

ANÁLISE DAS FRENTES FRIAS NO SUL DE MINAS GERAIS E NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL ENTRE 2009 E 2022

Natan C. de O. Nogueira<sup>1</sup> (IC), Pedro H. G. Machado<sup>1</sup> (IC), Michelle S. Reboita (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá.

**Palavras-chave:** Análise sinótica. Frentes frias. Precipitação.

**Introdução**

Frente é um sistema atmosférico que é definido como a zona de contato entre duas massas de ar com diferentes propriedades termodinâmicas (temperatura e umidade). Podem ser classificadas em quatro tipos: frente fria, frente quente, frente estacionária e frente oclusa. Com ênfase nas frentes frias, estas podem ter origem polar ou em latitudes mais afastadas dos polos ( nos subtropicais) (Oliveira et al., 2001; Ynoue et al., 2017). Além disso, quando as frentes frias se deslocam para latitudes mais baixas atuando de forma mais enfraquecida, recebem a denominação de frentes subtropicais (Reboita et al., 2016; Souza et al., 2016; Escobar et al., 2016). As frentes frias são responsáveis por mudanças bruscas de temperatura e pressão atmosférica, que modificam as condições meteorológicas locais, causando nebulosidade e muitas vezes precipitação, que pode ser volumosa e/ou intensa (Ynoue et al., 2017).

Devido às peculiaridades dos sistemas frontais como de ser um sistema de escala sinótica em comprimento e de mesoescala em largura, por apresentar deslocamento e ser uma região em que a vorticidade não é uma única banda, mas núcleos que se conectam, a identificação desses sistemas através de algoritmos é muito complexa, o que inclui erros de identificação. Para um estudo regionalizado e não muito longo, pode-se aplicar a análise sinótica tradicional (manual) de cartas, que embora ainda seja um método subjetivo está menos propenso a erros na identificação das frentes.

**Metodologia**

A área de estudo compreende os sub-domínios sul de Minas Gerais (SMG) e sul do Rio Grande do Sul (SRS). O estudo utilizou dados de diferentes fontes: cartas sinóticas de superfície nos horários sinóticos padrão, 0000, 0600, 1200 e 1800 Z, entre os anos de 2009 e 2022, disponibilizadas pelo Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). As variáveis, com resolução horizontal de 0.25° x 0.25°, da ERA5

utilizadas são a componente zonal (u) e meridional (v) diárias do vento a 10 metros de altura (m s<sup>-1</sup>). O download dos dados é realizado na plataforma do Climate Data Store (CDS). Para a precipitação, são utilizados dados diários das análises do Climate Prediction Center (CPC), com resolução horizontal de 0.5° x 0.5°.

Em seguida foi realizado o procedimento de identificação de frentes frias (FFs) através da visualização de cartas sinóticas de superfície fornecidas pelo CPTEC no período de 01/01/2009 a 30/03/2022. Com isso se obteve a tabela (1) com o horário sinótico, dia, mês e ano da passagem da frente fria e espessura da camada padronizados com códigos de identificação, sendo eles: Código 0 (Para quando a frente fria passa somente pelo Rio Grande do Sul sem chegar a Minas Gerais), Código 1 (para quando a frente fria passa pelo Rio Grande do Sul e chega em Minas Gerais) e Código 2 (para quando a frente fria passa somente por Minas Gerais sem passar pelo Rio Grande do Sul), como exemplificado no quadro abaixo.

Frentes frias no sul do Rio Grande do Sul						Código	Frentes frias no sul de Minas Gerais					
Hora	Dia	Mês	Ano	espl w	esph gh		Hora	Dia	Mês	Ano	espl w	esph gh
0:00	1	1	2009	558	564	0						
						2	12:00	4	1	2009	576	582
0:00	8	1	2009	564	570	0						
12:00	18	1	2009	570	576	0						
						2	12:00	21	1	2009	570	576
18:00	6	2	2009	570	576	0						
12:00	11	2	2009	570	576	0						
0:00	23	2	2009	570	576	0						
6:00	5	3	2009	570	576	0						
6:00	15	3	2009	564	570	0						
12:00	31	3	2009	564	570	0						
0:00	1	4	2009	564	570	0						
0:00	5	4	2009	564	570	0						
6:00	8	4	2009	564	570	0						
6:00	14	4	2009	564	570	0						
6:00	19	4	2009	558	564	0						
0:00	30	4	2009	564	570	0						

Tabela 1 - Tabela de identificação por código das frentes para SRS e SMG.

Foram feitas análises estatísticas, as quais incluem a frequência mensal, sazonal e anual de frentes frias em cada uma das regiões e considerando os códigos

descritos na seção precedente. Além disso, foram elaboradas composições para descrever a evolução espaço-temporal das variáveis atmosféricas descritoras dos sistemas frontais. Assim, uma vez identificado o dia da frente, selecionou-se dois dias antes e dois dias após esse, usando sempre como referência o horário das 1200 Z. Esse horário foi escolhido por possuir maior número de dados observados nas reanálises sobre a América do Sul. De posse das datas, foi calculada a média das variáveis atmosféricas (precipitação, vento) considerando a separação por estação do ano e, por fim, foi calculada a anomalia (composição menos a média climatológica da estação).

### Resultados e discussão

Das 740 FFs observadas, 497 são do código 0, 200 do código 1 e 43 do código 2, totalizando 697 FFs que passaram só no SRS e 243 que passaram só em SMG. Portanto, 82% das FFs que passaram no SRS também passaram pelo SMG. (Figura 1)

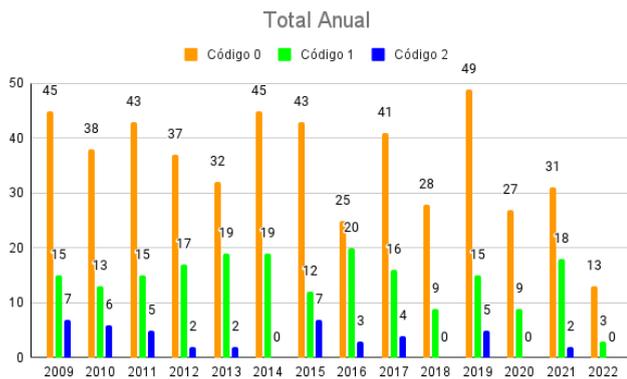


Figura 1 – Total de frentes por código em cada ano.

O período de maior entrada de frentes no sul e sudeste do Brasil é nos meses de primavera e inverno e menor, nos meses de verão. (Figura 2)

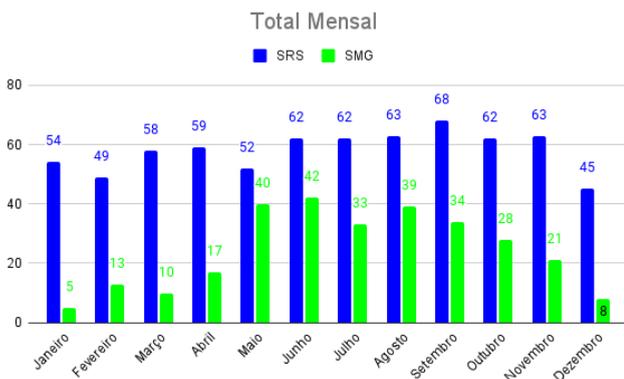


Figura 2 – Total de frentes por mês para SRS e SMG.

Em termos médios, as FFs do código 0 por mês são mais frequentes em comparação as dos códigos 1 e 2 na maioria dos meses, porém, à medida que chegam os meses de outono e inverno a diferença entre o código 0 e 1 se torna menor. Isso indica que nesses meses, os sistemas frontais se deslocam mais a norte passando mais frequentemente tanto pelo SRS quanto pelo SMG. As FFs do código 2 apresentam pouca variabilidade sazonal. Conclui-se que o período de maior entrada de FFs no sul e sudeste do Brasil é nos meses de primavera e inverno e menor, nos meses de verão.

O tempo médio de deslocamento de uma FF que passa pelo SRS até o SMG é de 2 (dois) dias. As FFs tendem a passar mais rapidamente em meses de verão e demoram mais durante os meses de inverno. Em relação aos dados anuais, não há uma tendência clara sobre o tempo dessa passagem.

O campo de anomalia na Figura 3 e 4 (para a composição da precipitação menos a média climatológica do período de estudo) por estação do ano e o padrão de vento para dois dias antes (-2), um dia antes (-1), no dia da frente (0), um dia depois (+1) e dois dias depois da frente (+2) foi plotada para o SRS e para o SMG para cada estação, verão, outono, inverno e primavera (DJF, MAM, JJA, SON, respectivamente).

Os maiores acumulados são mostrados tanto para o SRS quanto para o SMG no período DJF devido à atuação frontal, bem como o favorecimento de sistemas convectivos e de configurações em médios níveis; em contrapartida, no período JJA, observa-se acumulados de precipitação menores devido ao perfil mais seco na parte central do Brasil. No verão do SMG, é possível visualizar também a distribuição de chuvas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que contribui também para os acumulados plotados.

Observa-se que no período DJF a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) está mais afastada do continente permitindo uma atividade mais convectiva e condições úmidas e à medida que se aproxima o período JJA, há uma aproximação para dentro do continente jogando ar mais seco e possuindo um perfil subsidente que desfavorece a formação de chuva. Nota-se uma convergência dos ventos próximo às regiões de estudo em todos os dias 0.

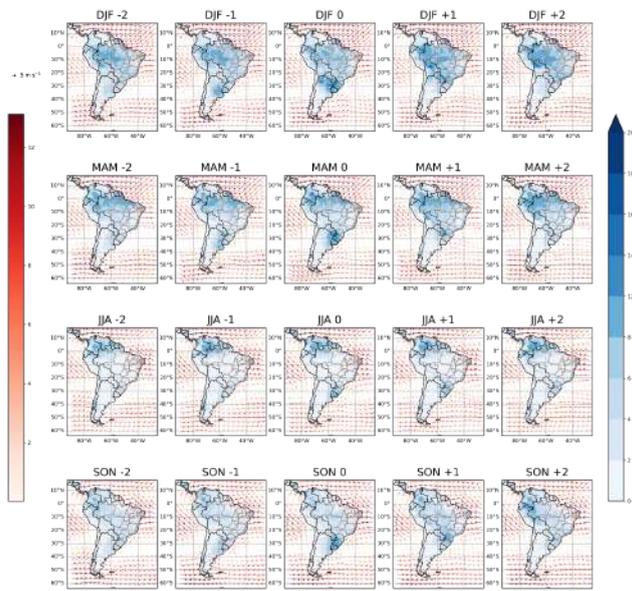


Figura 3 - Paineis da análise da chuva e padrão de vento do SRS para cada dia e estação. Cores azul mais escuro indicam valores mais altos de precipitação, cores azul mais claro indicam baixos valores de precipitação. Ventos mais intensos são plotados com cores mais avermelhadas e ventos de fraco a ausente com cores mais claras.

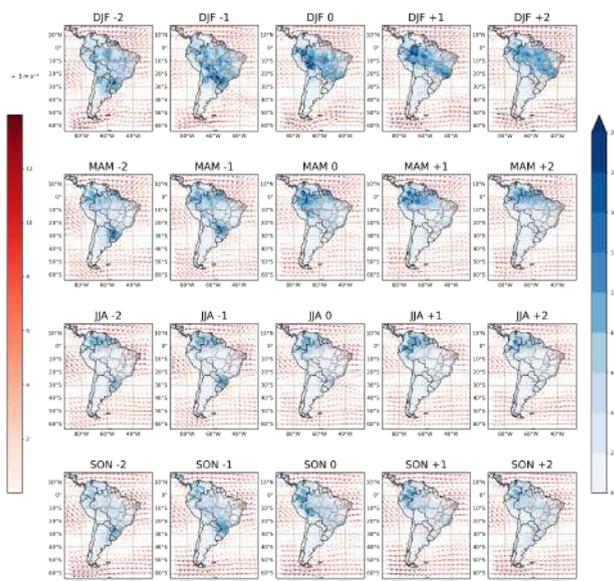


Figura 4 - Paineis da análise da chuva e padrão de vento do SMG para cada dia e estação. Cores azul mais escuro indicam valores mais altos de precipitação, cores azul mais claro indicam baixos valores de precipitação. Ventos mais intensos são plotados com cores mais avermelhadas e ventos de fraco a ausente com cores mais claras.

Para a análise da porcentagem da contribuição das FFs no regime pluviométrico de cada estação, no SRS, percebe-se que a contribuição da precipitação pelas FFs no dia 0 para o acumulado sazonal total é de aproximadamente 100% em todas as estações. Porém, para o SMG, apenas no inverno essa contribuição é próxima de 100%, tendo as outras estações porcentagens menores no dia 0 (Figuras 5 e 6).

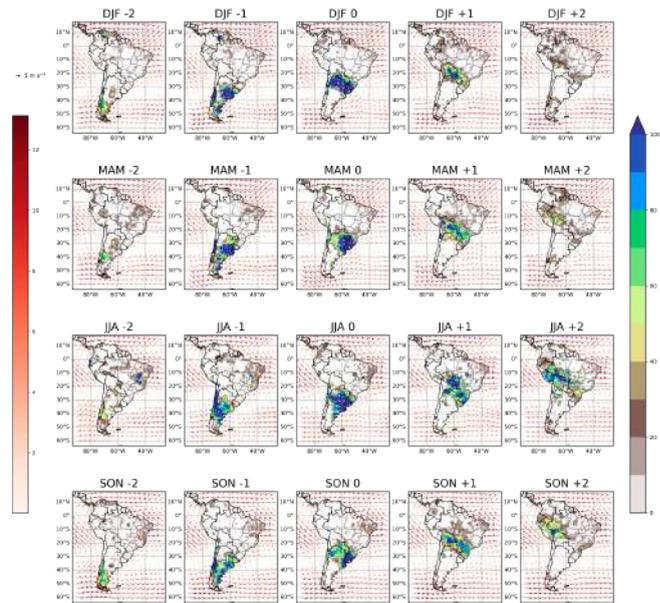


Figura 5 - Porcentagem da composição dos dias das FFs menos a média climatológica da estação para o SRS. Cores azuis indicam de 80% a 100%, cores cinzas indicam de 10% a 0%. Ventos mais intensos são plotados com cores mais avermelhadas e ventos de fraco a ausente com cores mais claras.

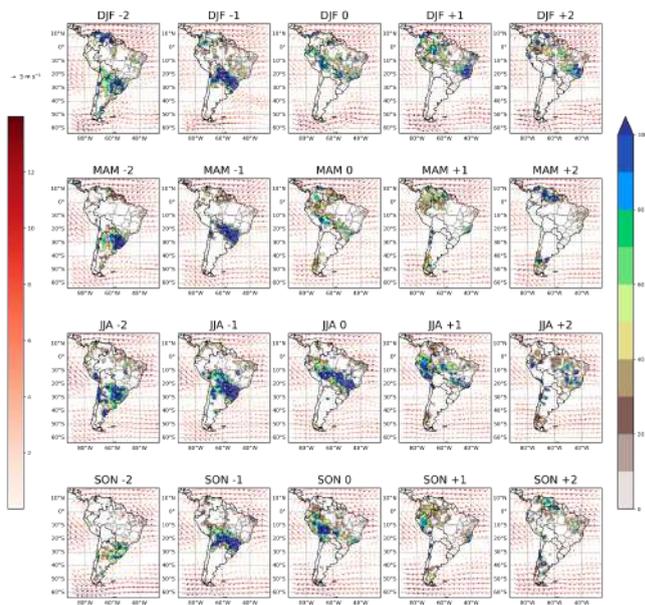


Figura 6 - Porcentagem da composição dos dias das FFS menos a média climatológica da estação para o SMG. Cores azuis indicam de 80% a 100%, cores cinzas indicam de 10% a 0%. Ventos mais intensos são plotados com cores mais avermelhadas e ventos de fraco a ausente com cores mais claras.

### Conclusões

Do total das frentes analisadas, 82% das frentes que passam pelo SRS também passam pelo sul de Minas Gerais. Os meses que possuem maior frequência de passagem de frentes no sul de Minas Gerais são os de inverno, já no sul do Rio Grande do Sul são os de inverno e primavera. Há uma grande diferença entre o número de frentes entre as estações na região mineira, o que não se observa na região sul grandense.

O tempo de deslocamento de uma frente fria que passa pelo sul do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais é de aproximadamente 2 dias, com isso, observou-se que as frentes passam entre os locais citados em média mais rapidamente no verão e mais devagar no inverno.

Os acumulados de precipitação no dia da frente e nos 2 dias anteriores e posteriores a frente para o sul do Rio Grande do Sul são maiores no verão, menores no inverno e a contribuição em percentual das frentes é de quase 100% para todas as estações, porém, para o sul de Minas Gerais, o observado é acumulado maior no verão, menor nas outras estações e a contribuição em percentual é de quase 100% apenas para o inverno.

### Agradecimento

Os autores agradecem ao CNPq e à UNIFEI pelo auxílio financeiro e aos centros que disponibilizaram os dados utilizados no estudo.

### Referências

OLIVEIRA, L. L; VIANELLO, R. L; FERREIRA, N. J. Meteorologia Fundamental. Erichim, RS: EDIFAPES, 2001. p.432.

REBOITA, M. S; ESCOBAR, G; CORRÊA, M. P. Participação em banca de Amanda Caroline de Souza. Classificação de frentes frias polares, frentes subtropicais e cavados baroclínicos. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Atmosféricas) – Universidade Federal de Itajubá, 2017.

YNOUE, R. Y. et al. Meteorologia: Noções Básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.