



Tendência climática da região produtora de frutas de clima temperado do estado de Santa Catarina

Cristina Pandolfo^{1(*)}, Gabriel Berenhauer Leite¹, Valeria Pohlmann¹ e Silvana Slowik²

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI. Rod. Admar Gonzaga, 1347, Bairro Itacorubi, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mails: cristina@epagri.sc.gov.br, gabriel@epagri.sc.gov.br e valeriapohlmann@epagri.sc.gov.br.

²Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, CEP 88040-900 Florianópolis, SC. E-mail: silvanaslowik@gmail.com

(*)Autora para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 20 de maio de 2025

Aceito em 1^a de junho de 2026

Termos para indexação:

agrometeorologia
análise de tendência
climatologia
maçã
uva

RESUMO

Este estudo objetivou analisar rupturas e tendências em séries temporais de temperatura do ar e precipitação no período de 1960 a 2015, em seis estações meteorológicas localizadas na principal região produtora de frutas temperadas no estado de Santa Catarina. A metodologia incluiu testes de homogeneidade (Pettit, SNH, Buishand) e análise de tendências com os testes de Mann-Kendall e Sen's Slope, aplicados em séries segmentadas (1960–1989, 1990–2015 e 1960–2015). Os resultados indicaram rupturas predominantes na década de 1990 e tendência significativa de aumento da temperatura mínima em grande parte dos municípios, especialmente em Caçador, Videira e Campos Novos. A temperatura máxima apresentou tendência de aumento em alguns locais, como Lages, mas com menor consistência. As séries de precipitação pluvial não mostraram tendências significativas, revelando alta variabilidade interanual e padrão espacial heterogêneo. Conclui-se que há um processo de aquecimento regional em andamento, com implicações para a fruticultura de clima temperado, sobretudo pela possibilidade de redução de horas de frio. Isso reforça a necessidade de estratégias adaptativas, como o melhoramento genético de cultivares com menor exigência em frio, visando à sustentabilidade da produção agrícola.

© 2026 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A tendência crescente da temperatura da superfície global desde o século XIX tornou-se o ícone da influência humana no clima após o advento da industrialização. Esse fenômeno deixou de ser restrito à ciência climática e ganhou destaque nas esferas públicas e políticas durante a década de 1990, período em que se discutiu a existência de um “hiato” no aquecimento global (Mudelsee, 2019).

Entre 1998 e 2013, diversos estudos apontaram uma

taxa de aumento das temperaturas menor do que a observada em décadas anteriores, questionando se tal fase configura de fato um hiato no aquecimento. Essas variações são, em grande parte, atribuídas a processos de variabilidade interna do sistema climático, especialmente ligados à temperatura da superfície do mar (TSM) e aos fluxos de energia oceânica-atmosfera (Yan et al., 2016; Gou et al., 2022).

Ainda que localizadas, pequenas alterações climáticas regionais podem afetar a atividade agrícola ao reduzir área

as potencialmente cultiváveis ou deslocar janelas fenológicas, com reflexos diretos e indiretos na economia rural. Souza & Haddad (2022) estimaram que, sob o cenário RCP 2.6, as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil sofrerão impactos negativos mais intensos, enquanto, no RCP 8.5, Sul, Sudeste e Centro-Oeste serão as mais afetadas.

No âmbito da produtividade, Tanure et al. (2024) destacaram que estruturas produtivas e perfis de insumos, capital e tecnologia diferenciam a sensibilidade agrícola aos efeitos climáticos. Concluíram que a agricultura familiar, por dispor de menor densidade de fatores produtivos, tende a apresentar maior variabilidade e vulnerabilidade frente às mudanças climáticas. Além disso, o IPCC (2023) enfatiza que essas alterações intensificam a insegurança alimentar e hídrica das populações.

Em Santa Catarina, estudos sobre variações e tendências climáticas abordaram temperatura, precipitação, balanço hídrico e cenários futuros para culturas de interesse local. Back et al. (2013) registraram aumento significativo das temperaturas mínimas em todas as estações do ano no Vale do Rio do Peixe, implicando elevação das médias anuais e redução no número de geadas. Campos et al. (2006) documentaram elevação da temperatura do ar desde a década de 1990, com acréscimos de 3 °C nas mínimas em São Joaquim (1955–2006) e de 2,9 °C em Caçador (1942–2006). Ávila et al. (2022) encontraram tendências positivas na precipitação mensal em Lages (1961–2020) e aumento de temperaturas entre 1948 e 2020. Pandolfo et al. (2015) compararam os resultados do zoneamento agrícola para *Vitis vinifera* L, quando utilizada climatologia do estado de Santa Catarina e, em outro caso, utilizando as projeções climáticas regionais pelo modelo PRECIS (Cenário B2, otimista) do período entre 2050 e 2070, concluindo que há redução da área potencial de cultivo de variedades de *Vitis vinifera* L. de maior exigência em frio e mudança na distribuição espacial da área potencial de cultivo para regiões mais frias do cenário atual.

Em escala sul-americana, Soares et al. (2017) demonstraram que, no período de 1975 a 2004, o aquecimento sobre a maior parte do continente se deve a forças antrópicas, como os gases de efeito estufa. No Brasil, registros de 1961 a 2018 revelaram aumento significativo de extremos quentes e diminuição de extremos frios (Regoto et al., 2021). Projeções para 2050–2080 indicam acréscimos estatisticamente significativos nas temperaturas mínimas continentais e maior frequência de precipitações extremas no sul do Brasil (Reboita et al., 2021). Eventos recentes, como as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, evidenciam as consequências já em curso dessas mudanças (Laipelt et al., 2025).

Este estudo tem como objetivo analisar, do ponto de vista estatístico, rupturas e tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação na região produ-

tora de frutas temperadas de Santa Catarina, abrangendo o período de 1960 a 2015, correspondente ao funcionamento das estações meteorológicas convencionais no estado.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de precipitação pluvial (mm) e temperatura do ar (°C) (máximas e mínimas) de seis estações meteorológicas convencionais disponíveis no banco de dados da Epagri/Ciram para a região do estudo. Os dados diários foram agrupados anualmente e as temperaturas foram avaliadas em termos médios e absolutos enquanto a precipitação foi acumulada. Para compor esse conjunto de dados foram utilizadas seis estações meteorológicas provenientes da região de produção de frutas temperadas (Planalto Sul - Lages e São Joaquim; Planalto Norte - Rio Negrinho; Alto Vale do Rio do Peixe - Caçador e Videira; Meio Oeste Catarinense - Campos Novos). O posicionamento das estações acompanhado do mapa de Classificação Climática de Köppen (Beck et al., 2018) podem ser observados na Figura 1, denotando que as estações meteorológicas avaliadas estão na região de clima Cfb.

A metodologia utilizada segue três eixos principais: a) Coleta e sistematização de dados diários existentes no período compreendido entre 1960 a 2015; b) Geração das estatísticas descritivas (análise exploratória dos dados), preenchimento de falhas e aplicação de testes de homogeneidade. Para preenchimento de falhas, foram imputados dados nas séries temporais de temperaturas mínimas e máximas utilizando-se a função de interpolação por regressão linear Lasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator). A homogeneidade das séries quanto à médias, foram testadas utilizando-se os testes de Pettit, Buishand e Standard Normal Homogeneity (SNH) com indicação de pontos de ruptura ao nível de significância de 5%. Foram escolhidos esses três testes para as séries climáticas anuais para gerar maior confiabilidade no resultado. Pettit é um teste não paramétrico que não requer normalidade dos dados, enquanto Buishand e SNH são paramétricos e requerem normalidade dos dados; c) Análise de tendências pela regressão linear e aplicação do método não paramétrico de Mann-Kendall e Sen's Slope ao nível de significância de 5% para as séries significativas. As análises estatísticas foram realizadas na linguagem R (R Core Team, 2021).

Resultados e Discussão

As estatísticas descritivas de tendência central e variabilidade das séries temporais de temperaturas mínimas e máximas (absolutas e médias mensais) e precipitação pluvial total anual foram calculadas para apoiar a análise temporal das variáveis climáticas. Embora a série histórica de Rio Negrinho tenha um período diferente das demais

Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo e a Classificação Climática de Köppen para o estado de Santa Catarina.



(1990-2013), a inclusão dessa estação é relevante devido à variação planialtimétrica significativa da região Cfb de Santa Catarina, conforme ilustrado na Figura 1. Essa variação espacial pode influenciar substancialmente os valores observados de temperatura e precipitação, tornando a análise espacial tão importante quanto a temporal, especialmente em áreas com relevo diversificado.

Os resultados dos testes de homogeneidade aplicados (Tabela 1) indicam que a maior parte das rupturas nas séries ocorreu antes da década de 1990, o que justificou a segmentação das séries históricas em três períodos distintos: 1960-1989, 1990-2015 e 1960-2015, com durações de 30 anos, 26 anos e 56 anos, respectivamente. Essa segmentação permitiu identificar variações pontuais que, em séries mais longas, poderiam ficar mascaradas.

Observa-se que os testes de Pettit, Buishand e Standard Normal Homogeneity (SNH) possuem concordância entre si para a mudança na série, para a maioria das variáveis e estações avaliadas. Na análise da série histórica completa de 56 anos (1960-2015), observou-se que a maioria das rupturas foi identificada nas estações de Lages e São Joaquim. No entanto, ao segmentar a série, as rupturas foram menos frequentemente detectadas. Esse comportamento pode ser explicado pela agregação de informações ao longo de períodos mais longos, o que pode mascarar variações pontuais e mudanças abruptas.

A contabilização dos totais de testes significativos (p -valor $< 0,05$) para a série completa (1960-2015) indicou

que as estações de Lages e São Joaquim não apresentaram homogeneidade, o que implicaria em sua exclusão das análises de tendência, caso se mantivesse a série contínua. Contudo, ao segmentar as séries para os períodos 1960-1989 e 1990-2015, essas estações passaram a ser classificadas como homogêneas, permitindo a análise de tendência para esses períodos. Assim, as séries de tendência para os municípios serão apresentadas para as segmentações temporais 1960-1989 e 1990-2015, garantindo maior robustez e confiabilidade nos resultados.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises de tendência realizadas para as séries temporais consideradas homogêneas, com base no teste de Mann-Kendall e na inclinação de Sen (Sen's Slope). O teste de Mann-Kendall, de natureza não paramétrica, é amplamente utilizado para detectar tendências monotônicas em séries temporais, sem exigir pressupostos quanto à distribuição dos dados. O valor estatístico S , resultante desse teste, representa a direção da tendência, com valores positivos indicando tendência de aumento, valores negativos indicando tendência de queda e valores próximos de zero sugerem ausência de tendência. Complementarmente, a estimativa da inclinação de Sen fornece uma medida da taxa de mudança ao longo do tempo. Um valor de slope positivo representa uma tendência crescente, enquanto valores negativos indicam tendência decrescente. Os intervalos de confiança inferior (ICinf) e superior (ICsup) indicam a incerteza associada à estimativa da inclinação.

Tabela 1. Temperatura do ar e precipitação total mensal - pontos de ruptura das séries históricas, período entre janeiro (01) a dezembro (12) de 1960-1989, 1990-2015 e 1960-2015.

1960-1989						
	60 - Caçador	231 - Lages	353 - São Joaquim	442 - Videira	469 - Campos Novos	574 - Rio Negrinho
Temperatura mínima absoluta	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: 1969*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: -
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 1969*	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: -
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: 1969*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: -
Temperatura mínima média	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: 1971*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: -
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 1971*	Buishand: NS	Buishand: 1976*	Buishand: -
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: 1972*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: -
Temperatura máxima absoluta	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: -
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: -
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: -
Temperatura máxima média	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: -
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: -
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: -
Precipitação pluvial	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: -
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: -
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: -
1990-2015						
	60 - Caçador	231 - Lages	353 - São Joaquim	442 - Videira	469 - Campos Novos	574 - Rio Negrinho
Temperatura mínima absoluta	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 2006*
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura mínima média	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: 2001*	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: 2002*	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura máxima absoluta	Pettit: NS	Pettit: 2001*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: 2008*	Buishand: 2002*	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 2002*
	SNH: NS	SNH: 2003*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura máxima média	Pettit: NS	Pettit: 2001*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: 2002*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Precipitação pluvial	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: 1992*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
1960-2015						
	60 - Caçador	231 - Lages	353 - São Joaquim	442 - Videira	469 - Campos Novos	574 - Rio Negrinho
Temperatura mínima absoluta	Pettit: 1982*	Pettit: NS	Pettit: 1969*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: 1982*	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 1985*	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: 1982*	SNH: NS	SNH: 1969*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura mínima média	Pettit: NS	Pettit: 1981*	Pettit: 1994*	Pettit: 1981*	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: 1981*	Buishand: 1971*	Buishand: 1981*	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: 1981*	SNH: 1971*	SNH: 1981*	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura máxima absoluta	Pettit: NS	Pettit: 1996*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: 1996*	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: 1997*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Temperatura máxima média	Pettit: NS	Pettit: 1999*	Pettit: NS	Pettit: 1983*	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: 1998*	Buishand: NS	Buishand: 1983*	Buishand: NS	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: 1999*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS
Precipitação pluvial	Pettit: NS	Pettit: 1981*	Pettit: 1983*	Pettit: NS	Pettit: NS	Pettit: NS
	Buishand: NS	Buishand: 1981*	Buishand: NS	Buishand: NS	Buishand: 1980*	Buishand: NS
	SNH: NS	SNH: 1981*	SNH: 1983*	SNH: NS	SNH: NS	SNH: NS

*Significativo ao nível de 5%. NS = não significativo.

Tabela 2. Resultados dos testes de Mann-Kendall Sazonal e Sen's Slope significativos (p.valor<0,05) para as séries históricas mensais de temperatura e precipitação para o período entre janeiro (01) a dezembro (12) de 1960-1989 e 1990-2015.

1960-1989							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
60 - Caçador	Tminabs	111,000	0,040	0,061	0,000	0,125	0,049
	Tminmed	225,000	0,000	0,057	0,031	0,085	0,000
	Tmaxabs	-52,000	0,360	-0,027	-0,082	0,038	0,362
	Tmaxmed	-17,000	0,780	-0,004	-0,025	0,016	0,775
	Precipitação	-18,000	0,760	-0,997	-14,146	12,773	0,901
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
60 - Caçador	Tminabs	93,000	0,042	0,075	0,000	0,144	0,042
	Tminmed	94,000	0,040	0,043	0,008	0,070	0,019
	Tmaxabs	-36,000	0,438	-0,025	-0,086	0,044	0,438
	Tmaxmed	10,000	0,843	-0,025	-0,063	0,086	0,843
	Precipitação	7,000	0,895	0,010	-0,063	0,086	0,843
1960-1989							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
231 - Lages	Tminabs	74,000	0,192	0,033	-0,018	0,087	0,192
	Tminmed	67,000	0,239	0,015	-0,013	0,040	0,239
	Tmaxabs	-56,000	0,326	-0,028	-0,072	0,027	0,326
	Tmaxmed	-73,000	0,199	-0,017	-0,039	0,011	0,199
	Precipitação	45,000	0,433	4,540	-7,750	17,578	0,433
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
231 - Lages	Tminabs	-2,000	0,982	0,000	-0,063	0,050	0,982
	Tminmed	-98,000	0,032	-0,020	-0,045	-0,002	0,032
	Tmaxabs	158,000	0,001	0,087	0,045	0,132	0,001
	Tmaxmed	90,000	0,050	0,027	0,000	0,060	0,049
	Precipitação	37,000	0,428	5,886	-12,725	27,038	0,428
1960-1989							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
353 - São Joaquim	Tminabs	147,000	0,009	0,071	0,030	0,147	0,009
	Tminmed	96,000	0,090	0,036	-0,005	0,061	0,090
	Tmaxabs	-25,000	0,666	-0,005	-0,055	0,031	0,666
	Tmaxmed	-132,000	0,019	-0,027	-0,048	-0,006	0,019
	Precipitação	55,000	0,335	6,750	-8,115	24,100	0,335
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
353 - São Joaquim	Tminabs	80,000	0,084	0,067	0,000	0,150	0,080
	Tminmed	61,000	0,186	0,017	-0,008	0,035	0,186
	Tmaxabs	35,000	0,442	0,000	-0,021	0,080	0,442
	Tmaxmed	45,000	0,332	0,013	-0,013	0,044	0,332
	Precipitação	89,000	0,052	17,625	-1,005	33,700	0,052

1960-1989							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
442 - Videira	Tminabs	12,000	0,844	0,000	-0,070	0,078	0,844
	Tminmed	-5,000	0,943	-0,002	-0,034	0,027	0,943
	Tmaxabs	17,000	0,775	0,000	-0,050	0,067	0,775
	Tmaxmed	-11,000	0,858	-0,003	-0,024	0,024	0,858
	Precipitação	-21,000	0,721	-2,569	-17,567	12,635	0,721
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
442 - Videira	Tminabs	121,000	0,008	0,130	0,040	0,230	0,010
	Tminmed	159,000	0,000	0,050	0,030	0,080	0,000
	Tmaxabs	52,000	0,258	0,030	-0,020	0,080	0,258
	Tmaxmed	74,000	0,108	0,020	-0,008	0,053	0,108
	Precipitação	-17,000	0,724	-2,473	-19,129	18,680	0,724
1960-1989							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
469 - Campos Novos	Tminabs	-3,000	0,971	0,000	-0,054	0,055	0,971
	Tminmed	7,000	0,915	0,001	-0,030	0,029	0,915
	Tmaxabs	-21,000	0,721	-0,012	-0,057	0,040	0,721
	Tmaxmed	-40,000	0,487	-0,008	-0,032	0,012	0,487
	Precipitação	-37,000	0,521	-3,178	-15,226	8,739	0,521
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
469 - Campos Novos	Tminabs	78,000	0,089	0,042	-0,007	0,122	0,089
	Tminmed	95,000	0,038	0,031	0,001	0,060	0,038
	Tmaxabs	-4,000	0,947	0,000	-0,053	0,044	0,947
	Tmaxmed	39,000	0,402	0,013	-0,015	0,040	0,402
	Precipitação	7,000	0,895	0,780	-15,507	25,600	0,895
1990-2015							
	Variável	Mann-Kendall		Sen's Slope			
		S	p-valor	Slope	ICinf	ICsup	p-valor
574 - Rio Negrinho	Tminabs	-56	0,200	-0,100	-0,100	0,000	0,200
	Tminmed	-39	0,400	0,000	0,000	0,000	0,400
	Tmaxabs	70	0,100	0,000	0,000	0,100	0,100
	Tmaxmed	16	0,700	0,000	0,000	0,000	0,700
	Precipitação	-21	0,700	-2,900	-18,600	10,900	0,700

Nota: Tminabs = temperatura mínima absoluta; Tminmed = temperatura mínima média; Tmaxabs = temperatura máxima absoluta; Tmaxmed = temperatura máxima média.

As análises revelaram tendências estatisticamente significativas (p -valor $< 0,05$) principalmente nas séries de temperatura mínima e máxima em municípios da região central e serrana de Santa Catarina, com maior frequência a partir da década de 1990. Esses resultados indicam alterações consistentes no regime térmico regional, o que pode ter implicações importantes para a agricultura, os ecossistemas locais e o planejamento climático de longo prazo. As séries de anomalias térmicas apontam um sinal persistente de aquecimento ao longo das últimas década-

das, intensificando-se a partir de 1995, com predomínio de anomalias positivas para extremos quentes e negativas para extremos frios (Regoto et al., 2021). Em outro estudo conduzido por Penereiro & Meschiatti (2018) também foi observado que em âmbito nacional, a maioria das tendências ocorreram a partir de 1990, assim como observado no nosso presente estudo, onde a série temporal de 1960-1989 apresentou menor tendência do que a de 1990-2015.

Conforme apresentado na Tabela 2, as tendências significativas variaram entre as estações meteorológicas e os

períodos avaliados. De forma geral, com exceção de São Joaquim e Rio Negrinho, as outras quatro localidades apresentaram tendência de aumento na temperatura mínima média no período de 1990 a 2015. Houve acréscimo dessa variável em Caçador, Videira e Campos Novos, enquanto Lages apresentou tendência de diminuição.

Percebe-se que apenas Caçador apresentou padrões consistentes entre os dois períodos avaliados. Em Caçador, foram observadas tendências positivas para a temperatura mínima, tanto entre 1960–1989 quanto entre 1990–2015, com um aumento estimado de 0,08 °C por ano para a mínima absoluta (IC: 0,00 °C a 0,14 °C) e de 0,04 °C por ano para a mínima média (IC: 0,01 °C a 0,07 °C) no segundo período. Em Lages, não foram identificadas tendências significativas entre 1960 e 1989, mas entre 1990 e 2015 observou-se uma diminuição na temperatura mínima média de -0,02 °C por ano (IC: -0,04 °C a -0,00 °C), além de aumento na temperatura máxima absoluta de 0,09 °C por ano (IC: 0,05 °C a 0,13 °C) e na máxima média de 0,03 °C por ano (IC: 0,00 °C a 0,06 °C).

Videira e Campos Novos também não apresentaram tendências significativas no primeiro período (1960–1989), mas mostraram mudanças significativas entre 1990 e 2015. Em Videira, houve aumento tanto na temperatura mínima absoluta (0,13 °C por ano, IC: 0,04 °C a 0,23 °C) quanto na mínima média (0,05 °C por ano, IC: 0,03 °C a 0,08 °C). Em Campos Novos, foi registrada tendência positiva apenas para a temperatura mínima média, com incremento de 0,03 °C por ano (IC: 0,00 °C a 0,06 °C).

No caso de São Joaquim, durante o período de 1960 a 1989, identificou-se uma tendência significativa de aumento na temperatura mínima absoluta (0,07 °C por ano, IC: 0,03 °C a 0,15 °C) e de redução na temperatura máxima média (-0,03 °C por ano, IC: -0,05 °C a -0,01 °C). No entanto, essas tendências não se mantiveram no período subsequente (1990–2015).

Resultados de estudos anteriores corroboram parte das tendências observadas na presente investigação. Em um estudo realizado por Mendonça et al. (2006), que analisou dados de 1961 a 2004 para municípios da região Sul do Brasil, incluindo Campos Novos, São Joaquim e Lages, observou-se tendências semelhantes às encontradas no presente estudo, como o aumento na temperatura mínima em Campos Novos e São Joaquim, bem como na temperatura máxima em Lages. No entanto, diferem deste estudo ao indicar aumento também da temperatura mínima em Lages e da precipitação, não verificados nos resultados deste trabalho, que não evidenciou tal tendência. Além disso, reportaram uma tendência de aumento na precipitação pluvial anual para essas localidades, tendência que não foi observada no presente estudo. É possível que a ausência de uma análise de rupturas nas séries históricas possa ter contribuído para essas divergências. No estudo supra-

citado, o aumento nas temperaturas mínimas foi estimado em 0,7°C para os municípios analisados, valor próximo ao observado para Campos Novos neste estudo (+0,8°C em 26 anos, com uma taxa de +0,031°C ao ano). O aumento de 1,3°C nas temperaturas médias mínimas entre 1961 e 2004, observado por Mendonça et al. (2006), também foi semelhante ao encontrado para Videira, considerando a série de 1990-2015 (aumento de 1,3°C, ou +0,052°C ao ano). Vale ressaltar que os autores não realizaram testes de homogeneidade e rupturas nas séries temporais, o que limita a robustez dos resultados apresentados.

Em outro estudo, Campos et al. (2006) analisaram a temperatura mínima em Caçador entre 1942 e 2006, observando um aumento de +0,045°C ao ano, totalizando +2,9°C no período. Suas conclusões indicam aumentos de 2,2°C em Lages e 2,1°C em Campos Novos, valores discrepantes dos resultados do presente estudo, que encontrou uma redução de -0,5°C em Lages e um aumento de +0,8°C em Campos Novos no período de 1990-2015. A falta de uma análise mais aprofundada sobre a homogeneidade das séries históricas, bem como a utilização de metodologias adicionais, poderia explicar algumas das discrepâncias encontradas entre os estudos.

Em Videira, Back et al. (2013) utilizaram, entre 1971 e 2010, o teste de Mann-Kendall e o método de Theil-Sen para estimar uma tendência de aumento de +0,047°C ao ano na temperatura mínima, valor muito próximo ao observado neste estudo para o período de 1990-2015 (+0,052°C ao ano). No entanto, os autores também relataram uma tendência de aumento na temperatura máxima de +0,0346°C/ano e um aumento na precipitação pluvial anual de +12,37 mm/ano, tendências que não foram observadas no presente estudo.

Em outro estudo há a corroboração do resultado de tendência positiva para a temperatura mínima e máxima, porém discordam dos resultados para precipitação pluvial. Os autores Penereiro & Meschiatti (2018) avaliaram 243 cidades brasileiras, incluindo 10 de Santa Catarina, embora não detalhem o nome dos municípios, aplicando os mesmos testes de Mann-Kendall e Pettit, sendo detectada tendência positiva para temperatura mínima em dois dos dez municípios catarinenses, para temperatura máxima em seis de dez, e para precipitação pluvial em quatro de dez.

De modo geral, observa-se aumento estatisticamente significativo na temperatura mínima em diversas regiões da América do Sul (Reboita et al., 2021). De acordo com o mais recente relatório do IPCC (2023), a temperatura média global da superfície foi 1,09 °C (intervalo de confiança de 0,95 °C a 1,20 °C) mais alta no período de 2011 a 2020 em comparação com 1850 a 1900. Esse valor representa um aumento médio aproximado de +0,1 °C por década. Ao comparar essa taxa com os resultados obtidos no presente estudo, observa-se que a maioria das variáveis que apre-

sentaram tendência estatisticamente significativa exibem magnitudes de mudança anuais semelhantes. Essa concordância reforça a evidência de que o aquecimento observado em escala regional está alinhado com os padrões globais reportados pelo IPCC, corroborando que os efeitos das mudanças climáticas também se manifestam de forma mensurável no contexto local analisado.

As Figuras 2 a 6 ilustram as séries históricas das variáveis com tendências significativas, destacando as equações lineares de regressão ajustadas com base nas inclinações estimadas pela Sen's Slope. É importante destacar que o teste de Mann-Kendall avalia a existência de uma tendência monotônica (crescente ou decrescente) ao longo do tempo, independentemente da forma da relação. Por isso, é complementado pela estimativa da Sen's Slope, que quantifica a intensidade da tendência.

A aplicação de modelos lineares em séries temporais de dados meteorológicos frequentemente resulta em baixos valores de R^2 , devido à elevada variabilidade natural dos dados. Isso não invalida a detecção da tendência, mas indica que a variabilidade interanual é influenciada por outros fatores além do tempo. Ainda assim, as inclinações obtidas pelas equações lineares mostraram-se bastante próximas

dos valores estimados pelo Sen's Slope, com diferenças variando entre 0,000 °C e 0,017 °C, o que reforça a robustez dos resultados obtidos.

Para os dados de precipitação pluvial, não foram detectadas tendências estatisticamente significativas nas séries analisadas, indicando ausência de mudanças claras no volume total anual ao longo do tempo. Ao contrário das variáveis de temperatura, os extremos de precipitação apresentaram padrões espaciais heterogêneos. Esses resultados refletem a alta variabilidade natural da precipitação, além da influência de fatores locais e regionais. Esse comportamento está de acordo com estudos nacionais, como o de Regoto et al. (2021), que apontam para uma ausência de tendência generalizada de precipitação em todo o país. Segundo os autores, as mudanças nos regimes de chuva são predominantemente regionais: enquanto o Nordeste brasileiro tende a um clima mais seco, o Sul e o sul da Região Centro-Oeste mostram sinais mais consistentes de aumento nos extremos de precipitação, sugerindo uma intensificação do regime úmido nessas áreas. No entanto, no presente estudo, mesmo para as estações localizadas na região Sul, não foram observadas tendências significativas para os totais anuais, o que pode estar relacionado à cur-

Figura 2. Tendência linear para temperatura mínima do ar anual para Caçador, Estação 60: (a) temperatura mínima absoluta anual de 1960-1989; (b) temperatura mínima absoluta anual de 1990-2015; (c) temperatura mínima média anual de 1960-1989; e (d) temperatura mínima média anual de 1990-2015.

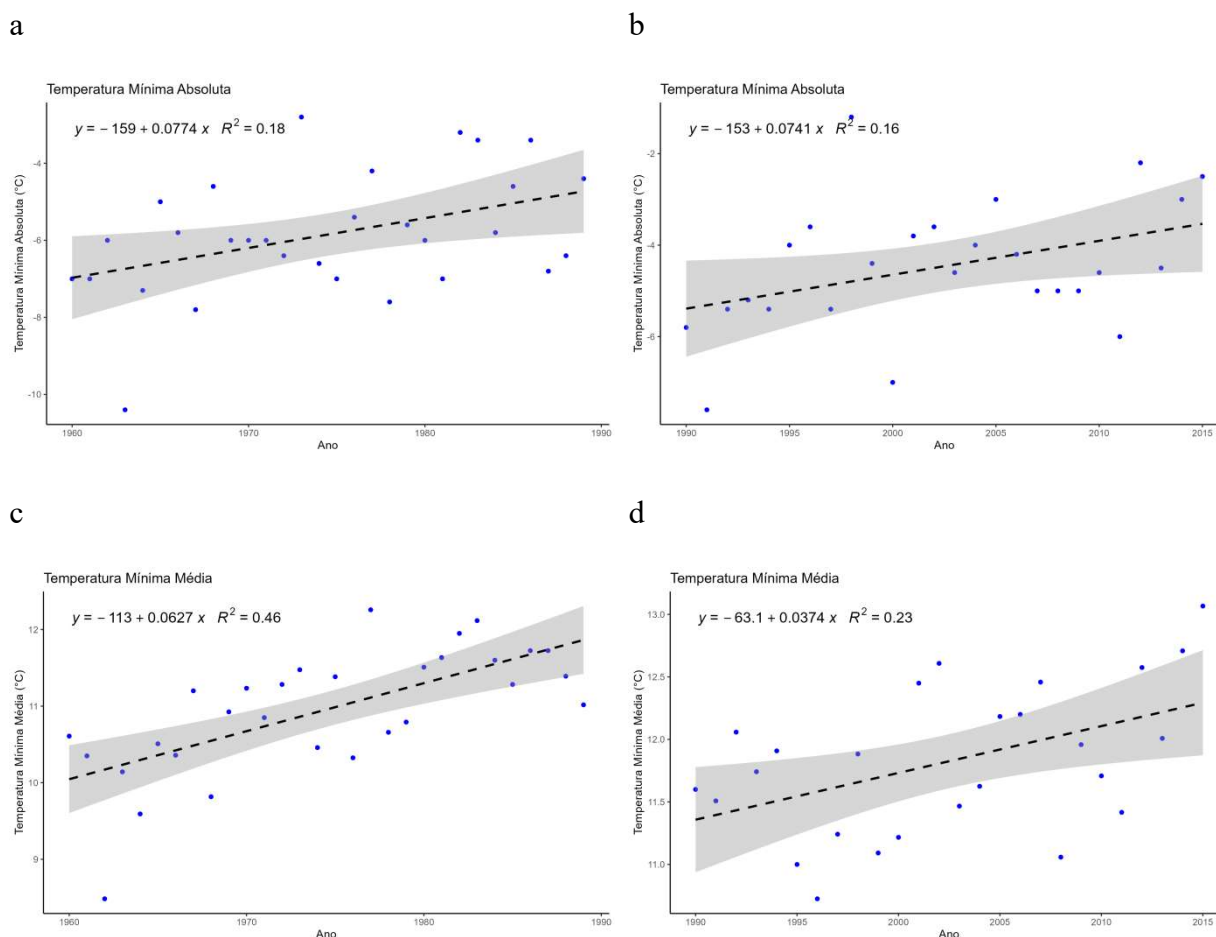


Figura 3. Tendência linear para temperatura do ar anual para Lages, Estação 231: (a) Temperatura mínima média anual de 1990-2015, (b) Temperatura máxima absoluta anual de 1990-2015 e (c) Temperatura máxima média anual de 1990-2015.

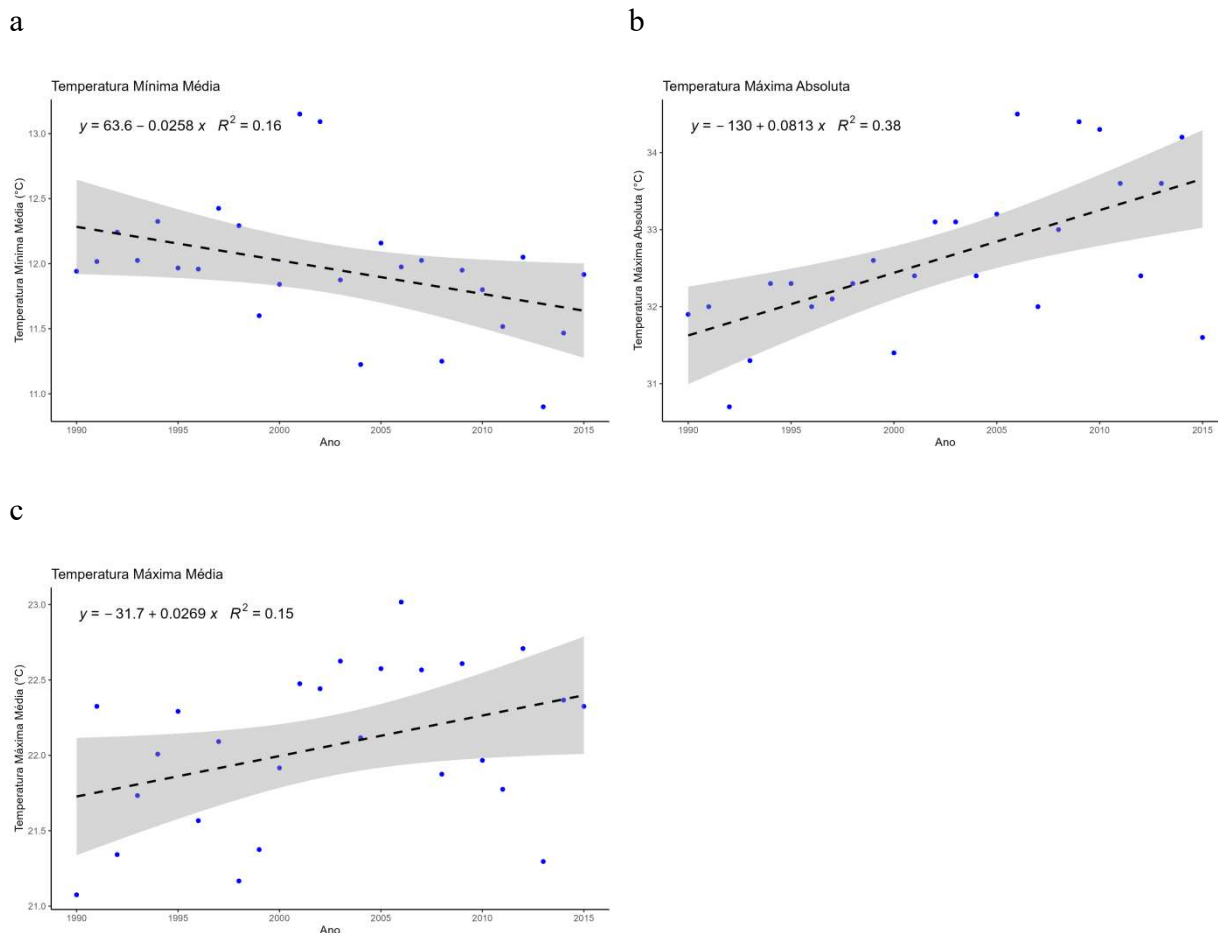
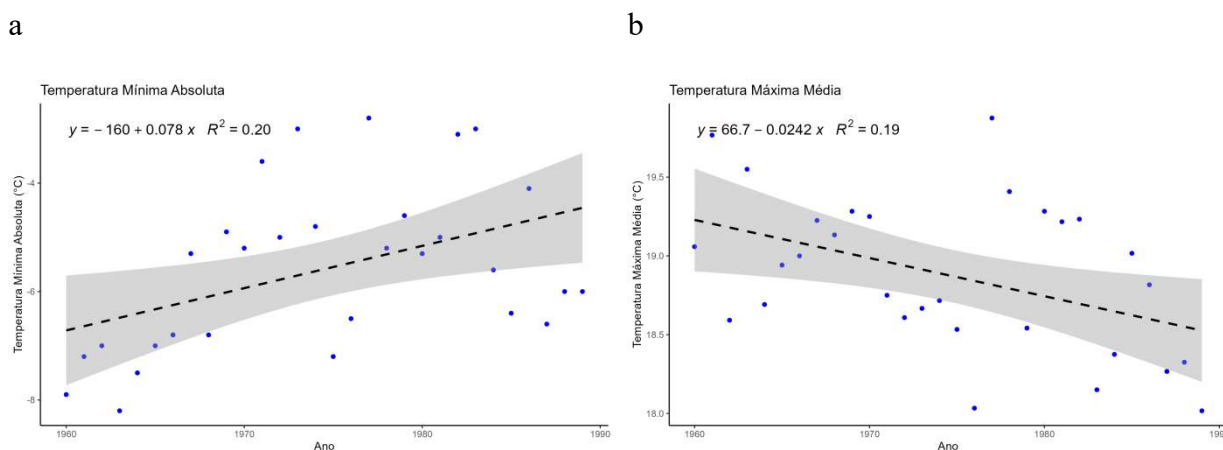


Figura 4. Tendência linear para temperatura do ar anual para São Joaquim, Estação 353: (a) Temperatura mínima absoluta anual de 1960-1989, (b) Temperatura máxima média anual de 1960-1989.



ta duração da série segmentada ou à elevada variabilidade interanual.

Os resultados obtidos contribuem significativamente para o entendimento das mudanças climáticas na região produtora de frutas temperadas de Santa Catarina, especialmente no que se refere ao aumento consistente da temperatura mínima observado em municípios como Caçador, Videira, localizados na região do Vale do Rio do Peixe e

Campos Novos. Esse cenário climático emergente reforça a importância de estratégias de adaptação no setor agrícola, entre as quais se destaca o papel do melhoramento genético na seleção e desenvolvimento de cultivares com menor exigência em frio. A redução da ocorrência de horas de frio pode comprometer a quebra de dormência e a produtividade de frutíferas temperadas, tornando essencial a incorporação de variabilidade genética adaptada às

Figura 5. Tendência linear para temperatura mínima do ar anual para Videira, Estação 442: (a) Temperatura mínima absoluta anual de 1990-2015, (b) Temperatura mínima média anual de 1990-2015.

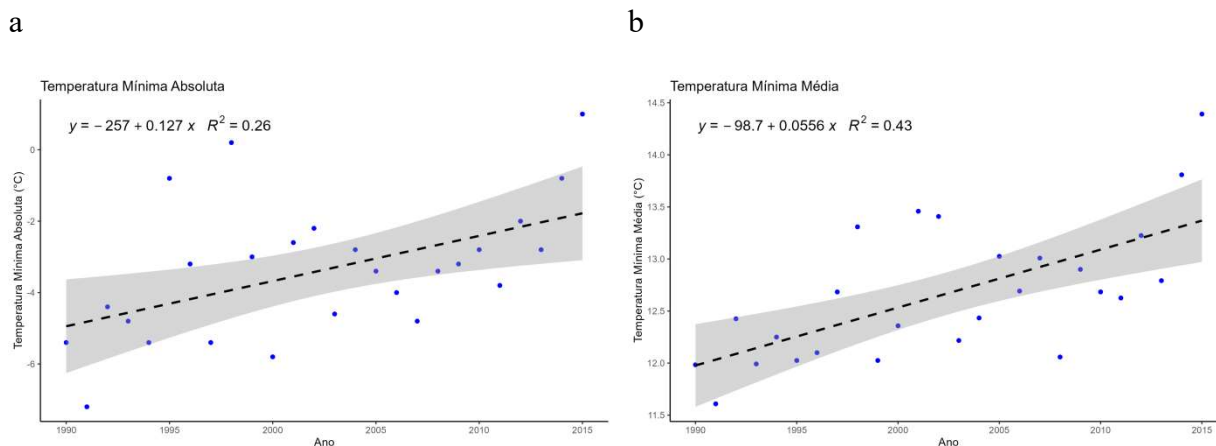
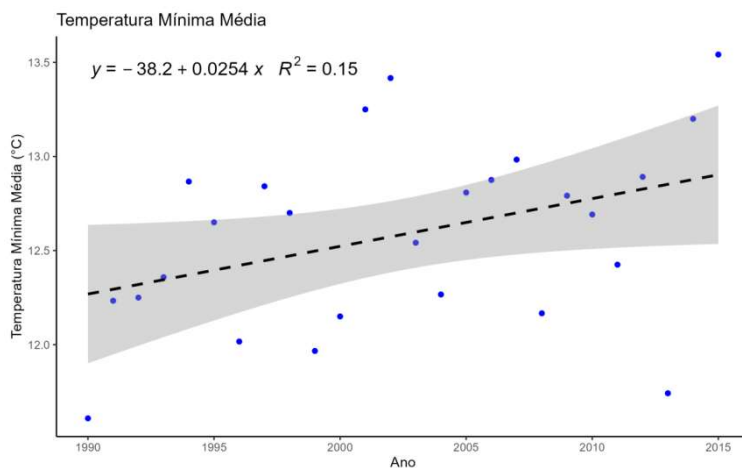


Figura 6. Tendência linear para temperatura mínima média do ar anual para Campos Novos, Estação 469 de 1990-2015.



novas condições térmicas. Dessa forma, o presente estudo fornece subsídios técnico-científicos não apenas para o planejamento agroclimático, mas também para a definição de prioridades em programas de melhoramento genético voltados à sustentabilidade da fruticultura regional frente às mudanças climáticas.

Diante do cenário climático identificado é fundamental ampliar o foco das análises para além das tendências médias, incorporando estudos estatísticos voltados à caracterização de eventos extremos que impactam diretamente a agricultura catarinense. A elevada variabilidade interanual e a ausência de tendências claras na precipitação evidenciam a necessidade de abordagens que incluam métodos robustos para detecção e quantificação de extremos climáticos. Investimentos em estudos estatísticos específicos, como análise de frequência, intensidade e recorrência desses eventos, são essenciais para subsidiar estratégias de adaptação e fortalecer a resiliência da produção agrícola frente às incertezas climáticas.

Considerações finais

O estudo identificou rupturas estatísticas nas séries históricas de temperatura e precipitação antes da década de 1990.

A segmentação das séries temporais em períodos distintos (1960–1989 e 1990–2015) melhorou a confiabilidade na análise das tendências climáticas.

Os testes de homogeneidade evitam conclusões equivocadas.

As análises estatísticas apontaram aumento da temperatura mínima em grande parte dos municípios avaliados, especialmente após 1990.

A temperatura máxima apresentou tendência de aumento em Lages a partir de 1990.

A precipitação pluvial anual não apresentou tendência e evidencia padrão espacial heterogêneo e de variabilidade interanual.

O presente estudo fornece subsídios técnico-científicos para o planejamento agroclimático e para programas de melhoramento genético

Contribuição dos autores

C. PANDOLFO e V. POHLMANN concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados e redação do artigo. G. B. LEITE e S. SLOWIK concepção do trabalho, redação e revisão do artigo.

Referências

ÁVILA, A. C. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; CAMPOS, C. G. C. Climate change and its effect on the soil water balance of Lages, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.15, n.6, p.2796-2809, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.6.p2796-2809

BACK, Á. J.; DELLA BRUNA, E.; DALBÓ, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no Vale do Rio do Peixe-SC. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.1, p.159-169, 2013. DOI: 10.1590/S0100-29452013000100019

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, v.5, 180214, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.214

CAMPOS, C. G. C.; BRAGA, H. J.; ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v.19, n.3, p.31-35, 2006.

GOU, R.; LIU, Y.; WANG, C.; WANG, C. The controlling mechanisms of the recent global warming hiatus: a focus on the internal variabilities. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, v.74, n.1, p.172-186, 2022. DOI: 10.16993/tellusa.38

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AR6 synthesis report: climate change 2023. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle>. Accessed on: May 6 2025.

LAIPELT, L.; PAIVA, R. C. D.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; PAPA, F.; RUHOFF, A. S. SWOT reveals how the 2024 disastrous flood in South Brazil was intensified by increased water slope and wind forcing. *Geophysical Research Letters*, v.52, e2024GL111287, 2025. DOI: 10.1029/2024GL111287

MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.2, p.71-86, 2006. DOI: 10.5380/abclima.v2i0.25388

MUDELSEE, M. Trend analysis of climate time series: a review of methods. *Earth-Science Reviews*, v.190, p.310-322, 2019. DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.12.005

PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. M.; SILVA, A. L.; MACHADO, L. N.; PINTO, E. S. P. Impactos das mudanças climáticas sobre a viticultura no estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v.28, n.1, p.61-66, 2015. DOI: 10.52945/rac.v28i1.181

PENEREIRO, J. C.; MESCHIATTI, M. C. Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.23, n.2, p.319-331, 2018. DOI: 10.1590/s1413-41522018168763

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Available at: <https://www.R-project.org/>. Accessed on: May 6 2025.

REBOITA, M. S.; KUKI, C. A. C.; MARRAFON, V. H.; SOUZA, C. A.; FERREIRA, G. W. S.; TEODORO, T.; LIMA, J. W. M. South America climate change revealed through climate indices projected by GCMs and Eta RCM ensembles. *Climate Dynamics*, v.58, p.459-485, 2021. DOI: 10.1007/s00382-021-05918-2

REGOTO, P.; DEREZYSKI, C.; CHOU, S. C.; BAZZANELA, A. C. Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. *International Journal of Climatology*, v.41, n.11, p.5125-5142, 2021. DOI: 10.1002/joc.7119

SOARES, D. B.; LEE, H.; LOIKITH, P.C.; BARKHORDARIAN, A.; MECHOSO, C. R. Can significant trends be detected in surface air temperature and precipitation over South America in recent decades? *International Journal of Climatology*, v.37, n.3, p.1483-1493, 2017. DOI: 10.1002/joc.4792

SOUZA, B.; HADDAD, E. Climate change in Brazil: dealing with uncertainty in agricultural productivity models and the implications for economy-wide impacts. *Spatial Economic Analysis*, v.17, n.1, p.83-100, 2022. DOI: 10.1080/17421772.2021.1934524

TANURE, T. M. P.; DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S. Regional impacts of climate change on agricultural productivity: evidence on large-scale and family farming in Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.62, n.1, e262515, 2024. DOI: 10.1590/1806-9479.2022.262515

YAN, X.; BOYER, T.; TRENBERTH, K.; KARL, T.; XIE, S.; NIEVES, V.; TUNG, K.; ROEMMICH, D. The global warming hiatus: slowdown or redistribution? *Earth's Future*, v.4, n.11, p.472-482, 2016. DOI: 10.1002/2016EF000417

REFERENCIAÇÃO

PANDOLFO, C.; LEITE, G. B.; POHLMANN, V.; SLOWIK, S. Tendência climática da região produtora de frutas de clima temperado do estado de Santa Catarina. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.33-34, e027959, 2026.



Climate Trends in the Temperate Fruit-Growing Region of Santa Catarina State, Brazil

Cristina Pandolfo^{1(*)}, Gabriel Berenhauser Leite¹, Valeria Pohlmann¹ and Silvana Slowik²

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, Rod. Admar Gonzaga, 1347, Bairro Itacorubi, CEP 88040-900 Florianópolis, SC, Brazil. E-mails: cristina@epagri.sc.gov.br, gabriel@epagri.sc.gov.br and valeriapohlmann@epagri.sc.gov.br

²Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, CEP 88040-900 Florianópolis, SC, Brazil. E-mail: silvanaslowik@gmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 May 2025

Accepted 1st June 2026

Index terms:

agrometeorology

trend analysis

climatology

apple

grape

ABSTRACT

This study aimed to analyze breakpoints and trends in air temperature and precipitation time series from 1960 to 2015 in six meteorological stations located in the main temperate fruit-producing region of Santa Catarina State, Brazil. The methodology included homogeneity tests (Pettit, SNHT, Buishand) and trend analysis using the Mann-Kendall test and Sen's Slope estimator, applied to segmented series (1960–1989, 1990–2015, and 1960–2015). The results indicated predominant breakpoints during the 1990s and a significant increasing trend in minimum temperature in most municipalities, especially in Caçador, Videira, and Campos Novos. Maximum temperature showed an increasing trend in some locations, such as Lages, though with less consistency. Precipitation series did not exhibit significant trends, reflecting high interannual variability and heterogeneous spatial patterns. The findings suggest an ongoing regional warming process with implications for temperate fruit cultivation, particularly due to the potential reduction in chilling hours. This highlights the need for adaptive strategies, such as breeding of cultivars with lower chilling requirements, to ensure the sustainability of agricultural production.

© 2026 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

PANDOLFO, C.; LEITE, G. B.; POHLMANN, V.; SLOWIK, S. Climate trends in the temperate fruit-growing region of Santa Catarina State, Brazil. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.33-34, e027959, 2026.