

## Artigo de Pesquisa

**CLIMA URBANO E TUBERCULOSE EM MANAUS, AMAZONAS, BRASIL****Urban climate and tuberculosis in Manaus, Amazonas, Brazil**Rebeca Teixeira Dantas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil.  
[rebecadantas.geo@gmail.com](mailto:rebecadantas.geo@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0001-6293-0973>

Recebido em 12/09/2022 e aceito em 28/04/2023

**RESUMO:** Este estudo buscou analisar as condições climáticas e sua influência na ocorrência da Tuberculose no município de Manaus (AM). Para isso, foi feita uma correlação entre a variação climática (pluviosidade, temperatura do ar e umidade relativa) e os casos confirmados de Tuberculose disponibilizados pela Secretária Municipal de Saúde (SEMSA), nos anos de 2007 a 2018. O presente estudo foi fundamentado a partir da análise sistêmica de Monteiro e Mendonça na integração das variáveis climáticas com as ocorrências de Tuberculose. Os resultados identificaram relações entre a distribuição e intensidade das variáveis climáticas com a doença, no qual os casos confirmados oscilaram entre 978 a 1480 casos, no período chuvoso com totais mensais de 145,9 mm a 351,4 mm, quando comparado ao período seco, identificamos um aumento na amplitude de casos, tornando-se o período com maior quantidade de casos, variando de 1.163 a 1.447 casos. A partir das abordagens sistêmicas do plano de análise do estudo, foi possível identificar que a temperatura, umidade e precipitação atuam como condicionante no desenvolvimento da Tuberculose, e deve ser considerado nos planejamentos de combate e controle da doença.

**Palavras-chave:** Geografia da saúde; Climatologia Geográfica; Processo saúde-doença; Manaus.

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze the climatic conditions and their influence on the occurrence of tuberculosis in the municipality of Manaus (AM). For this, a correlation was made between the climatic variation (the variables rainfall, air temperature and relative humidity) and the confirmed cases of Tuberculosis made available by the Municipal Health Secretary (SEMSA) in the years 2007 to 2018. The present study was based on the systemic analysis of Monteiro and Mendonça in the integration of climatic variables with the occurrences of Tuberculosis. The results identified relationships between the distribution and intensity of climatic variables with the disease, in which the confirmed cases ranged from 978 to 1480 cases, in the rainy period with rains from 145.9 mm to 351.4 period with the highest number of cases, ranging from 1,163 to 1,447 cases. From the systemic approaches of the study analysis plan, it was possible to identify that the elements of the climate act as a conditioning in the development of Tuberculosis, and should be considered in the plans to combat and control the disease.

**Keywords:** Geography of health; Geographic Climatology; Health-disease process; Manaus.

**RESUMEN:** Este estudio tuvo como objetivo analizar las condiciones climáticas y su influencia en la ocurrencia de Tuberculosis en la ciudad de Manaus (AM). Para ello, se realizó una correlación entre la variación del clima (las variables lluvia, temperatura del aire y humedad relativa) y los casos confirmados de Tuberculosis puestos a disposición por la Secretaría Municipal de Salud (SEMSA), en los años 2007 al 2018. El presente estudio se basó en el análisis sistémico de Monteiro y Mendonça en la integración de variables climáticas con las ocurrencias de Tuberculosis. Los resultados identificaron relaciones entre la distribución e intensidad de las variables climáticas con la enfermedad, en la que los casos confirmados oscilaron entre 978 y 1480 casos, en época de lluvias con precipitaciones de 145,9 mm a 351,4 mm, al comparar con la época poco lluviosa se identificó una

aumento en la amplitud de casos, convirtiéndose en el período con mayor número de casos, pasando de 1.163 a 1.447 casos. A partir de los enfoques sistémicos del plan de análisis del estudio, se pudo identificar que los elementos del clima actúan como condicionante en el desarrollo de la Tuberculosis, y deben ser considerados en los planes de combate y control de la enfermedad.

Palabras clave: Geografía de la salud; Climatología Geográfica; Proceso salud-enfermedad; Manaus.

## INTRODUÇÃO

A tuberculose (TB) é uma doença infectocontagiosa, tão antiga quanto à própria humanidade, causada por *Micobacterium tuberculosis*, também conhecido como Bacilo de Koch (BK). Configura-se como um grande problema de saúde pública mundial, com morbidades associadas às coinfeções da TB/HIV, de outros agravos imunodepressores e a multidroga-resistência.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2021, p.36), a TB se constitui como a doença infecciosa mais letal no mundo, sendo no ano de 2018 cerca de 1,5 milhão mortes de pessoas, ou 4,1 mil por dia. Por conseguinte, em 2019 aproximadamente 1,4 milhão de pessoas foram a óbito devido à TB, cerca de 10 milhões de pessoas desenvolveram a doença naquele ano, porém, cerca de 03 milhões não foram diagnosticadas ou não foi oficialmente notificada, devida sua alta transmissibilidade até os dias de atuais milhares de pessoas ainda adoecem e morrem devido à doença e suas complicações.

Com a emergência da pandemia do vírus SARS-CoV-2, no final do ano de 2019, e o aumento no número de mortos por dia em 2020, a COVID-19 já é maior do que a média diária de mortos de tuberculose, portanto vale ressaltar que a covid-19 é uma doença nova e cuja real letalidade só será conhecida ao fim da pandemia.

Todavia, as interrupções nos serviços de saúde causadas pela pandemia COVID-19 levaram a mais retrocessos, ameaçando reverter o progresso recente na redução da carga global da tuberculose, segundo o relatório da OMS (2021, p.47). Em muitos países, recursos humanos, financeiros e outros foram realocados da TB para a resposta da Covid-19, afetando o diagnóstico de pessoas com TB e outros cuidados de diferentes magnitudes.

No ano de 1993, no Brasil o Ministério da Saúde declarou a TB como um estado de emergência de saúde pública global, por se constituir como uma das principais causas de morte por doenças infecciosas em adultos, muitos associados ao vírus do HIV/AIDS. Posteriormente, no ano de 2003, a TB foi colocada como na agenda de prioridade de políticas públicas de saúde, com casos notificados em grande parte dos estados brasileiros, como afirma o Ministério da Saúde (2012, p.10)

A inserção da tuberculose na 6ª meta de declaração do milênio da Organização das Nações Unidas (ONU) se deve a sua magnitude mundial, o objetivo dessa meta consiste em combater o HIV/AIDS, Malária, Tuberculose, que cometem a população mais vulnerável do planeta (PNUD, 2022, p.37).

Outros determinantes ambientais, como a variabilidade climática podem e devem ser considerados, na incidência da TB, no qual os elementos climáticos de temperatura,

a umidade e a velocidade e direção do vento, possuem intrínseca relação com a TB, pois favorecem a proliferação da dispersão dos vírus e bactérias do trato respiratório no ambiente citadino.

Rouquayrol e Goldbaum (2013, p.45) destacam a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica como os aspectos do clima que mais influenciam os seres vivos implicados no processo de transmissão de doenças. Esses elementos climáticos afetam a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos (vírus e bactérias) no meio ambiente, tais como o bacilo de Koch envolvido na transmissão da Tuberculose.

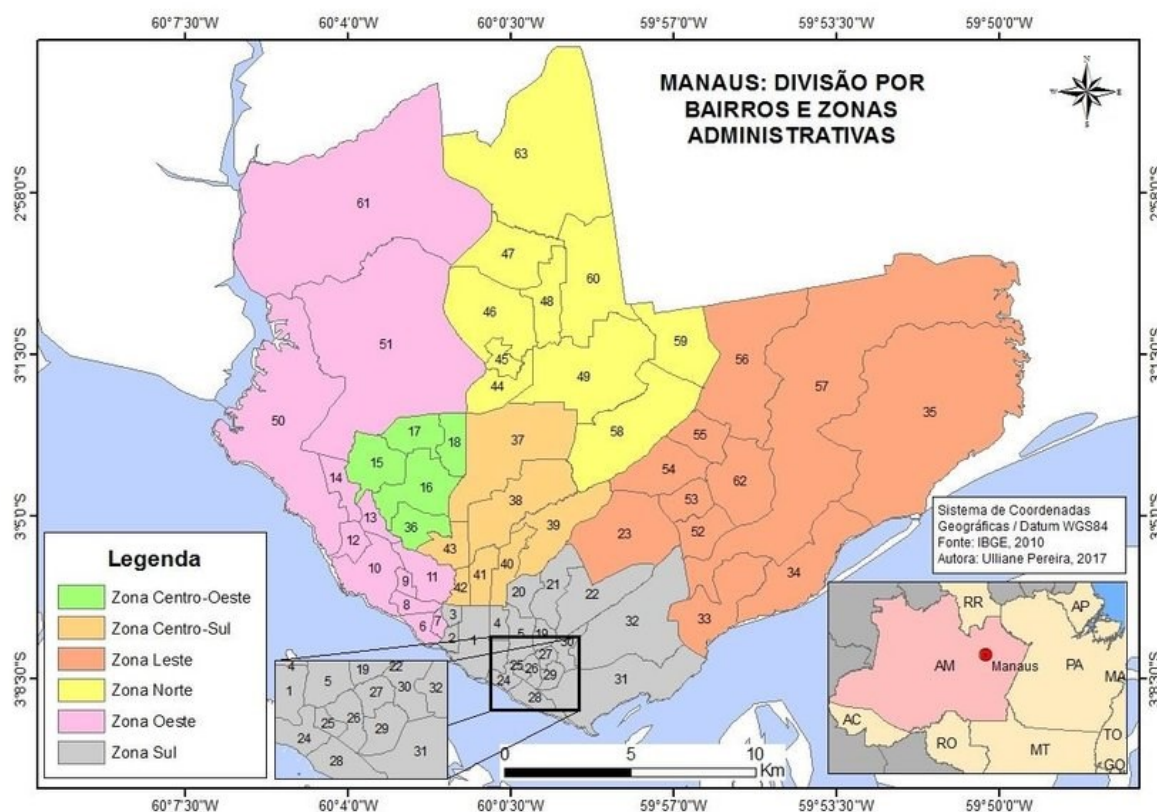
Os fatores sociais e econômicos quando associados à variabilidade climática e a debilidade de serviços de saúde expressos nas ações de combate e controle de doenças como a TB, servem de subsídio nas ações e tomadas de decisões de políticas públicas visando a redução dos casos novos de TB. Há uma ausência de estudos em Manaus fundados sob riscos e vulnerabilidades que condicionam a distribuição espacial da Tuberculose, sendo necessário tais abordagens na a partir da perspectiva socioambiental visando entender o processo saúde-doença da TB no ambiente citadino.

Nesse sentido, este trabalho objetiva analisar as condições climáticas e sua influência ocorrência da Tuberculose na cidade de Manaus, nos anos de 2007 a 2018.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Unidade Espacial de Análise**

O município de Manaus, segundo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) possui uma área de 11.401 km<sup>2</sup>. Desse total, aproximadamente 592 km<sup>2</sup> que corresponde a 5,2 % da área total do município são ocupados pelos 63 bairros concentrando cerca de 50% da população do estado (IBGE, 2010). A cidade de Manaus, até 2009 possuía 56 bairros oficializados com o decreto oficializado pela Prefeitura de Manaus no Diário Oficial a partir do decreto da Lei Municipal Nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010, passou constituir dos 63 bairros (Figura 01).



**Figura 01.** Unidade Espacial de Análise: Manaus (por bairros e zonas administrativas)  
**Fonte:** Ulliane Pereira (2017).

A partir da década de 1970, a cidade de Manaus sofreu intenso processo de urbanização e crescimento populacional, associada aos efeitos da borracha, da vinda de pessoas com a implantação da Zona emprego Franca de Manaus, bem como o grande contingente migratório vindo do interior do Amazonas em busca de melhores condições de vida.

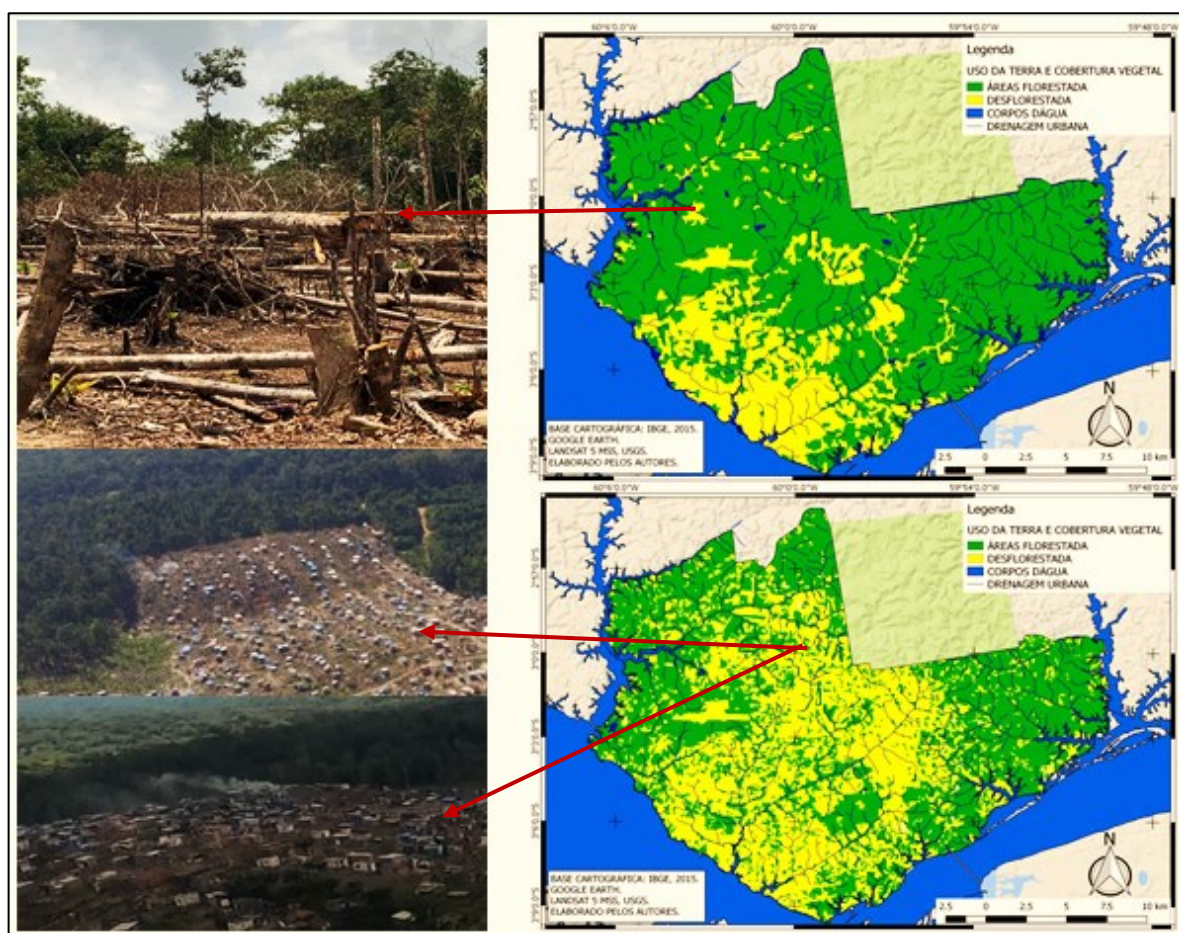
Diante disso, com base nos dados do IBGE (2021, p. 13) essa concentração acentuada na cidade, que em 1970 possuía cerca de 311.600 habitantes, passando a ter em 2021, cerca de 2.219.000 habitantes, sendo somente na década de 70 a 80 um crescimento de 103,2%, e intensificado nos anos subsequentes. De acordo com o Atlas Municipal de Manaus (2006, p, 146), em 1982 a cidade de Manaus possuía cerca de 30 mil habitantes, com o início do extrativismo da borracha a cidade recebeu fluxos significativos de migrantes brasileiros e estrangeiros.

No entanto, o crescimento urbano acelerado que a cidade de Manaus nas últimas décadas, com a ausência e fragilidade do poder público em acompanhar o crescimento da cidade. Evidenciando espaços sem planejamento urbano e ambiental, problemas urbanos de diferentes magnitudes, tornando-se lócus de riscos e vulnerabilidades.

Diante disso, Corrêa (2005, p. 33) considera o espaço urbano capitalista como “reflexo da sociedade que ali se insere, espaço movimentado por meio dos processos sociais

que dão origem à organização espacial”. Com o crescimento da cidade, houve expansão principalmente para as zonas Norte e Leste, atraídos pelas políticas públicas habitacionais para a população de baixo poder aquisitivo. A oferta (políticas habitacionais) e procura por moradia em Manaus, evidencia problemas de fragilidade na atuação do poder público, em que os grupos populacionais não atendidos passam a atuar em movimentos sociais para a moradia, atuando nos “vazios” urbanos com ocupação multivariada promovendo profundas alterações ambientais na cidade, por meio da favelização e novos núcleos de ocupação.

Nesse sentido, as pressões ambientais advindas do crescimento da população na área urbana de Manaus (Figura 02) resultaram em mudanças significativas na paisagem, com o aumento de ocupações, associada ao inadequado uso e ocupação do solo; perdas de cobertura vegetal; assoreamento e poluição de igarapés, degradação da qualidade de vida e da saúde humana (NOGUEIRA, 2007, p. 542).



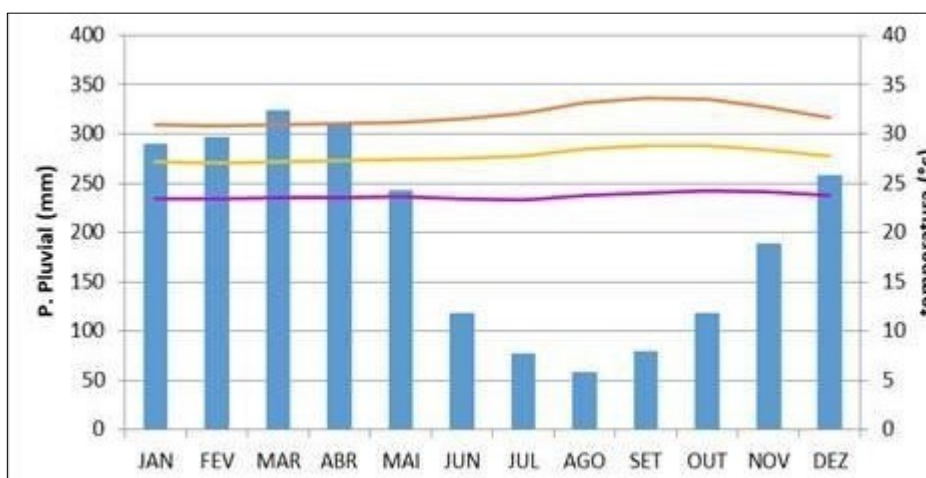
**Figura 02.** Uso da Terra e Cobertura Vegetal Manaus - AM.

**Fonte:** autores, (2020).

Ao abordar sobre a dinâmica climática na Amazônia, Aleixo (2019), informa que “o clima da região Amazônica” apresenta pouca amplitude térmica sazonal, as chuvas são controladas por sistemas dinâmicos de grande escala como a Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT), a circulação de Hadley e Walker e pela associação atmosfera-oceano por meio das anomalias da temperatura dos oceanos (TSM).

A figura 03 ilustra o climograma médio mensal do município de Manaus a partir das variáveis de temperatura (máxima, mínima e média) e precipitação pluvial no período de 1970 a 2021, sendo possível identificar que os maiores totais pluviais ocorreram entre os meses de outubro a maio que correspondem ao período chuvoso da região, bem como as temperaturas médias. A diminuição das chuvas e aumento nas temperaturas em meados de maio estendendo-se até meados de outubro caracterizando o período seco, com valores médios máximos mensais de temperatura variando entre 30 a 35°C.



**Figura 04.** Climograma da cidade de Manaus- AM (2007 a 2018).  
**Fonte:** INMET, (2020).

### Procedimentos teóricos – metodológicos

As etapas que constituem essa pesquisa consistem na fundamentação teórica por meio da revisão sistemática em banco de dados digital, também foi realizada consulta em livros e revistas para a construção dos aportes teóricos e metodológico que subsidiou as análises estatísticas.

Na etapa de obtenção de dados foi realizado o levantamento dos dados meteorológicos mensais no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nas variáveis de temperatura (máxima, mínima e média), umidade e precipitação, e os casos confirmados (diários e/ou mensais) de TB obtidos na Secretária Municipal de Saúde (SEMSA) e Fundação de Vigilância em Saúde (FVS) para os anos de 2007 a 2018. Partindo de uma perspectiva espaço-temporal que resultou nos gráficos de correlação das variáveis climáticas e casos confirmados de TB.

A escala temporal utilizada nos gráficos foi à escala mensal que melhor evidencia as excepcionalidades climáticas com os casos de tuberculose, visto que no registro da

doença dura cerca de 3 semanas os sintomas iniciais e a busca por um serviço de saúde, logo a escala diária não explicaria o processo saúde-doença em sua totalidade, assim como as médias anuais suprimiriam os detalhes da análise têmporo-espacial com os dados climáticos.

O presente projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto de Ciências Humanas e Letras – ICHL (UFAM) sob CAAE: 26728919.5.0000.5020 e encaminhado para Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), sendo aprovado em 15/12/2019 através do parecer 3.772.432 da CONEP (em anexo).

A pesquisa possui como plano de análise o Sistema Ambiental Urbano proposto por Mendonça (2004) a fim de compreender os riscos e vulnerabilidades associadas à Tuberculose. O período de análise, tanto para as variáveis climáticas quanto para a os casos confirmados de TB, correspondeu ao período de 2007 a 2018, a escolha por este período refere-se à disponibilidade dos dados, o ano de 2007 foi o ano de implantação do Programa de Controle e Combate a TB na cidade de Manaus, a padronização com as demais variáveis que compõe a presente pesquisa.

Foram calculadas estatísticas descritivas das médias das duas últimas normais climatológicas da cidade de Manaus; os dados também foram organizados de acordo com a sazonalidade da região (Período Chuvoso e Período Seco) a fim de compreendermos quais meses a TB chega a ser mais intensa na cidade e associar isso a outros determinantes.

Os dados utilizados para o mapeamento nesse artigo consistem nas médias dos casos mensais, organizados a partir de planilhas do Excel, a fim de identificar os bairros com maior média de casos confirmados por TB nos anos de 2007 a 2018. Em seguida, foi aplicado os parâmetros estatísticos de soma e média, para a padronização das planilhas dos dados obtidos por meio do site da SerieView esses foram trabalhados e finalizados em uma sequência de dados anuais no software ArcGis10.3.

Também foi realizado um levantamento sobre os principais métodos aplicados aos estudos de saúde e doença, e a partir desses definiu-se utilizar a Correlação de Pearson ( $r$ ) para identificar o grau de correlação entre uma variável e outra e o Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) para analisarmos o poder de explicação das variáveis climáticas em relação a TB. Para a análise das relações existentes entre variáveis dependentes (climática e da doença) realizaram-se os cálculos concernentes ao coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ). Nesse sentido Pontes (2016, p 15) corrobora:

Uma vez que o ambiente externo se compõe de diversas variáveis climáticas e que elas raramente agem de modo independente obre o organismo humano, e é em sua combinação que se deve buscar explicações para as reações orgânicas (PONTES, 2016, p. 15).

Desse modo, a correlação corresponde à associação de duas variáveis ou mais. Para Moore (2007), “A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas”. O coeficiente de Pearson é representado pela letra “r” cuja

variação é estabelecida mediante valores entre -1 e 1 sistematizados no quadro 1, no qual os critérios consistem:

- $r = 1$  Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis;
- $r = -1$  Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis - Isto é, se uma aumenta a outra sempre diminui.

Organizados em planilhas mensais no programa Excel os dados climáticos um por vez, juntamente com os dados de tuberculose, foram inseridos por meio de "Script", no programa Sigma Plot 14. Consiste em um software com desenvolvimento integrado para análises estatísticas e também gera o nível de significância das variáveis ( $p$  valor = 0,05).

Os gráficos de coeficiente de determinação também foram gerados e editados neste programa. Foi aplicada a linha de tendência linear, onde mostra o  $R^2$ = coeficiente de determinação. Isto é, o quanto o  $R^2$  explica a variável Y, neste caso, o quanto as variáveis (pluviosidade, temperatura máxima, mínima e média, umidade) explicou os casos de Tuberculose em Manaus.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com dados disponibilizados pela Secretária de Municipal de Saúde (2020), as Figuras 03, 04 e 05 ilustram o número de casos confirmados de Tuberculose em Manaus e as variáveis climáticas (Temperatura, umidade e pluviosidade) nos anos de 2007 a 2018.

Em relação às variáveis climáticas durante os maiores registros da Tuberculose nos anos de 2007 a 2012, foi possível identificar uma sazonalidade no regime das chuvas nos quatro primeiros meses com chuvas entre 145,9 mm a 351,4 mm. A temperatura mínima durante este período foi de 24,3 – 25 °C, média entre 26,5 – 28,5 °C, máxima entre 31 e 34,3 °C e umidade em torno de 70 e 90%. Nos anos 2013 a 2018 foi encontrado as mesmas condições pluviométricas, porém com menos registros das interações. A temperatura mínima foi de 24 – 26 °C, média de 27 – 29,5 °C e com maior oscilação na temperatura máxima (31 e 37 °C) o que explica a baixa da umidade e nesse mesmo período (65 – 85 %).

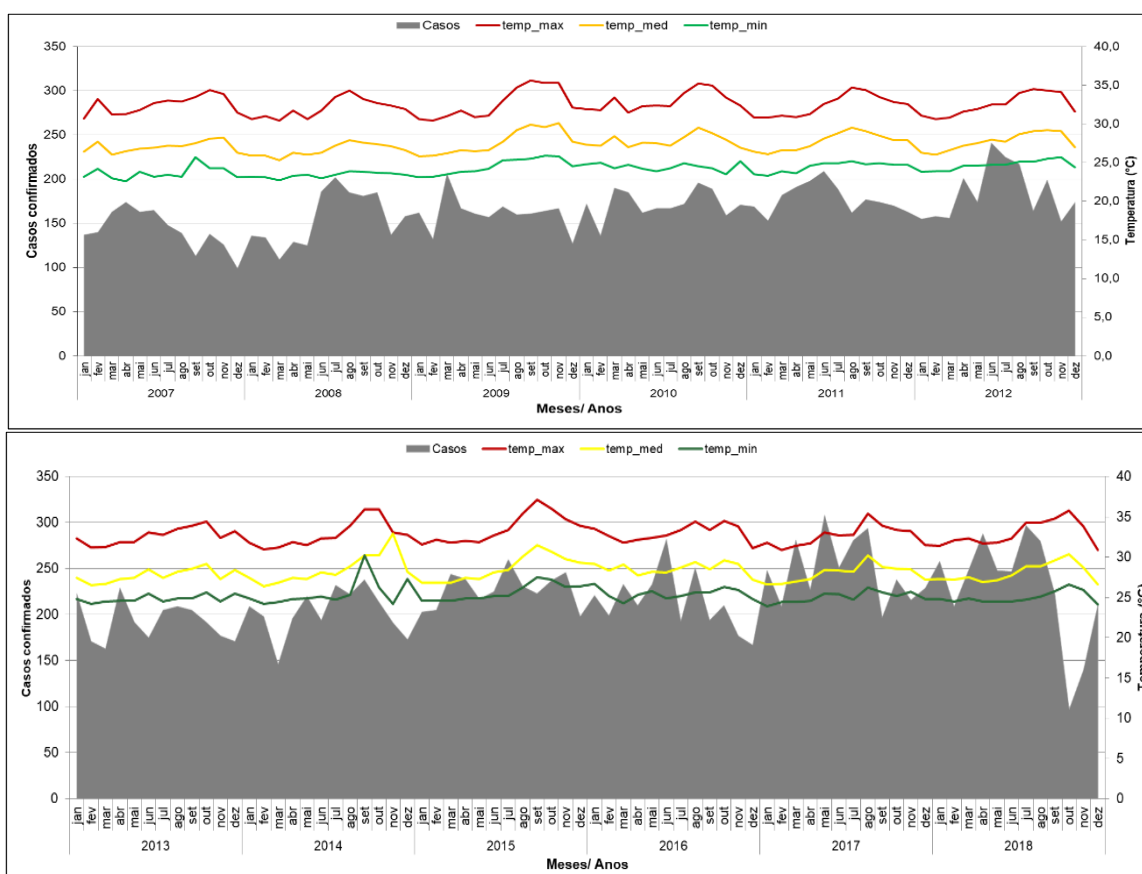
Neste sentido, o clima pode atuar como um condicionante no processo saúde-doença, sendo um fator primordial a ser considerado nos planejamentos de saúde. Assim, corroboram Aleixo e Sant'Anna Neto (2017, p.99):

Desta maneira, o tempo e o clima são condicionantes da saúde, é necessária a compreensão dos fatores socioespaciais, políticos, culturais e biogeográficos para análise da complexa relação que se estabelece na configuração do processo saúde-doença. No que tange à interação dos indicadores, os mesmos podem oferecer subsídios às atividades de planejamento, monitoramento, prevenção das doenças e agravos condicionados pelos diferentes tipos de tempo e pela produção desigual do espaço urbano (Sant'anna Neto, 2017, p.99).



Na Figura 04 identificamos a relação entre os casos confirmados e as médias de temperatura (máxima, média, mínima), as temperaturas oscilaram entre 25 a 35 °C. As temperaturas máximas, mínimas e médias apresentaram uma estabilidade entre os meses de janeiro a julho, tendo uma elevação nos meses de setembro e outubro e decresce em novembro e dezembro.

Nos anos de 2007 a 2018 é possível destacar quatro “picos” da doença, quando analisarmos a relação da temperatura e o número de casos no respectivo mês. Em 2008, mês de julho com 202 casos de TB com temperaturas entre mínima de 23,4°C e máxima de 33,5°C. No ano de 2012, mês de junho com 241 casos e temperatura mínima de 24,7°C e máxima de 32,5°C. Em 2017 mês de maio com 308 casos e temperatura mínima entre 25,5°C e máxima de 33,1°C. Já em 2018, no mês de julho com 297 casos com temperatura mínima entre 24,7 e máxima de 34,3°C.

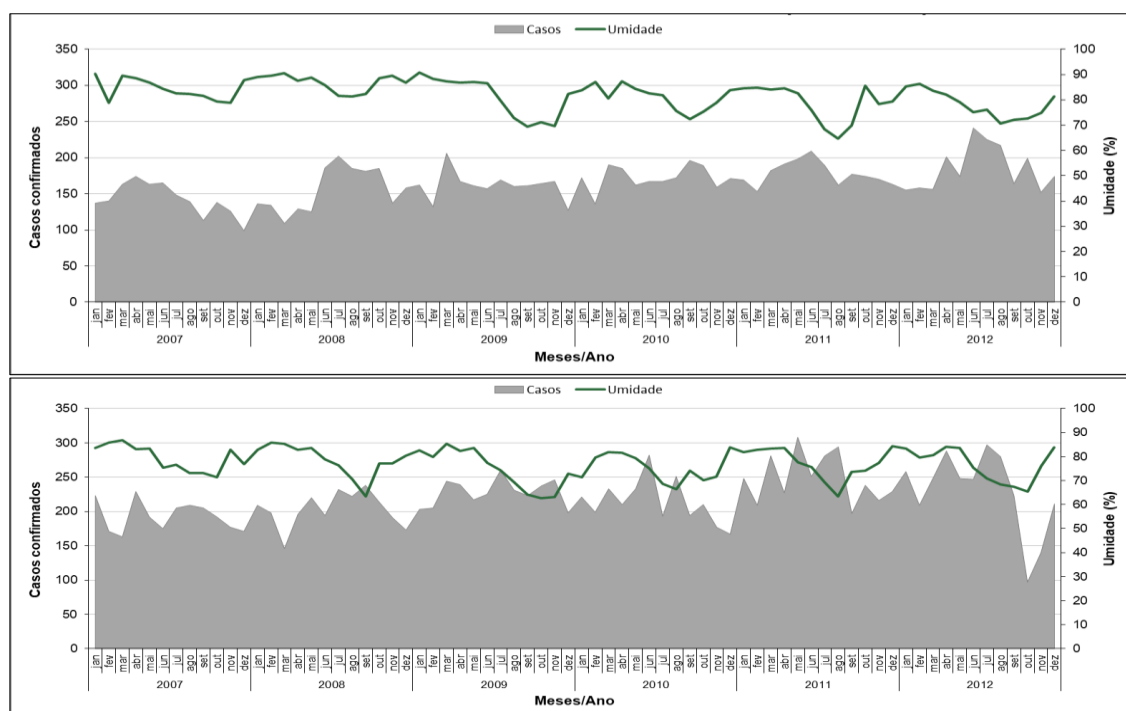


**Figura 04.** Temperatura e Tuberculose em Manaus- AM (2007 a 2018).

**Fonte:** INMET e SEMSA, (2020).

A partir das análises, dos picos de casos de tuberculose e as condições térmicas nos determinados meses, podemos identificar que nos meses de maio a julho ocorrem as maiores quantidades mensais de casos sob condições de temperatura mínima de 23,5°C e máxima de 33,5°C.

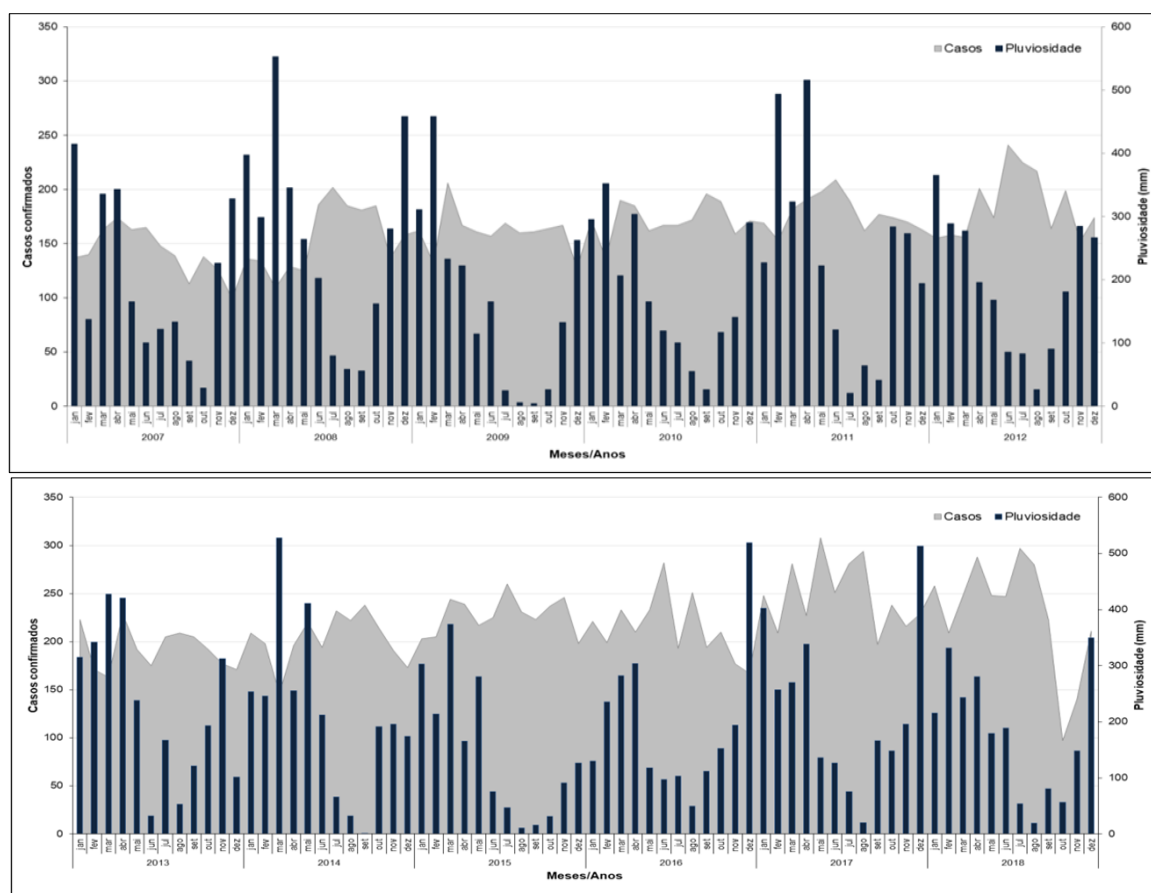
Na Figura 05 identificamos a relação entre os casos confirmados e a Umidade relativa do ar cuja oscilação foi entre 63 a 91%, com desvio padrão de 5,0 °C. A umidade relativa mostrou uma estabilidade de 85% entre os meses de janeiro a maio e diminuiu para 60% em junho e 70% nos meses de setembro e outubro e aumenta para 80% em dezembro.



**Figura 05.** Umidade relativa do ar e Tuberculose em Manaus (2007 a 2018)  
**Fonte:** INMET e SEMSA, (2020).

Na análise da relação entre a umidade relativa do ar e os casos de Tuberculose, foram destacados três picos da doença com a umidade entre 62 a 75%. Em 2012, mês de junho foram 241 casos com umidade 75%; em 2015, foram 237 casos com umidade de 62%; no ano de 2017 foram 294 casos com umidade de 63,3%.

A respeito da caracterização pluviométrica, em um detalhamento mensal para os anos de 2007 a 2018, percebe-se que as chuvas seguem um padrão de comportamento, não havendo tendência significativa em relação ao aumento ou diminuição da chuva na série investigada. Entretanto, ocorre uma concentração de chuvas no primeiro semestre do ano, o que é considerado habitual na cidade (Figura 06).



**Figura 06.** Pluviosidade e Tuberculose em Manaus- AM (2007 a 2018).

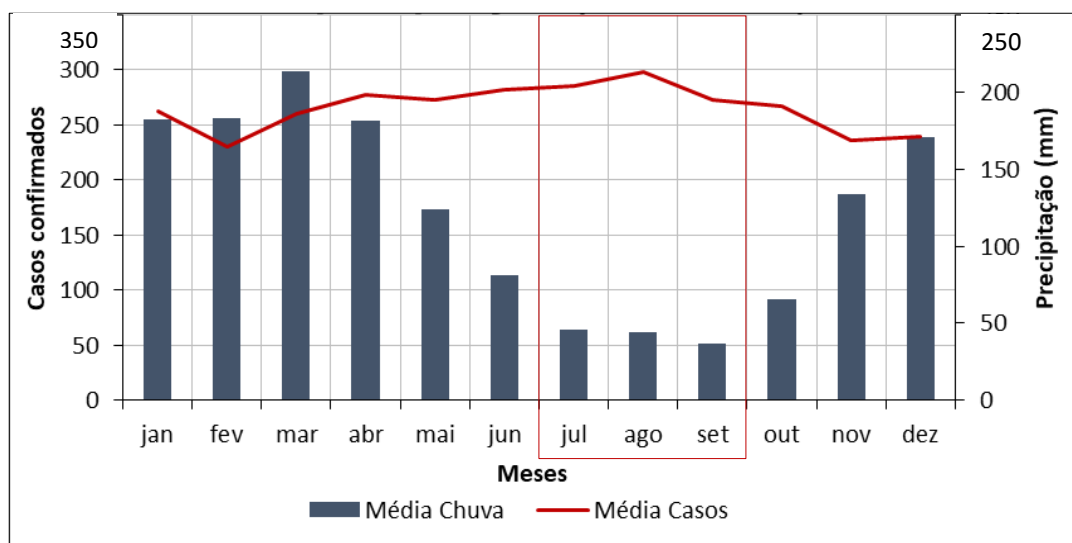
**Fonte:** INMET e SEMSA, (2020).

Na análise da relação entre a pluviosidade e os casos de Tuberculose, foram destacados três picos da doença com a pluviosidade entre 349,4 a 528 mm. Em 2011, mês de abril foram 191 casos com cerca de 520 mm. Em 2015, foram 237 casos com umidade de +/- 62%. No ano de 2017 foram 294 casos com umidade de +/- 63,3%.

No entanto, os meses que apresentaram menor chuva foram julho, agosto e setembro. Sendo em agosto de 2009, 2015 e 2018 os menores índices pluviométricos registrados 5.4 mm (160 casos), 10.7 mm (231 casos) e 19.5 (280 casos), respectivamente.

De acordo com a Figura 06, é possível identificar que, as ocorrências de tuberculose são constantes e elevadas durante os anos analisados (2007 a 2017), no entanto, as altas das notificações se concentraram nos meses de dezembro a abril, e nos meses de maio a novembro notou-se uma diminuição brusca da doença.

Os casos de tuberculose quando relacionados com as médias mensais de chuvas, foi identificado à relação inversa nos meses de menor pluviosidade, julho, agosto e setembro, são também os meses com maior média de casos de Tuberculose (Figura 07). Durante os meses de janeiro a abril identificamos uma baixa amplitude nos casos tendo uma leve oscilação nos totais de casos mensais, sendo fevereiro o mês com menor com 235 casos.

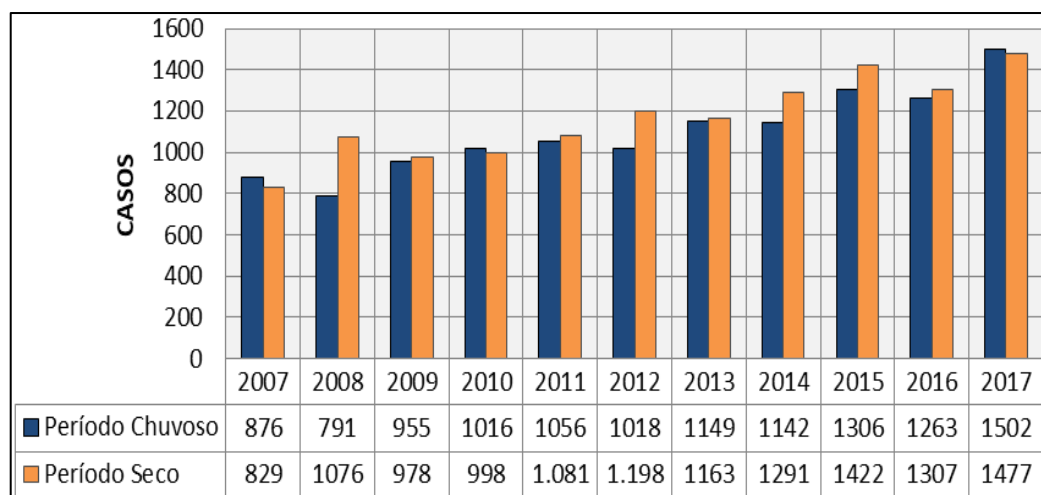


**Figura 07.** Média mensal dos casos de Tuberculose e precipitação mensal (2007 – 2017).  
**Fonte:** INMET e SEMSA, (2020).

A respeito da distribuição temporal da tuberculose, há de considerar outro fator, o conhecimento dos sintomas e sua manifestação implicando diretamente na busca por serviço de saúde. De acordo com a FVS (2020, p.10) os meses de dezembro, janeiro e fevereiro há uma diminuição em relação aos demais meses devido à procura pelo serviço de saúde que durante esses meses festivos, fazer testes para possível tratamento não são prioridades. No mês de março, é possível identificar um aumento nos casos em que são intensificadas as atividades e a busca ativa dos doentes, muito já automedicado para outras patologias e com quadro clínico agravado.

A Figura 08 ilustra a distribuição temporal dos casos confirmados de Tuberculose nos anos de 2007 a 2017 a partir dos períodos chuvoso e seco. No período chuvoso, os casos confirmados oscilaram entre 978 a 1480 casos, com maior intensidade nos primeiros meses do ano, quando comparado ao período seco, identificamos um aumento na amplitude de casos, tornando-se o período com maior quantidade de casos, variando de 1.163 a 1.447 casos.

A tuberculose apesar de ser uma doença na cidade de Manaus recorrente ao longo dos anos e durante o ano pode identificar que é uma doença que não possui sazonalidade diferenciada no período chuvoso e no período seco, mas ela ocorre durante todo o ano. Ferreira (2003, p.24) corrobora que a Tuberculose apesar de estar presente em todo o globo, afirma que a tuberculose possui uma maior carga endêmica e epidêmica em países tropicais, em que um conjunto de condições climáticas e biogeográficas associadas a fatores culturais, sociais e econômicos são responsáveis pela manutenção e agravamento dela.



**Figura 08.** Distribuição temporal dos casos confirmados de Tuberculose (2007-2017).  
**Fonte:** SEMSA, 2020.

Embora os meses do período chuvoso apresentem menor quantidade de casos em relação aos meses do período seco, é importante salientar que o espaço de tempo entre a infecção pelo bacilo infectante e o aparecimento do quadro clínico varia, em geral de 4 a 12 semanas (FIOCRUZ, 2017, p. 24), o período de incubação ocorre em até 03 meses na pessoa para detecção das lesões primárias e desenvolvimento dos sintomas, dependendo da resposta imunológica e vulnerabilidade de cada indivíduo.

Vale ressaltar, que segundo os dados disponibilizados pela SEMSA (2020), por meio das fichas de confirmação da doença, que o período de incubação da doença tem apresentado uma redução gradativa nos últimos anos, em que o período entre a manifestação e agravamento dos sintomas em um indivíduo com TB portador de uma infecção latente (primária) tem sido em menor temporalidade além de um aumento nas comorbidades em jovens de 20 a 29 anos e adultos.

O quadro 01 ilustra a correlação entre a temperatura (máxima, mínima e média), a precipitação e a umidade relativa do ar com os casos de tuberculose entre os anos de 2007 a 2018 na obtenção do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e no coeficiente de Determinação ( $r^2$ ). Para isso, utilizaram-se os totais mensais das variáveis climáticas e dos casos de tuberculose do período analisado, conforme o Quadro 01. Por meio dos resultados, foi possível identificar correlações significativas estatisticamente com  $p\text{-value} < 0,05$ , ou seja, as variáveis se associam ao aumento ou diminuição dos casos de TB, embora sejam fracas. Sendo a temperatura (mínima, média e máxima) as que apresentaram melhor correlação significativa e positiva, respectivamente ( $r = 0,3; 0,2$  e  $0,1$ ). Já as variáveis umidade e pluviosidade foram também significativas, porém, fracas. No qual, os meses com menor umidade e precipitação tem correlação com o número de casos mensais de TB ( $r = -0,3$  e  $0,2$ , respectivamente).

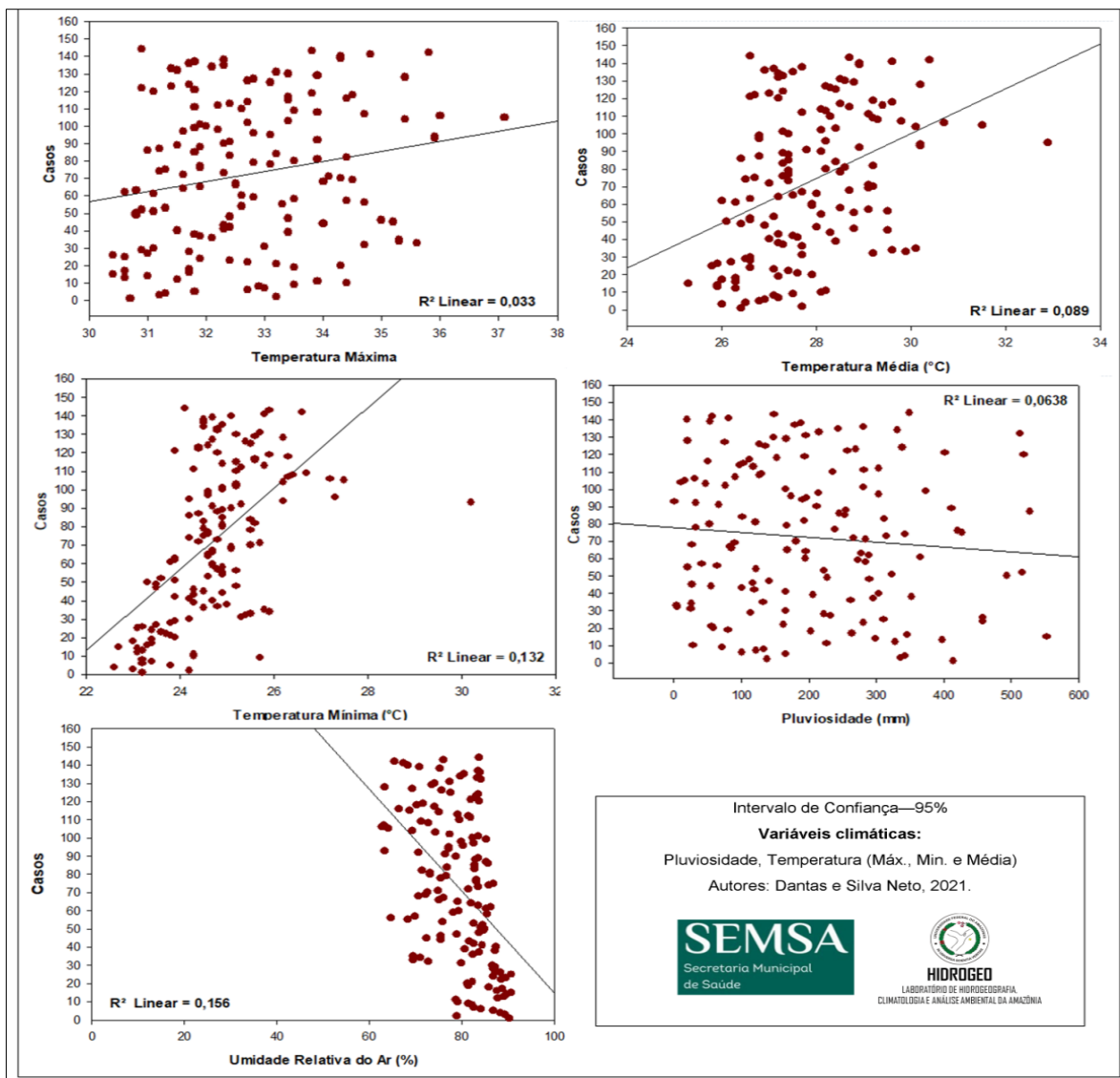
Variáveis	Correlação de Pearson (r)	P < (0,05)
Casos confirmados TB	1	0,0
Precipitação	-0,253	0,002
Temperatura Máxima	0,186	0,025
Temperatura Média	0,295	0,000
Temperatura Mínima	0,364	0,000
Umidade	-0,395	0,000

**Tabela 01.** Correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas

**Fonte:** autores, 2021.

A Figura 09 ilustra os resultados obtidos através da regressão linear simples obtida por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que é o poder explicativo de uma variável em relação à outra, sendo possível constatar que a umidade foi a que apresentou maior poder de explicação:  $R^2 = 0,15$  (maior do que a pluviosidade com  $R^2 = 0,06$ ) o que correspondeu a 5,8% dos casos confirmados de TB. Em seguida, a temperatura mínima:  $R^2 = 0,13$  (4,7%), assim como a temperatura máxima  $R^2 = 0,08$  (1,3%) e média  $R^2 = 0,06$  (0,8%), porém, ambas com significância estatística baixa.

Magalhaes (2015), com estudos sobre os casos de tuberculose na população de rua em Pelotas (RS), encontrou resultados mais significativos na correlação dos casos de tuberculose com a umidade do ar do que com as demais variáveis, com poder explicativo de 10,4%, evidenciando uma influência estatística maior na propagação da tuberculose entre as variáveis climáticas. Os valores menos satisfatórios apresentados pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), indicam que essas variáveis climáticas não foram suficientes na predição da doença, devendo considerar-se que outras variáveis importantes estejam relacionadas ao seu desenvolvimento, como as condições socioeconômicas, comportamentais, ambientais e qualidade de vida da população (PONTES et al., 2016, p.37).



**Figura 09.** Gráficos de dispersão ente casos de TB e variáveis climáticas analisadas.  
**Fonte:** autores, 2021.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu identificar e analisar a relação da dinâmica climática com a Tuberculose no município de Manaus, sendo possível identificarmos correlações significativas estatisticamente com  $p\text{-value} < (0,05)$ , ou seja, as variáveis se associam ao aumento ou diminuição dos casos de TB. Sendo a temperatura (mínima, média e máxima) que apresentaram melhor correlação significativa e positiva e um maior poder explicativo em relação a aumento dos casos de Tuberculose, respectivamente ( $r = 0,3$ ;  $0,2$  e  $0,1$ , respectivamente). Já as variáveis umidade e pluviosidade foram também significativas, porém, fracas. No qual, os

meses com menor umidade e precipitação tem correlação com o número de casos mensais de Tb ( $r = -0,3$  e  $0,2$ , respectivamente).

Foi identificado com base nos dados disponibilizados pelo INMET no período analisado, os casos de Tuberculose na cidade ocorrem durante todo o ano, em que podem ser identificadas sua distribuição por sazonalidade, sendo mais intenso no período seco que correspondem ao “verão amazônico”, principalmente nos meses de julho a setembro.

A presente pesquisa apresentou avanços na análise das variáveis meteorológicas associadas ao processo saúde-doença da Tuberculose em escala local. Esta pesquisa objetivou compreender as influências das variáveis meteorológicas nos casos de tuberculose na cidade de Manaus, e sua potencialização junto com outros determinantes socioambientais, do aumento da incidência da doença.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretária Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA) pelo fornecimento dos dados de ocorrência da doença; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de Bolsa de mestrado; a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela estrutura para este trabalho; e ao Laboratório de Hidrogeografia e Climatologia da Amazônia pela parceria e estruturas materiais e contribuições teóricas metodológicas.

## REFERÊNCIAS

ALEIXO, N. C. R., SILVA NETO, J. C. A., ALVES, C. DE S., & FIGUEIRA FILHO, A. (2021). Ilhas de calor em Cidade de Pequeno Porte na Amazônia Brasileira: Análise de Uarini-AM. **Revista Geoaraguaia**, 11(Especial), 166-186. Recuperado de <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12072>.

BOLLIN, C. **Incorporar la gestión del riesgo en la planificación territorial**. Guia preliminar para el nivel municipal. 1 versão, 2007.

CORRÊA, Roberto Lobato. Organização Regional do Espaço Brasileiro. In: **Trajetórias Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 3ª ed. p. 197-210.

DATASUS. **Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – Ministério da Saúde**. Acesso em: 03 abr. 2021

FERREIRA, L. A multilevel analysis of tuberculosis associated factors. **Rev Salud Pública**. 2003.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **Boletim Epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde, v. 46, n. 9, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos demográficos**. 2010. disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/demograficos/sociais/populacao.html>>. Acesso: 02/08/19.



IBGE. **Atlas municipal de Manaus**. Amazonas: IBGE, 2021.

IPCC -**Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry, O. F. Canziani, J.P. Palutikof, P. J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 2007, UK, 976pp.

MENDONÇA, F. S.A.U. – Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004.

MOORE, D. S. *The Basic Practice of Statistics*. New York, Freeman. 2007.

NOGUEIRA, A. C. F. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **O controle Mundial de Tuberculose**. Genebra: OMS, 2017.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Global tuberculosis report 2021**. Genebra: OMS, 2021

PONTES, Catherine Copas et al. Efeitos do clima na saúde: Análise das internações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa – PR (influence of climate on human health: analysis of hospitalizations over pneumonia for children under five years old in ponta grossa/pr). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 18, out. 2016. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/43444>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

PNUD. **Relatório Sintético das regiões brasileiras** PNUD: 1960-2022. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/pdf/Rel%20Sint%20Ativ%20PNUD%20BR%201960\\_2022.pdf](http://www.pnud.org.br/pdf/Rel%20Sint%20Ativ%20PNUD%20BR%201960_2022.pdf)> Acesso em: 01 mar 2022.

ROUQUAYROL, M.Z e GOLDBAUM, M. Epidemiologia, História Natural e Prevenção de doenças. In: ROUQUAYROL, M.Z. **Epidemiologia & Saúde**. 6. ed. Rio de Janeiro. MEDSI, 2013.



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