

## Artigo de Pesquisa

**VARIABILIDADE E TENDÊNCIA CLIMÁTICA NOS MUNICÍPIOS DE MANAUS (AM) E SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA (AM): UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA****Climate variability and trend in the municipalities of Manaus (AM) and São Gabriel da Cachoeira (AM): an assessment based on precipitation and temperature data**

Thiago Oliveira dos Santos<sup>1</sup>, Valdir Soares de Andrade Filho<sup>2</sup>, Rebeca dos Santos França<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Escola Normal Superior, Departamento de Geografia, Manaus-AM, Brasil. E-mail. [t.santos.720@gmail.com](mailto:t.santos.720@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-9576-8359>

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Escola Normal Superior, Departamento de Geografia, Manaus-AM, Brasil. E-mail. [valdirsoaresvs@gmail.com](mailto:valdirsoaresvs@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0003-1571-0438>

<sup>3</sup> Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Química, Manaus-AM, Brasil. E-mail. [rdss.franca@gmail.com](mailto:rdss.franca@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-0256-4606>

Recebido em 31/08/2022 e aceito em 07/11/2022

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade e tendência climática nos municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM), analisando o comportamento de variáveis meteorológicas como precipitação e temperatura. O recorte temporal do estudo foi de 1961-2020. Os resultados observados mostram que, os impactos oriundos da mudança do padrão de uso do solo e a consequente expansão urbana nas cidades do Amazonas estão produzindo uma alteração no microclima local das cidades. A variável precipitação mostrou comportamento oscilatório em ambas as cidades, porém os maiores registros de chuva foram observados em São Gabriel da Cachoeira, uma vez que, o município está inserido no contexto do núcleo de precipitação abundante localizado no noroeste da Amazônia. Na cidade de Manaus observou-se um aumento na temperatura média decenal mais pronunciado em relação a SGC. Esse aumento foi associado aos diferentes processos de expansão urbana existentes entre as duas cidades. Esses resultados mostram que a mudança no uso do solo e o consequente aumento da expansão urbana pode afetar de forma significativa o microclima das cidades do Amazonas, implicando em graves consequências no padrão de vida nas cidades, tais como: redução do conforto térmico, aumento da conta de energia elétrica e internações hospitalares em decorrência do aumento da temperatura e poluição atmosférica.

**Palavras-chave:** Mudança no uso do solo; Precipitação; Temperatura; Variabilidade climática; Expansão urbana.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the variability and climate trend in the municipalities of Manaus (AM) and São Gabriel da Cachoeira (AM), analyzing the behavior of meteorological variables such as precipitation and temperature. The time frame of the study was from

1961-2020. The observed results show that the impacts arising from the change in the pattern of land use and the consequent urban expansion in the cities of Amazonas are producing a change in the local microclimate of the cities. The rainfall variable showed oscillatory behavior in both cities, but the highest rainfall records were observed in São Gabriel da Cachoeira, since the municipality is inserted in the context of the abundant precipitation nucleus located in the northwest of the Amazon. In the city of Manaus, a more pronounced increase in the ten-year average temperature was observed in relation to the SGC. This increase was associated with the different processes of urban expansion existing between the two cities. These results show that the change in land use and the consequent increase in urban expansion can significantly affect the microclimate of the cities of Amazonas, resulting in serious consequences for the standard of living in cities, such as: reduction of thermal comfort, increase of electricity bill and hospital admissions as a result of rising temperatures and atmospheric pollution.

**Keywords:** Change in land use; Precipitation; Temperature; Climate variability; Urban expansion.

**RESUMEN:** El objetivo de este estudio fue evaluar la variabilidad y tendencia climática en los municipios de Manaus (AM) y São Gabriel da Cachoeira (AM), analizando el comportamiento de variables meteorológicas como precipitación y temperatura. El marco temporal del estudio fue de 1961 a 2020. Los resultados observados muestran que los impactos derivados del cambio en el patrón de uso del suelo y la consecuente expansión urbana en las ciudades de Amazonas están produciendo un cambio en el microclima local de las ciudades. La variable lluvia mostró comportamiento oscilatorio en ambas ciudades, pero los mayores registros de lluvia se observaron en São Gabriel da Cachoeira, una vez que el municipio se inserta en el contexto del núcleo de abundante precipitación ubicado en el noroeste de la Amazonía. En la ciudad de Manaus, se observó un aumento más pronunciado de la temperatura media decenal con relación al SGC. Este incremento estuvo asociado a los diferentes procesos de expansión urbana existentes entre las dos ciudades. Estos resultados muestran que el cambio de uso de suelo y el consecuente aumento de la expansión urbana pueden afectar significativamente el microclima de las ciudades de Amazonas, resultando en graves consecuencias para el nivel de vida de las ciudades, tales como: reducción del confort térmico, aumento de la electricidad factura e ingresos hospitalarios por aumento de temperatura y contaminación atmosférica.

**Palabras-clave:** Cambio en el uso de la tierra; Precipitación; La temperatura; variabilidad climática; Expansión urbana.

## INTRODUÇÃO

Entender a diferença existente entre a variabilidade natural do clima e as mudanças no sistema climático é fundamental para entender os dados sobre tempo e clima em um determinado local na atualidade, realizar comparações com séries históricas de variáveis do clima e delinear como será suas alterações no futuro. Com base nesse conhecimento é possível agir estrategicamente para mitigar os impactos causados pelas mudanças climáticas causadas pelas atividades humanas. O estudo da variabilidade climática permite compreender os parâmetros climáticos mais importantes em uma região, como por exemplo, precipitação e temperatura, auxiliando no entendimento da oscilação anual desses parâmetros (CANDIDO et al, 2014). A América Latina vem passando por um intenso processo de desenvolvimento urbano nos últimos anos. Segundo o relatório da Organização das Nações Unidas – ONU (UN, 2008), cerca de metade da população mundial (3,3 bilhões de pessoas) vive em áreas urbanas, e calcula-se que mais de 60% viverá em áreas urbanas por volta do ano de 2030.

O crescimento da população urbana está diretamente ligado a mudanças no uso do solo e emissão de gases de efeito estufa – GEE, condições que modificam o clima em escala local, regional e global. No contexto da região amazônica, as cidades de Manaus e São Gabriel da Cachoeira apresentam diferentes papéis em relação ao contexto econômico, assim como apresentam números diferentes em relação a população urbana, sendo Manaus a sétima cidade mais populosa do Brasil. O município de Manaus (AM) está localizado nas coordenadas 3° 8' de latitude Sul e 60° 1' de latitude Oeste, com elevação média de 21 metros em relação ao nível médio do mar. O município de São de Gabriel da Cachoeira está localizado (00° 7' 48" S; 67° 5' 20" O; 90 m) no noroeste do estado do Amazonas, a uma distância de 900 quilômetros da capital do estado, Manaus, com a sede municipal situada na margem esquerda do Rio Negro.

A região Norte do Brasil está localizada na faixa equatorial e caracteriza-se pelas altas temperaturas e seus elevados volumes pluviométricos. De acordo com Fisch et al (1998), os principais sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima da região Amazônica são: a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, Linhas de Instabilidades – LI, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM, Ondas de Leste e as Brisas Terrestres e Marítima. Parte importante destes sistemas estão conectados a formação de chuva na região, exercendo influência direta na estação chuvosa.

A floresta amazônica também contribui para a precipitação local, fornecendo vapor d'água para a atmosfera por meio de sua intensa reciclagem de precipitação (ROCHA et al., 2015; 2017; 2018). As precipitações são em grande maioria convectivas. As altas temperaturas registradas na região Norte estão associadas ao intenso fornecimento de radiação solar incidente (VIANELLO e ALVES, 2006). A variação térmica sazonal se encontra na faixa de 1-2°C, sendo que os valores médios se situam na faixa de 24 e 26°C. Estudos observacionais e de modelagem numérica (BETTS et al 1997 e 2000; CHASE et al 2000; GOMES et al 2020a; 2020b; NOBRE et al 1991; ROCHA, 2016; ROCHA et al 2019; ZHAO et al. 2001), indicam que a mudança na cobertura vegetal pode ter um impacto considerável no clima regional e global.

Estudos envolvendo modelagem computacional aplicada as pesquisas climáticas desenvolvidas por Nobre et al (2014) e Marengo et al (2009), abordaram as principais questões relacionadas às mudanças climáticas e o papel da Amazônia frente a essas mudanças. As pesquisas abordaram três principais aspectos, que são: as variações climáticas globais envolvendo causas naturais, as decorrentes de alterações no uso do solo e mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas. Estes estudos fazem um alerta sobre as mudanças no uso da terra e como isso pode afetar o ciclo hidrológico e consequentemente o clima tanto em escala local quanto, regional e global.

Com base na publicação do Grupo de Trabalho I do Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (IPCC, 2021), os resultados sugerem que as variações climáticas na região amazônica podem estar associadas às mudanças climáticas globais. As alterações decorrentes do

desmatamento de sistemas florestais para a transformação em ambiente de pastagem podem implicar na transferência do carbono armazenado nas árvores para atmosfera, ou seja, da biosfera para atmosfera, intensificando assim o aquecimento global. Tal cenário é extremamente nocivo para a região amazônica, o que torna a mudança de padrão de uso do solo um importante componente de análise em se tratando de variações climáticas oriundas de ações antrópicas.

O debate científico tem sido intenso e as atividades humanas têm ganhado cada vez mais destaque com relação a sua participação nessas alterações. O desenvolvimento de pesquisas dentro desta temática é benéfico para gestão de recursos hídricos, setor agrícola e saúde pública, uma vez que, o clima tem uma influência direta na maneira como a sociedade humana se organiza.

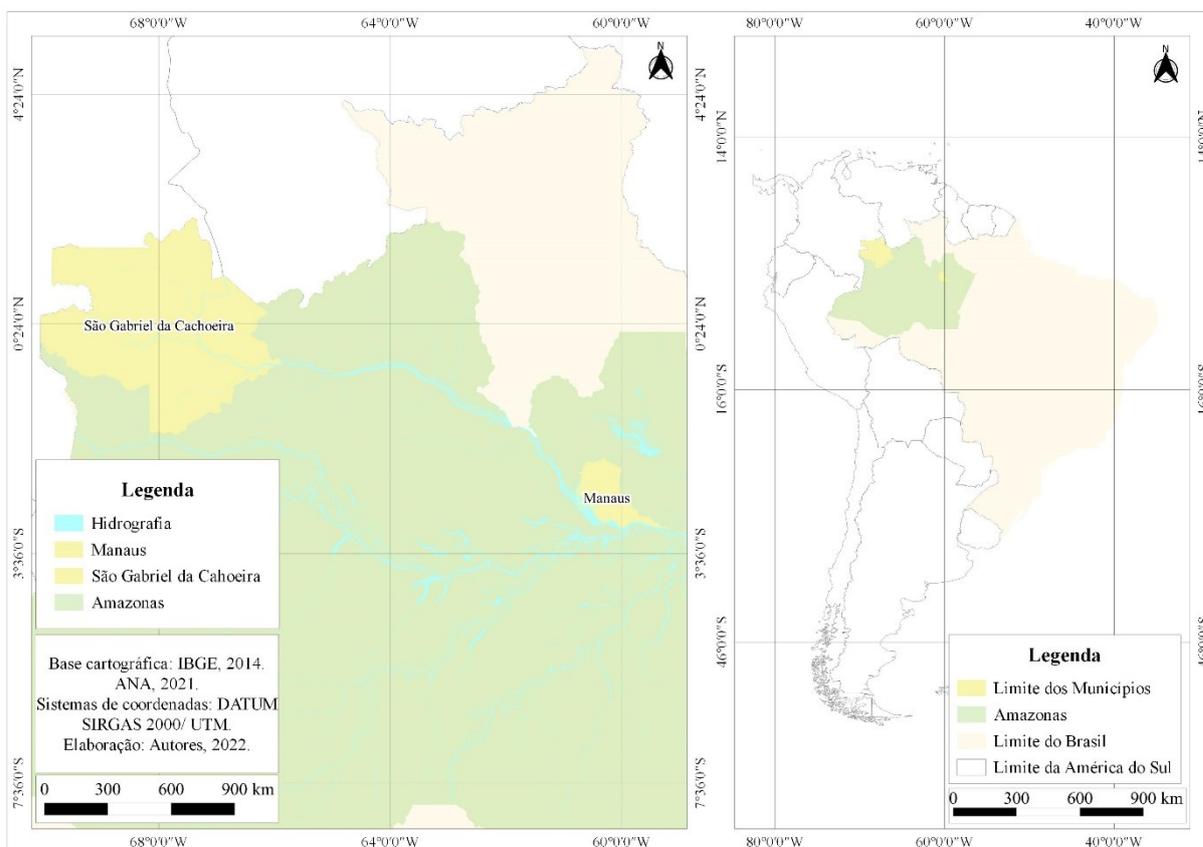
Com base neste cenário, o presente estudo tem como objetivo, analisar a variabilidade climática nos municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM), considerando a temperatura do ar e a precipitação durante o período de 1961 a 2020.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, o método adotado para analisar o comportamento da temperatura e da precipitação baseia-se na utilização de técnicas de estatística descritiva, como média dos períodos, análise de tendência e cálculo da taxa de crescimento, com o objetivo de analisar o comportamento da temperatura e precipitação durante as décadas nos municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM).

O conjunto de dados utilizados no estudo (temperatura e precipitação) foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por intermédio de seu site, <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Com a utilização do software *Excel* foi realizada a tabulação, tratamento dos dados, elaboração dos gráficos e análise estatística descritiva. Por se tratar de uma série temporal extensa (1961-2020), os dados de precipitação e temperatura foram divididos em décadas, com o objetivo de facilitar a sua leitura e interpretação. É importante ressaltar que a respeito da aplicação de gráficos em estudos que visam a análise climática, é possível afirmar que o clima de uma região pode ser descrito com o auxílio de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos como temperatura e precipitação (AYOADE, 2010).

A base de dados utilizada no presente estudo foi obtida por intermédio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. As estações meteorológicas utilizadas contam com as seguintes especificações: Estação: 82106-SG DA CACHOEIRA (UAUPES) - AM, Latitude: -0.11, Longitude: -67, Altitude: 90.00m - São Gabriel da Cachoeira e Estação: 82331, latitude e longitude de -3.10388888 e 60.01555555 com altitude de 48.68 metros – Manaus. A (Figura 1) representa a área de estudo que inclui os municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo nos municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). **Fonte:** Elaborada pelos autores.

### Preenchimento de falhas

As aplicações de técnicas de preenchimento/correção de falhas (ausência, erro de registro etc.), são utilizadas sempre que uma série histórica apresenta lacunas em seus dados. É comum utilizar dados de estações próximas e que estejam na mesma região ecoclimáticas e com altitude semelhante. Porém, também é possível empregar outras técnicas como a utilização da média aritmética, ponderação regional, regressão linear múltipla, ponderação regional com base em regressões lineares e dados de reanálise como os que são produzidos e disponibilizados pelo *European Center for Medium-Range Weather Forecast – ECMWF* (Silva e Jardim, 2017).

Os dados de temperatura e precipitação para Manaus e São Gabriel da Cachoeira apresentaram um bom nível de consistência. Para o preenchimento de falhas dos dados de precipitação e temperatura optou-se por usar o preenchimento por intermédio da média do período (mínimo 10 anos) dos dados da própria estação. O método utilizado não comprometeu a homogeneidade da série. Com o intuito de produzir um tratamento estatístico um pouco mais completo das variáveis precipitação e temperatura, foram obtidos os valores de soma, média mensal,

mediana, moda, mínimos, máximos, amplitude (chuva e temperatura) e desvio padrão.

### **Dados de temperatura e precipitação**

Para o melhor entendimento da variabilidade climática existente nos municípios de Manaus e São Gabriel da Cachoeira foi necessário produzir uma análise das variáveis climáticas como temperatura e precipitação. Com base neste panorama optou-se por analisar os dados de precipitação mensal total e temperatura compensada média mensal. O recorte temporal aplicado a este estudo foi de 1961 a 2020.

O presente estudo utilizou análise de tendência linear e polinomial como ferramenta de análise estatística para precipitação e temperatura, onde ambas as análises têm aplicações distintas conforme o perfil do conjunto de dados. A análise de tendência linear é utilizada para representar o aumento e a diminuição a uma taxa constante. Já a tendência polinomial é determinada pelo número de flutuações com base no perfil do conjunto de dados (AYOADE, 2010; FONSECA e MARTINS, 2011). Foi utilizada análise de tendência linear para os dados de temperatura e tendência polinomial para precipitação, uma vez que essa última variável apresentou comportamento oscilante.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

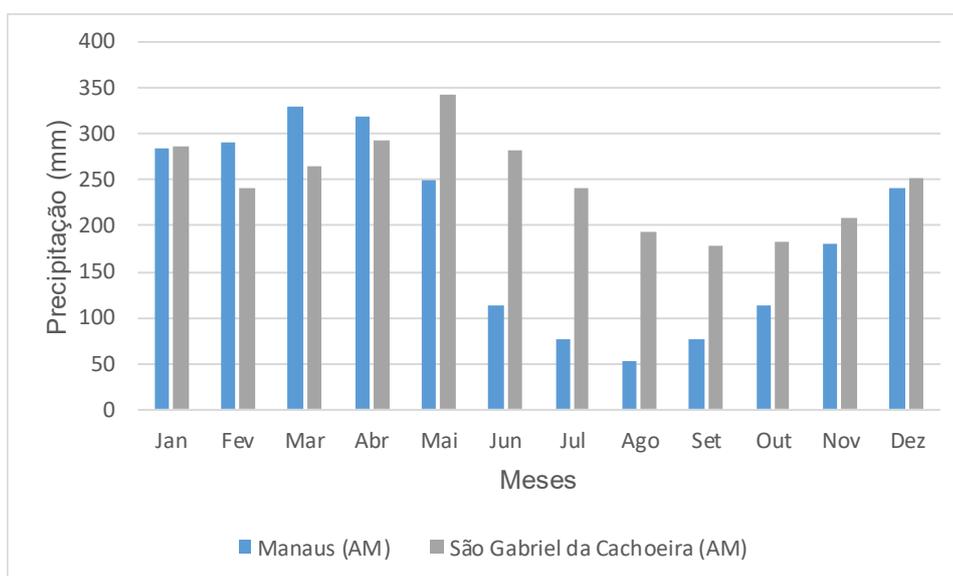
### **Análise da precipitação e temperatura média mensal de 1961-2020 em Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM)**

O norte do Brasil, onde está localizada a floresta amazônica é possível observar um clima equatorial chuvoso. A região amazônica apresenta uma profunda heterogeneidade sazonal e espacial da chuva, sendo a região com o maior total pluviométrico anual. É no contexto da região amazônica que é possível encontrar os quatro núcleos de precipitação abundante, localizados respectivamente no noroeste da Amazônia com chuvas acima de 3.000 mm/ano. O segundo núcleo está localizado na porção central da Amazônia, com precipitação de 2.500 mm/ano. O terceiro núcleo está localizado na porção sul da região amazônica com precipitação anual de 4.000 mm/ano e o quarto e último núcleo está localizado na parte leste da bacia amazônica, nas proximidades da cidade de Belém, apresentando precipitação superior a 4.000 mm/ano (MARENGO e NOBRE, 2006). Segundo Rocha et al 2015, aspectos climatológicos como a reciclagem de precipitação sobre a Amazônia tem um importante papel na precipitação, onde estima-se que a reciclagem de precipitação na bacia amazônica fica entre 20 – 35%.

A análise foi realizada com base no período histórico (1961-2020). A figura 2 apresenta a média mensal de precipitação para os municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). É possível observar que o período mais intenso com relação a ocorrência de chuvas no município de Manaus compreende os meses

de dezembro a maio com valores da ordem de 240 - 320 mm/mês. No município de São Gabriel da Cachoeira é possível identificar a ausência quase completa de uma estação seca, os meses do ano apresentam valores elevados de chuva na ordem de 241 – 342 mm/mês. Segundo Santos et al 2021, em termos comparativos os dois municípios apresentam cenários distintos no que diz respeito ao uso e ocupação do solo, sendo Manaus uma cidade com maior número de habitantes e espaço urbano com significativas transformações espaciais, o que pode levar a uma alteração no microclima da região. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município de Manaus apresenta uma população estimada em 2.255.903 pessoas, para o ano de 2021; São Gabriel, 47.031 habitantes. Além disso, a cidade de São Gabriel da Cachoeira apresenta um perfil econômico/urbano diferente o que ajuda a explicar o menor índice de expansão urbana em relação a Manaus.

O município de São Gabriel da Cachoeira está localizado dentro do contexto de um dos núcleos de precipitação abundante (noroeste da Amazônia), fator geográfico que auxilia na ocorrência de chuvas na região. Esse núcleo é associado a condensação do ar úmido transportados pelos ventos de leste da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, o mesmo sofre com a elevação orográfica sobre os Andes. A ocorrência de chuva nesse núcleo de precipitação abundante é produto de um centro de convecção que ocorre nos meses mais chuvosos (abril/maio/junho), conforme apresentado pela (Figura 2).

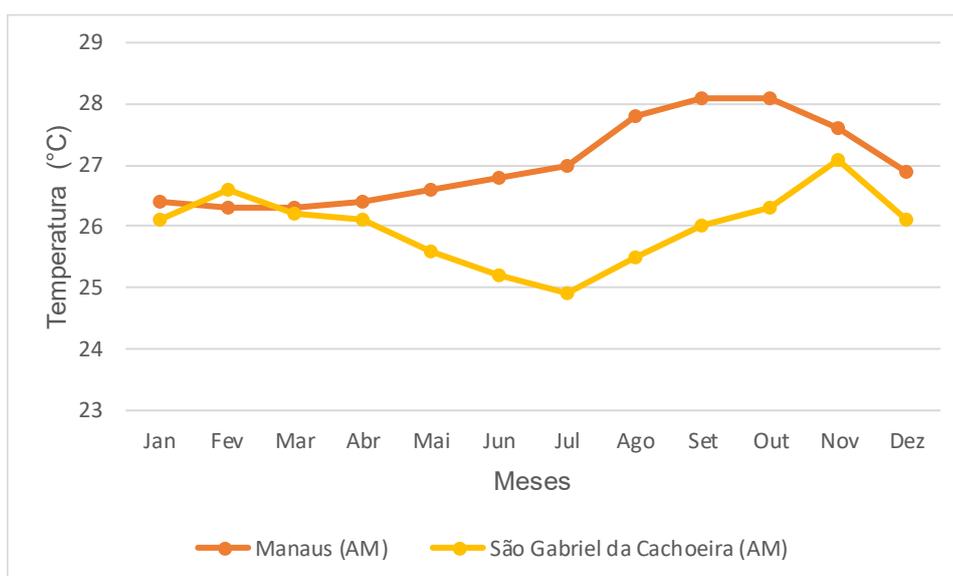


**Figura 2.** Gráfico de precipitação média mensal para Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). **Fonte:** INMET (2022).

A análise foi realizada com base no período histórico (1961-2020). A figura 3 apresenta a média mensal de temperatura para os municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). Na região amazônica, devido aos altos valores relacionados à energia solar que incidem na superfície, a variação de temperatura é

baixa ao longo do ano. A amplitude térmica sazonal é da ordem de 1-2°C, os valores médios ficam na faixa de 24 e 26°C. Na cidade de Manaus os valores de temperatura apresentam extremos durante os meses de julho (27°C) e setembro (28,1°C) que compreendem os meses da estação seca. Já os menores registros são observados nos meses de janeiro (26,4°C) e março (26,2°C) que são considerados meses da estação chuvosa na região.

Os valores de temperatura média mensal em São Gabriel da Cachoeira se mostraram mais pronunciados nos meses de agosto (25,5°C) e novembro (27,1°C), apresentando um comportamento diferente em relação a Manaus no que se refere ao período das altas temperaturas. Já os menores registros foram observados em junho (25,2°C) e julho (24,9°C). Segundo De Souza (2012), os efeitos do crescimento urbano em cidades como Manaus e Belém evidenciam uma relação direta entre o crescimento urbano e o aumento nos valores de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar. Com base neste cenário, é possível concluir que os menores valores de temperatura observados na cidade de São Gabriel da Cachoeira em relação a Manaus podem ser associados a diferença existente no padrão de crescimento urbano entre os dois municípios. A (Figura 3) representa o gráfico de temperatura média mensal para Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM).



**Figura 3.** Gráfico de temperatura média mensal para Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). **Fonte:** INMET (2022).

A ocorrência de fenômenos climáticos como El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é capaz de produzir variações no comportamento da dinâmica atmosférica em escala regional e global, criando alterações significativas no transporte de umidade. A ocorrência do fenômeno ENOS pode produzir anomalias climáticas afetando a distribuição da precipitação, onde no Brasil, os eventos de El Niño e La Niña causam impacto nas regiões sul, norte do nordeste e norte/leste da Amazônia (CHECHI e SANCHES, 2013; GRIMM et al, 1998).

Segundo Sousa et al (2021), foi identificado uma considerável variabilidade interanual da ocorrência de precipitações no município de Rio Branco no Acre, onde os anos mais secos analisados no estudo foram em decorrência das anomalias negativas de precipitação associados, em sua grande maioria aos eventos de El Niño.

O estudo desenvolvido por Oliveira (2013), verificou que durante o verão austral a América do Sul apresenta anomalias negativas (positivas) de precipitação sobre a Região Norte, associado ao ramo descendente anômalo da circulação de *Walker* durante os eventos de El Niño e La Niña.

Desta forma é necessário levar em consideração dentro da análise das variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura), os anos de ocorrência de fenômenos como ENOS, uma vez que se trata de um evento climático capaz de modificar o comportamento da distribuição espacial das chuvas na Amazônia, contexto em que os municípios (Manaus e São Gabriel da Cachoeira) analisados no estudo estão inseridos.

### **Análise da amplitude total de variação da precipitação e temperatura 1961-1990 e 1991-2020**

No período de 1961-2020 é possível obter duas normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020) com recorte temporal de 30 anos cada. No período de 1961-1990, o ano mais chuvoso foi o de 1989 (3.113 mm) e o menos chuvoso foi o de 1990 (1.844 mm), subtraindo esses valores anuais extremos encontramos a amplitude total de variação do período, isto é, 1.269 mm. O quadro 1 representa os valores relacionados a amplitude total de variação para precipitação e temperatura para o período de 1961-1990 e 1991-2020 na cidade de Manaus (AM).

**Quadro 1.** Valores de amplitude total de variação da precipitação e temperatura 1961-1990 e 1991-2020 para Manaus (AM)

<b>Mais chuvoso (mm/ano)</b>	<b>Menos chuvoso (mm/ano)</b>	<b>Amplitude total (mm)</b>	<b>Maior temperatura (°C/ano)</b>	<b>Menor temperatura (°C/ano)</b>	<b>Amplitude total (°C)</b>
3113 (1989)	1844 (1990)	1269	27,3 (1969)	26,2 (1977)	1,1
3157 (2008)	1772 (2015)	1385	29,4 (2015)	26,2 (1992)	3,2

**Fonte:** INMET (2022).

O quadro 2 representa os valores relacionados a amplitude total de variação para precipitação e temperatura para o período de 1961-1990 e 1991-2020 na cidade de São Gabriel da Cachoeira.

**Quadro 2.** Valores de amplitude total de variação da precipitação e temperatura 1961-1990 e 1991-2020 para São Gabriel da Cachoeira (AM)

Mais chuvoso (mm/ano)	Menos chuvoso (mm/ano)	Amplitude total (mm)	Maior temperatura (°C/ano)	Menor temperatura (°C/ano)	Amplitude total (°C)
3532 (1967)	2543 (1981)	989	26,5 (1987)	25,1 (1971)	1,4
3412 (2002)	2534 (1997)	878	26,9 (2003)	25,4 (1999)	1,5

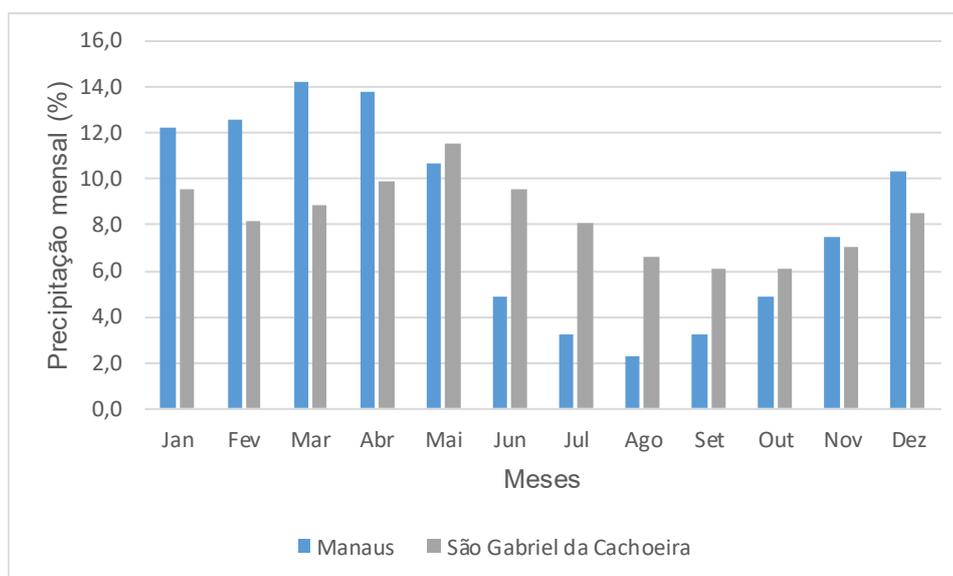
Fonte: INMET (2022).

A amplitude total da precipitação observada é típica do clima equatorial chuvoso e praticamente sem estação seca. A amplitude relacionada a variável temperatura se mostra baixa, o que também é um fator ligado a grande disponibilidade de energia solar incidente na superfície durante o ano na região (FISCH et al 1998).

Com base nos dados representados nos quadros 1 e 2, é possível identificar maior amplitude total da precipitação em Manaus quando comparada a de São Gabriel da Cachoeira. Em relação a variável temperatura, é possível observar que no período de 1961-1990, Manaus apresenta menor amplitude em relação a São Gabriel da Cachoeira, porém, durante o período de 1991-2020, a amplitude térmica total é bem superior em Manaus. Parte desse comportamento pode ser explicado pelo aumento populacional, o avanço da urbanização e conseqüentemente a mudança no uso do solo.

Utilizando os totais mensais de chuva de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM), período de 1961-2020, foi possível analisar os índices da participação porcentual de cada mês, no total pluvial ao ano que pertence. Sendo possível verificar o peso em (%) das chuvas caídas mês a mês, comparando-as sempre com o total de pluviosidade do seu próprio ano.

Com base na análise dos dados foi possível observar que os meses que mais contribuem (%) para o total de chuva, são os meses que compreendem a estação chuvosa (DJF). Já os meses que fazem parte da estação seca nas cidades de Manaus e São Gabriel da Cachoeira (JAS) são os meses com menor porcentagem em relação ao total anual. Logo é possível concluir que existe um padrão de comportamento pluviométrico baseado nas características climáticas da região. A (Figura 4) representa a precipitação mensal em (%) para os municípios de Manaus e São Gabriel da Cachoeira.



**Figura 4.** Gráfico de precipitação mensal em (%) para Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM). **Fonte:** INMET (2022).

### **Análise de tendência da precipitação e temperatura de 1961-2020 em Manaus (AM)**

O quadro 3, a seguir, representa os valores relativos à taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Manaus. Durante a passagem da década de 1961-1970 para 1971-1980 observou-se uma diminuição nos valores de precipitação em -2,2%. A década seguinte 1981-1990 apresentou um aumento de 4,2% voltando a diminuir durante década de 1991-2000 com 0,6%. A partir da década de 2001-2010 e 2011-2020 os valores de precipitação voltam a apresentar uma significativa oscilação com respectivamente -5% e 11,95%. Este cenário aponta para um comportamento oscilante com relação a taxa de aumento e diminuição da precipitação, onde a partir das duas últimas décadas o nível de variação é ainda maior.

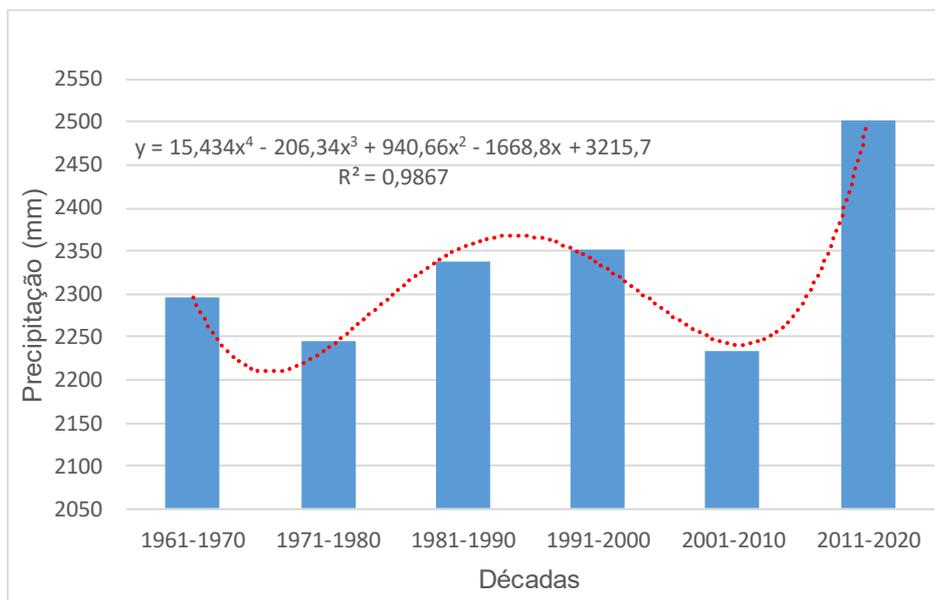
**Quadro 3.** Taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Manaus (AM)

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Total (mm)	2295	2245	2338	2352	2234	2501
Taxa (%)		-2,2	4,2	0,6	-5,0	11,9

**Fonte:** INMET (2022).

A (Figura 5) representa o gráfico de tendência polinomial de ordem 4 da precipitação média decenal do município de Manaus (AM). Com base na análise do gráfico da

(Figura 5), é possível identificar o comportamento oscilante da taxa de aumento e diminuição da precipitação. Os valores de precipitação observados indicam um alto volume pluviométrico no município de Manaus, onde os valores médios observados durante as décadas são todos acima de 2.000 mm.



**Figura 5.** Gráfico de precipitação média decenal com análise de tendência polinomial de ordem 4 para cidade de Manaus/AM. **Fonte:** INMET (2022).

As condições atmosféricas desta região ajudam a explicar tal disponibilidade de chuva. A região é caracterizada por diversos fatores como por exemplo, altos índices de umidade devido à extensa e densa vegetação, altos índices pluviométricos durante o ano, e um alto saldo de energia solar disponível em praticamente todos os meses do ano com pequena variação sazonal (FISCH et al 2007; PONTES, 2006).

Alguns estudos já analisaram a distribuição espacial e temporal das chuvas na Amazônia (Scwerdfeger, 1976; Marengo, 1995; Figueroa; Nobre, 1990; Marengo; Nobre, 2001). A maior parte da estação chuvosa da bacia amazônica está localizada no hemisfério sul e ocorre entre os meses de novembro e março. Este cenário é responsável pelo acúmulo de mais 50% do total anual (FIGUEROA e NOBRE, 1990). A estação seca, no caso de Manaus, ocorre durante os meses de julho, agosto e setembro – JAS.

Mesmo que grande parte da variabilidade interanual das chuvas na Amazônia possa ser explicada pela atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul – ENOS, os processos de interação superfície terrestre – atmosfera e seus componentes como umidade do solo e a evapotranspiração ajudam essa variabilidade em escalas temporais anuais e interanuais na Amazônia (NOBRE et al 1991; NOBRE et al 2011; MARENGO, 1992 e 1995; MARENGO; HASTENRATH, 1993; OBREGON e NOBRE, 1990).

A influência da circulação de brisa, que se forma em decorrência da diferença de

temperatura entre o rio e a floresta, acaba afetando os índices de precipitação em cidades que estão localizadas às margens dos rios, como é caso de Manaus (MOLION e DALLAROSA, 1990). A linha de tendência polinomial de ordem 4 utilizada no gráfico da (Figura 5) mostra um R-quadrado no valor de 0,9867 que é um bom ajuste da linha para os dados. Com base na análise dos dados de chuva foi possível identificar variações na ocorrência de precipitação nos dois municípios analisados no estudo. Esse cenário foi refletido nos valores dos dados de chuva. Desta forma foi necessário aplicar a linha de tendência polinomial que é apropriada para dados que apresentam flutuações.

O (quadro 4) representa os valores de temperatura média decenal na cidade de Manaus, assim como, os respectivos valores da taxa de aumento e diminuição ao longo dos anos. Analisando os dados de temperatura no município de Manaus é possível identificar um leve crescimento nos valores de temperatura com oscilação entre as décadas de 1971-1980 e 1981-1990. Essas décadas apresentaram valores de crescimento e diminuição oscilantes com respectivos 0,4% para 1971-1980 e 0,1% para 1981-1990.

A oscilação nos valores da taxa de aumento e diminuição ocorre apenas durante as primeiras décadas, onde a partir dos anos 1980 a taxa segue aumentando até 2011-2020. Este cenário aponta para um aumento na temperatura média decenal no município de Manaus. Vale ressaltar que quando comparamos a temperatura com o comportamento da precipitação, não é possível identificar um aumento no mesmo padrão nos valores de chuva nas décadas analisadas no estudo. Os valores de precipitação são muito mais oscilantes quando comparados aos valores de temperatura.

**Quadro 4.** Taxa de aumento e diminuição da temperatura média decenal no município de Manaus (AM)

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Total (°C)	26,7	26,6	26,6	26,9	27,3	28,1
Taxa (%)		0,4	0,1	0,9	1,7	2,7

Fonte: INMET (2022).

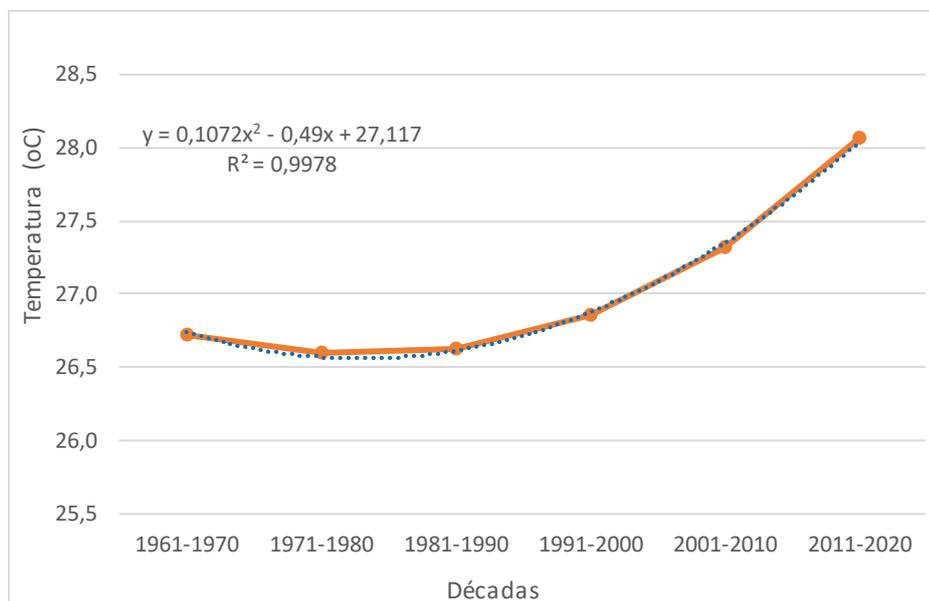
A (Figura 6) representa o gráfico de tendência polinomial de ordem 2 da temperatura média decenal do município de Manaus-AM. Com base na análise do gráfico da figura 5 também é possível observar o padrão de crescimento com relação ao aumento da temperatura média decenal. Esse aumento na temperatura pode ser explicado em parte pelo processo de ocupação e mudança no uso do solo na cidade de Manaus. A partir do ano de 1967, a cidade passou por uma fase de intensa ocupação do solo devido a implantação da Zona Franca de Manaus – ZFM (COSTA e SCHMITT, 2010).

A perda de áreas com cobertura vegetal pode gerar um cenário em que a

temperatura apresente crescimento. A vegetação tem como características intrínsecas baixa capacidade calorífica, baixa condutibilidade térmica, albedo baixo, grande absorção de radiação solar e altas taxas de evaporação. Essas características criam um mecanismo de regulação térmica devido à radiação solar ser pouco refletida para o ambiente, contudo ela é mais consumida pela vegetação (FIALHO e IMBROISI, 2005).

Desta forma é possível associar o processo de expansão urbana e sua profunda modificação da paisagem natural ao aumento gradativo da temperatura na cidade de Manaus. Uma vez que, a expansão de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica associadas à concentração de poluentes, produziu um cenário em que a dinâmica da baixa troposfera/camada limite atmosférica foi modificada em ambientes urbanos (LOMBARDO, 1985). A linha de tendência polinomial de ordem 2 utilizada no gráfico da figura 5 mostra um R-quadrado no valor de 0,9978 que é um bom ajuste da linha para o conjunto de dados.

A mudança no comportamento da temperatura indicando o seu aumento também pode ser explicado pelas mudanças climáticas, porém também deve ser levado em consideração a origem e qualidade dos dados obtidos (ponto grade ou estações meteorológicas), efeitos da urbanização e período analisado. Desta forma é possível concluir que o aumento da temperatura identificado na cidade de Manaus pode não estar ligado diretamente com as consequências do aquecimento global não antrópico.



**Figura 6.** Gráfico de temperatura média decenal com análise de tendência polinomial de ordem 2 para cidade de Manaus/AM. **Fonte:** INMET (2022).

## Análise de tendência de precipitação e temperatura de 1961-2020 em São Gabriel da Cachoeira (AM)

Analisando os valores relacionados a precipitação com base no (quadro 5), é possível identificar um leve crescimento em relação aos índices pluviométricos. Nas décadas de 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 e 1991-2000, o crescimento é de 2%. O cenário sofre modificações quando analisamos o período de 2001-2010 onde o mesmo apresenta decréscimo de -1%. Os índices voltam a apresentar crescimento a partir da década de 2011-2020 com 4%. Entretanto, comparando-se a média decenal de precipitação de 1961-1970 e 2011-2020, foi possível observar um aumento significativo de 8%. O (quadro 5), a seguir, representa os valores relativos à taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal em São Gabriel da Cachoeira (AM).

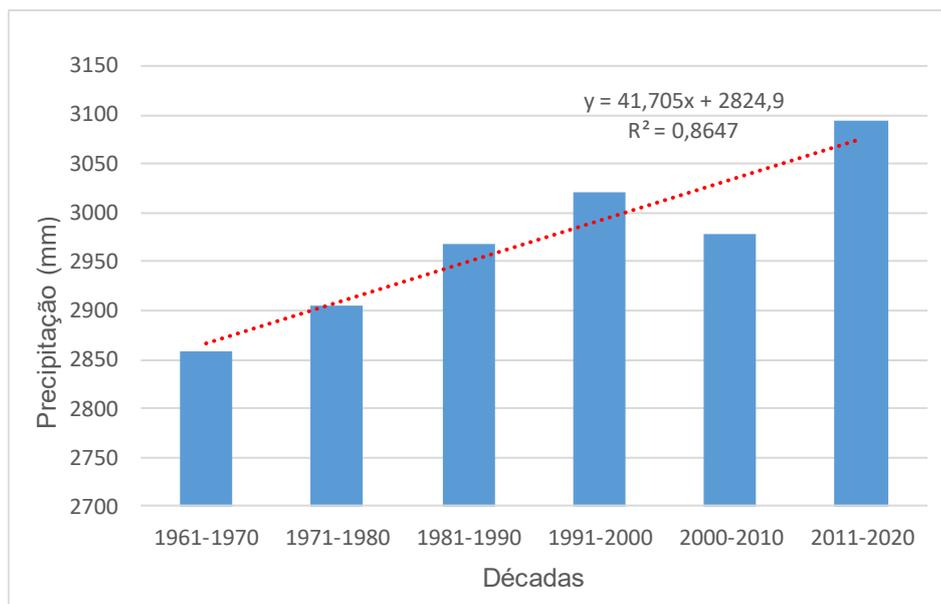
**Quadro 5.** Taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de São Gabriel da Cachoeira (AM)

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Total (mm)	2858	2905	2968	3022	2978	3095
Taxa (%)		2	2	2	-1	4

Fonte: INMET (2022).

O mesmo comportamento pode ser visualizado na figura 6, onde podemos comparar com o (quadro 5) e observar o padrão de crescimento dos índices pluviométricos entre as décadas analisadas. O  $R^2$  relacionado a precipitação foi de 0,8647 o que indica que o modelo tem uma boa representação do conjunto de dados representados no gráfico de precipitação média decenal do município de São Gabriel da Cachoeira.

O valor do  $R^2$  encontrado no gráfico de precipitação média decenal (Figura 5), é inferior ao da temperatura (Figura 6) quando comparados. Mesmo com essa diferença, o  $R^2$  relacionado a precipitação ainda apresenta um valor próximo a 1, o que indica uma boa representação dos dados e sua variância. Nesse caso é preciso levar em consideração a diferença existente entre os dados de precipitação e temperatura, assim como as lacunas existentes em alguns meses dos anos analisados no estudo. A (Figura 7) representa a análise de tendência de precipitação média decenal no município de São Gabriel da Cachoeira.



**Figura 7.** Gráfico de precipitação média decenal com análise de tendência linear para cidade de São Gabriel da Cachoeira/AM. **Fonte:** INMET (2022).

Ao analisar o comportamento dos dados de temperatura foi possível identificar uma leve oscilação em relação ao crescimento entre as décadas analisadas. O objetivo de separar os valores por década tem como base a facilitação da leitura, interpretação e identificação de um possível acréscimo entre as décadas em relação aos níveis de temperatura. Com base na análise das décadas de 1961-1970 e 1971-1980 é possível notar um relativo aumento na temperatura de 0,9%. A década de 1971-1980, apresentou crescimento de significativo de 3,2%. Já a década de 1991-2000, apresentou diminuição de 1,1%. A década de 2001-2010 voltou a apresentar crescimento de 1,6% e 2011-2020 com queda de -0,7%. A análise da década de 1961-1970 e 2011-2020 indicou um significativo aumento de 6%, porém, é necessário levar em consideração todas as oscilações registradas durante as demais décadas. O (quadro 6), a seguir, representa os valores relativos à taxa de crescimento e diminuição da temperatura média decenal no município de São Gabriel da Cachoeira (AM).

**Quadro 6.** Taxa de aumento e diminuição da temperatura média decenal no município de São Gabriel da Cachoeira (AM).

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
<b>Total °C</b>	24,7	24,9	25,7	26,0	26,4	26,2
<b>Taxa (%)</b>		0,9	3,2	1,1	1,6	-0,7

**Fonte:** INMET (2022).

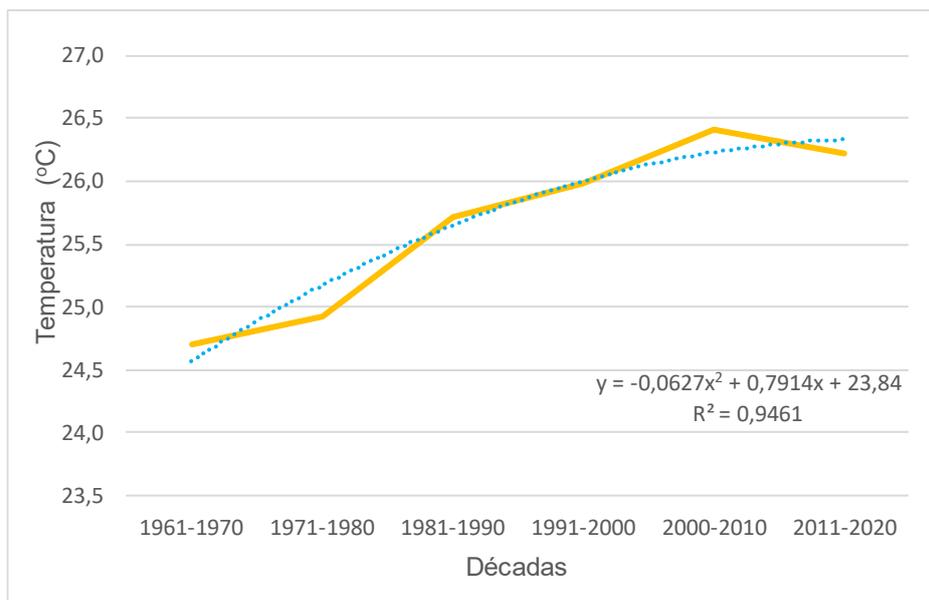
A (Figura 8) representa a análise de tendência da temperatura média decenal do município de São Gabriel da Cachoeira (AM). É possível identificar a elevação da

temperatura a partir da década de 1970 se mantendo até pelo menos metade dos anos 2000. A mudança no padrão de uso do solo pode responder por parte da explicação para essa elevação, porém é preciso ressaltar que São Gabriel da Cachoeira, diferentemente de Manaus, não passou por um intenso processo de expansão urbana. Ainda assim, as características do município sofreram modificações na sua paisagem, o que pode ter gerado o fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbana – ICU. Segundo Santos et al 2012, o desmatamento, a intensa substituição a vegetação por áreas cada vez mais urbanizadas pode levar a formação do fenômeno Ilha de Calor Urbana - ICU, contribuindo para a formação de circulações locais e modificando o comportamento de variáveis meteorológicas como a temperatura.

É importante ressaltar que as médias anuais mostram temperaturas bastante elevadas na região central e equatorial. As médias costumam ultrapassar os 26-28°C e a amplitude térmica não pode ser considerada ampla, uma vez que, fica na faixa de 1-2°C. Diante deste cenário é possível observar que as médias encontradas na análise feita no estudo não são significativamente distantes do padrão de temperatura da região norte do Brasil (Fearnside, 2005 e Marengo, 2006).

Segundo Santos, 2010, as alterações encontradas em índices de chuva e temperatura em Manaus, indicam um perfil local e regional e não é possível afirmar que essas alterações estejam conectadas diretamente as mudanças climáticas. A autora ainda ressalta que é necessário levar em consideração a consistência dos dados das estações meteorológicas, sugerindo uma ampliação e um maior detalhamento nesse tipo de análise.

O  $R^2$  encontrado foi de 0,9461 o que indica que o modelo tem uma boa representação em relação ao conjunto de dados representados no gráfico de temperatura média decenal (Figura 8). O valor de  $R^2$  é importante para verificar a variância do conjunto de dados e quanto mais próximo de 1 for o  $R^2$ , melhor é a representação (FONSECA e MARTINS, 2011). A figura 7 representa a análise de tendência de temperatura média decenal do município de São Gabriel da Cachoeira (AM).



**Figura 8.** Gráfico de temperatura média decenal com análise de tendência para cidade de São Gabriel da Cachoeira/AM. **Fonte:** INMET (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade e tendência climática nos municípios de Manaus (AM) e São Gabriel da Cachoeira (AM), analisando o comportamento de variáveis meteorológicas como precipitação e temperatura. O recorte temporal do estudo foi de 1961-2020.

A precipitação média decenal – 1961-2020 na cidade de Manaus apresentou variação em seu comportamento. A média do período foi de 2,365 mm/ano. Com base na normal climatológica 1961-1990, o ano que mais choveu foi 1989 com 3,113 mm/ano. Ainda dentro da mesma normal climatológica, o ano de 1990 foi o ano que apresentou o menor registro de chuvas com 1,844 mm/ano. A normal climatológica de 1991-2020 registrou 1978 com 3,157 mm/ano (mais chuvoso) e 2015 com 1,772 mm/ano (menos chuvoso). A média mensal de precipitação do período é da ordem de 194 mm/mês. A tendência observada em relação a precipitação é de variação durante o período analisado, porém, o padrão observado condiz com os aspectos climáticos da região.

A precipitação média decenal – 1961 - 2020 na cidade de São Gabriel da Cachoeira, assim como em Manaus, também apresentou comportamento oscilatório. A média do período foi 2,996 mm/ano. Com base nos dados da normal climatológica (1961-1990), foi identificado o ano mais chuvoso 1967 com 3,532 mm/ano e o menos chuvoso 1981 com 2,543 mm/ano. Já a N.C (1991-2020), foi possível identificar 2002 com 3,412 mm/ano (mais chuvoso) e 1997 com 2,534 mm/ano. A média mensal de precipitação do período é da ordem de 247 mm/mês. A precipitação em São Gabriel da Cachoeira também apresentou comportamento oscilatório, porém dentro das características climáticas da região. Vale ressaltar que SGC está inserido

no contexto do núcleo de precipitação abundante localizado no noroeste da Amazônia. O que ajuda a explicar o elevado índice de chuva no município quando comparado com Manaus.

A variável temperatura quando analisada na cidade de Manaus mostrou uma tendência de crescimento, isto é, o processo de urbanização e a mudança de uso do solo ocorrida a partir da década de 1970 em decorrência da instalação da Zona Franca de Manaus – ZFM, teve um significativo impacto para a produção desse cenário. A temperatura média anual do período analisado foi de 26,9°C e a temperatura média mensal foi de 27,0°C. Já em SGC, os valores da temperatura média anual do período são da ordem de 26,1°C e a temperatura média mensal 26,0°C. O comportamento da variável temperatura apresentou uma tendência de crescimento superior na cidade de Manaus quando comparada com São Gabriel da Cachoeira.

Esses resultados mostram que a mudança no uso do solo e o consequente aumento da expansão urbana por intermédio da implantação da Zona Franca de Manaus – ZFM, perda de áreas com cobertura vegetal, adensamento de construções e ampla cobertura asfáltica podem afetar de forma significativa o microclima das cidades do Amazonas (Manaus e São Gabriel da Cachoeira), implicando em graves consequências no padrão de vida nessas cidades, tais como: redução do conforto térmico, aumento da conta de energia elétrica e internações hospitalares em decorrência do aumento da temperatura e poluição atmosférica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Eixo Monumental Sul Via S1 – Sudoeste – Brasília-DF, por fornecer os dados de precipitação e temperatura para Manaus e São Gabriel da Cachoeira.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

**Concepção:** Thiago Oliveira dos Santos e Valdir Soares de Andrade Filho. **Metodologia:** Thiago Oliveira dos Santos. **Análise formal:** Valdir Soares de Andrade Filho e Rebeca dos Santos França. **Pesquisa:** Thiago Oliveira dos Santos. **Recursos:** Thiago Oliveira dos Santos e Rebeca dos Santos França. **Preparação de dados:** Thiago Oliveira dos Santos e Valdir Soares de Andrade Filho. **Escrita do artigo:** Thiago Oliveira dos Santos e Valdir Soares de Andrade Filho. **Revisão:** Valdir Soares de Andrade Filho. **Supervisão:** Valdir Soares de Andrade Filho. **Aquisição de financiamento:** Thiago Oliveira dos Santos, Valdir Soares de Andrade Filho, Rebeca dos Santos França. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations. **Nature**, v.387, p.796-799, 1997.
- BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. Simulated responses of potential vegetation to doubled-CO2 climate change and feedbacks on near-surface temperature. **Global Ecology and Biogeography**, p.171-180, 2000.
- CÂNDIDO, LUIZ A.; SOUSA, J.M.; TOTA, J; MANZI, A.O. Cenários climáticos para a Amazônia. In: Thaise Emilio, Flavio Jesus Luizão. (Org). **Cenários para a Amazônia: Clima, Biodiversidade e Uso da Terra**. 1ed. Manaus-AM: INPA, 2014, v.1, p. 105-112.
- CHASE, T.N.; PIELKE, R.A.; KITTEL, T.G.F.; NEMANI, R.R.; RUNNING, S.W. Simulated Impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. **Clim. Dyn.** v.16, p.93-106, 2000.
- CHECHI, L.; SANCHES, F. O. O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1586-1597, 2013.
- COSTA, D. P.; SCHMITT, J. A. Geografia Urbana de Manaus: Desafios para mobilidade e circulação. In: 4º Congresso Luso-Brasileiro, Faro, 2010. **Anais [...]** Faro, Portugal: Universidade do Algarve, 2010. p. 1-12.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 114-123, 2005.
- FIALHO, E. S.; IMBROISI, E. G. A influência dos fragmentos verdes intra-urbanos no campo térmico no alto Rio Joana – RJ. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: USP, 2005.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. A precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v.5, p.36-40, 1990.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v.28, p.101-126, 1998.
- FISCH, G.; VENDRAME, I. F.; HANAOKA, P.C.M. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônica**, v.37 p.583-590, 2007.
- FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. São Paulo. Editora Atlas S.A. 6º Ed, 2011.

GOMES, W.B.; CORREIA, F.W.S.; CAPISTRANO, V.B.; VEIGA, J.A.P.; VERGASTA, L.A.; CHOU, S.C.; LYRA, A.A.; NOBRE, P.; ROCHA, V.M. Water budget changes in the Amazon basin under RCP 8.5 and deforestation scenarios. **Climate Research**. v.80, p.105-120, 2020a.

GOMES, W.B.; CORREIA, F.W.S.; CAPISTRANO, V.B.; VEIGA, J.A.P.; VERGASTA, L.A.; CHOU, S.C.; LYRA, A.A.; ROCHA, V.M. Avaliação dos impactos das mudanças na cobertura da terra e cenário de emissões (RCP 8.5) no balanço de água na bacia do rio Madeira. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.35, n.4, p.689-702, 2020b.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. *Revista Journal of Climate*, v. 11, n. 11, p. 2863–2880, 1998.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)>. Acesso em: 13 jul. 2021.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.

LOMBARDO, M.A. **A ilha de calor nas metrópoles - O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Huciteck. 224 p, 1985.

MARENGO, J.A. Interannual variability of surface climate in the Amazon Basin. **International Journal of Climatology**, v.12, n.8, p.853-863, 1992.

MARENGO, J.A. International variability of deep convection over tropical South America sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal Climatology**, v.15, p.995-1010, 1995.

Marengo, J.A. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: a historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.21, p.1-19, 2006.

MARENGO, J.A.; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. **Journal of Climate**, v.6, p.617-627, 1993.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009. p.197-207.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. They hydroclimatological framework in Amazonia. In: RICHEY, J.E.; MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L. (Eds). **Biogeochemistry of Amazonia**. Oxford: Oxford University Press. p. 17-42, 2001.

- MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazônia: são os dados confiáveis? **Climanálise – Boletim de Monitoramento de Análise Climática**, v.3, n.5, p.40-42, 1990.
- NOBRE, C.A. Characteristics of Amazonian Climate: Main Feature. In: Keller, M. **Amazonia Global Change, Geophysical Monography**, AGU, Washington, DC, v.186, p.149-162, 2011.
- NOBRE, C.A.; SELLERS, P.; SHUKLA, J. Regional climate change and Amazonian deforestation model. **Journal of Climate**. v.4, p.957-988, 1991.
- NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climatic**. v.4, p.957-988, 1991.
- NOBRE, P.; CHOU, S.C.; MAIA, A.; FREITAS, E.; SAMPAIO, G.; IRACEMA, F.A.C.; CEBALLOS, J.; GAN, M.A.; COSTA, M.H.; BOTTINO, M.J.; CAMARGO, R.; FIGUEROA, S.N.; SOARES, W. Avaliação de modelos globais e regionais climáticos. **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional**. v.1, p. 280-304, 2014.
- OBREGÓN, G.; NOBRE, C.A. Principal componente analysis applied to rainfall in Amazonia, **climanálise**, v.5, p.35-46, 1990.
- OLIVEIRA, S.S. **Influência de diferentes tipos de ENOS na precipitação da América do Sul**. Dissertação – Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA, 2013.
- PONTES, A. D. L. **Análise dos casos de precipitações intensas na transição entre a estação seca e chuvosa de 2002 em Rondônia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2006.
- ROCHA, V.M. Avaliação dos impactos das mudanças climáticas na reciclagem de precipitação da Amazônia: Um estudo de modelagem numérica. **XII – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiânia/GO, 2016.
- ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; FONSECA, P.A.A. Reciclagem de precipitação na Amazônia: Um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, p.59-70, 2015.
- ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; GOMES, W.B. Avaliação dos impactos da mudança do clima na precipitação da Amazônia. Utilizando o modelo RCP 8.5 Eta-HadGEM2-ES. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.06, p.2051-2065, 2019.
- ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; SILVA, P.R.T.; GOMES, W.B.; VERGASTA, L.A.; MOURA, R.G.; TRINDADE, M.S.P.; PEDROSA, A.L.; SILVA, J.J.S. Reciclagem de precipitação na Bacia Amazônica: O papel do transporte de umidade e da evaporação da superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, n.3, p.387-398, 2017.
- ROCHA, V.M.; SILVA, P.R.T.; GOMES, W.B.; VERGASTA, L.A.; JARDINE, A. Reciclagem de precipitação na Amazônia: Um estudo utilizando as reanálises do Era-Interim (ECMWF). **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo. v.35, p.71-82, 2018.

- SANTOS, E.M. **Estudo da variabilidade e mudanças climáticas na região de Manaus**. 2010. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2010.
- SANTOS, J.S.; SILVA, V.P.R.; SILVA, E.R.; ARAÚJO, L.E.; COSTA, A.D.L. Campo térmico urbano e sua relação com o uso e a cobertura do solo em cidade tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.540-557, 2012.
- SANTOS, T.O.; ANDRADE FILHO, V.S.; FRANÇA, R.S.; GOMES, W.B.; ROCHA, V.M. Caracterização e variabilidade baseada em séries de temperatura e precipitação nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA). **Revista Entre Lugar**. V.13, n.24, REL/DOI 10.30612, 2021.
- SILVA, A.A.F.; JARDIM, C.H. Aplicação de técnicas de preenchimento de falhas de dados de pluviosidade mensal e anual para o noroeste do estado de Minas Gerais – Brasil. **Geografias – Artigos Científicos**, v.13, n.2, p.83-106, 2017.
- SOUSA, J.W.; ANDRADE, A.V.C.; COSTA, D.B. Análises de episódios El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade interanual de chuvas em Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010. **Scientia Naturalis**. V.3, n.5, p.2260-2272, 2021.
- SOUZA, D.O. **Influência da ilha de calor urbana nas cidades de Manaus e Belém sobre o clima local**. Tese - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2012.
- UNFPA. The state of world population 2007: Unleashing the potential of urban growth. **United Nations Population Fund, United Nations Publications**, 2007.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV, 2006. p.427-429.
- ZHAO, M.; PITMAN, A.J.; CHASE, T. “The impact of land cover change on the atmospheric circulation”. **Climate. Dynamics**. v.17, p.467-477, 2001.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0