

## **ANÁLISE DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS NAS REGIÕES GEOGRÁFICAS INTERMEDIÁRIAS DO RIO GRANDE DO SUL**

### **ANALYSIS OF CLIMATIC AND ENVIRONMENTAL VARIABLES IN THE INTERMEDIATE GEOGRAPHICAL REGIONS OF RIO GRANDE DO SUL**

**CAROLINE MORO**

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS)  
morocaroline836@gmail.com

**LUCIAN ARMINDO DA SILVA BRINCO**

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS)  
lucianbrinco@gmail.com

**MAURO KUMPFER WERLANG**

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS)  
wermakwer@gmail.com

**Resumo:** O objetivo do estudo foi analisar a Temperatura de Superfície Terrestre (TST), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a precipitação pluvial e a velocidade do vento nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul, no período compreendido entre 22 de dezembro de 2023 a 20 de março de 2024, que abrange o verão no hemisfério Sul. A metodologia do trabalho envolveu a utilização da plataforma em nuvem do *Google Earth Engine* (GEE), para processar imagens do sensor MODIS (TST), satélite Sentinel-2 MSI (NDVI) e dados de precipitação pluvial e velocidade do vento das coleções CHIRPS e *TerraClimate*, respectivamente. Os dados foram analisados estatisticamente e representados por meio de mapas e gráficos. Os valores médios de TST oscilaram entre 29,4°C (Santa Maria) e 32,8°C (Santa Cruz do Sul - Lajeado). A relação inversa entre NDVI e TST foi observada, destacando-se a Região Geográfica de Ijuí com o maior índice de vegetação (0,42) e a menor temperatura (29,6°C), enquanto Porto Alegre apresentou o menor NDVI (0,26), refletindo maior urbanização. A velocidade do vento variou entre 2,1 m/s (Ijuí) e 3,1 m/s (Santa Cruz do Sul - Lajeado), influenciando na dispersão de poluentes e na sensação térmica. A precipitação pluvial apresentou distribuição heterogênea, com valores médios de 297,5 mm em Porto Alegre e 593,9 mm em Pelotas, impactando o crescimento da vegetação e a regulação térmica. As conclusões destacam a importância do monitoramento climático por sensoriamento remoto para a compreensão das dinâmicas ambientais e o planejamento sustentável.

**Palavras-chaves:** Sensoriamento remoto; temperatura superficial; índice de vegetação; velocidade do vento; precipitação pluvial.

**Abstract:** The objective of this study was to analyze Land Surface Temperature (LST), the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), rainfall, and wind speed in the Intermediate Geographical Regions of Rio Grande do Sul, during the period from December 22, 2023, to March 20, 2024, which corresponds to the summer season in the Southern Hemisphere. The methodology involved the use of the Google Earth Engine (GEE) cloud platform to process MODIS sensor images (LST), Sentinel-2 MSI satellite imagery (NDVI), and rainfall and wind speed data from the CHIRPS and TerraClimate collections, respectively. The data were statistically analyzed and represented through maps and graphs. Average LST values ranged from 29.4°C (Santa Maria) to 32.8°C (Santa Cruz do Sul – Lajeado). An inverse relationship between NDVI and LST was observed, with the Ijuí region standing out with the highest vegetation index (0.42) and the lowest temperature (29.6°C), while Porto Alegre had the lowest NDVI (0.26), reflecting higher urbanization. Wind speed varied from 2.1 m/s (Ijuí) to 3.1 m/s (Santa

Cruz do Sul – Lajeado), influencing pollutant dispersion and thermal sensation. Rainfall distribution was heterogeneous, with average values of 297,5 mm in Porto Alegre and 593,9 mm in Pelotas, impacting vegetation growth and thermal regulation. The conclusions highlight the importance of climate monitoring through remote sensing for understanding environmental dynamics and promoting sustainable planning.

**Keywords:** Remote sensing; land surface temperature; vegetation index; wind speed; rainfall.

## **Introdução**

A compreensão das dinâmicas climáticas regionais possibilita subsidiar ações de planejamento e ordenamento territorial integrado, favorece a mitigação de impactos ambientais e adaptação às mudanças climáticas (VERGES; GÓIS; CARVALHAL-LUNA, 2014). Em vista disso, o monitoramento de elementos do clima, como a Temperatura de Superfície Terrestre (TST), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a precipitação pluvial e a velocidade do vento, permite identificar padrões e variações climáticas, bem como as suas interações com os ecossistemas naturais e as atividades humanas (CAMELO *et al.*, 2018; OLIVERIA *et al.*, 2021).

A TST está diretamente associada a fenômenos como ilhas de calor urbanas, distribuição espacial da vegetação e variações no balanço de energia da superfície (BORGES; BATISTA, 2020; WANG; ZHU; WANG, 2004). O NDVI, nesse sentido, é um indicador utilizado para monitorar a densidade da vegetação, auxiliando na detecção de variações na cobertura vegetal e na avaliação dela (BARBOSA; CARVALHO; CAMACHO, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019). A precipitação pluvial é um dos fatores que controla o ciclo hidrológico, regula a disponibilidade hídrica e influencia processos hidrológicos, ecológicos e geográficos (COELHO NETTO, 1995). Já a velocidade do vento desempenha um papel no transporte de umidade das áreas de origem e na dispersão de poluentes atmosféricos (BRITO; SILVA; CRISPIM, 2019; MOREIRA; TIRABASSI; MORAES, 2008).

O estudo dessas variáveis permite uma avaliação mais abrangente das condições ambientais e climáticas de determinada região. O uso de tecnologias de sensoriamento remoto e análise geoespacial, como a plataforma de computação em nuvem do *Google Earth Engine* (GEE), nessa perspectiva, facilita a manipulação e processamento de dados climáticos, permitindo análises em diferentes escalas temporais e espaciais (PRADO *et al.*, 2022; RIGHI *et al.*, 2024). O GEE se destaca como uma ferramenta relativamente de baixo custo, prática,

rápida e que manipula grande volume de dados, grandes áreas e amplos períodos (RIGHI *et al.*, 2024).

O estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta uma diversidade climática e ambiental, com Regiões Geográficas Intermediárias, que possuem diferentes características em termos de temperatura, velocidade do vento, precipitação pluvial e cobertura vegetal. A análise dessas variáveis durante o período do verão pode fornecer informações sobre as diferenças delas na área de estudo e suas implicações para o planejamento e ordenamento territorial integrado e para as tomadas de decisão. Dessa forma, compreender as diferenças climáticas entre as Regiões Geográficas Intermediárias possibilita a formulação de estratégias de adaptação e mitigação dos impactos ambientais, bem como para o aprimoramento de políticas públicas voltadas à gestão territorial e ambiental. Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a TST, o NDVI, a precipitação pluvial e a velocidade do vento nas Regiões Geográficas Intermediárias do RS, durante o período de 22 de dezembro de 2023 a 20 de março de 2024.

## **Área de estudo**

O estado do RS, localizado na região Sul do Brasil, é composto por 497 municípios, 43 Regiões Geográficas Imediatas e oito Regiões Geográficas Intermediárias, sendo elas: Caxias do Sul, Ijuí, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Cruz do Sul - Lajeado Santa Maria e Uruguaiana (MAIA; STROHAECKER, 2022). Essas Regiões Geográficas Intermediárias apresentam características diferentes do ponto de vista social, econômico e ambiental, refletindo a diversidade geográfica, ambiental, climática e cultural do estado. Na Figura 1, apresenta-se o mapa de localização das Regiões Geográficas Intermediárias do estado do RS.

Nessa conjuntura, a Região Geográfica Intermediária de Porto Alegre contém 90 municípios; a de Pelotas, 24; a de Santa Maria, 40; a de Uruguaiana, 10; a de Ijuí, 77; a de Passo Fundo, 144; a de Caxias do Sul, 54; e a de Santa Cruz do Sul – Lajeado, 58 (BAUERMANN, 2023). Do ponto de vista social, as Regiões Geográficas Intermediárias do RS possuem quantidades populacionais diversificadas, algumas com maior concentração urbana, já outras com municípios mais voltados ao espaço rural. Além disso, o estado possui uma forte influência cultural de diferentes origens, que se reflete na arquitetura, gastronomia e tradições das comunidades locais.

Figura 1 – Localização das Regiões Geográficas Intermediárias do estado do RS em relação ao Brasil



Fonte: Adaptado IBGE (2022).

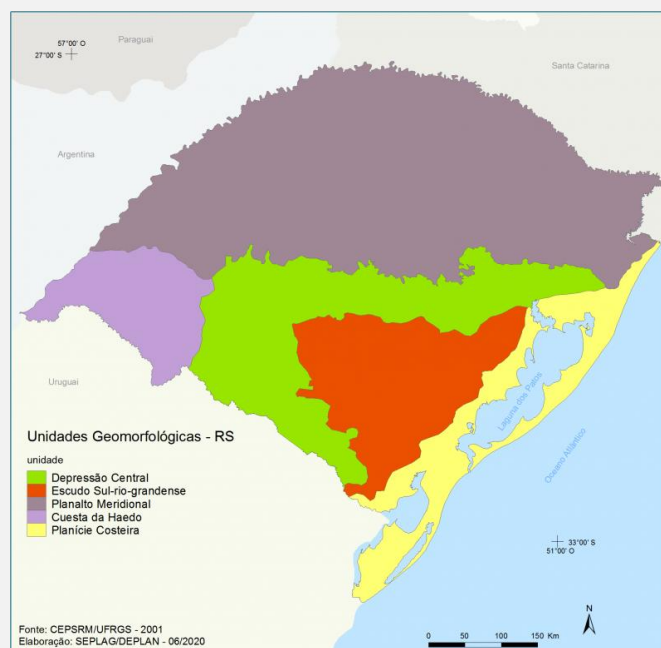
Nessa conjuntura, A Região Geográfica Intermediária de Porto Alegre contém 90 municípios; a de Pelotas, 24; a de Santa Maria, 40; a de Uruguaiana, 10; a de Ijuí, 77; a de Passo Fundo, 144; a de Caxias do Sul, 54; e a de Santa Cruz do Sul – Lajeado, 58 (BAUERMANN, 2023). Do ponto de vista social, as Regiões Geográficas Intermediárias do RS possuem quantidades populacionais diversificadas, algumas com maior concentração urbana, já outras com municípios mais voltados ao espaço rural. Além disso, o estado possui uma forte influência cultural de diferentes origens, que se reflete na arquitetura, gastronomia e tradições das comunidades locais.

Economicamente, o RS tem um setor produtivo diversificado, abrangendo desde a indústria e os serviços até as atividades agropecuária, ou seja, o estado possui municípios que são voltados para algum dos setores produtivos, sejam eles o primário, o secundário ou a terciário. Com isso, proporciona a em cada região intermediária ter predomínio de um setor. No aspecto ambiental, as Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul apresentam grande diversidade de ecossistemas, influenciados pelo relevo, geologia, bioma, clima e pela presente hidrografia do estado.

Nesse âmbito, o relevo do estado do RS é marcado por quatro grandes unidades geomorfológicas: a Depressão Central, o Planalto Meridional, o Escudo Sul-Rio-Grandense e

a Planície Costeira (SEPLAG, 2021). Na Figura 2, apresenta-se o mapa das unidades geomorfológicas presente no Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul de 2021 (SEPLAG, 2021).

Figura 2 – Mapa das unidades geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul



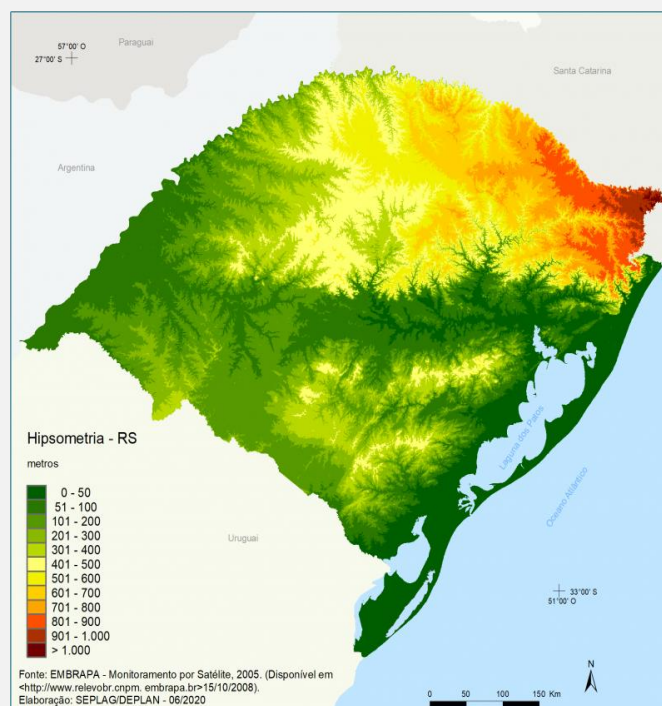
Fonte: SEPLAG (2021).

O clima predominante no estado é o subtropical úmido (*Cfa* e *Cfb* na classificação de Köppen), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano e quatro estações bem definidas (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). O estado abriga duas grandes formações vegetais, o Bioma Pampa caracterizado por campos nativos e coxilhas e a Mata Atlântica com florestas de araucária (SILVA; PERELLÓ, 2010). Na Figura 3 apresenta-se o mapa hipsométrico do Rio Grande do Sul. Observa-se que as maiores altitudes estão presentes no nordeste do estado.

No estado do Rio Grande do Sul, os ventos predominantes são influenciados tanto pela circulação geral da atmosfera quanto pelas características regionais (SARTORI, 2003). Os ventos mais comuns são os de direção norte e nordeste, que costumam trazer ar quente e úmido da Amazônia e do Atlântico, contribuindo para o aumento das temperaturas e da umidade relativa do ar (REHBEIN *et al.*, 2013; ROSA *et al.*, 2021; SARTORI, 2016).



Figura 3 – Mapa hipsométrico do Rio Grande do Sul



Fonte: SEPLAG (2021).

Já os ventos de sul e sudoeste estão associados à entrada de massas de ar frio de origem polar, especialmente no outono e inverno, provocando quedas acentuadas de temperatura (SARTORI, 2003; 2016). Outro fenômeno frequente é o "vento minuano", característico do sul do estado, que sopra geralmente após a passagem de frentes frias, sendo seco, frio e com intensidade variável (SARTORI, 2003; 2016).

Dessa forma, as oito Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul apresentam realidades distintas, mas interligadas, compondo um mosaico socioeconômico e ambiental que influencia as dinâmicas territoriais do estado. O equilíbrio entre desenvolvimento econômico, preservação ambiental e qualidade de vida é um fator importante para o estado.

## Metodologia

A pesquisa foi conduzida utilizando a plataforma GEE para a coleta, processamento e análise de dados ambientais e climáticos referentes as oito Regiões Geográficas Intermediárias do estado do RS. Os dados analisados da TST, NDVI, precipitação pluvial e velocidade do vento correspondem ao período compreendido entre 22 de dezembro de 2023 a 20 de março de

2024, que é considerado o verão no Hemisfério Sul. Essa estação foi escolhida devido à maior nitidez dos padrões e diferenças das variáveis climáticas.

Os dados de TST foram obtidos a partir da coleção de imagens *MODIS/061/MYD11A2* com resolução espacial de 1 km, disponível no GEE (GUSSO, 2014; WANDERLEY *et al.*, 2015). Para o processamento dos dados, foi aplicada a filtragem temporal, considerando as datas de interesse e a seleção da banda '*LST\_Day\_1km*', que representa a temperatura diurna da superfície terrestre em escala global (CAVALCANTE; ALMEIDA; CASTELO, 2020). Os valores desta banda são expressos em *Kelvin* e multiplicados por um fator de escala de 0,02, a partir disso foi necessário convertê-los para graus *Celsius* (°C) (CAVALCANTE; ALMEIDA; CASTELO, 2020; WANDERLEY *et al.*, 2015).

O processo da conversão foi implementado no GEE por meio da multiplicação dos valores por 0,02 e da posterior subtração de 273,15 (WANDERLEY *et al.*, 2015). Além disso, as propriedades originais das imagens foram mantidas para preservar a informação temporal associada a cada dado. A conversão foi realizada por meio da *função.map()*, aplicada à coleção de imagens filtrada. Para cada Região Geográfica Intermediária, foram extraídas as médias de TST em intervalos de oito dias, permitindo a construção de séries temporais que foram posteriormente representadas por meio de gráficos de linha no GEE. Como exemplo, para a Região Geográfica Intermediária de Caxias do Sul, foi gerado um gráfico utilizando a função *ui.Chart.image.series()*, que possibilitou a visualização média da variação térmica ao longo do período de estudo. Dessa modo, a fórmula da TST é: “TST (°C) = (TST em *Kelvin* x 0,02) – 273,15”.

A análise do NDVI foi realizada a partir da coleção de imagens Sentinel-2 (*COPERNICUS/S2*) de 10m. Inicialmente, foi aplicada uma filtragem para excluir imagens que apresentassem mais de 20% de cobertura de nuvens, minimizando interferências atmosféricas na análise espectral. Em seguida, o NDVI, que varia de -1 a 1, foi calculado com base na razão entre as bandas do infravermelho próximo (B8) e do vermelho (B4), utilizando a equação tradicional do índice:  $NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$  (SOUZA *et al.*, 2023). Esse cálculo foi realizado no GEE por meio da função, *normalizedDifference ()*, aplicada a cada imagem da coleção filtrada. O resultado gerou uma nova coleção de imagens contendo a variável NDVI, preservando as informações temporais originais para posterior análise da variação do índice ao

longo do período estudado. A partir disso, foi gerado os gráficos dessa variável para cada uma das Região Intermediária.

A precipitação pluvial foi analisada utilizando dados da coleção CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data*), um conjunto de dados que combina informações de sensores remotos e estações meteorológicas para fornecer estimativas de precipitação pluvial em escala global com resolução espacial de 0,05 graus e resolução temporal diária (COSTA *et al.*, 2019; GOOGLE EARTH ENGINE, 2025; LIMA JÚNIOR; ZANELLA; SALES, 2023; MENDES *et al.*, 2024). No GEE, os dados foram filtrados para o período de interesse e agregados espacialmente para cada Região Geográfica Intermediária, permitindo a obtenção de valores médios representativos.

De forma semelhante, a velocidade do vento foi extraída da coleção de imagens *TerraClimate*, a qual disponibiliza variáveis climáticas mensais em escala global com resolução espacial de 4 km (ABATZOGLOU *et al.*, 2018; GOOGLE EARTH ENGINE, 2025). A filtragem temporal foi aplicada para selecionar os dados entre dezembro de 2023 a março de 2024, e as médias mensais foram calculadas para cada Região Geográfica Intermediária. Após, foi gerado os gráficos tanto da precipitação pluvial como da velocidade do vento para cada uma das áreas de interesse. Para garantir a compatibilidade dos valores, os dados de velocidade do vento foram ajustados por um fator de escala de 0.01, conforme necessário para converter as unidades originais do *dataset* (GOOGLE EARTH ENGINE, 2025). Esse ajuste foi aplicado diretamente nas imagens utilizando a função “*image.multiply(0.01)*” (GOOGLE EARTH ENGINE, 2025).

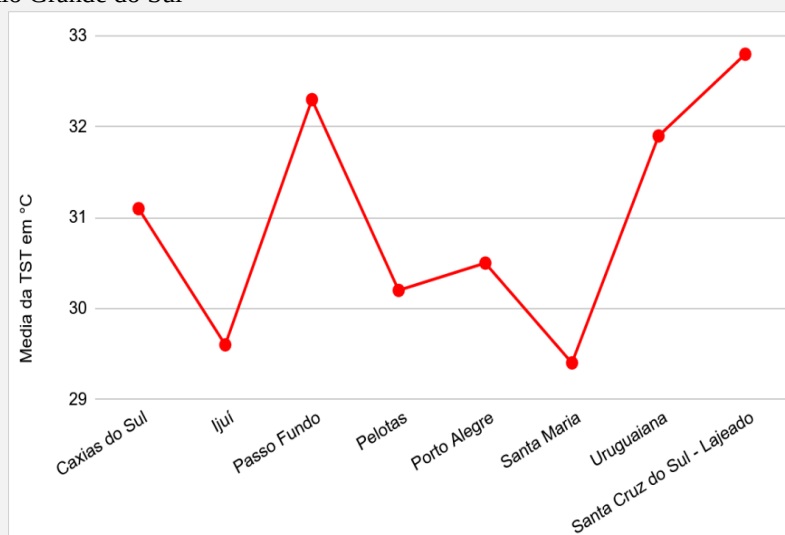
Após a extração e processamento dos dados no GEE, os valores médios de TST, NDVI, precipitação pluvial e velocidade do vento foram exportadas para o *Planilhas Google*, facilitando a organização e posterior análise estatística. As séries temporais geradas para cada variável foram analisadas comparativamente, permitindo a identificação de padrões e relações entre as diferentes Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Além disso, os mapas temáticos de cada variável foram elaborados no *software* QGIS (modelo 3.22.16), utilizando os dados extraídos do GEE. A criação dos mapas permitiu a visualização espacial das variações da TST, NDVI, precipitação pluvial e velocidade do vento, possibilitando uma interpretação visual da distribuição geográfica dessas variáveis no período estudado.



## Resultados e discussão

A análise dos dados de TST, NDVI, velocidade do vento e precipitação pluvial permitiu identificar padrões e diferenças espaciais e temporais entre as Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Os valores de TST registrados entre dezembro de 2023 a março de 2024 revelaram variações entre essas regiões. A média mais elevada foi observada em Santa Cruz do Sul - Lajeado (32,8°C), seguido por Passo Fundo (32,3°C), Uruguaiiana (31,9°C) e Caxias do Sul (31,1°C), Porto Alegre (30,5°C) e Pelotas (30,2°C), enquanto as menores temperaturas médias foram registradas em Santa Maria (29,4°C) e Ijuí (29,6°C). Na Figura 4 apresenta o gráfico das TST médias em °C de cada Região Geográfica Intermediária.

Figura 4 – Gráfico de linha das TST, com médias em °C, no período de verão de 2023 de cada Região Geográfica Intermediária do Rio Grande do Sul

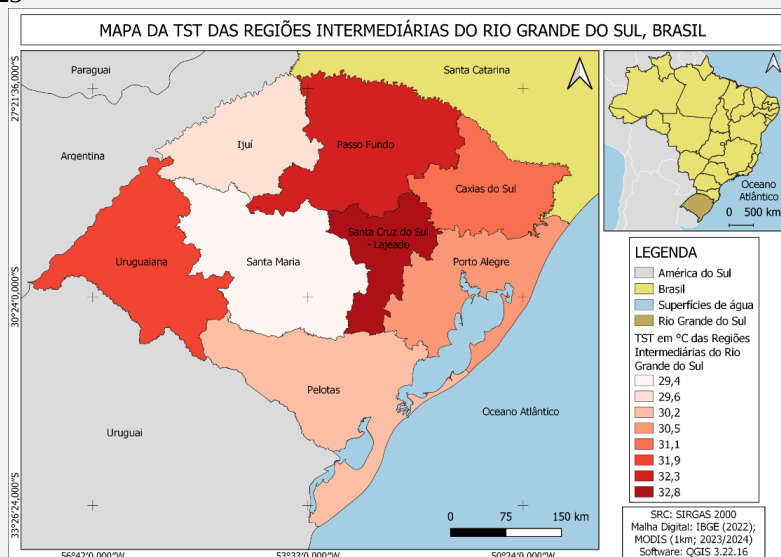


Fonte: MORO, C. *et al* (2025).

As variações podem ser explicadas por diferenças na altitude, quantidade e tipo de vegetação, continentalidade/maritimidade, uso e cobertura do solo, visto que áreas mais urbanizadas e de menor altitude tendem a apresentar temperaturas mais elevadas (FRITZSON; MANTOVANI; WREGGE, 2016; GUILHERME *et al.*, 2020). Com base nisso, compreende-se que a Região Geográfica Intermediária de Porto Alegre, apesar de ser um núcleo urbano denso, registrou uma TST média de 30,5°C, inferior a Passo Fundo (32,3°C), o que sugere que a proximidade com o Lago Guaíba pode ter uma influência reguladora na temperatura local, bem como a maior proximidade do Oceano Atlântico em comparação a outra área de interesse.

Ademais, na Figura 5 tem-se o mapa de TST média em °C das Regiões Geográficas Intermediárias.

Figura 5 – Distribuição espacial da TST média em °C das Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul no verão de 2023



Fonte: Adaptado IBGE (2022).

Na Tabela 1 apresenta-se os valores médios de TST e NDVI das áreas de interesse. Por meio da análise dos dados, percebe-se que o NDVI apresentou uma relação inversa com a TST na Região Geográfica Intermediária de Ijuí, sendo o maior índice de vegetação (0.42) e a menor temperatura superficial (29,6°C). Isso demonstra que áreas com maior cobertura vegetal tendem a apresentar temperaturas mais amenas. Em vista disso, no estudo de Young e Rocha (2006), foi analisada a relação entre vegetação e temperatura em Curitiba, PR, tendo sido observada uma relação inversa entre essas variáveis. Ademais, os trabalhos de Marion *et al.* (2024) e Barbosa (2024) destacam que a má distribuição da vegetação arbórea contribui para o aumento da temperatura, influenciando diretamente no microclima urbano.

Porto Alegre apresentou o menor valor de NDVI (0.26), reforçando a influência da urbanização na redução da vegetação e no aumento das temperaturas. Regiões como Passo Fundo (0.39) e Pelotas (0.40) também indicaram uma parcela significativa de cobertura vegetal, o que contribui para uma TST mais amena, visto que as áreas verdes promovem a evapotranspiração e também proporcionam, no caso das árvores, o sombreamento, que são condições favoráveis para a qualidade ambiental e de vida (MASCARELLO; BARBOSA; ASSIS, 2017; OLIVEIRA; CALIXTER, 2021; SHINZATO; DUARTE, 2018; SILVA; LUÍZ;

OLIVEIRA, 2016). Ademais, a substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis altera o balanço de energia e favorece as ilhas de calor (MASCARELLO; BARBOSA; ASSIS, 2017; OLIVEIRA; CALIXTER, 2021; SHINZATO; DUARTE, 2018; SILVA; LUÍZ; OLIVEIRA, 2016).

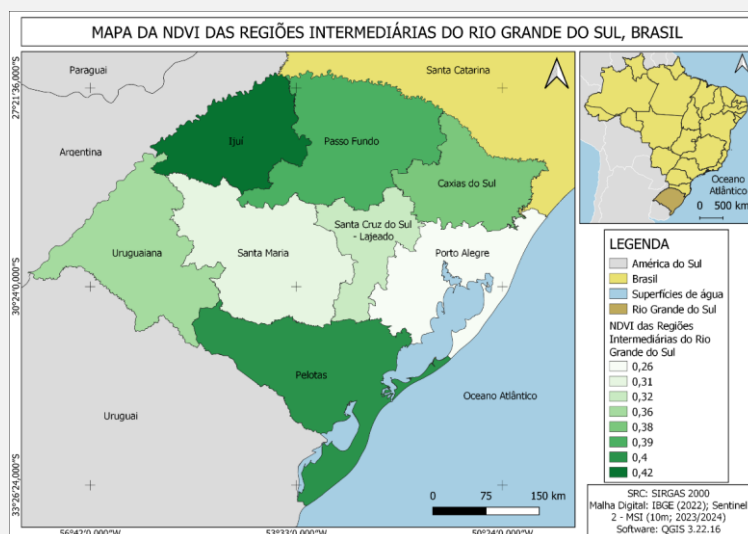
Tabela 1 – Média de NDVI e TST (°C) no período do verão de 2023 de cada umas das Regiões Geográficas Intermediárias

| Região Geográfica Intermediária | Média NDVI | Média TST (°C) |
|---------------------------------|------------|----------------|
| Caxias do Sul                   | 0.38       | 31,1           |
| Ijuí                            | 0.42       | 29,6           |
| Passo Fundo                     | 0.39       | 32,3           |
| Pelotas                         | 0.40       | 30,2           |
| Porto Alegre                    | 0.26       | 30,5           |
| Santa Maria                     | 0.31       | 29,4           |
| Uruguiana                       | 0.36       | 31,9           |
| Santa Cruz do Sul – Lajeado     | 0.32       | 32,8           |

Fonte: MORO, C. *et al* (2025).

No mapa da Figura 6, apresenta-se a distribuição espacial do NDVI das Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Ele demonstra que a porção sul e norte apresenta maiores valores de NDVI.

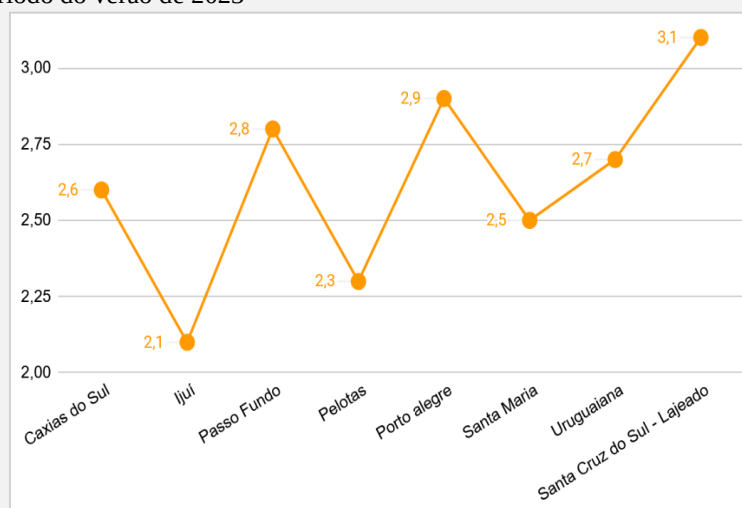
Figura 6 – Mapa da distribuição espacial média do NDVI nas Regiões Intermediárias do Rio Grande do Sul no verão de 2023



Fonte: Adaptado IBGE (2022).

A análise da velocidade do vento no período estudado mostrou que Santa Cruz do Sul teve os valores médios mais elevados, sendo 3,1 m/s. Porto Alegre, Passo Fundo e Uruguaiana também apresentaram velocidades médias relativamente altas, alcançando 2,9 m/s, 2,8 m/s e 2,7 m/s respectivamente. Por outro lado, as menores velocidades foram registradas em Ijuí, com média de 2,1 m/s seguido de Pelotas com 2,3 m/s, indicando menor ventilação nessa região. Os valores intermediários de velocidade do vento estão presentes nas Regiões Intermediárias de Caxias do Sul 2,7 m/s e Santa Maria com 2,5 m/s. Na Figura 7 apresenta-se o gráfico com a velocidade do vento média em m/s das Regiões Geográficas Intermediárias.

Figura 7 – Gráfico de barra com a média da velocidade do vento de cada uma das Regiões Geográficas Intermediárias no período do verão de 2023



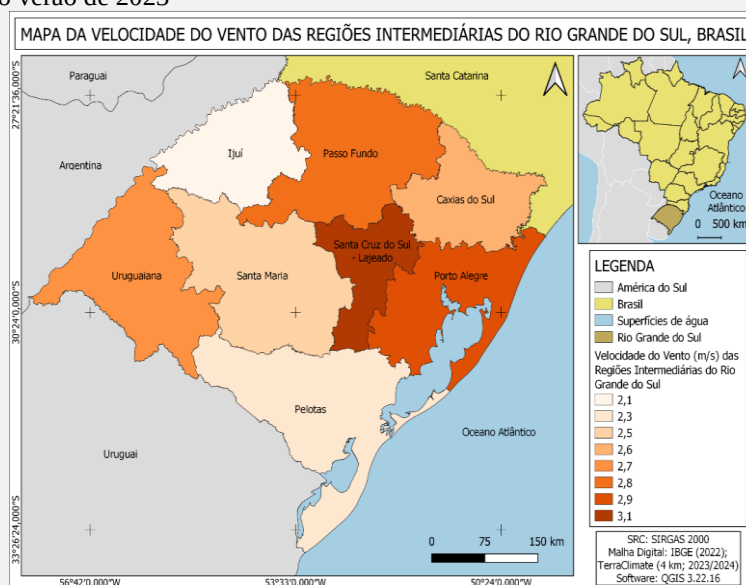
Fonte: MORO, C. *et al* (2025).

É importante destacar que a variação na velocidade do vento nas diferentes regiões do RS está associada à atuação de distintos sistemas atmosféricos e tipos de ventos predominantes (SARTORI, 2003). Ventos como o Minuano, de origem polar, frio e seco, costumam atuar após a passagem de frentes frias, intensificando a ventilação especialmente em áreas como a Campanha e o sul do estado (SARTORI, 2003). Já o vento norte, mais quente e seco, geralmente antecede a chegada de frentes frias e está associado a períodos de aquecimento e queda na umidade relativa do ar, sendo comum em várias regiões do estado, como o centro e o noroeste (REHBEIN *et al.*, 2013; ROSA *et al.*, 2021; SARTORI, 2016). Esse vento pode contribuir para o aumento da velocidade média em determinados períodos, principalmente em situações pré-frontais (REHBEIN *et al.*, 2013; ROSA *et al.*, 2021; SARTORI, 2016). Além desses, os ventos

de nordeste, que trazem umidade do oceano, e a circulação de ciclones extratropicais também influenciam a dinâmica do vento (SARTORI, 2003).

Regiões com menor ventilação como a Santa Cruz do Sul – Lajeado e Porto Alegre podem ser mais suscetíveis ao acúmulo de poluentes e à intensificação de ilhas de calor, tornando importante o planejamento urbano que favoreça a circulação do ar (CRISOSTOMO et al., 2019; DORIGON; CARDOSO, 2015; DUARTE; SERRA, 2003). Assim, a velocidade e a direção dos ventos auxiliam na dispersão de poluentes, como esse processo é influenciado pela presença de construções cinzas e vegetações presentes no ambiente (DORIGON; CARDOSO, 2015). No mapa da Figura 8 apresenta-se a distribuição espacial da velocidade do vento nas Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Esse mapa demonstra que os maiores valores estão concentrados na porção nordeste do estado.

Figura 8 – Distribuição espacial média da velocidade do vento em m/s das Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul no verão de 2023



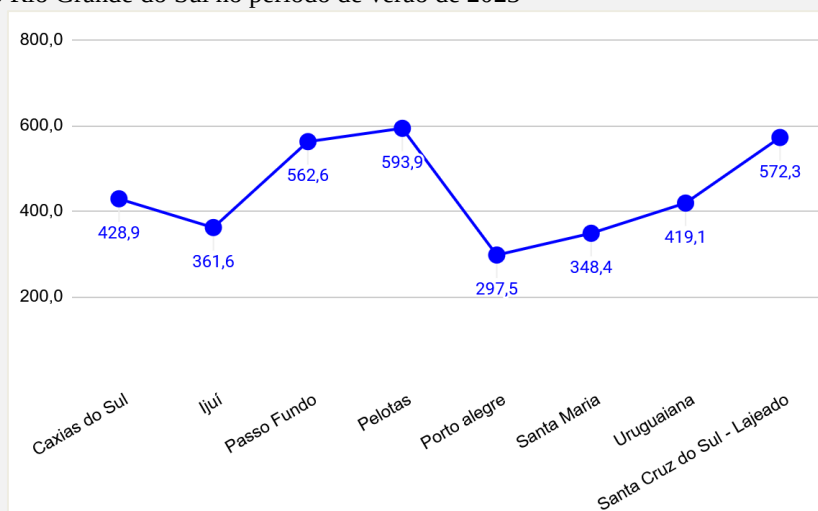
Fonte: MORO, C. et al (2022).

Os dados de precipitação pluvial (Figura 9) revelaram uma distribuição desigual das chuvas entre as Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Pelotas e Santa Cruz do Sul - Lajeado registraram os maiores acumulados médios, com 593,9 mm e 572,3 mm, seguido por Passo Fundo e Caxias do Sul, que tiveram respectivamente 562,6 mm e 428,9 mm. Em contraste, Porto Alegre apresentou o menor volume de precipitação pluvial, com 297,5 mm, o que pode estar relacionado com os tipos de precipitação, visto que as chuvas de verão, denominadas de convectivas, que ocorrem com maior frequência no verão do RS são



caracterizadas por terem precipitação pluvial localizadas, ou seja, ocorre uma chuva rápida em alguns pontos, muitas vezes, não abrangendo todo o estado (BORSATO; HIERA; MARCON, 2012; BUSTAMANTE, 2010). As precipitações moderadas estão concentradas nas Regiões Intermediárias de Uruguiana, Ijuí e Santa Maria com 419,1 mm, 361,6 mm e 348,4 mm, respectivamente.

Figura 9 – Gráfico de barras da precipitação pluvial média em mm de cada umas das Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul no período de verão de 2023



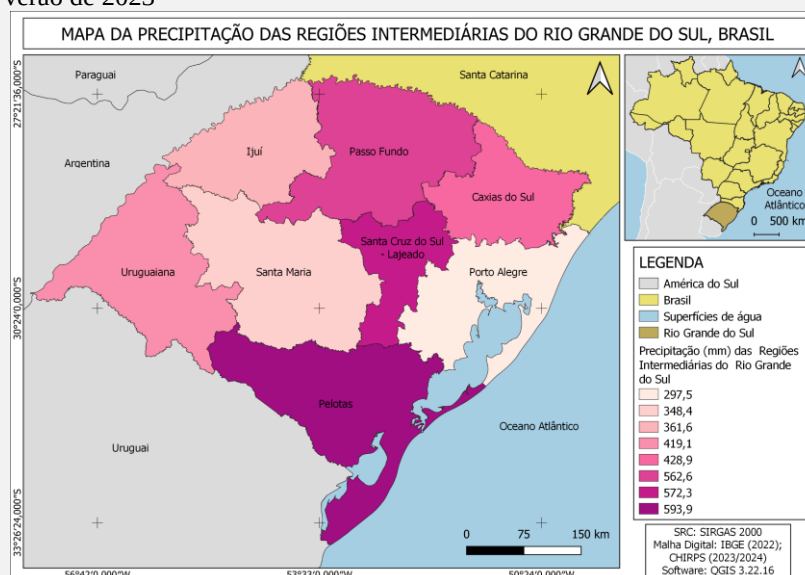
Fonte: MORO, C. *et al* (2024).

Nessa conjuntura, a precipitação pluvial elevada em determinadas regiões pode favorecer o crescimento da vegetação, contribuindo para a regulação térmica e a manutenção dos recursos hídricos (JATOBÁ; SILVA, 2020; VENANCIO; OLIVEIRA, 2017). No contexto da área de estudo, a relação entre precipitação pluvial, vegetação e regulação térmica se manifesta de forma bastante perceptível, ainda que variável entre as regiões. Observa-se que áreas como Pelotas, Santa Cruz do Sul – Lajeado e Passo Fundo, que apresentaram os maiores volumes médios de precipitação durante o verão de 2023, também registraram, na maioria das vezes, valores relativamente elevados de NDVI, indicando vegetação mais densa e ativa. Essa vegetação, favorecida pela maior disponibilidade hídrica, contribui, muitas vezes, para a regulação térmica local, por meio de processos como a evapotranspiração e o sombreamento, os quais ajudam a reduzir as temperaturas da superfície terrestre (RIBEIRO *et al.*, 2018; SHINZATO; DUARTE, 2018).

Em contrapartida, regiões como Porto Alegre, mesmo recebendo menor precipitação (297,5 mm), apresentaram também os menores valores de NDVI (0,26) e temperaturas

relativamente altas, o que pode estar associado à intensa urbanização e à escassez de áreas verdes. Portanto, nas regiões com maior pluviosidade, nota-se um efeito positivo na cobertura vegetal e, consequentemente, na atenuação térmica, reforçando a importância da vegetação como elemento chave na resiliência climática regional (MARION *et al.*, 2024). Em vista disso, os resultados evidenciaram a complexa interação entre variáveis climáticas e ambientais, como a TST, o NDVI, a velocidade do vento e a precipitação pluvial, nas Regiões Geográficas Intermediárias do RS. Na Figura 10 apresenta-se o mapa da precipitação pluvial média das regiões em estudo.

Figura 10 – Distribuição espacial média da precipitação pluvial das Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul no verão de 2023



Fonte: Adaptado IBGE (2022).

O mapa da distribuição espacial da precipitação pluvial média (Figura 10) evidencia a heterogeneidade na ocorrência de chuvas nas Regiões Geográficas Intermediárias do RS durante o verão de 2023. Nota-se que Pelotas, Santa Cruz do Sul – Lajeado, Passo Fundo concentram os maiores volumes acumulados, com valores superiores a 450 mm, refletindo áreas com maior ocorrência de chuvas convectivas ou influência orográfica (BORSATO; HIERA; MARCON, 2012; BUSTAMANTE, 2010). Em contrapartida, Porto Alegre apresentou o menor índice pluviométrico (297,5 mm).

As variações observadas entre as Regiões Geográficas Intermediárias do RS também podem ser compreendidas à luz das características geomorfológicas do estado. O relevo exerce papel importante na modulação do clima, influenciando diretamente variáveis como a

temperatura, precipitação e até mesmo a distribuição da vegetação (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019; PEREIRA, 2013; VIEIRA *et al.*, 2024). Regiões situadas em áreas de maior altitude (de 601 a >1.000 m), como Caxias do Sul e Passo Fundo, localizadas no Planalto Meridional, tendem a apresentar elevada pluviosidade média, como observado nos dados (SEPLAG, 2021). Essa maior elevação favorece o resfriamento do ar propiciando temperaturas não tão altas e o desencadeamento de chuvas orográficas, resultando em um microclima mais úmido e propício ao desenvolvimento da cobertura vegetal (ALVES; AZEVEDO; FARIAS, 2016; CÂNDIDO; NUNES, 2008; FORGIARINI; VENDRUSCOLO; RIZZI, 2021).

### **Considerações finais**

Este estudo teve como objetivo analisar as variações espaciais das variáveis climáticas (TST; NDVI; precipitação pluvial e velocidade do vento) durante a estação do verão de 2023, nas Regiões Geográficas Intermediárias do RS. A partir da aplicação de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, buscou-se compreender como fatores como cobertura vegetal, urbanização e dinâmica atmosférica influenciam essas variáveis em diferentes contextos regionais. Em vista disso, os resultados evidenciaram diferenças entre as regiões intermediárias do estado, refletindo a influência de fatores como cobertura vegetal, urbanização e dinâmica atmosférica. A análise da TST indicou a presença de temperaturas mais altas nas regiões mais densamente povoadas, enquanto o NDVI demonstrou variações na cobertura vegetal, associadas a sazonalidade climática. A distribuição da precipitação pluvial e da velocidade do vento também revelou padrões distintos entre as regiões, influenciados por fatores geográficos e climáticos como a altitude, a atuação de sistemas atmosféricos regionais e a variabilidade da radiação solar durante o verão.

A compreensão dessas variações é importante para subsidiar políticas públicas e estratégias voltadas à mitigação dos impactos ambientais e à adaptação às mudanças climáticas. A incorporação de tecnologias de sensoriamento remoto permite o monitoramento contínuo das condições climáticas e ambientais, contribuindo para um planejamento e ordenamento territorial integrado e sustentável, como futuras tomadas de decisões por parte dos gestores públicos e a sociedade. Dessa forma, este estudo reforça a importância do uso de ferramentas

geoespaciais na análise de variáveis climáticas e ambientais, destacando a necessidade e seus impactos.

Dessa forma, o presente artigo reforça a relevância da aplicação de ferramentas geoespaciais na análise de variáveis climáticas e ambientais, evidenciando a necessidade de ampliação desses métodos nos estudos geográficos e na gestão ambiental. Investigações futuras podem aprofundar a análise temporal e espacial dessas variáveis, incorporando novos indicadores e ampliando a escala de observação, a fim de fortalecer o conhecimento sobre as diferentes dinâmicas atmosféricas e ambientais que se manifestam no estado.

## **Referências**

ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. **Sci Data**, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2017.191.

ALBUQUERQUE, L. S. de; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, W. A. B.; MENEZES, R. S. C. A relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil. **Geo UERJ**, n. 34, 2019.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; FARIAS, A. A. de. Comportamento da Precipitação Pluvial e sua Relação com o Relevo nas Microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1601–1614, 2016.

BARBOSA, A. H. da S.; CARVALHO, R. G. de; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 128–143, 2017.

BARBOSA, V. V. **A influência térmica da cobertura vegetal na área urbana do município de Cordeirópolis (SP)**. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenheiro Ambiental), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2024.

BAUERMAN, K. F. **Contribuição de cooperativas do Rio Grande do Sul no desenvolvimento local**. Dissertação (Mestre em Administração), Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2023.

BORGES, J. C. A.; BATISTA, L. F. A. Índice de vegetação e temperatura de superfície terrestre: comparativo entre formação de ilhas de calor nos perímetros urbanos de Londrina e Maringá no PR. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 256-274, 2020.

BORSATO, V. da A.; HIERA, M. D.; MARCON, L. da S. A zona de convergência do atlântico sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, 2012.

BRITO, E. G.; SILVA, M. V. C. da; CRISPIM, A. B. **Climatologia**. Fortaleza: EdUEC, 2019.

BUSTAMANTE, T. G. C. **Impactos da chuva na ocorrência de deslizamento de terra e inundações no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

CAMELO, H. do N.; LUCIO, P. S.; LEAL JUNIOR, J. B. V.; CARVALHO, P. C. M. de. Proposta para Previsão de Velocidade do Vento Através de Modelagem Híbrida Elaborada a Partir dos Modelos ARIMAX e RNA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 115-129, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786331005>

CÂNDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a serra da Mantiqueira. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 12, n. 1, p. 08–27, 2008

CAVALCANTE, J. da C.; ALMEIDA, C. A.; CASTELO, T. B. Análise de NDVI e temperatura da superfície terrestre utilizando a plataforma do Google Earth Engine em área de Savana Amazônica e floresta secundária, no município de Vigia – PA. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 64-70, 2020.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

COSTA, J.; PEREIRA, G.; SIQUEIRA, M. E.; CARDOZO, F.; SILVA, V. V. da. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

CRISOSTOMO, N. C.; BARBOZA, E. N.; SAMPAIO, M. R. L.; BEZERRA NETO, F. das C.; SILVA, D. H. da. Ilhas de Calor Urbana: Influência da Arborização na Amenização Climática em Juazeiro do Norte, Ceará. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 36-43, 2019.

DORIGON, L. P.; CARDOSO, R. dos S. Análise do fluxo de vento e seu papel na dispersão de poluentes em Presidente Prudente – SP. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 95-108, 2015.

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003.

FORGIARINI, F. R.; VENDRUSCOLO, D. S.; RIZZI, E. S. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2021.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.

GOOGLE EARTH ENGINE. **Earth Engine Data Catalog**, 2025. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets?hl=pt-br>. Acesso em: 18 mar. 2025.

GUILHERME, A. P.; BIUDES, M. S.; MOTA, D. dos S.; MUSIS, C. R. de. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 539-550, 2020

GUSSO, A. **Avaliação do impacto de temperaturas nas safras de verão por integração de dados dos satélites Aqua e Terra/MODIS**. Tese (Doutor em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Tópicos especiais de climatologia**. Pará: Itacaiúnas, 2020.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

LIMA JÚNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Avaliação do desempenho da precipitação estimada pelo CHIRPS para o estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, 2023.

MAIA, J. A.; STROHAECKER, T. M. A formação de centralidades na Região Geográfica Intermediária de Caxias do Sul a partir da atuação de uma instituição de ensino superior. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 40, p. 9-30, 2022.

MARION, F. A.; ANDRES, J.; HENDGES, E. R.; BELON, K. Influência da temperatura e da precipitação na variação anual de índices de vegetação em área de floresta estacional semidecidual, no sudoeste do Paraná, Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 18, n. 1, 2024.

MASCARELLO, A. V. S.; BARBOSA, L.; ASSIS, E. S. Efeitos da vegetação viária no conforto térmico urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14.; 10., Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú, 2017.

MENDES, L. P. de O.; ROMEIRO, M. R. M.; PIMENTA, L. J. L.; OLIVEIRA, W. F. de; SANTOS, S. R. dos. Análise da precipitação pluviométrica por meio de dados CHIRPS e Google Earth Engine. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 101, p. 174-192, 2024.



MOREIRA, D. M.; TIRABASSI, T.; MORAES, M. R. de. Meteorologia e poluição atmosférica. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2008.

OLIVEIRA, G. F. de; ALEXANDRE, F. da S.; COSTA, S. O. de S.; SILVA NETO, J. de B.; SOUZA, L. R.; GOMES, D. D. M. Utilização do NDVI para análise da degradação da cobertura vegetal do município de Saloá – PE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 491–501, 2019.

OLIVEIRA, Y. L. M. de; CALIXTER, A. L. Conforto térmico em áreas verdes urbanas: simulação do microclima na Praça da Liberdade, em Teresina-PI. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 30, 2021. <http://doi.org/10.18830/issn.1679>

OLIVERIA, V. G. de; SILVA, M. T.; SANTOS, C. A. C. dos; SERRÃO, E. A. de O.; SILVA, B. K. da N.; SANTOS, M. R. da S.; CORRÊA, I. C. P. Variabilidade Temporal da Cobertura das Terras nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 1, p. 125-136, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863610011>

PEREIRA, T. Influência do relevo na precipitação das regiões hidrográficas do litoral norte de Alagoas. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 17, n. 1, p. 239–253, 2013.

PRADO, L. B.; MARCATTI, G. E.; PEREIRA, M. A.; JÚNIOR, J. R. A.; SANTOS, F.; SILVA, P. A. A.; HIRSCH, A.; PINHEIRO, D. C.; SANTOS, A. C. R. dos; PIMENTA, F. M.; ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; FERREIRA, M. C.; PINTO, W. S.; TEIXEIRA, F. A.; PEREIRA, G. Uso do Google Earth Engine como instrumento de identificação de anomalias climáticas no Brasil. In: GEOINFO, 23., São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos, 2022.

REHBEIN, A.; ACEVEDO, O. C.; OLIVEIRA, P. E. S.; ZIMMERMEN, H. R.; SILVA, G. M. Investigações sobre o vento norte na região central do rio grande do sul utilizando uma micro-rede de estações meteorológicas. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, p. 40-41, 2013.

RIBEIRO, K. F. A.; VALIN, M. de O.; CHEGURY, J. Q. B. de M.; SANTOS, F. M. de M.; RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; NOGUEIRA, J. de S. Efeito do sombreamento arbóreo na temperatura superficial e no fluxo de energia em diferentes coberturas urbanas em Cuiabá-MT. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 1, p. 183-204, 2018.

RIGHI, E.; HERRMANN, P. B.; COSTA, F. da S.; ANDRADES FILHO, C. de O. Google Earth Engine: Uma análise bibliométrica da produção científica. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 43, p. 62-77, 2024.

ROSA, C. E. da.; STEFANELLO, M.; NASCIMENTO, E. de L.; ROSSI, F. D.; ROBERTI, D. R.; DEGREZIA, G. A. Meteorological Observations of the Vento Norte Phenomenon in the Central Region of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3, p. 367-376, 2021.

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

SARTORI, M. da G. B. **O Vento Norte**. Santa Maria/RS: Pallotti, 2016.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO - SEPLAG. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental, 2021.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018.

SILVA, J. G.; PERELLÓ, L. F. C. Conservação de espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul através de seu uso no paisagismo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 4, p. 01-21, 2010.

SILVA, K. V.; LUÍZ, G. C.; OLIVIERA, L. H. de A. A importância das áreas verdes para minimizar o efeito das ilhas de calor na cidade de Goiânia-GO: estudo de caso – Parque Areião e o centro da cidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, 2016.

SOUZA, L. S. B. de; MAIA, I. C.; COSTA, D. dos S.; SANTOS, C. V. B. dos; CARNEIRO, A. de S. R.; MOURA, M. S. B. de. Análise comparativa entre o NDVI obtido por imagens multiespectrais. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 6, p. 741-751, 2023.

VENANCIO, D. L.; OLIVEIRA FILHO, P. C. de. A Floresta e o Ciclo Hidrológico: Os Modelos para Estimativa de Interceptação Florestal da Precipitação. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 1. p. 604-616, 2017.

VERGES, J. V. G.; GÓIS, R. S. de; CARVALHAL-LUNA, B. J. Ordenamento do território e resiliência às dinâmicas climáticas: uma análise comparada entre o Pontal do Paranapanema-SP-Brasil e o Alentejo-Portugal. **Estudos Geográficos**, v. 12, n. 2, 2014.

VIEIRA, A. F. F.; LIRA, D. R. de; MELO, J. H. S. de; SILVA, W. F. da; GIRÃO, O. Relação da distribuição espacial da precipitação com o relevo na mesorregião da mata pernambucana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA – SBGFA; IV ENCONTRO LUSO-AFRO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E AMBIENTE – ELAAGFA, 9.; 20., Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2024.

WANDERLEY, R. L. do N.; ROCHA, H. R. da; SILVA, J. M. da; FREITAS, H. C. de; BRASÍLIO, E. M. dos S. Estimativa de temperatura de superfície e comparação com dados observados. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: INPE, 2015.

WANG, W.; ZHU, L.; WANG, R. An analysis on spatial variation of urban human thermal comfort in Hangzhou, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 16, n. 2, p. 332-338, 2004.

YOUNG, A. F.; ROCHA, J. V. Aplicação de índices relativos de vegetação e temperatura para análise das mudanças nos padrões de cobertura vegetal de Curitiba (PR). **Floresta e Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 34-43, 2006.