



REANÁLISE DO MODELO ERA5-INTERIM PARA TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA DO AR NO TRIÂNGULO MINEIRO SUL

Ana Carolina Durigon Boldrin¹
Fabrício Júnior Martins Assunção²
João Alberto Fischer Filho³
Daniela Fernanda da Silva Fuzzo⁴

Grupo 2 – Ações antrópicas sobre o meio ambiente

Resumo

A difusão dos instrumentos meteorológicos junto ao uso das técnicas de Geoprocessamento passaram por melhorias com o intuito de realizar estimativas com base de relatos naturais. Logo, a climatologia como uma das ferramentas, busca investigar os fenômenos atmosféricos estabelecendo relações socioambientais. Deste modo, o trabalho buscou avaliar e interpolar dados referentes a variabilidade da temperatura do ar dos anos de 1990 a 2019. A metodologia ocorreu por meio do modelo global ECMWF da reanálise do ERA5-Interim e ferramentas de SIG para o triângulo mineiro sul, onde por meio do modelo IDW ocorreu a interpolação dos dados. Preliminarmente foi analisado o comportamento da série temporal associado ao parâmetro climático, posteriormente realizou-se o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Mann-Kendall. Como resultados, a microrregião de Frutal não apresentou variação acentuada nas atitudes, onde a temperatura média se manteve em torno de 24,75°C. As séries temporais de temperaturas mínima e máxima apresentam baixa dispersão e variabilidade. Quanto a regressão liner, não apontou tendência estatisticamente significativa dos dados históricos. Assim, podemos concluir que as oscilações na temperatura podem estar ligadas a variabilidade climática, ressaltando que a região sul do Triângulo Mineiro se encontra em constante transformação do uso e ocupação da terra.

Palavras-chave: modelo global ECMWF, SIG, variação climática, séries temporais.

¹ Graduanda do curso de Engenharia Agrônômica – UEMG, Universidade do Estado de Minas Gerais – unidade Frutal, Email- ana.1093272@discente.uemg.br;.

² Graduando do curso de Engenharia Agrônômica – UEMG, Universidade do Estado de Minas Gerais – unidade Frutal, Email- fabricio.1093914@discente.uemg.br;.

³Prof^ª. Dr^ª. UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Email- joao.fischer@uemg.br;

⁴Prof^ª. Dr^ª. UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Email – daniela.fuzzo@uemg.br.



INTRODUÇÃO

A difusão dos instrumentos meteorológicos ocorreram no século XVI por meio da melhoria dos estudos climatológicos, permitindo a aplicação de valores reais de elementos climatológicos de cada localidade de interesse, visando estimar com base em descrições de relatos naturalistas. No entanto, apenas no século XX ocorreu o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de técnicas de Geoprocessamento que possibilitou a realização do tratamento de dados espaciais de climatologia, expandindo para as áreas que não possuem estações meteorológicas (MARTINS; NASCIMENTO, 2021). Deste modo, a climatologia busca investigar os fenômenos da atmosfera, com finalidade de determinar suas condições físicas, buscando similaridade com a meteorologia e estabelecendo relações socioambientais, integrando as diferentes esferas terrestres e a organização do espaço (FERREIRA, 2012).

O modelo atmosférico global ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) é utilizado como sistema de coleta de informações meteorológicas, de escala mundial, onde mostram que algumas variáveis agrometeorológicas apresentam subestimação ou superestimação dos dados do ECMWF ao realizar coletas de dados meteorológicos por inúmeras estações espalhadas pelo mundo, promovidas a cada 6 horas sinóticas (00, 06, 12, 18 UTC) com resolução espacial de 0,25° (JCR, 2012). O uso desta tecnologia de monitoramento permite o fornecimento de estimativas mais precisas, onde apresentam dados terrestre com resolução de grade de 30 km aproximadamente e 137 níveis da superfície em 80 km de altura, substituindo a reanálise ERA5-Interim (ECMWF, 2021).

Junto ao uso da plataforma Google Earth Engine (GEE), é possível realizar o análise de dados em escala planetária por meio de dados presentes em nuvem, com imagens atualizadas diariamente, permitindo a detecção de mudanças e tendências na superfície atmosférica (GORELICK et al, 2017). Essa tecnologia faz o cruzamento de inúmeros dados com o objetivo de proporcionar diferentes informações para formação de série temporal única (GANEM et al., 2017), de característica consistente e coerente, aplicada e armazenada em plataformas algoritmos (GUERRA et al., 2017).

A interpolação de dados amostrais, permite determinar valores desconhecidos, que

Realização



por meio do modelo Inverso da Potência das Distâncias (IDW), faz cálculos de inferências pressupondo que, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior será sua correlação, distribuindo assim, maior peso para os pontos próximos e menor peso para pontos distantes (MIRANDA et al., 2018).

Nesse contexto, por meio da utilização remota para obtenção de dados, este trabalho buscou avaliar e interpolar dados referentes a variabilidade da temperatura do ar dos anos de 1990 a 2019, por meio do modelo global ECMWF da reanálise do ERA5-Interim e ferramentas de SIG para o triângulo mineiro sul.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende ao Triângulo Mineiro Sul, correspondente a microrregião de Frutal, que se encontra localizado no Estado de Minas Gerais e é composto por 12 municípios, com extensão territorial de 16.840 km² e população estimada em 179.525 habitantes (IBGE, 2022).

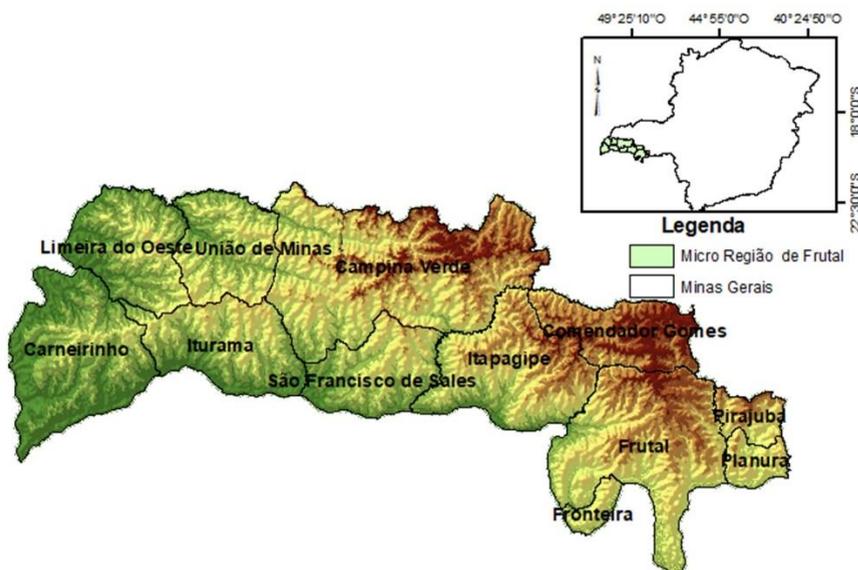


Figura 1 – Localização da área de estudo e hipsometria.

Neste trabalho, foram utilizados o banco de dados do modelo atmosférico global

Realização



Era5-Interim, proveniente da reanálise do European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF), referente aos dados de temperatura mínima e máxima do ar (°C). Posteriormente, as informações obtidos e processados através da plataforma em nuvem do Google Earth Engine, para o período de 1990 a 2019.

Os dados do ERA5-Interim foram obtidos em escala mensal, com resolução espacial de 0,25 graus ($\pm 25 \times 25$ km) e processados por servidores de alto volume de dados, fazendo uso de linguagem de programação JavaScript. O acervo inteiro está disponível em <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/>.

A interpolação de dados, foi realizado por meio do modelo IDW, o modelo multiplica os valores observados pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto, que foram realizados pelo software QGIS 3.12.

Para avaliar preliminarmente o comportamento da série temporal associada ao parâmetro climático, foi calculado as médias, e a partir da dos resultados, foram aplicados testes paramétricos e não paramétricos, onde os coeficientes de avaliação (CV) foram definidas em: $CV \leq 5\%$ baixa dispersão, $5\% < CV < 30\%$ moderada dispersão e $CV \geq 30\%$ alta dispersão. A tendência temporal partiu do método de regressão linear utilizando a equação da reta da tendência ($Y = a(x)+b$), onde a é o coeficiente angular da reta e $x = t$, onde $a > 0$ significa que a tendência é crescente e $a < 0$ indica uma tendência decrescente.

Para verificar a Normalidade, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (1965), através do software BioStat, onde o valor de prova pode ser interpretado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula (H_0), sendo H_0 correspondente à distribuição Normal.

Além disso, utilizou-se o teste de Mann-Kendall, de caráter não paramétrico de análises de tendências, comparando cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial, contando o número de vezes que os termos restantes são maiores do que os valor analisado. A tendência significativa na série temporal pode ser interpretada pela Tabela 1, onde apresenta avaliação pelo valor de estatística Z , sobre teste de hipótese nula de tendência nível de significância de 5%.

Tabela 1. Significância do Teste Mann-Kendall (Fonte: Adaptado de Alves et al., 2015).

Realização



Significância	Simbologia	Z
Sem Tendência	ST	0
Tendência significativa crescente	TSC	>+1.96
Tendência significativa decrescente	TSD	<-1.96
Tendência não significativa crescente	TNSC	<+1.96
Tendência não significativa decrescente	TNSD	>-1.96

Assim, se o valor absoluto de Z for maior que 1,96, rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5% e as médias são estatisticamente diferentes. Os testes não-paramétricos e sequenciais de Mann-Kendall e Curvatura de Sen se apresentam como métodos apropriados para a análise de tendências e/ou mudanças em séries temporais de dados (PINHEIRO; GRACIANO; SEVERO, 2013; SANTOS; NISHIYAMA, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na microrregião de Frutal não há uma variação acentuada nas altitudes (Figura 1), o que pode justificar a pouca variação nos dados de temperatura do ar, sendo que a temperatura média do ar (Tar_med) fica em torno de 24,75°C. Com os mapas interpolados (Figura 2 e 3), verificamos como os elementos se distribuem, tornando-a mais precisa e permitindo uma diminuição na escala de classificação. Foram considerados 48 pontos de estações meteorológicas virtuais, obtidos no ERA5-Interim, que contemplam toda a área analisada.

Realização

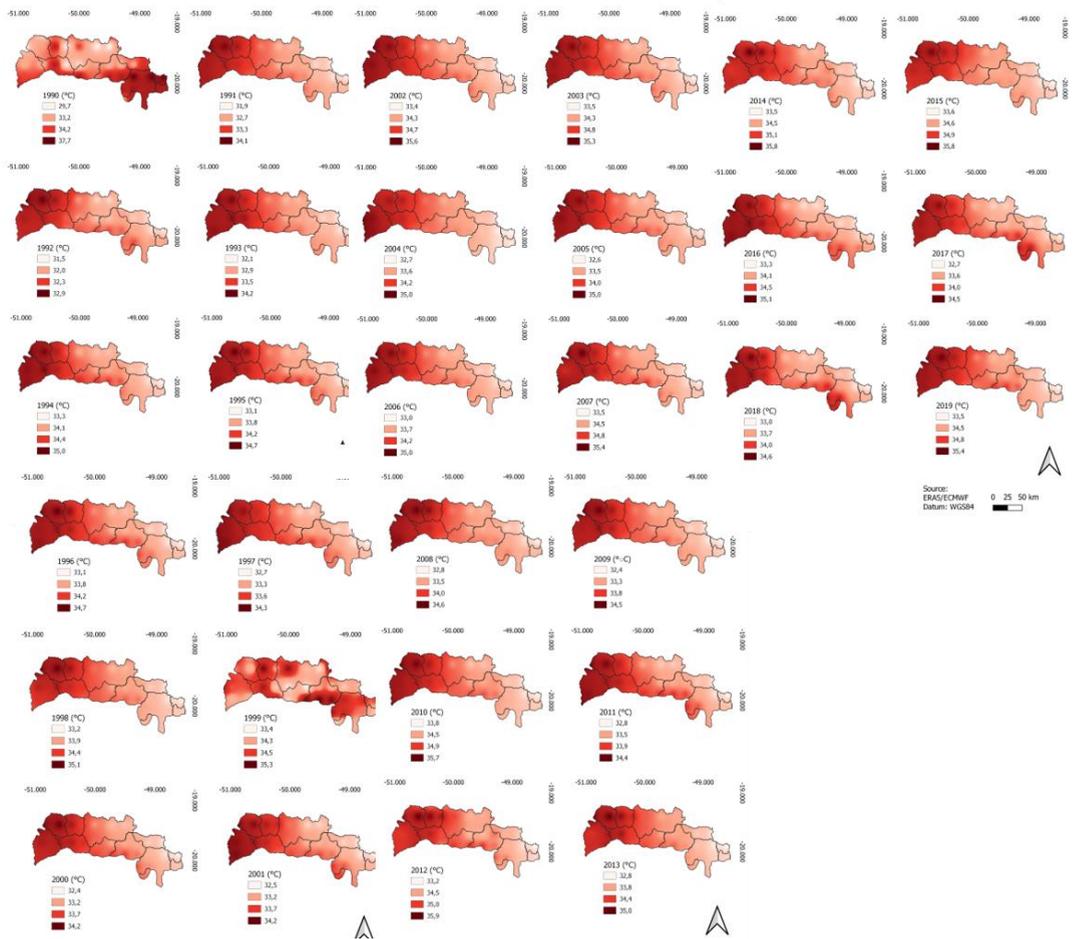


Figura 2. Espacialização dos dados de Temperatura máxima, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019.

Realização



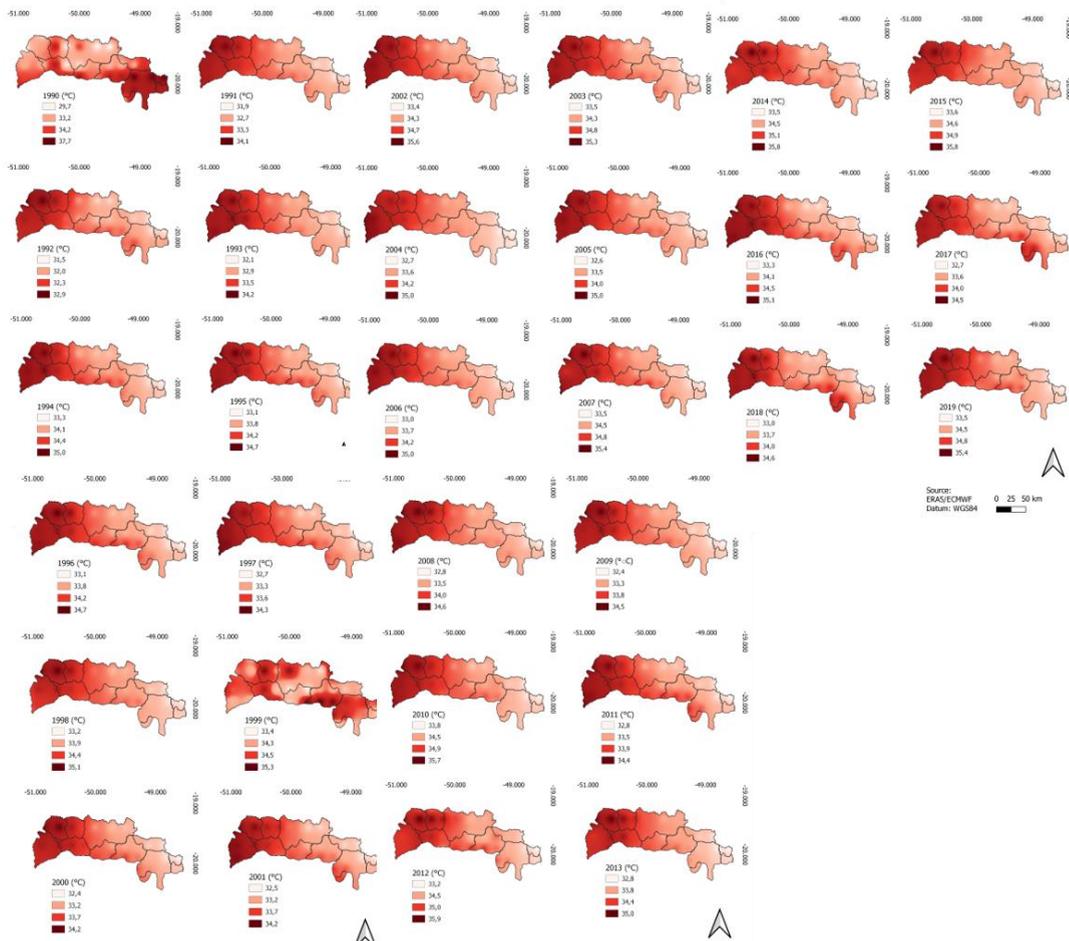


Figura 3. Espacialização dos dados de Temperatura Mínima, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019.

Foram observados na Tabela 2, que as séries temporais de temperaturas máxima e mínima (mensal para todo período) apresentaram dados com baixa dispersão e pouca variabilidade ($CV \leq 5\%$), outro indicativo é apresentado no mês de outubro com a maior valor de temperatura do ar máxima (Tar_max) com 37,18°C, e em julho com o menor valor de temperatura do ar mínimo (Tar_min) de 11,62°C.

Para os dados de Tar_min e Tar_max com exceção do ano de 1990, os demais apresentaram que os municípios localizados a oeste Limeira do Oeste, Carneirinho, Iturama e União de Minas apresentam maiores valores, em comparação as outras áreas, explicando a forte influência da continentalidade.

Realização



Tabela 2 - Análise estatística das séries temporais de temperaturas média e máxima (1990-2019).

Análise Exploratória dos dados de Temperatura Máxima (mensal 1990-2019)												
Média	33.90	33.68	33.37	33.04	32.21	31.70	32.68	35.19	36.86	37.18	34.93	34.27
CV	3.79%	3.86%	2.55%	3.34%	3.15%	4.02%	3.27%	3.15%	4.11%	4.88%	2.84%	3.24%
Diferença	-2.0	-1.0	1.8	1.5	1.3	1.4	1.9	-2.3	-5.2	-3.4	-0.9	0.3
Testes Paramétricos e Não Paramétricos												
Shapiro-Wilk a (coef angular)	0.753	0.961	0.010	0.023	0.484	0.316	0.682	0.426	0.219	0.304	0.123	0.623
R ²	0.042	0.049	0.003	-0.010	-0.013	-0.006	-0.012	0.025	0.085	0.074	0.000	0.002
Mann-Kendall	0.081	0.109	0.001	0.007	0.013	0.002	0.009	0.039	0.245	0.128	0.000	0.000
Tendência	1.838	2.194	1.053	0.517	0.731	0.963	0.785	1.374	2.516	1.588	0.589	0.482
	TNSC	TSC	TNSC	TNSC	TNSC	TNSC	TNSC	TNSC	TSC	TNSC	TNSC	TNSC
Análise Exploratória dos dados de Temperatura Mínima (mensal 1990-2019)												
Média	20.05	20.33	19.73	16.53	13.04	12.00	11.62	13.44	14.94	17.89	18.77	19.59
CV	7.54%	6.49%	6.59%	12.68%	15.42%	24.89%	24.76%	20.15%	19.11%	10.62%	9.04%	8.41%
Diferença	-5.4	-4.9	-4.1	-2.7	2.3	2.3	8.4	1.7	-2.4	-4.4	-4.7	-4.8
Testes Paramétricos e Não Paramétricos												
Shapiro-Wilk a (coef angular)	0.009	0.008	0.009	0.449	0.605	0.661	0.319	0.033	0.010	0.573	0.020	0.010
R ²	0.055	0.050	0.054	0.010	-0.078	0.057	-0.043	-0.095	0.027	0.018	0.029	0.055
Mann-Kendall	0.101	0.112	0.136	0.002	0.117	0.028	0.017	0.096	0.007	0.007	0.023	0.087
Tendência	1.302	1.124	1.445	0.553	-1.017	1.713	-0.036	-0.981	0.910	0.839	0.660	1.195
	TNSC	TNSC	TNSC	TNSC	TSD	TNSC	TSD	TSD	TNSC	TNSC	TNSC	TNSC

Nota: * Shapiro-Wilk ($\alpha=5\%$); Mann-Kendall (± 1.96)

A regressão linear (Tabela 2) não apontou tendência estatisticamente significativa nos dados históricos, diante dos baixos coeficientes de determinação ($R^2 < 0,30$) e dos altos coeficientes de variação. Isto significa que quando o valor é maior, indica o grau de aproximação do modelo as médias, já quando o valor é menor indica o grau de distanciamento do modelo às médias. Foram realizados os testes de Shapiro-Wilk, para avaliar normalidade nos dados e foram realizados com grau de confiança de 95% (nível de significância $\alpha=5\%$). Cirillo e Ferreira (2003) e Öztuna et al. (2006), consideraram que o teste de Shapiro-Wilk é aparentemente, o melhor teste de aderência à normalidade, mostrando que esse teste é eficiente para diferentes distribuições e tamanhos de amostras quando comparado aos resultados de outros testes. De forma geral, os dados apresentaram

Realização



dificuldades em identificar a normalidade dos dados devido a presença de outliers, a maior concentração de meses que rejeitaram a hipótese nula (H_0), foram encontrados nos dados de temperatura mínima.

CONCLUSÕES

Podemos concluir que as oscilações de na temperatura máxima e mínima em diferentes escalas de tempo (mensal, anual), podem estar associadas a uma variabilidade climática, tomando-se por base uma região do Triângulo Mineiro em constante transformação do uso e ocupação da terra. Através do teste de Mann-Kendall, para todo período (1990-2019) foram observados tendências significativas decrescentes de quando analisados mensalmente os meses de janeiro, fevereiro, março, maio, agosto, setembro e outubro apresentam tendência significativa decrescente (TSD). Quando avaliado mensalmente, para temperatura máxima e média, houve tendência significativa crescente para os meses de fevereiro e setembro, sendo que os demais apresentaram tendência não significativa crescente.

Os testes se mostraram eficientes para estudos sobre a evolução dos dados meteorológicos para a microrregião de Frutal, apesar de mostrar a tendência negativa para algumas séries, não foram significativas ao longo do período. Vale ressaltar que, a não tendência e/ou não persistência detectadas no comportamento das precipitações, não isentam a necessidade de maiores investimentos em políticas públicas, sendo imprescindível para a compreensão da distribuição temporal da temperatura do ar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos PAPq-UEMG pelo suporte financeiro e institucional que tornaram este estudo possível.

REFERÊNCIAS

ALVES, B.C.A.; SOUZA FILHO, F.A.S.; SILVEIRA, C.S. Análise de Tendências e Padrões de Variação das Séries Históricas de Vazões do Operador Nacional do Sistema (ONS). RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n.4, 2013.

ECMWF. **ERA 5**. Disponível em: <<https://bityli.com/RZoA7>>. Acesso em: 10 set. 2021.

Realização





GANEM, K.A.; BAPTISTA, G.M.M.; ROCHA, W.; VASCONCELOS, R. Comparação entre dados com e sem correção atmosférica na classificação da cobertura da Terra de uma área da Caatinga utilizando o Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/6, p. 1053-1074, 2017.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017.

GUERRA, J. B.; SCHULTZ, B.; SANCHES, I. Del’A. Mapeamento automático da expansão da agricultura anual no MATOPIBA entre 2002 e 2015 utilizando a plataforma Google Earth Engine. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 6850-6857, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: < <https://censo2022.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 jan. 2023.

JRC - JOINT RESEARCH CENTRE. **Dados meteorológicos simulados pelo modelo do ECMWF**. 2012. Disponível em:< <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/FOODSEC/Data-Distribution>> .Acesso em: 10 de set. 2021.

LOPES, R. M.; ROCHA, J.R.R.; SILVA, E.P. Práticas de extensão e ensino no laboratório de climatologia geográfica e estação meteorológica na Universidade Federal de Jatá. In: NASCIMENTO, D.T.F.; MARTINS, A.P.; LUIZ, G.C.; LOPES, R.M. (Org.). **Climatologia Cerrado. Goiânia**: C&A Alfa Comunicação. 2021. p. 93 – 112.

MARTINS, A.P.; NASCIMENTO, D.T.F. O uso das geotecnologias em estudos climáticos no Cerrado brasileiro. In: NASCIMENTO, D.T.F.; MARTINS, A.P.; LUIZ, G.C.; LOPES, R.M. (Org.). **Climatologia Cerrado. Goiânia**: C&A Alfa Comunicação. 2021. p. 201 – 231.

MIRANDA, G., MEDEIROS, N., DOS SANTOS, A., & DOS SANTOS, G. Análise de Qualidade de Amostragem e Interpolação na Geração de MDE. **Revista Brasileira de Cartografia**, 70(1), 226–257. 2018.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 3, p. 281- 290, 2013.

SANTOS, V. O.; NISHIYAMA, L. Tendências hidrológicas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Uberaba, em Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 196-212, 2016.