UFSM

CIÊNCIA e NATURA

ISSN 2179-460X
OPEN ACCESS

Ci. e Nat., Santa Maria, v. 48, e94750, 2026 • https://doi.org/10.5902/2179460X94750
Submissão: 08/12/2025 • Aprovação: 31/03/2026 • Publicação: 25/09/2026

Geografia

Ocorrência de geadas no Rio Grande do Sul: variabilidade e tendências

Frost occurrence in Rio Grande do Sul: variability and trends

Denise Cybis Fontana[I], **Bernadete Radin**[I], **Eduardo Demarchi Rodrigues da Silva**[I], **Guilherme Ari Ferreira de Oliveira**[II]

[I] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
[II] Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

RESUMO

Considerando como importantes os prejuízos causados pela ocorrência de geadas à atividade agropecuária, o objetivo desse trabalho foi analisar e caracterizar a variabilidade na ocorrência de geadas nas diferentes Regiões Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, de forma a gerar informações úteis para minimização de risco. A ocorrência de geadas foi estimada a partir da temperatura mínima do ar, medida em abrigo meteorológico (período 1961-2021). Foi considerado como dia de ocorrência de geada (DG) os dias em que a temperatura mínima do ar apresentou valores iguais ou inferiores a 3ºC. Os resultados mostraram que a geada é um fenômeno meteorológico adverso à agropecuária do RS que ocorre em três das quatro estações do ano, apresenta alta frequência de ocorrência e variabilidade entre regiões. O inverno é destacadamente a estação do ano com maior número de DG e também com maior variabilidade entre um ano e outro. Na primavera ocorrem mais dias com geada do que no outono. Existe associação entre o fenômeno ENOS e o número de DG no RS, mostrando variações conforme a estação do ano e local. O El Niño reduz o número de dias com geadas especialmente no inverno; no outono o padrão é similar, mas com menor intensidade; na primavera não há associação. Na La Niña, a associação é menos consistente do que no El Niño e mais variável entre as estações do ano e os locais. A altitude é o fator geográfico melhor correlacionado (positivamente) ao número de dias com geadas no RS. Não há tendência consistente de alteração no número de DG ao longo do tempo que predomine no RS.

Palavras-chave: Temperatura mínima do ar; Risco; ENOS

ABSTRACT

Considering the significant losses caused by frost events to agricultural and livestock activities, this study aimed to analyze and characterize the variability in frost occurrence across the Ecoclimatic Regions of

Published by Ciência e Natura under a CC BY-NC-SA 4.0 license.

Rio Grande do Sul, in order to generate information useful for risk reduction. Frost occurrence was estimated based on minimum air temperature measured in a meteorological shelter (1961–2021). Days with minimum air temperature equal to or below 3°C were classified as frost days (FD). The results showed that frost is an adverse meteorological phenomenon for agriculture in Rio Grande do Sul, occurring in three of the four seasons, with high frequency and marked variability among regions. Winter is notably the season with the highest number of FD, as well as the greatest year-to-year variability. Spring exhibits more frost days than autumn. There is an association between the ENSO phenomenon and the number of frost days in the state, with variations depending on season and location. El Niño reduces the number of frost days, especially in winter; in autumn, the pattern is similar but weaker; in spring, no association is observed. Under La Niña, the association is less consistent than under El Niño and more variable across seasons and locations. Altitude is the geographic factor most strongly and positively correlated with the number of frost days in the state. No consistent long-term trend in the number of FD predominates across Rio Grande do Sul.

Keywords: Minimun air temperature; Risk; ENSO

1 INTRODUÇÃO

Na meteorologia, considera-se que ocorre geada quando há a formação de gelo sobre as superfícies expostas ao ar, quando a temperatura da superfície atinge 0°C ou menos. Já no contexto agropecuário, o conceito de geada envolve os danos causados às plantas ou a partes delas — como folhas, frutos, ramos e caules — em decorrência das baixas temperaturas, que provocam danos nos tecidos vegetais, com ou sem a formação de gelo (Pereira *et al*., 2002; Snyder e Melo-Abreu, 2005).

Na Região Sul do Brasil a ocorrência de geada é frequentemente associada às massas de ar polar originárias da Antártica (Cardozo *et al*., 2015). Quando essas massas de ar frio entram em contato com o ar mais quente das latitudes menores, formam-se os sistemas frontais, que resultam em precipitação e posterior queda da temperatura do ar. Após a passagem das frentes, se a massa de ar polar for intensa, pode ocorrer geada nas áreas mais suscetíveis. As geadas tendem a ocorrer com maior frequência entre os meses de abril e setembro, sendo junho e julho os períodos mais críticos. A frequência do fenômeno está relacionada à latitude, à altitude e à dinâmica das massas de ar, especialmente as frentes frias e massas polares que vêm do Sul (Wrege *et al*., 2018).

No Rio Grande do Sul a variabilidade do fenômeno é alta, sendo os meses do inverno (junho, julho e agosto) que concentram a maior ocorrência de geadas (Oliveira, 1997; Tazzo *et al.*, 2024), o que compromete as lavouras e causa prejuízos econômicos significativos mesmo para culturas de inverno como o trigo (Cunha *et al.*, 2009). Os efeitos da geada nas plantas são geralmente irreversíveis, já que o fenômeno provoca estresse térmico e morte de tecidos vegetais (Bergamaschi e Bergonci, 2017).

É importante salientar que sérios prejuízos à agropecuária no Estado ocorrem, especialmente quando as geadas ocorrem fora das épocas típicas (geadas precoces e tardias), impactando a produção de cereais de inverno como trigo, aveia, cevada e canola, além de frutas de clima temperado. Na pecuária, a geada precoce, de outono, cresta as pastagens, determinando a perda de peso do rebanho, resultando em redução do escore corporal dos animais e na produção de leite (Tazzo *et al.*, 2024; Wrege *et al.*, 2018).

Compreender as características climáticas e as peculiaridades entre as Regiões Ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul (RS) é essencial para a análise de risco de ocorrência de eventos extremos, como é o caso da geada, contribuindo para um melhor planejamento agrícola com base em dados históricos. Nos estudos climatológicos de geadas dois critérios são mais comumente utilizados: a observação visual da formação de cristais de gelo sobre as superfícies e a inferência da ocorrência de geadas a partir de medições de temperatura do ar. Considerando que o dado de temperatura do ar é o dado mais amplamente medido em estações meteorológicas, a utilização desse critério permite ampliar sobremaneira a base de dados disponível para a caracterização no tempo e no espaço da ocorrência de geadas. Salienta-se que devido à inversão térmica característica das noites frias e sem vento, esse é um critério muito utilizado em estudos climatológicos do fenômeno (Pezza & Ambrizzi, 2003; 2005), devido à sua objetividade.

Estudos anteriores, que quantificaram a diferença entre a temperatura mínima do ar (sensor posicionado dentro do abrigo meteorológico a 1,5m) e a temperatura da relva (sensor exposto ao ar a 0,05m), mostraram que existe um

certo limiar abaixo do qual as temperaturas do ar medidas no abrigo meteorológico estão associadas à ocorrência de geadas. Mas a diferença entre a temperatura mínima do abrigo e da relva depende de fatores atmosféricos associados aos topográficos e às características da superfície do solo e da cobertura vegetal. Normalmente, as maiores diferenças de temperatura do ar ocorrem em noites sem nuvens e vento, com intenso resfriamento por radiação (Silva e Sentelhas, 2001; Alvares *et al.*, 2017). O valor mais frequentemente adotado como esse limiar é de 3ºC (Ferreira *et al.*, 2006; Simões *et al.*, 2015; Wrege *et al.*, 2018).

A geada é um fenômeno que vem sendo bastante estudado (Wrege *et al.*, 2018; Tazzo *et al.*, 2024), mas ainda assim é necessário a constante atualização das séries de dados analisados, incluindo dados mais recentes, especialmente frente às mudanças que estão sendo verificadas no Planeta em decorrência das atividades antrópicas (IPCC, 2023). Diante disso, o estudo teve como objetivo analisar e caracterizar a variabilidade na ocorrência de geadas nas diferentes Regiões Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, de forma a gerar informações úteis para minimização de risco na atividade agropecuária neste Estado. O artigo se propõe a contribuir na resposta de algumas questões: como é a variabilidade da ocorrência de geadas nas diferentes regiões do Estado e estações do ano? Existem fenômenos de grande escala que afetam a ocorrência de geadas no RS? Quais fatores geográficos estão associados à ocorrência de geadas no RS? As alterações na atmosfera terrestre estão alterando a ocorrência de geadas no RS?

2 MATERIAL E MÉTODOS

A ocorrência de geadas foi estimada a partir da temperatura mínima do ar, medida em abrigo meteorológico, considerando o período de 1961 a 2021. Foi considerado como dia de ocorrência de geada (DG) os dias em que a temperatura mínima do ar apresentou valores iguais ou inferiores a 3ºC, conforme recomendado por Ferreira *et al.* (2006) para as condições climáticas do RS. A fonte dos dados de

temperatura do ar foram 17 estações meteorológicas distribuídas nas nove Regiões Ecoclimáticas do Estado, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (Tabela 1). De todas as estações meteorológicas utilizadas, somente em Passo Fundo, a série de dados de temperatura do ar estava completa, com 672 observações disponíveis no período. Em todas as demais estações meteorológicas ocorreram falhas de dados. Em 15 estações meteorológicas as falhas foram inferiores a 30% e em uma estação (Santana do Livramento) as falhas foram de 45% do total de dados potenciais.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e calculados para cada local os totais mensais, sazonais e anuais de DG. Os anos em que havia falhas de dados, os totais sazonais e anuais foram excluídos da análise. Na análise sazonal foi considerado como verão os meses de dez-jan-fev, outono, mar-abr-mai, inverno, jun-jul-ago e primavera, set-out-nov. Foram então calculadas as estatísticas de média e máximo de DG em cada período de análise. A representação gráfica da variabilidade ocorrida em cada estação do ano foi feita através de diagramas de caixas (box plots). Foi ainda calculado a frequência de ocorrência de DG no outono, inverno e primavera, considerando todos os anos e localidades conjuntamente.

Posteriormente foi feita a análise de correlação entre fatores geográficos (Latitude, altitude e continentalidade) e DG. A continentalidade (distância do mar) foi determinada em função da latitude e longitude, com base na linha reta paralela à costa do RS, tendo sido utilizada a expressão ajustada para o Rio Grande do Sul por Simões (2015):

$$Cont = -Lon + \left\{\left[Lat - (-28)) * \left(\frac{-48-(-53)}{-28-(-34))}\right)\right] + (-48)\right\} \quad (1)$$

onde: Cont é a continentalidade; Lon e Lat são a longitude e a latitude do local, todos expressos em graus decimais.

Tabela 1 – Regiões Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul e estações meteorológicas com as coordenadas geográficas (LAT - latitude, LONG - longitude, ALT – altitude, CONT – continentalidade e N - número total de dados de temperatura do ar disponíveis). Período: 1961 a 2021

Região Ecoclimática	Localidade	LAT	LONG	ALT	CONT	N
Alto e médio do Vale Uruguai	Iraí	-27,183	-53,233	222	6,883	580
	Bagé	-31,305	-54,119	245	3,583	666
Campanha	Santana do Livramento	-30,883	-55,533	210	5,483	362
	Uruguaiana	-29,750	-57,083	74	8,167	557
Depressão Central	Porto Alegre	-30,017	-51,217	10	2,033	670
	Santa Maria	-29,700	-53,700	95	4,833	632
Litoral	Rio Grande	-32,017	-52,083	5	0,900	553
	Santa Vitória do Palmar	-33,517	-53,350	5	0,667	652
	Torres	-29,333	-49,717	6	1,217	602
Missioneira	São Luiz Gonzaga	-28,383	-54,967	260	7,417	650
Planalto médio	Cruz Alta	-28,633	-53,600	472	5,800	547
	Passo Fundo	-28,250	-52,400	667	4,983	672
Planalto superior - Serra do Nordeste	Bento Gonçalves	-29,250	-51,517	610	3,100	559
	Caxias do Sul	-29,167	-51,200	787	2,867	604
	Lagoa Vermelha	-28,417	-51,583	815	4,000	501
Região Grandes Lagoas	Pelotas	-31,867	-52,350	7	1,317	492
Serra do sudeste	Encruzilhada do Sul	-30,533	-52,517	427	2,817	625

Fonte: Os autores

Considerando os dados agrupados para cada estação do ano, foi procedida uma análise de correlação de Spearman (distribuição não normal) entre o número médio de DG e os atributos geográficos: altitude, latitude e continentalidade e testada a significância ($p<0,05$).

A série de dados foi também segmentada em três conjuntos com o intuito de realizar a análise da variabilidade do DG associadas ao fenômeno El Niño Oscilação Sul - ENOS (El Niño, La Niña e Neutro), conforme o índice ONI (Oceanic Niño Index), disponível em https://cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/

ONI_v5.php. Para cada local, foram calculadas as anomalias de DG a partir da subtração do valor ocorrido em um período específico do número médio de toda a série no mesmo período, em cada fase ENOS e representadas em gráficos de colunas.

Na última etapa do trabalho, o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) foi empregado para verificar direção e significância estatística das tendências ao longo prazo das séries temporais de DG, considerando as distintas localidades e estações do ano. O cálculo do coeficiente Tau de Kendall (**τ)** é um método amplamente validado para séries hidroclimáticas e robusto a dados que não seguem uma distribuição normal (Yue *et al.*, 2002). Devido à natureza do fenômeno estudado, as séries históricas apresentaram uma alta frequência de valores nulos (anos sem ocorrência de geada), especialmente nas estações de transição (outono e primavera). Esta característica inviabilizou a quantificação da magnitude das tendências por meio de estimadores medianos tradicionais, como a Inclinação de Sen, que tendem a zero sob forte presença de empates. Para contornar essa limitação e extrair a magnitude das variações, adotaram-se duas abordagens de modelagem complementares.

Para a modelagem da contagem de DG, utilizou-se a Regressão de Poisson pertencente à classe dos Modelos Lineares Generalizados (Mccullagh, 2019; Cameron e Trivedi, 2013). Este modelo permitiu estimar a taxa de variação relativa, expressando o aumento ou diminuição percentual na frequência média esperada de geadas a cada ano. Adicionalmente, aplicou-se a Regressão Quantílica (Koenker e Bassett, 1978) no quantil 90, uma abordagem robusta recomendada para contornar distribuições com excesso de empates no zero e estimar taxas de variação em eventos ambientais extremos (Cade e Noon, 2003). Diferente dos modelos baseados na média, esta técnica é insensível ao excesso de zeros e permitiu quantificar a variação absoluta (em dias/ano) considerando exclusivamente os 10% dos anos com condições climáticas mais severas.

Essas análises foram realizadas em ambiente R (R Core Team, 2026), utilizando os pacotes "*trend*" (Pohlert, 2023) e "*quantreg*" (Koenker, 2023). Assumiu-

se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para a rejeição da hipótese nula de ausência de tendência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa do trabalho buscou-se responder às questões quanto à "variabilidade" da ocorrência de geadas nas diferentes Regiões Ecoclimáticas, avaliando em escala mensal e sazonal, assim como a variabilidade no número de DG associada ao fenômeno ENOS.

3.1 Variabilidade mensal na ocorrência de geadas

Avaliando os dados médios de toda a série de dados disponível, verifica-se que, na maior parte das estações meteorológicas no Estado, ocorreu pelo menos um (01) dia com geada por mês, desde maio até setembro (Tabela 2). Julho foi o mês com o maior número médio, em que se observou de dois (02) a cinco (05) dias com geada, corroborando Tazzo *et al.* (2024) que mostraram que no inverno ocorrem 81% do número total de dias de geada no RS. Quando se considerou o número máximo de dias com geada em toda a série, por mês, o período de ocorrência foi ampliado em dois meses, indo desde abril até outubro. Também, os números tiveram acréscimo, tendo sido observado em Uruguaiana 16 dias com geada no mês de julho.

O presente trabalho ampliou o número de anos da série de dados avaliada em relação a estudos anteriores (Oliveira, 1997; Tazzo *et al.*, 2024), mas confirmou o padrão conhecido, de que a geada é um fenômeno adverso, associado a riscos elevados para a atividade agropecuária (Wrege at al., 2018), que ocorre em três das quatro estações do ano, com alta frequência de ocorrência e variável entre as regiões do Estado.

Tabela 2 – Estatísticas básicas (Med-média, Max–valor máximo e DP–desvio padrão) do número de dias com geada no RS. Período: 1961 a 2021

Região Ecoclimática	Localidades		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Alto e médio do Vale Uruguai	Iraí	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	7	12	11	12	5	1	0	0
		DP	0	0	0	0	2	3	3	2	1	0	0	0
Campanha	Bagé	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	3	5	14	10	7	6	3	0	0
		DP	0	0	0	1	1	3	3	2	1	1	0	0
	Santana do Livramento	Med	0	0	0	0	1	4	5	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	5	15	13	8	5	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	4	3	2	2	0	0	0
	Uruguaiana	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	12	16	8	4	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	3	3	2	1	0	0	0
Depressão Central	Porto Alegre	Med	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	10	6	4	0	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0
	Santa Maria	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	5	9	11	10	4	0	0	0
		DP	0	0	0	0	1	3	3	2	1	0	0	0
Litoral	Rio Grande	Med	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0
		Max	0	0	0	2	6	11	10	6	4	0	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	1	1	0	0	0
	Torres	Med	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	10	6	4	0	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0
	Santa Vitória do Palmar	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	10	7	4	2	0	0
		DP	0	0	0	0	1	3	2	2	1	0	0	0
Missioneira	São Luiz Gonzaga	Med	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	10	6	4	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0
Planalto Médio	Cruz Alta	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	12	12	6	4	0	0	0
		DP	0	0	0	0	1	3	3	2	1	0	0	0
	Passo Fundo	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	13	7	4	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0
Planalto superior - Serra do Nordeste	Bento Gonçalves	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	6	10	10	6	5	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0
	Caxias do Sul	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	11	7	6	1	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0
	Lagoa Vermelha	Med	0	0	0	0	2	4	5	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	7	9	14	8	6	2	0	0
		DP	0	0	0	1	2	3	3	2	1	0	0	0
Região das Grandes Lagoas	Pelotas	Med	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	11	14	10	15	5	2	0	0
		DP	0	0	0	0	2	3	2	3	1	0	0	0
Serra do Sudeste	Encruzilhada do Sul	Med	0	0	0	0	1	2	4	2	1	0	0	0
		Max	0	0	0	2	4	9	11	6	4	2	0	0
		DP	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0

Fonte: Os autores

3.2 Variabilidade sazonal na ocorrência de geadas

O inverno foi destacadamente a estação com maior número de dias com geada e também com maior variabilidade entre um ano e outro (caixas posicionadas mais acima no eixo y e mais longas – Figura 1). Isto é consequência da maior frequência de entrada de massas polares nessa época do ano que, em função do menor conteúdo de vapor de água na atmosfera, das noites mais longas e do céu com menor nebulosidade, reduz a absorção de ondas longas, o que favorece a perda de calor para a atmosfera e a queda da temperatura do ar (Camargo *et al.*, 1993).

Verificou-se que somente na localidade de Rio Grande e Torres aconteceram invernos em que não ocorreram dias com geadas (base da caixa no zero). Em todas as demais localidades, as bases das caixas estiveram acima de 5 dias de geadas (exceto Porto Alegre com um). Destacaram-se Santana do Livramento e Bagé na Região da Campanha, e algumas localidades do norte do Estado como, Lagoa Vermelha e Caxias do Sul, em que o topo da caixa (75% dos anos) ocorreu próximo de 15 dias com geada nessa estação (Figura 1).

As diferenças regionais e sazonais na ocorrência de geadas são importantes de serem dimensionados, visto que, segundo Charrier *et al.* (2015), o risco de danos causados pela geada aumenta quando a probabilidade de uma determinada temperatura de congelamento coincidir com a maior sensibilidade da planta a esse fenômeno. Portanto, é uma informação essencial para o cálculo de risco.

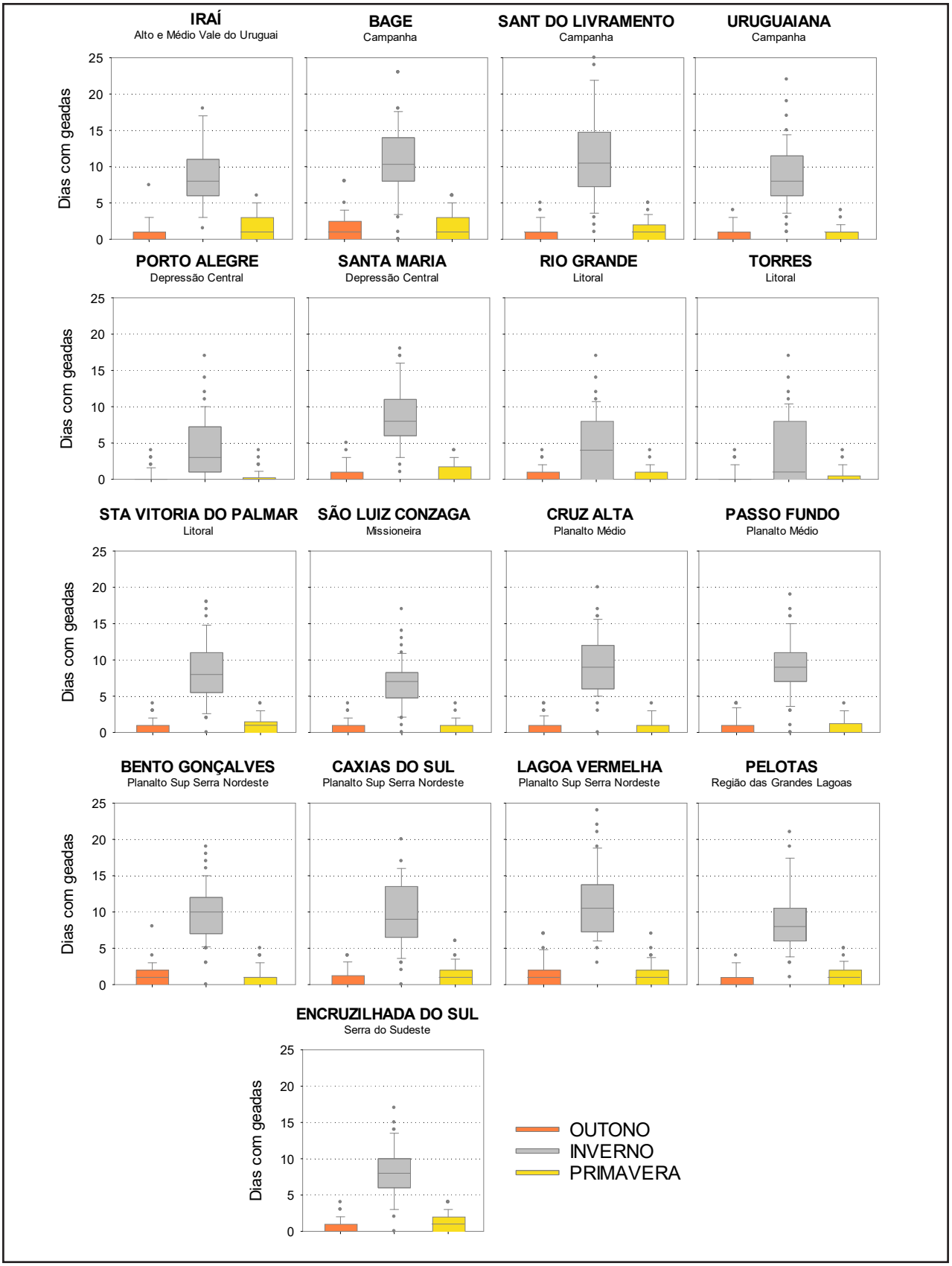
Na primavera e no outono verificou-se uma redução significativa de DG, tanto no número médio (Tabela 2) como na variabilidade (Figura 1). Mesmo ocorrendo com menor frequência, as geadas precoces (no outono) e tardias (na primavera) podem causar perdas importantes na produção agropecuária. Tazzo *et al.* (2024), ao avaliar o caso específico do perfil agropecuário do RS, relataram que as geadas precoces podem comprometer culturas de primavera-verão que ainda estejam a campo, quando coincidem com o período de floração destas culturas. Também reduzem o

crescimento das pastagens e impactam negativamente na produção de forrageiras para consumo animal. Por outro lado, geadas tardias impactam negativamente tanto os cereais de inverno, resistentes às baixas temperaturas do ar no período vegetativo, como frutíferas de clima temperado que iniciam brotação/florescimento no final do inverno/início de primavera. Reforçam a informação de que a sensibilidade ao frio e os maiores danos ocorrem no período crítico das culturas (emborrachamento, espigamento, floração e início de enchimento de grãos).

Nos trabalhos revisados, verificou-se controvérsia se são as geadas precoces ou tardias as mais frequentes. Tazzo *et al.* (2024), avaliando o período de 2002 a 2018, verificaram maior ocorrência de geadas precoces do que tardias; resultado oposto ao que anteriormente havia sido obtido por Oliveira (1997), estudando o período de 1944 a 1993 e Berlato e Althaus (2010), no período de 1936-2000. No presente estudo, com uma série de dados maior e mais atual (1961 a 2021), verificou-se que tanto no outono como na primavera o número médio de dias com geadas foi baixo em todas as localidades avaliadas e muito similar em ambas estações (Tabela 2).

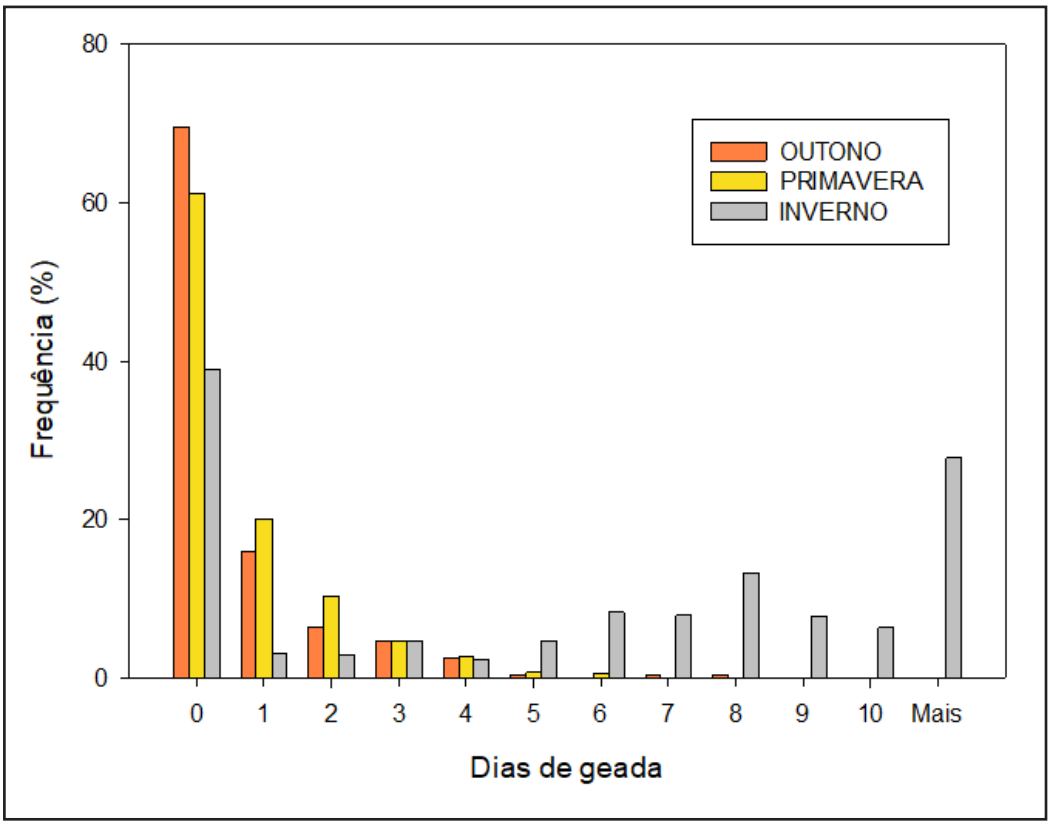
Na primavera, entretanto, verificou-se uma tendência de ocorrer valores um pouco mais variáveis do que no outono na maior parte das localidades (percentil 75% Figura 1). Mas quando se analisou o conjunto total de dados (todas as localidades e anos conjuntamente – Figura 2), verificou-se que houve uma menor frequência de não ocorrências de DG e uma maior frequência de ocorrência de um (01) e dois (02) dias com geada na primavera quando comparado ao outono. No inverno é mais frequente ocorrer um maior número de DG, sendo que em 30% dos anos ocorreu mais do que 10 dias).

Figura 1 – Diagrama de caixas do número de dias com geada para as estações do outono, inverno e primavera, em diversas localidade do RS. Período: 1961 a 2021



Fonte: Os autores

Figura 2 – Histograma de frequência de ocorrência de DG no outono, inverno e primavera, em todo o estado do Rio Grande do Sul, período 1961 a 2021



Fonte: Os autores

3.4 Variabilidade na série associada ao ENOS

A análise das anomalias no número de dias com geadas mostrou que há associação com os eventos ENOS, porém com padrões distintos entre as estações do ano (Figura 3).

No outono, durante o El Niño, todas as 17 localidades apresentaram anomalias negativas, indicando uma redução consistente nos dias com geada. Este padrão reforça o que é esperado para o El Niño, de manter temperaturas mais amenas (Berlato *et al.*, 2024), o que inibe a formação de geadas. As maiores reduções foram observadas em Iraí, Lagoa Vermelha, Caxias do Sul e Santana do Livramento. Em anos de La Niña, o padrão foi menos uniforme. Das 17 localidades, apenas quatro (04) apresentaram anomalias positivas. Em contrapartida, 12 localidades registraram anomalias negativas,

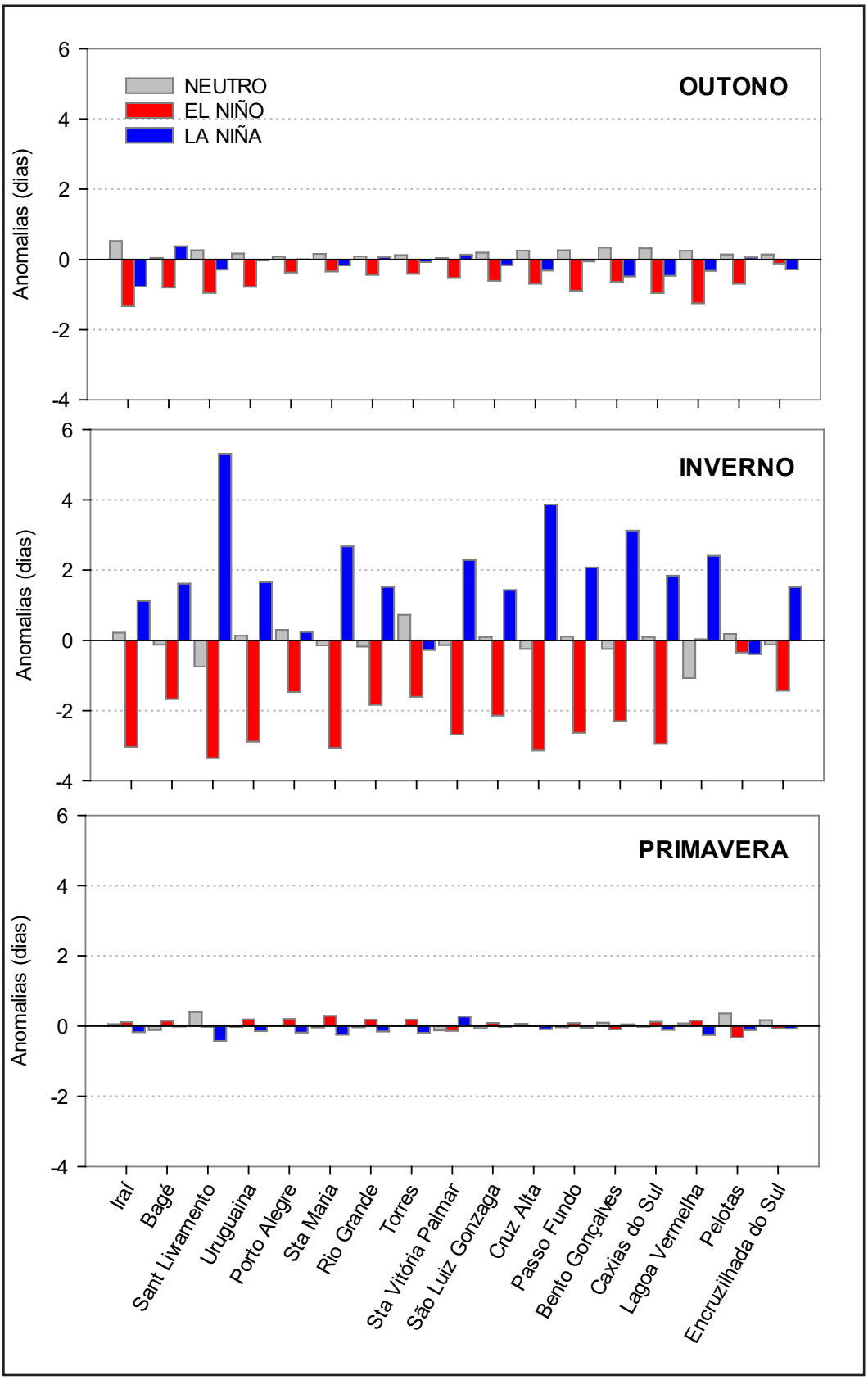
embora menos intensas que no El Niño. Isso sugere que a influência de La Niña no outono é fraca e variável.

No inverno verificou-se uma forte influência dos eventos ENOS nos DG. Durante o El Niño, houve redução significativa do número dias com geadas em relação à média em todas as localidades. As anomalias foram negativas em 100% dos casos. Em Santana do Livramento, Cruz Alta, Santa Maria e Caxias do Sul as reduções no DG foram mais intensas, chegando a 3 dias de redução. Esse padrão pode estar relacionado ao aumento da nebulosidade (Berlato *et al.*, 2024) e da umidade do ar, que reduzem o resfriamento noturno necessário para a formação de geadas de radiação. Durante a ocorrência de La Niña, o padrão foi o oposto do El Niño. Em 15 das 17 localidades, as anomalias foram positivas, indicando aumento no número de dias com geadas. Santana do Livramento, Cruz Alta e Bento Gonçalves apresentaram os maiores desvios positivos médios. La Niña tende a favorecer condições mais frias e secas, com céu limpo (Cardozo *et al.*, 2015), que facilitam o resfriamento noturno e a ocorrência de geadas.

As anomalias no DG na primavera foram bem inferiores e mostram um padrão distinto ao que ocorreu no inverno e no outono na relação dos eventos ENOS. Durante o El Niño, houve predomínio de pequenas anomalias positivas. Em 12 das 17 localidades, se observou um ligeiro incremento no número de dias de geadas. No caso da La Niña, das 17 localidades, 15 apresentaram pequenas anomalias negativas, indicando condições desfavoráveis à ocorrência de geadas na primavera.

Os resultados obtidos para a primavera foram diferentes do que poderia ser esperado para a relação entre a ocorrência de geadas e ENOS, com El Niño/La Niña causando maior/menor nebulosidade e precipitação e em consequência menor/maior ocorrência de geadas. Apesar do final da primavera e início do verão ser o período de maior teleconexão entre ENOS e a precipitação no sul do Brasil (Berlato *et al.*, 2024), este já é um período em que o aquecimento da superfície e do ar, em função da declinação solar, determina menor a ocorrência de geadas e as anomalias em DG são muito pequenas.

Figura 3 – Anomalias médias do número de dias de geadas associadas a eventos El Niño, La Niña e Neutro, no outono, inverno e primavera, no RS. Período: 1961-2021



Fonte: Os autores

3.5 Associação com fatores geográficos

Na sequência, buscou-se dimensionar a associação do número de DG e fatores geográficos (Tabela 3), em que se observou que a altitude foi o fator geográfico melhor correlacionado ao número de dias com geadas no RS. Apesar disso, as correlações positivas e estatisticamente significativas indicaram que quanto maior a altitude, maior foi o número médio de DG, o que é esperado (Cargnelutti Filho *et al.*, 2006). Isto ocorre porque a temperatura do ar tem correlação inversa com a altitude, diminuindo cerca de 0,65ºC a cada 100 metros de altitude, o que corresponde ao gradiente adiabático do ar úmido (Fritzsons, 2008). Wrege *et al.* (2018) traçaram mapas de risco de ocorrência de geadas nos estados do sul do Brasil. No RS nas regiões da maior altitude (Serra do Nordeste e Serra do Sudeste) o risco foi superior a 80%, ou seja, 8 anos com geada, na média, a cada 10 anos.

Para o fator latitude, as correlações não foram significativas. Quando as análises envolvem regiões mais amplas do que um estado, este fator assume significância (Charrier *et al.*, 2015), que não foi verificado no presente estudo, dada a pequena variabilidade das latitudes que abrangem o RS. Apesar disso, salienta-se que na Região da Campanha o número de DG foi alto, o que pode ser explicado pela sua localização em latitudes maiores, que sujeita a Região à entrada de massas de ar polares (porteira de entrada dos sistemas frontais), o que acarretou em maior DG, mesmo apresentando baixas altitudes. Avaliando outro parâmetro associado à temperatura do ar, Matzenauer *et al.* (2005) verificaram que as regiões no estado do RS com maior número de horas de frio são Serra do Nordeste, Planalto Médio, Planalto Superior e Campanha, o que corrobora os resultados obtidos com DG.

A correlação com o fator continentalidade foi significativa somente na primavera. Nas demais estações do ano a correlação foi baixa, mas positiva, indicando que quanto maior a distância do litoral, maior propensão a ocorrência de geadas, como consequência da ação termorreguladora do oceano (Varejão-Silva, 2008).

Por fim, salienta-se que o padrão observado nos diversos locais e estações do ano é útil e pode orientar o planejamento da atividade agrícola, frente a previsões climáticas, especialmente para culturas sensíveis ao frio. Em anos de La Niña, são recomendadas medidas pre ventivas contra geadas.

Tabela 3 – Análise de correlação entre o número médio de geadas nos períodos estacional e anual no RS e as coordenadas latitude (LAT), altitude (ALT) e continentalidade (CONT). Período: 1961 a 2021

Parâmetro	Outono		Inverno		Primavera	
	r	*p-valor*	r	*p-valor*	r	*p-valor*
LAT	0,168	0,509	0,158	0,534	0,252	0,321
ALT	0,517*	0,033	0,513*	0,035	0,552*	0,021
CONT	0,323	0,200	0,472	0,054	0,535*	0,027

* correlação de Spearman significativa (p<0,05)

3.6 Tendência temporal na ocorrência de geadas no RS

Na última etapa do trabalho buscou-se responder à questão quanto às alterações na atmosfera terrestre estarem alterando a ocorrência de geadas no RS (Tabela 4). A aplicação do teste de Mann-Kendall permitiu identificar a direção e a significância das tendências monotônicas nas séries temporais, expressas pelo coeficiente tau (τ). A análise espacial deste indicador revelou um contraste marcante entre as regiões do Estado. Tendências significativas de decréscimo ($\tau < 0$; $p < 0,05$) restringiram-se exclusivamente à estação do inverno, sendo detectadas nas localidades de Santana do Livramento (τ = -0,294) e Lagoa Vermelha (τ = -0,233), o que indica uma redução progressiva na ocorrência de geadas ao longo dos anos nestes municípios. Em contrapartida, tendências monotônicas positivas e altamente significativas ($\tau > 0$) concentraram-se na Depressão Central e no Litoral. Destacam-se os elevados coeficientes encontrados no inverno para Porto Alegre e Rio Grande (ambos com τ = 0,578), seguidos por Torres (τ = 0,514). Além do trimestre mais frio, o teste de Mann-

Kendall evidenciou a forte monotonicidade crescente do fenômeno nas estações de transição para a faixa litorânea e a capital, com valores de tau positivos e significativos tanto no outono (variando de 0,273 a 0,407) quanto na primavera (variando de 0,287 a 0,349), demarcando uma clara expansão sazonal dos eventos.

Durante o inverno, estação com a maior incidência climatológica do fenômeno, registraram-se tendências significativas de redução em Santana do Livramento (Campanha) e Lagoa Vermelha (Serra do Nordeste). Em Santana do Livramento, o modelo de Poisson indicou uma queda relativa de aproximadamente 1,6% ao ano ($\beta = -0,016$) na frequência esperada de dias com geada. A regressão quantílica confirmou essa atenuação também nos eventos extremos, com um decréscimo de 0,371 dias/ano no 90º percentil. Em contrapartida, tendências positivas substanciais foram detectadas na Depressão Central, Missões e Litoral. As localidades de Porto Alegre, Rio Grande e Torres apresentaram fortes correlações positivas ($\tau > 0,510$), com expressivos incrementos anuais na frequência de geadas avaliados pelo modelo de Poisson (β variando entre 0,044 e 0,069). Nessas mesmas estações, a cauda superior da distribuição (percentil 90) revelou um ganho de 0,200 a 0,241 dias de geada por ano, indicando que os invernos rigorosos estão se tornando mais prolongados nessas áreas.

Nas estações de transição, os resultados demonstraram uma notável expansão da janela temporal de ocorrência de geadas, restrita geograficamente à vertente leste gaúcha. No outono, tendências significativas de aumento foram detectadas em Porto Alegre, Encruzilhada do Sul (Serra do Sudeste) e em todas as estações do Litoral (Rio Grande, Vitória do Palmar e Torres). Destaca-se Porto Alegre, com o maior coeficiente de Poisson para a estação ($\beta = 0,079$), indicando um crescimento anual próximo a 8% na frequência de geadas precoces.

O cenário de incremento repetiu-se na primavera. Enquanto as demais regiões do Estado permaneceram sem tendências significativas, Porto Alegre, Rio Grande e Torres registraram novamente aumentos na ocorrência de geadas tardias. Em

Torres, por exemplo, observou-se um aumento de aproximadamente 5,6% ao ano na contagem de eventos primaveris (β = 0,056) e um acréscimo de 0,048 dias/ano na severidade extrema. A congruência entre o aumento da média de contagens e do 90º percentil nas estações litorâneas e na Depressão Central consolida a evidência de que o fenômeno está se intensificando e ultrapassando os limites do trimestre tradicional de inverno nessas localidades.

Estudos de tendência temporal são muito dependentes do período de dados analisados. Nos estudos de Berlato e Althaus (2010) e de Cordeiro *et al.* (2016), com séries de 1945-2005 e 1950 a 2009, respectivamente, foi observada tendência de aumento na temperatura mínima, principalmente no verão e na primavera, em todas as localidades avaliadas no Estado do RS. Seria, portanto, esperado que com o aumento da temperatura mínima houvesse tendência de redução no número de DG nessas estações do ano, o que não foi observado no presente estudo, cuja serie foi 1961 a 2021. No inverno esses mesmos autores encontraram tendências que variaram o sinal conforme a localidade, sendo algumas de incremento e outras de redução da temperatura mínima, mas com menor confiança estatística. No presente trabalho, o padrão de irregularidade também ocorreu no inverno, com um maior número de locais apresentando tendências estatisticamente significativas, sendo em duas localidades de redução e em quatro de incremento de DG.

Por outro lado, Rocha Junior *et al.* (2022), ao analisar dados de 1980 a 2016 salientaram que a existência de tendência temporal foi consistente no sentido de alterar os extremos de temperatura: a temperatura máxima absoluta aumentando e a temperatura mínima absoluta diminuído em praticamente todo o RS, o que resulta no aumento da amplitude térmica diária.

Tabela 4 – Análise tendência de alteração no número de dias com geadas nas Regiões Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul no período de 1961 a 2021

Região Ecoclimática	Localidade	Outono			Inverno			Primavera		
		τ	β	Q90	τ	β	Q90	τ	β	Q90
Alto e médio do Vale Uruguai	Iraí	0,017			-0,075			-0,034		
	Bagé	0,080			0,040			-0,110		
Campanha	Santana do Livramento	0,005			-0,294*	-0,016	-0,371	-0,250		
	Uruguaiana	0,174			0,121			-0,073		
Depressão Central	Porto Alegre	0,407*	0,079	0,048	0,578*	0,044	0,200	0,287*	0,043	0,048
	Santa Maria	0,198			0,035			-0,050		
Litoral	Rio Grande	0,353*	0,056	0,056	0,578*	0,052	0,241	0,342*	0,050	0,051
	Santa Vitória do Palmar	0,273*	0,034	0,042	0,158			0,015		
	Torres	0,397*	0,071	0,057	0,514*	0,069	0,213	0,349*	0,056	0,048
Missioneira	São Luiz Gonzaga	0,191			0,244*	0,010	0,082	0,079		
Planalto médio	Cruz Alta	0,085			-0,129			0,021		
	Passo Fundo	0,036			-0,040			0,017		
Planalto Superior Serra do Nordeste	Bento Gonçalves	-0,118			-0,180			-0,122		
	Caxias do Sul	0,056			-0,167			-0,205		
	Lagoa Vermelha	-0,146			-0,233*	-0,008	-0,037	-0,121		
Região das Grandes Lagoas	Pelotas	0,135			-0,008			-0,250		
Serra Sudeste	Encruzilhada do Sul	0,227*	0,029	0,051	0,141			-0,142		

τ – Coeficiente tau de Mann-Kendall; β – coeficiente β da regressão de Poison; Q9º - taxa de variação relativa no quantil 90. *Células coloridas de verde e laranja indicam tendências estatisticamente significativas de aumento e diminuição, respectivamente, no número de dias com geadas

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geada é um fenômeno meteorológico adverso à agropecuária do RS que ocorre em três das quatro estações do ano, apresenta alta frequência de ocorrência e variabilidade entre regiões.

O inverno é destacadamente a estação do ano com maior número de dias com geada e também com maior variabilidade entre um ano e outro. Mesmo, muito menos frequente do que no inverno, na primavera ocorrem mais dias com geada do que no outono.

Existe associação entre o fenômeno ENOS e o número de dias de geadas no RS, com variações conforme a estação do ano e local. O El Niño reduz o número de dias com geadas especialmente no inverno, quando ocorrem as maiores anomalias negativas em todos os locais (coerência espacial). No outono o padrão é similar, mas com menor intensidade (anomalias menores). Já na primavera não há associação. No evento La Niña, a associação é menos consistente do que no El Niño e mais variável entre as estações do ano e os locais.

A altitude é o fator geográfico melhor correlacionado ao número de dias com geadas no RS, quanto maior a altitude, maior é o número médio de DG. Observa-se uma tendência de que quanto maior a latitude e continentalidade, maior é propensão à ocorrência de geadas.

Não há tendência consistente de alteração no número de DG ao longo do tempo de forma predominante em todo o RS, dado que a maior parte das localidades do RS não apresenta tendência nem de aumento nem de redução.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a pronta e gratuita disponibilização dos dados de temperatura do ar (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia). Além disso, fazemos

um agradecimento especial ao CNPQ pela concessão de bolsa de pesquisa à primeira autora, assim como a bolsa de iniciação científica do terceiro autor.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; SENTELHAS, P.C.; STAPE, J.L. Modeling monthly meteorological and agronomic frost days, based on minimum air temperature, in Center-Southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s00704-017-2267-6.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017.

BERLATO, M. A.; CUNHA, G. R.; FONTANA, D. C. **El Niño Oscilações Sul: Clima, Vegetação e Agricultura.** Passo Fundo: Ed dos autores, 2024.

BERLATO, M.A.; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 16, n. 1 e 2, p. 7-16, 2010.

CADE, B.; NOON, B. A Gentle Introduction to Quantile Regression for Ecologists. **Frontiers in Ecology and the Environment**,, v. 1, p. 412–420, 2003.

CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JÚNIOR., M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anuais no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 52(2):161-168, 1993.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. Regression Analysis of Count Data. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. (Econometric Society Monographs). DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9781139013567

CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de Frentes Frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.17, n.1, p. 9- 29, 2015. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.40124.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CHARRIER, G. *et al.* Effects of environmental factors and management practices on microclimate, winter physiology, and frost resistance in trees. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 259, 2015. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00259

CORDEIRO, A.P.A.; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; ALVES, R.M.C. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física,** Recife, v.09, n.03, 868-880, 2016.

CUNHA, G. R.; PIRES, J.L.F.; DALMAGO, G.A.; CAIERÃO, E.; PASINATO, A. Trigo. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. p. 169-181.

FERREIRA, C. C.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Relação entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo meteorológico e na relva no Estado do Rio Grande do Sul**. Rev. Bras. Agrometeorologia**, Santa Maria, v 14, n. 1, p. 53-63, 2006.

FRITZSONS, E. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, p. 40-48, 2008.

IPCC (PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA). **Mudança do Clima 2023 – Relatório Síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/. Acesso em: 24 out. 2025.

KENDALL, M. **Rank correlation methods**. London: Griffin, 1975.

KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression Quantiles. **Econometrica**, v. 46, n. 1, p. 33–50, 1978.

MANN, H. B. Nonparametric Tests Against Trend. **Econometrica**,, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.

MATZENAUER, R. *et al.* Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1/2, p. 71-76, 2005. Disponível em: http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/283. Acesso em: 24 out. 2025.

MCCULLAGH, P. **Generalized Linear Models**. 2. ed. New York: Routledge, 2019.

OLIVEIRA, H. T. de. **Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no estado do Rio Grande do Sul**. 1997. 81 f.: il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 1997.

PEZZA, A. B., & AMBRIZZI, T. Variability of Southern Hemisphere cyclone and anticyclone behavior: Further analysis. **Journal of Climate**, v.16, n.7, p.1075-1083, 2003.

PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Dynamical conditions and synoptic tracksassociated with different types of cold surge over tropical South America. **International Journal of Climatology**, v.25, p.215-241, 2005. DOI: http://dx.doi.org/10.1002/joc.1080

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Geada. In. PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (Ed.). **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, p. 384-397, 2002.

POHLERT, T. Trend: **Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection: version 1.1.6.** [Vienna: R Foundation for Statistical Computing], 2023. Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/trend/index.html.

ROCGA JUNIOR, R.L.; SILVA, F.D.S.; PINTO, D.D.C.; COSTA, R.L.; GOMES, H.B.; HERDIES, D.L.; FREITAS, I.G.F.; VILA NOVA, T.S. Análise de extremos de temperatura do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v.30, 2022.

SILVA, J.G.; SENTELHAS, P.C. Diferença de temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n.1, p. 9-15, 2001.

SIMÕES, D.S. **Ambiente físico e meteorológico para análise do risco de geada**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto/UFRGS), 133P. 2015.

SIMÕES, D.S., FONTANA, D.C., VACARI, M. Use of LST images from MODIS/AQUA sensor as an indication of frost occurrence in RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande v.19, n.10, p.920–925, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p920-925

SNYDER, R.L.; MELO-ABREU, J.P de. Frost protection: fundamentals, practive and economics. Rome: FAO. **Environment and Natural Resources Series**, n. 10, v. 1, 2005. 240 p.

TAZZO, I. F.; TRENTIN, G.; CARDOSO, L. S.; JUNGES, A. H. Distribuição espacial e temporal de geadas no Rio grande do Sul entre 2003- 2018**. Revista Caminhos de Geogra ia**, Uberlândia v. 25, n. 101, p. 252–263, 2024. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG2510171617

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, Versão Digital 2, Recife, 2006. Recife, 26 de fevereiro de 2006.

WREGE, M. *et al.* Risco de ocorrência de geada na região Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 22, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.57306.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 259, n. 1, p. 254–271, 2002.

Contribuição de autoria

1 – Denise Cybis Fontana

Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0000-0002-2635-6086 • dfontana@ufrgs.br
Contribuição: Conceituação; Metodologia; Software; Análise Formal; Investigação; Recursos; Escrita – Primeira Redação; Supervisão; Administração do Projeto; Obtenção de Financiamento

2 – Bernadete Radin

Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0000-0002-6907-3617 • bernadete.radin@ufrgs.br
Contribuição: Conceituação; Metodologia; Software; Validação; Curadoria de dados; Escrita – Revisão e Edição; Visualização de dados

3 – Eduardo Demarchi Rodrigues da Silva

Graduando de Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0009-0009-7011-1578 • eduardo.kummer17@icloud.com
Contribuição: Software; Validação; Curadoria de dados; Análise Formal; Visualização de dados

4 – Guilherme Ari Ferreira de Oliveira

Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0009-0000-3134-3813 • oliveira.guilhermeaf@gmail.com
Contribuição: Metodologia; Software; Validação; Investigação; Escrita – Revisão e Edição; Visualização de dados

Como citar este artigo

FONTANA, D. C.; RADIN, B.; SILVA, E. D. R.; OLIVEIRA, G. A. F. Ocorrência de geadas no Rio Grande do Sul: variabilidade e tendências. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 48, e94750, 2026. DOI: 10.5902/2179460X94750. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2179460X94750