



Ministério da
Ciência e Tecnologia



ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE VENDAVAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Elisângela Finotti

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE),
orientado pelo Dr. Alberto Waingort Setzer

**INPE
Santa Maria
2010**



ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE VENDAVAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Elisângela Finotti (Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: lizfinotti@hotmail.com

Dr. Alberto Waingort Setzer (CPTEC/INPE, Orientador)
E-mail: asetzer@cptec.inpe.br

COLABORADORES

Dr. Anderson Spohr Nedel (GEODESASTRES-SUL/INPE, Co-orientador)
Msc. Silvia Midori Saito (GEODESASTRES-SUL/INPE)
Dra. Tania Maria Sausen (DSR/OBT/INPE)

Junho de 2010

RESUMO

Os vendavais são fortemente influenciados pelas características de uma região, tais como, solo, relevo, vegetação e condições meteorológicas, com isso estão entre os desastres naturais mais devastadores da região Sul do Brasil. O objetivo deste trabalho foi analisar o registro dos danos ocasionados por vendavais na região Sul do Brasil com vistas a detectar aqueles que não são registrados por estações meteorológicas. Primeiramente foi feito um amplo levantamento bibliográfico sobre vendavais. Depois foram organizados os dados das estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) dos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), para o período disponível (desde sua instalação até 31-12-2009), totalizando 73 estações. Foram selecionados os dias que apresentaram rajadas de vento, em que estas fossem superiores a 80 km/h (22,2 m/s). Posteriormente foi feita uma análise para relacionar os decretos de municípios em situação de emergência por vendaval. Esses dados foram extraídos da *homepage* das Defesas Civas estaduais. A próxima etapa foi hierarquizar os municípios que apresentaram maior número de ocorrência por vendavais e decretos de situação de emergência, bem como a caracterização dos períodos de maior ocorrência desses fenômenos. Os resultados obtidos mostraram que durante o período pesquisado (01/01/2000 a 31/12/2009), a maioria das estações meteorológicas, não registrou rajada acima de 80 km/h nos mesmos ou nos dias subsequentes em que foi decretada situação de emergência pelos municípios. Para toda região sul durante o ano de 2003 houve mais decretos de situação de emergência que registros nas estações meteorológicas. Para o ano de 2009 houve coincidência de decretos e registros de rajadas em cinco estações: Santo Augusto (RS), São Joaquim, Xanxerê e Nova Erechim (SC) e Foz do Iguaçu (PR). Os anos que mais ocorreram ventos e rajadas de vento acima de 80km/h pelos registros das estações foram os anos de 2007, 2008 e 2009, destacando-se o ano de 2008. Por outro lado, constatou-se que os anos de 2003 e 2009 foram os que apresentaram maior número de decretos de situação de emergência por esses eventos. As regiões que mais registram vendavais foram o litoral, norte e noroeste do Rio Grande do Sul; em Santa Catarina foram as regiões do litoral, o noroeste e sudoeste que fazem fronteira com o Rio Grande do Sul e com o Paraná, além de uma pequena parte da região nordeste e no estado do Paraná as áreas mais atingidas por vendavais foram o sudoeste que faz fronteira com Santa Catarina, noroeste que faz fronteira com São Paulo e Mato Grosso do Sul e o litoral. As épocas do ano em que houve maior ocorrência de rajadas e vendavais na região Sul foram os períodos de inverno/primavera e nas duas primeiras semanas do verão. A baixa relação entre registros de rajadas pelas estações e o número de decretos de situação de emergência de 2000 a 2003, provavelmente esteja associada com o número reduzido de estações meteorológicas disponíveis nesse período, pois no Rio Grande do Sul entre 2000 a 2005 eram 5 as estações instaladas e no período de 2006 a 2009 instalaram-se mais 30 estações; em Santa Catarina no período de 2000 a 2005 existia apenas uma estação instalada e no período de 2006 a 2009, haviam 18 estações, e no Paraná no período de 2000 a 2005 apenas uma estação automática estava instalada, já no período de 2006 a 2009, este estado dispunha de 20 estações. Dessa forma, nota-se a importância de dispor de uma maior rede de cobertura de estações meteorológicas na região Sul do Brasil, a fim de obter um melhor monitoramento dos eventos adversos e das condições extremas de tempo.

Analysis of occurrence of gales in southern Brazil.

ABSTRACT

The winds are strongly influenced by the characteristics of a region, such as land topography, vegetation and weather, with it are among the most devastating natural disasters in southern Brazil. The aim of this study was to examine the record of the damage caused by gales in southern Brazil in order to detect those who are not recorded by weather stations. We first made an extensive literature on gales. They were then organized the data from automatic weather stations INMET (National Institute of Meteorology) from the states of Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, for the available period (since their installation until 12/31/2009), and 73 stations. Days were selected that showed wind gusts as they were more than 80km / h (22m / s). Subsequently an analysis was made to relate the ordinances of municipalities in emergency situations by storm. These data were taken from the homepage of the state Civil Defense. The next step was to rank the municipalities with the highest number of deaths by gales and decrees of emergency, and characterization of the periods of greatest occurrence of these phenomena. The results showed that during the period surveyed (01/01/2000 to 31/12/2009), most weather stations, has not recorded a top gust of 80km / h in the same or subsequent days in which it was enacted situation Emergency pe4los municipalities. For the entire southern region during 2003 there was an emergency decrees that records at meteorological stations. For the year 2009 there was coincidence of decrees and records from blasts at five stations: Santo Augusto (RS), San Joaquin, and New Xanxerê Erechim (SC) and Foz do Iguaçu (PR). Occurred over the years that wind and wind gusts above 80km / m the records of the stations were the years of 2007, 2008 and 2009, highlighting the year 2008. Moreover, it was found that the years 2003 and 2009 presented the highest number of emergency decrees by these events. The regions which have been recorded gales along the coast, north and northwest of Rio Grande do Sul, Santa Catarina were parts of the coast, northwest and southwest bordering the Rio Grande do Sul and Parana, and a small part of the northeast region and the state of Parana areas hardest hit by the southwest winds were bordering Santa Catarina, northwest bordering Sao Paulo and Mato Grosso do Sul and the coast. The times of the year when there was a higher occurrence of gusts and gales in the South were the periods of winter / spring and summer in the first two. the mismatch between records of bursts from stations and the number of emergency decrees from 2000 to 2003, is probably associated with the reduced number of weather stations available in that period, as in Rio Grande do Sul, from 2000 to 2005 were five stations installed and in the period 2006 to 2009 they moved another 30 stations; in Santa Catarina in the period 2000 to 2005 there was only one station and installed in the period 2006 to 2009, there were 18 stations, and Paraná in the period 2000 to 2005 only an automatic station were installed, even during the period 2006 to 2009, it had 20 stations. Thus, note the importance of having a larger coverage network of meteorological stations in southern Brazil, in order to obtain a better monitoring of adverse events and extreme weather.

Lista de Figuras

Figura 1 – Estações Automáticas em estudo nos estados do Sul do país.	17
Figura 2 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, São Borja.20	
Figura 3 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, São José dos Ausentes.	20
Figura 4 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, Tramandaí.	21
Figura 5 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2005 e 2009, Rio Grande.	21
Figura 6 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Curitiba.	23
Figura 7 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007, 2008 e 2009, Joaçaba.	23
Figura 8 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Xanxerê.	24
Figura 9 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Dionísio Cerqueira.	24
Figura 10 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, Foz do Iguaçu.	26
Figura 11 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2007, Foz do Iguaçu.	26
Figura 12 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007 e 2008, Marechal Candido Rondon.	27
Figura 13 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007, 2008 e 2009, Planalto.	27
Figura 14 - Identificação das áreas de maior e menor ocorrência de vendavais na região Sul do Brasil.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 VENDAVAL/RAJADE VENTO	13
2.2 MEDIÇÃO DE VENTO	14
2.3 GEOTECNOLOGIAS E DESASTRES NATURAIS	15
3. METODOLOGIA	16
3.1 ÁREA DE ESTUDO	17
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS	19
4.1. Rio Grande do Sul	19
4.2. Santa Catarina	22
4.3. Paraná	25
4.4. Relação de registro de vendavais e decretos de situação de emergência	28
5. CONCLUSÃO	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

O vento é o deslocamento de massas de ar, sendo uma das variáveis meteorológicas mais importantes para a descrição dinâmica e termodinâmica dos sistemas meteorológicos, e o seu melhor entendimento é importante para prevenir a população de danos ocasionados por vendavais. Ventos em alta velocidade causam danos a estruturas de pontes e monumentos, telhados de edificações, turbinas eólicas, linhas aéreas de energia (postes, e torres de alta tensão), antenas transmissoras (antenas de rádio, televisão, etc.), derrubam árvores, entre outros.

Existem três forças que dão origem aos ventos: a força de Coriolis, que é decorrente da força de rotação da Terra, que influencia a direção dos ventos, defletindo-os para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul; o gradiente de pressão que é decorrente do aquecimento desigual do ar atmosférico, causando diferença de densidade e por consequência diferença de pressão; e a força de atrito com a superfície terrestre, que define regiões de divergência de ventos, quando a superfície se eleva a grande altitude, e regiões de convergência, em baixas latitudes (Grimm, 1999).

A maioria dos desastres naturais não ocorre isoladamente, e sim associados a outros parâmetros geográficos que contribuem para a formação e/ou intensificação desses fenômenos. Um dos principais agentes para a formação de vendavais são as condições atmosféricas principalmente em escala sinótica. Contudo tais condições podem estar associadas a outros parâmetros na superfície terrestre que participam na formação e/ou intensificação dos vendavais, como por exemplo, a configuração do relevo, a cobertura vegetal, etc.

Para medir a velocidade e intensidade dos ventos ou vendavais é utilizada uma rede de estações meteorológicas, que estão espalhadas por várias cidades do Brasil. Estas estações podem ser automáticas ou convencionais, sendo as estações automáticas mais utilizadas, pois não há necessidade de ter um observador 24 horas ou a cada 3 a 5 horas coletando os dados, como acontece nas estações convencionais.

Vendavais na região Sul do Brasil são frequentes, e quando ocorrem podem afetar a sociedade, causando danos a setores públicos e privados, destruindo residências, além de ferir ou tirar a vida de várias pessoas. Assim podem gerar prejuízos econômicos e sociais o que mostra a importância da realização deste trabalho, para prevenir a sociedade de tragédias maiores.

O presente estudo vem contribuir para a melhor compreensão do clima e o tempo na região Sul do Brasil. Desta forma, o trabalho tem como objetivo geral analisar a ocorrência de registro de danos ocasionados por vendavais na região Sul do Brasil com vistas a detectar aqueles que não são registrados pelas estações automáticas. Os objetivos específicos são:

- Identificar a frequência de eventos de vendavais causadores de danos à sociedade não registrados pelas estações automáticas;
- Caracterizar os períodos de maior ocorrência de vendavais na região Sul do Brasil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o embasamento teórico da pesquisa foi realizado levantamento bibliográfico sobre vendavais, medição de vento e geotecnologias aplicadas em estudos de desastres naturais.

2.1 VENDAVAL/RAJADE VENTO

Vendaval pode ser definido como um deslocamento intenso de ar na superfície terrestre devido, às diferenças no gradiente de pressão atmosférica, aos movimentos descendentes e ascendentes do ar, a força de Coriolis e a rugosidade do terreno (VIANELLO e ALVES, 1992). As diferenças no gradiente de pressão correspondem às variações nos valores entre um sistema de baixa (ciclone) e alta pressão atmosférica (anticiclone). Assim, quanto maior for o gradiente, mais intenso será o deslocamento de ar (VIANELLO e ALVES, 1992; VAREJÃO-SILVA, 2001).

Segundo a escala Anemométrica Internacional de Beaufort, é considerada tempestade quando os ventos alcançam de 90 a 102 km/h. Os vendavais são assim chamados quando os ventos ficam entre 75 a 88 km/h.

A maioria das tempestades é acompanhada por ventos de alta velocidade. As tempestades de vento, ou vendavais, têm pouca chuva e ocorrem quando as áreas de alta pressão e as de baixa pressão de ar se encontram. Essas áreas também têm grande diferença de temperatura. Pelas diversas razões apresentadas anteriormente, a velocidade do vento em algumas ocasiões torna-se extremamente variável.

Os movimentos ascendentes e descendentes de ar estão associados ao deslocamento de ar dentro das nuvens *cumulunimbus* (nuvens de tempestades) que podem produzir intensas rajadas de ventos. As rajadas são definidas como as variações na intensidade do vento médio, e podem ser provocadas por vários fatores, como frentes de brisa e correntes descendentes em nuvens do tipo *cumulunimbus*. Geralmente as rajadas são acompanhadas também por mudanças bruscas de direção (VAREJÃO-SILVA, 2006).

2.2 MEDIÇÃO DE VENTO

A medição dos vários tipos de vento, incluindo as rajadas é feita através de anemômetros, que são instrumentos que servem para medir a direção e indicar a velocidade dos ventos e das rajadas. Estes instrumentos são calibrados, para que a velocidade registrada seja igual ou muito aproximada da velocidade real dos ventos e rajadas (GRIMM, 1999).

Nas redes de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) utiliza-se o anemômetro rotativo, que consiste em três “conchas” dispostas horizontalmente e simetricamente. Possui um funcionamento simples: a força do vento impulsiona as “conchas”, fazendo-as girar rotatoriamente, acionando o dispositivo de medição da velocidade do vento e/ou da rajada, enviando os resultados obtidos ao banco de dados do INMET.

Existem três tipos de estações meteorológicas: Estação de Observação de Altitude ou de Radiossonda, Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, sendo a estação automática utilizada no presente trabalho. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2010), as estações podem ser caracterizadas:

- **De Observação de Altitude ou de Radiossonda:** é um conjunto de instrumentos e sensores para medir a temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica, enquanto é elevada na atmosfera até alturas típicas da ordem de 30 km, por um balão inflado com gás hélio.

- **De Observação de Superfície Automática:** é composta de uma unidade de memória central ("*data logger*"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos, que integra os valores observados minuto a minuto e os transmite automaticamente a cada hora.

- **de Observação de Superfície Convencional:** é composta de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos, que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação qualquer.

Existem vários trabalhos, teses e dissertações relacionados com o tema desastres naturais. Figueiredo (2009) trata sobre a análise sinótica dos ventos diários em uma determinada região do estado de Alagoas e concluiu que há uma forte relação entre os fenômenos atmosféricos que causam oscilações interanuais com a magnitude do vento e que o fenômeno El Niño reduziu a magnitude do vento.

Felício (2003) abordou sobre os principais sistemas sinóticos que atuam na Antártica e a circulação troposférica associada e concluiu que estes sistemas sinóticos influenciam diretamente para a ocorrência de desastres naturais. Foss e Nascimento (2009) identificaram as principais condicionantes de tempestades severas no Rio Grande do Sul no ano de 2003.

Os artigos publicados por Marcelino, Nunes e Kobiyama (2006) e por Herrmann et al (2006) abordam sobre desastres naturais em Santa Catarina.

2.3 GEOTECNOLOGIAS E DESASTRES NATURAIS

Segundo Rosa (2005) geotecnologias constituem-se como o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência

geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias citam-se SIG (Sistemas de Informação Geográfica), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (ex. GPS), Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros. O sistema mais relacionado com este trabalho é o SIG. Ainda segundo o mesmo autor, o SIG permite e facilita análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. Utiliza programas de computador que permitem o uso de informações cartográficas (mapas, cartas topográficas e plantas) e informações que se possa associar coordenadas desses mapas, cartas ou plantas

Há várias aplicações para geotecnologias, dentre as principais estão: gestão municipal, meio ambiente, planejamento estratégico de negócios, agronegócios e *utilities*.

Existem trabalhos, teses e dissertações, que utilizaram geotecnologias para elaboração de mapas e obtenção de dados para análise. Aguirre (2007) identificou os efeitos de variações dos ventos no sistema de ressurgência, Marcelino (2005), abordou o mapeamento de riscos de desastres naturais em Santa Catarina e concluiu que as regiões litorânea e oeste foram as que mais apresentaram desastres naturais.

Ainda é importante destacar que foram considerados os municípios que decretaram situação de emergência para identificar a ocorrência de um evento extremo bastante significativo e que tenha gerado prejuízos à população. Esse critério já foi empregado em pesquisas como Herrmann (2006) e Reckziegel (2007). O decreto de situação de emergência é o “reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando danos (superáveis) à comunidade afetada” (CASTRO, 2003).

3. METODOLOGIA

Para determinar a ocorrência de vendavais e registros de decretos de situação de emergência no Sul do Brasil, foi feita uma análise dos dados das estações automáticas

do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dos registros de situação de emergência da Defesa Civil dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, formando a região Sul do Brasil. Como descrito anteriormente, a região sofre com a ocorrência de vendavais, pois em especial nessa região há um anticiclone Semi permanente do Atlântico Sul, centro de ação da Massa Tropical Atlântica (mTa), que ocasiona junto com as outras causas já citadas vendavais e tempestades.

A Figura 1 apresenta a localização das estações automáticas do INMET as quais foram utilizadas para a presente pesquisa. No Rio Grande do Sul, foram analisadas 35 estações; em Santa Catarina, 18 estações e no Paraná, 20 estações.

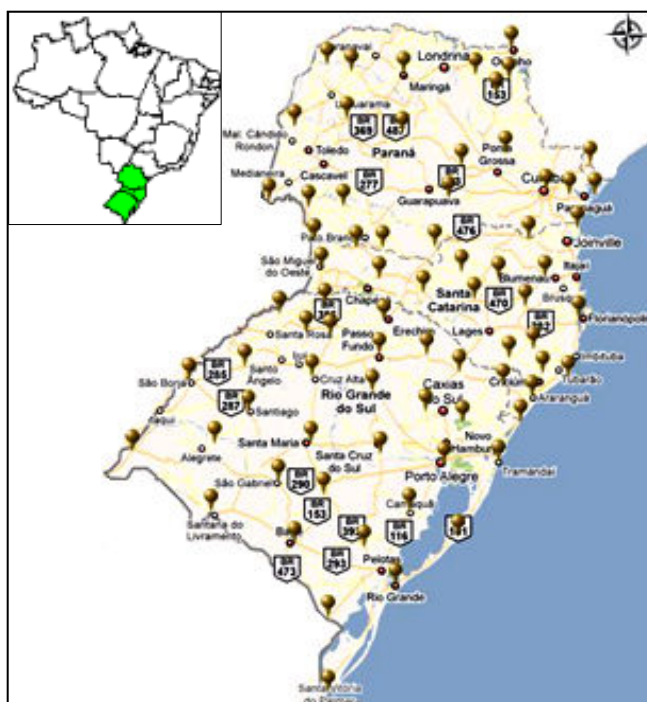


Figura 1 – Estações Automáticas em estudo nos estados do Sul do país.

Fonte: Adaptado do *site* do INMET.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foram utilizados os dados de rajadas de vento (m/s) e de velocidade do vento (m/s), registrados pelas estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na área de estudo no período 2000 a 2009. Ainda

foram utilizados os dados de decretos de situação de emergência disponibilizados pelas Defesas Civis dos três estados no período de 2002 a 2009.

A partir dos dados do INMET foi feita uma análise dos dias em que ocorreram rajadas de ventos igual ou superior a 22 m/s, para cada cidade que possuía estação automática. Esse valor foi escolhido tendo em vista que já se observa danos, sobretudo em residências de baixa renda. O critério de seleção dos dias em que o vento tenha ficado em 22m/s foi analisado, para que pudesse se identificar os dias que tenham ocorrido vendaval. Considerou-se que rajadas isoladas de 22m/s ao longo do dia poderia não representar um evento de vendaval.

Após a organização dos dados de vento, obteve-se gráficos que relacionam rajadas e velocidade do vento com as datas de ocorrência dos mesmos, para as cidades com estações que registraram velocidades de rajadas de ventos de 22 m/s e acima de 22 m/s.

Após a realização dos gráficos foram feitas tabelas, relacionando os dados das estações com os dados de registros de situação de emergência por vendaval, das Defesas Civis estaduais. Para o estado do Paraná, foram feitas tabelas relacionando os dados das estações com os registros de ocorrências registradas pela Defesa Civil, pois não houve decreto de situação de emergência por vendavais no período de estudo.

Através dos dados das estações meteorológicas foi possível verificar que no Rio Grande do Sul entre 2000 e 2005 eram 5 estações meteorológicas automáticas em funcionamento, já entre 2006 e 2009 instalaram-se mais 30 estações, em Santa Catarina entre 2000 e 2005 tinha uma estação e entre 2006 e 2009 instalaram mais 17 estações e no Paraná entre 2000 e 2005 tinha uma estação, já entre 2006 e 2009 instalaram mais 19 estações.

Por fim, a partir dos dados das tabelas e gráficos analisados foi feito um mapa da Região Sul do Brasil com a identificação das áreas de maior ocorrência de vendavais.

As tabelas e os gráficos foram todos feitos no programa *Excel do Microsoft Office*.

4. RESULTADOS

A partir da análise das 73 estações da região Sul, com os períodos que ocorreram rajadas de vento igual ou superior a 22 m/s, foram obtidos gráficos que relacionam rajada com velocidade do vento. Segue abaixo os gráficos realizados para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, sendo estes realizados apenas para as cidades em que ocorreram dados mais significativos (com rajadas e velocidades de ventos compatíveis).

4.1. Rio Grande do Sul

Para o Rio Grande do Sul foram elaborados os gráficos dos dados das estações presentes nas cidades de São Borja, São José dos Ausentes, Tramandaí e Rio Grande. Já para Santa Catarina foram analisados os dados das estações localizadas em Curitiba, Joaçaba, Xanxerê e Dionísio Cerqueira e para o estado do Paraná foram elaborados gráficos das estações situadas nas cidades de Foz do Iguaçu, Goioêre, Mal. Cândido Rondon e Planalto.

O gráfico da Figura 2 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram no ano de 2008 para a cidade de São Borja – RS.

A Figura 3 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2008 e 2009 para a cidade de São José dos Ausentes – RS.

O gráfico da Figura 4 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram no ano de 2008 para a cidade de Tramandaí – RS.

A Figura 5 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superior a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2005 e 2009 para a cidade de Rio Grande – RS.

Analisando os gráficos, percebe-se que os períodos de maior ocorrência de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s no Rio Grande do Sul foram os períodos de inverno/ primavera e as primeiras semanas do verão.

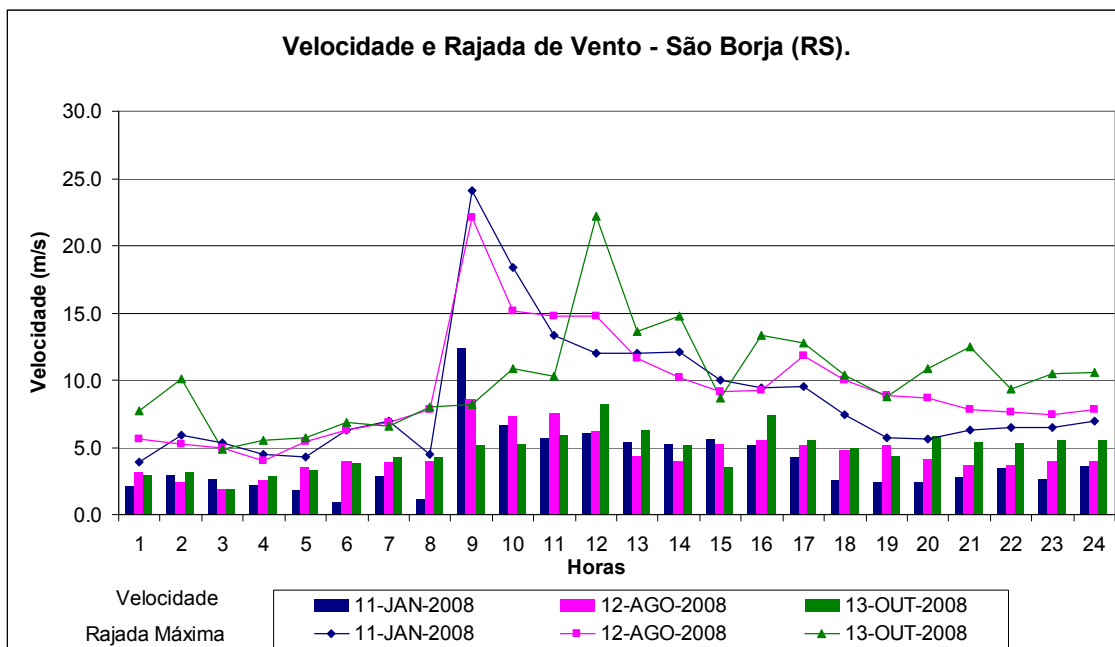


Figura 2 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, São Borja.

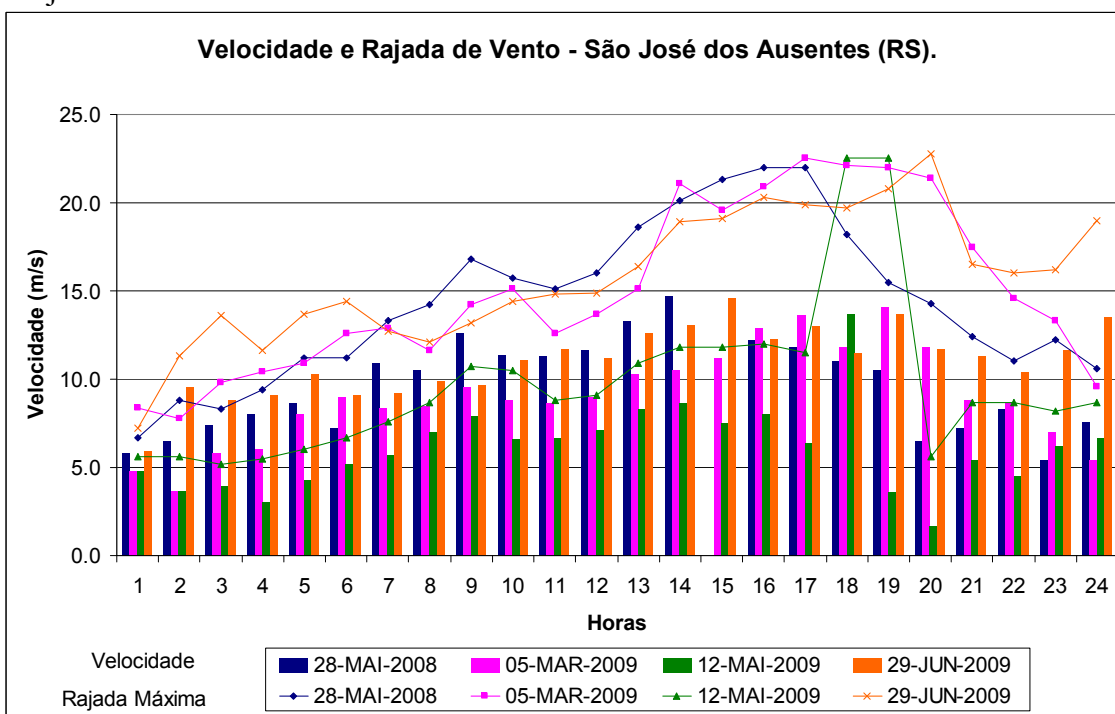


Figura 3 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, São José dos Ausentes.

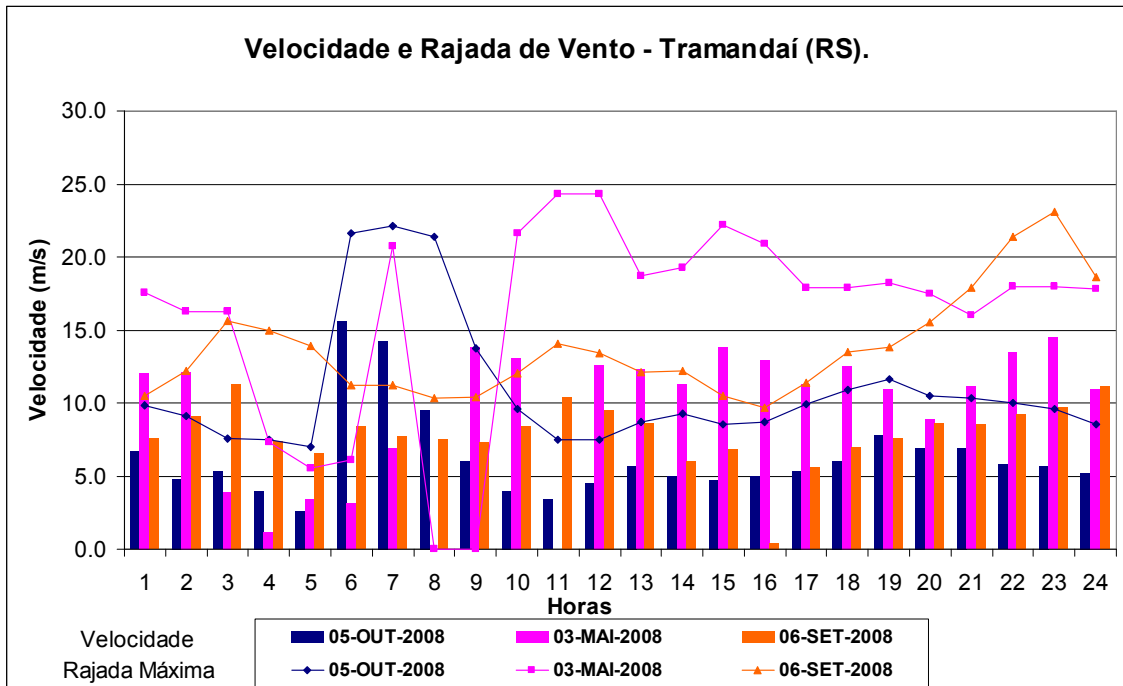


Figura 4 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, Tramandaí.

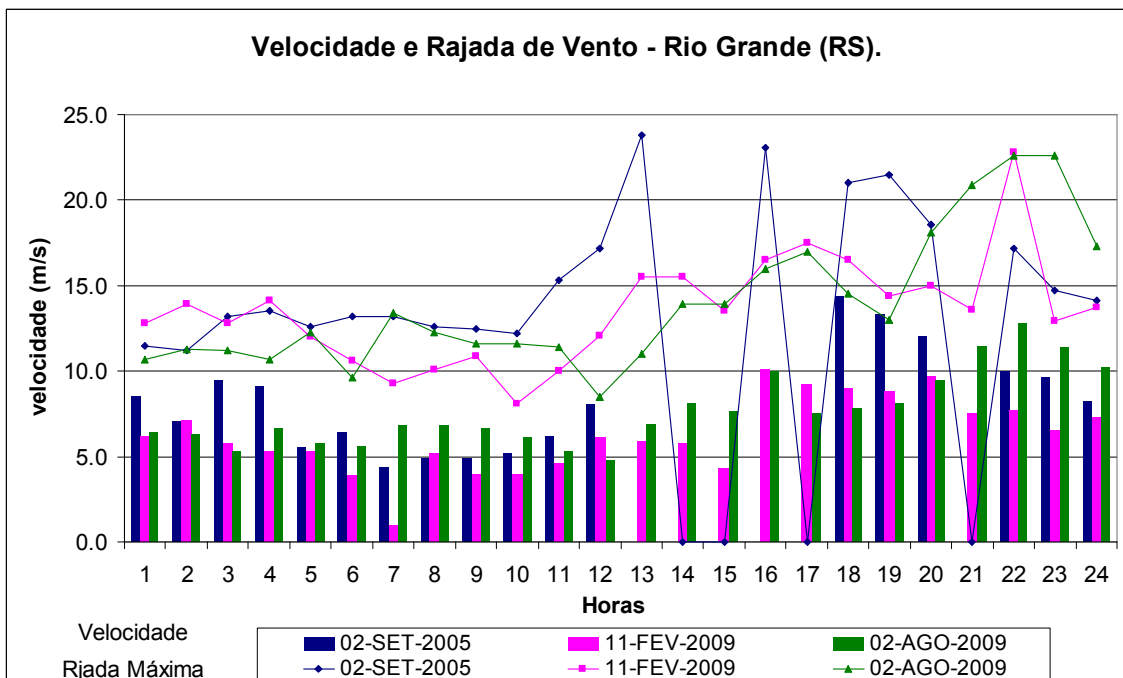


Figura 5 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2005 e 2009, Rio Grande.

4.2. Santa Catarina

Em Santa Catarina foi possível verificar que os registros de vendavais ocorreram em especial na região Oeste, possivelmente relacionados com a entrada de sistemas frontais.

A Figura 6 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2008 e 2009 para a cidade de Curitibanos - SC.

O gráfico da Figura 7 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2007, 2008 e 2009 para a cidade de Joaçaba – SC.

O gráfico da Figura 8 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2008 e 2009 para a cidade de Xanxerê – SC.

O gráfico da Figura 9 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superior a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2008 e 2009 para a cidade de Dionísio Cerqueira – SC.

Analisando os gráficos, percebe-se que os períodos de maior ocorrência de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s em Santa Catarina foram os períodos de inverno/primavera e as primeiras semanas do verão, coincidindo com os períodos do estado do Rio Grande do Sul. Constatou-se que os resultados obtidos corroboram com a análise realizada por Marcelino e Marcelino (2006) que identificaram a região Oeste catarinense como a mais afetada por vendavais no período de 1980 a 2003.

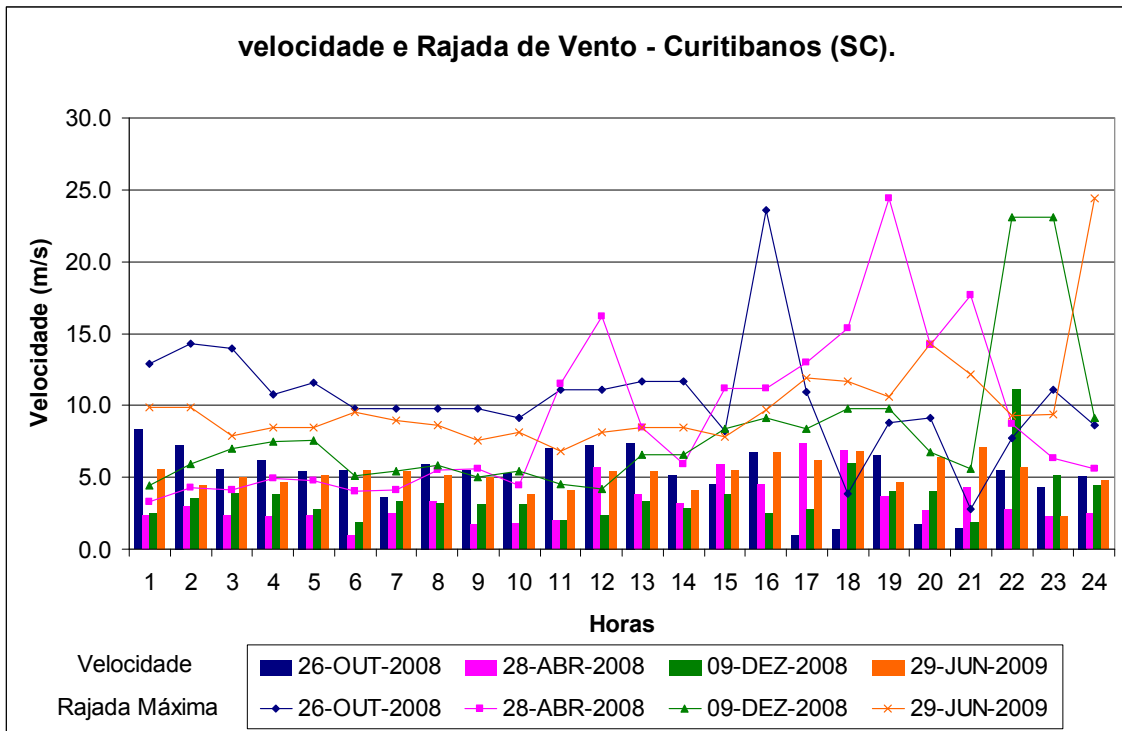


Figura 6 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Curitiba.

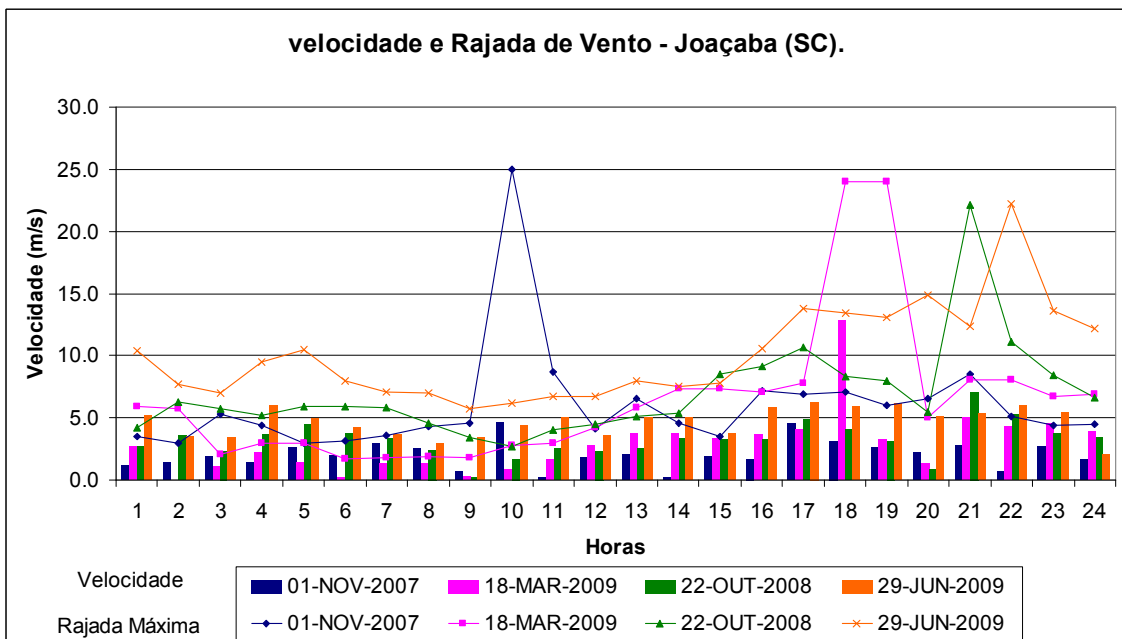


Figura 7 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007, 2008 e 2009, Joaçaba.

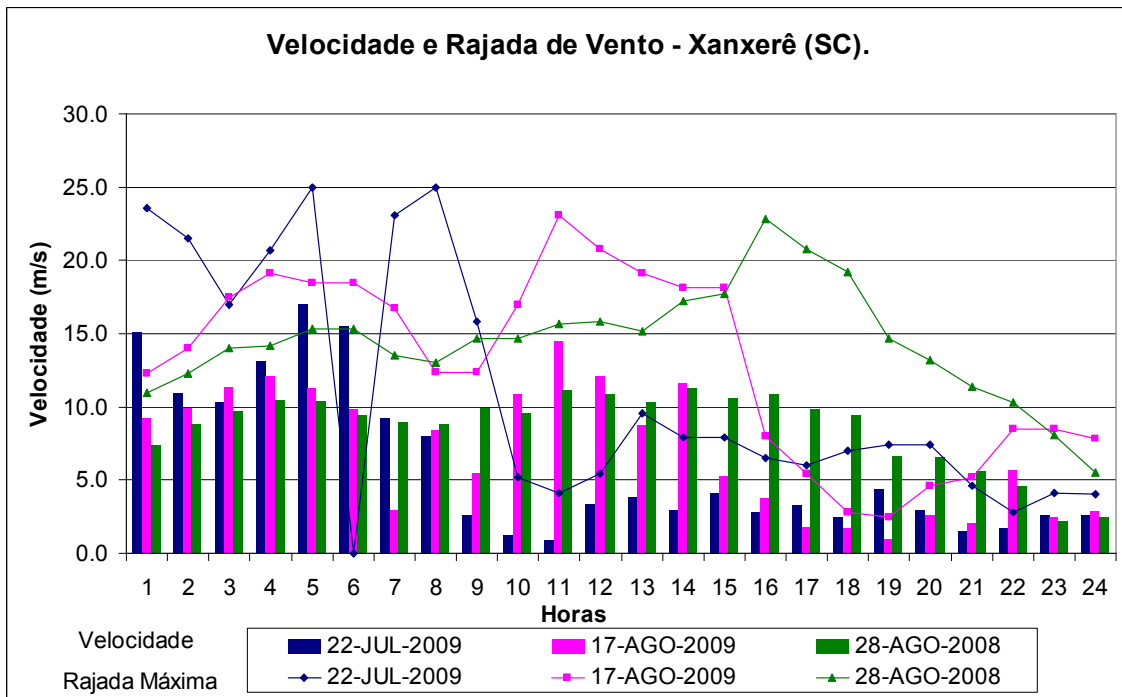


Figura 8 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Xanxerê.

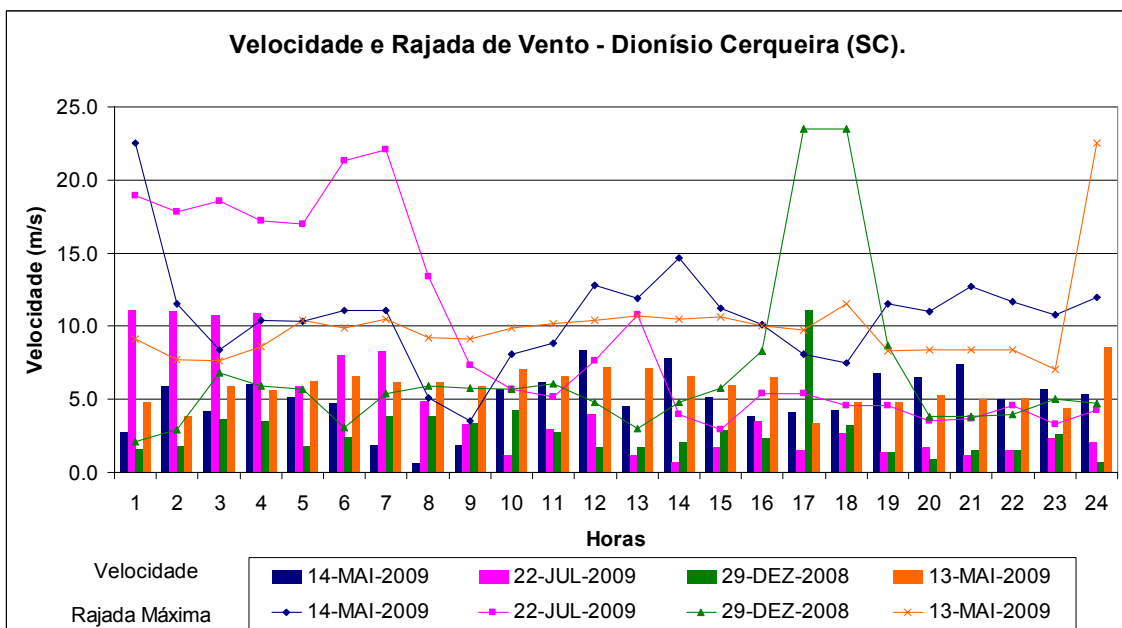


Figura 9 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2008 e 2009, Dionísio Cerqueira.

4.3. Paraná

A partir dos resultados obtidos constatou-se que as regiões Sudoeste e Noroeste foram as mais afetadas por vendavais no Paraná. Lima Junior (2009) em uma análise sobre desastres naturais ocorridos no Paraná também identificou as mesmas áreas como as mais atingidas por vendavais.

O gráfico da Figura 10 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram no ano de 2008 para a cidade de Foz do Iguaçu – PR.

Na Figura 11 é apresentada a relação de velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram no ano de 2007 para a cidade de Goioerê – PR.

O gráfico da Figura 12 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superiores a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2007 e 2008 para a cidade de Marechal Cândido Rondon – PR.

O gráfico da Figura 13 relaciona a velocidade (m/s) de rajada com velocidade (m/s) do vento. O gráfico mostra os dias de ocorrência de rajadas igual ou superior a 22m/s, que ocorreram nos anos de 2007, 2008 e 2009 para a cidade de Planalto – PR.

Analisando os gráficos, percebe-se que os períodos de maior ocorrência de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s no Paraná foram os períodos de inverno/primavera e as algumas semanas do verão, coincidindo com os períodos dos outros dois estados da região Sul.

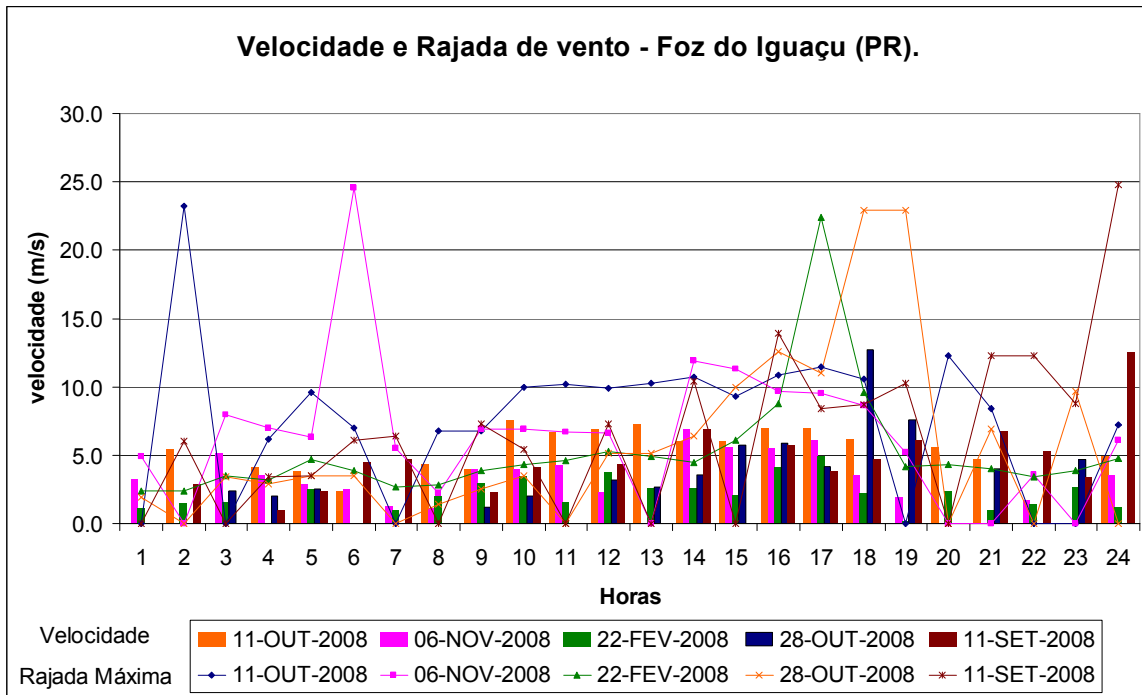


Figura 10 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2008, Foz do Iguaçu.

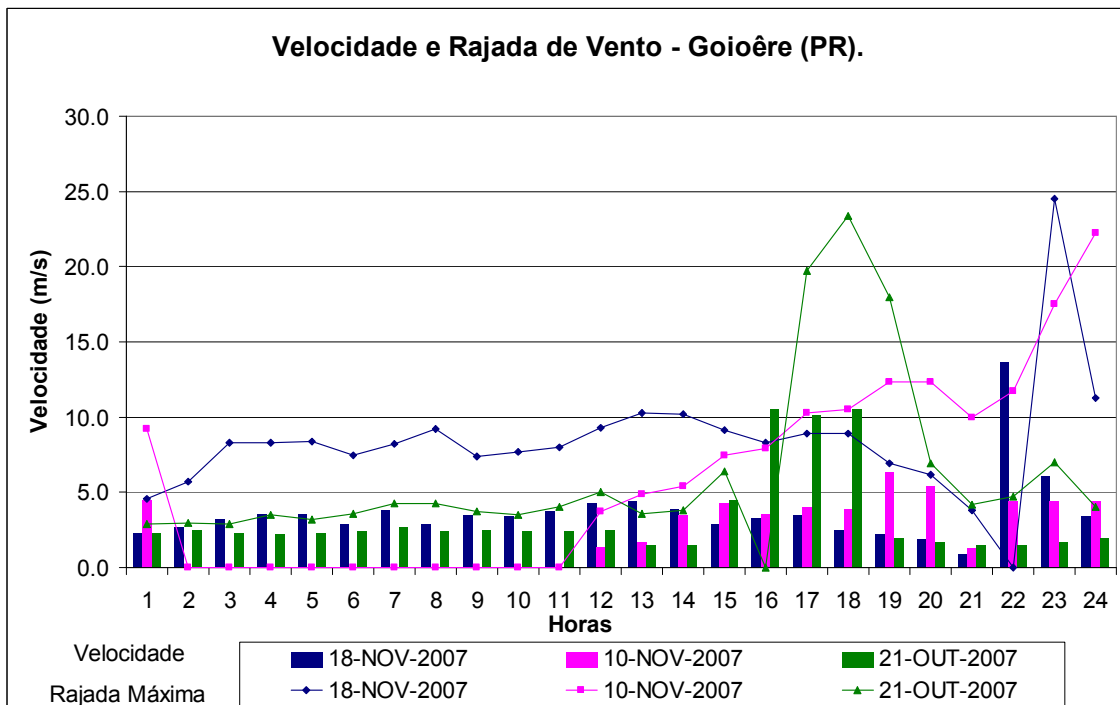


Figura 11 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para o ano de 2007, Foz do Iguaçu.

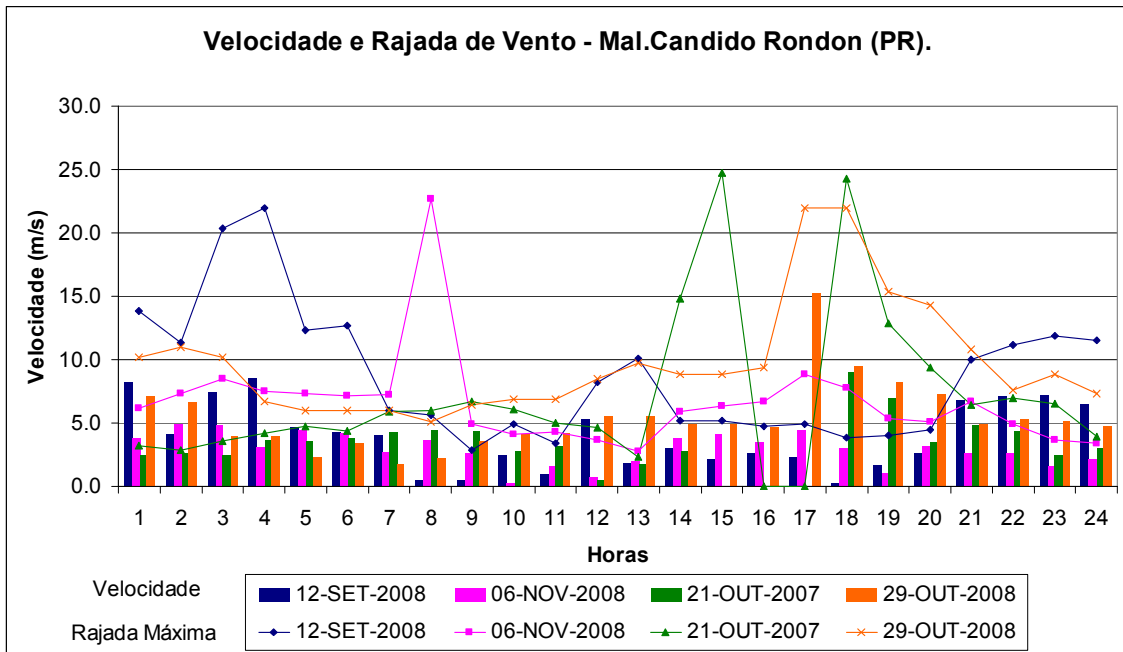


Figura 12 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007 e 2008, Marechal Candido Rondon.

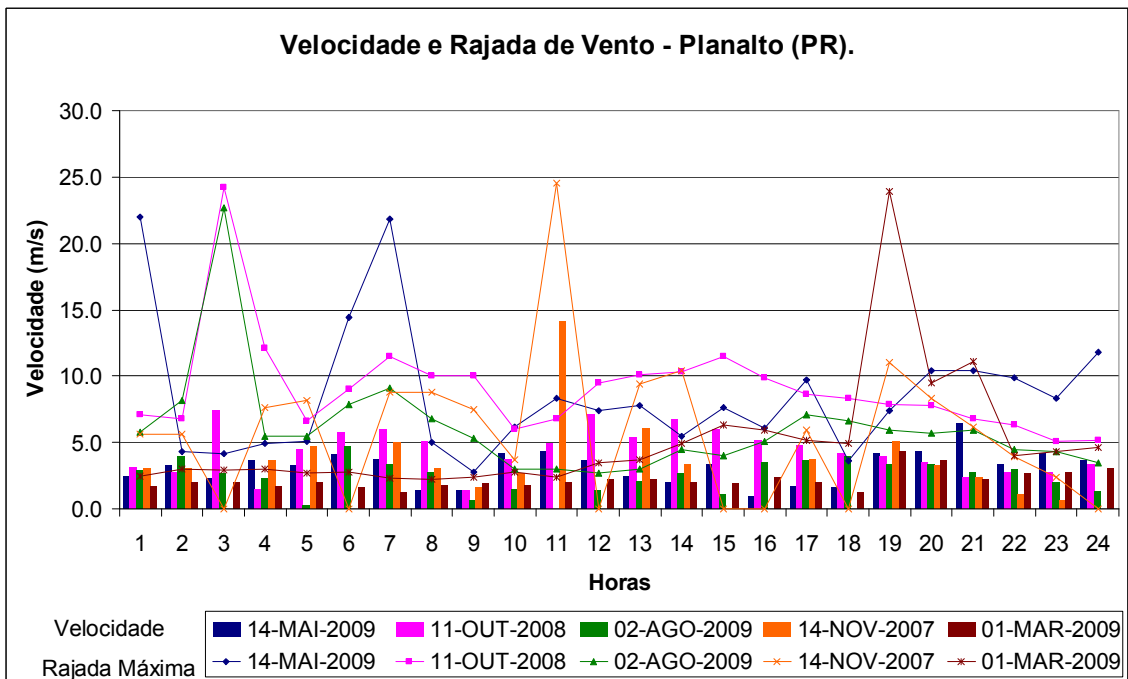


Figura 13 - Relação entre velocidade do vento e rajada de vento para os anos de 2007, 2008 e 2009, Planalto.

4.4. Relação de registro de vendavais e decretos de situação de emergência

Através da análise dos dados da Defesa Civil dos três estados e dos registros das estações, foram elaboradas tabelas que relacionam os decretos de situação de emergência com os registros de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s. As tabelas foram elaboradas para os anos em que ocorreram decretos de situação de emergência ocasionados por vendavais.

A Tabela 1 relaciona os municípios gaúchos que decretaram situação de emergência por vendavais com os registros de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s para os anos de 2003, 2004 e 2007 e 2009.

Tabela 1: Relação entre decretos de situação de emergência e registro de rajadas de vento para o ano de 2003, Rio Grande do Sul

Municípios que decretaram Situação de Emergência no (RS)	Data	Registro nas Estações
Rio Pardo	9/10/2003	Não
Bagé	25/10/2003	Não
Palmeira das Missões	26/10/2003	Não
Palmeira das Missões	20/3/2003	Não
São Borja	16/11/2003	Não
São Luiz Gonzaga	10/1/2003	Não
Uruguaiana	3/11/2004	Não
Santo Augusto	1/11/2007	Sim
Vacaria	28/10/2007	Não
Canela	26/2/2009	Não
Santa Maria	11/10/2009	Não
Torres	19/11/2009	Não
Frederico Wesphalem	30/11/2009	Não
Frederico Wesphalem	9/1/2009	Não
São Borja	25/11/2009	Não
Tramandaí	19/11/2009	Não

A Tabela 2 relaciona os municípios em Santa Catarina que decretaram situação de emergência por vendavais, com os registros de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s para os anos de 2002 e 2009.

Tabela 2: Relação entre decretos de situação de emergência e registro de rajadas de vento para os anos de 2002 e 2009, Santa Catarina

Municípios que decretaram Situação de Emergência (SC)	Data	Registro nas Estações
Curitibanos	1/2/2002	Não
Forquilha	1/4/2002	Não
Meleiro	1/4/2002	Não
Canelinha	10/1/2002	Não
Xanxerê	27/1/2002	Sim
Celso Ramos	31/1/2002	Não
Camboriú	13/2/2002	Não
Xavantina	17/5/2002	Não
Abelardo Luz	1/8/2002	Não
Canoinhas	9/9/2002	Não
Nova Erechim	20/9/2002	Sim
Nova Erechim	3/10/2002	Sim
Saudades	4/10/2002	Não
Urubici	7/10/2002	Não
Curitibanos	12/10/2002	Não
Corupá	15/11/2002	Não
Caxambú do Sul	18/11/2002	Não
Ilhota	19/11/2002	Não
Papanduva	19/11/2002	Não
Santa Terezinha	25/11/2002	Não
São Joaquim	3/12/2002	Não
São Joaquim	18/4/2008	Não
Dionísio Cerqueira	7/9/2009	Não
Novo Horizonte	7/9/2009	Não
Curitibanos	14/10/2009	Não
Rio Negrinho	8/9/2009	Não

A Tabela 3 apresenta os municípios no Paraná que decretaram situação de emergência por vendavais, com os registros de rajadas e ventos iguais ou superiores a 22m/s para o período de 2000 a 2009.

Tabela 3: Relação entre decretos de situação de emergência e registro de rajadas de vento para os anos de 2002 e 2009, Santa Catarina

Municípios que decretaram Situação de Emergência (PR)	Data	Registro nas Estações
Castro.	19/9/2000	Não
Castro.	4/10/2005	Não
Goioerê.	5/10/2006	Não
Goioerê.	11/10/2006	Não
Foz do Iguaçu.	13/2/2000	Não
Foz do Iguaçu.	3/5/2000	Não
Foz do Iguaçu.	1/10/2001	Não
Foz do Iguaçu.	28/8/2002	Não
Foz do Iguaçu.	10/1/2003	Não
Foz do Iguaçu.	8/12/2003	Não
Foz do Iguaçu.	22/12/2003	Não
Foz do Iguaçu.	12/10/2004	Não
Foz do Iguaçu.	13/10/2004	Não
Foz do Iguaçu.	3/11/2004	Não
Foz do Iguaçu.	19/5/2005	Não
Foz do Iguaçu.	20/5/2005	Não
Foz do Iguaçu.	25/4/2006	Não
Foz do Iguaçu.	6/10/2007	Não
Foz do Iguaçu.	28/10/2008	Sim

Analisando cada estado da área de estudo, nota-se que no Rio Grande do Sul houve muitos registros de rajadas de vento, enquanto em Santa Catarina e no Paraná ocorreram poucos registros de rajadas de vento de 22m/s e acima de 22m/s. No Rio Grande do Sul, a cidade de São José dos Ausentes, apesar de estar fora da área de maior ocorrência de vendavais, registrou velocidades de rajadas de vento de 22m/s e acima de 22m/s em metade do período estudado, abrangendo os anos de 2006 a 2009. Observou-se também que Santa Catarina foi o estado que mais apresentou registros de rajadas de vento de

22m/s e acima de 22m/s compatíveis com os decretos de situação de emergência da Defesa Civil, apesar de ter ocorrido compatibilidade entre os dados, estes ocorreram em pouquíssimas vezes. No Rio Grande do Sul e no Paraná houve apenas uma data de registro de rajadas de vento de 22m/s à cima de 22m/s compatível com os decretos da Defesa Civil.

Com a análise dos dados obtidos do INMET, das Defesas Civas dos três estados, das tabelas e gráficos foi possível elaborar um mapa da região Sul do Brasil com as áreas de maior ocorrência de vendavais (Figura14).

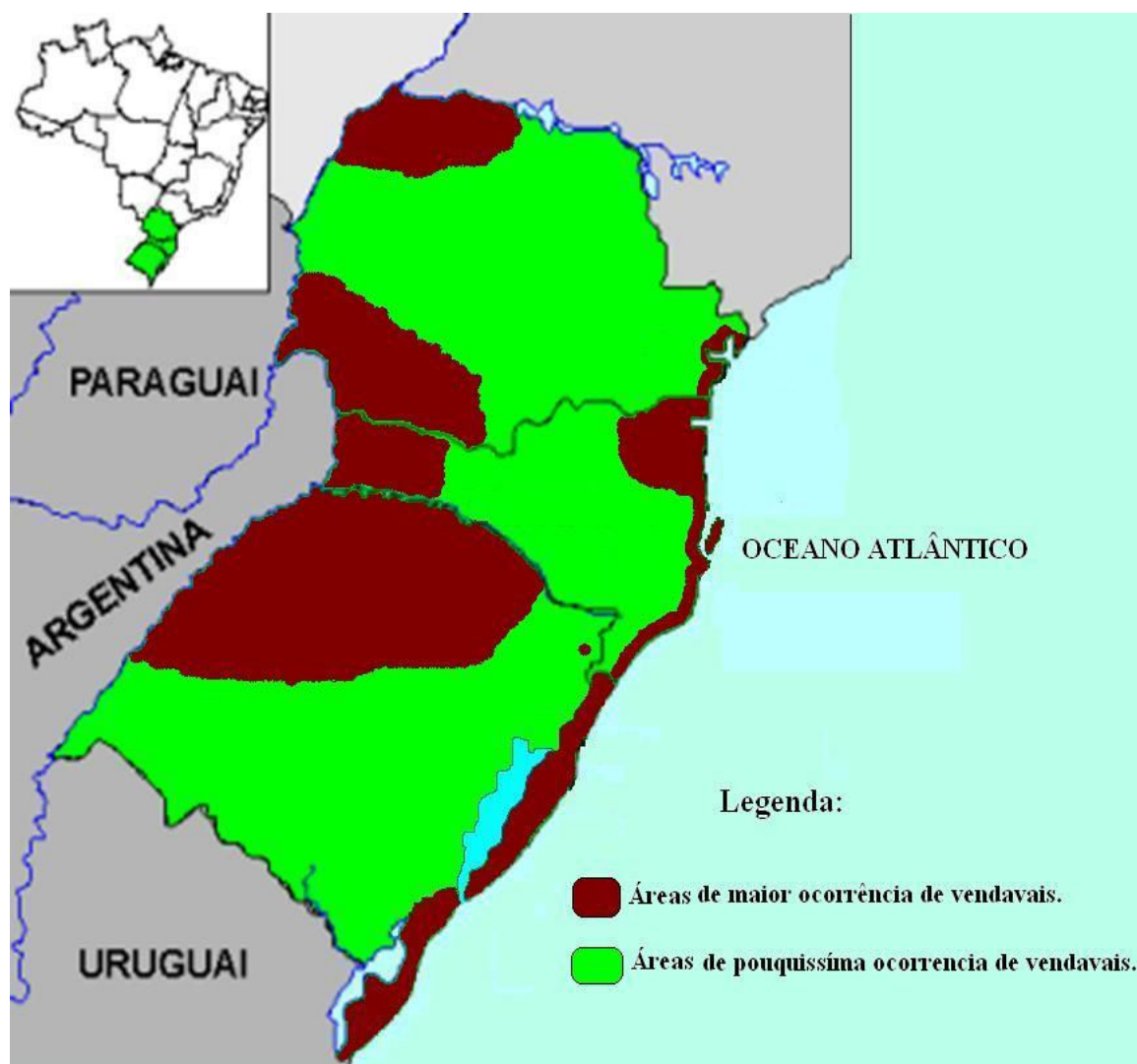


Figura 14 - Identificação das áreas de maior e menor ocorrência de vendavais na região Sul do Brasil

Os resultados obtidos no presente trabalho são compatíveis com aqueles já citados anteriormente. Para o Rio Grande do Sul, os resultados coincidiram com várias

pesquisas realizadas, como por exemplo, o estudo de Foss e Nascimento (2003) que concluíram que as regiões mais afetadas por tempestades severas foram as regiões noroeste, oeste e litoral. Os resultados obtidos para Santa Catarina também vão ao encontro com o trabalho de Marcelino (2003) que concluiu que as áreas de maior incidência de tornados e vendavais em Santa Catarina, foram as regiões sudoeste, noroeste, o litoral e uma pequena parte da região nordeste. Finalmente, os resultados obtidos para o estado do Paraná também corroboram com outras pesquisas, a exemplo de Gonçalves (2007) que trata do tema frequência regional de ventos extremos, onde os resultados mostram que as regiões de maior incidência de ventos extremos são o sudoeste, o noroeste e o litoral paranaense.

5. CONCLUSÃO

Com a realização do presente trabalho, foi possível concluir que para a região Sul do Brasil no período estudado (2000 a 2009), nos anos de 2003 e 2009 houve mais decretos de situação de emergência na Defesa Civil do que registros nas estações meteorológicas. Em 2003 não houve registro de vendavais nas estações e em 2009 houve registros nas estações com os decretos de situação de emergência da Defesa Civil, apesar de serem poucos os registros compatíveis. Para o estado do Paraná não houve decretos de situação de emergência durante todo o período estudado e sim registros de ocorrências, sendo estas compatíveis com os registros observados nas estações no ano de 2009.

No ano de 2008 ocorreram muitos registros de rajadas de vento de 22m/s e acima de 22m/s para os três estados que compõem a região Sul do Brasil, mas houve pouquíssimos decretos de situação de emergência, segundo a Defesa Civil desses estados. Nos outros anos ocorreram poucos registros nas estações e poucos decretos na Defesa Civil, para toda a região Sul do Brasil.

Os possíveis motivos para terem ocorridos os fatos acima, é o baixo número de inicialmente instaladas na região Sul do Brasil, a instalação das estações em locais impróprios (perto de edifícios, árvores, barreiras que afetam a medida dos agentes climáticos como rajadas de vento, insolação, precipitação, entre outros), a falta de manutenção dos aparelhos das estações automáticas. Um dos motivos de terem ocorridos poucos decretos na Defesa Civil e vários registros nas estações no ano de

2008 é que as velocidades dos ventos que causaram estragos podem ter sido inferior a velocidade estabelecida como vendaval (22m/s e acima de 22m/s).

Verifica-se também que no Rio Grande do Sul, as áreas de maior ocorrência de vendavais foram o litoral, o norte e noroeste; em Santa Catarina, foram o litoral, o noroeste e o sudoeste, além de uma pequena parte da região nordeste e no estado do Paraná, as áreas mais atingidas por vendavais foram o sudoeste, o noroeste e o litoral.

Através da análise de todos os dados, tabelas e gráficos foi possível concluir que o estado do Rio Grande do Sul apresentou o maior número de registros. No total, foram 31 registros de ventos e rajadas com velocidades de 22m/s e acima de 22m/s. Em Santa Catarina, foram 10 registros e no Paraná, foram identificados 6 registros. Assim, o Rio Grande do Sul é o estado que mais sofre com a ocorrência de vendavais, seguido por Santa Catarina e depois pelo Paraná. É importante salientar que em Santa Catarina a intensidade dos ventos na maioria das vezes é mais forte que no outros dois estados da região Sul do Brasil, por este motivo ocorreram mais registros de rajadas de ventos compatíveis com os decretos de situação de emergência em Santa Catarina.

Conclui-se também que os períodos de maior ocorrência de vendavais na região Sul do Brasil foram os períodos de inverno e primavera, sendo que também houve ocorrência de vendavais nas duas primeiras semanas de verão.

Assim após a conclusão dos dados, é sugerido que haja a instalação de mais estações automáticas na região Sul do Brasil, que ocorra uma melhor e mais frequente manutenção dos instrumentos usados nas estações, fazendo com que os dados obtidos sejam transmitidos mais rapidamente ao INMET e estes possam comunicar a Defesa Civil a fim de prevenir a população de possíveis desastres naturais ocasionados por vendavais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, H. L. E. E. Estudo dos efeitos de variações do vento no sistema de ressurgência ao longo da costa Peruana através da análise de dados e modelagem

numérica. Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Oceanografia Física.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Desastres:** Desastres Naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. p.174. Disponível em:
<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/desastres_mistos.asp> Acesso em: 26 de maio, 2008.

FELÍCIO, A. R. **Principais sistemas sinóticos que atuaram sobre a península antártica no verão de 2001/2002 e a circulação troposférica associada.** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia. Ano 2003.

FIGUEIREDO, L. E. **Análise estatística e sinótica dos ventos máximos diários para a cidade de Maceió-AL e a criação de um *software* operacional.** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia. Ano 2009.

FOSS, M. e NASCIMENTO, E. L **Condicionamento sinótico de alguns eventos de tempestades severas ocorridos no estado do Rio Grande do Sul em 2003.** Departamento de Física/CCNE/UFSM/CRS/INPE/Santa Maria, RS – Brasil

GONÇALVES, C. R. **Análise de Frequência Regional de Ventos Extremos no Paraná.** Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental Universidade Federal do Paraná. Ano 2007.

GRIMM, M. A. **Apostila de meteorologia.** Universidade Federal do Paraná. Ano 1999. Disponível em:<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>. Acesso em: DATA

HERRMANN, P. L. M.; CARDOZO, F.; BAUZYS, F. e PEREIRA, G. **Frequência de desastres naturais no estado de Santa Catarina no Período de 1980 a 2007.** Mestradas do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Depto de Geociências da UFSC – Brasil. Ano 2006.

LIMA JUNIOR, E. R. Espacialização de eventos extremos no estado do Paraná de 1980 a 2006. Relatório de estágio GEODESASTRES-SUL, Santa Maria: CRS-INPE.

MARCELINO, O. V. P. I. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina: Caracterização sinótica e mineração de dados.** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, 10 de junho de 2003.

- MARCELINO, V. E.; NUNES, H. L. e KOBAYAMA, M. **Mapeamento de risco de desastres naturais no estado de Santa Catarina.** Instituto de Geografia – Revista *online* - <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> - Ano 2005.
- MOLLER, A. R. **Severe local storms forecasting.** In: **Severe Convective Storm**, C. A. DOSWELL III (Ed.), Amer. Meteor. Soc. Monograph, v. 28, n. 50, p.433-480, 2001. n.1, 2005.
- NASCIMENTO, E. L. **Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil?** Revista Brasileira de Meteorologia v.20,
- RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período e 1980 a 2005.** 2007.261. Vol.I. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada.** Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005) 81-90.
- SANTOS, W. L. M. **Regionalização das velocidades extremas e temperaturas do vento no Centro-Sul do Brasil.** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Ano 1989.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Livro publicado em 2006.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia.** São Paulo: Takano Editora Gráfica, 2001.
- VIANELLO, R. L. e ALVES, A. R. **Desastres naturais e medidas preventivas.** Artigos publicados na biblioteca da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ano 1992.

Sites:

- Defesa Civil do Rio Grande do Sul. – [http/ www.defesacivil.rs.gov.br](http://www.defesacivil.rs.gov.br).
- Defesa Civil de Santa Catarina – [http/ www.defesacivil.sc.gov.br](http://www.defesacivil.sc.gov.br).
- Defesa Civil do Paraná - [http/ www.defesacivil.pr.gov.br](http://www.defesacivil.pr.gov.br).
- Instituto Nacional de Meteorologia. – [http/ www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br), linck: Rede de Estações → Superfície Automática.