Revista Brasileira de Geografia Física

ISSN:1984-2295

Homepage: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe

Tendências climáticas em Coari-AM

Natacha Cintia Regina Aleixo[1], Luciomar da Silva Almeida Filho[2]

[1] Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Campus Presidente Prudente (UNESP), professora do departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), CEP: 69080-900, Manaus (AM), Brasil, Tel.: (+55 92) 3305-1181, natachaaleixo@ufam.edu.br (autor correspondente). [2] Graduando em bacharelado em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), membro do Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), CEP: 69080-900, Manaus (AM), Brasil, Tel.: (+55 92) 99223-8098, luciomar.almeida13@gmail.com.

Artigo recebido em 19/05/2022 e aceito em 11/08/2022

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar as tendências de precipitação pluvial e de temperatura do ar do município de Coari (AM), Brasil, considerando a série histórica dos anos de 1970 a 2015. Os dados foram obtidos no site do INMET em escala temporal mensal e anual e correspondem aos dados da estação convencional, após o preenchimento de falhas foram aplicados os testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Pettitt para verificar a tendência e a homogeneidade, respectivamente. Os resultados demonstraram que a significância foi superior a 0,05 para a precipitação pluvial representando a inexistência de tendência significativa dos dados anuais e mensais, para temperatura do ar ocorreu tendência significativa ($p<0,05$) positiva da temperatura máxima, com aumento contínuo a partir do ano 2000 e da temperatura mínima a partir de 1997, para os dados anuais e mensais. De maneira geral, foi possível atestar a efetividade dos métodos estatísticos na consolidação de respostas para análise de alterações climáticas, sendo possível afirmar que ocorreram tendências positivas de incremento da temperatura do ar registrada em Coari e a estacionariedade dos dados pluviométricos.

Palavras-chave: Testes não paramétricos, Climatologia geográfica, alterações climáticas.

Climate Trends in Coari/AM - Brazil

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the trends of rainfall and air temperature of the municipality of Coari, Amazonas, Brazil, considering the historical series from 1970 to 2015. The data were obtained from the INMET website in monthly and annual time scale and correspond to the conventional station data, after filling gaps the non-parametric Mann-Kendall and Pettitt tests were applied to verify the trend and homogeneity, respectively. The results showed that the significance was greater than 0.05 for rainfall representing the absence of a significant trend in annual and monthly data, whereas for air temperature there was a significant positive trend in maximum temperature, with a continuous increase from the year 2000 and minimum temperature from 1997, for annual and monthly data. In general, it was possible to attest to the effectiveness of statistical methods in the consolidation of responses for analysis of climate change, and it is possible to affirm that there were positive trends of increasing air temperature recorded in Coari and stationarity of rainfall data.

Keywords: Non-parametric tests. Geographical climatology. Climate Change.

Introdução

O sexto relatório de avaliação (AR6) do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) publicado em 2021, apontou que o aumento da temperatura global está na ordem de 1,1ºC, nas áreas continentais esse aumento foi de 1,6ºC e nos oceanos 0,9ºC, sendo assim há uma média de 1,1ºC de aumento em relação a temperatura da era pré-industrial, a estimativa é que até 2100 a temperatura média global aumentará entre 1,0ºC a 5,7ºC a depender do cenário considerado (Rocha, 2021).

O relatório aponta ainda para a influência das atividades humanas como principal fator para as alterações na temperatura média sobre os continentes, frequência maior de extremos climáticos, retração dos glaciares, aquecimento do oceano superior, entre outros.

Amplamente debatido e também criticado, os resultados do IPCC fundamentam o principal argumento para políticas públicas sobre as

mudanças climáticas (Castelhano; Pinto, 2022).

Apesar de certo ceticismo de alguns pesquisadores com relação a influência antropogênica nas alterações climáticas, tem se observado um aumento no número de extremos climáticos que são observados em escala global e servem de alerta para prevenção dos efeitos não apenas relacionados a desastres, mas também para a saúde humana (Silva, Xavier e Rocha, 2020).

Tendência climática é o aumento ou a diminuição lenta dos valores médios de dados de uma série de no mínimo 30 anos, que ocorre de forma linear ou não (OMM, 1992).

A verificação da tendência a uma alteração climática na escala espacial local ou regional, é importante, pois, viabiliza a constatação de irregularidades e da probabilidade para os riscos, além subsidiar políticas públicas de adaptação adequadas às diferentes realidades socionaturais.

No Brasil, diversos trabalhos buscaram identificar as tendências climáticas em diferentes territórios, na escala local e regional, enfocando especialmente as temperaturas e precipitação pluvial, pode-se citar os de Obrégon e Marengo, 2007; Fante e Sant'Anna Neto 2017; Sanches et al. 2017; Marengo e Alves 2005; Medeiros e Cavalcanti 2020; Alcântara et al., 2020; Campos e Chaves, 2020; Medeiros, et al., 2021; Castelhano e Pinto, 2022.

Na Amazônia os estudos de tendência climáticas em escala local e regional, ainda são escassos, Marengo e Nobre (2009) realizaram uma análise de tendência apenas para a precipitação pluvial na bacia amazônica, porém, verificaram uma não homogeneidade das tendências desse elemento climático.

Paiva e Clarke (1995) analisaram as tendências de chuva na Bacia Amazônica com dados de 48 estações pluviométricas e constataram tendências positivas e negativas, ressaltando que são mais comuns as tendencias negativas, principalmente na Amazônia central e Oeste da Amazônia, a parte leste por estar mais próxima ao Oceano apresenta tendências positivas (FISCH, et al., 1998).

Também compõem os estudos sobre tendências na Amazônia Santos, et al., 2015; Sousa 2020; Rodrigues. et al., 2020; Lira, et al., 2020; Santos, et al., 2021;

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar as tendências de precipitação pluvial e de temperatura do ar do município de Coari (AM).

Área de estudo

Coari é um município brasileiro, localizado no estado do Amazonas, na mesorregião do Centro Amazonense e na microrregião de Coari, fica distante cerca 350 Km de Manaus, em linha reta.

A cidade situa-se a margem direita do rio Solimões, entre as coordenadas 4°45' e 5°05' de latitude Sul e a 63°8'34" de longitude Oeste, a 46 m de altitude (IBGE, 2017).

O município de Coari está em uma região que Viana (2008) denomina de Amazônia profunda, que se refere a uma área da Amazônia caracterizada por baixa taxa de desmatamento, elevado contingente de áreas protegidas e alto número de populações tradicionais.

De acordo com o último censo demográfico realizado em 2010 a população é de 75.965 habitantes, com estimativa para 2021 de 86.713 (Figura 1).

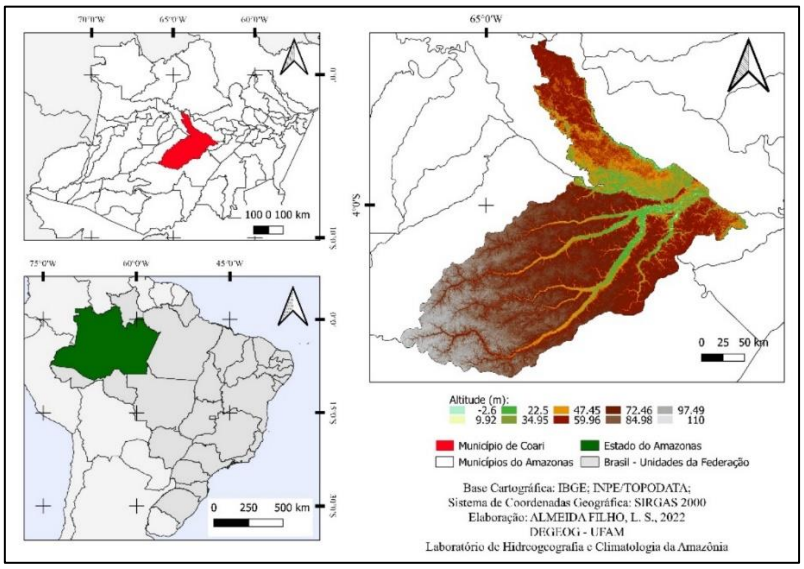

Figura 1 – Mapa de localização do município de Coari-AM

Material e métodos

O aporte teórico compreende os estudos de climatologia geográfica e técnicas utilizadas em estudos de tendências climáticas realizados no Brasil.

Os dados de temperatura mínima, máxima e precipitação pluvial foram obtidos no banco de dados meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e compreende a série que apresentou o menor número de falhas, período de 1970 a 2015. Ressalta-se que em 2016 a estação meteorológica convencional foi desativada. Os anos de 1991 e 1992 foram retirados da análise de temperatura do ar devido não apresentarem dados.

Devido alguns meses da série não apresentarem dados, foi empregado procedimento para preenchimento de falhas, as técnicas para preenchimento de dados faltantes são utilizadas em pesquisas climatológicas para contornar o problema sem afetar a confiabilidade das informações, em vários levantamentos de dados para estudos de identificação de alterações climáticas (ou não) são comuns técnicas de preenchimento, é recomendado que se utilizem estações que se encontrem na mesma região ecoclimática e com mesma altitude (Leivas, et al., 2005 citados por Fante, 2014).

Considerando a grande extensão dos municípios do Amazonas e também que a estação mais próxima de Coari é a que fica no município de Tefé, cerca de 192 Km de distância, o procedimento adotado foi calcular a média de 10 anos anterior ou posterior ao dado faltante, a técnica se mostrou eficaz já que não causou diferenças significativas entre os dados e também porque utiliza dados da mesma estação climatológica.

Os dados foram tabulados e tratados com técnicas estatísticas descritivas: valor máximo, mínimo e média, em seguida foram gerados gráficos de superfície no Excel, para que fosse possível ilustrar a distribuição dos dados no período analisado.

O teste de Mann-Kendall (MK) foi realizado na série temporal a fim de se verificar as tendências estatísticas nos dados climáticos de Coari, esse teste é amplamente utilizado em pesquisas na área de climatologia e compreende o método recomendado pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia) para estudos de análise de tendências climáticas em séries climatológicas, além do teste de tendência, foi aplicado o teste de homogeneidade com objetivo de constatar a ocorrência de rupturas na série conforme proposto por Pettitt (1979), com uso do software XLSAT versão 2020 3.1.16.

O teste de Mann-Kendall é um teste não paramétrico, ou seja, não precisa de uma hipótese sobre a distribuição dos dados, (SOUSA e Rocha, 2015), basicamente baseia seus resultados admitindo que em caso de hipótese nula (*H0*), a sucessão dos valores ocorre de forma independente e a distribuição da probabilidade permanece a mesma (Ávila, L. F., et al., 2014).

De acordo com Folhes e Fisch (2006) para se comprovar a hipótese nula (*H0*) é calculado a posição e a ordem de cada elemento em relação aos demais valores da série, quando aplicado para dados mensais, a sazonalidade é o elemento a mais a ser considerado no cálculo do teste.

A partir dos resultados do teste de Mann-Kendall é confirmado a aceitação da hipótese de estabilidade e em caso de rejeição a hipótese alternativa afirma tendência na série de dados, para sinal de MK > 0 a tendência é positiva e para MK< 0 a tendência é negativa.

O teste de Pettitt (1979) é utilizado para analisar a homogeneidade dos dados e constatar se houve uma ruptura na série histórica, admite pelo menos um ano que acontece essa quebra no padrão (Fante, 2014).

Trata-se de um teste não-paramétrico que permite a identificação de estacionariedade de uma série de dados, colocando em evidência flutuações aleatórias, ou seja, quando os dados não mudam em relação cronologia das ocorrências (Uliana, et al., 2015).

A significância estatística do teste de Mann-Kendall e do teste de Pettitt considera o valor p como a probabilidade de o resultado observado, ou mais extremo, ocorrer se a hipótese nula for verdadeira. No software a significância foi ajustada a um nível de 5%, sendo assim, um resultado com menos de 0,05 de probabilidade de ocorrer por acaso, caso a hipótese nula se verificar na amostra, nos sugere que a hipótese de estabilidade nos dados pode ser rejeitada e que a hipótese alternativa pode ser encarada como com importância significativa (Teixeira, 2018).

Resultados e discussão

Caracterização do clima de Coari

Diferentes sistemas atmosféricos atuam na região onde está Coari, a depender da sazonalidade. Os sistemas precipitantes são da escala: sinótica, mesoescala e global, que atuam na região ao longo do ano, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as Linhas de instabilidade, a Alta da

Bolívia (AB), os Sistemas frontais (SF) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (FISCH, et al., 1998).

A média da temperatura anual em Coari foi de 24°C a 26°C, sendo que o clima de Coari é caracterizado como clima do tipo Equatorial super-úmido com subseca, portanto, possui médias superiores a 18°C ao longo de todo o ano e apresenta um período de seca meteorológica curto se comparado ao período chuvoso (IBGE, 2002).

É importante citar a influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS), fase quente e fria, na variabilidade anual da chuva na região onde se situa Coari, os anos de ocorrência desses fenômenos estão historicamente associados a registros acima ou abaixo da média de índices pluviométricos (FISCH, 1998).

Em um período de 45 anos, considerando os dados da série climatológica disponível no site do INMET, a pluviosidade de Coari apresentou marcadamente um período seco e um chuvoso, sendo possível afirmar que ao longo do ano entre dezembro e maio ocorre a estação chuvosa e entre junho a outubro a estação de seca metorológica, enquanto que novembro é considerado o mês transicional (Figura 2).

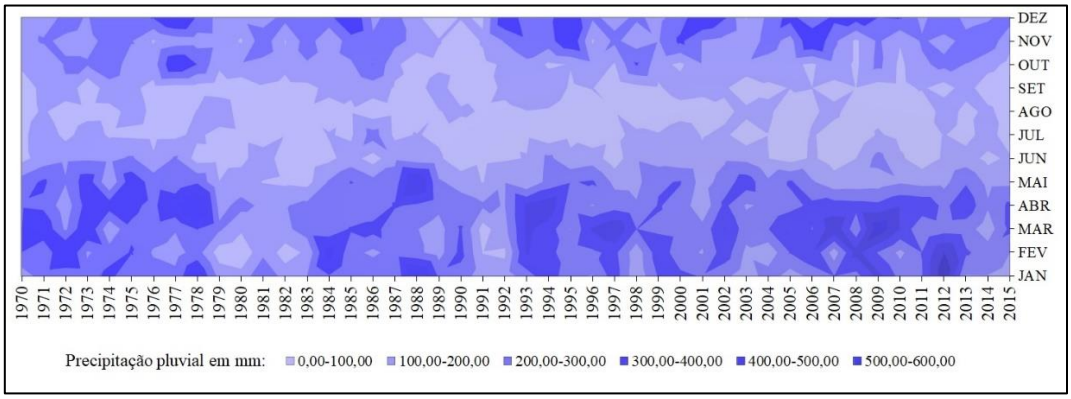

Figura 2 – Distribuição da precipitação pluviométrica em Coari de 1970 a 2015.

Essa variabilidade ocorre principalmente devido a atuação em macro escala da ZCIT que é fundamental para a variação ao longo do ano da ocorrência de chuva, seu deslocamento norte-sul favorece o aumento no volume de chuva na região quando posicionada mais a sul, além de outros sistemas precipitantes que atuam no período chuvoso.

No mês de março a ZCIT atinge seu limite máximo ao sul, após isso desloca-se até atingir seu limite máximo para o norte, que acontece nos meses de agosto e setembro, a influência desse sistema meteorológico no clima de Coari é exemplificado no gráfico 9, onde os meses onde a ZCIT se posiciona mais ao norte a precipitação pluvial atinge seus menores acumulados (Uvo e Nobre, 1989).

Durante os meses do período chuvoso a convecção é favorecida também devido a atuação da Alta da Bolívia (AB), que se refere a um anticiclone que se situa na região do altiplano boliviano, a convergência da umidade vindas do nordeste e leste são responsáveis pela manutenção desse centro e favorece a convecção na região Amazônica; das Linhas de Instabilidade (LI) que favorecem a precipitação na Amazônia Central; e da ZCAS (FISCH, et al., 1998).

Coari recebe ao longo do ano elevada radiação solar, por localizar-se na faixa equatorial do globo terrestre, o que contribui para valores elevados de temperature. A temperatura média mínima na série temporal analisada foi de 21,8°C, e os valores entre 21°C e 22,5°C, os meses de janeiro e julho registraram as menores médias (21,7°C, em ambos) e os meses de agosto (22,1°C), setembro (22,3°C) e outubro (22,3°C) os maiores valores médios de temperatura mínima.

A distribuição da temperatura mínima demonstrou aumento nos valores médios que ocorreu entre 1970 a 1977, posteriormente partir de 1987 a 1990, e a partir de 1997 o aumento nas médias passa a ser contínuo ao longo de todos os meses até 2015 (Figura 3).

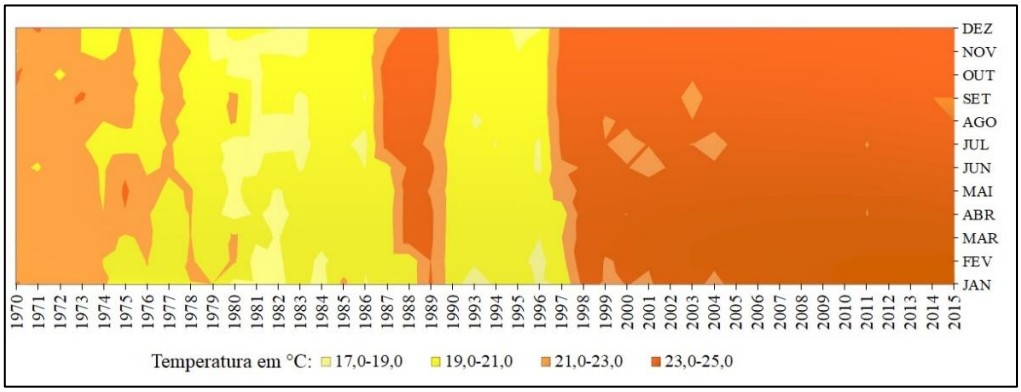

Figura 3 – Distribuição da temperatura mínima média em Coari de 1970 a 2015.

Em relação a temperatura máxima média em Coari foi de 32,2°C, os meses com valores mais elevados geralmente foram de julho a novembro. A temperatura variou entre 31°C e 33,7°C, e foi observado um aumento das médias a partir de 2001, com meses registrando temperatura média máxima maior que 32°C. (Figura 4)

O aumento da temperatura máxima ocorreu nos meses de julho a novembro. Em dezembro há uma variação ao longo dos anos sendo registrados valores entre 30°C e 31°C, os meses de janeiro a junho são característicos pelas máximas mais amenas, porém, observou-se que a partir de 2001 as temperaturas ficaram acima dos 32°C tornando-se constants, com isso, os meses que comumente são mais quentes, devido a sazonalidade, passam a registrar valores entre 33°C e 33,6°C (Figura 4).

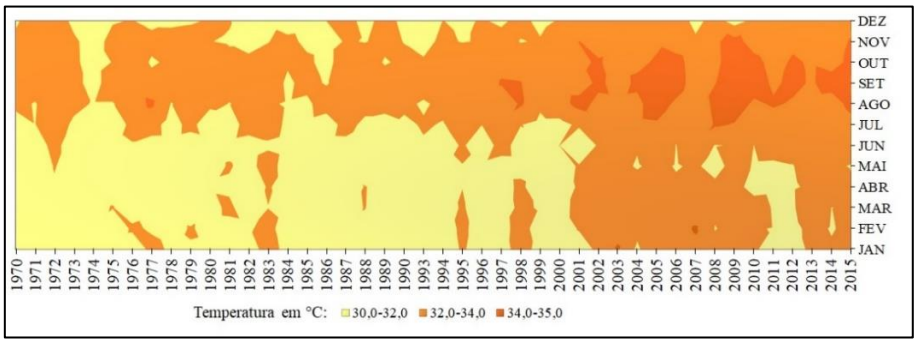

Figura 4 – Distribuição da temperatura máxima média em Coari de 1970 a 2015

Teste de Mann-Kendall

Para os dados de precipitação pluvial o teste de Mann-Kendall, ajustado ao nível de significância 5% não rejeitou a hipótese nula (*H0*) para série anual e nem para a mensal, ou seja, os dados de precipitação pluvial não apresentaram tendência nos seus valores médios.

Como o valor de p calculado para precipitação pluvial anual foi 0,820, maior que a significância $\alpha = 0,05$, conclui-se que não há tendência significativa estatística nos dados de precipitação anual.

O teste de Mann-Kendall demonstrou que a precipitação pluvial mensal também não apresentou tendência significativa estatística (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados do teste de Mann-Kendall para precipitação pluvial mensal

Mês	MK	S	Var (S)	P
JAN	0,072	75,000	11155,000	0,484
FEV	0,140	145,000	11155,000	0,173
MAR	0,138	143,000	11155,000	0,179
ABR	0,127	131,000	11155,000	0,218
MAI	-0,071	-73,000	11153,000	0,495
JUN	-0,049	-51,000	11155,000	0,636
JUL	-0,080	-83,000	11155,000	0,438
AGO	-0,064	-66,000	11154,000	0,538
SET	-0,080	-83,000	11155,000	0,438
OUT	-0,105	-109,000	11155,000	0,307
NOV	0,074	77,000	11153,000	0,472
DEZ	0,076	79,000	11155,000	0,460

Os resultados do teste de Mann-Kendall para temperatura máxima anual apresentaram tendência significativa positiva, devido valor p ser <0,0001, sendo menor do que o nível de significância α=0,05 (Figura 5).

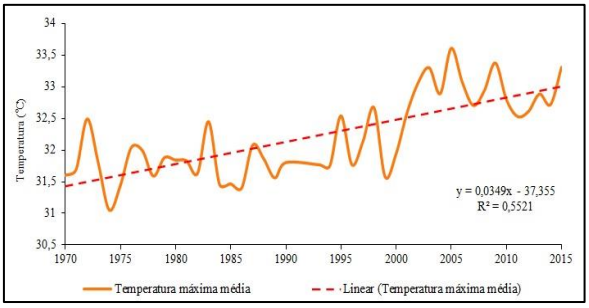

Figura 5. Teste de Mann-Kendall para temperatura máxima.

Os resultados do teste de tendência da temperatura máxima mensal mostraram que em todos os meses os dados apresentaram tendência significativa, os valores de Mann-Kendall (MK) positivos indicam que a tendência apresenta padrão positivo (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados do teste de Mann-Kendall para temperatura máxima mensal

Mês	MK	S	Var (S)	Valor P
JAN	0,22	212,00	9775,33	0,03
FEV	0,31	290,00	9775,33	0,00
MAR	0,42	394,00	9775,33	< 0,0001
ABR	0,45	421,00	9774,33	< 0,0001
MAI	0,36	343,00	9774,33	0,00
JUN	0,38	362,00	9773,33	0,00
JUL	0,35	328,00	9775,33	0,00
AGO	0,43	407,00	9774,33	< 0,0001
SET	0,50	473,00	9772,33	< 0,0001
OUT	0,55	524,00	9775,33	< 0,0001
NOV	0,31	297,00	9774,33	0,00
DEZ	0,34	320,00	9775,33	0,00

O teste de tendência da temperatura mínima anual apresentou valor de p < 0,0001, sendo menor que a significância α=0,050, ou seja, a série apresenta tendência significativa, o valor MK (0,490) positivo indica tendência positiva nos dados (Figura 6).

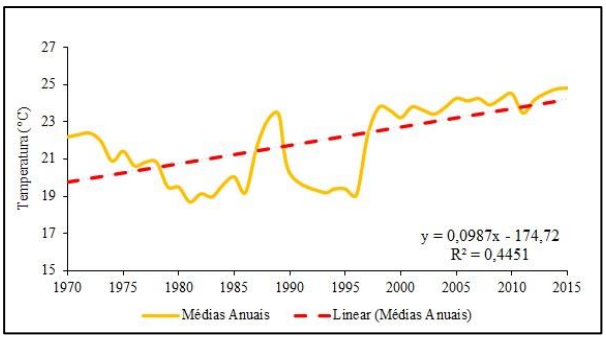

Figura 6. Temperatura mínima anual, teste de Mann-Kendall

Para os dados de temperatura mínima mensais, o resultado do teste de Mann-Kendall mostrou tendência significativa positiva em todos os meses, com todos os valores de p abaixo da significância α (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados do teste de Mann-Kendall para temperatura mínima mensal

Mês	MK	S	Var(S)	Valor P
JAN	0,389	368,000	9775,333	0,000
FEV	0,400	378,000	9775,333	<0,0001
MAR	0,385	364,000	9773,333	0,000
ABR	0,443	419,000	9774,333	<0,0001
MAI	0,430	407,000	9774,333	<0,0001
JUN	0,483	457,000	9774,333	<0,0001
JUL	0,442	418,000	9775,333	<0,0001
AGO	0,481	455,000	9774,333	<0,0001
SET	0,461	436,000	9775,333	<0,0001
OUT	0,424	401,000	9774,333	<0,0001
NOV	0,475	449,000	9774,333	<0,0001
DEZ	0,469	444,000	9775,333	<0,0001

Teste de Pettitt

Para os dados de precipitação pluvial anual o valor de p foi de 0,919, de acordo com a interpretação dos resultados não se pode rejeitar a hipótese nula (*H0*), portanto, os dados da série são homogêneos e não há rupturas.

Para os dados mensais nenhum mês apresentou ruptura na série de dados, porém, o teste de homogeneidade mostrou que para os dados anuais de temperatura máxima, houve uma ruptura na série no ano 2000, o valor de p foi < 0,0001, abaixo da significância indicando rejeição da hipótese nula (*H0*) (Tabela 4)

Com relação aos dados de temperatura máxima, a figura 7 apresenta a divisão da série com

o período anterior ao ano 2000 com média de 31,83°C e o segundo momento em que a média se estabelece em 32,9°C, diferença de 1,13°C entre os dois períodos.

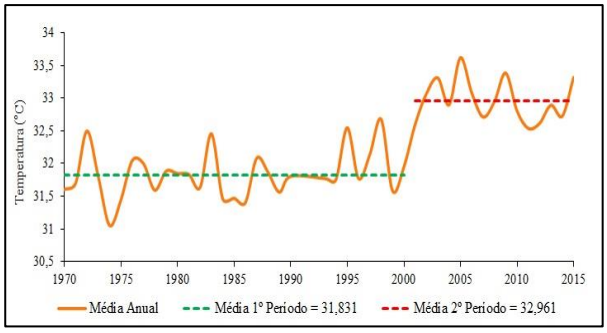

Figura 7. Temperatura máxima anual, teste de homogeneidade

A partir do teste de homogeneidade para temperatura máxima mensal foi constatado que em todos os meses houve um ponto de mudança (*t*), a tabela 4 mostra que os anos de mudança (*t*) aconteceram em 1994 para agosto e outubro, em 1996 para setembro, 1997 para dezembro, 1999 para novembro, 2000 para os meses fevereiro, março, abril, maio e julho, e 2001 para os meses janeiro e junho.

Tabela 4. Resultados do teste de Pettitt para temperatura máxima mensal

Mês	K	t	Valor P
JAN	282,000	2001	0,008
FEV	325,000	2000	0,001
MAR	389,000	2000	< 0,0001
ABR	365,000	2000	0,000
MAI	334,000	2000	0,001
JUN	369,000	2001	0,000
JUL	287,000	2000	0,007
AGO	371,000	1994	0,000
SET	403,000	1996	< 0,0001
OUT	435,000	1994	< 0,0001
NOV	370,000	1999	0,000
DEZ	290,000	1997	0,006

O teste de homogeneidade para os dados anuais de temperatura mínima demonstrou que o ponto de mudança (*t*) ocorreu no ano de 1997, com o valor de $p < 0,0001$, abaixo da significância, a hipótese de que se há uma ruptura na série é aceita, a partir do gráfico na figura 8 é possível visualizar os períodos anterior a ruptura com média de 20,6°C e o posterior a média elevou-se para 24,0°C, uma diferença de 3,4°C.

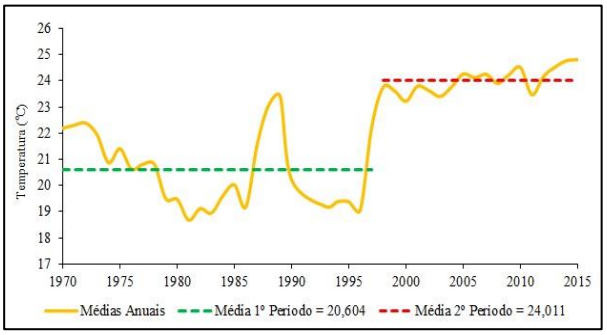

Figura 8. Temperatura mínima média anual, teste de homogeneidade

Foram constatadas rupturas em todos os meses da série de temperatura mínima, de janeiro a maio o ponto de mudança (*t*) ocorreu em 1997, enquanto de junho a dezembro foi em 1996, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5. Resultados do teste de Pettitt para temperatura mínima mensal

Mês	K	t	Valor de P
JAN	446,00	1997	< 0,0001
FEV	466,00	1997	< 0,0001
MAR	440,00	1997	< 0,0001
ABR	440,00	1997	< 0,0001
MAI	438,00	1997	< 0,0001
JUN	441,00	1996	< 0,0001
JUL	429,00	1996	< 0,0001
AGO	448,00	1996	< 0,0001
SET	441,00	1996	< 0,0001
OUT	433,00	1996	< 0,0001
NOV	443,00	1996	< 0,0001
DEZ	443,00	1996	< 0,0001

Coari possui a sazonalidade da precipitação pluvial com dois períodos bem definidos ao longo do ano, de dezembro a maio ocorre o período chuvoso onde são registrados os maiores acumulados mensais de chuva, enquanto de junho a outubro corresponde ao período seco, novembro é mês transicional (Almeida Filho e Aleixo, 2021).

Os testes de Mann-Kendall e Pettitt nos permitiu observar que não há tendência ou rupturas para os dados de precipitação anual ou mensal, enquanto os dados de temperatura do ar apresentaram tanto tendência significativa

estatística quanto rupturas nos dados mensais e anuais.

O aumento da temperatura máxima foi na ordem de 1,13ºC e para temperatura mínima a amplitude foi de 3,4ºC, evidenciando elevação mais significativa para as mínimas, o que alerta para a necessidade de compreender os fatores relacionados.

A partir da década de 1990, no geral, os dados de temperatura do ar demonstraram acréscimo nos valores, sendo possível apenas descrever essa mudança na presente pesquisa, porém, demonstrando a necessidade de estudos mais específicos para verificação das causas e dos efeitos complexos, devido à grande possibilidade de combinações de fatores e interações envolvidas (Uliana, et al., 2015).

Mesmo os testes evidenciando alterações temporais positivas e crescentes nos registros é importante considerar que a análise não se encerra apenas com as interpretações estatísticas, é preciso observar de perto o padrão de cobertura e uso da terra próximo à estação que podem influenciar no incremento de temperatura próximo à estação (Cristina Luis, et al., 2012), principalmente porque a tendência positiva e significativa foi somente na temperatura do ar.

Neste sentido, vários estudos também observaram para localidades brasileiras, tendências semelhantes na temperatura do ar. Luiz et al. (2012) verificaram por meio da aplicação do teste de Mann-Kendall aumento na temperatura do ar na ordem de 0,8 e 2,4°C na temperatura máxima e mínima respectivamente no município de Goiânia-GO. Back (2012) além das variáveis de geadas e precipitação pluvial também observaram tendência positiva nos dados de temperatura nos vales da Uva Goethe.

Lima et al. (2011) com uso de dados de uma rede de estações no estado da Bahia constatou tendência significativa na grande maioria das localidades consideradas, com isso confirmam o aquecimento já observado nas últimas décadas no estado. Em Campina Grande na Paraíba Sousa et al. (2011) por meio do teste de Mann-Kendall mostrou que a temperatura do ar apresentou tendência de aumento e a umidade relativa do ar tendência negativa.

Minuzzi (2010) verificou uma mudança no comportamento da temperatura máxima e mínima em Santa Catarina, onde a temperatura máxima apresentou tendência a diminuição nos valores enquanto que a temperatura mínima apresentou tendência a aumento.

Em Viçosa, Rodrigues et al. (2010) observaram que a temperatura máxima apresentou estacionariedade na tendência e a temperatura mínima tendência a aumento. Além disso, outros trabalhos evidenciaram tendencias significativas em dados de temperatura nas suas áreas de estudos e vem contribuindo para reforçar a validade da metodologia estatística empregada neste estudo (Alexandre, 2009; Ávila, et al., 2014; Alcântara, et al., 2020; Medeiros, 2020; Salton, et al., 2021)

Muitas estações de superfície apresentam o problema de registrar as variações na escala microlocal e atualmente se localizam dentro de áreas urbanas densamente construídas (MOLION, 2008), o que pode estar relacionado ao incremento positivo na série temporal de Coari, mas também pode estar articulada as alterações climáticas em diferentes escalas, especialmente, global.

Conclusão

Os estudos para identificação de tendências climáticas representam uma preocupação do meio acadêmico a respeito das controvérsias das alterações climáticas em diferentes contextos espaciais e possuem relevante importância para entendimento do que vem ocorrendo a nível local relacionado ao global, além de possibilitar a elaboração de prognósticos e subsidiar ações relacionadas a adaptação e mitigação.

O presente artigo demonstrou a efetividade dos métodos estatísticos na consolidação de respostas para análise de alterações climáticas, sendo possível afirmar que ocorreram tendências positivas crescentes de incremento da temperatura do ar registrada em Coari.

Vários fatores podem estar atrelados a essas alterações, mas os principais a serem mencionadas são efeitos que transladam as escalas de análise tanto global pelo aquecimento e aumento médio da temperatura observado no globo, mas também a constituição de um clima urbano que evidencia as mudanças no uso e ocupação da terra no entorno da estação meteorológica.

Os resultados dos testes de tendências constataram que para precipitação pluvial não há tendência estatística significativa, tanto para os dados anuais quanto para mensais, o teste de homogeneidade da precipitação não identificou rupturas, isso mostra que a variabilidade da chuva tem se comportado dentro do que é habitual.

Para os dados de temperatura máxima as tendências foram significativas positivas crescentes tanto para dados anuais quanto para mensais, ou seja, a média da temperatura máxima está aumentando, o teste de homogeneidade explica que a mudança nos dados anuais ocorreu no ano de 2000, nos meses a ruptura ocorreu nos anos 1994 (agosto e outubro), 1996 (setembro), 1997 (dezembro), 1999 (novembro), 2000 (fevereiro, março, abril, maio e julho) e 2001(janeiro e junho).

Com os dados de temperatura mínima também foram verificadas significâncias estatísticas positivas a aumento das médias tanto anuais quanto mensais, o teste de homogeneidade identificou o ano de 1997 como o ponto de ruptura na série dos dados anuais, com uma diferença de 3,40ºC. A homogeneidade mensal identificou os anos de 1996 (junho a dezembro) e 1997 (janeiro a maio) como os anos em que ocorreu o ponto de mudança dos dados mensais.

Portanto, as evidências comprovadas das alterações do clima em Coari apontam que é necessária a urgente implementação de medidas de mitigação e adaptação às alterações do clima em diferentes escalas e especialmente no âmbito local, no intuito de minimizar os impactos dessas alterações na qualidade de vida especialmente da parcela da população mais vulnerabilizada.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa concedida.

Referências

ADDINSOFT. XLSAT© versão 2020 3.1.16. Acesso: https://www.xlstat.com/en/.

Alcântara, L. R. P. de, Silva, M. E. R. Neto, S. M. S., Lafayette, F. B., Coutinho, A. P., Montenegro, S. M. G. L., Antonino, A. C. D., 2020. Mudanças climáticas e tendências do regime pluviométrico do Recife. Research, Society and Development, 9, 3, e178932583–e178932583. Disponível: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2583. Acesso: 08 de ago. de 2022.

Alexandre, G. R., 2009. Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de belo horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos. Minas Gerais. 215 f., Dissertação (Mestrado em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/REPA-82TJGL. Acesso: 08 ago. 2022.

Alexandre, G. R.; Baptista, M. B.; NaghettinI, M., 2010. Estudo para identificação de Tendências no regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos. Revista brasileira de recursos hídricos, 15, 2. Disponível: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=7&SUMARIO=89. Acesso: 25 ago. 2021.

Almeida Filho, L. S.; Aleixo, N. C. R., 2021. Caracterização e variabilidade climática de Coari. João Pessoa: Anais do XIV SBCG. Disponível: https://www.xivsbcg.com/_files/ugd/9ff9b8_05290f37fcfb41e5abc21a1ae8aa8d40.pdf. Acesso: 25 fev. 2022.

Ávila, L. F.; Mello, C. R.; Yanagi, S. N. M.; Sacramento Neto, O. B., 2014. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no estado de Minas Gerais. Revista Pesq. agropec. bras. 9, 4, 247-256. Disponível: https://www.scielo.br/j/pab/a/kmkSZdj3cgZnnfCrXXX54Ph/?lang=pt. Acesso: 15 dez. 2021.

Back, Á. J., 2012. Tendências climáticas e produção de uva na região dos valores da Uva Goethe. Revista Pesquisa Agropecuária brasileira, 4, 48. Disponível: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000400004. Acesso: 16 jan. 2022.

Campos, J. de O., Chaves, H. M. L., 2020. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. Revista Brasileira de Meteorologia, 35, 1, 157–169. Disponível: https://doi.org/10.1590/0102-7786351019. Acesso: 08 ago. 2022.

Castelhano, F. J., & Pinto, J. E. S. de S., 2022. Tendências e alterações climáticas no Estado de Sergipe, nordeste do Brasil. Revista do Departamento de Geografia, 42, e185565–e185565. Disponível: https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.185565. Acesso: 08 ago. de 2022.

Cristina Luis, G.; Cardoso, H. C.; Ribeiro, L. L., 2012. Aplicação do teste sazonal de Mann-Kendall na análise de tendência da temperatura e umidade relativa do ar – Goiânia/GO: série histórica 1961 a 2008. Revista Geonorte, 3, 8, 414-427. Disponível:

https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2382. Acesso: 24 de ago. 2021.

Fante, K. P., 2014. Variabilidade da temperatura em áreas não metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011. Presidente Prudente. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente. Disponível: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124042. Acesso: 24 ago. 2021.

Fante, K. P.; Sant'Anna Neto, J. L., 2017. Mudanças nos Padrões da Temperatura do Estado de São Paulo/Brasil nos Últimos 50 Anos. Revista do departamento de Geografia, 33, 12-23. Disponível: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/125767. Acesso: 24 ago. 2021.

Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A., 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. ACTA Amazônica, 22, 2, 101-126. Disponível: https://www.scielo.br/j/aa/a/NVRbNSn7P5z4hjtFNmMjLjx/abstract/?lang=pt. Acesso: 15 jul. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro. Escala 1:5 000 000. Disponível: http://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html. Acesso: 14 out. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. @cidades. Rio de Janeiro. Disponível: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/coari/panoama. Acesso: 15 out. 2020.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos. Brasília Disponível: https://bdmep.inmetgov.br/. Acesso: 15 jul. 2020.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021. Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. 37 p. Disponível: https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/sexto-relatorio-de-avaliacao-do-ipcc-mudanca-climatica-2022. Acesso: 09 ago. de 2022.

Lima, J. A.; Neves, D. J. D.; Araújo, L. E.; Azevedo, P. V., 2011. Identificação de tendências climáticas no estado da Bahia. Revista de Geografia (UFPE), 28, 3. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228962/23371. Acesso: 15 jan. 2022.

Lira, B. R. P.; Lopes, L. N. A.; Chaves, J. R.; Santana, L. R.; Fernandes, L. L., 2020. Identificação de Homogeneidade, Tendência e Magnitude da Precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. Disponível: https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/34824. Acesso: 09 ago. 2022.

Luiz, G. C.; Cardoso, H. C.; Ribeiro, L. L., 2012. Aplicação do teste sazonal de Mann-Kendall na análise de tendência da temperatura e umidade relativa do ar – Goiânia/GO: série histórica 1961 a 2008. Revista Geonorte, 3, 8. Disponível: https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2382. Acesso: 15 jan. 2022.

Marengo J. A.; Alves, L. M., 2005. Tendencias hidrometeorologicas na bacia do Rio Paraíba do Sul no Sudoeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia. Disponível: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mtez/~edisp/inea0113198.pdf. Acesso: 15 jan. 2022.

Marengo, J. A.; Nobre, C., 2009. Clima da região Amazônica. In: Cavalcanti, I. F. A.; et al. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, 197-212, Oficina de textos.

Medeiros, R. M. de, Saboya, L. M. F., França, M. V. de, Holanda, R. M. de, Neto, F. C. R., Araújo, W. R. & Junior, J. C. M. C., 2021. Temperaturas decadais extremas e média em São Bento do Uma – Pernambuco, Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 2, 9. Disponível: https://doi.org/10.47820/recima21.v2i9.75. Acesso: 08 ago. 2022.

Medeiros, R. M.; CavalcantI, E. P., 2020. Climate trend of air temperatures in the municipality of Bom Jesus do Piauí, Brazil. Research, society and development, 9, 7. Disponível: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3882. Acesso: 09 ago. 2022.

Minuzzi, R. B., 2010. Tendencias na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14, 12, 1288–1293. Disponível: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/w3fLb8YJzJRV5GTS7xZm6Zm/?lang=pt. Acesso: 17 jan. 2022.MOLION, L. C. B., 2008. Aquecimento Global: Uma visão crítica. Revista brasileira

de Climatologia. Disponível: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25404. Acesso: 16 jan. 2022.

Moscati, M. C. L.; Pereira, C. S.; Giarolla, E.; Santo, C. M. E., 2000. Estudo climatológico sobre a costa sul-sudeste do Brasil. Parte I: levantamento da disponibilidade de dados meteorológicos. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 735-744. 2000. Disponível: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2003/08.05.09.58/doc/Moscati_Estudo%20climatologico_I.pdf. Acesso: 18 jan. 2022.

Obregon, G.; Marengo, J. A., 2007. Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas. Relatório nº 2. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Disponível: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_2.pdf. Acesso: 15 jan. 2022.

OMM. Organização Mundial de Meteorologia., 1992. International Meteorological Vocabulary. Disponível: https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=220#.YoJ1_3bMLIU. 15 out. 2020.

Pettitt, A. N., 1979. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. Applied Statistics, 28, 2, 126-135. Disponível: http://www.jstor.org/stable/2346729. Acesso: 17 out. 2022.

Rocha, V. M., 2021. Um breve comentário a respeito do IPCC – AR6. Entre lugar, 13, 24. Disponível: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/15253. Acesso: 10 ago. 2022.

Rodrigues, J. M.; Rodrigues, R. A.; Justino, F. B.; Costa, L. C.; Amorim, M. C., 2010. Efeitos locais e de larga escala na dinâmica climática do município de Viçosa – Minas Gerais. Revista Sociedade e Natureza, Uberlândia, 22, 3, 593-610. Disponível: https://www.scielo.br/j/sn/a/3yKcC6D5hP7wKXqmJ3ZWhxz/?format=pdf&lang=pt. Acesso: 16 jan. 2022.

Salton, F. G., Morais, H., & Lohmann, M., 2021. Períodos Secos no Estado do Paraná. Revista Brasileira de Meteorologia, 36(2), 295–303. Disponível: https://doi.org/10.1590/0102-77863620163. Acesso: 08 ago. 2022.

Sanches, F. O.; Fialho, E. S.; Quina, R. R., 2017. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). Revista do Departamento de Geografia da USP, 34, 122 – 136. Disponível: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/138581. Acesso: 13 ago. 2022.

Santos, E. B.; Lucio, P. S.; Silva, C. M. S., 2015. Análise de Tendência da Precipitação Diária na Amazônia Brasileira. Revista Brasileira de Geografia Física, 8, 4. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233461. Acesso: 15 jan. 2022.

Santos, J. R. N., Araújo, M. L. S. de, Júnior, C. H. L. S., SANTOS, J. S. dos, Almeida, J. L., Lima, T. V., Sousa, L. V. P. de, Aguiar, P. H. M. de, & Silva, F. B., 2020. Tendências de extremos climáticos na região de transição Amazônia-Cerrado no estado do Maranhão. Revista Brasileira de Climatologia, 26. Disponível: https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.62883. Acesso: 08 ago. 2022.

Silva Rodrigues, R. S., Lima Fernandes, L., Lira Pessoa, F. C., Lima Crispim, D., & Pereira Lira, B. R., 2020. Análise de séries temporais hidrológicas em uma pequena bacia hidrográfica rural da Amazônia. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica, 13, 2, 233–250. Disponível: http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.64058. Acesso: 08 ago. 2022.

Silva, M. A., Xavier, D. R., & Rocha, V., 2020. Do global ao local: Desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública. Saúde em Debate, 44, 48–68. Disponível: https://doi.org/10.1590/0103-11042020e204. Acesso: 08 de ago. de 2022.

Sousa, F. A.; Morais, H. F.; Silva, V. P., 2011. Influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande – PB. Revista de Geografia Física, 1. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232710. Acesso: 16 jan. 2022.

Sousa, J. W., 2020. Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019. Scientia Naturalis, 2(2), Article 2. Disponível: https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4231. Acesso: 08 ago. 2022.

Sousa, R. V. B.; Rocha, P. C., 2015. Identificação de períodos hidrológicos por meio de estatística descritiva e dos testes não paramétricos de Pettitt e Mann-Kendall. Revista Geosaberes, 6, 2. Disponível:

http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/417. Acesso: 18 jan. 2022.

Teixeira, P. M., 2018. Sobre o significado da significância estatística. Revista Acta Medicina, 31, 5, 238-240. Disponível: https://doi.org/10.20344/amp.9375. Acesso: 15 jan. 2022.

Uliana, E. M.; Silva, D. D.; Uliana, E. M.; Rodrigues, B. S.; Corrêdo, L. P., 2015. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste não paramétrico. Revista Ambiente & Água, Taubaté, 10, 1. Disponível: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1427. Acesso: 14 jan. 2022.