



GÊNESE ESPAÇO-TEMPORAL DOS TORNADOS NOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL E SÃO PAULO

Cássio Arthur Wollmann ¹
Amanda Comassetto Iensse ²

RESUMO

O objetivo desse estudo foi entender a gênese espaço-temporal da ocorrência dos tornados nos estados do sul do Brasil e São Paulo. A metodologia adotada no estudo envolveu a criação de um banco de dados detalhado e a identificação dos sistemas atmosféricos implicados, além da espacialização dos dados para uma análise geograficamente precisa dos eventos. Diferentes fontes de dados foram empregadas, incluindo canais de meteorologia, estudos anteriores e registros de meteorologistas argentinos, proporcionando uma abordagem abrangente. Ao longo do período estudado (1959-2018), foram identificados 138 tornados na área de estudo. O sistema atmosférico Frente Polar Atlântica (FPA) emergiu como um elemento frequente nos quatro estados analisados, indicando sua relevância na formação de tornados na região. Além da FPA, a distribuição dos tornados mostrou estar associada à passagem de outros sistemas atmosféricos específicos como Complexos Convectivos de Mesoescala, refletindo as características geográficas e climáticas particulares do sul do Brasil e de São Paulo. Integrando esses resultados com a análise sobre a interação entre diferentes padrões climáticos e sistemas atmosféricos, o estudo reafirmou a complexidade desses fenômenos. A análise dos tipos climáticos, como Cfa e Aw, em conjunto com a dinâmica dos sistemas atmosféricos ofereceu uma visão abrangente do comportamento dos tornados.

Palavras-chave: Climatologia, Sistemas Atmosféricos, Frentes Polares, Corredor Sul-Americano, Tornados.

ABSTRACT

This research concerns in to understand the spatiotemporal origin of tornado occurrences in southern Brazil and Sao Paulo. The study's approach included the compilation of a complete database and the identification of the relevant atmospheric systems, as well as spatializing the data for a geographically exact examination of the occurrences. Various data sources, including meteorology channels, past research, and records from Argentine meteorologists, were used to provide a complete approach. 138 tornadoes were identified in the research region throughout the study period (1959-2018). The Atlantic Polar Front (APF) appeared as a frequent factor in the four states studied, showing its importance in tornado production in the region. Tornado distribution has been demonstrated to be connected with the passage of other distinct meteorological systems, such as Mesoscale Convective Complexes, reflecting the unique geographical and climatic characteristics of southern Brazil and Sao Paulo. The study underlined the complexity of these processes by integrating these findings with an investigation of the relationship between various climatic patterns and atmospheric systems. The study of climate types such as Cfa and Aw, as well as the dynamics of atmospheric systems, provided a comprehensive picture of tornado behavior.

Keywords: Climatology, Atmospheric Systems, Polar Front, Corredor Sul Americano, Tornado.

¹ Prof. Dr. da Universidade Federal de Santa Maria - RS, cassio@ufsm.br;

² Aluna de doutorado da Universidade Federal de Santa Maria - RS, comassettoamanda@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os tornados são fenômenos atmosféricos extremos e intensos, que se caracterizam por uma coluna de ar que gira violentamente. Seus danos são medidos pela Escala Fujita (1971), variando de F0 quando os danos são menos agressivos até F5 caracterizando danos extremos e podendo devastar o local por onde passa. Além disso, os tornados representam ameaça potencial para atividades importantes como aviação, agricultura, transmissão e distribuição de energia elétrica (NASCIMENTO, 2005).

Há alguns anos, a percepção predominante era de que os tornados eram um fenômeno exclusivo da América do Norte, particularmente concentrados na conhecida "Alameda dos Tornados", uma vasta região no meio oeste dos Estados Unidos da América (EUA). Esta área, caracterizada por sua extensa planície e condições meteorológicas propícias, era considerada o centro mundial dos tornados. No entanto, esta visão foi desafiada e expandida à medida que mais pesquisas foram realizadas, como os estudos de Cândido (2009). De fato, enquanto os Estados Unidos continuam a registrar o maior número de tornados anualmente, esses eventos extremos foram observados em todos os continentes, com exceção da Antártida.

O registro de tornados no Brasil, em particular, tem visto um aumento significativo nos últimos anos. Esta mudança pode ser atribuída a uma série de fatores como o crescimento populacional e a expansão da ocupação humana em diferentes regiões geográficas têm exposto mais pessoas a tais fenômenos. Além disso, a disponibilidade e o uso disseminado de tecnologias avançadas como smartphones, drones e câmeras digitais têm facilitado a documentação e a partilha de informações sobre esses eventos climáticos extremos. Estes dispositivos permitem uma observação mais frequente e detalhada, contribuindo para uma maior conscientização e um registro mais robusto desses fenômenos (WOLLMANN; IENSSE, 2019).

Estudos destacam essas tendências, apontando para uma compreensão mais ampla e precisa da incidência de tornados no Brasil. O aumento na detecção e documentação de tornados reflete não apenas mudanças no ambiente físico, mas também avanços na tecnologia e mudanças na dinâmica populacional. Este fenômeno, anteriormente associado predominantemente à América do Norte, agora é reconhecido como um elemento global, com implicações importantes para a compreensão da meteorologia e para as estratégias de preparação e resposta a desastres em diversas partes do mundo. No Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul, um estudo mostrou que só entre 2001 e 2015

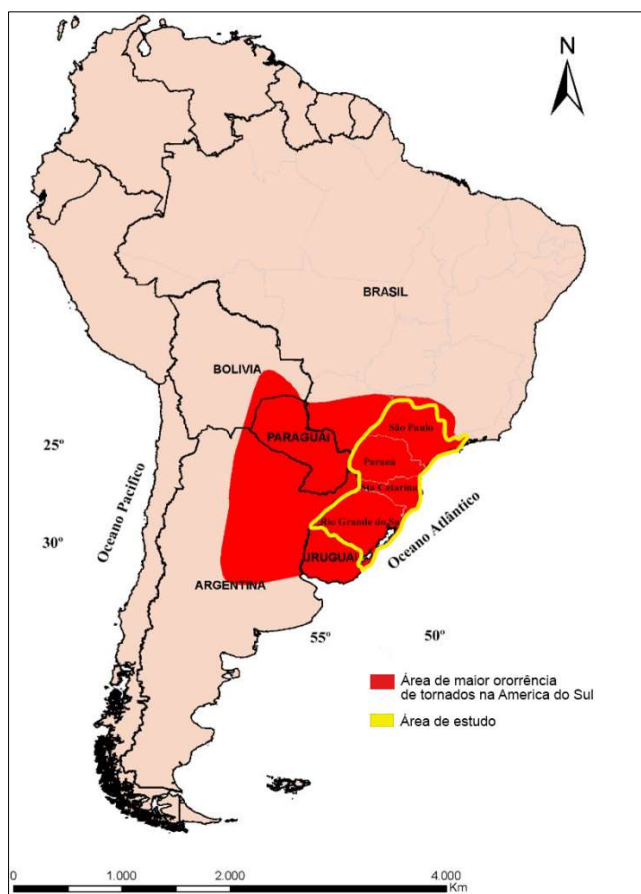


foram registrados 63 tornados (SILVA DIAS, 2011; IENSSE, 2015; LOPES; NASCIMENTO, 2020).

Diversos estudos têm buscado entender a dinâmica atmosférica que proporciona o desenvolvimento de tornados na América do Sul, sobretudo no Brasil: Marcelino (2003), Cândido (2012), Iensse (2018), Wollmann; Iensse (2019); Writzl et al. (2020); Lopes e Nascimento (2020), Oliveira et al. (2022).

A área de estudo (Figura 1) é o ponto de encontro de sistemas atmosféricos de origem polar e tropical e frequentemente é atingida por correntes perturbadas associadas as chuvas fortes, tempestades com granizo e eventualmente eventos tornádicos.

Figura 1 – Corredor dos tornados e área de estudo



Fonte: Cândido (2009).

Um estudo usando dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) sobre as tempestades severas mais intensas ao redor do mundo indicou a ocorrência a leste da cordilheira dos Andes pelo encontro de massas de ar com diferentes temperaturas, semelhantes às que ocorrem no meio oeste dos Estados Unidos (ZIPSER et al., 2006). Assim, este trabalho



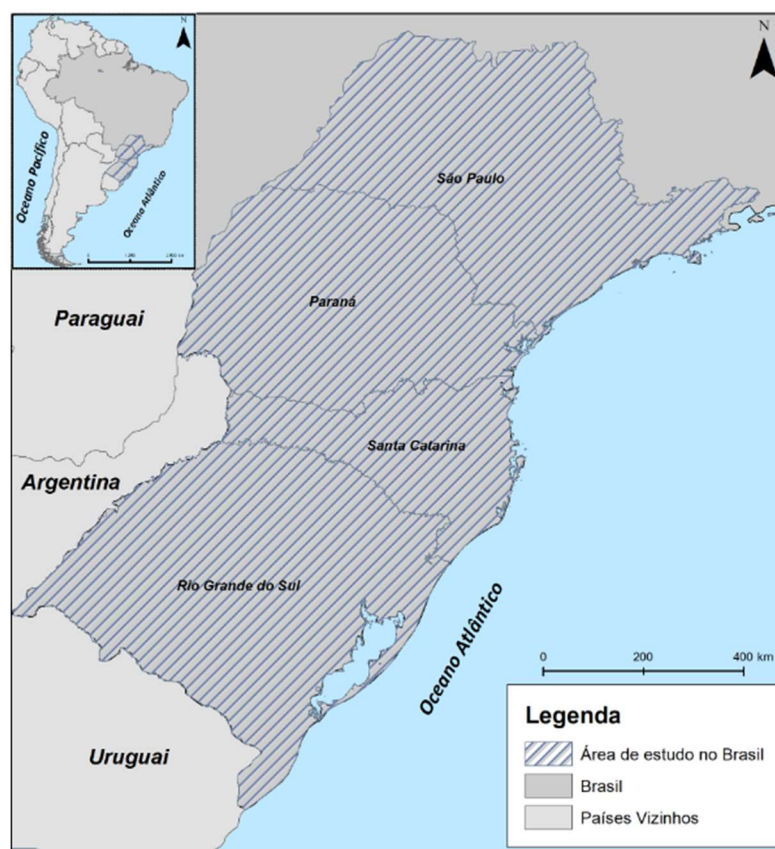
especializou os sistemas atmosféricos envolvidos na formação dos tornados no sul do Brasil e São Paulo entre 1959 e 2018.

METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho seguiu 3 etapas principais: A primeira etapa foi a construção do banco de dados de tornados registrados na área de estudo, utilizando dados de canais de meteorologia, trabalhos já publicados e principalmente do site “Pasillo de los tornados – Pasado y Presente”³, que se trata de um projeto mantido por meteorologistas argentinos com dados de tornados do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai.

A área de estudo (Figura 2) compreende os estados do Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e um estado da região Sudeste (São Paulo), estados com o maior número de registros no território brasileiro, segundo Rodrigues (2011).

Figura 2 - Localização da área de estudo em relação à América do Sul.



Fonte: Wollmann; Iensse (2018).

³ https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1E_a0e2B9ftXNQ-F5XIZgnGps2So&hl=en_US&usp=sharing



A hidrografia da área de estudo faz parte do sistema fluvial das bacias do Atlântico Sul e Sudeste, além do Rio da Prata e se estende por cinco países da América do Sul. Com uma extensão de 3.107.000 km² o sistema constitui-se por três grandes unidades hidrográficas, sendo elas: Rios Paraná, Paraguai e Uruguai (IENSSE, 2015). Em relação à hipsometria do terreno na área de estudo, nota-se que 70% encontram-se entre 50m e 200m de altitude e 30% da área de estudo possuem altitudes maiores que 200 m ficando restrita a Serra Geral, Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Planalto Meridional, no Brasil.

A segunda etapa foi de identificação dos sistemas atmosféricos envolvidos na gênese dos registros de tornados. Nesta etapa foram utilizadas as cartas sinóticas da Marinha do Brasil e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utilizando o horário das 12 horas e 00 horas do dia de cada evento. Os dados foram organizados em tabelas do Excel com o município, data e sistema atmosférico.

A terceira e última etapa foi feita no software ArcGIS 10.2.2, utilizando a base cartográfica contínua do IBGE para a localização dos tornados. A tabela do Excel foi exportada para o programa, sendo possível organizar na tabela de atributos a data e o sistema atmosférico correspondente ao registro para sua espacialização. Salienta-se que não se trata da localização exata do evento, mas sim da cidade de ocorrência.

REFERENCIAL TEÓRICO

A compreensão dos fenômenos climáticos é crucial para análises geográficas, exigindo a atribuição de escalas para avaliar o objeto de estudo, como exemplificado por Ribeiro (1993) e Ayoade (2003). Na climatologia, as escalas variam desde o macroclimático, que trata de vastas áreas terrestres, até a escala microclimática que foca em espaços menores como a áreas urbanas. Estas escalas ajudam a entender a dinâmica atmosférica e são aplicadas em estudos específicos, como a análise de tornados no corredor Sul-Americano, que necessita de dados de nível sinótico e zonal para sua compreensão.

Os tornados são eventos complexos, cuja gênese é influenciada por vários fatores climáticos desde a escala zonal até a microescala. Conforme NOAA (2017), o radar Doppler é crucial para identificar a formação de tornados, que podem ocorrer dentro de mesociclones gerados em super-células. A América do Sul, com seus diversos sistemas atmosféricos, apresenta uma variada classificação climática, impactando a ocorrência de eventos atmosféricos severos, conforme estudos de autores como Maddox (1980) e Viana et. al. (2009).



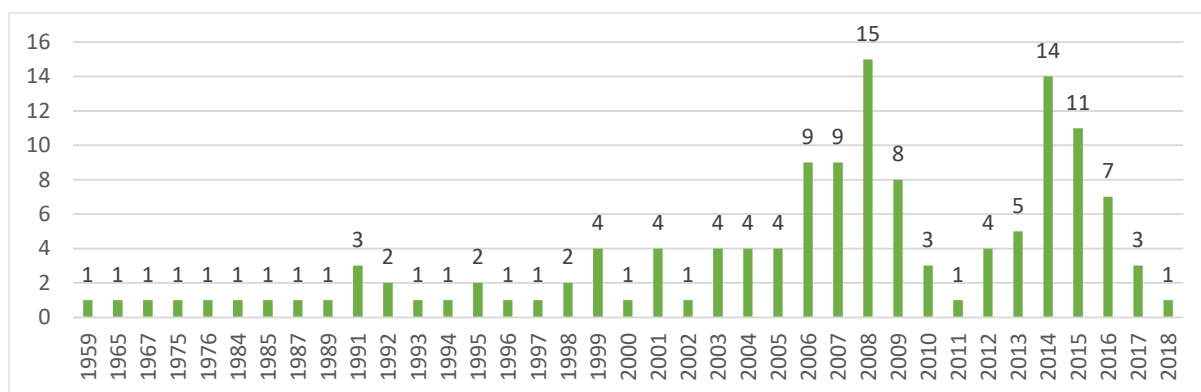
O termo tornado foi definido por Huschke (1959) como uma coluna de ar rotativa violenta pendente de uma nuvem Cumulonimbos, com ajustes posteriores por Glickman (2000) incluindo o contato com o solo na definição. Stull (2000) e Candido (2012) detalham a formação de tornados associada à vorticidade horizontal na baixa troposfera que, sob condições específicas, se verticaliza gerando um vórtice visível ou não, dependendo das condições de umidade local, como apontado por Ayoade (2003).

Os estudos comparativos entre o Corredor Sul-Americano e a Alameda dos Tornados nos EUA, como os realizados por Brooks et al. (2003) e Carlson et al. (1983), ressaltam a importância da análise de escalas climáticas para entender a ocorrência de tempestades severas e tornados. Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), essenciais para a precipitação nos trópicos e latitudes médias, são exemplos de fenômenos que impactam a gênese de tornados, evidenciando a interação entre diferentes escalas climáticas para a ocorrência de eventos extremos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todos foram 138 tornados especializados neste estudo. Quanto aos sistemas atmosféricos, a Frente Polar Atlântica (FPA), aparece nos registros dos quatro estados analisados. Entre os anos de 2006 e 2009 foram 30% dos registros e entre 2013 e 2016 aparecem com 27% dos registros. A Figura 3 apresenta o número de registro de tornados por ano entre 1959 e 2018.

Figura 3 – Número de tornados registrados no Sul do Brasil e São Paulo entre 1959 e 2018



Org.: Os autores, 2023.

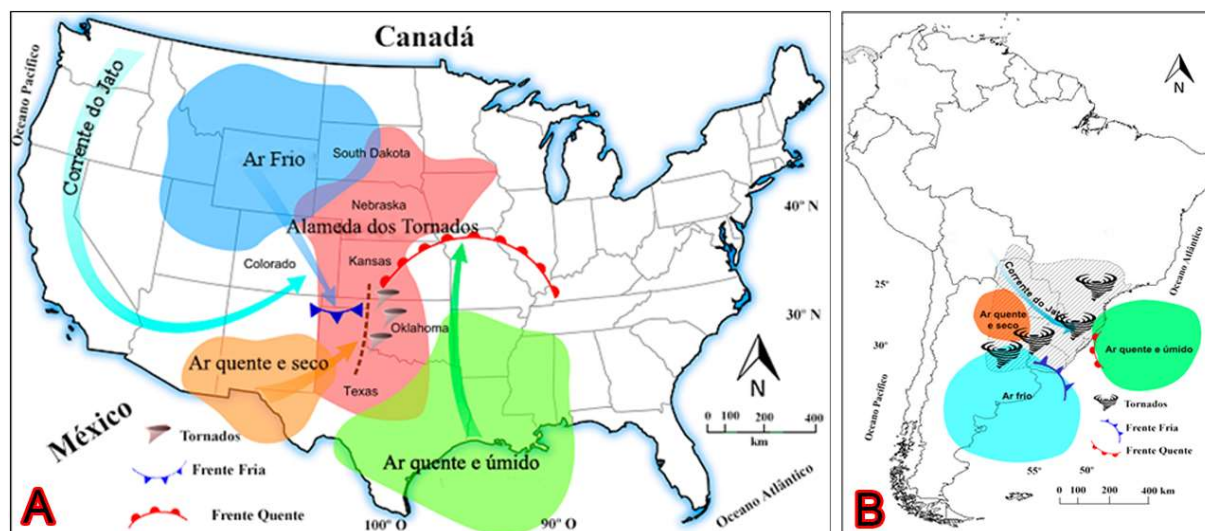


Os estudos sobre os tornados nos EUA são vastos devido à quantidade de eventos registrados ao longo do ano, com uma média de 1200 tornados tocando o solo (*touchdown*). Por ser um país onde existem muitos registros de tornados, principalmente no meio oeste, tal região foi denominada de “*Tornado Alley*” ou em português, Alameda dos tornados. Os EUA é a região do planeta mais propícia para a formação de tornados (GRAZULIS, 2001; LINDOP, 2003; ALLABY, 2004).

A Alameda dos Tornados (Figura 4A) possui os elementos essenciais formação de tornados, combinando o encontro do ar quente e seco, ar quente e úmido e o ar frio juntamente com a corrente do jato. Ao observar a dinâmica atmosférica regional da área de estudo deste artigo (Figura 4B), notou-se grande semelhança com a Alameda dos Tornados no EUA, pois ambas possuem os mesmos fatores climáticos que dão origem aos eventos tornádicos.

Em especial, observa-se o ar frio vindo da patagônia que adentra o continente sul-americano e encontra-se com o ar quente e seco que se origina na Baixa do Chaco que se origina a leste do Andes pela frontólise da Frente Polar Pacífica que ao extravasar a cordilheira sofre dissecação adiabática de acordo com Nimer (1989).

Figura 4 – Sistemas atmosféricos atuantes na Alameda dos Tornados, nos Estados Unidos, e no Corredor Sul-Americano (Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia).



Fonte: Adaptado de Iensse (2018).

Observa-se também o ar quente e úmido vindo do oceano originado da Massa Tropical Atlântica além da corrente do Jato que atua em alto nível da atmosfera se deslocando de oeste para leste colaborando para trocas de energia na atmosfera. Todos os sistemas atmosféricos



descritos são elementos que proporcionam a dinâmica atmosférica que eventualmente podem vir a formar tempestades tornádicas.

A conexão entre os fenômenos tornádicos nas duas regiões distintas, a Alameda dos Tornados nos EUA e o Corredor Sul-Americano, reside nas similaridades climáticas e padrões atmosféricos que favorecem a formação desses eventos extremos. Um entendimento aprofundado dos sistemas meteorológicos essenciais para a gênese de tornados, como a interação entre massas de ar de características diversas e a influência da corrente do jato são de extrema relevância.

A complexidade dos padrões climáticos associados aos tornados na América do Sul reflete de perto a dinâmica encontrada na Alameda dos Tornados nos EUA. Essa similaridade é particularmente evidente na convergência de massas de ar distintas: ar quente e seco, ar quente e úmido, e ar frio. Esta interação atmosférica cria condições ideais para o desenvolvimento de tempestades severas, um fenômeno também destacado no estudo sobre tempestades a leste da Cordilheira dos Andes de Rasmussen e Houze (2011). Essa constatação sublinha a complexidade e a imprevisibilidade inerente aos padrões climáticos que propiciam a formação de tornados.

Um aspecto que emerge no estudo dos tornados, especialmente no contexto sul-americano, é a predominância deles em áreas com o clima tipo Cfa. Interessantemente, este tipo climático, caracterizado por verões quentes e invernos amenos, não só abrange a maior parte dos eventos tornádicos na América do Sul, mas também é uma característica marcante da Alameda dos Tornados.

Esta característica reforça a ideia de que os padrões climáticos desempenham um papel vital na determinação da frequência e da distribuição geográfica de tornados. Além disso, destaca a importância de compreender as condições climáticas locais específicas que influenciam a ocorrência de tornados, mesmo em regiões geograficamente distantes, mas que compartilham características climáticas semelhantes.

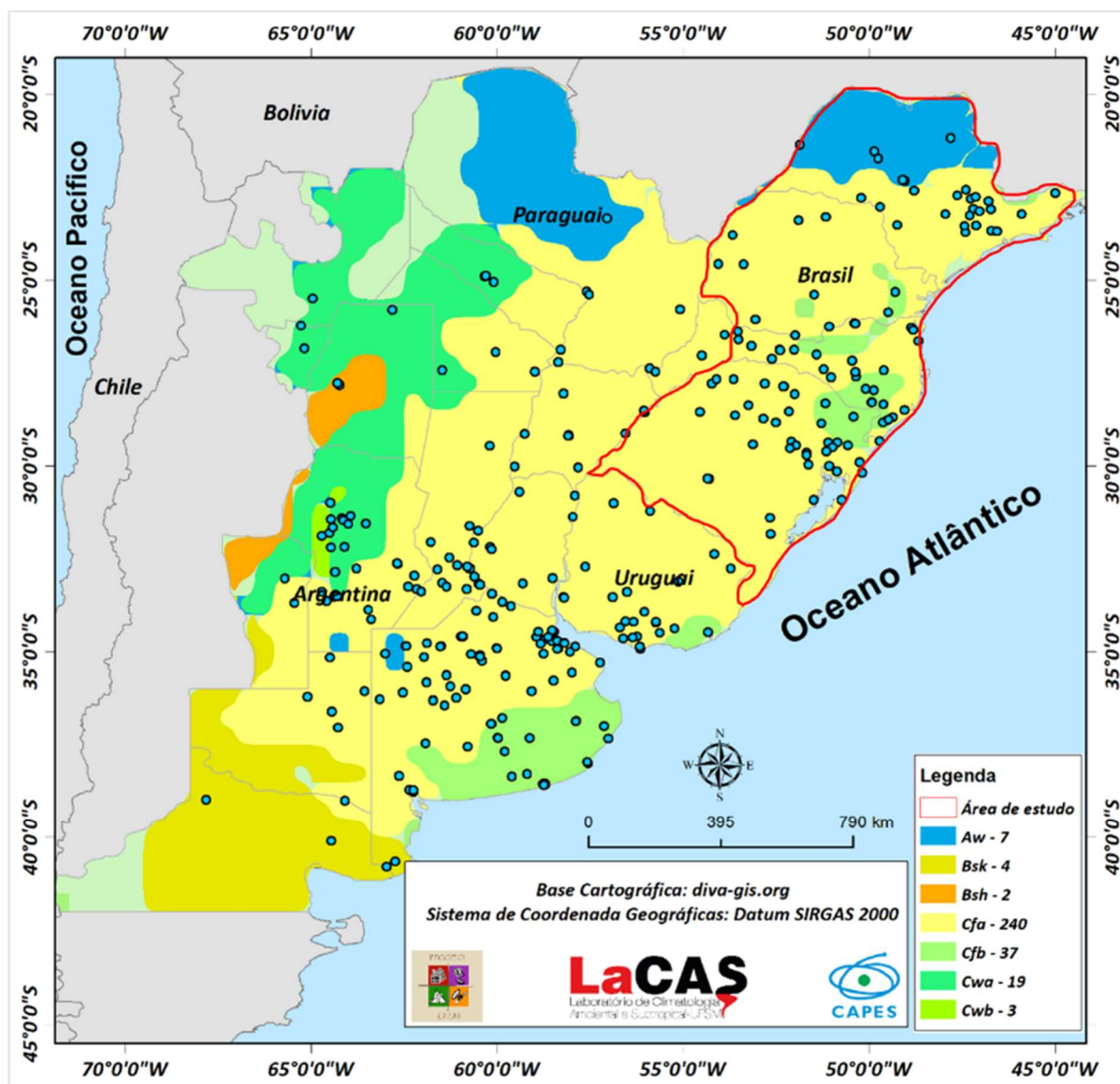
O tipo de clima Aw, contabilizou 7 (5%) tornados dos 138 registros considerados nesse objetivo, isto é, os tornados foram registrados sob o clima tropical com estação seca de inverno, estando localizados a noroeste de São Paulo. O tipo climático que possuiu o maior número de registros, foi Cfa, que registrou 119 (86%) tornados, salienta-se que a Alameda nos Estados Unidos, possui cerca de 60% de seu 'território' também no tipo de clima Cfa.

O segundo tipo climático com mais registros na área de estudo foi Cfb, contabilizando 12 registros (9%). Destaca-se que diferentemente do clima Cfa, o clima Cfb possui verão



temperado. Na figura 5 é possível observar o Corredor Sul-Americano com seus tipos climáticos, com destaque para área de estudo.

Figura 5 – Tipos climáticos no corredor Sul-Americano com destaque para área de estudo.

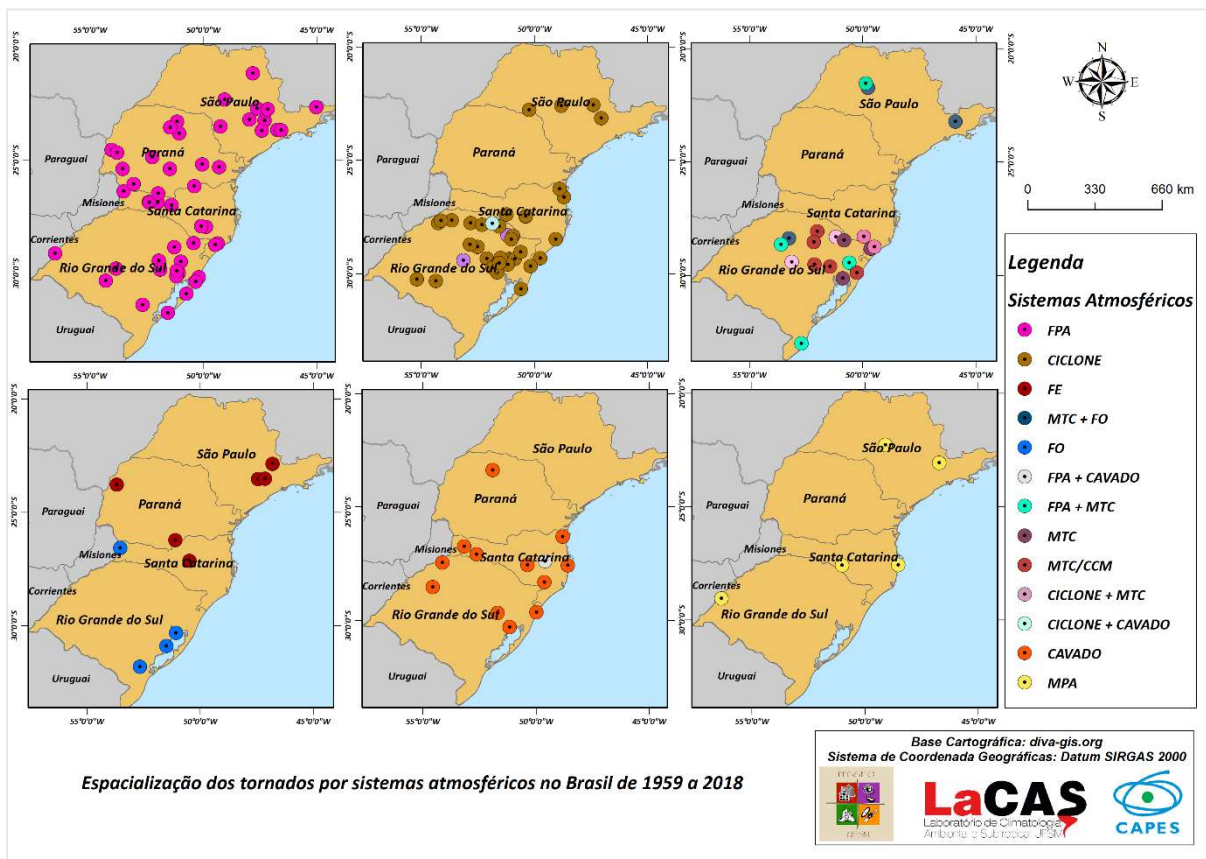


Fonte: Iensse (2018).

A distribuição dos fenômenos atmosféricos na região sul do Brasil apresenta padrões distintos (Figura 5). A Frente Polar Ativa (FPA) é predominantemente registrada na metade sul do Rio Grande do Sul e na região nordeste, estendendo-se até as altitudes mais elevadas. Essa mesma tendência é observada em Santa Catarina. No Paraná, a FPA é mais comumente registrada na metade sul, com apenas três ocorrências ao norte. Em São Paulo, os registros se concentram principalmente na metade leste do estado.



Figura 5 – Espacialização dos Sistemas Atmosféricos por registro de tornados na área de estudo entre 1959 e 2018.



Org.: Os autores, 2023.

A Frente Polar Ativa (FPA) é predominantemente registrada na metade sul do Rio Grande do Sul e na região nordeste, estendendo-se até as altitudes mais elevadas. Essa mesma tendência é observada em Santa Catarina. No Paraná, a FPA é mais comumente registrada na metade sul, com apenas três ocorrências ao norte. Em São Paulo, os registros se concentram principalmente na metade leste do estado.

Conforme observado por Sartori (2003), as frentes polares desempenham um papel significativo na ocorrência de precipitações no Sul do Brasil. O deslocamento predominante dessas frentes é de sudoeste para nordeste, o que reflete nos padrões de registro ao longo do território brasileiro, seguindo a direção frontal.

Em relação aos ciclones, os registros indicam uma predominância na metade norte-nordeste do Rio Grande do Sul, com apenas dois registros no sudoeste do estado. Em Santa Catarina, os ciclones são mais frequentemente registrados na região leste. No Paraná, não foram



identificados registros de tornados influenciados por ciclones, enquanto em São Paulo foram registrados quatro eventos no sudeste do estado.

É importante destacar que estudos anteriores, como os de Gan e Rao (1991), Sinclair (1994, 1995) e Mendes et al. (2010), corroboram a influência dos ciclones extratropicais ao longo do ano, com maior incidência no inverno devido à instabilidade baroclínica e às trocas de energia entre o oceano e a atmosfera. A corrente do Brasil também pode intensificar esses sistemas no Atlântico Sul (SINCLAIR, 1994, 1995).

Bitencourt et al. (2013) enfatizam a importância do estudo dos ciclones extratropicais explosivos na costa do Brasil, devido aos fenômenos climáticos severos associados a eles e à necessidade de compreender as estruturas dinâmicas e termodinâmicas envolvidas. É notável também a ocorrência de tornados no interior do continente devido ao deslocamento desses sistemas para o oeste, o que impulsiona as instabilidades associadas.

Os registros de tornados associados à Massa Tropical Continental (MTC) e outros sistemas correlacionados a ela estão restritos à metade nordeste do Rio Grande do Sul, na divisa com Santa Catarina, com um registro no sul do estado associado à FPA e três registros em São Paulo. A MTC desempenha um papel significativo na perturbação atmosférica, contribuindo com 4% a 6% dos eventos ao longo do ano e podendo gerar instabilidades tropicais e calhas induzidas.

Além disso, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são outro tipo de sistema convectivo que pode causar tempo severo. Viana et al. (2009) identificaram 22 eventos de CCMs no Rio Grande do Sul durante o trimestre de outubro, novembro e dezembro de 2003, resultando em 90 ocorrências de tempo severo associadas. É importante ressaltar que os CCMs têm a capacidade de evoluir para vórtices ciclônicos, inicialmente se apresentando como CCM e posteriormente assumindo a forma de ciclone (BONATITI; RAO, 1987).

Os tornados associados às Frentes Estacionárias (FE) e Frentes Oclusas (FO) ocorrem de forma mais dispersa nos quatro estados da área de estudo. No Rio Grande do Sul, a FO é registrada próxima à Lagoa dos Patos, enquanto em Santa Catarina há um registro na divisa com a Argentina. A FE, por sua vez, é observada no centro de Santa Catarina, na divisa entre Santa Catarina e Paraná, e no oeste do Paraná. Em São Paulo, a FE é registrada principalmente no sudeste do estado.

Os cavados são um elemento presente nos registros de tornados nos três estados do Sul do Brasil e desempenham um papel crucial na atmosfera, promovendo divergência e movimentos verticais que contribuem para a instabilidade observada nos eventos tornádicos.



Quanto à MPA, foram registrados tornados próximos à divisa do Rio Grande do Sul com Corrientes na Argentina, dois em Santa Catarina e dois em São Paulo, sem ocorrências no Paraná associadas à MPA.

A compreensão dos sistemas atmosféricos e climáticos é crucial para decifrar o complexo quebra-cabeça da ocorrência de tornados. Na região estudada, a interação entre diferentes padrões climáticos e sistemas atmosféricos cria um mosaico de fatores que influencia diretamente a distribuição e a frequência desses fenômenos extremos. A análise integrada, que combina dados detalhados com teorias climáticas, desempenha um papel vital neste entendimento. Cada sistema atmosférico, como a FPA, ciclones extratropicais, Complexos Convectivos de Mesoescala, e outros, contribui de maneira única para as condições que propiciam a formação de tornados. Por outro lado, os padrões climáticos, como os tipos Cfa, Aw e Cfb, fornecem o contexto de longo prazo dentro do qual esses sistemas atmosféricos operam.

A integração desses dados climáticos e meteorológicos permite identificar tendências, fazer previsões mais precisas e entender melhor os mecanismos subjacentes à formação de tornados. Por exemplo, a análise de dados estatísticos sobre a frequência de tornados em diferentes tipos climáticos pode revelar padrões ocultos ou correlações inesperadas. Este enfoque abrangente é essencial para avançar no conhecimento científico sobre tornados. Ele não apenas ajuda a prever e preparar-se melhor para esses eventos extremos, mas também destaca a diversidade de fatores que compõem o clima e o tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo em questão, focado em espacializar os sistemas atmosféricos envolvidos na formação de tornados no sul do Brasil e em São Paulo de 1959 a 2018, revela mudanças significativas na percepção e registro desses fenômenos. Historicamente considerados quase exclusivos da América do Norte, os tornados têm sido crescentemente documentados em outros continentes, inclusive na América do Sul. Esta mudança deve-se, em parte, ao aumento da ocupação geográfica e ao avanço tecnológico que facilitou o registro e a disseminação de informações sobre esses eventos extremos.

Durante o período analisado, identificou-se um total de 138 tornados na área estudada, com a Frente Polar Atlântica (FPA) destacando-se como um sistema atmosférico frequentemente associado a esses eventos nos quatro estados abordados. Esta observação é



consistente com padrões já identificados na literatura, que apontam a influência de sistemas como ciclones extratropicais e frentes polares na ocorrência de tornados, refletindo as características geográficas e climáticas específicas da região.

A metodologia empregada neste estudo incluiu a criação de um banco de dados abrangente e a identificação detalhada dos sistemas atmosféricos envolvidos. A espacialização dos dados, que envolveu a análise geograficamente precisa dos eventos, foi enriquecida pela utilização de várias fontes de dados, como canais de meteorologia, estudos anteriores e registros de meteorologistas argentinos. Essa abordagem multifacetada permitiu uma compreensão mais profunda da dinâmica dos tornados no sul do Brasil, contribuindo significativamente para a preparação e resposta a esses eventos. No entanto, o estudo enfrentou algumas limitações, notadamente a dependência de registros históricos que podem ter subnotificado eventos, especialmente nos anos anteriores à era digital. Além disso, a localização aproximada dos tornados, baseada na cidade de ocorrência, pode não refletir o local exato do evento.

Integrando os achados obtidos na discussão anterior sobre a importância da análise climática e dos sistemas atmosféricos na compreensão dos tornados, o estudo reafirma a complexidade da interação entre diferentes padrões climáticos e sistemas atmosféricos na geração desses fenômenos. A análise integrada dos tipos climáticos, como Cfa e Aw, com as dinâmicas dos sistemas atmosféricos específicos, como a FPA, os ciclones e os Complexos Convectivos de Mesoescala, oferece uma visão abrangente do comportamento dos tornados na região. Em resumo, este estudo alcançou seu objetivo de entender a dinâmica espaço-temporal relacionada aos tornados no sul do Brasil e São Paulo, e buscou auxiliar o campo da climatologia, fornecendo informações para a melhor preparação e resposta a esses eventos extremos na região.

REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel. 3. Ed. 2003.
- BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; CARDOSO, C. S. Climatologia de Ciclones Explosivos Para a Área Ciclogênica da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia** 28, 43-56. 2013.
- BONATTI, J. P.; RAO, V. B.: Moist baroclinic instability in the development of North Pacific and South American intermediate-scale disturbances. **J. Atmos. Sci.**,44, 2657-2667. 1987.



CANDIDO, D. H. **Tornados e Trombas d'água no Brasil: Desenvolvimento de um modelo e proposta de escala de avaliação de danos.** 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas. 2012.

FUJITA, T. T. Proposed Characterization of Tornadoes and Hurricanes by Area and Intensity. **Satellite and Mesometeorology Research Paper 91**, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago, Chicago, Il. 1971.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclongenesis over South America. **Mon. Wea. Rev.**, 119, 1293-1302.1991.

GAN, M. A.; RAO, V. B. The influence of the Andes Cordillera on transient disturbances. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 6, p.1141-1157, 1994.

GLICKMAN, T. S. **Glossário de Meteorologia.** 2ª Ed. Amer. Meteor. Soc., 855 pp. 2000.

HUSCHKE, R. E.: **Glossary of meteorology.** (American Meteorological Society), Boston, 1959.

IENSSE, A. C. **Circulação Atmosférica Regional E A Ocorrência De Tornados E Trombas D'água No Rio Grande Do Sul, No Período De 2001 A 2015.** 70p. (Trabalho de Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

IENSSE, A. C. **A gênese dos eventos tornádicos no Corredor Sul-Americano.** 98p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

LOPES, M. M.; NASCIMENTO, E. de L. Use of remote sensing via satellite in the identification of tornado damage paths in a severe weather event in Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 42, p. e8, 2020. DOI: 10.5902/2179460X55309.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bull. Am. Meteorol. Soc.** 61, 1374-1387. 1980.

MARCELINO, I. P. V. O.; FERREIRA, N. J.; CONFORTE, J. C. Análise do episódio de tornado ocorrido no dia 07/02/98 no município de Abdon Batista - SC. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 05-10. 1 CD-ROM.

MENDES, D.; SOUZA, E. P.; MARENGO, J. A.; MENDES, M. C. D. Climatology of extratropical cyclones over the South American-Southern oceans sector. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 100, n. 3-4, p.239-250, 2010.

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**, São José Dos Campos, v. 20, n. 1, p.121-140, 15 fev. 2005.

RASMUSSEN K. L.; HOUZE R. A. Jr. Orographic convection in South America as seen by the TRMM satellite, **Mon. Weather Ver.** v.139, 2011.



SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SINCLAIR, M. R. An Objective Cyclone Climatology for the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 10, p. 2239–2256, out. 1994.

STULL, R. B., **Meteorology for Scientists and Engineers**, Pacific Grove: Brookes Cole. p. 339 -35, 2000.

VIANA, D. R.; AQUINO, F.E., MUÑOZ, V. A.: Avaliação dos desastres naturais no Rio Grande do Sul, associados aos complexos convectivos de mesoescala: **Sociedade e Natureza**. v. 21, n. 2, 2009.

WRITZL, L.; WOLLMANN, C. A.; IENSSE, A. C.; SILVA, A. N. da. Genesis and probability of tornado occurrence in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 42, p. e18, 2020.

WOLLMANN; C. A.; IENSSE, A. C. A GÊNESE CLIMÁTICA DOS TORNADOS NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL E SÃO PAULO. **Geo UERJ**, v. 0, n. 34, p. 40941, 2019.

ZIPSER, E. J. et al. WHERE ARE THE MOST INTENSE THUNDERSTORMS ON EARTH? **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 87, n. 8, p. 1057–1072, ago. 2006.