



ANÁLISE DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS A PARTIR DA TÉCNICA DO PERCENTIL PARA O MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA ENTRE OS ANOS DE 1975-2020

Michaela Campos e Silva ¹
Cassia de Castro Martins Ferreira ²

RESUMO

Segundo o IPCC, os eventos extremos de temperatura estão mais frequentes, dessa forma para a sua compreensão é necessário estudo desses fenômenos e seus impactos para a sociedade. O presente artigo tem como objetivo, analisar as temperaturas da série histórica de 1975- 2020, utilizando a técnica do percentil 90 para as temperaturas mínimas e máximas. O resultado da técnica aplicada demonstrou um aumento na frequência do número de dias quentes na cidade de Juiz de fora a partir dos anos 2000 tanto para as temperaturas máximas e mínimas, os anos mais significativos foram 2014, 2015,2016,2017 e 2019

Palavras-chave: eventos extremos; Temperatura, percentil 90, ondas de calor, técnica estatística

ABSTRACT

According to the IPCC, extreme temperature events are more frequent, so for their understanding it is necessary to study these phenomena and their impacts on society. This article aims to analyze the temperature of the 1975-2020 historical series, using the 90th percentile technique for minimum and maximum temperatures. The result of the applied technique showed an increase in the frequency of the number of hot days in the city of Juiz de fora from the 2000s onwards for both maximum and minimum temperatures, the most significant years were 2014, 2015, 2016, 2017 and 2019

Key Words: extreme events; temperature; 90th percentile; Heat waves; statistical

¹ Mestranda do Curso de **Geografia** da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, michaelacampos2010@email.com;

² Profa. Dra. do Departamento de Geociências/PPGEO, Instituto de Ciências Humanas-ICH-Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF (Coordenadora), cassia.castro@ufjf.edu.br



INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de calor apresentam um risco para a população, São evidentes os fatos que demonstram mudanças no clima mundial de acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR5), publicado em 2013, são evidentes os fatos que demonstram mudanças no clima mundial de acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas IPCC AR5 (NATIVIDADE,2017).

A cidade da Europa do Sul conta-se o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor, com o incremento da mobilidade e mortalidade relacionadas com o stress térmico (PINHEIRO, 2020).

É possível observar os impactos gerados, na agricultura, saúde, na cidade combinados ao efeito das ilhas de calor. Nos espaços urbanos a situação é ainda mais problemática, por causa do efeito da ilha de calor que exacerba as suas consequências. Sem embargo, pouco se sabe do comportamento das áreas urbanas perante esta anomalia climática, e particularmente como evolui a temperatura das diferentes superfícies (impermeáveis ou não) nestes dias de calor extremo. (PINHEIRO et.al,2020).

Os eventos extremos de frio ou ondas de frio são caracterizadas por sequências de dias em que a temperatura do ar torna-se menor do que um determinado limiar (REBOITA, 2015), a onda de calor é comumente considerada como um período prolongado de tempo quente e pode ser acompanhada de umidade elevada (PASSOS et. al,2014).

De acordo com Alves (2018) para a classificação de uma OdC e uma OdF, em alguns casos utiliza-se a classificação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), que coloca uma OdC ou uma OdF sendo num período de no mínimo seis dias consecutivos a $T_{máx}$ ou $T_{mín}$ esteja 5°C acima ou abaixo da média do período de referência. Dessa forma, é possível a utilização de diversas técnicas para analisar os eventos de ondas de calor, sendo de grande importância o estudo da duração, intensidade e a frequência desses extremos de calor, dada a sua importância crescente.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar os eventos de calor extremo para a cidade de Juiz de fora- (MG) através do percentil 90(p90) para o a série de (1975-2020), destacando os anos mais significativos com temperaturas superiores ao limite do percentil 90 para temperaturas máximas e mínimas. Este estudo refere-se a uma parte do levantamento e tratamento inicial dos dados que serão utilizados na dissertação de



mestrado que visa analisar, os eventos de ondas de calor, sua intensidade, frequência e duração na área urbana da cidade de Juiz de Fora e a vulnerabilidade socioambiental.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Juiz de fora localiza-se no estado de Minas Gerais, na zona da mata mineira, com localização geográfica $21^{\circ} 45' 50''$ e $43^{\circ} 21' 00''$ W. De acordo com o IBGE possui uma população de cerca de 573.285 habitantes em uma área de 1437Km^2 , com localização geográfica $21^{\circ} 45' 50''$ e $43^{\circ} 21' 00''$ W.

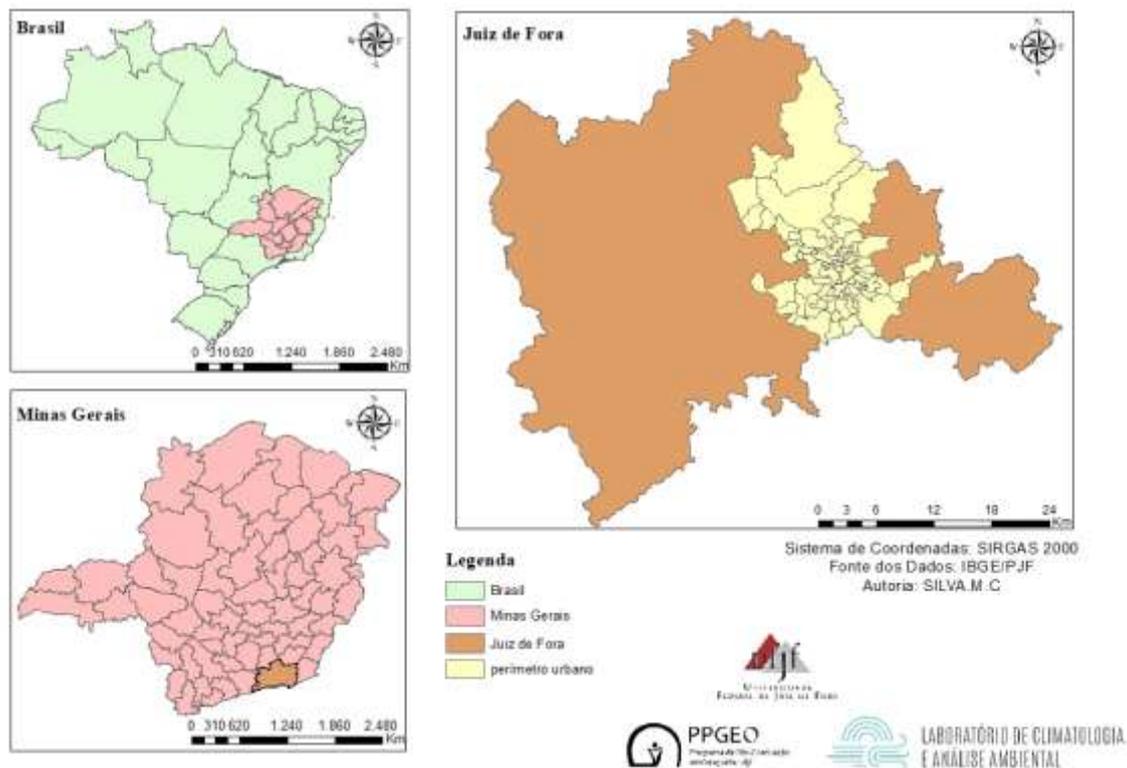


Figura (1) Localização da Cidade de Juiz de Fora - MG

METODOLOGIA

O presente artigo foi realizado em 5 etapas.

Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica, referentes aos temas: eventos extremos de calor e ondas de calor, e seus impactos na sociedade e nas áreas urbanas.

A segunda etapa, foi realizada a coleta de dados de temperatura do ar no período de 1975-2020 do INMET da estação meteorológica da UFJF, e organizados em tabela do por meio do software Excel, como pode ser observado na imagem abaixo:



Figura (2) Tabela organizada no Excel

A terceira parte, é compreende-se a análise dos eventos de calor extremo, na qual foi adotada a metodologia de Geirinhas et.al (2018); Mandú et. al (2020); Perkins & Alexander (2013). Onde os eventos de calor extremo são identificados através de índices que utilizam limiares como o P90, para a identificação de ondas de calor. De acordo com Perkins & Alexander (2013), os índices climáticos são uma boa ferramenta, para a aplicação em uma base de dados climáticos ampla, pois esses índices demonstram informações conclusivas, capaz de serem observadas e monitoradas de forma mais fácil.

No presente artigo foi aplicado o percentil 90 (p90) para as temperaturas máximas e mínimas diárias, que devem ser superior ao valor climatológico (1975-2020) do Percentil 90 (p90) para a identificação da quantidade de dias quentes por ano da série.



	Definição do limiar
P90 temp. (máxima)	Limiar climatológico para (1975-2020) de percentil 90 para temperaturas máximas, para cada dia do ano com uma janela de 15 dias.
P90 temp. (mínima)	Limiar climatológico para (1975-2020) de percentil 90 para temperaturas mínimas, para cada dia do ano com uma janela de 15 dias.

Quadro (1) - demonstração dos índices climáticos. Fonte: adaptado de Geirinhas (2012).

A quantificação dos eventos extremos de calor foi caracterizada por 3 dias consecutivos ou mais de temperatura \geq percentil 90 de acordo com Geirinhas (2018).

A quarta parte, após essa identificação dos eventos de calor, foi selecionado os 5 anos com maiores totais de dias quentes (dias quentes \geq percentil 90), correspondentes entre as temperaturas máxima e mínima, sendo organizados através software Excel, para melhor visualização.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os eventos climáticos e meteorológicos extremos, podem ser classificados como de origem hidrológica, geológicos ou geofísicos, meteorológicos e climatológicos, estes últimos estão inclusos a estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de Frio e calor. “Esses eventos climáticos e meteorológicos extremos podem ser entendidos como situações em que as manifestações dos elementos atmosféricos ocorrem desencadeando situações de perigo ao homem e as ocupações humanas” (FANTE, 2016, p 151).

Os eventos extremos de calor, tem afetado diversos países no mundo e no Brasil, conforme as pesquisas de Natividade et.al (2017) analisou-se os indicadores climáticos para temperatura e precipitação no estado de Minas Gerais nos períodos no período 1948-



2005 e nos períodos de 2041-2070 e 2071-2100. Para os dados convencionais da série 1948-2005.

Através do modelo, foi possível perceber uma tendência de aumento nos extremos relacionados a temperatura, na qual ocorre o aumento dos dias e noites quentes e uma redução de dias e noites frias. Já os resultados da precipitação, a tendência não apresentou bom resultado.

Geirinhas (2016); observou as ondas de calor em grandes cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Manaus e Porto Alegre, na qual resultou na demonstração da sua frequência, evolução temporal e a distribuição sazonal. Sendo possível constatar através dos resultados o aumento da tendência das ondas de calor, na sua frequência e na sua duração, principalmente a partir dos anos de 1980, nas cidades de São Paulo, Manaus e Recife.

Oliveira et al (2018) Caracterizou os episódios de ondas de frio e de calor nas séries climatológicas de 1993 a 2011, na Zona da Mata (as cidades de Juiz de Fora e Viçosa), Campo das Vertentes (Barbacena e Lavras) Sul e sudoeste (as cidades de Machado, Caldas e São Lourenço). Foram aplicadas duas técnicas, que caracterizam. Sendo uma delas o período em que durante cinco ou mais dias registrou-se T_{max} e T_{min} superando a médias mais um desvio padrão; e os dias consecutivos de temperatura superiores ou inferiores a $5^{\circ}C$ em relação à média do período. Foi possível analisar através dos resultados que as cidades a oeste possuíram um número maior de ondas de calor, e o Leste um número representativo de ondas de frio.

Oliveira (2021); estudou a cidade de Campinas (SP) na qual identificou eventos de ondas de calor através da série climatológica de 1956 a 2018, onde foi aplicada métricas sazonais de frequência de ondas de calor as temperaturas máximas e mínimas diárias mencionadas nos limites, derivadas do clima normal 1961-1990. Os resultados demonstraram, a intensificação das ondas de calor nos últimos 20 anos, a partir da década de 1980.

Barnett (2012); examinou as ondas de frio e calor em 99 cidades dos EUA por 14 anos (1987-2000) foi usado para definir uma onda através da estimulação, duração e intensidade. Foi definido de frio e de calor usando temperaturas acima e abaixo do frio e limiares de calor para dois ou mais dias. Sendo aplicado no trabalho cinco limiares frios usando os primeiros cinco percentis de temperatura e cinco limiares de calor usando os percentis 95-99.



Os efeitos da onda extra foram estimados usando um modelo de dois estágios para garantir que seus efeitos foram estimados após a remoção dos efeitos gerais da temperatura.

Freitas (2011), utilizando os princípios da epidemiologia social, para Portugal como medida de prevenção de riscos aos eventos de ondas de calor, associando-se os eventos extremos de calor e a exposição ao risco de saúde dos idosos, por meio a exposição ao calor.

Rustinni (2011) resumir os resultados com base na variabilidade de ocorrência de extremos de temperatura na América do Sul, através do índice A ETCCDMI com a coleta de dados e tendências atuais em temperaturas extremas diárias. Os resultados demonstraram tendências significativas em clima quente (positivo) e frio noites (negativas) no sul da América do Sul e na costa norte da América do Sul.

Frich (2002). O autor escolheu 10 indicadores de eventos climáticos extremos, definidos a partir de uma seleção maior, que pode ser aplicado a uma grande variedade de climas. Foi assumido que os produtores de dados eram mais inclinados a liberar dados derivados na forma de séries temporais de indicadores anuais os indicadores mostraram mudanças emergentes, particularmente um aumento nas noites quentes de verão, uma diminuição no número de dias de geada e uma diminuição na faixa de temperatura extrema interanual. Alves et.al (2017). Analisou dez métodos de identificação de ondas de frio diferentes, em Santa Catarina (Lages, Chapecó e Florianópolis) no período de 2000 e 2010. Através dos métodos utilizados chegou-se aos resultados através da análise de variância fatorial e o teste Tukey, os métodos de identificação apresentou um grande rigor nas ondas de frio e o aumento delas no estado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados da série (1975-2020) para aplicação do percentil 90(p 90) selecionou as temperaturas mínimas e máximas, e demonstrou o aumento da temperatura ao longo dos anos para a cidade de Juiz de Fora.

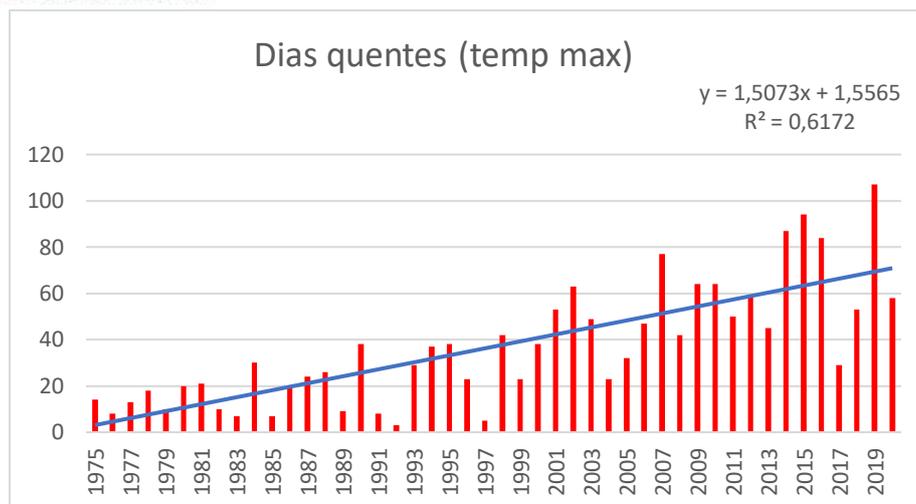


Figura 2 - Grafico com dias quentes (temperatura máxima), no período de 1975 a 2020, na cidade de Juiz de Fora-MG

Por meio da aplicação do percentil 90 para as temperaturas máximas, foi possível perceber o aumento dos dias quentes superior ao percentil (p90) ao longo dos anos, principalmente a partir dos anos 2000. Com o $R^2 = 0,6172$. Sendo destacado os anos mais significativos com temperaturas máximas superiores a $29,4^\circ\text{C}$ foram 2007, 2014, 2015, 2016 e 2019.

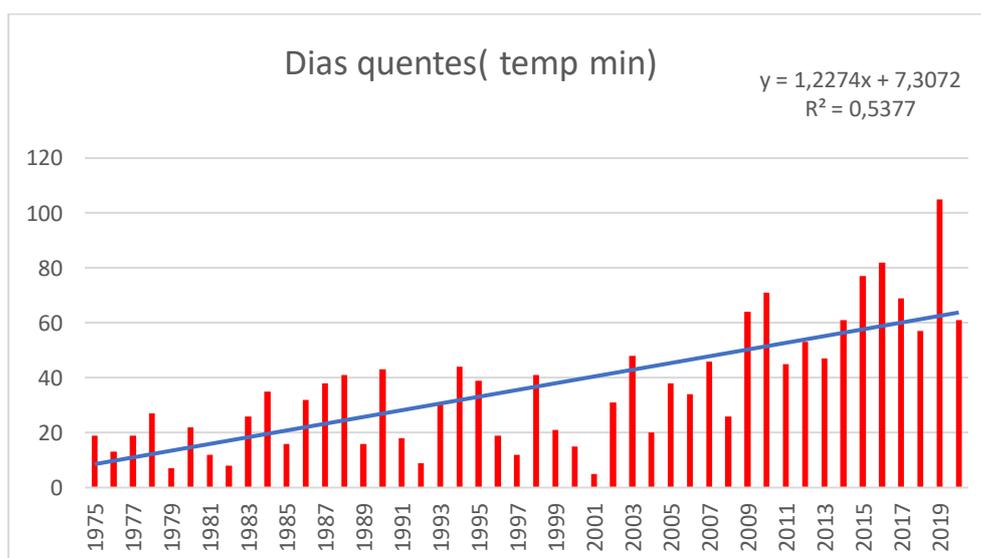


Figura 3- Grafico com dias quentes (temperatura mínima), no período de 1975 a 2020, na cidade de Juiz de Fora-MG



O percentil (p90) aplicado para as temperaturas mínimas do ar da série, apresentaram um aumento dos dias com temperaturas superiores ao \geq percentil 90. Principalmente a partir dos anos 2000 destacando os anos de 2007, sendo o $R^2 = 0,5377$. Com os anos mais significativos com temperaturas mínimas superiores a 19°C observados foram os anos de 2010, 2015, 2016, 2017 e 2019.

A aplicação do percentil 90 foi possível observar os anos que apresentaram dias quentes para as temperaturas máximas e mínimas como demonstra o quadro 1.

Temperatura máxima		Temperatura mínima	
Ano	Nº Dias Quentes	Ano	Nº Dias Quentes
2019	107	2019	105
2016	84	2017	69
2015	94	2016	82
2014	87	2015	77
2007	77	2010	71

Quadro 2- Anos com temperaturas máximas e mínimas e número dos dias quentes.

Foram contabilizados os anos de 2015, 2016 e 2019 como os anos que exibiram temperaturas superiores ao limiar do percentil 90 e maiores números de dias quentes superiores ao limiar de $29,4^\circ\text{C}$ para temperaturas máximas e mínimas de 19°C .

Os eventos que constituem correspondência da temperatura máxima e mínima estão configurados principalmente nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Dessa forma, através da análise feita com o percentil 90, foi possível observar os eventos extremos de calor, e o possível aumento dos dias quentes na cidade de Juiz de Fora a partir dos anos 2000. Sendo possível indicar as possíveis causas desse aumento expressivo, como o processo de urbanização na cidade, que apresentou um expressivo processo de urbanização nos anos 2000 com o surgimento de novos bairros, aumento da verticalização devido as grandes construções de edifícios e condomínios residências, principalmente em torno da estação climatológica, o bairro de São Pedro, apresentou uma grande modificação do uso e cobertura do solo. Mudanças climáticas, em uma escala regional, podendo gerar possíveis riscos, a população exposta as temperaturas elevadas, devido a frequência e duração dos dias com temperaturas extremas.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante aos dados observados por meio da técnica do percentil 90 (P90) foi possível analisar os eventos extremos de calor, e quantificar os eventos. Chegou-se aos resultados através da técnica, ocorreu o aumento dos dias quentes na cidade de Juiz de Fora, principalmente nos anos 2000, os anos de 2015, 2016 e 2019 foram os anos que exibiram temperaturas superiores ao limiar do percentil 90 e maiores números de dias quentes superiores ao limiar de 29,4°C para temperaturas máximas e mínimas de 19°C. Apresentando também correspondência da temperatura máxima e mínima e os meses estão configurados de janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro. Os anos 2000 constituído por um possível aumento dos dias quentes, pode estar relacionado ao processo pelo o qual de intensa modificação e urbanização. Sendo possivelmente um dos fatores a ser destacado no aumento dos dias quentes ao longo da série climatologia de 1975-2020.

Dessa forma, o estudo é parte inicial da parte metodológica e técnicas, de dissertação acerca do tema ondas de calor e a vulnerabilidade socioambiental. Sendo necessário aplicação de outras técnicas para a validação do método aplicado. E possivelmente

Aprofundar os estudos em torno, para demonstrar possíveis propostas de mitigação para cidade de Juiz de Fora.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.P.A; SILVEIRA, R.B; BITENCOURT, D.P. Ondas de Frio? Análise de diferentes métodos de identificação. **Revista brasileira de climatologia**. Ano 13 – Vol. 21 – JUL/DEZ 2017.

ALVES, M.P.A; SILVEIRA, R.B; MONTEIRO, A; BITENCOURT, D.P; SOUZA, C.M; Reconstrução de dados e detecção de ondas de calor e de frio no Porto e Concelhos vizinhos- Portugal. **Territorium** 27 (II), 2020, 49-66.

BARNETT, A.G. *et al.* Cold and heat waves in the United States. **Environmental Research** v. 112, p. 218–224, jan. 2012.



BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; MAIA, P. A.; AMORIM, F. T. Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas de Calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 4, p. 506–517, 2016.

FANTE, K.P, Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano: estudo de caso em presidente prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima (**TESE DE DOUTORADO**), programa de pós-graduação em Geografia, universidade estadual paulista Júlio de mesquita filho – UNESP. p.151, 2019

FREITAS, F. Ondas de calor em Portugal: Impacto humano e Regimes de Regulação de risco. (**Mestrado em dinâmicas sociais, riscos naturais e tecnológico.**) Coimbra, agosto de 2011.

GEIRINHAS, J. L.; TRIGO, R. M.; LIBONATI, R.; PERES, L. D. F. Caracterização Climática de Ondas de Calor no Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro v. 41, n. 3, p. 333–350, 2018.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XX. **Série Biodiversidade**, n. 26, MMA, 2007.

MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. D. S. Identificação De Tendências No Conforto Térmico Na Região Norte Do Brasil: Estudo De Caso Em Manaus-AM. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 34, p. 63–81, 2019.

NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos v. 32, n. 4, p. 600–614, 2017.

OLIVEIRA, D.S; COSTA, P.DP; BEZERRA, L.M; ÁVILA, A.M.H; FARIA, E.C. Hotter, Longer and More Frequent Heatwaves: An Observational Study for the Brazilian City of Campinas, SP, **Revista Brasileira de Meteorologia**, January 2021.

OLIVEIRA, D.E.; COUTO, D.A.; FERREIRA, C.C.M. Dinâmica climática regional em municípios da zona da mata, Campo das Vertentes e Sul e Sudoeste de Minas Gerais: as ondas de calor e frio. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 14 – Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, p. 290- 310, 2018.

PASSOS.M et.al Caracterização da Forte Onda de calor de 2014 em Santa Catarina. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.38 n.1, 2016, Jan.- Abr. p. 309 – 325 **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** – UFSM.

PINHEIRO. C; LARANJEIRA, M.M; Análise Espacial da Vulnerabilidade da População de Braga aos Eventos de Calor Extremo. **XV Coloquio Ibérico de Geografía.Retos y tendencias de la Geografía Ibérica**: 307-315.



PINHEIRO, C.; LARANJEIRA, M.M; Comportamento da temperatura de superfície em Braga e Guimarães no decorrer da onda de calor de julho de 2010. Revista Eletrónica. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território

PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V.; NAIRN, J. R. Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells. **Geophysical Research Letters** v. 39, n. 20, 27 out. 2012.

RUSTICUCCI, M. (2012). Observed and simulated variability of extreme temperature events over South America. **Atmospheric Research**, 106, 1-17. doi: 10.1016 / j.atmosres.2011.11.001 .

SOUCH, Catherine; GRIMMOND, C. S.B. Applied climatology: “heat waves.” **Progress in Physical Geography: Earth and Environment** v. 28, n. 4, p. 599–606, dez. 2004