

Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil

Minimum temperature trend and its regression straight for Amparo de São Francisco – Sergipe, Brazil

Tendencia de la temperatura mínima y su línea de regresión para Amparo de São Francisco - Sergipe, Brasil

Recebido: 12/01/2022 | Revisado: 16/01/2022 | Aceito: 18/01/2022 | Publicado: 21/01/2022

Manoel Viera de França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: manoelvieira.ufrpe@gmail.com

Raimundo Mainar de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7361-1281>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Romildo Morant de Holanda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: romildomorant@gmail.com

Luciano Marcelo Fallé Saboya

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7586-6867>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: lsaboya@hotmail.com

Francisco de Assis Salviano Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4085-0785>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: francisco.salviano@ufcg.edu.br

Resumo

As informações sobre a flutuabilidades climáticas de uma determinada área, são conhecimentos fundamentais à melhoria da produção agrícola familiar, na agropecuária sustentável e na prevenção de fenômenos atmosféricos. Objetiva-se analisar as distribuições térmicas mínimas entre 1963 a 2020, observar os possíveis comportamentos das tendências lineares, assim como variabilidade do coeficiente de regressão, levando em conta a avaliação mensal dos anos com o intuito de identificar os meses com maiores e menores flutuações térmicas, disponibilizando assim informações com relação à variação espacial e temporal térmica em Amparo de São Francisco, Sergipe. Utilizou-se dos dados térmicos mínimos estimadas pelo software Estima_T entre 1963-2020, e calculou-se a média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos, valores absolutos ocorridos, equação lineares para definir a equação da reta, R^2 , mensais, anuais e sazonais. Este estudo pode ser ferramenta para planejamentos de ações que visem a melhor forma de gerenciar os índices térmicos a serem utilizados na agropecuária, saúde, conforto térmico das cidades entre outras aplicações. A possibilidade de reduções nas temperaturas mínimas para 20,4 °C, poderá ocorrer nos próximos cinco anos com 45% de probabilidade. Este artigo tem como objetivo, fornecer subsídios para projetistas, planejadores de estratégias de adaptação e/ou mitigação de seus possíveis impactos negativos ou tirar proveito de possíveis condições climáticas favoráveis.

Palavras-chave: Flutuações térmicas; Climatologia; Estatística descritiva.

Abstract

Information on climate fluctuations in a given area is fundamental knowledge to improve family agricultural production, sustainable agriculture and the prevention of atmospheric phenomena. The objective is to analyze the minimum thermal distributions between 1963 and 2020, observe the possible behavior of linear trends, as well as the variability of the regression coefficient, taking into account the monthly evaluation of the years in order to identify the months with the highest and lowest thermal fluctuations, thus providing information regarding the spatial and temporal thermal variation in Amparo de São Francisco, Sergipe. We used the minimum thermal data estimated by the estima_T software between 1963-2020, and calculated the mean, standard deviation, coefficient of variance, maximum and minimum, absolute values, linear equation to define the equation of the straight line, R^2 , monthly,

annual and seasonal. This study can be a tool for planning actions aimed at the best way to manage thermal indices to be used in agriculture, health, thermal comfort in cities, among other applications. The possibility of reductions in minimum temperatures to 20.4 °C could occur in the next five years with a 45% probability. This article aims to provide subsidies for designers, planners of adaptation and/or mitigation strategies of their possible negative impacts or take advantage of possible favorable climatic conditions.

Keywords: Thermal fluctuations; Climatology; Descriptive statistics.

Resumen

La información sobre las fluctuaciones climáticas de una zona determinada es un conocimiento fundamental para la mejora de la producción agrícola familiar, la agricultura sostenible y la prevención de los fenómenos atmosféricos. El objetivo es analizar las distribuciones térmicas mínimas entre 1963 y 2020, observar los posibles comportamientos de las tendencias lineales, así como la variabilidad del coeficiente de regresión, teniendo en cuenta la evaluación mensual de los años con el objetivo de identificar los meses con mayores y menores fluctuaciones térmicas, disponiendo así de información relativa a la variación espacial y temporal térmica en Amparo de São Francisco, Sergipe. Se utilizaron los datos térmicos mínimos estimados por el software Estima_T entre 1963-2020, y se calculó la media, la desviación estándar, el coeficiente de varianza, los valores máximos y mínimos, los valores absolutos ocurridos, la ecuación lineal para definir la ecuación de la línea recta, el R², mensual, anual y estacional. Este estudio puede ser una herramienta para la planificación de acciones dirigidas a la mejor manera de gestionar los índices térmicos para ser utilizados en la agricultura, la salud, el confort térmico de las ciudades entre otras aplicaciones. La posibilidad de que las temperaturas mínimas se reduzcan a 20,4 °C, podría ocurrir en los próximos cinco años con un 45% de probabilidad. Este artículo tiene como objetivo, proporcionar subsidios para los diseñadores, planificadores de estrategias de adaptación y/o mitigación de sus posibles impactos negativos o aprovechar las posibles condiciones climáticas favorables.

Palabras clave: Fluctuaciones térmicas; Climatología; Estadística descriptiva.

1. Introdução

Filgueiras et al. (2016), revelaram que devido ao distanciamento das redes de estações meteorológicas, a correlação entre os dados obtidos pelas estações meteorológicas com os dados estimados por sensoriamento remoto e por Software que possibilitem a determinações de valores proporcionais aos dados de temperatura em áreas onde a disponibilidade de dados é escassa. Estudos apontam para um aquecimento da superfície terrestre nas últimas décadas devido as atividades antrópicas e emissão dos gases de efeito estufa (Li et al., 2017; Zhai et al., 2018). A influência humana foi observada em diferentes magnitudes nas variáveis climáticas, análises de detecção de mudanças e tendências foram ampliadas em tais variáveis para mostrarem os efeitos antropogênicos em escalas regionais (Li et al., 2017).

Machado et al. (2017), mostraram que a climatologia regional é abrangida a partir das oscilações climáticas e das flutuações atmosféricas de determinada amostra de um elemento climático (Menezes et al., 2015; Ramos et al., 2017). Os estudos da climatologia se caracterizam com a finalidade inicial de diferenciação de áreas ou comparação entre áreas. Seja o estudo do clima ou de um elemento constituinte, uma climatologia se caracteriza em determinada porção do espaço e possibilita ao estudioso entender as flutuações espaço-climática na distribuição de seus elementos que atuam ou se formam em uma região.

Medeiros et al. (2020), analisaram as oscilações das tendências térmicas, anuais das temperaturas extremas (mínima e máxima) para o município de Bom Jesus do Piauí, entre 1960-2018. Calcularam-se as médias mensais, anuais e estacionais para às estações: verão, outono, inverno e primavera. Os resultados indicaram o comportamento climático da área estudada de um período quente e/ou frio que devem servir de alerta as autoridades e tomadores de decisões para um melhor planejamento da agropecuário e do agronegócio. As flutuações das temperaturas decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco, assim como dos impactos ao meio ambiente e das atuações dos sistemas sinóticos transientes de larga escala e das escalas local e regional.

Rusticucci et al. (2004), em seus estudos sobre as tendências de temperaturas extremas de 1959-1998 na Argentina, mostraram um elevado número de estações com forte tendência positiva na temperatura mínima, principalmente na região

nordeste daquele país. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), essas tendências registradas no passado apresentam alta probabilidade de continuarem com suas tendências no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

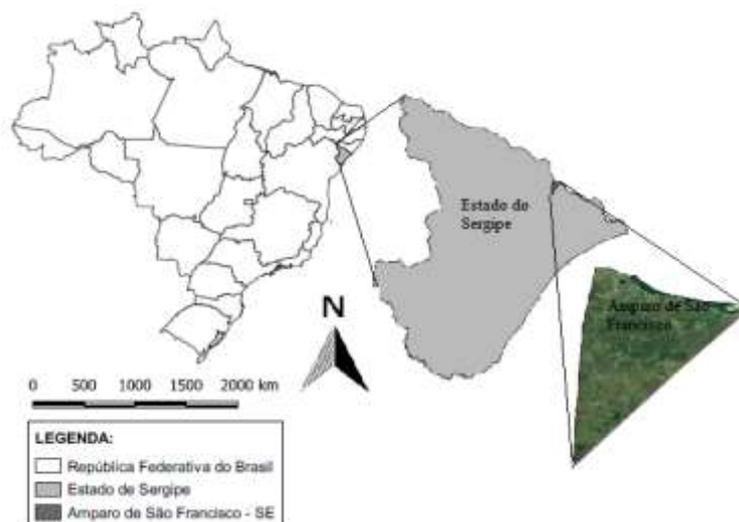
Barry et al. (2013), afirmaram que quanto à altitude e aos efeitos topográficos, a troposfera possui um gradiente de redução vertical da temperatura de $6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$, que não se mantém constante, seja pela variação da altitude, como pela sazonalidade ou localização da área.

Objetiva-se analisar as distribuições térmicas mínimas entre 1963 a 2020, observar os possíveis comportamentos das suas tendências lineares assim como variabilidade do coeficiente de regressão levando em consideração a avaliação mensal dos anos, com o intuito de identificar os meses com maiores e menores flutuações térmicas, disponibilizando informações com relação à variação espacial e temporal térmica em Amparo de São Francisco, Sergipe.

2. Material e Método

Amparo de São Francisco localiza-se na região nordeste do Estado de Sergipe e limita-se com o município de Telha a Leste e a Sul, Canhoba a Oeste e o Estado de Alagoas a Norte. A área municipal de $39,8 \text{ km}^2$, a sede municipal tem coordenadas geográficas de $10^{\circ}08'04''$ e de latitude sul, $36^{\circ}55'46''$ de longitude Oeste e uma altitude de 51 metros. (Figura 1).

Figura 1. Localização de Amparo de São Francisco dentro do estado do Sergipe.



Fonte: França (2020).

Amparo de São Francisco, localiza-se em uma região caracterizada por duas estações bem definidas, um período chuvoso oscilando de fevereiro a agosto e um período seco, nos meses que vão de setembro a janeiro. Segundo a classificação de Köppen (1928); Köppen *et al.*, (1931), o clima é do tipo “As” (quente e úmido Tropical chuvoso). Esta classificação também foi determinada pelos autores (Medeiros, 2020; Alvares, *et al.*, 2014).

É interessante ressaltar que a estação chuvosa é marcada por frequentes e intensas precipitações em curto intervalo de tempo, favorecendo o surgimento de erosões, visto que pela frequência de chuva em um breve período, a água não consegue infiltrar no solo e acaba realizando o carreamento das partículas sólidas.

A área estudada posiciona-se na bacia hidrográfica do rio São Francisco, onde todo o escoamento d'águas desta região tende a ir ao encontro do rio principal e desta forma acaba modelando o terreno. Tendo em vista que as águas decorrentes dos índices pluviais durante o processo do escoamento superficial procuram caminhos naturais para o seu escoamento, cuja

tendência é que a água esco de pontos elevados para pontos baixos, percurso principal do rio São Francisco. Os tipos de solos predominante na região são o tipo neossolo flúvico as margens do rio São Francisco e em sequência na orientação sul aparece os solos do tipo neossolo litólico.

Utilizou-se dos dados térmicos mínimos estimadas pelo software Estima_T para os anos de 1963-2020 (Cavalcanti & Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006), para o mesmo período pluvial. Determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas mínimas mensais em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com os autores Cavalcanti e Silva (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h$$

Em que:

C_0, C_1, \dots, C_9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altura.

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia da temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Cavalcanti et al., 2006).

Em que:

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1950, 1951, 1952, \dots, 2020$$

Em que:

$$i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1950, 1951, 1952, 1953 \dots 2020.$$

Utilizou-se da série de dados da temperatura mínima (°C) entre 1963-2020, e calculou-se média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos ocorridos, equação lineares para definir a equação da reta, R^2 , mensais, anuais e sazonais.

Calculou-se a média móvel para cinco e dez anos para a área estudada. A média móvel é um parâmetro que amortece as oscilações dos dados, indicando as flutuações das suas sazonalidades e tendências, quando averiguadas. Para as tendências foram gerando seus gráficos, com o intuito de identificarem-se suas possíveis flutuações nas variáveis térmicas em estudo.

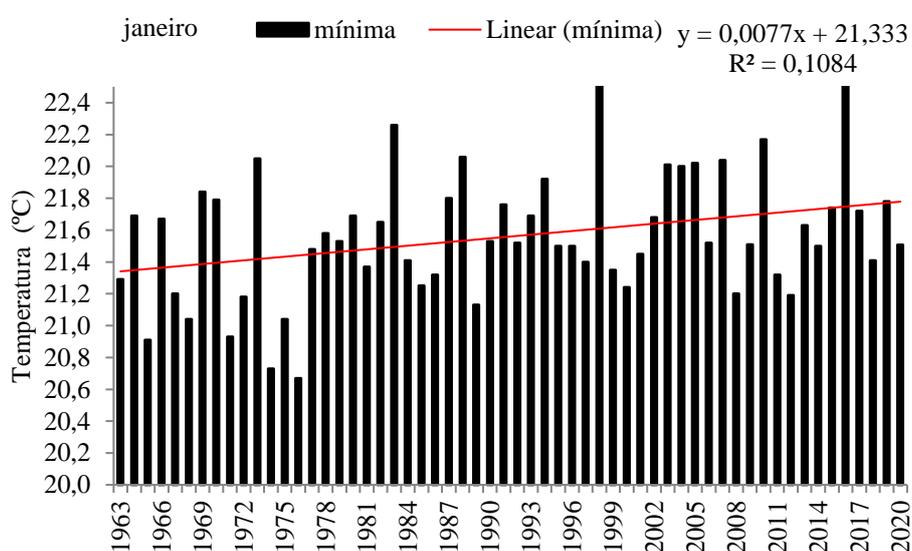
3. Resultados e Discussões

A grandeza da flutuação da temperatura e sua tendência, são importantes nas suas fases do zoneamento agroclimático, agropecuário e de conforto térmico. Deve-se determinar seu comportamento probabilístico no espaço, para inferir sobre o parâmetro, em regiões desprovidas de estação meteorológica, e no tempo, para determinar sua variação ao longo do ciclo da cultura estudada. Para a agricultura, a temperatura influencia na tomada de decisão sobre as regiões igualmente adaptáveis e com melhores características de desenvolvimento e sustentabilidade, tanto para a agropecuário, agroindústria e no agronegócio. E para o ser humano e os animais se prever as épocas de melhores confortos. Em meio às atividades produtivas, a agricultura é

a mais condicionada às variabilidades climáticas de tal forma que estas são responsáveis por até 70% da variabilidade final da produção (Ortolani et al., 1987).

Na Figura 2 observam-se as oscilações da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de janeiro em Amparo de São Francisco. A reta de tendência registra um coeficiente angular positivo e seu R^2 de baixa significância. Nos anos de 1965; 1971; 1974; 1976 as temperaturas mínimas fluíram entre 20,7 °C a 20,9 °C. Nos demais anos as flutuações térmicas oscilaram entre 21,0 °C a 22,4 °C. Destacam-se os anos de 1983 (22,2 °C); 1998 e 2017 com 22,2°C. Estas flutuações estão em conformidades com os estudos de (Marengo et al., 2008; Marengo et al., 2015); IPCC (2007); IPCC (2014).

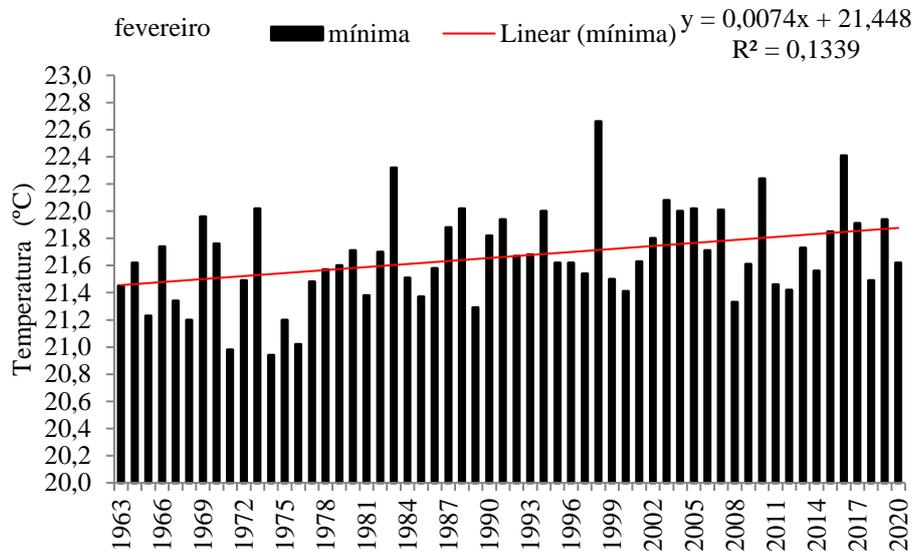
Figura 2. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de janeiro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

Na Figura 3. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de fevereiro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020. Os anos de 1971; 1975 e 1976 registraram índices térmicos iguais ou inferiores a 21,0 °C. Os anos 1983; 1998; 2010 e 2016 registraram temperatura mínima fluindo entre 22,2 °C a 22,6 °C. Com reta de regressão de coeficiente angular positivo e com R^2 de baixa significância. Os picos de máximos valores térmicos são decorrentes de atuações sinóticas e corroboram com os resultados do IPCC (2104); Marengo et al, (2015).

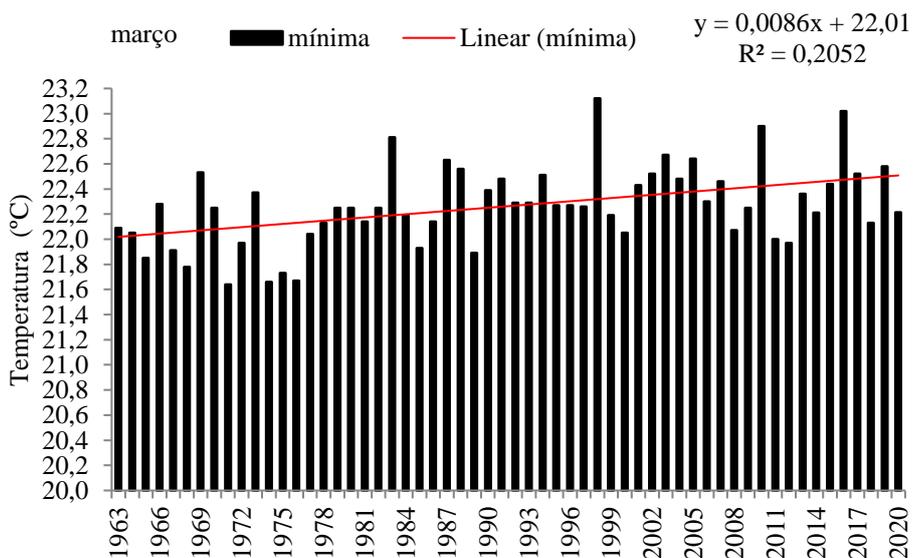
Figura 3. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de fevereiro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

Observam-se irregularidades com maiores significâncias entre os anos de 2009 a 2020. Essas oscilações estão interligadas as flutuações de meso e microescala, auxiliadas pelos efeitos locais e regionais (IPCC, 2014); Marengo (2015). As flutuações térmicas entre as séries de 1963-2020 registraram seu pico de mínimo nos anos de 1971; 1974 a 1976 e seus picos máximos ocorreram nos anos de 1982; 1997; 2009 e 2016. O mês de março (Figura 4). Registrou uma reta de tendência com coeficiente angular positivo e R^2 de moderada significância.

Figura 4. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de março para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.

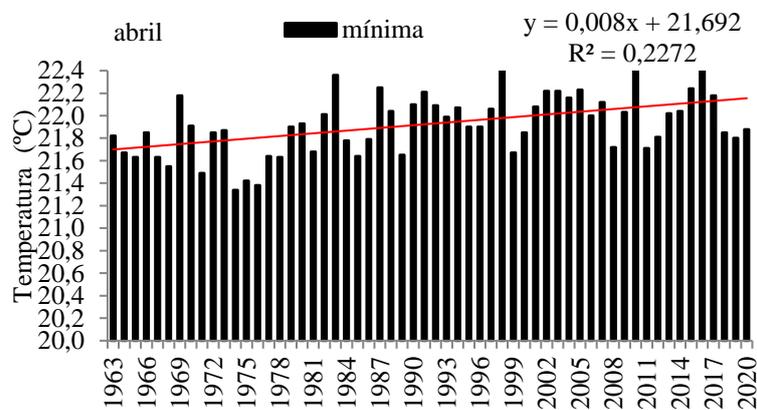


Fonte: França (2021).

As análises das oscilações do clima da Terra nos últimos milhares de anos, a partir de testemunhos em geleiras, vêm demonstrando que a variabilidade climática e os desastres naturais vêm ocorrendo em grandes escalas temporais e espaciais. Entretanto, nos últimos 150 anos, os registros de temperatura começaram a subir mais rapidamente do que ocorria em épocas passadas (Nobre et al., 2012), levando a severas mudanças, as quais vêm sendo observadas e registradas em várias regiões do planeta. Este estudo corrobora com as discussões apresentadas neste estudo.

Na Figura 5 observam-se as tendências da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de abril para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020. Com reta de tendência de coeficiente angular positivo e R^2 moderado, têm-se suas flutuações anuais. Os anos de 1971, 1974-1976 registraram temperatura mínima de 21,5 °C, 21,3 °C a 21,4 °C, respectivamente. Os anos de 1970; 1983; 1987; 1990-1992; 1995; 1998; 1999; 2001-2005; 2007; 2010; 2015-2017 a temperatura mínima ultrapassou os 22 °C. Destaca-se reduções térmicas nos anos de 2018-2020.

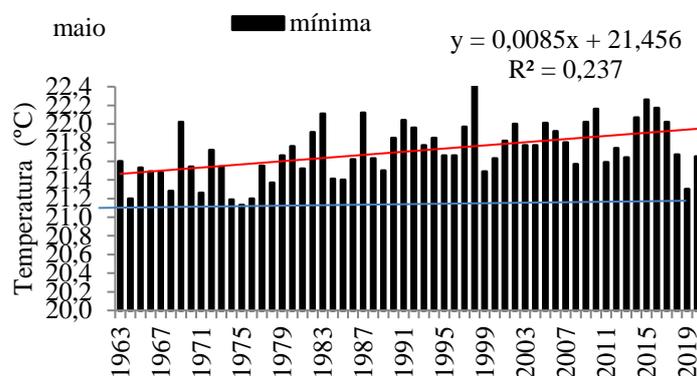
Figura 5. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de abril para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

Com reta de tendência positiva e com R^2 de moderada significância comparadas aos meses anteriores (Figura 6) observam-se flutuações irregulares e com variabilidade de até 1,3 °C. Os anos de 1964; 1968; 1971; 1974 a 1976 e 2019 registaram os menores índices térmicos, os maiores índices ocorreram nos anos de 1997; 2015 e 2016. Destacam-se as maiores irregularidades térmicas da série dos estudos registrada entre os anos 2009 a 2020. Segundo Vincent et al. (2005), existe a tendência significativa de aumento da temperatura mínima, seguidamente de aumento de noites quentes e redução da amplitude diária em toda a América do Sul o que corrobora com os resultados deste estudo.

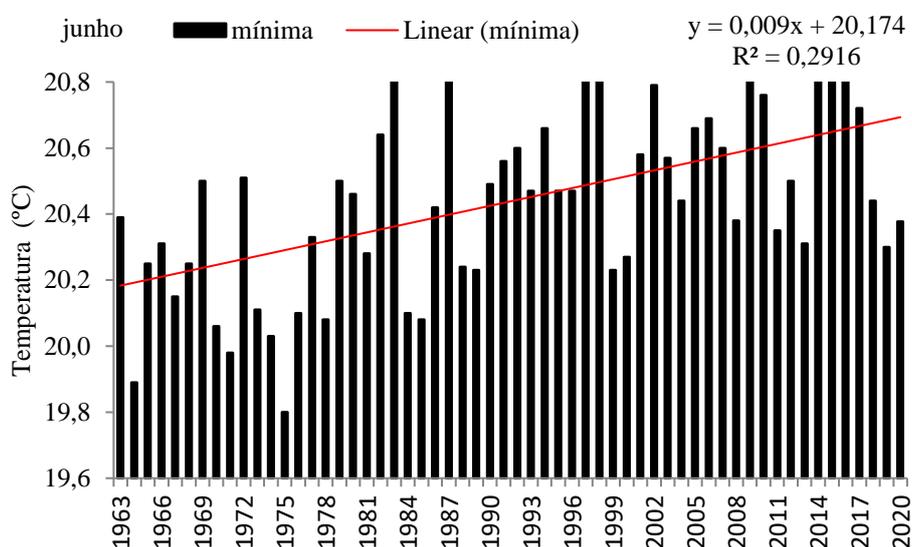
Figura 6. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de maio para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

Na Figura 7 tem-se a tendência da temperatura mínima no mês de junho e sua reta de regressão para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020. Com R^2 de moderada significância tendo reta de tendência com coeficiente angular positivo e com oscilações térmicas oscilando de 19,8 °C no ano de 1975 a 20,8 °C nos anos de 1982; 1986; 1996; 1997; 2002; 2009; e de 2013 a 2015. Entre 2010 a 2020 registraram-se as maiores e menores oscilações da série. Nos anos de 1964 e 1975 foram os de menores índices térmicos registrados.

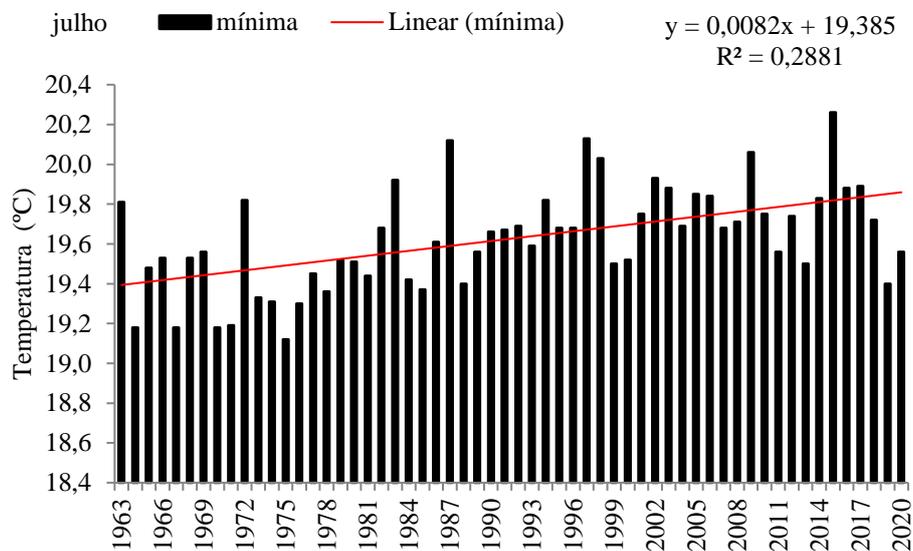
Figura 7. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de junho para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

Na Figura 8 tem-se a tendência da temperatura mínima para o mês de julho, suas oscilações registraram-se entre 19,1 °C (1975) a 20,2 °C (2015). Os anos de 1964; 1967; 1970 e 1971 registrou-se temperatura mínima de 19,2 °C. Nos anos 1987; 1997; 1998; 2009 e 2015 as oscilações das temperaturas mínimas foram de 20,0 °C a 20,2 °C. Estas oscilações vêm a corroborar com os resultados encontrados por Medeiros et al. (2020); IPCC (2014). O mês de julho está representado por reta de regressão com coeficiente angular positivo e de R^2 moderado.

Figura 8. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de julho para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.

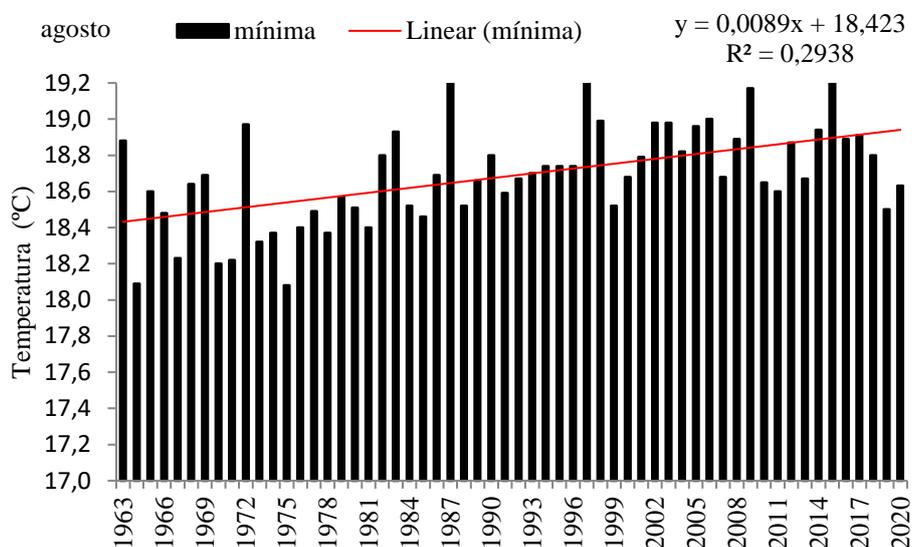


Fonte: França (2021).

Na Figura 9 observam-se as variabilidades das tendências da temperatura mínima e sua reta de regressão para o mês de agosto em Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020. Com reta de regressão e de coeficiente angular positivo e de R^2 com moderada significância.

Observam-se irregularidades nos índices térmicos para o mês de agosto. Entre os anos de 1963- 1981 as oscilações térmicas mínimas fluíram de 18,0 °C a 19,0 °C. Entre 1982-2020 percebem-se um aumento gradual nos índices térmicos seguidamente de reduções significativas e irregulares para o mesmo período em estudo. Estas flutuações estão em conformidade com os estudos dos autores Medeiros (2016); Medeiros (2017); IPCC (2014); Rossato (2011); Horokoshi et al. (2007); Marengo et al. (2008) e Nobre et al. (2005) mostraram que os índices térmicos têm semelhanças com os descritos neste artigo.

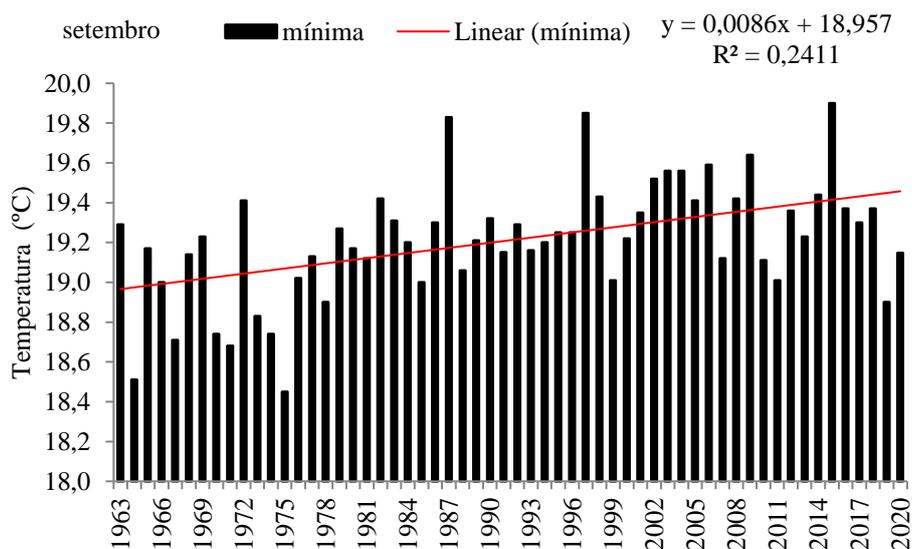
Figura 9. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de agosto para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

O mês de setembro entre 1963-2020 tem uma representatividade de tendência positiva com R^2 de moderada significância. No mês de setembro registrou-se temperaturas mínimas de 18,4 °C (1975) e 20,0 °C (2015). As flutuações irregulares foram ocasionadas pelos sistemas atmosféricos predominantes, como: Atividades da zona de convergência do Atlântico Sul; Formações de linha de estabilidades e os auxílios dos fenômenos de baixa e escala regional ocasionado por ventos moderados e chuvas de altas magnitudes em curto intervalo de tempo. (Figura 10).

Figura 10. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de setembro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.

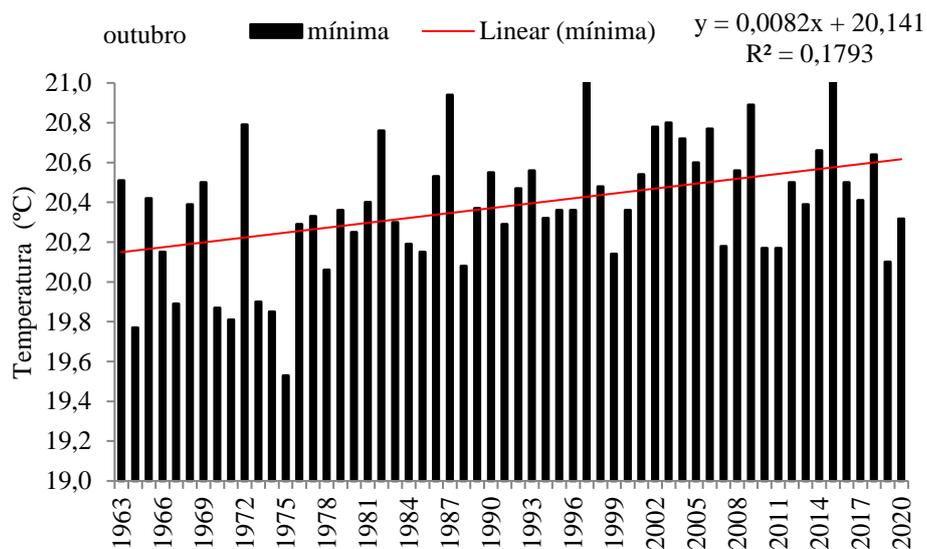


Fonte: França (2021).

A Figura 11 observam-se as oscilações da tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de outubro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020, com reta de tendência de coeficiente angular positivo e R^2 de

baixa significância. No período entre os anos de 1963-1975 destacam-se as maiores oscilações térmica 1963; 1965;1968; 1969 e 1972 com flutuações entre 20,4 °C a 20,8°C, os anos de 1964;1967; 1970; 1971; 1974; 1975, registraram índices térmicos fluindo entre 19,4 °C a 19,8 °C. Neste período existia cobertura de solo com arborização elevada e urbanização rural mais organizada. Entre 1973-2020 observam-se crescimento gradativos e irregulares. Estudos que corroboram com os resultados discutidos são: IPCC (2014); Marengo et al, (2015).

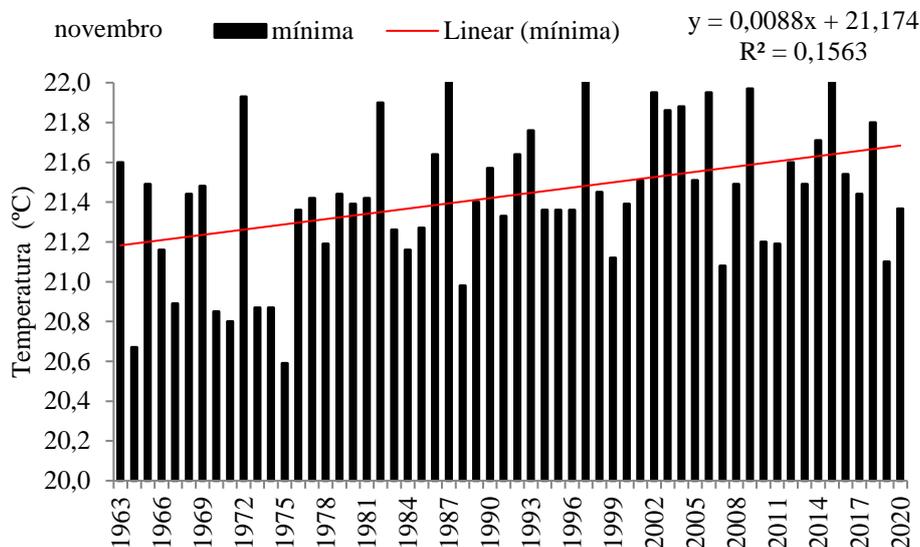
Figura 11. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de outubro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

O mês de novembro está representando as oscilações térmicas mínimas do período 1963-2020 (Figura 12). Os menores índices térmicos encontram-se entre os anos de 1963-1975 exceto o ano de 1972. No período 1976-2020 observam-se irregularidades e com aumentos gradativos nos seus índices térmicos. As oscilações térmicas de baixa e alta, são explicadas pelos estudos de Marengo et al, (2015).

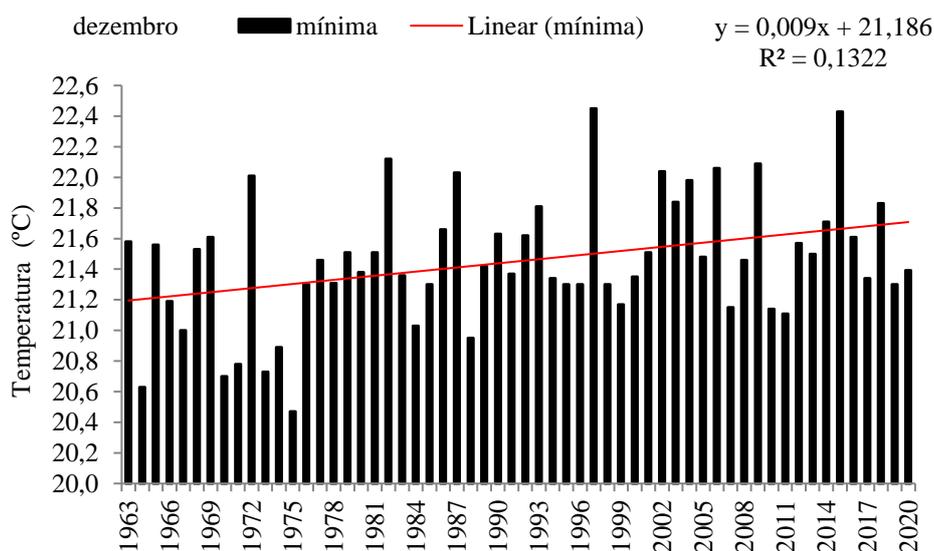
Figura 12. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de novembro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

O mês de dezembro está representado na Figura 13 onde suas oscilações fluíram entre 20,4 °C (1975) a 22,6 °C nos anos de 1997 e 2015. O mês em estudo tem coeficiente angular positivo e seu R^2 é de baixa significância. Estas irregularidades térmicas são ocasionadas pelos sistemas atmosféricos predominantes da época auxiliados pelos sistemas locais e regionais.

Figura 13. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão do mês de dezembro para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.

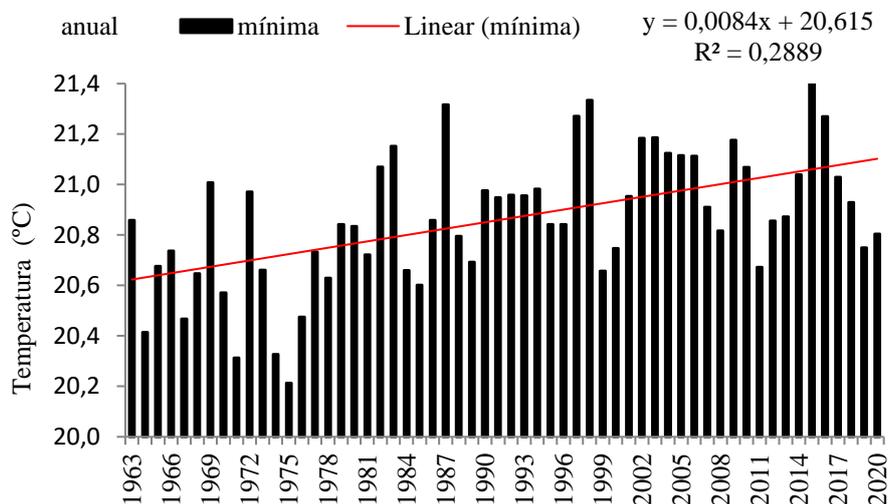


Fonte: França (2021).

Na Figura 14 observam-se a tendência da temperatura mínima anual e sua reta de regressão para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020. Com coeficiente angular positivo e R^2 de baixa significância, tem-se a distribuição anual da temperatura mínima. As oscilações fluíram de 20,2 °C (1975) a 2015 (21,4 °C). Os anos com menores índices térmicos registraram-se nos anos de 1964 (20,4 °C) 1967 (20,5 °C); 1971 e 1974 (20,3 °C) e o ano de 1975 (20,2 °C). Os

elevados índices térmicos anuais ocorreram nos anos de 1987 e 1998 (21,3 °C); 2015 (21,4 °C). Tais resultados foram encontrados por Marengo, et al. (2007); Marengo, et al, (2011) o que corroboram com o estudo.

Figura 14. Tendência da temperatura mínima anual e sua reta de regressão para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

No Quadro 1 verifica-se que os coeficientes de determinação da regressão apresentaram significância fraca a moderada para todos os meses, esta oscilação é decorrente do complexo diversificado da sazonalidade da região de estudo. Destaca-se ainda que em todos os meses do ano os coeficientes angulares são positivos, nos assegurando que a tendência da temperatura mínima é de aumentos como vem ocorrendo. Estes resultados tem a corroboração dos estudos do IPCC (2007) e IPCC (2014).

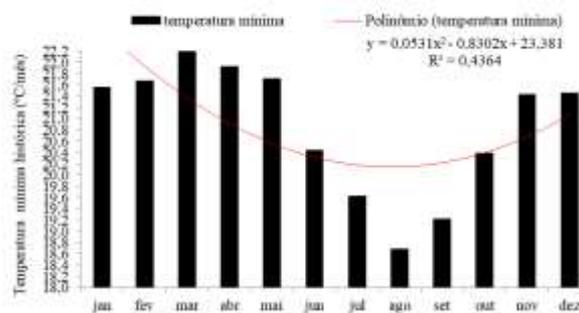
Quadro 1. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão (R^2), média histórica mensal e total anual da temperatura mínima em Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.

Meses	Equação linear	Coefficientes de determinação da regressão R^2	Média
Janeiro	$y = 0,0077x + 21,333$	0,1084	21,6
Fevereiro	$y = 0,0074x + 21,448$	0,1339	21,7
Março	$y = 0,0086x + 22,010$	0,2052	22,3
Abril	$y = 0,008x + 21,6920$	0,2272	21,9
Maiο	$y = 0,0085x + 21,456$	0,2370	21,7
Junho	$y = 0,009x + 20,1740$	0,2916	20,4
Julho	$y = 0,0082x + 19,385$	0,2881	19,6
Agosto	$y = 0,0089x + 18,423$	0,2938	18,7
Setembro	$y = 0,0086x + 18,957$	0,2411	19,2
Outubro	$y = 0,0082x + 20,141$	0,1793	20,4
Novembro	$y = 0,0088x + 21,174$	0,1563	21,4
Dezembro	$y = 0,009x + 21,1860$	0,1322	21,5
Anual	$y = 0,0084x + 20,615$	0,2889	20,9

Fonte: França (2021).

Na Figura 15 nota-se que os meses de março, abril e maio se concentram os maiores índices térmicos, com valor médio do período de 21,9 °C, correspondendo a 27% da temperatura mínima anual. Os meses de menores índices térmicos fluem de setembro, outubro e novembro que correspondem a 24% do total anual, mostrando-se ao longo do tempo, variabilidade temporal característico da região semiárida brasileira que demonstram a possibilidade de acréscimo anual nos índices térmicos.

Figura 15. Histograma da média térmica mínima histórica e tendência polinomial para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

No Quadro 2 verifica-se que os valores da média e da mediana apresentam valores extremos discordantes na amostra. O mês de máximo índice térmico é março com 22,3°C e o menor índice registram-se em agosto (18,7°C), destaca-se que a mediana apresentara valores superiores à média para o referido período. As variabilidades mensais na mediana indicam que esta medida de tendência central, pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição. Visto assim, os modelos de distribuições térmicas mensais são assimétricos, com coeficiente de assimetria positivo. Portanto a mediana não apresenta maior probabilidade de ocorrência que a média, (Almeida et al. 2007).

Galvani (2011) afirma que o desvio padrão é importante para se ter informações do “grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio”. O coeficiente de variância que é utilizado para fazer comparações em termos relativos, expressa “a variabilidade de cada conjunto de dados normalizada em relação à média em porcentagem.”

No Quadro 2 têm-se as variabilidades estatísticas da temperatura mínima para Amparo de São Francisco, Sergipe entre 1963-2020. Os valores dos desvios padrão podem ser acrescidos ou reduzidos dos valores da média. O coeficiente de variância tem baixa significância e pode ser que não contribuam para as possíveis ocorrências dos valores. Os valores máximos e mínimos absolutos podem ser repetidos entre 0,5 e 1,2 anos.

Quadro 2. Parâmetros estatísticos da temperatura mínima do ar (°C) em Amparo de São Francisco, Sergipe entre 1963-2020.

Meses	Média (°C)	Desvio padrão (°C)	Mediana (°C)	Coefficiente Variância (°C)	Temperatura mínima da máxima absoluta(°C)	Temperatura mínima da mínima Absoluta (°C)
Janeiro	21,6	0,4	21,5	0,018	22,6	20,7
Fevereiro	21,7	0,3	21,8	0,016	22,7	20,9
Março	22,3	0,3	22,4	0,014	23,1	21,6
Abril	21,9	0,3	22,1	0,013	22,7	21,3
Maiο	21,7	0,3	21,9	0,014	22,4	21,1
Junho	20,4	0,3	20,5	0,014	21,0	19,8
Julho	19,6	0,3	19,1	0,013	20,3	19,1
Agosto	18,7	0,3	18,8	0,015	19,3	18,1
Setembro	19,2	0,3	19,3	0,015	19,9	18,5
Outubro	20,4	0,3	20,6	0,016	21,2	19,5
Novembro	21,4	0,4	21,6	0,018	22,3	20,6
Dezembro	21,5	0,4	21,6	0,019	22,5	20,5
Anual	20,9	0,3	21,0	0,013	21,4	20,2

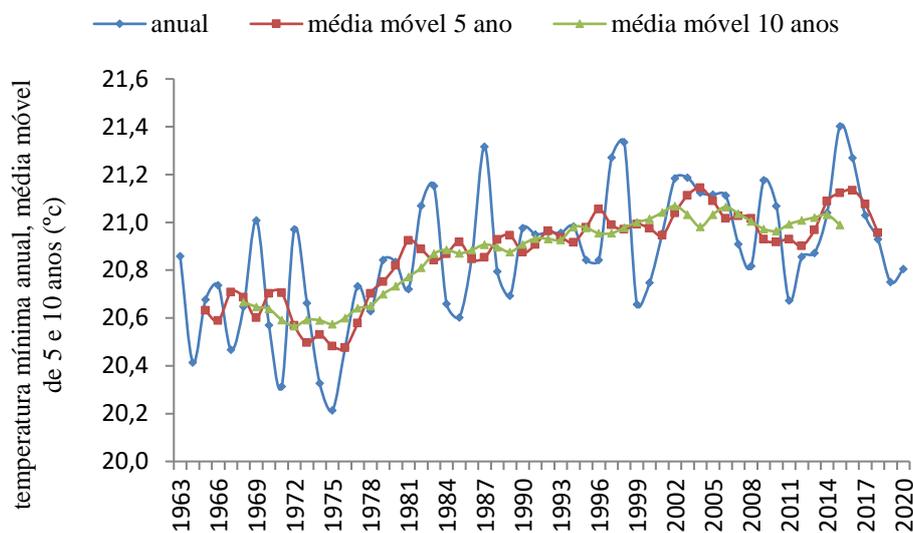
Fonte: França (2021).

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), essas tendências de Mudanças Climáticas observadas no passado recente, apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

A Figura 16 representa a precipitação mínima registrada e suas temperaturas estimadas pelas médias móveis para 5 e 10 anos da área estudada.

O comportamento térmico observado segue as estimativas das médias móveis para 5 e 10 anos com ritmo térmico observando redução de amplitude e achatamento entre anos. As estimativas das medias-móveis de 10 anos apresentam valores de maiores significâncias do que para 5 anos.

Figura 16. Temperatura mínima e suas médias móveis de 5 e 10 anos para Amparo de São Francisco, Sergipe entre 1963-2020.



Fonte: França (2021).

4. Conclusões

Para minimizar os efeitos da variabilidade ou oscilação térmica, recomenda-se reflorestar áreas no entorno dos lagos, lagoas, rios, açudes, riachos e em áreas de produção de grãos e pastagens.

Este estudo pode ser ferramenta útil para planejamentos e ações que visem a melhor forma de gerenciar os índices térmicos a serem utilizados na agropecuária, saúde, no conforto térmico das cidades entre outras aplicações.

A possibilidade de reduções nas temperaturas mínimas para 20,4 °C poderá ocorrer nos próximos cinco anos com 45% de probabilidade de ocorrência.

Este artigo propõe fornecer subsídios para projetistas e planejadores de estratégias de adaptação e/ou mitigação de seus possíveis impactos negativos, ou para tirar proveito de possíveis condições climáticas favoráveis.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. K. (2014). Climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
- Araújo, W. P., Medeiros, R. M., França, M. V., & Holanda, R. M. (2020). Oscilações climáticas das temperaturas extremas, média e amplitude térmica do ar em Bom Jesus Piauí, Brasil *Research, Society and Development*, 9(8), e238985366, <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5366>
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2013) *Atmosfera, tempo e clima*. (9a ed.), Ed. Bookman
- Cavalcanti, E. P, Silva, V. P. R, & Souza, F. A. S, (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1),140–147.
- Cavalcanti, E. P, & Silva, E. D. V (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais... S. B. M. E. T, 1, p.154-157.
- Figueiras, R., Nicolete, D. A. P., Carvalho, T. M., Cunha, A. R. & Zimback, C. R. L. (2016). Predição da temperatura do ar por meio de sensoriamento remoto orbital. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(8).
- Galvani, E. Estatística descritiva em sala de aula. In: Venturi, L. A.B. Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.
- Galvêncio, J. D. (2000). Impactos dos eventos El Niño na precipitação da Bacia do rio São Francisco. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba (PB), p.117.

IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge.

Köppen, W, & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.

Köppen, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 388p.

Horikoshi, A. S., & Fisch, G. (2007). Balanço Hídrico Atual e Simulações para Cenários Climáticos Futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água. An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 2(2).

Li, C., Zhao, T., & Ying, K. (2017). Quantifying the contributions of anthropogenic and natural forcings to climate changes over arid-semiarid areas during 1946–2005. *Climatic Change* 144, 505–517.

Machado, T. S., Neves, S. M. A. S., Seabra Jr, S, & Neves, R. J. (2017). Zoneamento agroclimático do melão na região sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Climatologia*. 13(20).

Marengo, J. A., Schaeffer, R, Zee, D., & Pinto, H. S, (2015). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acessado 2020

Marengo, J. A, Alves, L. M, Beserra, E. A, & Lacerda, F. F, (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. I. S. B. N 978-85-64265-01-1. 303 – 422.

Marengo, J. A., & Camargo, C. C. (2008). Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960 - 2002. *International Journal of Climatology*. 28, 893-904.

Marengo, J. A, Lincoln, M, Alves, L. M, Valverde, M. C, Laborbe, R, & Rocha, R.P, (2007). Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente – M. M. A, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – S. B. F, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, 2007.

Medeiros, R. M, & Cavalcanti, E. P, (2020). Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7):1-23, e315973882.

Medeiros, R. M. (2017). Amplitudes térmicas e sua oscilação mensal na grande metrópole Recife-PE, Brasil. *Revista Paisagens & Geografias*. 2(1): 31-45.

Medeiros, R. M. (2019). Estudo agrometeorológico para o Estado Sergipe. p.138. Distribuição avulsa.

Medeiros, S. S., Cecílio, R. A., Melo Junior, J. C. F., & Silva Junior, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(2), 247-255.

Menezes, F. P., Fernandes, L. L., & Rocha, E. J. P. (2015). O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*. 11(16).

Nobre, C A., & Assad, E D. (2005). O aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. INPE e Print, São José dos Campos, v. 1, Disponível em: <<http://eprint.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51/doc/v1./doc/v1.pdf>>.

Ortolani, A. A., & Camargo, M. B. P. (1987). Influência dos fatores climáticos na produção. in: Castro, PRC, Ferreira, SO, Yamada, T. (ed.) *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba, SP: *Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato*, Cap.4, p.7 1-79.

Ramos, H. C., Dallacort, R., Neves, S. M. A. S., Dalchiavon, F. C., SantI, A., & Vieira, F. F. (2017). Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. *Revista Brasileira de Climatologia*. 13(20).

Rossato, M. S. (2011). *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia*. 240f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS-BR.

Rusticucci, M., & Barrucand, M., (2004). Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. *Journal of Climate* 17, 4099-4107.

Zhai, P., Zhou, B., & Chen, Y. (2018). A Review of Climate Change Attribution Studies. *Journal of Meteorological Research* 32, 671-692.