



ANÁLISE TÉCNICA

Análise e Reclassificação do Tornado Ocorrido na Cidade de Muitos Capões/RS em 29 de Agosto de 2005

Equipe Técnica: Murilo Machado Lopes ^{1,2}, Vitor Goede ^{2,3,4}, Rafael José Claros Santana ^{1,2}, Maurício Ilha de Oliveira ^{1,2,5}

¹ Universidade Federal de Santa Maria

² Plataforma de Registros e Rede Voluntária de Observadores de Tempestades Severas (PREVOTS)

³ Advanced Radar Research Center (ARRC) - The University of Oklahoma

⁴ School of Meteorology (SoM) - The University of Oklahoma

⁵ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

1. Natureza do documento:

O presente documento técnico tem por objetivo a reclassificação de danos associados ao tornado que atingiu a cidade de Muitos Capões, localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), em 29 de agosto de 2005. A partir de um material fotográfico e videográfico inédito coletado junto a moradores por um voluntário, foi possível identificar melhor o contexto dos danos e também outras áreas que não estavam presentes em estudos anteriores.

2. Discussão Meteorológica:

Durante o período analisado, observou-se a presença de um padrão de bloqueio atmosférico do tipo dipolo amplificado sobre o Pacífico Oriental (Figura 1), o qual amplificou um cavado de onda longa na alta troposfera de inclinação neutra (300 hPa). Essa configuração favoreceu a aceleração do Jato de Altos Níveis (JAN) sobre a Alta Bacia do Prata, conforme a propagação de uma perturbação de onda curta na vanguarda do sistema de maior amplitude. Por conseguinte, o levantamento em larga escala concentrou-se no norte do RS, ao longo da região de ascensão quase-geostrófica associada à entrada equatorial do JAN observada no campo de divergência de ventos em 300 hPa (Figura 1). Em superfície, este foi o

último dia marcado pela presença de uma frente fria estacionada sobre a Alta Bacia do Rio da Prata, resultando na concentração de ar anormalmente úmido sobre a região (não exibido).

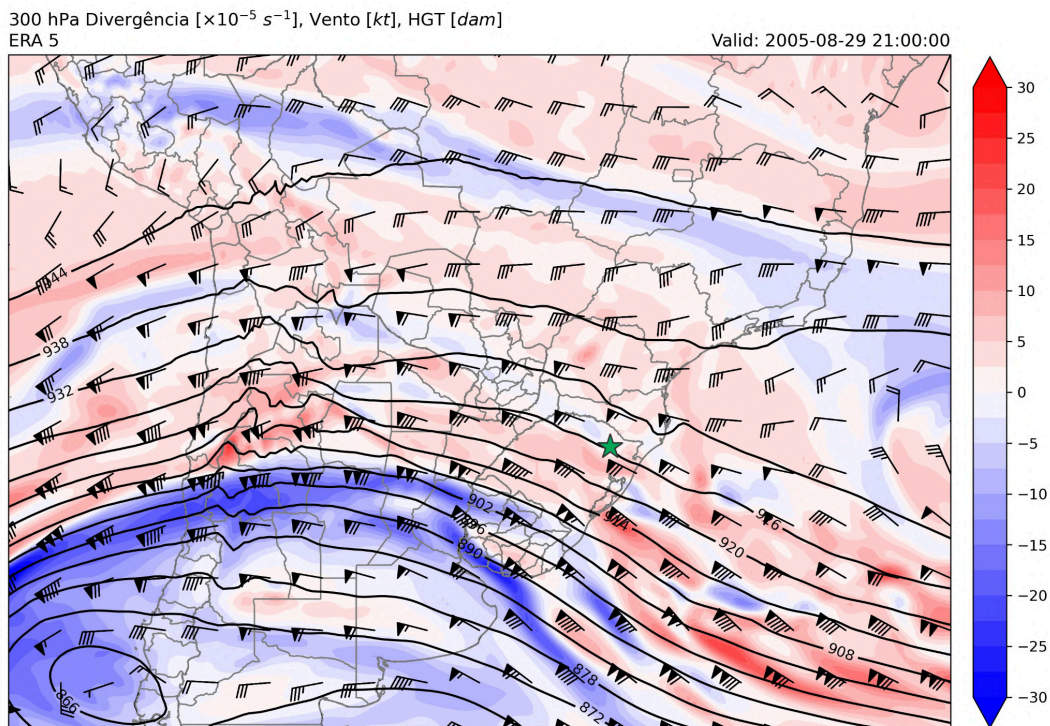


Figura 1 - Altura geopotencial (contornos pretos, em dam), divergência (preenchimento; em 10^{-5} s^{-1}) e direção e velocidade do vento (barbelas, em kt) em 300 hPa para as 21 UTC de 29/08/2005. A estrela verde indica a localização do município de Muitos Capões. Fonte: reanálise ERA5.

Na média atmosfera (nível de 500 hPa), o escoamento é anormalmente intenso devido à forte baroclinia sobre toda a bacia do Prata, com um máximo de vento associado a uma perturbação de onda curta, embebida no escoamento médio e com inclinação neutra, que resultou em velocidades superiores a 25 m/s (Figura 2). Tal perturbação também promoveu a fraca advecção diferencial de vorticidade negativa, contribuindo para a presença adicional de levantamento sinótico sobre o Norte do RS (Figura 2).

500 hPa Vorticidade Relativa [$\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$] | Vento [kt] | HGT [dam]
ERA 5

Valid: 2005-08-29 21:00:00

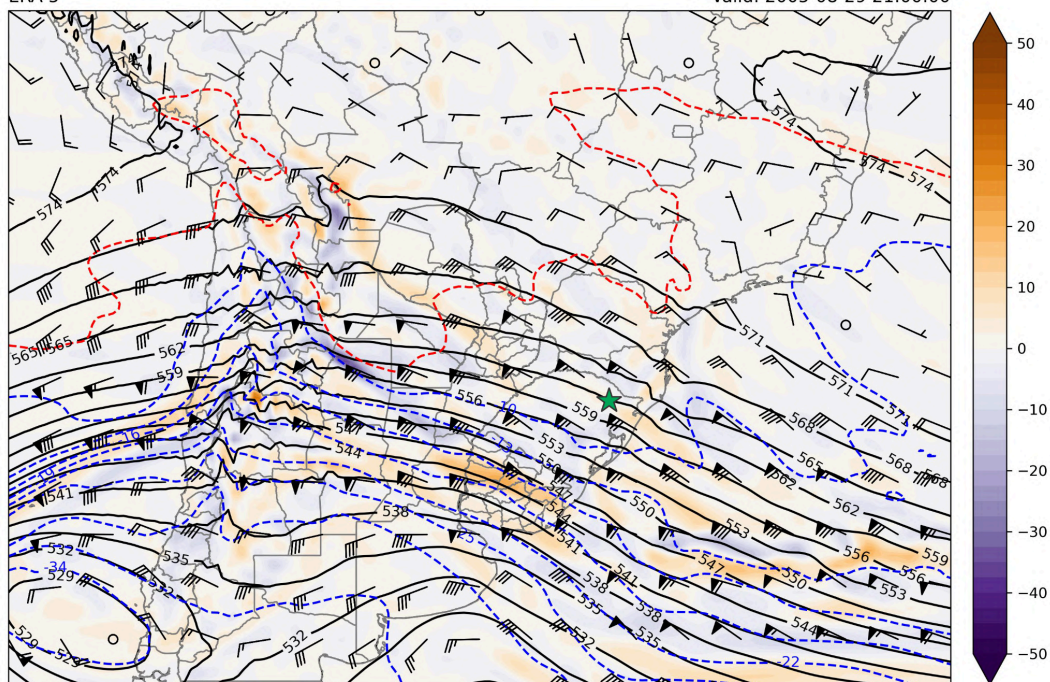


Figura 2 - Altura geopotencial (contornos pretos, em dam), vorticidade relativa (preenchimento; em 10^{-5} s^{-1}), temperatura (contornos tracejados; em $^{\circ}\text{C}$) e direção e velocidade do vento (barbelas, kt) em 500 hPa para as 21 UTC de 29/08/2005. A estrela verde indica a localização do município de Muitos Capões. Fonte: reanálise ERA5.

Em resposta à configuração dos altos e médios níveis, observou-se uma acentuada queda da altura de geopotencial em níveis baixos da atmosfera, com o consequente aprofundamento da Baixa do Noroeste da Argentina (BNOA) e a aceleração do Jato de Baixos Níveis (JBN) entre 700 (Figura 3) e 850 hPa (Figura 4). Isto resultou em ventos de quadrante noroeste que superaram os 20 m/s entre 700 (Figura 3) e 850 hPa (Figura 4), sustentando um regime de forte advecção quente com o avanço de uma frente quente entre o Norte do RS e o Leste de SC. Além disso, ar quente e úmido foi advectado pelo JBN a partir de latitudes mais altas no interior da Bacia Amazônica e ar frio da Patagônia em direção à Bacia da Prata, em direção ao RS e SC, resultando em uma intensificação do gradiente de temperatura e no processo de ciclogênese sobre o RS e o Uruguai. A pluma de ar quente e úmido concentrada sobre a Alta Bacia da Prata é melhor evidenciada pela umidade relativa elevada em 700 hPa (Figura 3) e θ_e superiores a 340 K (Figura 4).

700 hPa UR [%] | Temperatura [°C] | Vento [kt] | HGT [dam]
ERA 5

Valid: 2005-08-29 21:00:00

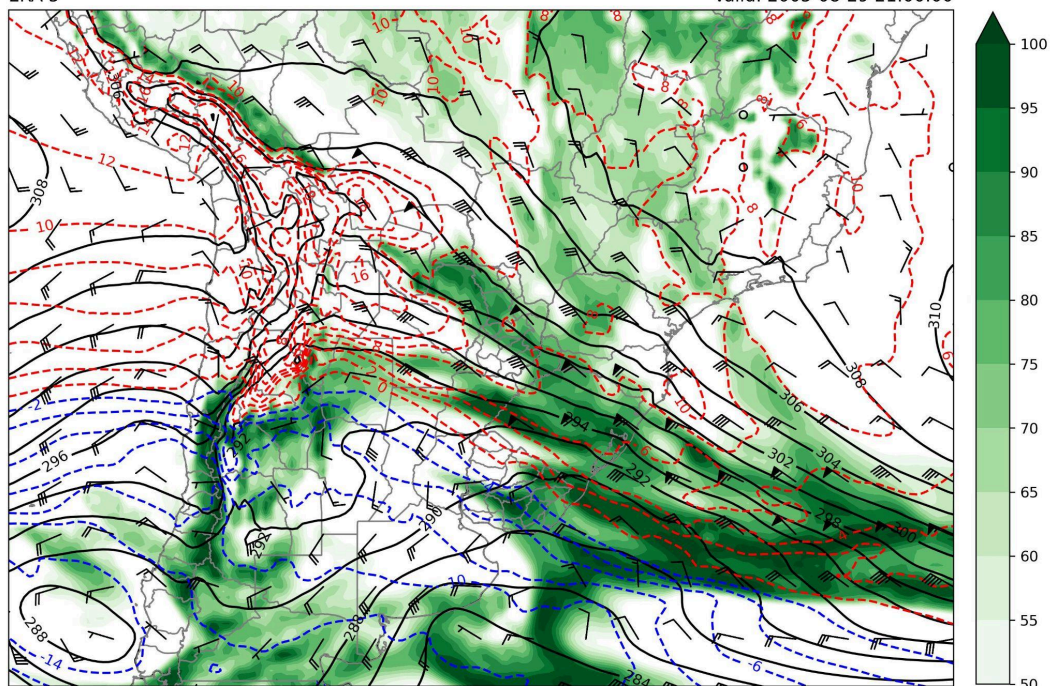


Figura 3 - Umidade relativa do ar em 700 hPa (preenchimento; em %), vento em 700 hPa (barbelas; em kt), temperatura do ar em 700 hPa (contornos tracejados; em °C), e altura geopotencial em 700 hPa (contornos preto; em dam) para as 21 UTC de 29/08/2005. Fonte: reanálise ERA5.

850 hPa θ_e [K] | Vento [kt] | HGT [dam]
ERA 5

Valid: 2005-08-29 18:00:00

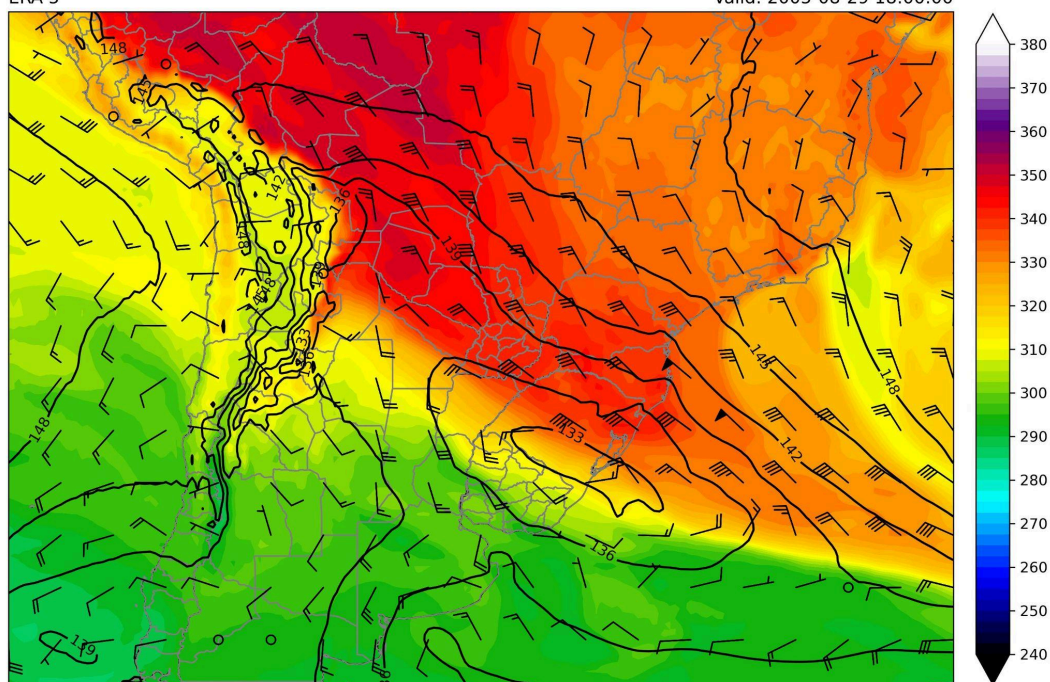


Figura 4 - Temperatura potencial equivalente em 850 hPa (preenchimento; em K), vento em 850

hPa (barbelas; em kt) e altura geopotencial em 850 hPa (contornos; em dam) para as 21 UTC de 29/08/2005. Fonte: reanálise ERA5.

Em superfície, um processo de ciclogênese amadurecia sobre a bacia do Rio da Prata, com uma frente fria posicionada no norte da Argentina e no oeste do RS, acoplada a um centro de baixa pressão de 999 hPa localizado sobre a Laguna dos Patos, conforme as Figuras 5 e 6. Ademais, uma frente quente estendia-se entre os litorais de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. A frente fria na Argentina deslocava-se para o norte, promovendo forte advecção fria, à medida que um anticiclone se aprofundava ao sul da região de Mendoza e o ciclone intensificava-se sobre o leste gaúcho. Na vanguarda de deslocamento da frente fria, observava-se um cavado invertido associado com a BNOA, posicionado entre o noroeste/nordeste do RS e o norte da Argentina com uma massa de ar quente e úmido, bastante instável—com temperaturas em 2 m de 25°C e valores de temperatura do ponto de orvalho em 2 m de 18°C—também predominava sobre estas regiões. Logo, o ambiente mostrava-se bastante instável, com uma massa de ar com fluatibilidade elevada somada ao levantamento promovido pela aproximação da frente fria.

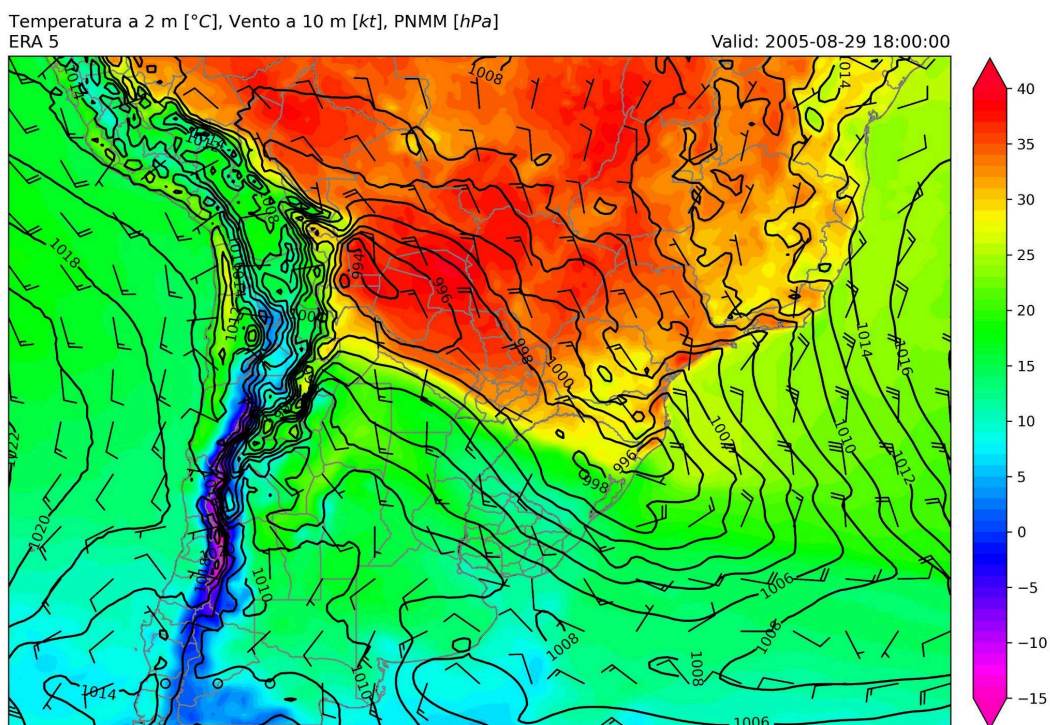


Figura 5 - Pressão ao nível médio do mar (contornos pretos, hPa), temperatura em 2 metros (preenchimento, em °C) e direção e velocidade do vento (barbelas, em kt) em 10 m para as 21 UTC de 29/08/2005. Fonte: reanálise ERA5.

Ponto de Orvalho a 2 m [°C], Vento a 10 m [kt], PNMM [hPa]
ERA-5

Valid: 2005-08-29 21:00:00

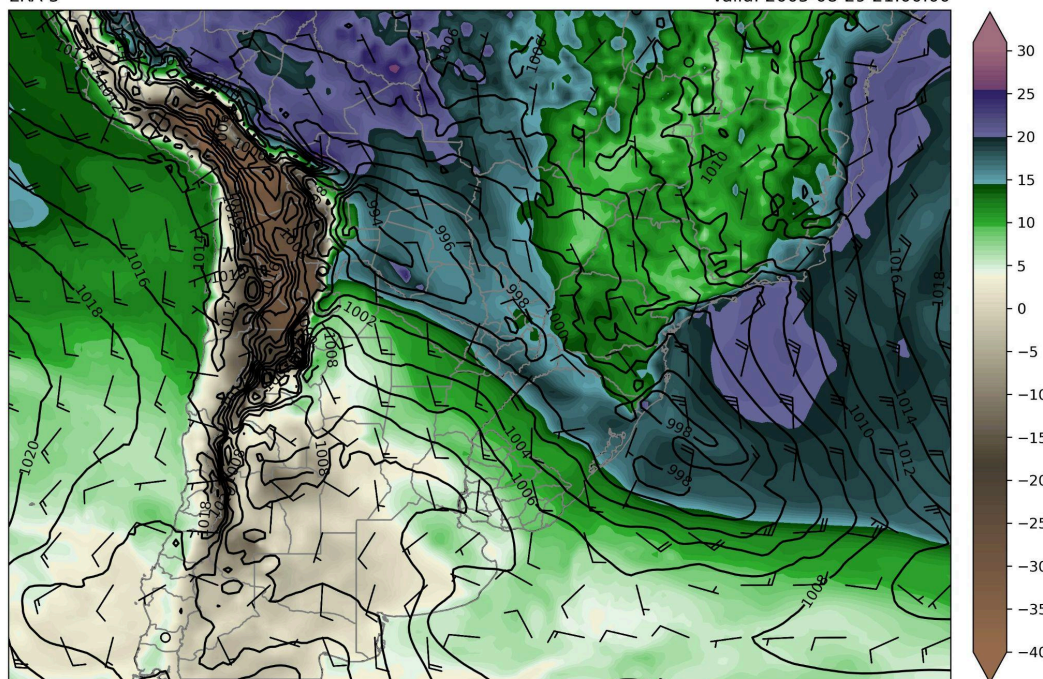


Figura 6 - Pressão ao nível médio do mar (contornos pretos, em hPa), temperatura de ponto de orvalho em 2 metros (preenchimento; em °C) e direção e velocidade do vento (barbelas, em kt) em 10 m para as 21 UTC de 22/06/2025. Fonte: reanálise ERA5.

O ambiente convectivo cerca de duas horas antes do tornado atingir a cidade de Muitos Capões era caracterizado por instabilidade condicional modesta a moderada enraizada em superfície, através de MLCAPes superiores a 1000 J/kg sobre o Nordeste e Noroeste do RS (Figura 7). Além disso, esta região apresentava fraca inibição convectiva (>-30 J/kg; Figura 7) ao longo da faixa pré-frontal, condição que, com a intensificação da convergência em superfície nesse setor, favoreceu o desenvolvimento de tempestades. Ademais, um forte cisalhamento vertical do vento ao longo da camada profunda também era observado, com magnitudes do vetor diferença do vento ao longo da camada efetivamente superiores a 25 m/s (Figura 6). Somado ao forte cisalhamento vertical da velocidade do vento, havia também significativo cisalhamento direcional, caracterizado por curvatura anti-horária moderada dos ventos em baixos níveis, o que resultou em valores de helicidade relativa inferiores a -150 m^2/s^2 entre 0 e 0,5 km para o ponto de grade mais próximo a Muitos Capões (Figura 7). Tais ingredientes, indicavam um ambiente propício para o desenvolvimento e organização de tempestades severas, especialmente

supercélulas com alto potencial para produção de tornados sobre o norte do Rio Grande do Sul, tendo às 21h (00 UTC do dia 30) um intenso tornado atingido a cidade de Muitos Capões.

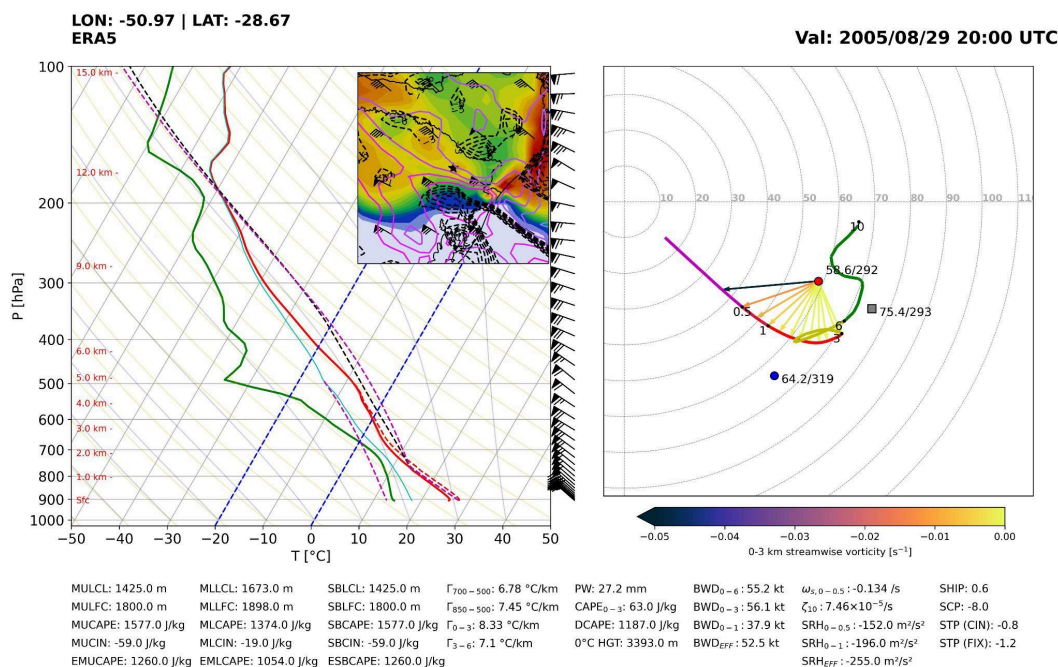


Figura 7 - Diagrama skewT-logP (esquerda) e hodógrafa (direita) extraídos do ponto de grade próximo ao município de Muitos Capões as 2000 UTC do dia 29 de agosto de 2005. O painel interno indica o MLCAPE (preenchimento), helicidade relativa de 0-1 km (contornos coloridos), cisalhamento efetivo (barbelas em kt). Fonte: ERA5.

A Figura 8 mostra as imagens de radar utilizadas por Jacobsen e Mendes (2006). Estas são provenientes do radar Doppler do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), instalado em Teixeira Soares/PR, o qual conta com um intervalo de varredura de 10 min, mostrando o período entre 20h20 e 21h30 local. A distância entre Muitos Capões e o radar é de aproximadamente 330 km, de forma que, o feixe do radar estava interceptando apenas a parte superior da célula de tempestade. Os elevados valores do fator de refletividade (acima de 47 dBz) no topo da nuvem de tempestade indicam correntes ascendentes muito intensas, o que, considerado em conjunto com ambiente atmosférico favorável às tempestades rotativas discutido anteriormente, nos permite confirmar com alto grau de certeza duas supercélulas na sequência de imagens mostrada abaixo.

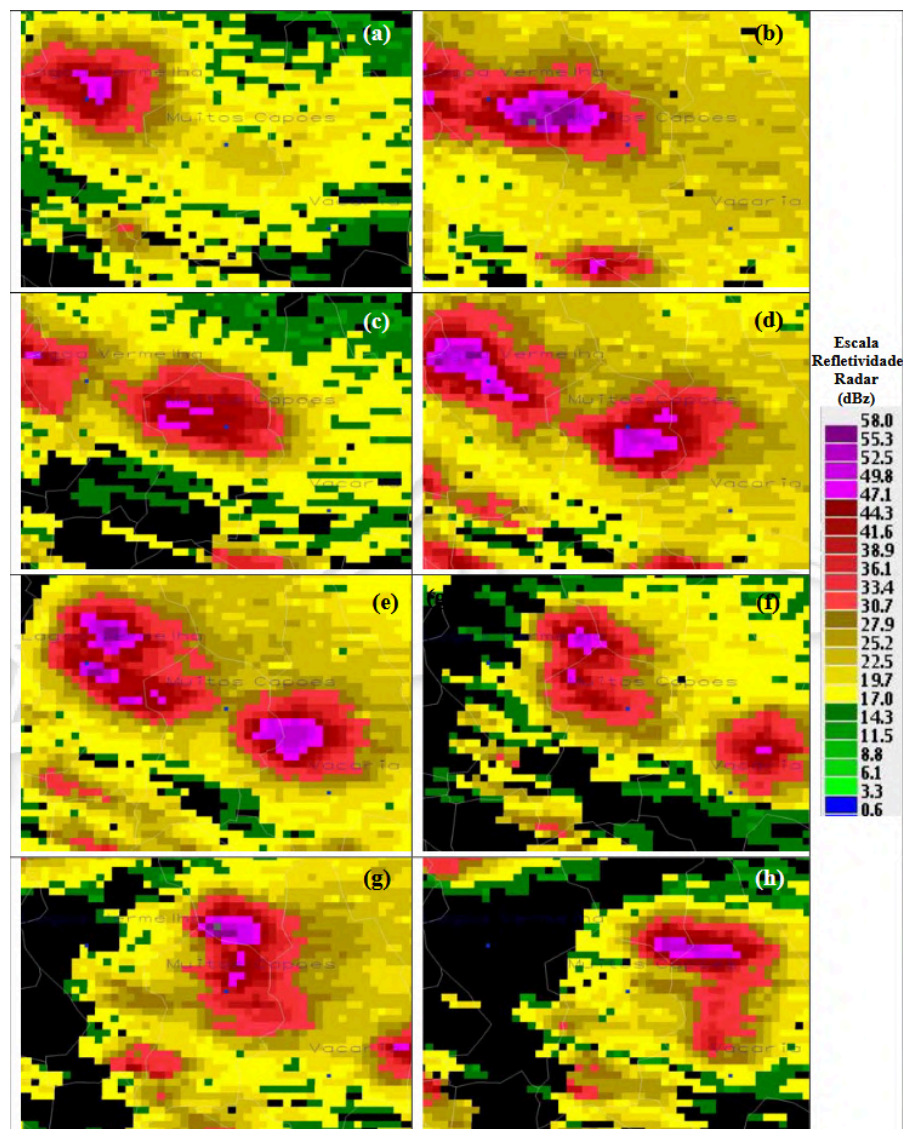


Figura 8 - Refletividade composta vista a partir do radar de Teixeira Soares, RS. Fonte: Jacobsen et al. 2006.

A supercélula que provocou o tornado é a que passa sobre o ponto de Muitos Capões entre as figuras c) e d), porém, como citado anteriormente, a distância do radar não permite obter informações próximas ao solo.

3. Análise e classificação dos danos do tornado de Muitos Capões na área urbana do município

A documentação de danos produzida por Marcelino (2007) encontrou uma trilha de danos de 48 km de extensão associada ao tornado e classificou como F3 a

máxima intensidade do mesmo ao cruzar a área urbana do município de Muitos Capões (Figura 9). Contudo, considerando as novas imagens obtidas por um voluntário (disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=AUODfvd9wnQ>), encontram-se evidências que subsidiam esta nota técnica, revisando a intensidade máxima do tornado para F4 na escala Fujita.

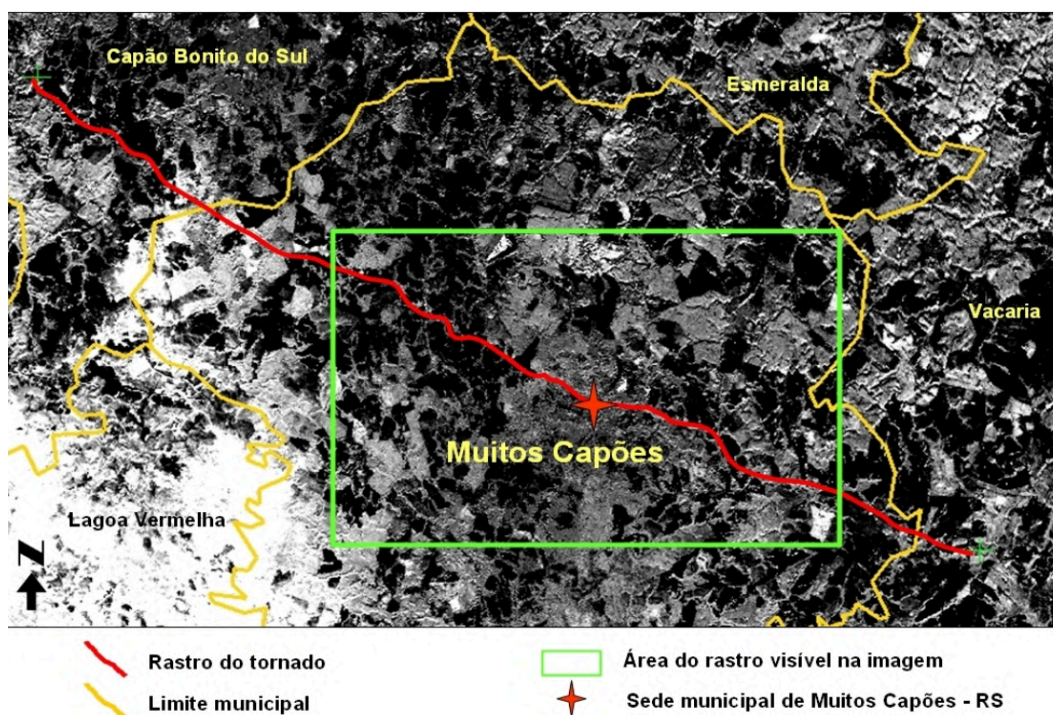


Figura 9 - Rastro do tornado identificado por Marcelino (2007) através do mapeamento a nível de solo, com a coleta das coordenadas dos danos, e do processamento das imagens do satélite ambiental Landsat-5.

A Tabela 1 abaixo traz os seis níveis de intensidade da Escala Fujita original, porém convertida para o padrão da Organização Meteorológica Mundial (OMM) de média de 3s para rajada de vento. Já os danos típicos associados a cada nível de classificação são mostrados na Figura 10 para ilustrar os graus de destruição encontrados após a passagem de tornados de diferentes intensidades, facilitando a comparação com os danos observados em Muitos Capões.

Tabela 1 - Os seis diferentes níveis de danos associados a tornados da Escala F e seus respectivos intervalos de rajada de vento em km/h. Fonte: Adaptado de Fujita (1992).

Escala Fujita	Intervalo de rajadas de vento (km/h)	Tipo de danos
F0	76 - 126	Leves
F1	127 - 188	Moderados
F2	189 - 259	Considerável
F3	260 - 336	Severa
F4	337 - 420	Devastadora
F5	421 - 510	Total

Assim como em outras situações de avaliação de danos no Brasil (i.e., Oliveira et al, 2022; Ferreira et al. 2022; Lopes et al, 2025), optou-se por utilizar a escala Fujita em detrimento da escala Fujita Melhorada (EF-Scale), dado o distinto padrão de construções em comparação aos Estados Unidos. Porém, alguns Indicadores de Danos (IDs) da escala EF, associados à vegetação arbórea e até mesmo às construções, foram utilizados para uma melhor definição da intensidade dos danos. Evidentemente o padrão e a qualidade das construções impactam no dano observado, assim sendo necessário um ajuste para limiares superiores ou inferiores dependendo do grau de danos e da edificação impactada. A ausência de uma escala de classificação adaptada à realidade brasileira torna necessária esta adaptação.

Apesar de algumas imagens de danos no interior de Muitos Capões serem apresentados no trabalho de Marcelino (2007), a ausência de localização precisa destes locais e também novas imagens da área rural faz com que a presente nota técnica esteja limitada a área urbana e as novas imagens obtidas das construções afetadas e aos danos contextuais encontrados.

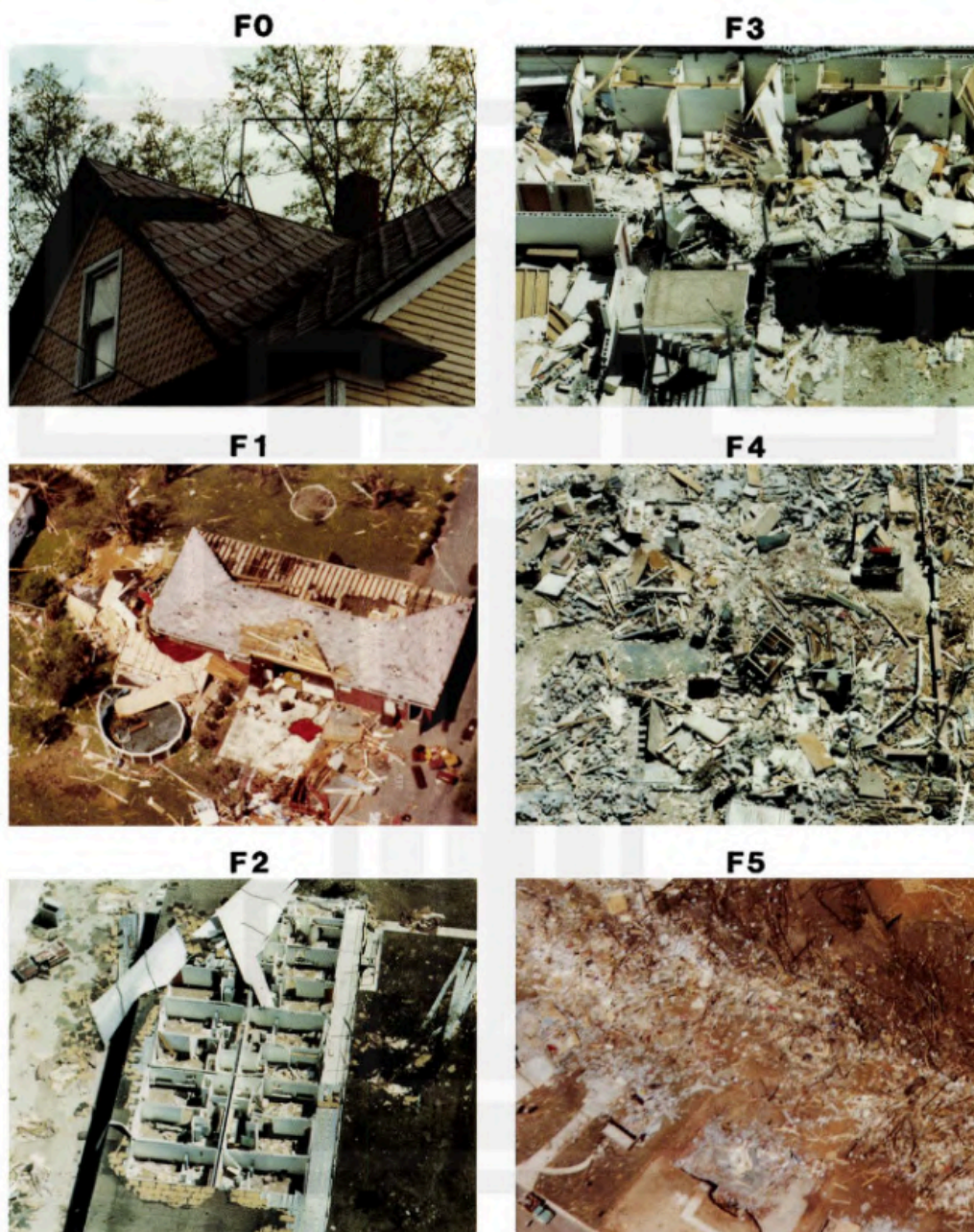


Figura 10 - Imagens de áreas de edificações com danos ou destruição por tornados típicos de cada um dos níveis de classificação da escala F, desde o menos intenso (F0) até o mais intenso (F5). Fonte: extraído de Fujita 1992.

Considerando a região de danos mais fracos, a área afetada na cidade apresenta uma largura de ~360 m. A Figura 11 (abaixo) traz um panorama geral da avaliação de danos por construção dentro da área atingida no perímetro urbano, onde os danos severos (F3+) se concentram numa faixa de aproximadamente 80 m de largura, indicando que a circulação tornádica era intensa, porém estreita.



Figura 11 - Mapeamento da intensidade de danos por construção considerando a escala Fujita sobre uma imagem satelital obtida em 2004 e disponível no software Google Earth. A legenda no canto superior direito indica a correspondência de cores com a respectiva intensidade dos danos entre F0 e F4. As letras A,B,C,D,E e F correspondem às visadas dos danos apresentados ao longo deste documento.

O ponto A sinalizado na Figura 12 corresponde à vista das primeiras construções danificadas pela passagem do tornado, sendo possível observar ao fundo o dano em uma área de mata. Neste setor oeste da cidade, 4 residências foram totalmente destruídas na Rua 41, sendo 3 de alvenaria e 1 construída em madeira. Em uma das casas de alvenaria, houve o colapso de paredes externas e internas, sendo o banheiro o único cômodo restante. Tal tipo de dano em construções de alvenaria com reboco obliteradas e detritos parcialmente varridos do local de origem é condizente com intensidade F4. Ao menos em uma das casas, as imagens indicam a presença de vigas e colunas com armação de ferro (Figura 12b), o que reforça a qualidade da construção. A casa de madeira também apresentou destruição total e detritos movidos da fundação a uma maior distância, porém, sendo uma construção mais frágil, recebeu uma classificação F3.



Figura 12 - Imagens de danos em construções presentes na visada A mostrada na Figura 11, com imagens obtidas do material em vídeo e do Jornal Zero Hora.

No outro lado da Rua 41, encontram-se danos de intensidade F2 com o colapso total do galpão de máquinas da Prefeitura Municipal (Fig. 12f), cuja construção era composta por armações de ferro e com paredes compostas por chapas de metal, e F1 com destelhamento parcial da Secretaria da Assistência Social.

Na visada B da Figura 13, encontram-se duas edificações de alvenaria muito bem construídas e com a presença de colunas e vigamento com armação de ferro (anexo indicado a com a seta amarela). Em uma delas, de dois andares, se localizava uma cooperativa bancária cuja agência teve janelas e portas quebradas

com mobiliário sendo movido para a rua. O telhado foi completamente removido e houve o colapso de parte da parede externa com face oeste/norte no piso superior. Considerando a qualidade da construção e o tipo de danos infligidos a ela, este ponto recebeu uma classificação de danos F3 no limite superior deste nível de classificação.



Figura 13 - Imagens de danos em construções presentes na visada B mostrada na Figura 11, com imagens obtidas do material em vídeo e do trabalho de Marcelino (2007).

Na EF-Scale a remoção da parte superior de construções semelhantes é condizente com ventos ao redor de 250 km/h e refere-se a danos de intensidade EF4. Apesar das distinções de escala e do tipo de construção, a residência mostrada na parte inferior da Figura 12c apresentou todo o seu segundo piso removido. O mesmo, segundo relato do proprietário, seria de alvenaria e uma das imagens extraídas do material videográfico mostra a parte de uma coluna de sustentação ainda fixada ao primeiro piso (Fig. 12d). Tal característica de danos sustenta a classificação com F4 neste ponto. O primeiro piso, também de alvenaria, teve os vidros quebrados e uma janela ao menos arrancada, porém a edificação, devido ao padrão robusto com colunas/vigas e poucas aberturas, sofreu danos menores.

Um Volkswagen Typ 1 (Fusca), com massa de aproximadamente 800 kg, do morador desta casa que se encontrava ao lado da mesma foi arremessado cerca de 30 m atravessando a Rua Dorval Antunes Pereira e sofrendo danos severos na lataria com a remoção do eixo dianteiro (Figura 14a). O deslocamento do fusca parece ter sido limitado quando o mesmo ficou preso a um poste de energia, cuja parte superior foi removida. Tal tipo de danos é coerente com um tornado intenso passando pelo local, bem como a intensidade dos danos no veículo em tão pouca extensão de deslocamento é sugestiva de intensidade F4 neste ponto, o que corrobora a classificação aplicada à casa. Além disso, simulações foram realizadas utilizando um modelo físico simples com base em especificações deste modelo de carro e os resultados são mostrados na Figura 15. Para realização das simulações, verificou-se inicialmente que o fusca encontrava-se no flanco norte da circulação do tornado, estando estacionado de frente para o mesmo conforme relato do proprietário do veículo. Nesta via, o ângulo de ataque do vento era praticamente frontal, e tomando nota das dimensões e propriedades aerodinâmicas do veículo, foi estimada a velocidade do vento necessária para a sua suspensão, ao passo que o ângulo formado entre o vento e a superfície também era variado de 5° a 10° . Nessa via, nossas estimativas apontam que mesmo que haja incerteza quanto às propriedades aerodinâmicas do veículo, os ventos se concentram em magnitudes superiores aos 330 km/h (Figura 14a), com um valor médio de 370 ± 32 km/h, encaixando-se nos limiares de um tornado F4 (Tabela 1). Tanto em parte deste ponto quanto nos anteriores, o material videográfico mostra setor com granulação de detritos, isto é, fragmentação das partes removidas das construções, sendo mais uma assinatura de um tornado violento.



Figura 14 - Imagens de danos em construções presentes na visada C mostrada na Figura 10, obtidas do material em vídeo.

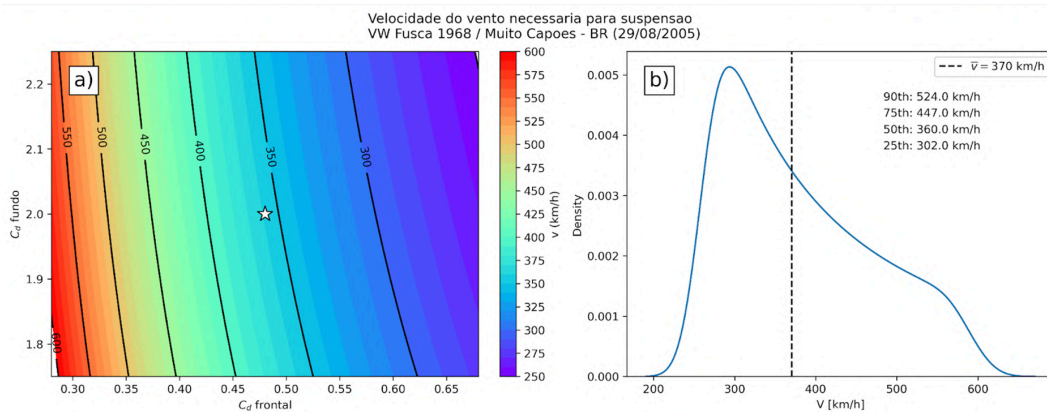


Figura 15 - Exemplificação da localização original e posição final do automóvel arremessado pelo

tornado sobre imagens atuais no painel superior. No painel inferior às estimativas de velocidade com base em simulações matemáticas. (a) velocidade do vento em função da variação dos coeficientes de arrasto frontal e do fundo do carro e (b) Kernel Density Estimation (KDE) com base em todas as soluções. A estrela em (a) indica os coeficientes de arrasto frontal (0,48) e fundo (2,00) de um VW Fusca 1968.

O poste no qual ficou preso o veículo se localiza quase em frente à Câmara Municipal de Vereadores. Esta também é um tipo de construção bem edificada em alvenaria com colunas e vigas de amarração, apresentando um telhado na parte frontal da construção e alguns cômodos em piso superior na parte traseira da estrutura. O telhado foi removido, permanecendo parte das madeiras de fixação e dos cômodos do piso superior. Houve o colapso de grande parte das paredes da alvenaria. Porém, considerando os danos no prédio do poder legislativo de Muitos Capões, são condizentes com a classificação F3 no limite inferior da mesma. As construções do outro lado da esquina, cerca de 40 m de distância, sofreram danos típicos de intensidade F1, como exemplificado na Figura 16a-b com parte do telhado removido. A distância espacial de apenas algumas dezenas de metros entre pontos com danos leves e pontos com danos severos evidencia o intenso gradiente de danos associado à passagem do tornado que seguiu sua trajetória de noroeste/sudeste.

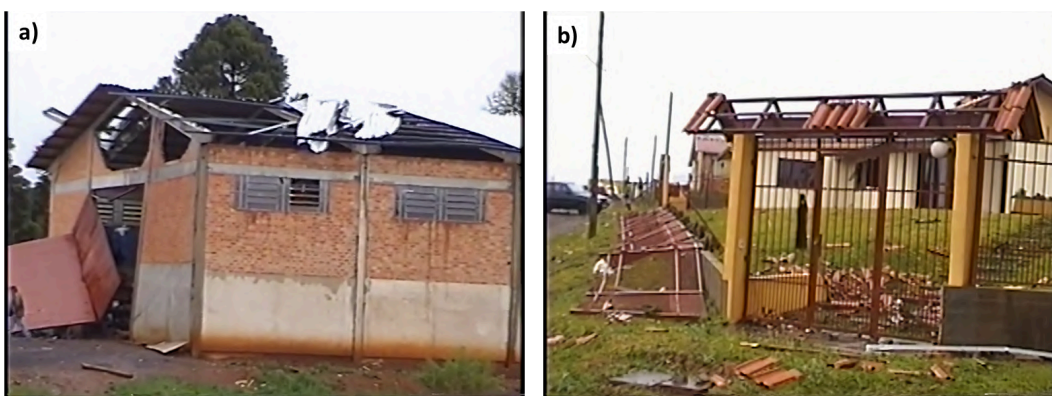


Figura 16 - Imagens de danos em construções presentes na visada D mostrada na Figura 10, obtidas do material em vídeo.

Ao longo do lado direito da Rua 40, as construções apresentaram danos F1 de modo geral com remoção de parte da cobertura, enquanto no lado direito da rua houve danos de intensidade F2 com o colapso de uma casa de madeira cujo banheiro de alvenaria permaneceu (Figura 17a). Já na esquina com a Avenida Progresso, uma casa de alvenaria bem construída teve danos F2, seu telhado removido e danos estruturais à parede externa, porém sem colapso (Figura 17b). Uma outra casa de madeira também colapsou totalmente ao lado da construção

citada, recebendo classificação F2. No material videográfico é notável o dano em parede externa e remoção total do telhado da outra casa de alvenaria presente na visada E (Fig. 18a), consistente com danos F3 no limite inferior, que se somam ao dano em postes de energia de concreto que foram não apenas quebrados, mas dobrados ao meio (Fig. 18b).



Figura 17 - Imagens de danos em construções no lado esquerdo da Av. Progresso presentes na visada e mostrado na Figura 10, obtido do material em vídeo.

No ângulo de visada E ao outro lado da Av. Progresso, notam-se os danos que o tornado infligiu ao clube social da cidade com o colapso total da área da pista de dança e a remoção quase que total das paredes externas de uma área que contava com cômodos menores (Figura 19). Toda a estrutura do clube era de alvenaria com a presença de vigas de amarração, o que sustenta a classificação F3 no limite superior da escala. A presença do colapso total de parte da estrutura poderia elevar a classificação neste ponto, porém este tipo de dano se deu na área da pista de dança, onde a construção apresentava menos reforço estrutural. Os danos contextuais ao redor apresentam o colapso quase total de uma residência mista de madeira/alvenaria e o tombamento de um poste de concreto. Ao fundo do clube, uma área de mata sofreu danos com árvores decepadas e derrubadas. Por se tratar de eucaliptos e pinheiros araucários com troncos grossos, a estimativa de dados é de intensidade F2 no topo da classificação/F3 no limite inferior. Uma residência bem construída com vigas e colunas seguindo o trajeto da rua teve o telhado completamente removido, assim como algumas aberturas, recebendo uma classificação F2 (Fig. 19c).

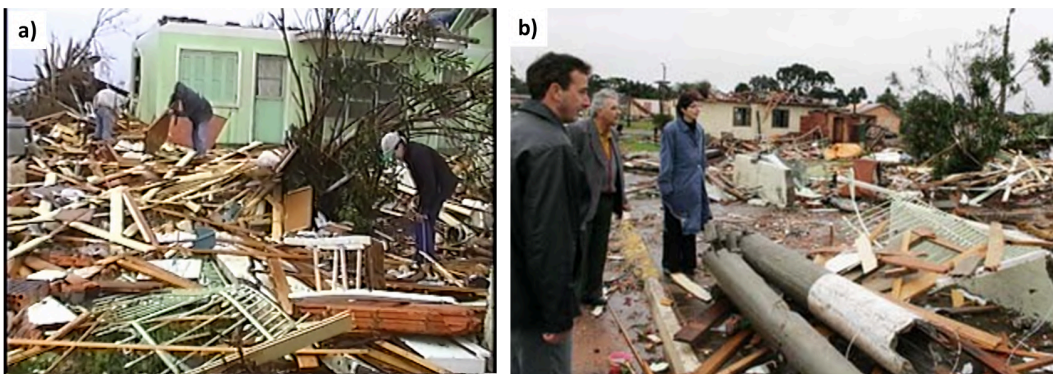


Figura 18 - Imagens de danos em construções no lado esquerdo da Av. Progresso presentes na visada E mostrada na Figura 10, obtidas do material em vídeo.



Figura 19 - Imagens de danos em construções no lado direito da Av. Progresso presentes na visada E mostrada na Figura 10, obtidas do material em vídeo.

Na sequência da Av. Progresso em direção ao norte foram encontrados danos de intensidade F1 de modo geral, exceto por uma pequena faixa de aproximadamente 20 m de danos mais severos. Contudo, no outro lado da Avenida se encontra uma casa de alvenaria com colapso total de grande parte das paredes externas e internas. Pelo material videográfico, apenas um cômodo com face leste (o último a ser atingido pelo tornado) resistiu ao vento intenso. A presença de um poste de concreto quebrado e dobrado na frente da residência também fornece um contexto

a estes danos e contribui para afastar a possibilidade de tal magnitude de danos ser devida a problemas estruturais da construção. Assim, neste ponto (Figura 20a-b) são encontrados danos típicos de intensidade F3 topo-de-escala e inclusive no limiar próximo à escala F4. A Figura 19c mostra o colapso total de um bar em estrutura mista de madeira/alvenaria, mas cujos detritos não foram varridos no lado oposto da avenida. Neste contexto, os danos são condizentes com danos F2 no limite inferior.

O contexto destes danos localizados a cerca de 80 m ao norte da faixa de intensidade F3/F4 da trilha do tornado e com diversas construções nessa extensão apresentando apenas danos mais leves traz a hipótese de uma estrutura de múltiplos vórtices associada a tornado no momento em que ele sai da área urbana de Muitos Capões. A largura de poucas dezenas de metros nesta trilha e a presença de danos em árvores aos fundos da casa de alvenaria, ou seja, mais a leste, sugerem a presença de um vórtice secundário bastante rápido e intenso.



Figura 19 - Imagens de danos em construções na Av. Progresso presentes na visada F mostrada na Figura 10, obtidas do material em vídeo.

4. Conclusão

A análise conduzida nesta nota técnica apresenta as evidências que levaram à reclassificação do tornado de Muitos Capões para um tornado F4 com colapso total de estruturas de alvenaria e remoção do andar superior de uma residência. As novas imagens e relatos obtidos junto aos moradores por um colaborador foram essenciais para subsidiar este relatório.

Os danos mais intensos de intensidade F4 foram encontrados em 4 construções e abrangem uma extensão de 100 m dentro da trilha de danos, que na área urbana não apresenta mais que 360 m de largura no setor mais amplo. A presença de danos mais intensos, até mesmo de intensidade F3, ao redor do eixo principal de deslocamento do tornado pode ser indício da presença de sub-vórtices no tornado.

A análise de pontos do interior não foi possível dada a ausência de material adicional e georreferenciado. A presença de mais imagens relacionadas a danos na vegetação seria útil para estimar melhor a intensidade do tornado em outros pontos da trilha de 48 km encontrada por Marcelino (2007), especialmente devido à possibilidade de comparar diretamente os danos em árvores com o indicador de danos da Escala Fujita Melhorada. Como citado na nota, a escala F de Fujita foi a utilizada para a classificação dos danos, uma vez que a escala EF foi desenvolvida para um padrão distinto de construções, situação que seria resolvida com adaptação formal da escala Fujita original ao padrão de construção brasileiro.

Referências Bibliográficas:

Ferreira, V., Goede, V., & de Lima Nascimento, E. (2022). An environmental and polarimetric study of the 19 November 2015 supercell and multiple-vortex tornado in Marechal Cândido Rondon, southern Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 134(5), 82.

Fujita, T. T. (1992). *The mystery of severe storms* (WRL Research Paper 239; Report No. NTIS PB-182021). Department of Geophysics, University of Chicago.

Jacóbsen, L. O., & Mendes, F. M. (2006). *O tornado na cidade de Muitos Capões, Rio Grande do Sul*. In XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. CD-ROM.



Marcelino, I. P. V. O., Marcelino, E. V., & Sausen, T. M. (2007). *Tornado ocorrido em Muitos Capões - RS no dia 29/08/2005* (Relatório técnico, 36 p.). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Lopes, M. M., Oliveira, M. I. D., Goede, V., Ferreira, V., & Nascimento, E. D. L. (2025). Damage Survey and Multisensor Analysis of a Cold Season Tornado Outbreak in Southern Brazil. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 64(7), 831-855.

Oliveira, M. I., Puhales, F. S., Nascimento, E. L., & Anabor, V. (2022). Integrated damage, visual, remote sensing, and environmental analysis of a strong tornado in southern Brazil. *Atmospheric Research*, 274, 106188.

Agradecemos:

Ao voluntário e caçador de tempestades Lucas Moura pelo trabalho de campo no levantamento de relatos e imagens antigas junto aos habitantes de Muitos Capões.

A todos os moradores que contribuíram com relatos sobre a passagem do tornado e pela cessão do material videográfico que permitiu esta análise.