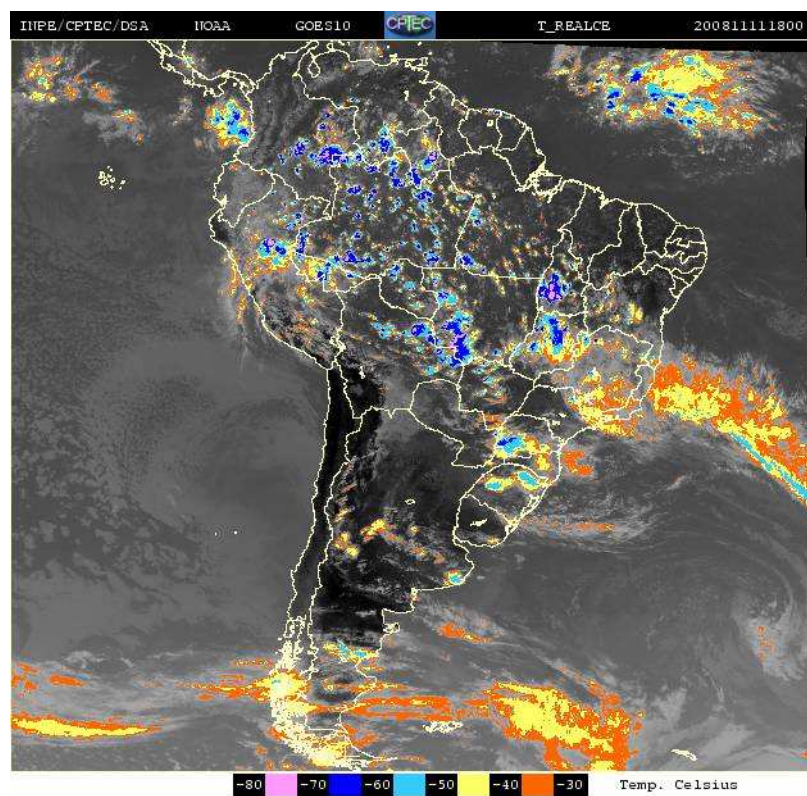


Figura 45: Imagem de satélite do dia 11/11/2008 às 18:00Z.

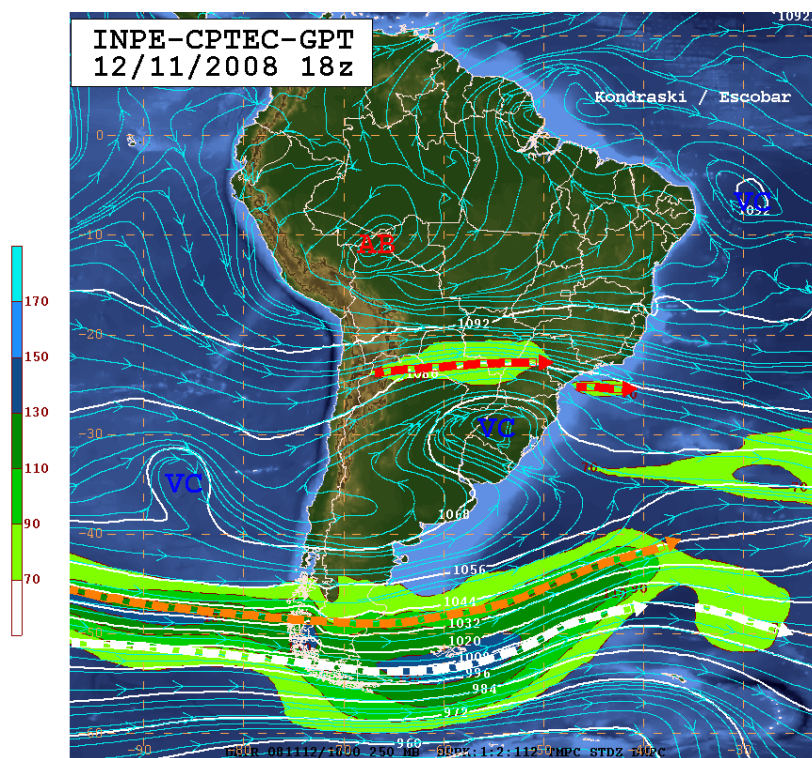


Figura 46: Carta sinótica de altitude do CPTEC, mostrando os campos de vento, os jatos e os sistemas atmosférica atuantes.

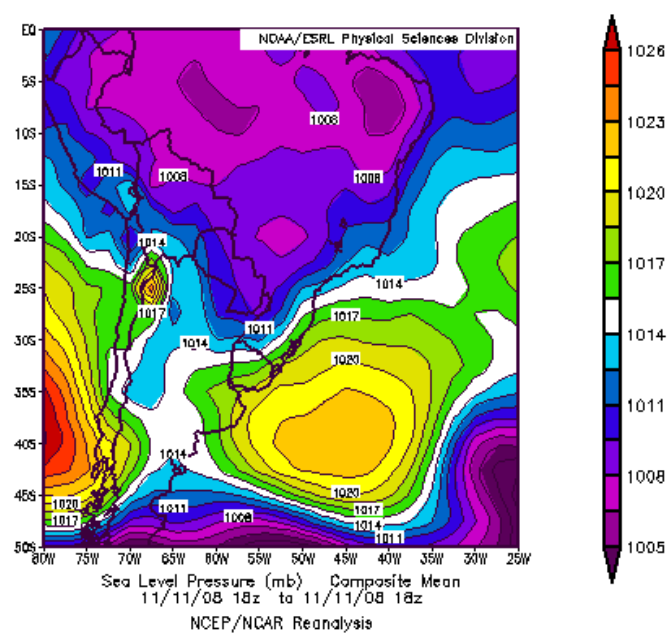


Figura 47: Imagem da Reanálise NCEP/NCAR do campo de pressão em superfície do dia 11/11/2008 às 18:00Z.

4.2 Identificação de áreas inundadas através de imagens do satélite CBERS/CCD

Para a identificação das áreas inundadas por inundações bruscas foram selecionados os municípios que tiveram o maior número de pessoas afetadas nos eventos já citados, conforme Tabela 1. Posteriormente, foi feita a busca no Catálogo de Imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), pela data em que o município foi afetado. Constatou-se que não havia imagens disponíveis para a maior parte dos eventos, pois o satélite entrou em funcionamento em setembro de 2007. Para o evento ocorrido no ano de 2007 (Caso XII, 28/10/2007), a imagem encontrada possuía uma cobertura de 100% de nuvens.

Ainda foi feita a busca por imagens dos satélites Landsat 5 e 7, porém como mostra a Tabela 2, também não foi encontrada nenhuma de data imediatamente posterior, critério preponderante em análises de inundações bruscas, já que são fenômenos de ocorrência súbita.

Tabela 2: Disponibilidade de imagens de satélites para os eventos selecionados de inundação brusca

Município	Data: Inundação brusca	Pessoas Afetadas	Satélite		
			CBERS 2B/CCD	LANDSAT 5/TM	LANDSAT 7/ETM
Telêmaco Borba	1/10/2001	1900	A partir de 2007	30 de setembro de 2001 ou 19 de agosto de 2003	24 de outubro de 2001
Guarapuava	13/10/2004	23	A partir de 2007	28 de agosto ou 20 de fevereiro de 2004	24 de abril de 2003
Goioerê	25/10/2004	190	A partir de 2007	6 de outubro ou 7 de novembro de 2004	Imagens de 2000 a 2003
Nova Cantú	4/11/2004	9957	A partir de 2007	7 de novembro de 2004, com cobertura de 90% de nuvens.	Imagens de 2000 a 2003
Espigão Alto do Iguaçu	28/10/2005	800	A partir de 2007	22 de agosto ou 29 de janeiro de 2006	Imagens de 2000 a 2003
Sarandi	15/9/2006	60	A partir de 2007	19 de setembro, com 100% de cobertura de nuvens	Imagens de 1999 a 2003
Almirante Tamandaré	28/10/2007	75	Cobertura de 100% de nuvens	24 de setembro ou 14 de janeiro de 2008	24 de setembro ou 14 de janeiro de 2008

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estados da região Sul do Brasil têm sido severamente impactados por desastres naturais que resultaram em grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais, assim como em feridos e vítimas fatais. Os eventos de granizo, vendaval e inundação brusca ocorridos no Paraná apresentaram diversas causas e características, não apresentando um padrão meteorológico característico. Na maioria dos casos, o Jato Subtropical contribuiu juntamente com as frentes frias para os danos ocasionados nos municípios.

Verificou-se que dos 14 episódios em estudo caracterizados, 11 estavam associados à atuação do Jato de Baixos Níveis (JBN) sobre a região Sul. Os episódios que não apresentaram a atuação deste jato apresentaram um menor número de municípios afetados pelos fenômenos, assim a atuação do JBN pode ser um indicador da intensidade do fenômeno.

Todos os eventos analisados neste trabalho ocorreram na transição inverno-primavera, mostrando que nesta época deve-se haver uma maior prevenção aos desastres e um monitoramento constante dos sistemas meteorológicos atuantes.

Os resultados desta pesquisa serão disponibilizados para a Defesa Civil do Paraná, e servirão no auxílio à tomada de decisões e a prevenção de desastres naturais. Com isso, espera-se que o objetivo deste trabalho tenha sido alcançado e que este trabalho possa servir como inspiração para a publicação de outros trabalhos na área.

O grande número de ocorrências de desastres naturais no Paraná justifica a necessidade de se continuar uma análise dos eventos severos para uma possível ação de prevenção e redução dos danos materiais e humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; GIAROLLA, A.; MOREIRA, M. A.; DEPPE, F. A. C. Avaliação de Diferentes Escalas Temporais de Chuva Obtidos por Modelos Matemáticos e por Sensoriamento Remoto para o Paraná. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis. Anais, 2006.

BARBIERI, D. W. Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal/RN, 2009.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

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

_____. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.15, n. 09, 2000.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.16, n. 10, 2001.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.17, n. 09, 2002.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.19, n. 09, 2004.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.19, n. 10, 2004.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.19, n. 11, 2004.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 20, n. 08, 2005.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 20, n. 10, 2005.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 21, n. 09, 2006.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 22, n. 10, 2007.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 23, n. 09, 2008.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 23, n. 11, 2008.

CPTEC: **Análise de Eventos Extremos**,
<http://www7.cptec.inpe.br/noticias/faces/noticias.jsp>

JACÓBSEN, L. O.; PAZ, S. R. Monitoramento de Tempestades no Sul do Brasil: Eventos Severos no Oeste do Paraná em 04/10/2005. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Ed. Organic Trading, Curitiba/PR, 2006.

PRATES, J. E.; HALLAK, R.; COSTA, T. V. . Eventos Severos no Paraná: Um estudo de caso. In: **X Congresso Brasileiro de Meteorologia-VIII Congresso da FLISMET**, 1998, Brasília.

SAUSEN, T. M. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Sensoriamento Remoto**. INPE/CRS, Santa Maria/RS, 2008.

SAUSEN, T. M.; FERREIRA C.C.; SOUSA JUNIOR M.A.; HANSEN, M. A. F.; LACRUZ M.S.P.; SAITO, S. M. **Ciclone Extratropical ocorrido em maio de 2008 (SC e RS)**: Gênese, evolução e avaliação das consequentes inundações com o auxílio de geotecnologias. 2009.

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