UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGEO/UEMA

BRENDA SOARES DA SILVA NUNES DA COSTA

VARIABILIDADE HIDROCLIMÁTICA, VULNERABILIDADES AMBIENTAIS E IMPACTOS NAS MORBIDADES POR DOENÇAS DIARREICAS AGUDAS NO MUNICÍPIO DE BACABAL (MA)

São Luís – MA
2025

BRENDA SOARES DA SILVA NUNES DA COSTA

VARIABILIDADE HIDROCLIMÁTICA, VULNERABILIDADES AMBIENTAIS E IMPACTOS NAS MORBIDADES POR DOENÇAS DIARREICAS AGUDAS NO MUNICÍPIO DE BACABAL (MA)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo), da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Priscilla Venâncio Ikefuti
Linha de Pesquisa: Dinâmica da Natureza e Conservação

São Luís – MA
2025

Costa, Brenda Soares da Silva Nunes da.

Variabilidade Hidroclimática, Vulnerabilidades Ambientais e impactos nas morbidades por Doenças Diarreicas Agudas no município de Bacabal (MA). / Brenda Soares da Silva Nunes da Costa. – São Luís (MA), 2025.

206 p.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço- PPGEO UEMA) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientadora. Profa. Dra. Priscilla Venâncio Ikefuti.

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

BRENDA SORARES DA SILVA NUNES DA COSTA

VARIABILIDADE HIDROCLIMÁTICA, VULNERABILIDADES AMBIENTAIS E IMPACTOS NAS MORBIDADES POR DOENÇAS DIARREICAS AGUDAS NO MUNICÍPIO DE BACABAL (MA)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo), da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em: **28 / 08 / 2025**

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
PRISCILLA VENANCIO IKEFUTI
Data: 12/11/2025 11:23:10-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Priscilla Venâncio Ikefuti
Universidade Estadual do Maranhão – PPGEO
(Orientadora)

gov.br Documento assinado digitalmente
NATACHA CINTIA REGINA ALEIXO
Data: 30/10/2025 12:33:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Natacha Cíntia Regina Aleixo
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
(Examinador Externo)

gov.br Documento assinado digitalmente
JOSE AQUINO JUNIOR
Data: 13/11/2025 10:48:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Aquino Junior
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
(Examinador Externo)

Dedico este trabalho ao meu Deus, o todo poderoso e por sua infinidade bondade. E in memoriam à minha avó Erotilde Soares, por todos os seus ensinamentos, acolhimento e amor. Aos meus pais, irmão e ao meu esposo por serem o meu porto seguro nessa caminhada. Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

Fazer pesquisa é uma jornada que envolve muitas pessoas ao longo da caminhada, mas é certo que, às vezes, o caminho também é solitário: nas madrugadas afins e na escrita a se debruçar. Decerto, também não poderia concluir esta dissertação sem agradecer a todos aqueles que me ajudaram a finalizar este trabalho.

Primeiramente, quero agradecer a Deus pela oportunidade de ter conseguido ingressar e concluir o mestrado. Sem Deus, não seria possível, pois Ele foi a minha força, o meu refúgio e me concedeu sabedoria para terminar essa dissertação. *"Ebenézer! Até aqui me ajudou o Senhor!"*.

Quero também agradecer aos meus pais, José Ribamar e Rosemery Soares, e ao meu irmão, Jhonatan Soares, pelo amor, carinho, afeto, motivação e correções (elas fazem parte do processo de amadurecimento). Vocês foram essenciais nessa jornada; foram a minha maior força para não desistir diante das adversidades da vida. Muito obrigada!

Ao meu esposo, Pedro Henrique, meu companheiro de longas datas, que já me acompanha desde a minha insistência nos processos seletivos de acesso ao curso superior. Sou grata pela sua vida, pois sempre esteve comigo em todos os momentos, na alegria ou na tristeza. Sempre foi meu grande motivador, acreditou mais em mim do que eu mesma. Obrigado pelo teu apoio, pelos ombros para chorar e por sorrir comigo nos momentos de vitória.

À minha avó, Erotilde Soares (*in memoriam*), louvo a Deus por ter convivido com você. Foi a mulher que me ensinou os valores da vida e me mostrou que a educação transforma o mundo e as pessoas. Você enxergou além dos olhos físicos e viu que era possível eu mudar a minha vida por meio dos estudos, quando eu ainda era uma menina descabelada, que vivia no interior com os pés descalços. Você quem me trouxe para a "cidade grande" e, desde então, os sonhos se tornaram possíveis.

À minha tia Leide Francisca, que, mesmo de longe, me incentivou e me ajudou a lutar pelos meus objetivos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Priscilla Venâncio Ikefuti. Como sou grata por todos os ensinamentos compartilhados e por toda a sua dedicação em me ajudar. Você é uma excelente professora e orientadora, como costumo te chamar carinhosamente, "a gênio do Rstudio". Você foi o meu principal suporte para a conclusão da dissertação. Obrigada pela oportunidade, por confiar no meu trabalho, pela amizade, pelos incentivos e pelo apoio nessa caminhada. Gratidão!

Expresso também meus agradecimentos aos meus amigos da pós-graduação, em especial à turma do PPGeo de 2023, com quem compartilhei diversos momentos de aprendizado nas disciplinas, rodas de conversa e em eventos. Foi uma honra ser representante de turma de vocês; agradeço a confiança dada.

Aos meus amigos da pós-graduação, Lucas Carvalho, Leticia Moura, Jaicia Ramos, Alessania e Jardilena, por partilharem nossas alegrias, angústias, dúvidas, dicas e trabalhos de campo ao longo do mestrado.

À minha amiga Luecia Costa, pelas longas conversas e risadas nos laboratórios da UEMA, e pelas figurinhas trocadas sobre nossos dramas.

Ao meu amigo Wellington Silva, por momentos de pesquisa compartilhados e pela oportunidade de ir aos campos da sua área de estudo, sua amada Santana do Maranhão. Pelo seu incentivo e amizade, você foi um grande amigo que o mestrado me concedeu.

Às colegas Brenda Graziela, Deuzanir Amorim e Leticia Moura, pela ajuda nos trabalhos de campo, os quais foram importantes no processo de coleta dos dados em Bacabal.

Ao Prof. Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias, pelo apoio, conselhos e incentivos desde a graduação até o mestrado. Além de professor, um grande amigo que a universidade me permitiu conhecer.

À minha amiga Allana Pereira, por compartilhar seus conhecimentos e sua amizade.

Aos meus pastores Raimundo França e Cláudia Lisboa, Raimunda Lopes, Rosa, Niltilene Ferreira e Maria Odete (minha sogra) pelas orações e conselhos.

À Nana Alves, secretária do PPGeo, por toda sua dedicação a cada aluno do programa, pela preocupação, pelos conselhos, puxões de orelha e por fazer parte da nossa história. Por cada mensagem de lembrete deixada no WhatsApp, pelas orientações quanto aos prazos e até nas apresentações de trabalhos. Obrigada pela sua amizade, compromisso e carinho!

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo), que contribuíram para o nosso crescimento profissional e científico, em especial à Profa. Dra. Priscilla Ikefuti, ao Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos, ao Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra, ao Prof. Dr. Arilson Bezerra e à Profa. Dra. Melina Fushimi. Agradeço pelos conselhos ministrados em sala de aula e fora dela, assim como pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Defesa Civil de Bacabal, na pessoa do coordenador Leonardo Cutrim e equipe técnica, pelo auxílio no trabalho de campo e pela ajuda com informações pertinentes à pesquisa.

À equipe técnica da empresa de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Bacabal, por nos receber e fornecer informações e dados do município, os quais foram importantes para nossas análises.

Agradeço a cada morador da cidade de Bacabal que contribuiu, de alguma forma, nesta pesquisa, abrindo as portas de sua casa e compartilhando um pouco da sua história. À dona Francisca, uma senhora tão carismática, mas marcada pelas perdas da vida, que vivia às margens do Rio Mearim, e precisou sair às pressas de casa ao ver as águas invadirem sua residência enquanto velava o esposo na sala. Ao seu Joca, meu "motorista de fuga" durante as atividades de campo, um jovem senhor destemido que não mediu esforços para ajudar uma "jovem sonhadora", como ele mesmo dizia. Ao seu Edivan, jovem trabalhador da igreja católica da cidade, que me ajudou com informações sobre os desabrigados pelas enchentes e me auxiliou, mesmo sem me conhecer. A pesquisa nos permite conhecer novas pessoas e criar laços significativos.

À banca examinadora, composta pela Profa. Dra. Natacha Cíntia Regina Aleixo, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), e pelo Prof. Dr. José Aquino Junior, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pelo aceite em participar da banca de avaliação e defesa, bem como pelas contribuições pertinentes a este trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), pelo apoio financeiro, por meio da concessão da bolsa de mestrado, e pelo suporte estrutural à realização desta pesquisa, bem como pelas ajudas de custo concedidas para a apresentação de trabalhos em eventos científicos.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão desta pesquisa e para a realização do meu sonho, o meu muito obrigada!

"Confia ao Senhor as tuas obras, e teus pensamentos serão estabelecidos".
*(**Provérbios 16:3**)*

RESUMO

As Doenças Diarreicas Agudas (DDA) configuram-se como grave problema de saúde pública no Brasil. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência de variáveis climáticas, hidrológicas, índices climáticos (ENOS) e condições socioambientais sobre os casos de doenças diarreicas no município de Bacabal para o período de 2009 a 2023. Para isso, foram considerados dados climáticos das estações meteorológicas do INMET e CEMADEN e cota do rio da estação da ANA. Os dados de doenças diarreicas foram obtidos no SIVEP-DDA do Ministério da Saúde. Já os indicadores socioambientais foram extraídos do Censo Demográfico de 2022 (IBGE). O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda foi elaborado com base nos dados do IBGE (2022), utilizando a metodologia proposta por Sampaio (2012) e Castro (2021), e espacializada no QGIS v.3.34. Foram realizados três trabalhos de campo na área de estudo, com diferentes finalidades: coleta de amostras de água em áreas atingidas por inundações e validação do mapa de IVS à Diarreia Aguda. A análise estatística foi realizada no software RStudio, sendo aplicadas às variáveis a Correlação de Pearson e a Regressão Múltipla. Os resultados indicaram que, de 2009 a 2023, foram registrados 27.740 casos de DDA em Bacabal. A faixa etária mais acometida foi a de pessoas acima de 10 anos (38%), seguida da faixa de 1 a 4 anos (31%). O resultado da Correlação de Pearson mostrou que as variáveis umidade do ar ($r = 0,32$), precipitação ($r = 0,24$) e cota do rio ($r = 0,28$) apresentaram os maiores valores de correlação positiva. Por outro lado, a Tmáx média apresentou correlação negativa fraca ($r = -0,17$). O cálculo do Modelo 1 da Regressão Múltipla apresentou $R^2 = 0,1192$, indicando que as variáveis utilizadas no modelo (umidade do ar, Tmínd, precipitação e cota do rio) explicam em 11,92% os casos da doença. Quanto aos índices climáticos, a precipitação e a umidade do ar obtiveram correlação positiva forte com a região do Niño 1.2 ($r = 0,73$) e ($r = 0,69$), respectivamente. A Tmáx assinalou correlação negativa moderada com a região Niño 1.2 ($r = -0,52$) e a Tmín obteve correlação moderada com a região Niño 4 ($r = 0,42$). Para os casos de internação por diarreia, a maior correlação foi com a região Niño 1.2 ($r = 0,19$), embora considerada fraca, mas considerado resultado importante para a análise. A análise microbiológica da água apontou elevados níveis de coliformes totais (>2.400 NPM/100 ml) e a presença da *Escherichia coli* (*E. coli*) em todos os pontos investigados, sendo os pontos P01 e P04 os mais críticos. O mapeamento do IVS à Diarreia Aguda apontou que as áreas classificadas como média a muito alta vulnerabilidade estão situadas na zona rural do município. As áreas classificadas como baixa a muito baixa vulnerabilidade são as que estão inseridas dentro do limite da zona urbana. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho foram considerados satisfatórios, destacando que pode haver uma correlação entre os casos de doenças diarreicas, variáveis hidroclimáticas e índices climáticos. Ainda, as condições precárias de saneamento básico foram consideradas fatores de vulnerabilidade para a doença.

Palavras-chave: Clima e Saúde; Variabilidade Hidroclimática; Doenças Diarreicas; Bacabal (MA).

ABSTRACT

Acute Diarrheal Diseases (ADD) are a serious public health problem in Brazil. In this context, this research aimed to analyze the influence of climatic and hydrological variables, climate indices (ENSO), and socio-environmental conditions on diarrheal disease cases in the municipality of Bacabal for the period 2009 to 2023. For this purpose, climatic data from INMET and CEMADEN meteorological stations and river elevation data from the ANA station were considered. Diarrheal disease data were obtained from the Ministry of Health's SIVEP-DDA. Socio-environmental indicators were extracted from the 2022 Demographic Census (IBGE). The Socio-environmental Vulnerability Index (IVS) for Acute Diarrhea was developed based on IBGE data (2022), using the methodology proposed by Sampaio (2012) and Castro (2021), and spatialized in QGIS v. 3.34. Three field studies were conducted in the study area, each with different objectives: collecting water samples from flood-affected areas and validating the Acute Diarrhea IVS map. Statistical analysis was performed using RStudio software, applying Pearson's Correlation and Multiple Regression to the variables. The results indicated that, from 2009 to 2023, 27,740 ADD cases were recorded in Bacabal. The most affected age group was people over 10 years old (38%), followed by those aged 1 to 4 years old (31%). Pearson's correlation showed that the variables air humidity ($r = 0.32$), precipitation ($r = 0.24$), and river level ($r = 0.28$) presented the highest positive correlation values. Conversely, mean Tmax presented a weak negative correlation ($r = -0.17$). The calculation of Model 1 of the Multiple Regression presented $R^2 = 0.1192$, indicating that the variables used in the model (air humidity, Tmind, precipitation and river level) explain 11.92% of the cases of the disease. Regarding the climatic indices, precipitation and air humidity obtained a strong positive correlation with the Niño 1.2 region ($r = 0.73$) and ($r = 0.69$), respectively. Tmax indicated a moderate negative correlation with the Niño 1.2 region ($r = -0.52$) and Tmin obtained a moderate correlation with the Niño 4 region ($r = 0.42$). For cases of hospitalization due to diarrhea, the greatest correlation was with the Niño 1.2 region ($r = 0.19$), although considered weak, but considered an important result for the analysis. Microbiological analysis of the water revealed high levels of total coliforms (>2,400 NPM/100 ml) and the presence of Escherichia coli (E. coli) at all investigated points, with points P01 and P04 being the most critical. The IVS mapping of Acute Diarrhea indicated that areas classified as medium to very high vulnerability are located in the rural area of the municipality. Areas classified as low to very low vulnerability are those within the urban area. Therefore, the results obtained in this study were considered satisfactory, highlighting that there may be a correlation between cases of diarrheal diseases, hydroclimatic variables, and climate indices. Furthermore, poor sanitation conditions were considered a vulnerability factor for the disease.

Keywords: Climate and Health; Hydroclimatic Variability; Diarrheal Diseases; Vulnerabilities; Bacabal (MA).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Taxa de prevalência dos atendimentos por DDA para a região Nordeste em 2023. 25
Figura 2 – Mapa de Localização do município de Bacabal – MA 29
Figura 3 – Representação da estrutura do complexo patogênico de Max Sorre 40
Figura 4 – Tipos de manifestações fisiopsicológicas ocasionadas no homem pela ação de elementos climáticos 40
Figura 5 – Panorama sintético dos efeitos das mudanças climáticas sobre os agravos à saúde 45
Figura 6 – Comportamento da incidência de surtos por doenças infecciosas 51
Figura 7 – Principais formas de transmissão das doenças diarreicas agudas 56
Figura 8 – Praça Nossa Senhora da Conceição 62
Figura 9 – Praça Silva Neto 63
Figura 10 – Antiga usina elétrica municipal 63
Figura 11 – a) Terminal rodoviário; b) Agência do Banco do Brasil; c) Fachada do Mercado; d) Igreja Santa Terezinha 65
Figura 12 – Atuação da ZCIT no Hemisfério Sul. Imagem de satélite do Meteosat-10, referente ao dia 07 de janeiro de 2024 69
Figura 13 – Atuação da ZCIT no Hemisfério Sul. Imagem de satélite GOES, referente ao dia 17 de abril de 2012 69
Figura 14 – Modelo de previsão meteorológica GSF de chuvas para o Maranhão – período de 04 a 11 de março de 2024 70
Figura 15 – Massas de ar que atuam no Brasil e no Maranhão em diferentes épocas do ano .. 71
Figura 16 – Fases do fenômeno ENOS no oceano Pacífico 74
Figura 17 – Regiões de medição da TSM no Oceano Pacífico Equatorial 76
Figura 18 – Áreas das regiões do Niño e exemplo das tipologias do ENOS 78
Figura 19 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa de dissertação 83
Figura 20 – Painel de monitoramento das DDA no Brasil 86
Figura 21 – Mapa de localização das estações meteorológicas e fluviométricas de Bacabal .. 88
Figura 22 – Processo de normalização das variáveis 98
Figura 23 – Exemplo do cálculo para padronização dos dados 99
Figura 24 – Atribuição de pesos empíricos para cada indicador do IVS à Diarreia Aguda ... 100

Figura 25 – Etapa de união dos valores de IVS em Excel com a tabela de atributos do atributos do shp. de setores censitários de Bacabal 102
Figura 26 – Conversa com moradora do bairro Trizidela 103
Figura 27 – Visita ao prédio destinado para as famílias 103
Figura 28 – Processo de coleta e manuseio das amostras de água 104
Figura 29 – Mapa dos pontos de coleta de água em Bacabal – MA 106
Figura 30 – Resultado da coloração na reação enzimática 108
Figura 31 – a) Tipo de aparelho de lâmpada de fluorescência; b) Amostras sob Amostras sob a luz ultravioleta (UV); c) Cartela plástica estéril; d) Tabela de Quanti-tray 2000 109
Figura 32-a) Levantamento de informações *in loco* para validação do mapa de IVS à Diarreia Aguda com o uso de drone. b) Identificação de pontos com descarte irregular de resíduos sólidos 110
Figura 33 – Total de desabrigados e desalojados para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas para o período de 2009 a 2023 118
Figura 34 – Total de desabrigados e desalojados dos municípios do Maranhão em decorrência de desastres naturais para o período de 2009 a 2023 118
Figura 35 – Totais de danos materiais, por categoria, para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas, de 2009 a 2023 119
Figura 36 – Totais de prejuízos públicos, por categoria, para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas, de 2009 a 2023 120
Figura 37 – Reportagem sobre problemas estruturais em abrigo para desabrigados em Bacabal 122
Figura 38 – Reportagem sobre relatos de desabrigados em Bacabal 122
Figura 39 – Reportagem sobre relatos de desabrigados das enchentes em Bacabal no ano de 2023 123
Figura 40 – Famílias em área de risco em Bacabal 123
Figura 41 – Impactos hidrometeorológicos associados à inundação na cidade de Bacabal em 2023 124
Figura 42 – Estrutura de residências comprometidas na Av. Jorge Mendonça, bairro Trizidela, em abril de 2023 124
Figura 43 – Av. Mearim – Centro, em abril de 2024 125
Figura 44 – Moradores resistentes a abandonar casa alagada no bairro Presídio, em abril de 2024 125

Figura 45 – Matriz da Correlação de Pearson para os casos de DDA com as variáveis climáticas 136
Figura 46 – Matriz de dispersão e correlação dos dados de DDA e variáveis hidroclimáticas 137
Figura 47 – Resumo do Modelo 1 da Regressão Linear Múltipla 138
Figura 48 – Matriz de Correlação de Pearson para os casos de internação por diarreia, variáveis climáticas e índices oceânicos 141
Figura 49 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: precipitação e regiões do Niño 142
Figura 50 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: Tmáx e regiões do Niño 142
Figura 51 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: umidade do ar e regiões do Niño 143
Figura 52 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia e regiões do Niño 143
Figura 53 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia, variáveis climáticas e regiões do Niño 144
Figura 54 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia, umidade do ar e regiões do Niño 144
Figura 55 – Gráfico de dispersão dos dados dos índices oceânicos, climáticos e de internação por diarreia 145
Figura 56 – Localização dos pontos de coleta de água 148
Figura 57 – Pessoas em contato direto com água contaminada 149
Figura 58 – Água destinada para o uso doméstico em abrigo na cidade de Bacabal 150
Figura 59 – Estrutura do abrigo e presença de sobras de quentinhas 151
Figura 60 – Água imprópria para o consumo humano 151
Figura 61 – Sistema de lançamento de esgoto improvisado, em residência no bairro Trizidela 152
Figura 62 – Reportagens sobre a falta de água em Bacabal – MA 154
Figura 63 – Ponto de captação de água superficial no Rio Mearim, em Bacabal – MA 154
Figura 64 – A) Outras formas de acesso à água encanada em domicílios de Bacabal; B) Água de coloração inadequada que chega às torneiras pelo sistema SAAE 156
Figura 65 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, com fontes alternativas água, como poços ou cacimba 158
Figura 66 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, em que a água encanada não chega, e outras fontes de abastecimento, como rios, córregos, lagos e igarapés 159
Figura 67 – Bacias de decantação para o tratamento de esgoto no bairro Novo Bacabal 161

Figura 68 – Bacias de decantação para o tratamento de esgoto 162
Figura 69 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo o tipo de destinação do esgoto do banheiro 163
Figura 70 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo o tipo de destinação do esgoto do banheiro (rio, lago e outros) 164
Figura 71 – Exemplo em que o tipo de destinação do esgoto doméstico é o rio, na rua Jorge Mendonça, bairro Trizidela 164
Figura 72 – Área destinada ao descarte incorreto de resíduos sólidos em Bacabal 165
Figura 73 – Área com a presença do chorume e material descartado de forma incorreta 166
Figura 74 – Matéria na internet sobre os problemas causados pelo lixão em Bacabal.. 166
Figura 75 – Catadores de material reciclável no lixão de Bacabal 167
Figura 76 – Total de domicílios, por setor censitário, com lixo depositado em caçamba 168
Figura 77 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo destinação de lixo 169
Figura 78 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo a oferta de banheiros . 171
Figura 79 – Total de domicílios, por setor censitário, que possui apenas sanitário ou buracos para dejeções 172
Figura 80 – Exemplo de banheiro com apenas o sanitário em domicílio no bairro Trizidela. 172
Figura 81– Características dos domicílios, segundo a quantidade de crianças de 0 a 9 anos, e domicílios com oito moradores 174
Figura 82 – Características dos domicílios segundo os critérios de faixa etária de pessoas que não sabem ler e escrever 176
Figura 83 – Totais dos domicílios, segundo os critérios de 60 anos ou mais, que não sabem ler e escrever 177
Figura 84 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda para o município de Bacabal – MA 182
Figura 85 – Pontos de validação, em trabalho de campo, do IVS à Diarreia Aguda na área urbana de Bacabal – MA 183

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estimativa populacional do município de Bacabal (MA) 2007 a 2022 64
Gráfico 2- Comparativo de Precipitação Acumulada mensal (mm) das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal (MA) 72
Gráfico 3- Comparativo de Tmáx Média mensal (ºC), das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal – MA..... 73
Gráfico 4-Comparativo de Temperatura Mínima Média mensal (°C), das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal (MA) 73
Gráfico 5- Variabilidade média mensal de Precipitação, Tmáx e Tmín para Bacabal (MA) de 2009 a 2023 112
Gráfico 6- Anomalia de precipitação acumulada mensal (mm). para o período de 2009-2023 114
Gráfico 7- Anomalia de Temperatura Máxima mensal (ºC), para o período de 2009 a 2023. 114
Gráfico 8- Anomalia de Temperatura Mínima mensal (ºC), para o período de 2009 a 2023..... 115
Gráfico 9- Número de casos de DDA para Bacabal (MA), de 2009 a 2023 127
Gráfico 10- Evolução da série histórica de 2009 a 2023 dos casos de DDA para Bacabal (MA) 128
Gráfico 11- Número de casos de DDA por Semana Epidemiológica para Bacabal (MA), de 2009 a 2023 129
Gráfico 12- Número de casos de DDA por faixa etária para Bacabal (MA), de 2009 a 2023. 130
Gráfico 13- Relação dos casos de DDA com a precipitação por SE, de 2009 a 2023 132
Gráfico 14- Relação dos casos de DDA com a variável precipitação para o período, de 2009 a 2023 132
Gráfico 15- Relação dos casos de DDA com as variáveis Tmáxd, Tmáx e Tmín, de 2009 a 2023 133
Gráfico 16- Relação dos casos de DDA com a variável umidade do ar, de 2009 a 2023 134
Gráfico 17- Relação dos casos de DDA com a cota do rio, de 2009 a 2023..... 135

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1- Lista de tabulação de morbidade para diarreia aguda - CID-10 54
Quadro 2- Principais agentes etiológicos patogênicos responsáveis pelas de doenças diarreicas, modo de transmissão e período de incubação 54
Quadro 3- Indicações de formas de tratamento do paciente com diarreia 59
Tabela 1- Valores do Oceanic Niño Index (ONI) para o período de 2008 a 2023 77
Quadro 4- Síntese dos principais autores da fundamentação teórica.....84
Tabela 2- Modelo de organização do banco de dados meteorológicos das estações de Bacabal-MA 87
Quadro 5- Indicadores sociais e ambientais usados na elaboração do IVS a Diarreia Aguda....96
Tabela 3- Total mensal de número de dias com precipitação para Bacabal (MA), de 2009 a 2023 113
Tabela 4- Dados referente ao boletim de situação dos atingidos pela inundação em Bacabal 121
Tabela 5- Dados referente ao boletim de situação dos desalojados pela inundação em Bacabal 121
Quadro 6-Estatística descritiva dos casos de DDA e variáveis hidroclimáticas por SE 130
Tabela 6- Percentual dos casos de DDA para o período chuvoso e de estiagem de 2009 a 2023 131
Tabela 7- Valores do coeficiente da correlação de Pearson e de determinação das variáveis hidroclimáticas 139
Tabela 8-Resultado da pesquisa dos parâmetros bacteriológicos da água em Bacabal (MA) 148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DDA – Doenças Diarreicas Agudas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituo Nacional de Meteorologia

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

ANA – Agência Nacional de Águas

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

OMS – Organização Mundial de Saúde

IPCC – Intergovermental Panel on Climate Change

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

DSC– Doenças sensíveis ao clima

S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

MEA – Massa Equatorial Atlântica

MEC – Massa Equatorial Continental

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

IVS – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

hab - habitantes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....21
2 OBJETIVOS 31
2.1 Geral 31
2.2 Específicos 31
3 REFERENCIAL TEÓRICO - METODOLÓGICO.....32
3.1 Climatologia, Geografia da Saúde e Epidemiologia: a relação entre o clima, a saúde e o ambiente 33
3.2 As mudanças climáticas e consequências sobre a saúde humana 43
3.3 Variabilidade Hidroclimática e Doenças Diarreicas Agudas (DDA)..... 49
3.4 BACABAL: A CIDADE AS MARGENS DO RIO MEARIM.....60
3.4.1 Da origem ao contexto atual da cidade bacabalense 61
3.4.2 Chove chuva, chove sem parar: como é o clima de Bacabal?.....66
3.5 Teleconexão oceano-atmosfera: Índices climáticos (ENOS) e variabilidade climática 74
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....80
4.1 Etapa 01: trabalho de gabinete 84
4.1.1 Levantamento bibliográfico.....84
4.1.2 Processamento de base de dados 85
4.1.3 Tratamento e análise temporal dos dados epidemiológicos e hidrometeorológicos 89
4.1.4 Aquisição dos dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico 92
4.1.5 Elaboração de cartografia temática.....93
4.1.6 Mapeamento de indicadores e a elaboração do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda.....95
4.2 Etapa 02: pesquisa de campo.....102
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 111
5.1 Variabilidade climática do município de Bacabal (2009–2023) 112
5.2 Da construção à reconstrução: impactos resultantes dos eventos hidrometeorológicos em Bacabal 115
5.3 Análise do comportamento das Doenças Diarreicas Agudas e variáveis hidroclimáticas 126

5.4 Correlação de Pearson e Regressão Linear: análise das variáveis hidroclimáticas e doenças diarreicas 135
5.4.1 Correlação de Pearson 135
5.4.2 Regressão Linear 137
5.5 O índice climático ENOS/ENSO: uma análise da correlação entre a TSM, a variabilidade climática e os casos de internação por diarreia em Bacabal 139
5.5.1 Correlação de Pearson e Regressão Linear: variáveis climáticas x DDA x regiões do Niño 140
5.6 Qualidade da água: análise dos parâmetros biológicos identificados no espaço urbano de Bacabal 146
5.7 Caracterização dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda em Bacabal 152
5.7.1 Abastecimento e fonte de água alternativa 153
5.7.2 Destinação do esgoto doméstico 160
5.7.3 Destinação do lixo 165
5.7.4 Oferta de banheiros, características dos moradores e alfabetização 170
5.8 Cartografia de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguada de Bacabal – MA 177
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 187
REFERÊNCIAS 194
ANEXO A- Resultados do material coletado das amostras de água 206

1

INTRODUÇÃO

"A relação entre clima e a saúde humana faz parte de toda a história da humanidade. Na Modernidade ela compõe um dos capítulos especiais de interesse da climatologia, da meteorologia, da epidemiologia e de outros campos do conhecimento".
(Mendonça, 2020,p.309)

Fonte: Costa (2023)

O binômio clima e saúde integra estudos de complexas multicausalidades, sendo uma abordagem de grande relevância na atualidade devido aos impactos das mudanças ambientais e climáticas na saúde humana. Para Castro (2019, p.19), “nas relações entre o clima e a saúde, deve-se considerar a qualidade e quantidade temporais e espaciais dos condicionantes ambientais urbanos”.

A relação entre o clima e a saúde é estudada desde os tempos mais antigos, com as contribuições de Hipócrates, considerado o pai da Medicina, por meio da obra “Dos ares, das águas e dos lugares” (480 a.C.). Desde então, estudos têm buscado avaliar a relação entre a variabilidade das chuvas, da temperatura e umidade do ar, entre outros elementos do clima, nos efeitos diretos e indiretos sobre determinadas doenças, e, consequentemente, para a saúde humana.

Nesse viés, insere-se a importância de análises científicas sobre a influência de elementos climáticos na gênese da ocorrência de doenças relacionadas à água, principalmente nos ambientes urbanos, onde vive a maior parte da população, e as transformações sociais e espaciais são intensas e desiguais.

Segundo Aleixo (2012, p.26) “os eventos atmosféricos extremos, associados às medidas inadequadas de planejamento urbano e aumento das inundações, além da disposição inadequada de resíduos e a falta de serviços de saneamento básico, podem propiciar a gênese de doenças relacionadas à água”. Entre essas doenças, as Doenças Diarreicas Agudas (DDA) merecem a atenção dos estudos na perspectiva geográfica e epidemiológica, nos quais são consideradas morbimortalidades de graves problemas de saúde pública no Brasil (Ministério da Saúde, 2022). A ocorrência das DDA está condicionada a diversos fatores, dos quais se destacam as condições de vida da população, associadas ao precário serviço de saneamento básico, os maus hábitos de higiene pessoal, além da correlação com fatores ambientais, como o clima.

Os dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que as doenças diarreicas constituem a segunda principal causa de morte em crianças menores de cinco anos no mundo. Embora sejam evitáveis e tratáveis, as DDA se constituem um dos mais graves problemas de saúde pública global, com aproximadamente 1,7 bilhão de casos e 525 mil óbitos na infância (em crianças menores de 5 anos) por ano (Ministério da Saúde, 2022).

Nessa perspectiva, as DDA correspondem a um grupo das doenças mais negligenciadas no Brasil, tanto pela população comum quanto pelos órgãos públicos destinados à promoção de saúde e qualidade de vida. Há de se frisar que boa parte das pessoas afetadas

pelas DDA não buscam atendimento médico, o que afeta em grande número a subnotificação (Buffon; Mendonça, 2017).

A preocupação em monitorar o agravo dessas doenças ocorreu somente após a sétima pandemia de cólera no Brasil, no ano de 1991, quando se iniciaram a investigação e o monitoramento dos casos de DDA no país, com o objetivo de identificar possíveis surtos de cólera e outros agravos relacionados (Brasil, 2010). Assim, em 1994, foi elaborada a proposta de Monitorização das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA) (Castro, 2021).

O Ministério da Saúde (2022) afirma que, devido aos vários cenários encontrados nas regiões do país, relacionados ao desenvolvimento socioeconômico, às condições de saneamento, ao clima e às situações diversas, como os desastres, ocorrem, anualmente, mais de 4 milhões de casos e mais de 4 mil óbitos por Doenças Diarreicas Agudas registrados pela vigilância epidemiológica em unidades sentinelas e pelo Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM).

Para além dos fatores socioeconômicos, as condições climáticas também podem influenciar o comportamento das DDA, visto que podem "apresentar comportamento diferente de acordo com as mudanças sazonais", conforme Portela (2013, p.117). Apesar dessa afirmativa, ainda existe a necessidade de maior produção de trabalhos no Brasil e no Maranhão que visem analisar a relação entre clima e doenças diarreicas.

Entre os trabalhos produzidos na temática em questão, destaca-se as contribuições de Castro (2021), que analisou a influência de variáveis hidroclimáticas sobre as internações por diarreia aguda em Manaus, e de Fonseca (2018), que estudou a influência de variáveis hidroclimáticas como temperatura, precipitação e cota do rio na incidência de doenças diarreicas em crianças menores de cinco anos na Amazônia Ocidental, nos estados do Amazonas, Acre e Roraima, identificando correlação positiva entre a precipitação e cota do rio com as doenças diarreicas.

Outra pesquisa relevante é a desenvolvida por Silva (2014), que analisou, na cidade de Manaus – AM, a variação do Rio Negro e de variáveis climáticas relacionadas às doenças de veiculação hídrica. Já Buffon (2016, 2017) fez uma análise integrada da vulnerabilidade socioambiental à diarreia aguda para a cidade de Curitiba – PR. Asmus (2014) também fez uma análise sobre a diarreia aguda no contexto da vulnerabilidade social e do saneamento básico, relacionando-o com as mudanças climáticas de Caraguatatuba – SP.

No Maranhão, os estudos são mais voltados para a análise do perfil epidemiológico das DDA, sendo pouco encontradas as pesquisas que tratam da influência da variabilidade

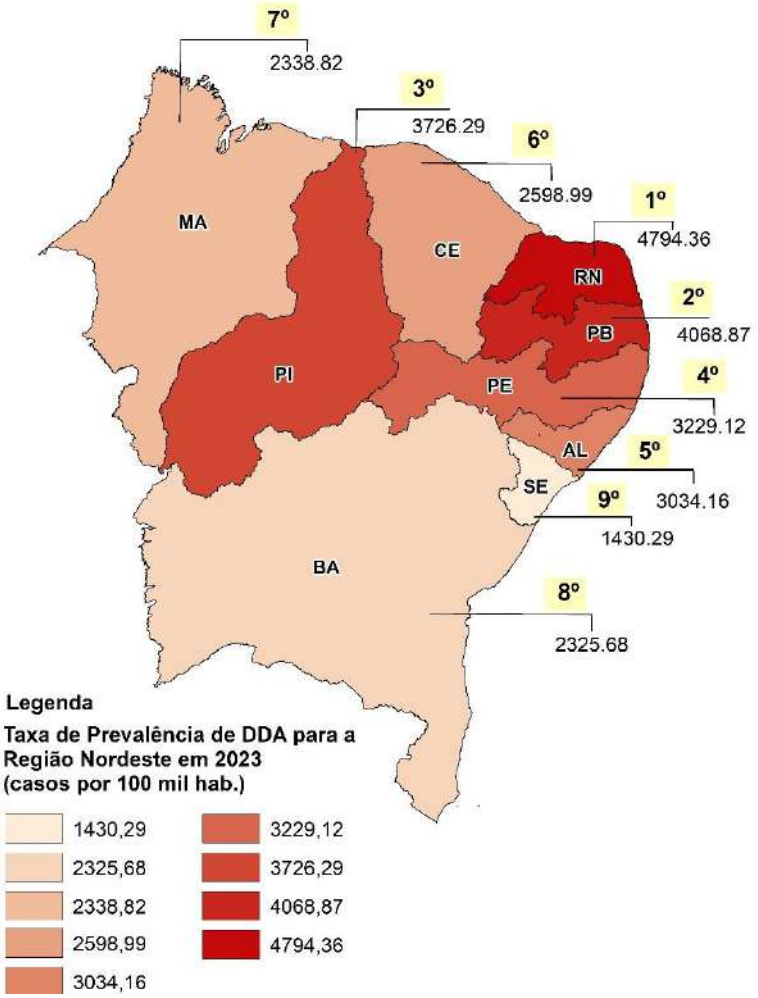
climática na ocorrência de doenças diarreicas nos municípios maranhenses. Diante disso, Nunes (2017) se destaca por ter analisado, em São Luís, a incidência das DDA relacionada aos dados de precipitação e de saneamento básico, encontrando relação positiva moderada entre a precipitação e o agravo. Assim, destaca-se a importância da presente pesquisa para a compreensão de tal abordagem e a utilização dos dados obtidos para o uso em estratégias e programas de saúde pública, sobretudo para a área de estudo, o município de Bacabal.

As doenças relacionadas à água, como as DDA, apresentam números elevados de morbimortalidade, os quais colocam esse agravo como tema permanente e atual (Nascimento, 2013). Nesse viés, as informações obtidas pelo Sistema de Informações Hospitalares (SIH, 2024), do Sistema Único de Saúde (SUS), apontou que, no Maranhão, entre janeiro de 2009 e dezembro de 2023, foram registradas 224.654 internações hospitalares por diarreia e gastroenterites. Quando analisados os dados para o mesmo período em nível nacional, o Maranhão aparece em terceiro lugar no *ranking* do total de internações causadas pelas infecções gastrointestinais, ficando atrás somente da Bahia e do Pará, com 309.504 e 300.591 internações, respectivamente.

Os dados dos casos de DDA do Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica das Doenças Diarreicas Agudas (SIVEP – DDA, 2024) revelaram que, de 2009 a 2023, foram registrados atendimentos para 1.944.090 de casos de DDA no estado. Ao se analisar a taxa de prevalência dos casos em relação à população por 100.000 habitantes, para 2023 e para os estados da região Nordeste, o Maranhão aparece em sétimo lugar no *ranking*, representando a condição de 2.338 pessoas em cada 100 mil habitantes que tiveram a doença, como mostra a Figura 1.

As doenças diarreicas também estão entre as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), em que os números de atendimentos por DDA refletem a defasagem na qualidade dos serviços ofertados no Maranhão. Ressalta-se novamente a preocupação em relação às famílias em situação de vulnerabilidade socioambiental, sobretudo as crianças, que se encontram nas faixas etárias mais vulneráveis ao agravamento da doença.

Figura 1 – Taxa de prevalência dos atendimentos por DDA para a região Nordeste em 2023



Fonte: Ministério da Saúde - PMDDA (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Justificativa quanto ao recorte espacial e a temática:

A proposta desta pesquisa surge a partir de questionamentos sobre os impactos do clima na saúde humana durante (e após) a ocorrência de desastres ambientais no Maranhão, associados às inundações e/ou secas prolongadas no decorrer do período chuvoso ou da estiagem. Logo, as ocorrências desses desastres podem afetar a qualidade e disponibilidade hídrica em diversos municípios, causando transtornos na distribuição de água e possíveis contaminações, o que põe em risco a saúde da população por conta de doenças relacionadas a água.

Partindo das justificativas apresentadas, esta dissertação procura entender a seguinte problemática: **Como a variabilidade climática e a ocorrência de períodos de**

inundações ou secas podem interferir na ocorrência de morbidades por veiculação hídrica, como as Doenças Diarreicas Agudas?

Desde modo, levando em consideração, que são múltiplos os fatores que estão associados a origem das doenças de veiculação hídrica, como as Doenças Diarreicas Agudas, dentre estes, os fatores ambientais, parte-se da seguinte **hipótese**: A ideia central da pesquisa está pautada em compreender como que o Clima pode afetar a saúde humana. Partindo disto, a discussão volta-se para as observações de que as variações das condições climáticas locais e regionais, como as variações de temperaturas, umidade do ar e mudanças nos padrões precipitação, podem criar condições ambientais favoráveis as alterações dos organismos responsáveis por infecções gastrointestais, que por sua vez, associado as ocorrências de inundações ou secas severas podem potencializar ainda mais o acometimento por doenças infecciosas, como as de veiculação hídrica, devido a contaminação das fontes de abastecimento de água, principalmente em cidades onde o sistema de saneamento básico é precário, ou ainda, as secas podem comprometer a disponibilidade de água e consequentemente afetar os hábitos de higiene pessoal.

Por que a cidade de Bacabal?

Entre os 217 municípios que integram o Maranhão, o município de Bacabal foi selecionado como lócus da pesquisa por apresentar critérios pré-estabelecidos, considerados pontos importantes para o desenvolvimento do estudo, como: estações meteorológicas com longa série de dados, estações fluviométricas, registros de inundações e elevados registros de doenças do Capítulo 1 do sistema de Classificação Internacional de Doenças – CID 10.

A seleção do agravo foi realizada com base em um sistema de filtragem da listagem de morbidades por doenças infecciosas e parasitárias, conforme o Capítulo 1 da Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Entre as doenças de veiculação hídrica, os dados mais recorrentes e completos foram os relativos às doenças gastrointestinais, por meio dos quais foi possível estabelecer, com maior precisão, a relação analisada a partir da aplicação dos modelos estatísticos.

A princípio, o objetivo do estudo era investigar a influência da variabilidade climática e das inundações sobre doenças como a leptospirose, cólera e febre tifoide. No entanto, os dados contidos no Departamento de Informação e Informática do SUS (DATASUS) não foram suficientes para o andamento da pesquisa, optando-se, assim, pelas Doenças

Diarreicas Agudas (DDA), em que estão agrupados todos os dados de doenças relacionadas à transmissão hídrica.

A nível regional, no ano de 2023, a cidade de Bacabal ocupou o sétimo lugar no *ranking* dos municípios maranhenses, com 3.358 casos de atendimentos hospitalares por DDA, sendo que a capital São Luís, cidade com a maior população do estado e diversos problemas socioambientais que podem estar relacionados ao elevado número de casos das doenças, foi a líder do ranking, com 25.932 casos.

Um conjunto de fatores estão associados à transmissão das DDA, e sua análise exige um olhar multidisciplinar para se compreender o contexto dos territórios mais vulneráveis. Diante disso, destaca-se a importância de analisar o impacto do clima sobre as doenças de transmissão hídrica, considerando que as cidades não foram planejadas com foco nas questões climáticas e que a falta de infraestrutura de saneamento básico contribui para a formação de ambientes vulneráveis às DDA.

Isso posto, Castro (2021) expõe que a relação entre doenças diarreicas, clima e gestão do território adiciona uma perspectiva essencialmente geográfica que trata a saúde como produto social. Nesse sentido, o estudo da saúde sob a perspectiva geográfica pode contribuir na análise da relação entre sociedade e natureza, entendendo como que ocorrem as dinâmicas no espaço urbano e como elas e o ambiente interagem e interferem no bem-estar e na qualidade de vida da população.

Relacionando diretamente às questões climáticas, a cidade de Bacabal é modulada por sistemas atmosféricos de larga escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e pelas flutuações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico. Esses sistemas causam variação anual na distribuição de chuvas na cidade, destacando-se os impactos da variação de TSM do Oceano Pacífico, com a ocorrência do fenômeno oceânico-atmosférico El Niño Oscilação Sul (ENOS). Consequentemente, as duas fases do ENOS (El Niño – quente / La Niña – fria) podem causar mudanças na distribuição de chuvas e aumento ou diminuição da temperatura do ar.

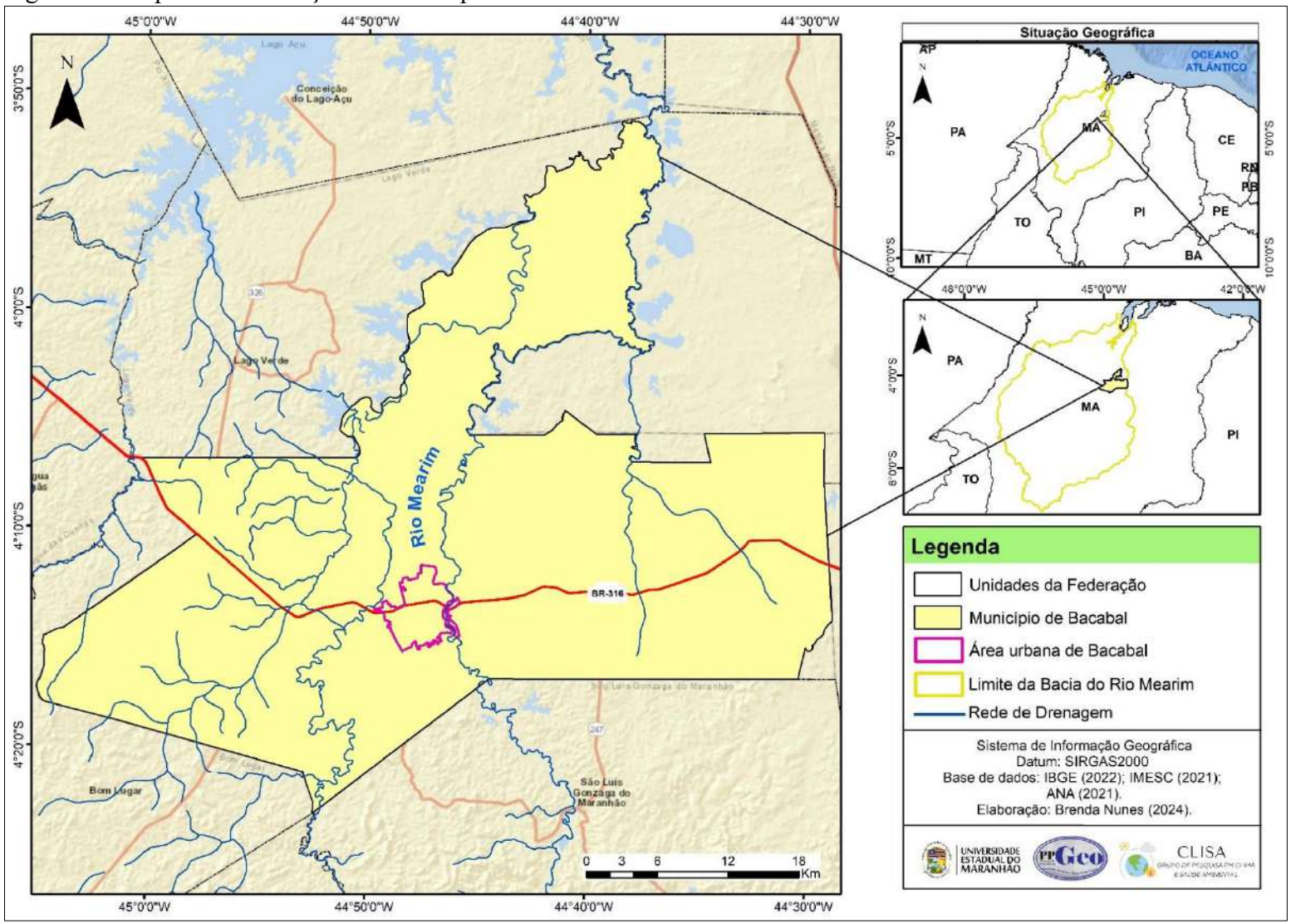
As alterações nos padrões climáticos em anos de ocorrência do ENOS podem provocar estiagens moderadas a severas ou inundações intensas, causando impactos negativos na qualidade e distribuição de água, em que a limitação do acesso à água de boa qualidade pode colocar em risco a saúde. É pertinente destacar que, em Bacabal, há o registro histórico de grandes inundações que afetam diversos bairros do município associadas ao período de ocorrência de La Niña.

Diante do fato, o Ministério da Saúde (2019) adverte sobre os diversos impactos das inundações sobre a saúde humana, e, entre eles, ressalta-se: danos à infraestrutura, interrupção do abastecimento de água para o consumo humano, dos serviços de drenagem, limpeza urbana e esgotamento sanitário, aumento do risco de contaminação da água para o consumo humano e de alimentos, aumento do risco de transmissão de doenças devido à aglomeração de pessoas nos abrigos e alojamentos e, por fim, aumento da ocorrência de doenças infecciosas (respiratórias, de transmissão hídrica e alimentar).

Dada a explicitação, esta pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre as variáveis climáticas (precipitação, temperatura máxima/mínima e umidade do ar), a variável hidrológica (cota do rio), as fases do ENOS (a partir do índice climático) e as condições socioambientais para a ocorrência das Doenças Diarreicas Agudas no município de Bacabal, situado no Maranhão, conforme a Figura 2, para o período de 2009 a 2023.

O município de Bacabal, com área total de 1.656,73 km² e 260km de distância de São Luís, capital maranhense, está localizado na mesorregião centro-maranhense, incluso na Microrregião Médio Mearim e situado na área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Segundo os dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Bacabal tem uma população estimada de 103.711 habitantes, com densidade de 62,60 hab./km², considerado o nono município mais populoso do estado (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de Localização do município de Bacabal – MA



Fonte: Própria Pesquisa (2023)

Visando discutir os mais diversos temas da pesquisa e os procedimentos metodológicos para alcançar os objetivos propostos, esta dissertação foi organizada em seis seções, descritas a seguir.

A primeira seção é referente à Introdução do trabalho, enquanto a segunda expõe o Objetivo Geral e os Objetivos Específicos da pesquisa.

A terceira seção traz o Referencial Teórico-Metodológico norteador da pesquisa. Essa parte do trabalho é dedicada à explanação e discussão de conceitos e temas, realizando a revisão do conteúdo teórico com o emprego de diversos autores clássicos e atuais que dialogam com a Climatologia, a Epidemiologia, a Geografia da Saúde, as mudanças climáticas, o fenômeno ENOS, a influência do clima nas doenças diarreicas, as Doenças Diarreicas Agudas, e com o processo histórico de ocupação da cidade de Bacabal. Para isso, o referencial teórico foi subdividido em cinco subseções, com a finalidade de discutir cada tema de forma mais aprofundada.

A quarta seção apresenta os Procedimentos Metodológicos da pesquisa. Destaca-se, nessa parte do trabalho, a sistematização de todo o percurso adotado para alcançar os objetivos específicos. São apresentadas as fontes das bases de dados, a organização das informações em planilhas da ferramenta Excel, as análises estatísticas realizadas no programa RStudio, a elaboração de cartografia temática no software QGIS v.3.34, bem como os autores que nortearam as etapas de produção do trabalho. Ainda, são relatadas as experiências em atividades de campo para coleta de água, visita às secretarias e validação do mapeamento.

A quinta seção é referente aos Resultados e Discussão. Dessa forma, expõe-se a análise da variabilidade climática para Bacabal (2009–2023), assim como os impactos dos eventos de inundação na cidade e para a população. Em seguida, apresentam-se os resultados dos dados da série histórica de DDA e o seu comportamento frente às variáveis hidroclimáticas. Posteriormente, expõem-se as análises estatísticas da Correlação de Pearson e da Regressão Múltipla entre as DDA, as variáveis hidroclimáticas e os índices climáticos das quatro regiões do Niño. Por fim, é apresentado o mapeamento dos indicadores de vulnerabilidade socioambiental e a cartografia-síntese do IVS à Diarreia Aguda.

A sexta e última seção apresenta as Considerações Finais da pesquisa, destacando os principais achados, as dificuldades enfrentadas ao longo do desenvolvimento do estudo e as reflexões suscitadas pela temática abordada, com vistas a contribuir para a ampliação do conhecimento e a promoção de novas investigações acerca da relação entre clima e saúde no estado do Maranhão.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a relação entre a variabilidade hidroclimática, os índices climáticos e as condições socioambientais na ocorrência de morbidades por Doenças Diarreicas Agudas (DDA) no município de Bacabal – MA, no período de 2009 a 2023.

2.2 Específicos

- Analisar a correlação linear e a regressão múltipla entre precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e cota do rio, na ocorrência de casos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA), no município de Bacabal – MA, no período de 2009 a 2023;
- Identificar qual a relação entre os Índices Climáticos das regiões do Niño e a variabilidade da distribuição da precipitação, temperatura, umidade do ar e dos casos de internação por diarreia aguda no município de Bacabal;
- Avaliar a qualidade da água em pontos de inundação onde haja contato direto da população com a água potencialmente contaminada;
- Elaborar a cartografia de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda, por setor censitário, para o município de Bacabal – MA.

3

REFERENCIAL TEÓRICO

Fonte: Costa (2024)

3.1 Climatologia, Geografia da Saúde e Epidemiologia: a relação entre o clima, a saúde e o ambiente

As condições ambientais climáticas refletem e impactam diretamente a sociedade, e, por esse viés, estudos destinados à compreensão dessa dinâmica nunca foram tão necessários, devido às mudanças climáticas e seus efeitos sobre o globo. Para Mendonça (2000, p.88), "encontram-se os graves e alarmantes problemas da humanidade na fase contemporânea ligados diretamente ao aquecimento global da atmosfera, aos impactos do El Niño/ La Niña, aos ciclones tropicas, às inundações, às secas, etc.". O autor destaca, ainda, que a problemática socioambiental evidenciou ainda mais o papel do clima como um dos principais elementos na interação entre sociedade e natureza, dada a magnitude dos riscos e impactos ambientais referentes à atmosfera.

De acordo com Sant'Anna Neto (2001, p.50), o estudo dos fenômenos atmosféricos, temática interseccional entre a Meteorologia e a Geografia, é "caracterizado por uma interface que, nas diversas fases da evolução das ciências, esteve presente em numerosas áreas do conhecimento". Cabe, portanto, descrever e compreender a relação entre essas áreas de estudo com a temática.

A partir da sistematização do conhecimento científico entre os séculos XVIII e XIX, os ramos das ciências foram divididos. Assim, o estudo da atmosfera realizado pela Meteorologia passou a integrar as ciências naturais (ramo da Física), com estudos sobre os fenômenos isolados da atmosfera e do tempo meteorológico, tratando-se da dimensão física da atmosfera (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Por sua vez, posteriormente à sistematização da Meteorologia, surgiu a Climatologia como um campo do conhecimento científico de identidade própria, subdividida e situada entre as ciências humanas, pertencente à Geografia Física, e às ciências naturais, no campo da Meteorologia[1].

Para Ayoade (1996), a Climatologia é o estudo científico do clima, em que se trata dos padrões do comportamento da atmosfera por um longo período por meio do uso de técnicas estatísticas e a partir de informações sobre o tempo. Portanto, para o autor, a Climatologia está ligada à Meteorologia devido aos seus princípios físicos, com modificações quanto às metodologias de análise.

---

[1] *Ibid.*,2007.

Com a ascensão da Climatologia, a partir das contribuições da Meteorologia, é importante destacar que ambas se diferem em suas bases conceituais em relação à concepção dos termos “clima” e "tempo”. Diante disso, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.14) expressam que

> Os clássicos conceitos de clima (*climate*, *climat*) revelam a preocupação com a apreensão do que seja a característica do clima em termos do comportamento médio dos elementos atmosféricos, tais como média térmica, pluviométrica e de pressão. Formulados conforme prerrogativas da OMM, alguns conceitos internalizam também a determinação temporal cronológica para a definição de tipos climáticos, de onde as médias estatísticas devem ser estabelecidas a partir de uma série de dados de um período de 30 anos.

Dessa forma, destaca-se a contribuição do estudioso Maximilien Sorre (1943), da Geografia Francesa, ao propor uma revisão conceitual dos termos "clima" e "tempo" vigentes à época, os quais se baseavam predominantemente em parâmetros estatísticos de médias. Em sua concepção, essa forma de abordagem não era a mais adequada.

Sorre redefiniu o clima como uma série de estados da atmosfera em sua sucessão habitual (ritmo), enquanto o tempo passou a ser compreendido como cada um desses estados considerados isoladamente (Sant’Anna Neto, 2001). Essa nova concepção possibilitou uma renovação nas pesquisas em Climatologia, tornando-a mais condizente com os propósitos da Geografia (Barros, 2006).

Para Ayoade (1996), o tempo é “o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo e em determinado lugar”, enquanto o clima “é a síntese do tempo num determinado lugar durante um período de 30 a 35 anos”. Ainda, é possível mencionar o conceito de Julius Hann, proposto no final do século XIX, o qual considera o clima como o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição da atmosfera sobre cada lugar da Terra (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

No que tange aos estudos sobre a variabilidade dos elementos que compõem o clima, observa-se que estes têm se mostrado necessários em diversas temáticas, ganhando destaque na atualidade, sobretudo nas análises dos impactos da variabilidade climática sobre a saúde humana. As pesquisas voltadas à compreensão da relação entre o binômio clima/saúde humana têm sido desenvolvidas por distintas áreas do conhecimento. Nesse sentido, Nunes e Mendes (2012) afirmam que tal relação já era significativa desde os primórdios da humanidade; contudo, foi apenas a partir do século XIX que se intensificou o interesse em compreender essa dinâmica, especialmente no que se refere às interações entre clima, sociedade e natureza e aos seus impactos nas atividades humanas.

Partindo dessa premissa, destacam-se, como contribuições iniciais, os estudos de Hipócrates, notadamente em duas obras fundamentais: “Corpus Hippocraticum” e “Dos ares, das águas e dos lugares”. Por meio dessas produções, Hipócrates passou a ser reconhecido como o pai da Medicina (Aleixo; Murara, 2020). A obra “Dos ares, das águas e dos lugares” (480 a.C.) é considerada uma das mais célebres precursoras da Medicina Ambiental, por compreender o clima como fator determinante na ocorrência de doenças conforme as características do local. Nela, o autor propõe uma análise integrada entre o ambiente físico, o espaço geográfico, as estações do ano, as condições atmosféricas, entre outros elementos (Souza; Sant’Anna Neto, 2008).

A referida obra traz contribuições relevantes, nas quais Hipócrates analisou e distinguiu as doenças endêmicas das epidêmicas, observando, ainda, os fatores geográficos e climáticos que influenciam sua ocorrência. O autor investigou quais enfermidades prevalecem em localidades expostas a determinados tipos de ventos e descreveu a natureza das estações do ano, ressaltando como suas variações podem interferir na saúde humana. Seu recorte espacial de análise contemplava, sobretudo, os impactos do clima sobre os habitantes da Ásia (Barros, 2020).

Nesse sentido, Hipócrates lançou as bases para o surgimento da Geografia Médica, influenciando, posteriormente, outros estudiosos como Paracelso, Areteu e Celso, que também se dedicaram à compreensão da relação entre ambiente e manifestação de enfermidades.

De acordo com Pessoa (1960 *apud* Santos, 2010, p. 44), “até o século XVII, nada de importante apareceu sobre Geografia Médica que não fosse explicitado no livro Ares, Águas e Lugares”. Contudo, com o surgimento das grandes viagens e a descoberta de novos países, surgiu a necessidade de conhecer a origem das doenças que acometiam a população local, a fim de proteger os viajantes e o comércio. A partir dessa necessidade, foram produzidos novos trabalhos no campo da Geografia Médica (Santos, 2010).

Logo, segundo Santana (2014, p.18), o objeto da Geografia Médica pode ser entendido como “a descrição dos padrões de doenças e da mortalidade”. Nesse sentido, surgem os trabalhos em ecologia de doenças específicas, os quais conferem relevância às distâncias territoriais na incidência e prevalência das enfermidades, estabelecendo associações entre a doença, o meio físico e o meio humano.

Para Barros (2020), a Geografia Médica teve suas origens nos primórdios das civilizações, embora sua estruturação como ciência tenha ocorrido somente nos séculos XVIII e XIX. De acordo com Guimarães (2015, p.30) “a origem oficial da Geografia Médica é de

1949, no Congresso da União Geográfica Internacional (UGI) em Lisboa, e sua consagração somente ocorreu no Congresso de 1968, em Nova Déli, com a instalação de um grupo de trabalho".

Assim, o desenvolvimento da Geografia Médica pode ser dividido em dois períodos: o primeiro corresponde ao início do século XIX até a primeira metade do século XX, e o segundo condiz a partir da década de 1950 (Barros, 2020). Este foi representado pelo vasto conjunto de topografia médicas, sobretudo produzidas por médicos, mas com forte contributo da Geografia (Santana, 2014).

Quanto à caracterização e ao contexto histórico-social, Barros (2020) resume essas duas etapas da seguinte maneira:

- **Início do século XIX até metade do século XX**: Essa fase é caracterizada pela revolução científica, tanto na Geografia quanto nas outras ciências. Ficou conhecida como a Revolução Pasteuriana, em consonância com as contribuições de Pasteur (1867), Koch (1865) e Fleming (1929). Ainda nesse período, ocorreu um declínio nos estudos voltados às doenças e às causas de sua distribuição geográfica, ocasionando desinteresse pelas obras da Geografia Médica. Esse acontecimento estava relacionado à Revolução Pasteuriana, à descoberta da penicilina e ao progresso dos estudos sobre microbiologia e imunologia. Os trabalhos eram realizados, em sua maioria, por médicos, utilizando a Geografia apenas como ciência auxiliar, por meio da cartografia. Entretanto, alguns geógrafos se destacaram nessa fase, como Piery e Max Sorre (com o conceito de complexo patogênico, apresentado em sua obra "Les Fondements de la Géographie Humaine").
- **A partir da década de 1950**: A década de 1950 foi marcada pelo surgimento da Organização Mundial da Saúde, responsável por definir o conceito de saúde. O período de 1950 a 1960 foi caracterizado pela influência das produções alemã e francesa. Destaca-se, ainda, a criação do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, em 1959, com o objetivo de incentivar a pesquisa em Geografia Médica. A partir da década de 1970, observa-se a expansão das pesquisas nessa área, em função da retomada dos interesses em analisar os problemas de saúde relacionados ao meio ambiente, devido à resistência de patógenos e vetores e ao surgimento de novas doenças, além do início dos congressos destinados à apresentação e discussão de trabalhos em Geografia da Saúde.

No Brasil, a Geografia Médica ganha destaque nas três últimas décadas, com trabalhos realizados por Sobral (1988), a partir de sua tese de doutorado, na qual analisou a influência da poluição do ar nas doenças respiratórias em crianças no estado de São Paulo, assim como por Sartori (2000), que realizou pesquisa sobre clima e percepção, visando analisar as reações psicopatológicas em relação às condições de tempo, em decorrência do Vento Norte, na região de Santa Maria – RS. Em ambos os trabalhos, os autores buscaram resgatar os contextos metodológicos da Geografia Médica (Barros, 2006).

Além desses autores, destaca-se a relevante contribuição de Josué de Castro para o campo da Geografia Médica no Brasil, especialmente com a publicação da obra "Geografia da Fome", em 1946, em que mapeou diversas enfermidades associadas à subnutrição, abordando, ainda, os múltiplos fatores que influenciam a distribuição espacial das doenças no território nacional [2].

Em 1976, durante o Congresso de Moscou, a pedido da Comissão de Geografia Médica da União Geográfica Internacional (UGI), foi proposta a substituição do termo "Geografia Médica" por "Geografia da Saúde". Tal mudança ocorreu em função da ampliação dos temas, das problemáticas e das abordagens desenvolvidas ao longo dos anos. Dessa forma, a Geografia da Saúde passou a abarcar de maneira mais abrangente as relações entre saúde e fatores como qualidade de vida, condições de moradia, saneamento básico, educação, entre outros determinantes sociais (Junqueira, 2009).

Barros (2020, p. 22) aponta que "a conexão entre os conhecimentos geográficos e médicos resultou na Geografia Médica, posteriormente chamada de Geografia da Saúde, com o objetivo de mostrar a importância do 'meio geográfico' no surgimento e na distribuição de certas doenças". No entanto, é necessário distinguir Geografia Médica e Geografia da Saúde: a primeira tem como foco principal a descrição dos padrões de morbidade e mortalidade, enquanto a segunda adota uma abordagem mais abrangente, incorporando uma perspectiva geográfica mais robusta na análise dos sistemas de saúde.

Por esse viés, a Geografia da Saúde é considerada uma área de caráter multidisciplinar, estabelecendo conexões diretas com diversos campos do conhecimento, como a Medicina, a Biologia, a Saúde Pública e, sobretudo, a Epidemiologia, cujo termo tem origem nos étimos gregos *epi* ("sobre"), *demos* ("povo") e *logos* ("estudo"), significando, portanto, "estudo sobre o povo" (Nogueira; Remoaldo, 2010).

---

[2] *Id*.,2020.

A Epidemiologia é reconhecida como a ciência fundamental da Saúde Pública, com origens que remontam há mais de dois mil anos, especialmente a partir das contribuições de Hipócrates, que já defendia a influência dos fatores ambientais na ocorrência das doenças, e tem como principal objetivo a melhoria da saúde da população, atuando em diferentes escalas geográficas para alcançar e intervir junto ao público-alvo (Nogueira; Remoaldo, 2010).

Segundo Meneses (2001), os estudos epidemiológicos variam desde a descrição das condições de saúde da população, a investigação dos fatores determinantes de doenças, a avaliação do impacto das ações para alterar a situação de saúde até a avaliação dos serviços de saúde. Dessa maneira, essa área da ciência busca analisar o processo saúde-doença da população sob diversas perspectivas, procurando entender os fatores que contribuem para a ocorrência da doença ou do bem-estar social, auxiliando a um melhor entendimento da saúde da sociedade.

Assim, Pieter *et al*. (2006, p.14) cita que

> A Epidemiologia tem como preocupação compreender e explicar o processo saúde-doença nos indivíduos e em população. A Geografia da Saúde, por sua vez, procura identificar na estrutura espacial e nas relações sociais que ela encerra, associações plausíveis com os processos de adoecimento e morte na coletividade.

Portanto, a Geografia da Saúde permite olhar além da doença e enxergar os determinantes naturais, espaciais, sociais e políticos que podem agir de forma direta ou indireta no processo saúde-doença. Todavia, tanto a Epidemiologia quanto a Geografia da Saúde caminham lado a lado nesse percurso de investigação sobre a saúde da população.

Além da Geografia da Saúde, a Climatologia também se insere como área do conhecimento que tem mantido relação com a Epidemiologia, devido, na atualidade, ao aumento de estudos que visam compreender como o clima pode influenciar a saúde humana e identificar quais os riscos para a população diante das intensas alterações ambientais e eventos climáticos extremos.

Diante disso, Souza e Sant'Anna Neto (2008) destacam que, na geografia, a análise do ritmo e da variabilidade climática nos estudos em saúde teve início no começo do século XX. Nesse viés, entre os geógrafos que se preocuparam em analisar tais relações, destacam-se as contribuições de Maximilien Sorre (Barros, 2020).

A maior contribuição de Max Sorre deu-se com a publicação da obra "Les Fondements de la Géographie Humaine" (primeira edição em 1943). A referida obra foi elaborada em três volumes, publicados entre os anos de 1943, 1947 e 1948, e apresentou novos

paradigmas, como a reformulação do conceito de clima e a introdução do conceito de complexo patogênico, no qual o autor transita entre a Geografia Médica e a Geografia da Saúde (Souza e Sant'Anna Neto, 2008).

Ferreira (1991, p. 305) enfatiza que "nos limites teóricos impostos pela abordagem ecológica das relações entre o homem e o meio, o que marca a obra de Max Sorre, o conceito de complexo patogênico amplia o poder analítico e explicativo de uma geografia antes restrita quase exclusivamente ao meio físico". Ainda na referida obra, Max Sorre realiza uma análise do complexo patogênico aplicada às doenças infecciosas e parasitárias, com destaque para os estudos sobre a malária humana, a doença do sono e a peste.

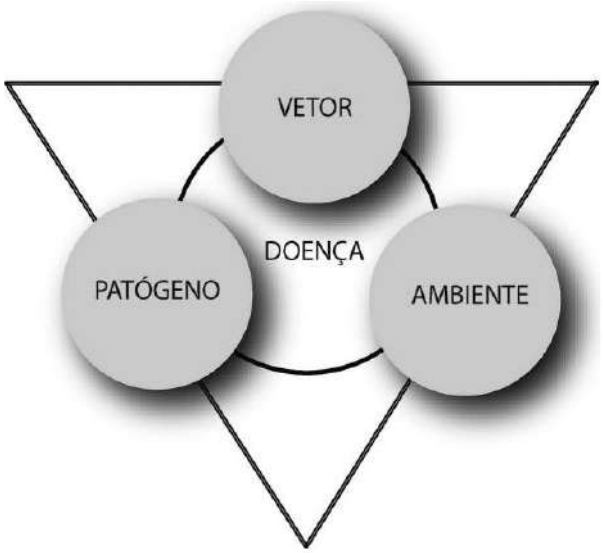
O conceito de complexo patogênico é composto por três planos: o físico, o biológico e o social, que podem ser compreendidos como a extensão da ocorrência de uma determinada doença, na qual os núcleos de interligação se estabelecem entre os agentes causais, os vetores, o meio geográfico e os seres humanos (Aleixo; Murara, 2020).

Logo, o meio físico compreende os fatores físicos, geográficos ou ambientais; o plano biológico corresponde aos fatores ecológicos e ambientais; e o plano social refere-se aos fatores humanos, contemplando, assim, uma teia de relações entre o meio natural, o serviço e o homem, na qual essa articulação justifica a diversidade de agentes e transmissores de doenças infectocontagiosas (Murara, 2012).

Assim, Guimarães (2015, p.21) esclarece que, segundo a visão de Max Sorre, "o desenvolvimento de uma doença num agrupamento humano seria resultado da interação entre o agente patógeno (vírus, bactéria, fungo, protozoário, dentre outros), o hospedeiro humano e o ambiente".

Dessa forma, Guimarães (2015) elabora o esquema do complexo patogênico segundo a visão de Max Sorre, como demonstra a Figura 3. Conforme Jesus (2010, p. 217), "os complexos patogênicos propostos por Sorre receberam o nome da doença, tais como o complexo malárico, da peste, da doença do sono, dentre outros".

Figura 3 – Representação da estrutura do complexo patogênico de Max Sorre



Fonte: Elaborado por Guimarães (2015), a partir de Max Sorre (1943)

Mediante as contribuições de Max Sorre, a Figura 4 apresenta um resumo dos estudos elaborados por ele sobre a influência dos elementos do clima na saúde humana, destacando os principais sintomas e manifestações fisiológicas associadas a cada variável.

Figura 4 – Tipos de manifestações fisiopsicológicas ocasionadas no homem pela ação de elementos climáticos

Elementos climáticos	Condições limitantes	Manifestações fisiológicas
Altitude (Pressão Atmosférica)	Limite máximo: 8.000m.	- Mal-das-montanhas (dor de cabeça, fadiga, alteração sensorial, depressão intelectual, indiferença, sono, descoordenação de movimentos, perda de memória). - Redução faculdades físicas e mentais. - Tristeza, apatia.
Radiação (Associada à Luminosidade)	60° e 70° Latitude.	- Alta radiação/luminosidade: esgotamento nervoso, perturbações mentais, irritação, síndrome físico-psíquica "golpe de sol" (sunstroke), euforia. - Baixa radiação/luminosidade: deficiências orgânicas, raquitismo, depressão, debilidade mental.
Higrotermia	Limite Variável. Ótimo fisiológico para raça branca: 15° - 16° C/60%UR	- Diminuição da capacidade respiratória (para europeus nos trópicos). - Hiperpnéia térmica (entre negros). - Cansaço e esgotamento (brancos).
Vento e Eletricidade Atmosférica		- Morbidez, cansaço e abatimento. - Debilidade do tonus nervoso, depressão, hipersensibilidade, irritabilidade. - Desidratação, dessecação do aparelho tegumentar. - Excitação nervosa, alucinações, delírio. - Palpitações, dispnéia, dores de cabeça, nevralgia.

Fonte: Sorre (1984, *apud* Mendonça, 2000)

No Brasil, a cronologia histórica dos estudos mais voltados para o clima e as doenças foi fundamentada a partir da Geografia Médica, na qual também se inseria a

Climatologia Médica. Destaca-se, nesse contexto, a obra do médico sanitarista Afrânio Peixoto, escrita em 1907 e publicada em 1908, intitulada "Clima e Saúde", em que ele apresenta uma extensa explanação sobre as doenças tropicais (Jesus, 2010).

Segundo Barros (2020), considerando que alguns trabalhos na área da Geografia Médica abordavam a relação entre o clima e determinadas doenças, surgiu a Climatologia Médica ou Bioclimatologia, bem como a Meteorologia Médica ou Biometeorologia.

Assim, a Climatologia Médica "considera o clima como um fator determinante de efeitos favoráveis ou desfavoráveis sobre os seres humanos, ideia que já havia sido destacada por Hipócrates há mais de 2.500 anos, quando discorreu acerca dos efeitos das estações do ano sobre as doenças" [3]. De acordo com Murara (2012), o trabalho desenvolvido na Climatologia Médica, a partir da análise geográfica do clima, permite compreender como uma determinada doença se relaciona com o espaço geográfico, ou seja, como o clima se constitui como um fator adicional na análise da saúde.

Para Galvani (2005), a Bioclimatologia aplica os conhecimentos sobre o clima às relações com os seres vivos. De acordo com Gobo (2013, p. 46), "a bioclimatologia humana é a ciência que se dedica ao estudo das influências do ambiente atmosférico no homem". Tais influências podem ser de ordem térmica, barométrica, hídrica, actínica ou elétrica, mas também podem decorrer da composição do ar e das características do ambiente (Sartori, 2000 *apud* Gobo, 2013).

Já Silva *et al*. (2014) ressaltam que a Biometeorologia Humana possui caráter interdisciplinar, de modo que outros campos do conhecimento, como a Biologia e a Medicina, tendem a colaborar para os estudos desenvolvidos nessa área.

Para Gobo (2013), a Bioclimatologia é também considerada um ramo interdisciplinar entre a Climatologia e a Medicina, voltado para o estudo das relações entre a saúde humana e as condições de tempo e clima. Galvani (2005) distingue conceitualmente a Biometeorologia da Bioclimatologia: enquanto a primeira foca nos efeitos mais imediatos das condições atmosféricas sobre os seres vivos, a segunda dedica-se à análise dos impactos em uma escala cronológica mais ampla.

Segundo Aleixo, Sant'Anna Neto e Cunha (2013), no Brasil, os primeiros estudos voltados à Bioclimatologia Humana concentraram-se nas doenças tropicais, como cólera, malária e doença do sono, com o objetivo de compreender sua etiologia e como essas

---

[3] *Ibid*.,2020, p.33

enfermidades se manifestavam no território sob a influência do clima. As chamadas doenças tropicais recebem esse nome por terem sua origem e propagação condicionadas a fatores característicos das regiões tropicais, como altas temperaturas, elevada umidade, alto volume pluviométrico durante o verão e determinadas condições biogeográficas, que favorecem o aumento de zoonoses e a proliferação de vetores.

De acordo com Aleixo (2012), a escala de estudo da Bioclimatologia e da Biometeorologia Humana tem se voltado, cada vez mais, para o ambiente urbano, uma vez que as cidades se tornaram o principal espaço de habitação da sociedade. Essa urbanização crescente tem provocado alterações nos componentes físicos e químicos do ambiente, com repercussões diretas sobre a saúde humana.

Para Mendonça (2000), a saúde humana é influenciada pelo clima, uma vez que as condições térmicas, a dispersão atmosférica (ventos e poluição) e a umidade exercem influência sobre diversas manifestações de doenças, bem como sobre a ocorrência de epidemias e endemias. Diante disso, Barros (2020, p. 32) complementa que

> vários são os fatores que influenciam a saúde humana e atuam na determinação da incidência e da expansão de uma enfermidade, entre os quais é possível destacar o clima e as condições atmosféricas, que possuem grande significado e cuja importância varia de acordo com a doença em questão e com as características físicas, psicológicas e culturais de cada indivíduo.

Como apontado, a relação entre clima e saúde é multidisciplinar e envolve múltiplos fatores na causalidade das doenças, pois, além dos aspectos físicos, abrange também fatores sociais e culturais. Nesse sentido, Aleixo e Murara (2020, p. 52) acrescentam que “dentro dos determinantes sociais da saúde, têm-se as condições ambientais, considerando o clima como fator físico e social, este afeta de maneira diversa os lugares, as populações e a saúde”.

Assim, os efeitos do clima sobre a saúde não se manifestam de forma homogênea nas cidades, sendo que as populações residentes em áreas periféricas estão mais expostas e vulneráveis a determinados agravos.

As discussões sobre os impactos do clima na saúde tornam-se ainda mais relevantes diante dos cenários de projeções das mudanças climáticas, onde as preocupações centram-se na propagação e no surgimento de novas doenças devido ao aumento da temperatura, aumento de doenças provocadas por desastres ambientais, como as inundações e secas, dentre outros danos que podem ter ligação indireta com as mudanças climáticas, causando impactos em toda a rede de saúde.

3.2 As mudanças climáticas e consequências sobre a saúde humana

Segundo Mendonça (2020, p. 316), "as mudanças climáticas globais constituem capítulo de alta relevância da ciência, da política, da economia etc. no momento atual". A Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, criada pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, define o termo "**mudança do clima**" como: "mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída á atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis" (Brasil, 2009).

Para Marin, Assad e Pilau (2008) é importante diferenciar os termos "mudanças climáticas" e "variabilidade climática", para evitar confusões diante de alterações do clima ao longo do tempo. Desta forma, tais autores consideram que "as mudanças climáticas dizem respeito a alterações globais das condições climáticas médias, com efeito sobre outros componentes do sistema climático, como a hidrosfera, litosfera e criosfera", já por variabilidade climática "refere-se as flutuações de um dado elemento climático em torno do valor médio ao longo de um período".

Ainda, o IPCC (2024) define que

> Mudança climática é uma alteração no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, por meio de testes estatísticos) por alterações na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, tipicamente décadas ou mais. As mudanças climáticas podem ser devidas a processos internos naturais ou a forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo.

É certo que ainda não existe um conceito definitivo para o uso do termo "mudanças climáticas", no entanto, já é discutido em toda a comunidade científica a sua existência e impactos futuros. Diante dos conceitos expostos, a pesquisa buscou adotar a definição do IPCC, que é um órgão das Nações Unidas, responsável por avaliar a ciência relacionadas as mudanças climáticas.

Assim, de acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, ou *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em inglês, publicado em 2018, as atividades humanas já elevaram a temperatura média global em cerca de 1 °C em relação aos níveis pré-industriais, podendo atingir 1,5 °C entre 2030 e 2052.

O IPCC (2018) adverte que esse aquecimento, impulsionado por emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEEs) e aerossóis, persistirá por séculos, provocando alterações duradouras no sistema climático e riscos significativos à saúde, à segurança

alimentar, à água e à economia. O relatório de 2023 reforça essa tendência: entre 2011 e 2020, o aumento já havia alcançado 1,1 °C, e, sem medidas efetivas de mitigação, é provável que ultrapasse 1,5 °C nas próximas décadas, podendo chegar a 2 °C até o final do século.

De acordo com Sena e Corvalán (2022, p. 28), várias mudanças regionais de eventos climáticos extremos são esperadas com o aquecimento global de 1,5 °C, incluindo aumento na frequência de ondas de calor, na frequência e intensidade de chuvas intensas, e na intensidade e frequência de secas em algumas regiões. No que se refere às consequências das mudanças ambientais e climáticas sobre os agravos de saúde, estas devem ser consideradas e analisadas sob a multidisciplinaridade da ciência, uma vez que a relação clima e saúde é antiga e atual, pois o homem sempre foi condicionado às ações da atmosfera, conforme aponta Mendonça (2020, p. 309):

> a relação entre o clima e a saúde humana faz parte de toda a história da humanidade [...]. Na presente fase da história ela está no centro das preocupações planetárias devido, entre outros, à intensificação de agravos em face dos cenários presentes e futuros da globalização/mudanças ambientais-climáticas no Antropoceno. [...] O clima influência a saúde humana tanto benéfica quanto negativamente, e tanto direta quanto indiretamente, desde que os homens e suas sociedades se fizeram presentes na superfície da Terra.

A Organização Mundial da Saúde aponta que, até o início da década de 1990, havia pouca conscientização sobre os riscos das mudanças climáticas para a saúde, defasagem essa refletida no primeiro relatório do IPCC, de 1991. Entretanto, nos anos seguintes, ocorreram mudanças nos paradigmas sobre o tema, e no relatório do IPCC de 1996 houve um capítulo dedicado exclusivamente à temática (OMS, 2008).

De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2009, p. 10), "o primeiro informativo científico sobre mudança climática e saúde foi publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1990". O relatório da OPAS (2009) acrescenta que, em 1995, a organização apresentou a temática para a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, na Conferência sobre Mudanças Climáticas e Saúde Humana, em Washington (EUA), e que, desde então, uma série de pesquisas foi desenvolvida e apresentou resultados e alertas sobre os efeitos do clima na saúde humana.

Em suma, em referência às avaliações publicadas pelos relatórios do IPCC, a OMS (2008) apresenta um resumo das consequências das mudanças climáticas sobre a saúde, destacando três tipos de impactos:

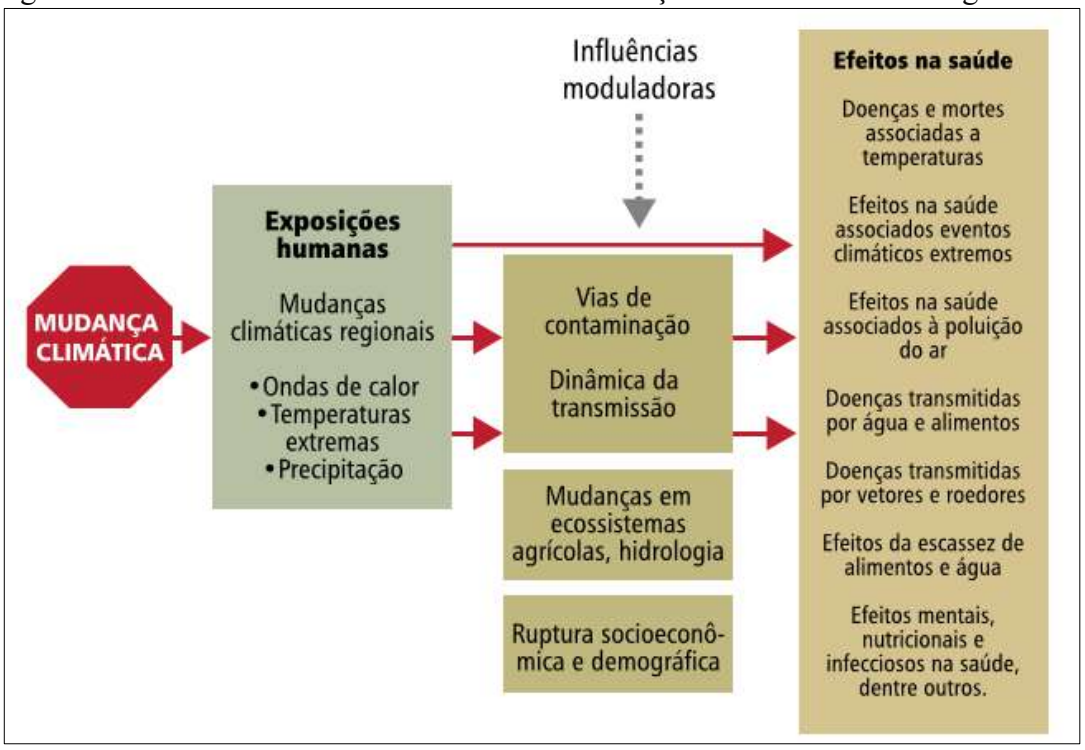
I. Os impactos relativamente diretos, causados por eventos climáticos extremos;

II. As consequências à saúde em relação às mudanças ambientais e distúrbios ecológicos, em reposta às mudanças climáticas;

III. Efeitos negativos sobre a saúde (traumáticos, infecciosos, nutricionais, psicológicos etc.) e aumento de doenças infecciosas transmitidas por vetores.

A Figura 5, a seguir, sintetiza essa discussão com base nos dados do IPCC.

Figura 5 – Panorama sintético dos efeitos das mudanças climáticas sobre os agravos à saúde



Fonte: OMS (2008)

Em relação às pesquisas direcionadas a esse contexto, Confalonieri e Marinho (2007) fizeram observações pertinentes e apontaram que os registros epidemiológicos existentes no Brasil sobre as relações entre clima e saúde pública geralmente consistem em observações dos impactos da variabilidade natural do clima, e não da mudança climática global, em que a maior parte dos estudos refere-se às influências climáticas sobre a ocorrência de doenças infecciosas e parasitárias.

Tal afirmação pode estar associada aos desafios enfrentados pelos pesquisadores para quantificar projeções futuras, uma vez que são informações sensíveis e suscetíveis a variações ao longo do tempo e do espaço, além de diversos fatores externos à variabilidade climática atuarem como agentes nesse processo.

A tarefa é árdua, necessitando de modelos estatísticos cada vez mais robustos e de uma rede de dados epidemiológicos e climáticos mais completa. Além disso, a escala geográfica de ocorrência de eventos como epidemias e episódios climáticos extremos é complexa e não se manifesta de forma homogênea no espaço geográfico, o que dificulta as análises para projeções futuras.

Entretanto, há uma tendência de crescimento de pesquisas voltadas à compreensão das mudanças do clima sobre a saúde humana, uma vez que ainda existem muitas dúvidas científicas sobre o fator de exposição dos indivíduos e a capacidade de resposta e reação aos riscos. Conforme destaca a OMS (2008, p. 13), "há muitas questões não resolvidas sobre a sensibilidade de efeitos específicos na saúde ao tempo, à variabilidade climática e às mudanças ambientais introduzidas pelo clima".

Sena e Corvalán (2022, p. 34) destacam que, "apesar da alta vulnerabilidade de pessoas expostas a ambientes não saudáveis, no âmbito das mudanças climáticas, todas as pessoas estão sujeitas aos riscos advindos de seus efeitos adversos, mesmo aquelas que apresentam melhores condições sociais". Entretanto, as populações mais pobres são as mais expostas e vulneráveis, com menor capacidade de adaptação. Diante desse fator, esses autores relatam os grupos sociais que apresentam maior grau de vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas, sendo:

1. Crianças;
2. Idosos;
3. Mulheres (principalmente grávidas e seus bebês);
4. Pessoas com algum tipo de incapacidade;
5. Pessoas com doença (s) crônica (s);
6. Minorias étnicas;
7. Populações indígenas, ribeirinhas e rurais;
8. Pessoas que trabalham ao ar livre em ambientes mais poluentes;
9. Pessoas com desvantagem socioeconômica.

Consoante a essa perspectiva, a OPAS (2009, p. 10) esclarece que:

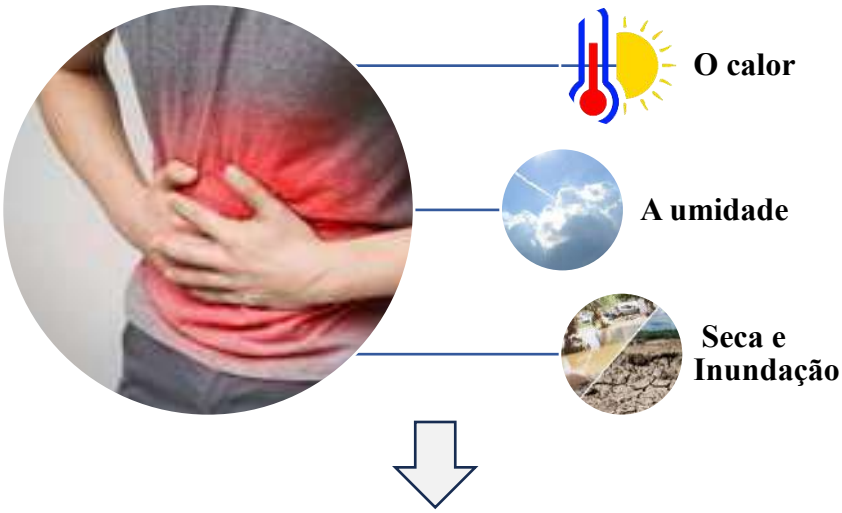
> Identificar as áreas e os grupos populacionais mais vulneráveis às alterações extremas de temperatura ou umidade, por exemplo, e promover ações voltadas para fortalecer a resiliência dessas áreas são fundamentais para criar estratégias de mitigação e adaptação eficazes.

Complementarmente, Sena e Corvalán (2022, p. 37) ressaltam que "investir nas infraestruturas física e social é essencial para construir ou melhorar a resiliência e a capacidade

de adaptação das sociedades e do governo, e que medidas de adaptação eficientes podem reduzir a vulnerabilidade dos sistemas humanos e naturais".

O Ministério da Saúde (2024) aponta diversos riscos relacionados à saúde humana em decorrência das mudanças climáticas. Entre esses riscos, destacam-se observações específicas sobre a fisiopatologia das alterações gastrointestinais associadas aos eventos climáticos adversos:

Infecções gastrointestinais X Alterações Climáticas:



I. **Em relação aos efeitos fisiológicos dos patógenos**: temperaturas elevadas, variações na umidade, períodos de seca e inundações podem contribuir para o desenvolvimento e a sobrevivência de determinados patógenos, além de favorecer seus ciclos reprodutivos e a proliferação;

II. **Em relação aos efeitos na disseminação de patógenos**: um período de seca severa pode compactar os solos a ponto de, quando ocorrer a próxima chuva intensa, o solo não conseguir absorver a água, que então escoa em direção aos rios e provoca a lixiviação dos solos contaminados, aumentando o risco de poluição dos lençóis freáticos;

III. **Em relação aos efeitos sobre a higiene pessoal**: a seca também pode restringir o acesso à água e afetar negativamente as práticas de higiene;

IV. **Em relação ao risco de contaminação**: a seca pode aumentar a concentração de contaminantes na água. Além disso, pode reduzir a pressão nos sistemas de abastecimento de água potável, ocasionando contaminação cruzada. O acesso limitado

à água pode levar ao uso de fontes alternativas menos seguras, como açudes e tanques. Durante uma enchente, aumentam os riscos de contato com água poluída e de ingestão de alimentos contaminados por “água parada”.

Estudos da Organização Mundial da Saúde e das Nações Unidas alertam para os impactos das ondas de calor, secas e inundações no aumento das doenças infecciosas e relacionadas à falta de saneamento básico em todo o mundo. Diante das mudanças climáticas e ambientais em curso, torna-se fundamental um olhar científico e social sobre os efeitos dessas mudanças nas doenças infecciosas, como as doenças diarreicas, cujos grupos mais vulneráveis ao agravamento são os mais pobres, por apresentarem menor acesso aos serviços de prevenção.

3.3

VARIABILIDADE HIDROCLIMÁTICA E DOENÇAS DIARREICAS AGUDAS (DDA)

Fonte: Costa (2024)

O crescimento desordenado das cidades tem causado diversos problemas socioambientais urbanos, dentre os quais se destaca o aumento da vulnerabilidade dos citadinos aos efeitos adversos da variabilidade climática, sobretudo aos extremos climáticos, como ondas de calor e chuvas torrenciais que provocam inundações.

Quando se trata dos impactos da variabilidade climática na saúde da população, estes podem ocorrer de forma direta ou indireta, podendo estar associados ao aumento do desconforto térmico, aos riscos de doenças respiratórias e cardiovasculares, ao crescimento de doenças sazonais, como a dengue, e às doenças de veiculação hídrica. Destaca-se que o clima pode atuar como um fator potencializador dessas enfermidades, mas não é considerado o principal, devido às múltiplas causalidades dos agravos à saúde.

De acordo com Barcellos *et al*. (2009), as doenças infecciosas podem ser fortemente afetadas pelas mudanças ambientais e climáticas, especialmente as de veiculação hídrica, cuja principal estratégia de controle é o saneamento. As doenças consideradas de veiculação hídrica são aquelas transmitidas pela ingestão de água contaminada (Ministério da Saúde, 2024). Entre esse grupo, destacam-se: cólera, shigelose, DDA, febre tifoide e hepatites A e E.

Entre essas enfermidades, Castro (2001, p. 24) destaca que a diarreia aguda representa uma causa significativa de morbimortalidade tanto no Brasil quanto globalmente, estando associada às condições de vida e saúde precárias da população, especialmente em decorrência do consumo de alimentos e água contaminados.

Assim, Fonseca (2018, p.22) argumenta que “embora as doenças diarreicas sejam consideradas uma das principais causas de mortalidade infantil em várias regiões do globo, ainda há lacunas no estabelecimento da relação entre fatores climáticos e a ocorrência de diarreias, especialmente na região tropical”. Todavia, devido à sazonalidade climática característica do Brasil, torna-se cada vez mais necessário realizar estudos que busquem verificar os impactos da variabilidade climática sobre a saúde humana, sobretudo em relação às doenças sensíveis ao clima (DSC).

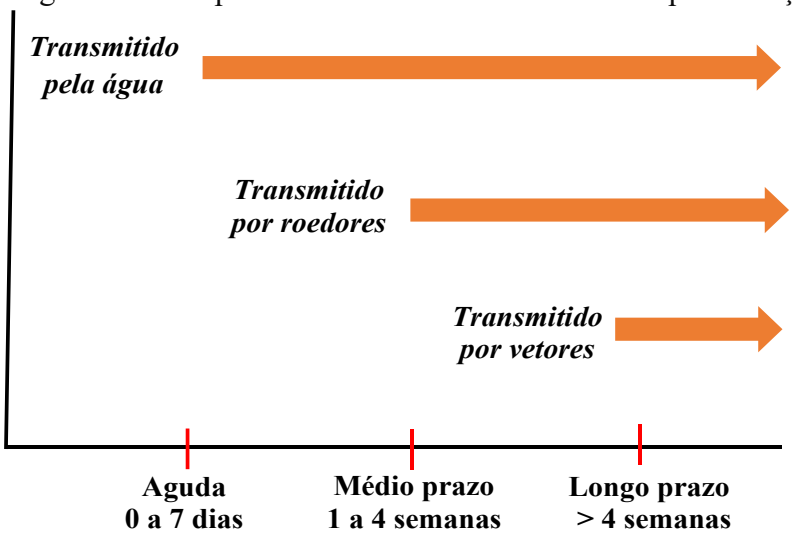
Asmus (2014) destaca que a temperatura e a umidade influenciam diretamente a fisiologia de micro-organismos presentes no solo, na água, em alimentos ou em outros ambientes contaminados. Nesse sentido, o Ministério da Saúde (2010) menciona que as doenças diarreicas causadas por bactérias apresentam aumento significativo durante os meses mais quentes do ano, em regiões onde as mudanças de estação são marcantes, enquanto os vírus tendem a manifestar-se com maior intensidade na estação mais fria.

Logo, as características do tempo climático também podem favorecer a presença de patógenos causadores de infecções intestinais. Os extremos de precipitação, por exemplo, podem sobrecarregar os sistemas de coleta de esgoto e provocar a surgência de efluentes em valas ou fossas rudimentares, além de comprometer a qualidade da água após eventos de enchentes. Tais condições impactam diretamente a saúde da população, sobretudo com o aumento de infecções por doenças diarreicas (Kondo *et al*., 2002; Ahern, 2005, *apud* Asmus, 2014).

Nesse viés, Correia (2021) aponta que as ruas alagadas durante eventos de enchentes podem conter agentes infecciosos, sendo o contato humano com essas águas um fator de risco para o desenvolvimento de doenças como leptospirose e diarreias. Assim, populações que vivem em áreas com deficiências no sistema de saneamento ambiental e expostas a riscos de desastres estão mais suscetíveis à incidência de doenças de veiculação hídrica (Asmus, 2014).

Desse modo, Brown e Murray (2013) realizaram um levantamento de diversos estudos publicados em periódicos sobre a relação entre doenças infecciosas e inundações na Europa, constatando uma relação direta entre esses eventos, especialmente com o aumento de determinadas enfermidades durante e após as inundações, conforme ilustrado na Figura 6. As autoras explicam que esse fenômeno ocorre porque as inundações desestabilizam o equilíbrio ambiental e influenciam tanto a incidência quanto a distribuição geográfica das doenças infecciosas sensíveis ao clima.

Figura 6 – Comportamento da incidência de surtos por doenças infecciosas



Fonte: Adaptado de Brown e Murray (2013) pela Própria Pesquisa (2024)

Castro (2021, p.29) aponta que “as inundações afetam a maioria dos serviços públicos, como a rede de abastecimento de água, interrompendo parcialmente ou não as atividades das estações de tratamento”. Esse agravante interfere diretamente na rotina das cidades, sobretudo na disponibilidade de água, comprometendo a higienização de alimentos destinados ao consumo humano. Como consequência, os serviços de saúde também tendem a ficar sobrecarregados devido ao aumento de doenças que surgem durante e após os desastres.

A relação entre água, saneamento e saúde é considerada essencial para a manutenção da qualidade de vida da população. Nesse sentido, “a falta ou a precariedade do acesso à água representa situação de risco que propicia aumento da incidência de doenças infecciosas agudas e da prevalência de doenças crônicas” (Razzolini; Günther, 2008, p. 21). Assim, a qualidade da água é fundamental para a preservação da saúde humana, sobretudo quando destinada ao abastecimento doméstico, o que exige boas condições sanitárias, ou seja, que esteja livre de microrganismos nocivos à saúde.

O consumo ou o contato com água contaminada pode transmitir diversas doenças infecciosas, causadas por parasitas e vetores presentes nesse meio. A adoção de cuidados com a higiene pessoal, o manuseio de alimentos, a limpeza de caixas d’água, o tratamento da água da rede pública de abastecimento e a presença de um sistema eficaz de saneamento básico são medidas essenciais para combater a proliferação de doenças de veiculação hídrica. De acordo com Gracie *et al*. (2022, p.75) “o saneamento básico, compreendido como um conjunto de ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, é considerado um direito dos cidadãos e um item imprescindível de qualidade de vida”.

O processo de urbanização desordenado tem comprometido a qualidade da água, especialmente em centros urbanos, onde o esgoto doméstico e industrial é despejado diretamente em canais fluviais sem qualquer tipo de tratamento prévio, realidade comum em diversas cidades brasileiras.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2004, p. 37) aponta que os riscos à saúde relacionados à água podem ser classificados em duas categorias, sendo elas:

1. Riscos relacionados à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitos), pelo contato direto ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico;
2. Riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais ou causados por acidentes ambientais.

Segundo Xavier, Codeço e Barcellos (2022, p. 150), os “agravos à saúde, como a leptospirose, desnutrição, doenças diarreicas, malária e outras doenças de veiculação hídrica, são as principais causas de morbidade e mortalidade em muitos países em desenvolvimento”. Os autores ainda destacam que esses grupos de doenças infecciosas podem ser direta ou indiretamente afetados pelas mudanças ambientais e climáticas. Nesse viés, esforços para melhorar a qualidade do atendimento de saneamento básico e da rede de saúde pública podem minimizar os impactos desses agravos.

Para o Ministério da Saúde (2019, p.218) “as doenças diarreicas agudas (DDA) correspondem a um grupo de doenças infecciosas gastrointestinais”. As DDA caracterizam-se por uma síndrome que envolve a diminuição da consistência das fezes e o aumento do número de evacuações (mínimo de três episódios em 24 horas), podendo ser acompanhada por náusea, vômito, febre e dor abdominal. Em alguns casos, pode haver presença de muco e sangue nas fezes (Brasil, 2019).

As DDA são autolimitadas, com duração de até 14 dias, nas quais, dependendo do agente causador e do perfil do paciente, o quadro pode evoluir, quando não tratado corretamente, para desidratação leve a grave, além de distúrbios hidroeletrolíticos, podendo resultar em óbito, especialmente em casos de desnutrição instalada (Brasil, 2019).

Quanto à sua patologia, as doenças diarreicas agudas podem ser classificadas como de origem infecciosa e não infecciosa. Quanto à origem infecciosa, os agentes patogênicos são bactérias, vírus, fungos e parasitas; já a não infecciosa pode ser causada por intolerância alimentar, sais e gorduras mal absorvidos e ácidos biliares (Castro, 2021).

O Ministério da Saúde (2024) também destaca que a diarreia de origem não infecciosa pode ser causada por medicamentos, principalmente os quimioterápicos, além da ingestão excessiva de adoçantes, do consumo de bebidas alcoólicas ou ainda por algumas doenças, como a doença de Crohn, colites ulcerativas, síndrome do intestino irritável, intolerância à lactose e ao glúten.

De acordo com o Código Internacional de Doenças do Ministério da Saúde, o CID-10, as DDA estão dispostas no Capítulo 1 e englobam as categorias de A00 a A09, que correspondem às doenças infecciosas intestinais, sendo identificadas conforme o disposto no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista de tabulação de morbidade para a diarreia aguda no CID-10

Capítulo	Descrição	Código do CID-10
1	Cólera	A00
	Febre tifoide e paratifoide	A01
	Shigelose	A03
	Amebíase	A06
	Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível	A09
	Outras doenças infecciosas intestinais	A02, A04, A05, A07, A08

Fonte: DATASUS/ CID-10 (2024)

Quanto à transmissão das DDA, esta ocorre principalmente por via fecal-oral, tanto de forma indireta (por meio da água e dos alimentos) quanto de forma direta, por contato pessoa a pessoa (Brasil, 2019). Desse modo, a transmissão pode envolver diferentes agentes patogênicos, ocorrendo de forma específica para cada bactéria, vírus e parasita (Quadro 2).

Quadro 2 – Principais agentes etiológicos patogênicos responsáveis por doenças diarreicas, modo de transmissão e período de incubação

Grupos	Agente etiológico	Modo de transmissão	Período de incubação	Tempo de duração da doença
Bactérias	Bacillus cereus	Alimentos	1 a 6 horas	24 horas
	Staphylococcus aureus	Alimentos	1 a 6 horas	24 horas
	Campylobacter spp	Fecal-oral, alimento, água, animais domésticos	1 a 7 dias	1 a 4 dias
	E. coli enterotoxigênica (Etec)	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	12 horas a 3 dias	3 a 5 dias
	E. coli enteropatogênica (Epec)	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	2 a 7 dias	1 a 3 semanas
	E. coli enteroinvasiva (Eiec)	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	2 a 3 dias	1 a 2 semanas
	E. coli entero-hemorrágica (EHEC)	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	3 a 5 dias	1 a 12 dias

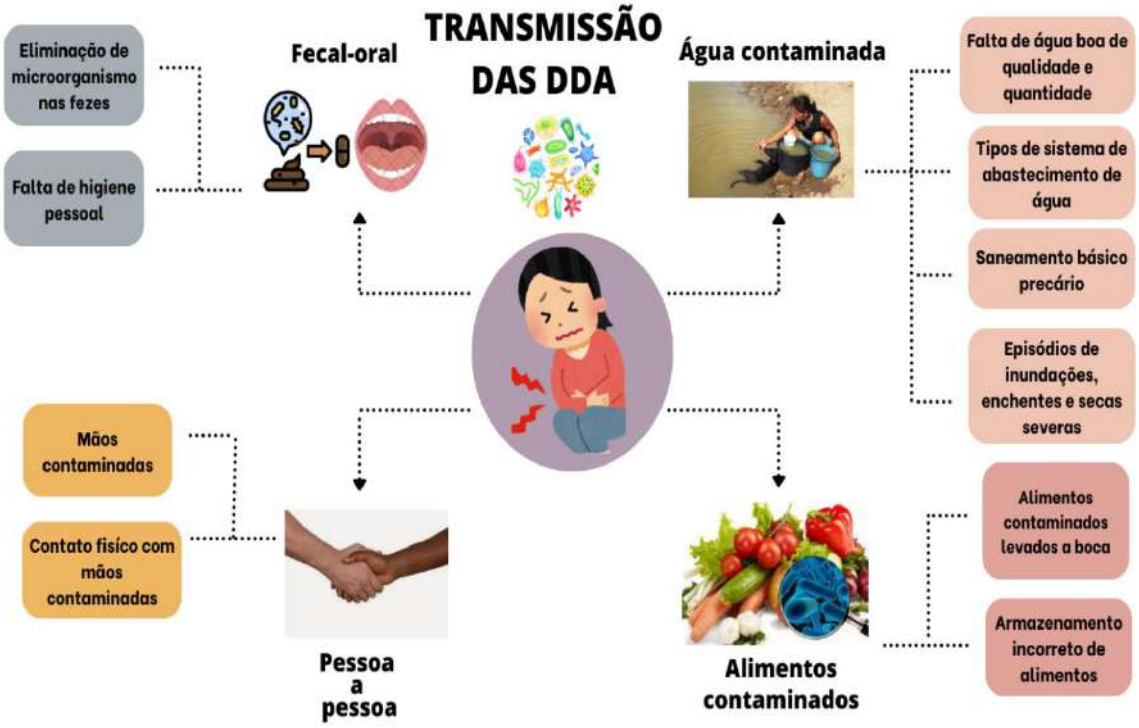
	Salmonella spp. (não tifoide)	Fecal-oral, alimento, água	8 horas a 2 dias	5 a 7 dias
	Shigella spp	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	1 a 7 dias	4 a 7 dias
	Yersinia enterocolitica	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa, animal doméstico	2 a 7 dias	1 dia a 3 semanas
	Vibrio cholerae	Fecal-oral, alimento, água	5 a 7 dias	3 a 5 dias
Vírus	Astrovírus	Fecal-oral, alimento, água	1 a 14 dias	1 a 14 dias
	Calicivírus	Fecal-oral, alimento, água, nosocomial	1 a 3 dias	1 a 3 dias
	Adenovírus entérico	Fecal-oral, nosocomia	7 a 8 dias	8 a 12 dias
	Norovírus	Fecal-oral, alimento, água, pessoa a pessoa	18 horas a 2 dias	12 horas a 2 dias
	Rotavírus grupo A	Fecal-oral, nosocomial, alimento, água, pessoa a pessoa	1 a 3 dias	5 a 7 dias
	Rotavírus grupo B	Fecal-oral, água, pessoa a pessoa	2 a 3 dias	3 a 7 dias
	Rotavírus grupo C	Fecal-oral	1 a 2 dias	3 a 7 dias
Parasitas	Balantidium coli	Fecal-oral, alimentos, água	Ignorado	Ignorado
	Cryptosporidium spp	Fecal-oral, alimentos, água, pessoa a pessoa, animais domésticos	1 a 2 semanas	4 dias a 3 semanas
	Entamoeba histolytica	Fecal-oral, alimentos, água	2 a 4 semanas	Semanas a meses
	Giardia lamblia	Fecal-oral, alimentos, água	5 a 25 dias	Semanas a anos
	Cystoisospora belli F	Fecal-oral	2 a 15 dias	2 a 3 semanas

Fonte: Guia de Vigilância em Saúde (Brasil, 2019). Elaborado pela Própria Pesquisa (2024)

Conforme o Ministério da Saúde (2010), a transmissão da diarreia ocorre principalmente por meio da água e dos alimentos contaminados pelas mãos de pessoas doentes ou daquelas que, mesmo sem apresentarem sintomas, eliminam microrganismos nas fezes e não mantêm bons hábitos de higiene. Além disso, o homem, os animais e os alimentos atuam como reservatórios de agentes etiológicos causadores de diarreia, cuja transmissão se dá pela via

fecal-oral, tanto de forma direta (mãos contaminadas) quanto indireta (alimentos, água e utensílios contaminados), conforme demonstra a Figura 7. A disseminação da diarreia aguda também dependerá da presença desses patógenos no ambiente, os quais foram descritos no Quadro 2.

Figura 7 – Principais formas de transmissão das doenças diarreicas agudas



Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Nem sempre o contato com as fontes de contaminação resulta no desenvolvimento da doença, pois isso depende da resposta imunológica do indivíduo, a qual está relacionada a fatores como seu estado nutricional, condições sociais e culturais, além dos hábitos de higiene. No entanto, doenças infecciosas como a diarreia aguda tendem a se manifestar com maior frequência em ambientes com estrutura precária, especialmente na ausência de saneamento básico. Esse cenário é comum em domicílios ou bairros com pouca infraestrutura, onde o acesso à água tratada é limitado.

Diante disso, Castro (2021, p.69) destaca que:

> é primordial estabelecer um monitoramento obrigatório das investigações dos casos de diarreia em todas as esferas (nacional, estadual e municipal), identificando principalmente o seu agente etiológico na base de informações de saúde, visto que, metade dos casos de diarreia e gastroenterite de origem infecciosa no Brasil e seus

> demais municípios, os patógenos não são identificados e as únicas informações disponíveis são oriundas de estudos especializados e locais.

A preocupação com o monitoramento dos casos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) no Brasil surgiu apenas após a sétima pandemia de cólera, ocorrida em 1991. A partir desse episódio, iniciaram-se investigações e ações de vigilância voltadas à identificação de possíveis surtos de cólera e outras enfermidades relacionadas (Brasil, 2010). Assim, em 1994, foi proposta a criação do sistema de Monitorização das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA) (Castro, 2021).

Devido ao controle da cólera no Brasil, o foco e os objetivos da monitorização passaram a ser voltados para as doenças diarreicas. Sendo assim, a monitorização reuniu o processo de elaboração e análise de mensurações rotineiras, capazes de detectar alterações no ambiente ou na saúde da população, e de expressar mudanças na tendência das diarreias (Brasil, 2010).

Quanto à vigilância epidemiológica, as DDA integram a Vigilância Epidemiológica das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (VE-DTHA) e fazem parte da Monitorização das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA), regulamentada pela Portaria de Consolidação n. º 5, de 28 de setembro de 2017. Essa normativa permite o monitoramento apenas da ocorrência dos casos notificados em unidades de saúde eleitas como sentinelas pela vigilância epidemiológica das Secretarias Municipais de Saúde (Brasil, 2019).

Os dados OMS revelam que as doenças diarreicas constituem a segunda principal causa de morte em crianças menores de cinco anos no mundo, embora sejam evitáveis e tratáveis. Sendo assim, as DDA configuram um dos mais graves problemas de saúde pública global, com aproximadamente 1,7 bilhão de casos e 525 mil óbitos infantis (em crianças menores de cinco anos) por ano (Ministério da Saúde, 2022).

Ainda, o Ministério da Saúde (2022) destaca que as DDA transmitidas pela água podem ser prevenidas por meio do consumo de água potável, de condições adequadas de saneamento e bons hábitos de higiene. No Brasil, as regiões que mais sofrem com as doenças relacionadas à falta de saneamento básico são as regiões Norte e Nordeste, onde a disponibilidade de serviços adequados é escassa, e a população mais pobre é a menos assistida e a mais exposta aos riscos de diversas doenças.

Dessa forma, segundo dados do IBGE referentes ao ano de 2016, cerca de 87,3% dos domicílios ligados à rede geral tinham disponibilidade diária de água, percentual que era de apenas 66,6% na região Nordeste. Nessa mesma região, em 16,3% dos domicílios o abastecimento ocorria de uma a três vezes por semana, e em 11,2%, de quatro a seis vezes por

semana. Já a região Norte apresentava o menor percentual de domicílios cuja principal forma de abastecimento de água era a rede geral de distribuição (59,8%) (Ministério da Saúde, 2022).

Conforme dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2021), no Maranhão, apenas 55,8% da população tinha atendimento por meio da rede de abastecimento de água, o que correspondia a aproximadamente 3,6 milhões de habitantes. Desse total, a população urbana concentrava a maior parte do atendimento, com cobertura de 78,5%, equivalente a cerca de 3,3 milhões de habitantes.

Diante desse cenário, o Ministério da Saúde (2022) reforça a preocupação com o aumento da ocorrência de inundações e secas induzidas pelas mudanças climáticas, que podem comprometer o acesso de muitas famílias aos serviços de abastecimento de água e saneamento, expondo-as a riscos à saúde. As inundações podem dispersar diversos contaminantes fecais, aumentando surtos de doenças relacionadas à água, enquanto as secas podem causar escassez hídrica, levando a população a recorrer a fontes alternativas, como caminhões-pipa, sem tratamento adequado, o que eleva os riscos de adoecimento por doenças diarreicas.

Dessa maneira, a relação entre doenças de veiculação hídrica e clima é muito preocupante no país, com cenário crítico no Maranhão, caracterizado pelo déficit no sistema de saneamento básico. Apesar de as áreas urbanas concentrarem os maiores números de casos de doenças relacionadas à água, não se deve excluir as zonas rurais, que ainda são bastante representativas em território maranhense e carecem de maior atenção das políticas públicas, sobretudo na garantia do abastecimento de água de qualidade, pois uma parcela significativa das comunidades rurais no estado possui água proveniente de poços perfurados.

Essa realidade também é observada no município de Bacabal, principalmente nas áreas periféricas, onde o serviço de saneamento básico é ineficiente, como no bairro Trizidela, situado às margens do rio Mearim, no qual os resíduos domésticos produzidos são lançados *in natura* no rio, comprometendo a qualidade da água, que posteriormente pode contaminar a população, pois muitos utilizam o rio como forma de lazer para banhos e como fonte de alimentos, por meio da atividade pesqueira.

Tratamento para as DDA

Quanto ao tratamento das Doenças Diarreicas Agudas, este se fundamenta na prevenção e na rápida correção da desidratação por meio da ingestão de líquidos e da solução de sais de reidratação oral (SRO), sendo a avaliação clínica extremamente necessária para

orientar a melhor forma de tratamento para a cura da doença, estabelecida a partir dos Planos A, B e C, conforme o Plano de Manejo do paciente com diarreia (Ministério da Saúde, 2022).

O Quadro 3 traz as informações necessárias para o tratamento do paciente, de acordo com o nível de gravidade da doença, levando em consideração, principalmente, o quadro de desidratação.

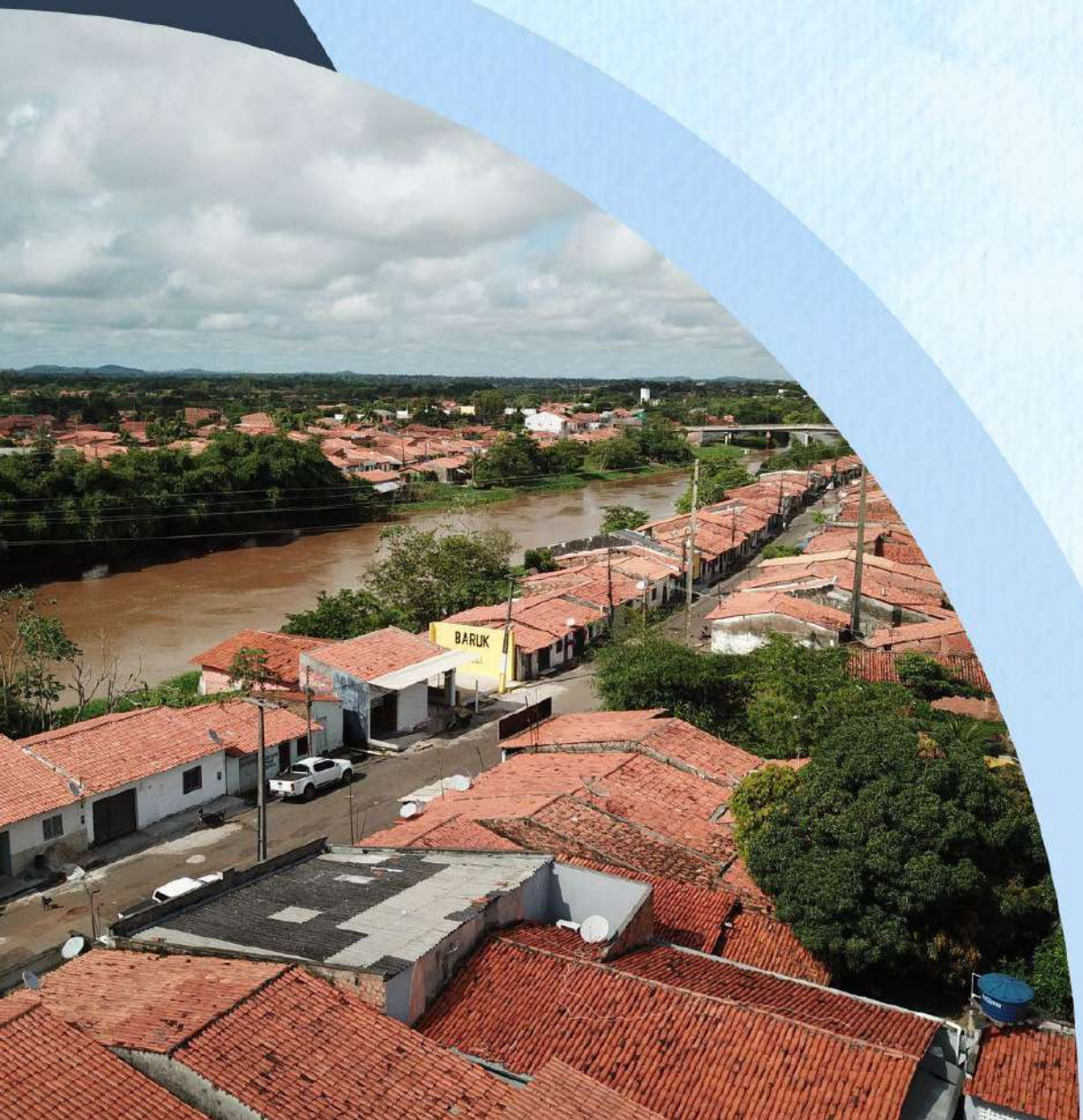
Quadro 3 – Indicações de formas de tratamento do paciente com diarreia

PLANO A	PLANO B	PLANO C
1. Consiste em cinco etapas direcionadas ao **paciente hidratado**, a serem realizadas no domicílio:	2. Direcionado ao p**aciente com desidratação**, porém sem sinais de gravidade, com capacidade de ingerir líquidos e que deve ser tratado na Unidade de Saúde:	3. Consiste em duas fases de reidratação endovenosa, destinada ao **paciente com desidratação grave**, que deve ser tratado na Unidade de Saúde:
Aumento da ingestão de água e outros líquidos, incluindo a solução de SRO, principalmente após cada episódio de diarreia, pois, dessa forma, evita-se a desidratação;	Ingestão da solução de SRO, iniciada em pequenos volumes, com aumento gradual da oferta e da frequência;	Realizar reidratação endovenosa no serviço de saúde (fases rápida e de manutenção);
Manutenção da alimentação habitual; continuidade do aleitamento materno;	Reavaliação constante do paciente, pois o Plano B é encerrado quando desaparecem os sinais de desidratação, momento em que se deve adotar ou retornar ao plano A;	O paciente deve ser reavaliado após duas horas. Se persistirem os sinais de choque, repetir a prescrição; caso contrário, iniciar balanço hídrico com as mesmas soluções preconizadas;
Retorno do paciente ao serviço de saúde, caso não apresente melhora em dois dias ou manifeste piora da diarreia, vômitos repetidos, sede intensa, recusa de alimentos, presença de sangue nas fezes ou diminuição da diurese;	Orientação do paciente, responsável ou acompanhante para reconhecer os sinais de desidratação, preparar adequadamente e administrar a solução de SRO, e praticar ações de higiene pessoal e domiciliar, como a lavagem adequada das mãos, o tratamento da água e a higienização dos alimentos.	Administrar por via oral a solução de SRO em doses pequenas e frequentes, tão logo o paciente aceite. Isso acelera a recuperação e reduz drasticamente o risco de complicações;
Preparar adequadamente e administrar a solução de SRO, além de praticar ações de higiene pessoal e domiciliar, como a lavagem adequada das mãos, o tratamento da água e a higienização dos alimentos;		Suspender a hidratação endovenosa quando o paciente estiver hidratado, com boa tolerância à solução de SRO e sem vômitos.
Administração de zinco uma vez ao dia, por um período de 10 a 14 dias, para crianças.		

Fonte: Ministério da Saúde (2022) adaptado pela Própria Pesquisa (2025)

3.4

BACABAL: A CIDADE AS MARGENS DO RIO MEARIM



Fonte: Costa (2025)

3.4.1 Da origem ao contexto atual da cidade bacabalense

Entre tantas frondosas palmeiras;
É um leito que corre a banhar;
Tuas terras surgistes garrida;
Oh! Cidade que sabe cantar.
Altaneira és ideal;
Foste ontem a fazenda que agora;
O Maranhão te a ti Bacabal.
Oh! Cidade galante deveras;
Caudaloso é teu rio Mearim;
Babaçu te enleva em paisagem;
Poesia, riqueza és enfim.
(**Trecho do hino do município de Bacabal**)

O município de Bacabal, com área total de 1.656,73 km² e 260km de distância de São Luís, capital maranhense, está localizado na mesorregião centro-maranhense, incluso na Microrregião Médio Mearim e situado na área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Segundo os dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Bacabal tem uma população estimada de 103.711 habitantes, com densidade de 62,60 hab./km², considerado o nono município mais populoso do estado.

Segundo Soares (2018), até 1876 a região do Médio Mearim era ocupada por índios das tribos Guajajaras e Kreniês, onde hoje situa-se a cidade de Bacabal, cujas malocas ficavam localizadas no atual bairro Juçaral.

Entretanto, a partir de 1876, iniciou-se o processo de ocupação da área, não mais por indígenas, mas por povos de outras regiões, com a chegada do coronel Lourenço Vieira da Silva. Este veio à região em busca de terras próprias para a agricultura e fundou uma fazenda com sede no local onde atualmente se situa a Praça Nossa Senhora da Conceição (Figura 8), cultivando algodão e mandioca e utilizando trabalho escravo (Soares, 2018).

Figura 8 – Praça Nossa Senhora da Conceição

Fonte: IBGE (2010)

Mais tarde, após a abolição da escravatura e a posterior decadência da fazenda, o coronel Raimundo Alves de Abreu adquiriu a propriedade, que passou a ser conhecida como Sítio dos Abreu. Devido à fertilidade do terreno, à topografia privilegiada e aos recursos naturais, o sítio prosperou rapidamente (Prefeitura de Bacabal, 2023). Com isso, o sítio tornou-se um aglomerado de pessoas, constituindo-se um povoado chamado Bacabal.

Com seu crescimento, em 17 de abril de 1920, passou a ser considerada vila por meio da Lei n. º 932, assinada pelo governador Dr. Urbano Santos da Costa (Soares, 2018). Essa data marca a criação da cidade, cujo aniversário de fundação é comemorado.

Já pelo Decreto-Lei Estadual n. º 159, de 06 de agosto de 1938, Bacabal foi elevada à categoria de cidade, obtendo autonomia e uma organização político-administrativa (IBGE, 2010). A origem do topônimo "Bacabal" refere-se à grande quantidade de bacaba, palmeira nativa da região, existente na área desde os primórdios de sua fundação (Prefeitura de Bacabal, 2023).

De acordo com a Prefeitura de Bacabal (2023), desde a sua fundação, Bacabal é considerado um município-distrito. Ao longo do tempo, sofreu desmembramentos, sendo que, em 1961, deram-se as criações dos municípios de Lago Verde, pela Lei n. º 2.157, de 30 de novembro; de Olho d'Água das Cunhãs, pela Lei n. º 2.158, também de 30 de novembro; e de

São Mateus do Maranhão, pela Lei n. º 2.170, de 26 de dezembro. Em 1996, ocorreu ainda o desmembramento para a criação do município de Bom Lugar.

As Figuras 9 e 10 apresentam importantes estruturas urbanas da antiga cidade. Ressalta-se, no entanto, que não foi possível identificar, nas fontes consultadas, o período exato em que as fotografias foram registradas.

Figura 9 – Praça Silva Neto

Fonte: IBGE (2010)

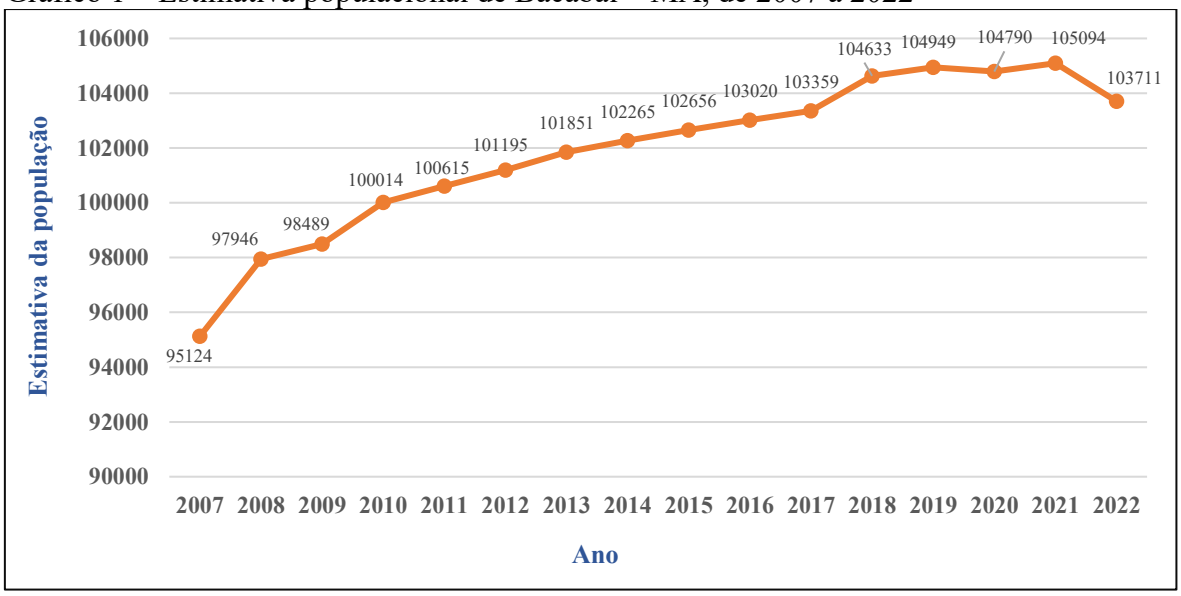
Figura 10 – Antiga usina elétrica municipal

Fonte: IBGE (2010)

Conforme Farias *et al*. (2019), o município de Bacabal já teve grande protagonismo, sendo considerada uma das cidades mais importantes do estado do Maranhão no que se refere às atividades agrícolas, com destaque para a rizicultura, chegando a ser o maior centro produtor do estado no século XX.

Nos últimos anos, a cidade passou por um processo de crescimento demográfico significativo, sobretudo quando comparados os anos de 2007 e 2022. Conforme indicam os dados de estimativa populacional do IBGE apresentados no Gráfico 1, Bacabal passou de 95.124 habitantes em 2007 para 103.711 em 2022, contando, nesse último ano, com 32.893 domicílios de ocupação permanente e uma média de 3,15 moradores por domicílio (IBGE, 2023).

Gráfico 1 – Estimativa populacional de Bacabal – MA, de 2007 a 2022



Fonte: Adaptado de IBGE (2023) pela Própria Pesquisa (2024)

A cidade de Bacabal configura-se como um importante polo econômico para a Região de Desenvolvimento do Mearim, conforme demonstram os dados do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC, 2020, p. 34): “Bacabal destaca-se como município-polo, com foco para seu centro comercial e educacional. Na região ocupa o primeiro lugar em área, população e PIB, sendo o segundo em densidade demográfica”.

De acordo com Fernandes (2020, p.24), Bacabal tem sua estrutura baseada “na agropecuária, especialmente a pecuária semi-intensiva de gado bovino, destacando-se como um dos mais importantes do espaço maranhense, com a introdução de rebanho leiteiro em áreas ocupadas com pastos plantados, em detrimento das áreas de lavouras”. Logo, a economia local

baseia-se no fornecimento de produtos e serviços, com destaque para a administração pública, o comércio, as atividades imobiliárias e aluguéis, além da produção agrícola, como arroz, feijão, milho e farinha de mandioca.

Nesse contexto, a Figura 11 apresenta exemplos de serviços ofertados na cidade, com ênfase nas manifestações religiosas, serviços bancários, alimentícios e de mobilidade.

Figura 11 – a) Terminal rodoviário; b) Agência do Banco do Brasil; c) Fachada do Mercado; d) Igreja Santa Terezinha

Fonte: Prefeitura Municipal de Bacabal (2021)

O fornecimento de água no município é realizado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). De acordo com Silva (2024), Bacabal não possui coleta seletiva de resíduos sólidos, sendo esse serviço operacionalizado pela empresa terceirizada Vox Ambiental. Diariamente, são coletadas aproximadamente 80 toneladas de resíduos, recolhidos por caçambas ou carros compactadores e posteriormente lançados, sem qualquer tipo de tratamento, no lixão municipal. Segundo Cardoso e Ericeira (2017), o lixão existe há mais de 20 anos, ocupando uma área de cerca de 35 hectares, localizado na Rua Onze, entre os bairros Vila São João e o povoado Palmeiral.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), aproximadamente 20.209 pessoas não possuem acesso ao abastecimento de água em Bacabal, o que corresponde a 19,5% da população municipal. Quanto à coleta de esgoto,

estima-se que 98.880 habitantes estejam desassistidos, representando 95,3% da população bacabalense.

Diante do panorama desses dados é possível verificar que a cidade de Bacabal enfrenta diversos problemas associados a falta de infraestrutura dos serviços de saneamento básico, que condicionado as características climáticas locais e regionais criam um ambiente favorável a proliferação de doenças, sendo necessário também um diagnóstico das condições climáticas para entender a dinâmica espacial de doenças.

3.4.2 Chove chuva, chove sem parar: como é o clima de Bacabal?

Dizem por aqui, que o calor é tão grande
Que estamos mais próximos daquele lugar "lá"
que ninguém quer ir.
(**morador de Bacabal**)

No que se refere à classificação climática do estado do Maranhão, ainda há muitas lacunas a serem preenchidas. A única classificação oficial existente é a do IBGE (2002), elaborada na escala de 1:5.000.000, a qual, devido à escala utilizada, não define com precisão os padrões climáticos do estado.

Desde então, diversos pesquisadores têm elaborado suas próprias classificações, baseando-se nas metodologias propostas por distintos Sistemas de Classificação Climática (SCC), como os de Köppen-Geiger, Thornthwaite, entre outros.

Recentemente, Novais (2022) desenvolveu sua própria metodologia de classificação das unidades climáticas do território brasileiro, no contexto das pesquisas realizadas em sua tese de doutorado. A partir desse estudo, foram identificados oito domínios climáticos, definidos com base nas médias de temperatura e nos sistemas atmosféricos atuantes. Ao final, o autor categorizou 119 unidades climáticas em todo o país. Esse trabalho tem sido amplamente consultado, sobretudo pelo nível mais elevado de detalhamento que apresenta em relação às classificações anteriores.

De acordo com a classificação climática estabelecida por Novais (2022), o município de Bacabal está inserido no Domínio Climático Equatorial, sendo classificado, quanto à unidade climática, como Tipo Equatorial Semisseco Litorâneo Norte do Brasil (Eq*onb). Essa unidade apresenta um padrão de seis a sete meses secos, com precipitação média anual entre 1.012 e 2.216 mm, evapotranspiração média anual variando entre 1.490 e 1.877 mm, e temperatura média do mês mais frio entre 24,9 ºC e 27,1 ºC (Novais; Machado, 2023).

Segundo Novais (2023, p. 126), “o sistema atmosférico predominante, que se torna o fator genético do clima no domínio Equatorial, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aumentando significativamente a quantidade de chuva durante os meses de verão e outono (principalmente)”.

Adicionalmente, destacam-se as contribuições de Mendonça e Danni-Oliveira (2007), que também propuseram uma classificação climática para o Brasil, baseada em dados de distribuição de temperatura e precipitação, na atuação das massas de ar e nas características geográficas. Nesse modelo, os autores identificaram cinco grandes domínios climáticos no país, sendo que, no Maranhão, predominam dois tipos: o Clima Equatorial e o Clima Tropical Equatorial.

De acordo com essa classificação, Bacabal está inserida na subcategoria de Clima Tropical Equatorial, com quatro a cinco meses secos (2c), caracterizado como subtipo climático quente e úmido, com temperaturas levadas ao longo de todo o ano e pluviosidade com maior variação sazonal em relação aos índices térmicos, em que atuam principalmente a ZCIT, a MEA e a MEC, além de fatores geográficos, como a continentalidade, que contribuem para a configuração da variabilidade pluviométrica e térmica.

Já ao se considerar a classificação climática de Köppen, atualizada por Alvares *et al*. (2013), o município de Bacabal é classificado como pertencente ao Clima Tropical (A). Os domínios, nesse sistema de classificação climática (SSC), são subdivididos de acordo com a sazonalidade das chuvas. Assim, a área de estudo é subclassificada como Aw, clima tropical com inverno seco.

Quanto aos sistemas formadores das condições de tempo e clima, Dias e Costa (2020) destacam que o Maranhão apresenta grande defasagem quanto ao conjunto de estudos voltados aos seus sistemas produtores de tempo e clima, sendo essa lacuna algo que apenas a partir dos anos 2000 começou a ser gradualmente “corrigida”. Entre os fatores que contribuem para essa carência, sobressai a escassez de dados meteorológicos de longo prazo para os municípios maranhenses, já que apenas doze cidades possuem estações meteorológicas convencionais com séries históricas superiores a trinta anos, as quais, ainda assim, apresentam elevado número de falhas nos registros. Esse cenário compromete significativamente o desenvolvimento de pesquisas na área de Climatologia no estado.

Assim, “com exceção dos municípios da Ilha do Maranhão, em que se destaca a capital do estado, São Luís, praticamente a totalidade do território maranhense sofre com a

escassez de dados e interpretações geográficas quantos aos elementos climáticos atuantes" (Dias; Costa, 2020).

Para o município de Bacabal, a literatura referente aos sistemas formadores das condições de tempo e clima ainda é escassa, limitando-se, em geral, a estudos de abrangência regional ou nacional. Diante disso, serão abordados, neste trabalho, os sistemas atmosféricos de escala mais ampla que influenciam o clima da cidade, com base nos dados disponíveis em fontes oficiais e em pesquisas acadêmicas.

De acordo com o relatório do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico (ZEE-MA, 2019), o principal mecanismo responsável pela distribuição das chuvas na porção norte e oeste do estado do Maranhão, abrangendo também o município de Bacabal, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

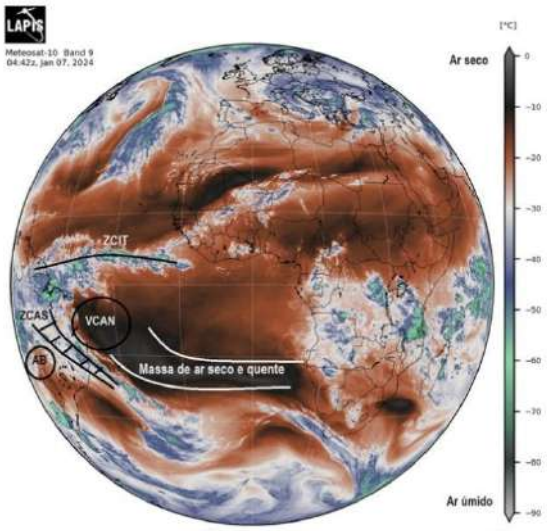
A ZCIT é definida como uma faixa de nuvens convectivas que se estende ao longo da região equatorial (Melo; Cavalcanti; Sousa, 2009). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), esse sistema forma-se em áreas de baixa latitude, onde o encontro dos ventos alísios de sudeste e nordeste provoca a ascensão de massas de ar, geralmente carregadas de umidade.

Ferreira e Melo (2005) apontam que o choque entre os ventos alísios provoca a ascensão do ar quente e úmido, favorecendo a formação de nuvens. Dessa forma, a ZCIT é considerada o principal fator na determinação da abundância ou escassez das chuvas no setor norte da região Nordeste do Brasil.

Outra característica importante da ZCIT, ao se considerar a região do Atlântico Equatorial, é sua migração sazonal. Em anos considerados normais, a partir de sua posição mais ao norte, em torno de 14ºN (entre agosto e setembro), ela migra progressivamente para uma posição mais ao sul, aproximadamente em 2ºS (entre março e abril). Esse processo de deslocamento, associado aos fatores que influenciam o fortalecimento ou enfraquecimento dos ventos alísios (de sudeste e nordeste), desempenha um papel fundamental na determinação da estação chuvosa na região Nordeste do Brasil (Melo; Cavalcanti; Sousa, 2009).

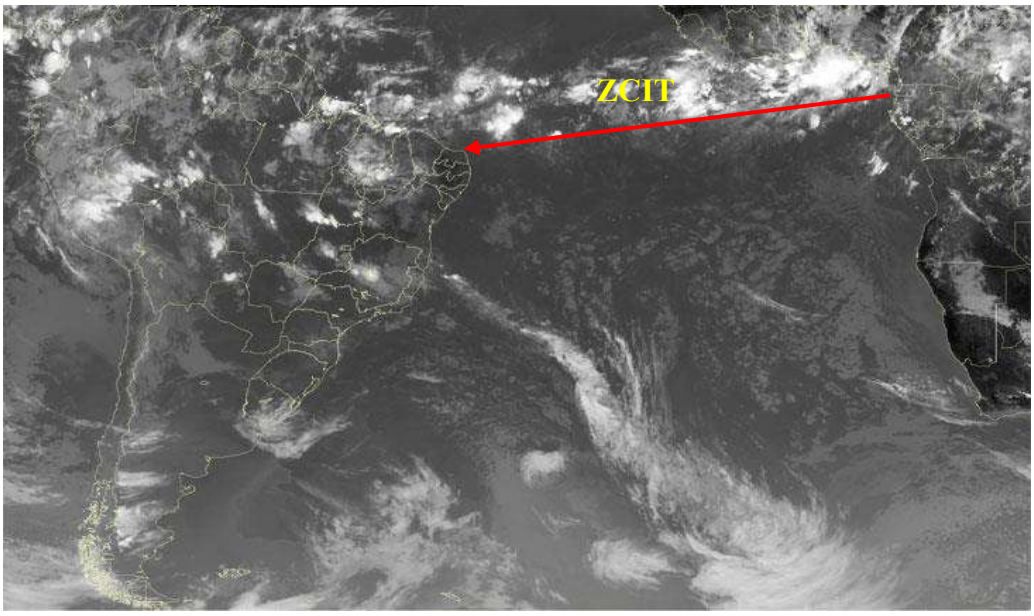
Dessa forma, a ZCIT pode ser observada por meio de imagens de satélite, como ilustrado nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Atuação da ZCIT no Hemisfério Sul. Imagem de satélite do Meteosat-10, referente ao dia 07 de janeiro de 2024



Fonte: LAPISMET (2024)

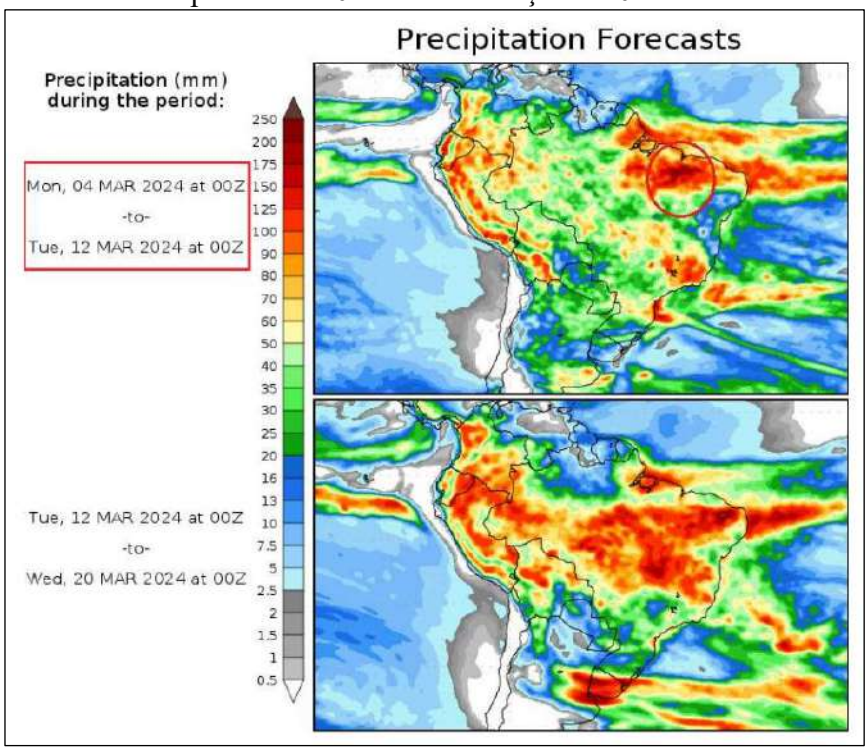
Figura 13 – Atuação da ZCIT no Hemisfério Sul. Imagem de satélite GOES, referente ao dia 17 de abril de 2012



Fonte: CPTEC/INPE (2012)

Assim sendo, a Figura 14 apresenta um exemplo da atuação de uma banda dupla da ZCIT sobre a região centro-norte do Maranhão (áreas demarcadas em tons de laranja a vermelho), durante o mês de março de 2024, área onde também se localiza o município de Bacabal, com ocorrência de chuvas associadas a esse sistema.

Figura 14 – Modelo de previsão meteorológica GSF de chuvas para o Maranhão – período de 04 a 11 de março de 2024



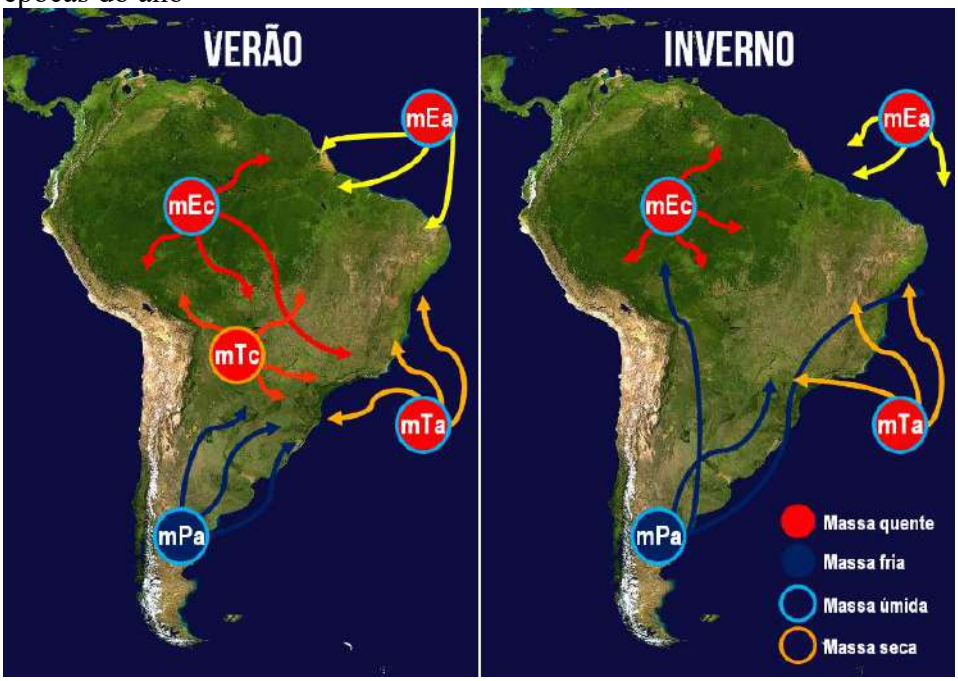
Fonte: SEMA (2024)

No Maranhão, atuam ainda duas importantes massas de ar: a Massa Equatorial Atlântica (MEA) (quente e úmida) e a Massa Equatorial Continental (MEC) (quente e úmida). As massas de ar são definidas como "uma unidade aerológica, ou seja, uma porção da atmosfera, de extensão considerável, com características térmicas e hidrométricas homogêneas" (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 99).

A MEA tem origem na região equatorial, sobre o oceano Atlântico, sendo considerada quente e úmida devido a essa característica, influenciando as condições de tempo e clima principalmente nos estados do Pará e Maranhão. Já a MEC origina-se em área continental, com gênese nos contrafortes da Cordilheira dos Andes, deslocando-se em várias direções, dentre as quais o sentido centro-sul do Maranhão (Dias; Costa, 2020). Devido à influência da região amazônica, por meio do alto índice de evapotranspiração emitido pela floresta, é considerada a única massa de ar continental úmida atuante na América do Sul.

Essas massas de ar atuam de forma distinta no verão e no inverno no Hemisfério Sul, sendo mais atuantes durante o verão (Figura 15). De acordo com Ayoade (1996, p. 101), "as massas de ar são muito importantes no estudo do tempo e do clima porque influenciam diretamente na área na qual predominam".

Figura 15 – Massas de ar que atuam no Brasil e no Maranhão em diferentes épocas do ano



Fonte: NASA e adaptado por Geografia Opinativa (2016)

Além desses sistemas, Kayano e Andreoli (2009, p.218) indicam que:

> as variações interanuais de precipitação no nordeste brasileiro, em associação, a anomalias de outros elementos meteorológicos na região e em outras regiões do globo, relacionados a sistemas dinâmicos da circulação atmosférica. Entre estes, o El Niño Oscilação – Sul (ENOS) é apontado como um dos principais fenômenos responsáveis por tais flutuações.

A influência das duas fases do fenômeno ENOS sobre a região Nordeste apresenta características opostas. Em anos de ENOS negativo (La Niña), observam-se anomalias positivas de precipitação; já em anos de ENOS positivo (El Niño), ocorrem anomalias negativas, com períodos mais secos. Na região do município de Bacabal, durante anos de La Niña, são registrados meses mais chuvosos, com totais pluviométricos acima da média histórica.

Por outro lado, nos anos de El Niño, o início do período chuvoso tende a atrasar, e as chuvas ocorrem com menor volume, exceto em situações nas quais há a atuação simultânea de outros sistemas, como o Dipolo do Atlântico, que pode contribuir para o aumento da formação de nuvens e precipitações.

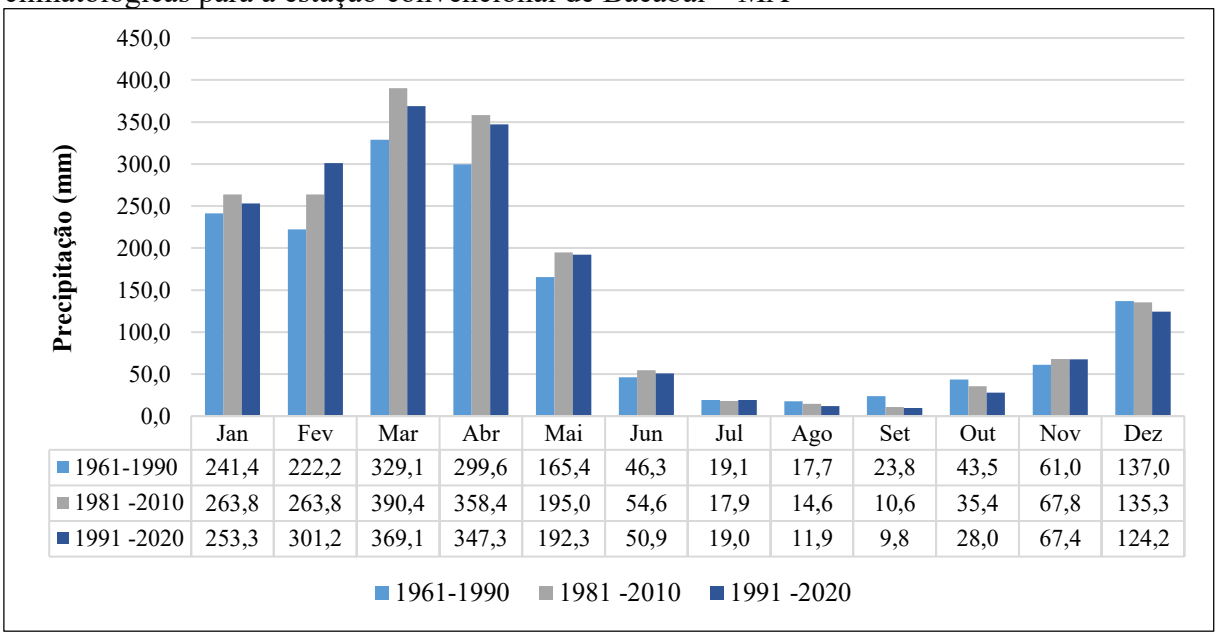
Em relação às características das chuvas no Maranhão, observa-se que elas são, em sua maioria, de natureza convectiva. Esse tipo de precipitação está associado ao movimento ascendente do ar quente, proveniente da superfície em direção às camadas superiores da troposfera, e ao movimento descendente do ar frio, denominado subsidência. Esses processos são condicionados por sistemas atmosféricos de escala mesorregional ou macrorregional,

atuando do final de dezembro até meados de julho no norte do estado e, a partir da latitude de 6ºS, entre o final de outubro e o final de abril (Dias; Costa, 2020).

De acordo com o trabalho produzido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sobre a classificação das normais climatológicas do período de 1991 a 2020, com dados atualizados por estação meteorológica de cada município brasileiro, a cidade de Bacabal apresenta precipitação total média anual de 1.774,4 mm.

Os meses mais chuvosos ocorrem entre janeiro e maio, com o pico de precipitação em março, cuja média mensal é de 369,1 mm (Gráfico 2), com a ZCIT como principal sistema meteorológico responsável pelas chuvas nesse período.

Gráfico 2 – Comparativo de precipitação acumulada mensal, em mm, das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal – MA

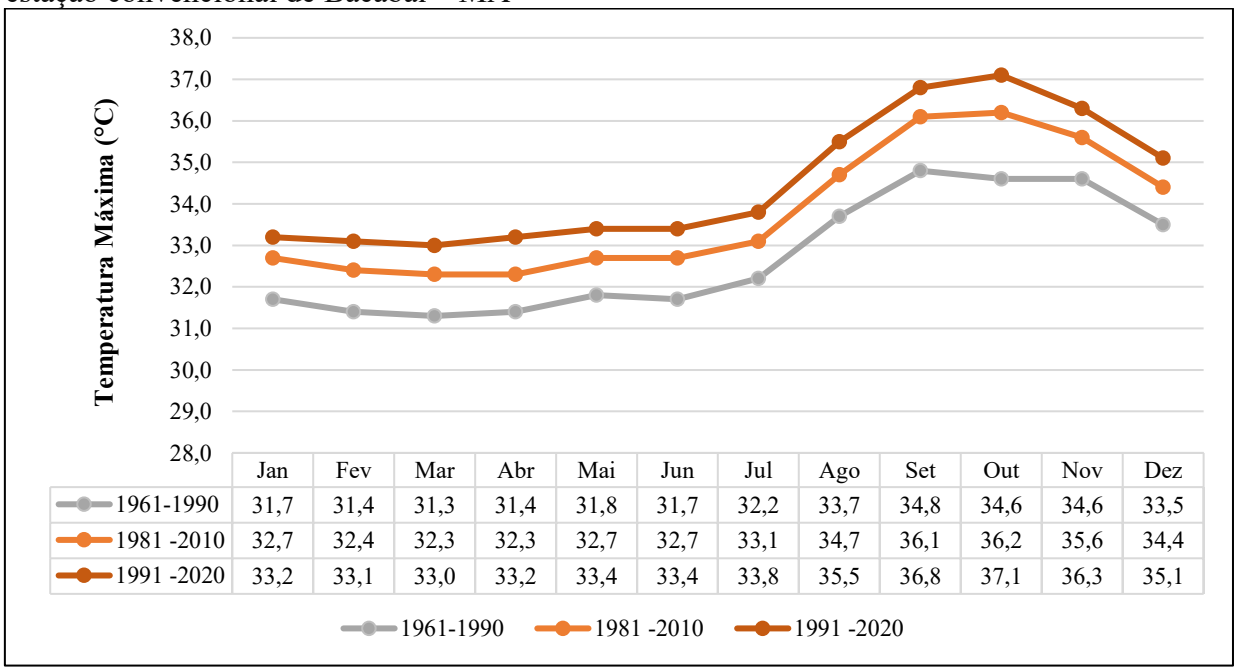


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961-1990	241,4	222,2	329,1	299,6	165,4	46,3	19,1	17,7	23,8	43,5	61,0	137,0
1981 -2010	263,8	263,8	390,4	358,4	195,0	54,6	17,9	14,6	10,6	35,4	67,8	135,3
1991 -2020	253,3	301,2	369,1	347,3	192,3	50,9	19,0	11,9	9,8	28,0	67,4	124,2

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

As médias de temperatura máxima e mínima são elevadas ao longo de todo o ano, com valores mensais variando entre 33 °C e 37 °C para a temperatura máxima (Tmáx) e entre 16 °C e 24 °C para a temperatura mínima (Tmín), conforme ilustrado nos Gráficos 3 e 4. A umidade relativa do ar mensal apresenta variação entre 66% e 85,1%, sendo o primeiro semestre do ano o período com os maiores índices dessa variável climática.

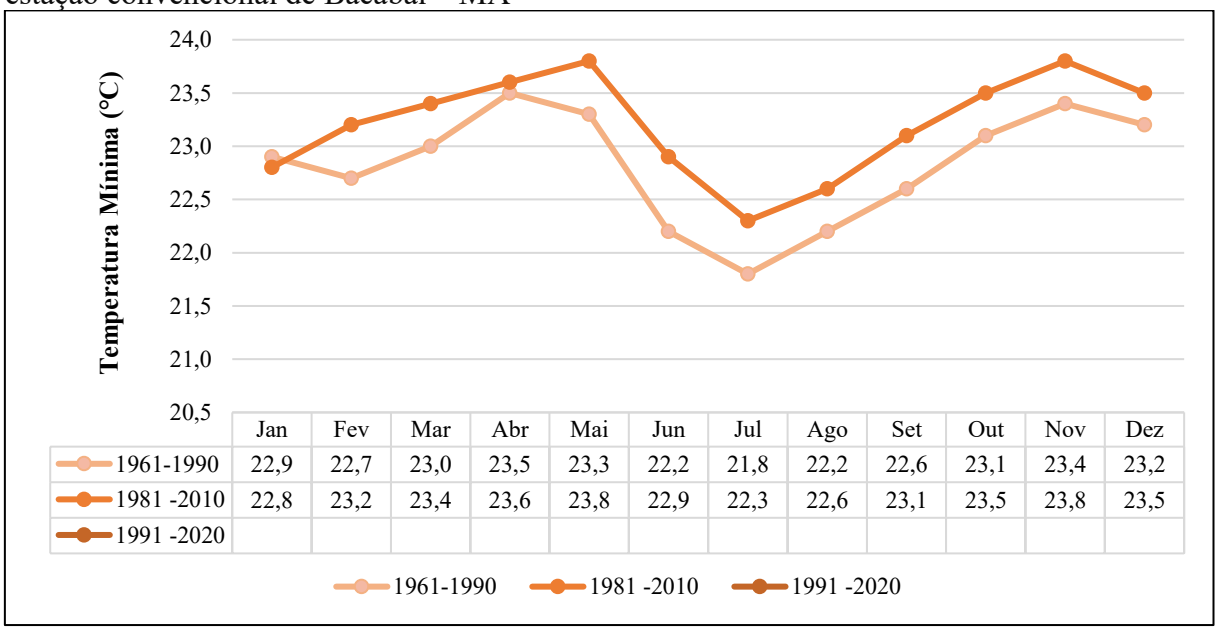
Gráfico 3 – Comparativo de Tmáx Média mensal (ºC), das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal – MA



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961-1990	31,7	31,4	31,3	31,4	31,8	31,7	32,2	33,7	34,8	34,6	34,6	33,5
1981 -2010	32,7	32,4	32,3	32,3	32,7	32,7	33,1	34,7	36,1	36,2	35,6	34,4
1991 -2020	33,2	33,1	33,0	33,2	33,4	33,4	33,8	35,5	36,8	37,1	36,3	35,1

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

[4]Gráfico 4 – Comparativo de Tmín Média mensal (°C), das normais climatológicas para a estação convencional de Bacabal – MA



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961-1990	22,9	22,7	23,0	23,5	23,3	22,2	21,8	22,2	22,6	23,1	23,4	23,2
1981 -2010	22,8	23,2	23,4	23,6	23,8	22,9	22,3	22,6	23,1	23,5	23,8	23,5
1991 -2020												

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

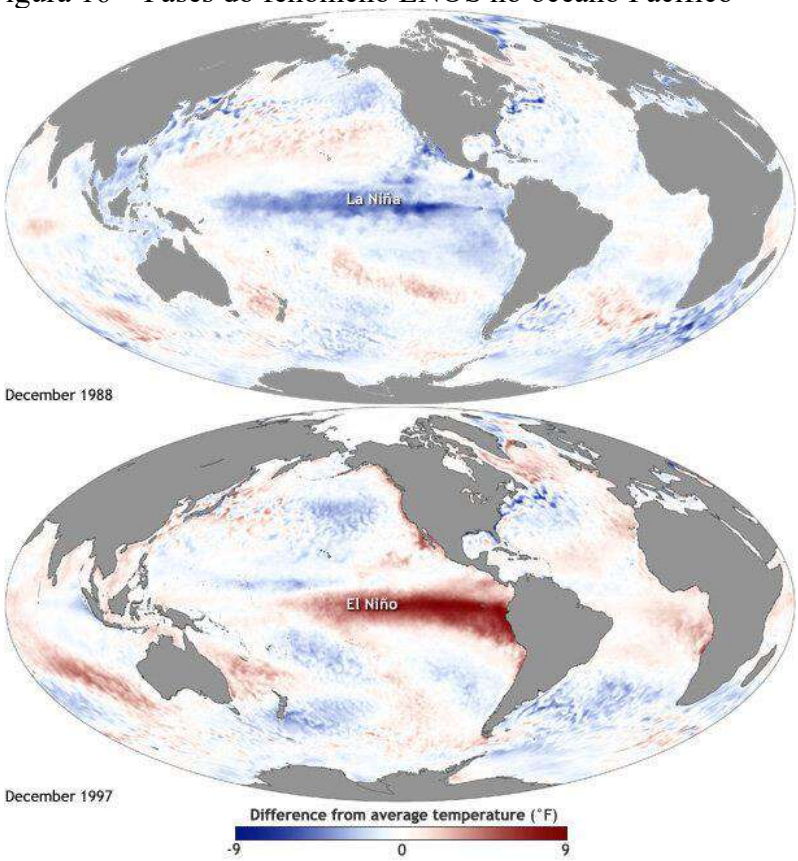
[4]Os dados da normal climatológica de 1991-2020 para a temperatura mínima (Tmín) não estão representados no gráfico, pois essa informação não está disponível no banco de dados do INMET, uma vez que não foi calculada devido à presença de lacunas nos registros diários. As recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) indicam que, para o cálculo das normais climatológicas, não deve haver dados faltantes, sendo necessário considerar apenas os meses com dados completos.

3.5 Teleconexão oceano-atmosfera: Índices climáticos (ENOS) e variabilidade climática

Segundo Santos e Molion (2014), grande parte da variabilidade interanual do clima no Brasil, especialmente em relação às precipitações, é modulada pelos efeitos de fenômenos que ocorrem no Oceano Pacífico, como a Oscilação Decadal do Pacífico e o El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

O ENOS é caracterizado por uma anomalia positiva da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e é composto por dois componentes: o oceânico, denominado El Niño (EN), e o atmosférico, conhecido como Oscilação Sul (OS). Segundo Molion (2017, p. 1), o ENOS apresenta duas fases: uma positiva, chamada El Niño, e outra negativa, denominada La Niña (Figura 16).

Figura 16 – Fases do fenômeno ENOS no oceano Pacífico



Fonte: NOAA (2024)

O fenômeno é caracterizado pelo "aquecimento incomum das águas superficiais nas porções central e leste do Oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru" (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 189).

De acordo com a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2024), a origem do nome está relacionada à observação dos habitantes católicos da costa sul-americana, que notaram que o pico do fenômeno costumava ocorrer no final do ano, próximo ao Natal. Por isso, atribuíram-lhe o nome "El Niño" (que significa "o Menino"), em referência ao nascimento de Jesus Cristo.

No que se refere ao fenômeno La Niña (LN), este apresenta características opostas às do El Niño, sendo identificado como o esfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico (Sanches; Pereira, 2020).

Segundo a NOAA (2024), anomalias da TSM iguais ou superiores a 0,5 °C na região Niño 3.4, que abrange partes das regiões Niño 3 e Niño 4, entre as longitudes 170 °W e 120 °W, são indicativas de condições da fase quente do ENOS (El Niño), enquanto anomalias iguais ou inferiores a –0,5 °C estão associadas à fase fria (La Niña).

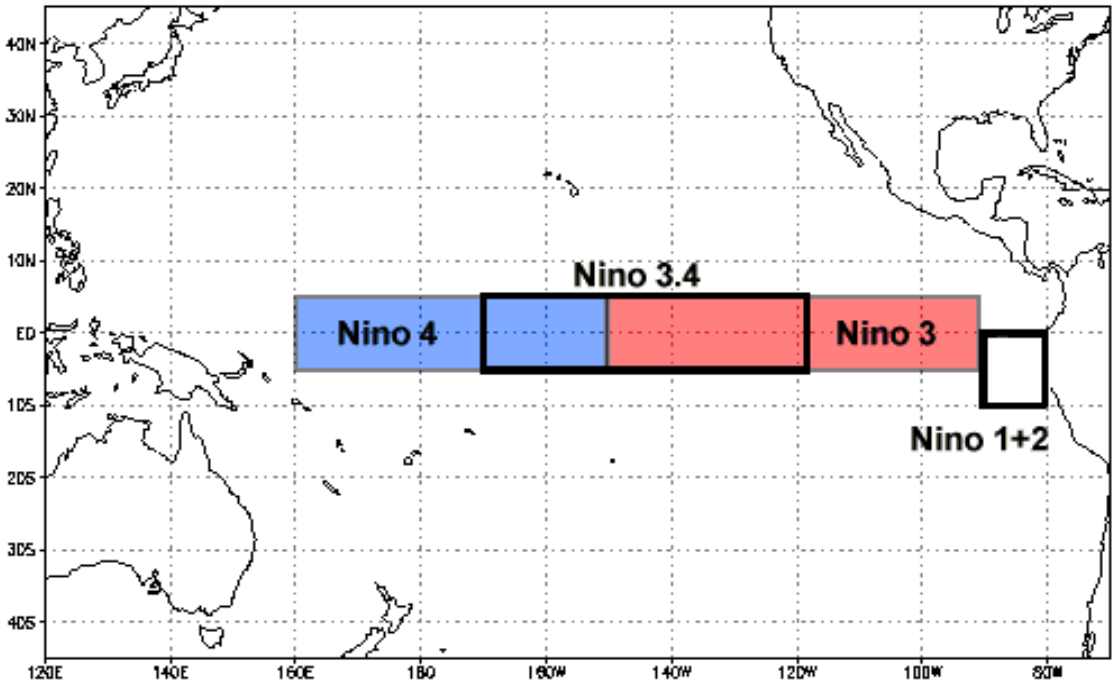
A NOAA (2024) pontua, ainda, que, o monitoramento das condições do ENOS é realizado por meio da análise das anomalias da TSM em quatro regiões geográficas do Pacífico Equatorial. Segundo Souza e Reboita (2021), essas regiões são denominadas Niño 1.2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4.

Os índices, que representam as anomalias da TSM, são calculados com base em dados dessas quatro áreas e recebem o mesmo nome de suas respectivas regiões (Figura 17), definidas da seguinte forma:

I. **Niño 1.2**: a região Niño 1+2 é a menor e mais oriental entre as regiões Niño da TSM. Ela corresponde à área costeira da América do Sul, local onde o fenômeno El Niño foi identificado pela primeira vez pela população local;
II. **Niño 3**: essa região já foi considerada o principal foco para o monitoramento e a previsão do El Niño. No entanto, pesquisas posteriores identificaram que a região-chave para as interações acopladas entre o oceano e a atmosfera relacionadas ao ENOS localiza-se mais a oeste;
III. **Niño 3.4**: as anomalias da TSM na região Niño 3.4 são consideradas representativas das anomalias nas TSMs equatoriais como um todo. Trata-se da área mais sensível para o monitoramento do ENOS, sendo também a utilizada no cálculo do Índice Oceânico Niño (ONI, sigla em inglês para *Oceanic Niño Index*);

IV. **Niño 4**: o índice Niño 4 reflete as anomalias da TSM no Pacífico Equatorial Central. Essa região apresenta, em geral, menor variabilidade em comparação com as demais regiões Niño.

Figura 17 – Regiões de medição da TSM no Oceano Pacífico Equatorial



Fonte: NOAA (2025)

A partir da Tabela 1, é possível identificar os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño (dados em vermelho), La Niña (dados em azul) e de neutralidade (dados em preto), referentes ao período analisado nesta pesquisa. Ressalta-se que o ano de 2008 foi incluído na tabela com fins didáticos, a fim de evidenciar que, entre 2008 e 2009, houve a ocorrência de um episódio de La Niña.

Com base nos dados do ONI, foram registrados quatro episódios de La Niña (LN): 2008–2009 (moderado), 2010–2011 (moderado), 2018 (fraco) e 2020–2022 (moderado). Quanto ao El Niño (EN), também ocorreram quatro episódios ao longo do período analisado: 2009–2010 (fraco), 2015–2016 (muito forte), 2019 (fraco) e 2023 (moderado).

Tabela 1 – Valores do *Oceanic Niño Index* (ONI) para o período de 2008 a 2023

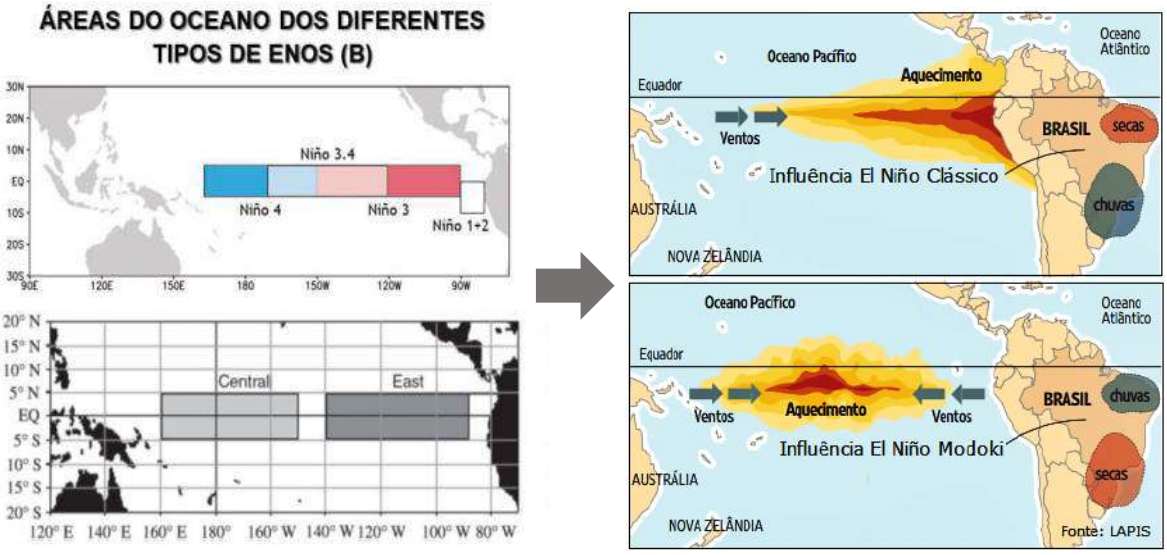
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2008	**-1.6**	**-1.5**	**-1.3**	**-1.0**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	**-0.6**	**-0.7**
2009	**-0.8**	**-0.8**	**-0.6**	-0.3	0.0	0.3	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**1.0**	**1.4**	**1.6**
2010	**1.5**	**1.2**	**0.8**	0.4	-0.2	**-0.7**	**-1.0**	**-1.3**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**
2011	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.0**
2012	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	**0.5**	**0.6**	**0.7**
2015	**0.5**	**0.5**	**0.5**	**0.7**	**0.9**	**1.2**	**1.5**	**1.9**	**2.2**	**2.4**	**2.6**	**2.6**
2016	**2.5**	**2.1**	**1.6**	**0.9**	0.4	-0.1	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**	**-0.7**	**-0.6**
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	**-0.7**	**-0.8**	**-1.0**
2018	**-0.9**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.5**	-0.2	0.0	0.1	0.2	**0.5**	**0.8**	**0.9**	**0.8**
2019	**0.7**	**0.7**	**0.7**	**0.7**	**0.5**	**0.5**	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	**-0.6**	**-0.9**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.2**
2021	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.7**	**-0.5**	-0.4	-0.4	**-0.5**	**-0.7**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.0**
2022	**-1.0**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**
2023	**-0.7**	-0.4	-0.1	0.2	**0.5**	**0.8**	**1.1**	**1.3**	**1.6**	**1.8**	**1.9**	**2.0**

Fonte: NOAA (2025)
Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

É importante mencionar que o fenômeno ENOS possui duas tipologias, com base nas diferenças e na posição das anomalias da TSM. Essas tipologias são denominadas ENOS Canônico (Convencional ou Clássico) e ENOS Modoki (Central). Segundo Goudard (2023), no ENOS Canônico a anomalia máxima de TSM ocorre na região Equatorial Centro-Leste do Oceano Pacífico (região Niño 3), enquanto o ENOS Modoki manifesta-se na porção central do Pacífico (região Niño 4), conforme ilustra a Figura 18.

Os diferentes tipos de ENOS podem interferir na variabilidade das chuvas em distintas regiões da América do Sul e, posteriormente, no Brasil. Conforme mostra a Figura 18, em anos de El Niño Canônico há uma tendência de seca no Nordeste e chuvas acima da média nas regiões Sudeste e Sul. Já em anos de El Niño Modoki, o cenário é inverso, com chuvas no Nordeste e seca no Sudeste e Sul do Brasil.

Figura 18 – Áreas das regiões do Niño e exemplo das tipologias do ENOS



Fonte: NOAA Climate.gov. e Tedeschi *et al*. (2015, 2016 *apud* Goudard, 2023); Laboratório LAPIS (2022)

Diante dessas modulações, Ikefuti (2016, p. 32) menciona que "essas anomalias de TSM afetam diretamente as variáveis atmosféricas em ambos os hemisférios, principalmente em eventos considerados fortes e moderados".

Almeida (2002, p. 10) aponta que, devido à grande extensão territorial do Brasil, as fases do ENOS têm efeitos distintos em cada região do país. Em épocas de El Niño, há tendência de chuvas abaixo da média nas regiões Norte e Nordeste, enquanto as regiões extratropicais costumam apresentar registros pluviométricos acima da média.

Por outro lado, em anos de La Niña, os efeitos tendem a ser opostos aos do El Niño. Conforme Salini (2011, p. 22), "na região Norte e Nordeste ocorrem chuvas mais abundantes e aumento da vazão dos rios, enquanto na região Sul ocorrem secas prolongadas. Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste os efeitos são pouco previsíveis, podendo variar de ocorrência para ocorrência".

Para a OMS (2023),

> as condições do El Niño aumentam a probabilidade de uma série de eventos climáticos extremos, incluindo secas, inundações, furacões e ondas de calor, todos prejudiciais à saúde humana. A magnitude dos impactos à saúde associados ao El Niño variará dependendo da intensidade com que o El Niño influencia o clima local de uma área, bem como as vulnerabilidades locais à saúde e as capacidades de preparação e resposta.

Por exemplo, a interrupção dos padrões de precipitação pelo ENOS pode gerar chuvas excessivas e ocasionar inundações, desencadeando riscos à saúde relacionados à água.

Isso porque tais eventos comprometem as fontes hídricas, levam à superlotação de abrigos com instalações sanitárias inadequadas e criam ambientes ideais para a proliferação de doenças transmitidas pela água, como cólera e disenteria (Rony *et al*., 2024).

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2023) aponta que surtos de doenças como a cólera e outras enfermidades diarreicas podem ocorrer após inundações, caso as águas sejam contaminadas por resíduos humanos ou de animais. No entanto, eventos de seca também reduzem a disponibilidade de água para atividades de higiene pessoal e manipulação de alimentos, o que igualmente eleva o risco de doenças. Além disso, temperaturas mais altas podem estar associadas ao aumento de infecções gastrointestinais.

Há ainda relatos de que o evento de El Niño de 1992 pode ter contribuído para a disseminação de cólera na América do Sul. O episódio de El Niño de 2017 também foi relacionado a surtos de dengue e leptospirose no norte do Peru. Na República Unida da Tanzânia e em outras regiões da África Oriental, surtos de cólera foram associados aos eventos de El Niño intensos de 1997 e 2015, assim como no Peru, Colômbia e Equador durante o episódio de 1982–1983 (OMS, 2023).

4

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Fonte: Costa (2024)

Para Silva (2024), os procedimentos e técnicas de pesquisa “talvez sejam mais comumente reconhecidos como sendo parte do ‘fazer científico’ e, por sua vez, da construção do objeto. Mas, a pesquisa é resultado de reflexões”. Dessa forma, as técnicas e os procedimentos estão intimamente ligados ao objeto de estudo, pois envolvem reflexões, subjetividade, habilidades e tempo para sua execução, constituindo-se como base para a compreensão do problema investigado e para a interpretação dos resultados.

Desta maneira, para Marconi e Lakatos (2017), o desenvolvimento de um projeto de pesquisa exige o cumprimento de seis etapas: 1- seleção do tópico ou problema de investigação; 2-definição e delimitação do problema; 3- levantamento de hipóteses de trabalho; 4- coleta, sistematização e classificação dos dados; 5- análise e interpretação dos dados; e 6- elaboração do relatório de resultados. Seguindo essa perspectiva, nesta seção é abordado o quarto passo desse processo (a coleta, sistematização e classificação dos dados), etapa fundamental para a construção dos resultados do estudo.

Assim, com base nas etapas de construção metodológica, e levando em consideração a classificação quanto a natureza, esta pesquisa é considerada de caráter misto, ou seja, nessa perspectiva, os estudos que utilizam o método misto, “combinam abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa em uma mesma investigação, considerando uma variedade de formas” (Siena, *et al*, 2024, p.56). Já em relação aos objetivos do estudo, considera-se uma pesquisa ecológica, pois procurou identificar os fatores que determinam o fenômeno estudado, neste caso, como as variáveis hidroclimáticas podem explicar a ocorrência de DDA.

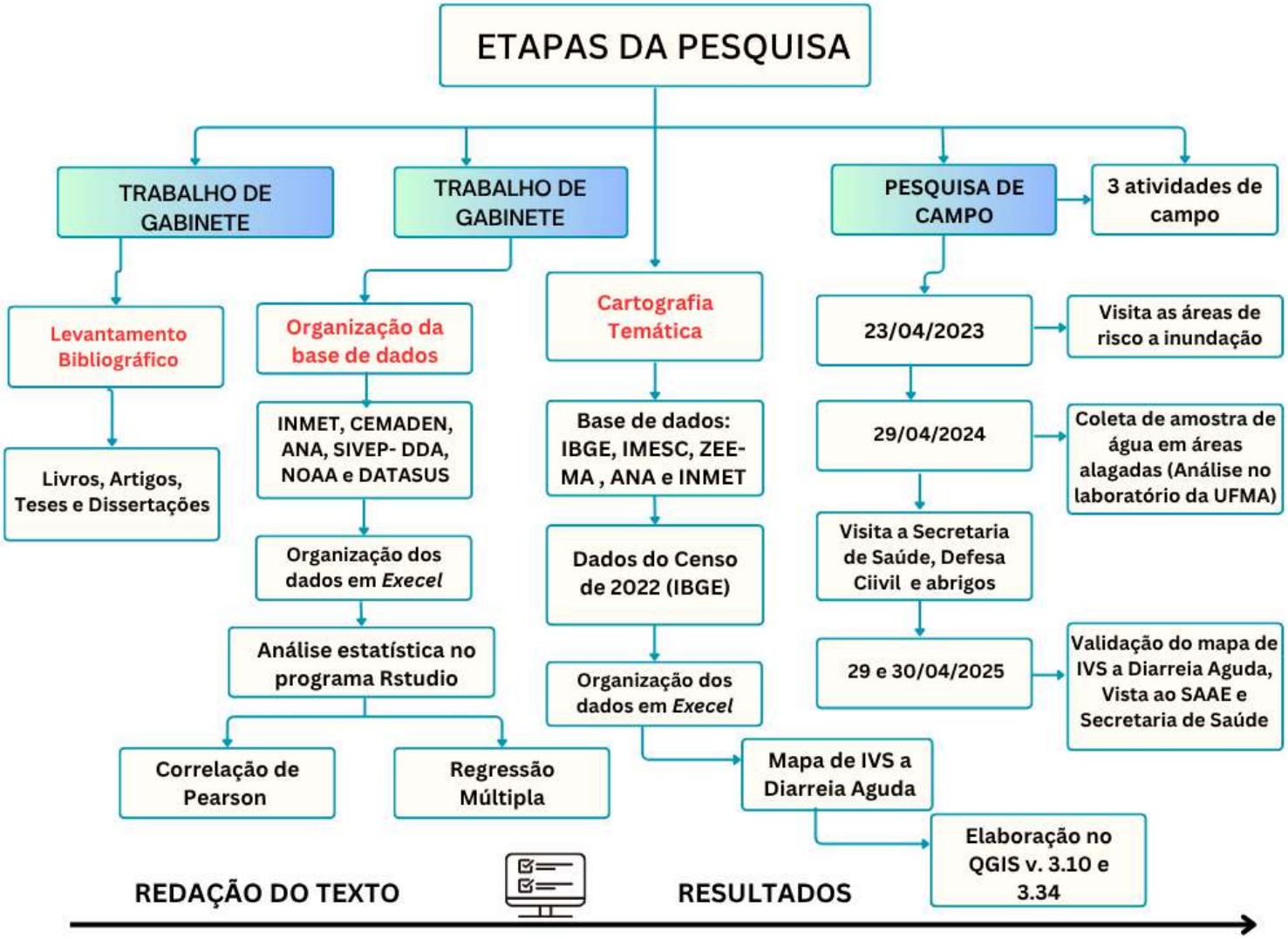
Nesse viés, Aleixo (2012) ressalta que, ao realizar uma pesquisa com o propósito de analisar a influência do clima e do tempo na saúde coletiva, considerando as múltiplas dimensões das morbidades de patologias relacionadas à água, não se podem desconsiderar os diversos procedimentos técnicos necessários para contemplar a complexidade dos objetivos propostos.

De tal forma, considerando que esta pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre o clima e a saúde coletiva, esta seção apresenta os procedimentos técnico-operacionais que subsidiaram a elaboração da dissertação, visando ao alcance dos objetivos propostos. Destaca-se que o instrumental metodológico foi selecionado conforme a natureza do problema de pesquisa, bem como em função dos objetivos do estudo, da disponibilidade de recursos financeiros e de outros fatores secundários que influenciaram a escolha das técnicas, sempre buscando coerência com a temática investigada, conforme orientam Marconi e Lakatos (2017).

Durante o desenvolvimento do estudo, houve o cuidado de não expor pessoas e optou-se por trabalhar com base de dados secundários de domínio público, e os dados primários frente as características ambientais (coleta de amostras de água) foram para análises físicas e não sociais. Estas observações e condutas foram essenciais, haja vista, que devido ao período que é exigido de análise documental, esta pesquisa não passou pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Partindo dessas justificativas mencionadas, o percurso metodológico da pesquisa foi dividido em duas etapas: **trabalho de gabinete** e **pesquisa de campo**. Assim, a Figura 19 organiza os principais delineamentos do estudo, distribuídos entre essas duas fases, as quais são detalhadas a seguir.

Figura 19 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa de dissertação



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

4.1 Etapa 01: trabalho de gabinete

As atividades desenvolvidas em gabinete dizem respeito à elaboração do relatório de dissertação, com base em pesquisas e na interpretação de dados. Nesse processo, foram realizadas as seguintes ações: revisão e levantamento bibliográfico; aquisição de dados secundários; sistematização do banco de dados; tratamento e análise estatística por meio da estatística descritiva; cálculo da Correlação de Pearson e da Regressão Múltipla; investigação em noticiários e redes sociais, além da produção de cartografia temática.

4.1.1 Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico consistiu na busca por materiais como livros, dissertações, teses, artigos e relatórios que abordassem temas relevantes para fundamentar a base teórica e metodológica da pesquisa. Desse modo, foram selecionados trabalhos e autores cujas produções dialogam com os principais temas da investigação, tais como: Clima e Saúde, Climatologia Geográfica, Sistema Clima Urbano, Bioclimatologia, Epidemiologia, Geografia da Saúde, Vulnerabilidade, Doenças Diarreicas, e o uso de técnicas estatísticas no programa RStudio, entre outros. As consultas foram realizadas em periódicos científicos e portais eletrônicos de busca acadêmica, como o Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico e SciELO.

Assim, o Quadro 4 apresenta uma síntese dos principais autores consultados no levantamento do referencial teórico da pesquisa, com destaque para a discussão de conceitos-chave e o detalhamento das metodologias aplicadas em estudos sobre clima e doenças.

Quadro 4 – Síntese dos principais autores da fundamentação teórica

AUTORES	TEMÁTICA
Mendonça e Danni-Oliveira (2007)	Sistematização da Meteorologia e Climatologia; ENOS (El Niño e La Niña)
Ayoade (1996)	Definição da Climatologia Conceito de tempo e clima
Barros (2006; 2020) **Aleixo** (2012) **Aleixo e Murara** (2020)	Histórico dos estudos em clima e saúde Geografia Médica e da Saúde Climatologia Médica/Bioclimatologia
Sant'Anna Neto (2001)	Histórico dos estudos em clima e saúde
Santana (2014)	Geografia Médica e da Saúde

Nogueira e Remoaldo (2010) **Meneses** (2001)	Epidemiologia
Ikefuti (2016); **Pereira**, **Marca e Filho** (2021)	Correlação de Pearson e Regressão Múltipla
Sampaio (2012); **Buffon** (2016) e **Castro** (2021)	IVS à Diarreia Aguda
Ministério da Saúde (2020); (2024)	Doenças Diarreicas Agudas
Mendonça (2020)	Mudanças climáticas
Intergovermental Panel on Climate Change (IPPC, 2018; 2023)	Dados sobre as mudanças climáticas
Organização Mundial de Saúde (OMS, 2008)	Impactos das mudanças climáticas sobre a saúde
Sena e Corvalán (2022)	Vulnerabilidade humana aos efeitos de eventos extremos climáticos
Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2009)	Mudanças climáticas e saúde

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

4.1.2 Processamento de base de dados

I. Dados epidemiológicos de DDA

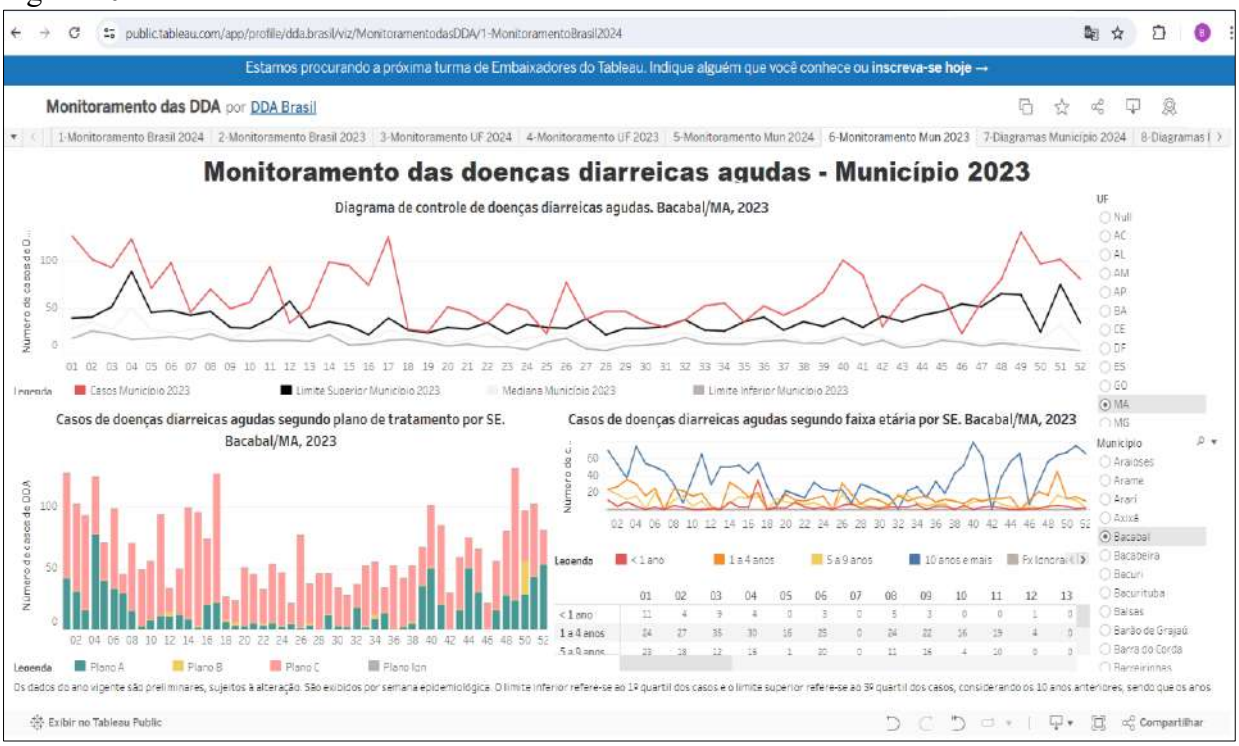
Devido a questões metodológicas e à indisponibilidade de dados do Capítulo 1 da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), referentes às doenças infecciosas e parasitárias, sobretudo aquelas de veiculação hídrica, no banco de dados do DATASUS para o município de Bacabal, optou-se pela utilização dos registros de casos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) notificados pelo Programa Nacional de Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA).

Esses dados estão disponíveis no Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica das Doenças Diarreicas Agudas (SIVEP-DDA), que disponibiliza o total de casos por semana epidemiológica (SE), categorizados por forma de tratamento, faixa etária e pelo quantitativo de estabelecimentos de saúde (unidades sentinelas) que registraram os casos, conforme ilustrado na Figura 20.

Essas informações foram acessadas a partir do Painel de Monitoramento de DDA, seguindo o caminho: Ministério da Saúde < Doenças Diarreicas Agudas < Situação Epidemiológica < Painel de Monitoramento de DDA do Brasil < Município < Bacabal – MA <

2009 a 2023. Os dados foram analisados por ano, semana epidemiológica e faixa etária, compondo uma série histórica que abrange da primeira semana epidemiológica de 2009 até a 52ª semana epidemiológica de 2023.

Figura 20 – Painel de monitoramento das DDA no Brasil



Fonte: Ministério da Saúde (2024)

Ressalta-se que, para a seleção dos dados por faixa etária, a plataforma disponibiliza apenas os seguintes agrupamentos: menores de 1 ano; 1 a 4 anos; 5 a 9 anos; 10 anos ou mais; e faixa etária ignorada. Essa limitação inviabiliza uma análise mais detalhada do grupo com 10 anos ou mais, dificultando, sobretudo, a identificação dos segmentos mais afetados entre adultos e idosos.

II. Dados hidrometeorológicos

Quanto aos dados de precipitação, temperatura máxima média, temperatura mínima média e umidade relativa, estes foram obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Pesquisa (BDMP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificamente da estação meteorológica convencional de Bacabal (código 82460). Essa estação iniciou suas operações em 14 de agosto de 1976 e, ao longo dos anos, apresenta diversos registros ausentes

na série histórica, possivelmente em decorrência de falhas na manutenção dos instrumentos de medição ou da ausência de profissionais responsáveis pela coleta manual dos dados.

Assim, devido à presença de lacunas na série histórica para as chuvas, foram utilizados dados das estações pluviométricas do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) e da Agência Nacional de Águas (ANA), que foram organizados conforme modelo apresentado na Tabela 2. Quanto aos dados faltantes de temperatura máxima e mínima (Tmáx e Tmín), estes foram completados com informações da estação automática do INMET de Bacabal (código A220).

Nos casos em que não foi possível realizar o preenchimento com dados de outras estações, os registros foram filtrados e excluídos das análises estatísticas, realizadas no programa RStudio. As informações utilizadas correspondem aos dados meteorológicos diários no período de 01/01/2009 a 31/12/2023.

Tabela 2 – Modelo de organização do banco de dados meteorológicos das estações de Bacabal – MA

Data	Preci.	Tmáx obs.	Tmáx méd.	Tmín obs.	Tmín méd.	Umidade média
01/03/2018	5,3	32,2	26,51	22,8	25,41	82,25
02/03/2018	9,7	33,9	27,92	23,1	26,74	76,75
03/03/2018	*	34,1	28,88	23,5	27,55	71,25
04/03/2018	*	35	29,16	25	27,93	75,79
05/03/2018	*	34,7	29,25	25,2	28,11	73,25
06/03/2018	*	34,8	29,6	25,2	28,33	71,38
07/03/2018	*	34,7	29,29	25,2	28	73,75
08/03/2018	*	33,6	28,25	23,9	27,21	78,58
09/03/2018	*	33,2	27,5	23,3	26,37	81,5
10/03/2018	*	34,6	29,18	24,5	27,93	73,54
11/03/2018	*	33,3	28,75	24,4	27,66	75,75
12/03/2018	*	32,9	28,33	25,1	27,25	77,92
13/03/2018	*	34,3	28,48	24,2	27,41	77,33
14/03/2018	*	32,3	26,17	22,9	25,04	85,71
15/03/2018	*	33,2	27,64	23,7	26,61	80,13
16/03/2018	*	32	27,87	24,6	26,82	82,88
17/03/2018	*	34	29,25	24,6	27,75	75,29
18/03/2018	*	33,9	28,17	24,6	26,9	78,83
19/03/2018	*	33,2	28,22	23,8	27,07	76,04
20/03/2018	*	34	28,46	24,1	27,34	75,21
21/03/2018	*	34	29,19	24,2	28,06	72,88
22/03/2018	*	34	28,7	23,4	27,32	78,75
23/03/2018	*	30,8	26,49	22,3	25,55	85,21
24/03/2018	*	31,4	26,25	22,5	25,45	83,79
25/03/2018	*	28	25,73	22,5	25,06	85,13
26/03/2018	0	32,8	25,93	22,1	24,93	85,75

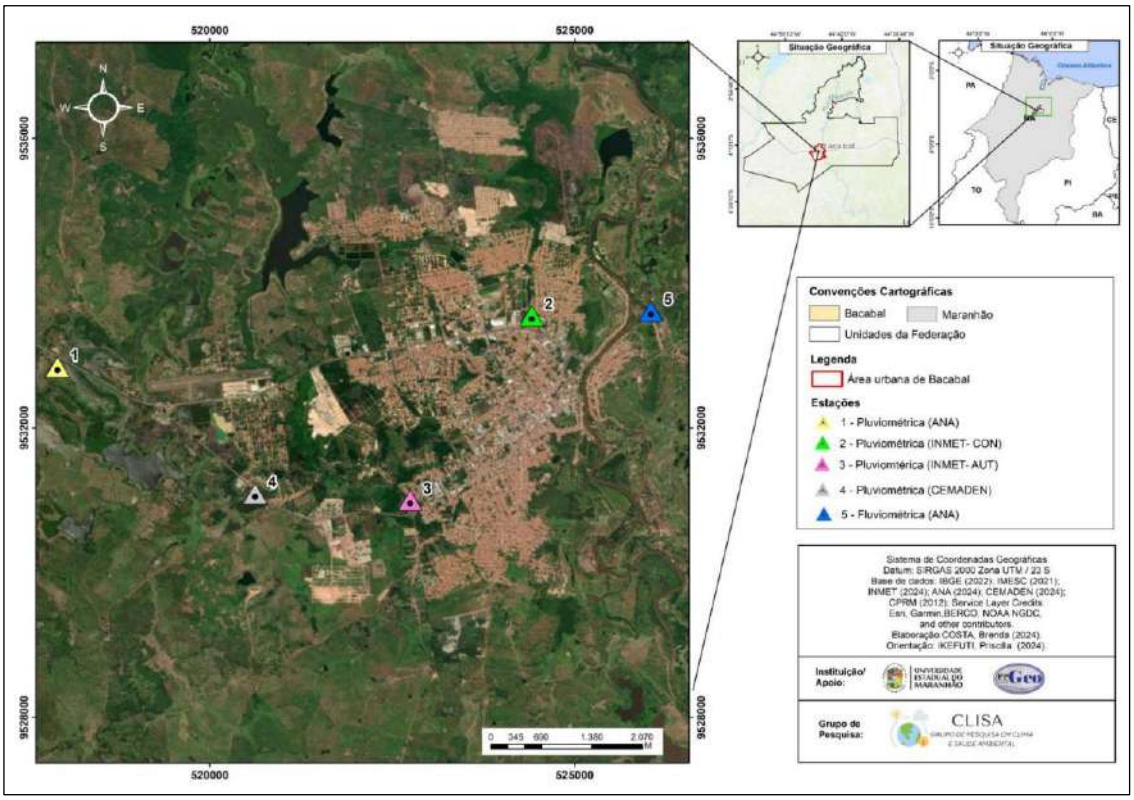
27/03/2018	9,6	32,3	26,57	22,1	25,61	94,5
28/03/2018	0	32,7	27,88	23,8	26,66	84,5
29/03/2018	14,1	33	26,95	23,5	25,72	89,5
30/03/2018	0	30,4	26,34	23,1	25,61	83,88
31/03/2018	0	33,9	27,98	23,6	26,66	77,88
Obs.: * Indica dados faltantes, os quais foram preenchidos com dados provenientes da ANA ou do CEMADEN.						

Fonte: Registros da Pesquisa (2024)

Para a obtenção das médias de cota do rio, utilizaram-se dados disponíveis no portal HidroWeb, administrado pela ANA, que disponibiliza informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), o qual reúne um conjunto de dados diários sobre rios e precipitação.

Nesta pesquisa, foram utilizados os dados diários da estação fluviométrica de Bacabal, sob o código 33290000, com registros datados de 01/01/2009 a 31/12/2023, disponíveis em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Ao todo, foram adotadas quatro estações meteorológicas e uma estação fluviométrica, empregadas para compor o banco de dados da pesquisa, conforme disposto no mapa da Figura 21.

Figura 21 – Mapa de localização das estações meteorológicas e fluviométricas de Bacabal – MA



Fonte: Registros da Pesquisa (2024)

III. Dados sobre desastres hidrológicos

Visando identificar os impactos dos desastres de origem hidrológica no município de Bacabal para o período de 2009 a 2023, foi consultado os dados históricos disponíveis na plataforma interativa do Atlas Digital de Desastres do Brasil, no qual é vinculado ao Sistema Integrado de Informação sobre Desastres- S2iD. O acesso às informações é gratuito e aberto, e permite a visualização de dados de forma estruturada por tipo de desastre e danos causados, sendo possível filtrar as ocorrências por município e ano. O link de acesso a plataforma é: http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml .

Dessa forma, por meio do acesso à plataforma, realizou-se o processo de filtragem das informações conforme os seguintes critérios: Região > Estado > Município > Tipo de desastre > Período. Foram selecionadas as opções: Nordeste > Maranhão > Bacabal > Hidrológico > 2009–2023.

Após esse processo, a plataforma disponibiliza os dados referentes ao período em formato de gráfico ou tabela, contendo informações sobre os danos, vítimas e número de desabrigados.

4.1.3 Tratamento e análise temporal dos dados epidemiológicos e hidrometeorológicos

Destaca-se que, para fins de padronização das variáveis que compõem o banco de dados da pesquisa, os dados foram agrupados por semana epidemiológica (SE) de cada ano analisado. Isso se justifica pelo fato de que os registros de DDA já se encontram agregados nessa escala temporal e, para fins estatísticos, todas as variáveis precisariam estar na mesma unidade de análise. Dessa forma, a organização e estruturação dos dados foram operacionalizadas em planilhas eletrônicas no *software Excel*, com extensão "*.csv"*.

Após a organização do banco de dados, as informações foram processadas no programa RStudio. Devido à presença de colunas com dados faltantes, foi realizada a otimização dessas lacunas (NA) conforme o procedimento descrito no *script* 01.

A estrutura inicial contava com 782 observações e, após o processamento de exclusão dos NA, restaram 456 observações que compuseram o banco de dados utilizado para a aplicação das medidas de associação. A exclusão das 326 observações foi referente a falta de dados climáticos nas lacunas, em que não foi possível fazer o preenchimento das informações, caso não houve essa exclusão, o modelo poderia ser afetado e as respostas das análises estatísticas comprometidas.

Exemplo de script 01: dados = na. omit (dados)

Após o processo de otimização, foi possível aplicar as medidas de associação entre as variáveis. Segundo Aleixo e Murara (2020, p.59), "entre os estudos de clima e saúde, é comumente utilizado técnicas estatísticas centradas principalmente em: Correlação de Pearson, Índice de Determinação, Regressão Simples e Regressão Múltipla".

Logo, para determinar as relações de associação entre os totais de casos de DDA e as variáveis hidroclimáticas, utilizou-se a Correlação Linear de Pearson e a Regressão Linear Múltipla. Ressalta-se que o uso dessas ferramentas estatísticas para analisar a influência da variabilidade hidroclimática sobre os casos de doenças diarreicas também foi empregado nos estudos de Castro (2021), Fonseca (2018) e Silva (2014).

De acordo com Aleixo e Murara (2020), as pesquisas na interface entre clima e saúde têm priorizado o uso de correlações e regressões múltiplas, considerando os elementos climáticos como variáveis independentes e os registros de enfermidades como variável dependente. Essa abordagem permite compreender as relações unicausais entre os fatores climáticos e os registros de internações por doenças.

Para Pereira, Marca e Filho (2021, p. 14) "o coeficiente de correlação de Pearson é um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas. Se a associação entre os elementos não for linear, o coeficiente não será representado adequadamente".

De acordo com Ikefuti (2016), a análise de correlação entre duas variáveis (x, y) pode ser realizada por meio do cálculo do coeficiente da Correlação de Pearson, em que o valor de "r" é obtido pela razão entre a covariância simples das duas variáveis e o produto de seus desvios-padrão, resultando em intervalos entre -1 e +1, conforme a Equação 01:

Equação 01:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}};$$

De acordo com Triola (2024) a equação é definida da seguinte forma:

r = coeficiente de correlação linear para dados amostrais;

n = número de pares de dados amostrais;

Σ = denota adição dos itens indicados;

Σx = soma de todos os valores de x;

Σx^2 = indica que cada valor de x deve ser elevado ao quadrado, e, então, esses quadrados devem ser somados;

$(\Sigma x)^2$ = indica que os valores de x devem ser somados, e o total, então, deve ser elevado ao quadrado. Evite a confusão entre Σx^2 e $(\Sigma x)^2$;

Σxy = indica que cada valor de x deve, primeiro, ser multiplicado por seu valor de y correspondente. Depois de obtidos todos esses produtos, calcula-se a sua soma.

O resultado da correlação linear corresponde ao grau de associação entre as variáveis. Nesse contexto, os valores do coeficiente podem variar entre -1 e +1, podendo ser positivos ou negativos. Ikefuti (2016) define esses valores da seguinte forma:

Positivo: indica que as duas variáveis tendem a aumentar ou a diminuir conjuntamente;

Negativo: quando se tem valores negativos, indica que as duas variáveis correlacionadas apresentam sinais contrários em relação à média;

Nula: quando não há associação entre as variáveis.

Desta maneira, para facilitar a interpretação dos diferentes valores de "r", Rumsey (2019) apresenta a seguinte sugestão de classificação:

Exatamente -1: Uma relação linear (negativa) perfeita;

-0,70: uma relação linear (negativa) forte;

-0,50: uma relação linear (negativa) moderada, descendo;

-0,30: uma relação linear (negativa) fraca;

0: nenhuma relação linear;

+0,30: uma relação linear (positiva) fraca;

+0,50: uma relação linear (positiva) moderada;

+0,70: uma relação linear (positiva) forte;

Exatamente +1: uma relação linear (positiva) perfeita.

Para o cálculo da correlação, aplicou-se o coeficiente da Correlação de Pearson entre os casos de DDA e as variáveis hidroclimáticas (x, y), sendo a variável dependente (eixo x) representada pelos dados de DDA, e a variável independente (eixo y) composta pelas variáveis hidroclimáticas. O cálculo foi operacionalizado no programa RStudio, utilizando-se a função **cor.test ()**, em que se sinalizam as variáveis a serem correlacionadas no *script* de comando, conforme demonstrado no *script* 02:

Exemplo de script 02: cor.test (dados$DDA, dados$Cota, method = "pearson")

A Regressão Linear Múltipla é uma técnica estatística que utiliza múltiplas variáveis explicativas para prever o resultado de uma variável resposta. Essa abordagem permite avaliar tanto a força da relação entre o desfecho (variável dependente) e as variáveis preditoras, quanto a importância individual de cada preditor na explicação do fenômeno analisado (Pereira; Marca; Filho, 2021). A fórmula estatística pode ser expressa pela Equação 02.

Equação 02:

$$\gamma = \boldsymbol{\beta 0} + \boldsymbol{\beta 1 V 1}$$

Onde:

γ = predição da variável dependente;
$\boldsymbol{\beta 0}$ = intercepto;
$\boldsymbol{\beta 1}$ = coeficiente de regressão;
$\boldsymbol{V 1}$ = variável independente.

Neste estudo, a Regressão Linear Múltipla foi empregada com o objetivo de identificar em que medida as variáveis hidroclimáticas explicam a ocorrência de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) na área de estudo. Trata-se, portanto, de uma análise de causa e efeito entre as variáveis, permitindo compreender o quanto uma variável varia em função das demais. A aplicação da regressão foi conduzida no programa RStudio, utilizando-se comandos específicos e pacotes como **ggplot2**, **pacman** e **dplyr**, conforme exemplificado no *script* 03:

Exemplo de script 03: reg <- lm (DDA ~ Umidade + Tmind + Preci + Cota, data=dados)
reg
summary(reg)

4.1.4 Aquisição dos dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico

Os dados mensais dos índices de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico, referentes às quatro regiões de medição (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), foram extraídos do site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA),

abrangendo o período de 2009 a 2023, intervalo que delimita a escala temporal adotada nesta pesquisa.

Para garantir a padronização da base de dados em relação à escala temporal dos índices de TSM, os dados de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar também foram agregados em escala mensal.

As informações sobre os casos de atendimentos por Doenças Diarreicas Agudas (DDA), disponibilizadas pelo Programa Nacional de Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA), encontram-se organizadas exclusivamente por semana epidemiológica. Em virtude dessa limitação de escala temporal, optou-se por utilizar os dados referentes aos casos de internação por doenças gastrointestinais (classificação CID-10, Capítulo I – A09), disponibilizados pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), por meio da plataforma Tabnet, do Ministério da Saúde.

Assim, foi realizado um processo de filtragem e extração dos dados mensais de internações por doenças gastrointestinais, abrangendo o período de 2009 a 2023, com recorte específico para o município de Bacabal – MA.

Para determinar as relações de correlação existentes entre a variação mensal da TSM e a distribuição de chuvas, a variação da temperatura e da umidade do ar, bem como os casos de internação por doenças gastrointestinais, foram aplicadas análises estatísticas da Correlação de Pearson e Regressão Linear Múltipla. Essas análises foram operacionalizadas no programa RStudio (versão 4.3).

4.1.5 Elaboração de cartografia temática

A elaboração dos mapas temáticos da presente pesquisa ocorreu em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), no programa livre QGis versão 3.34, nos quais foram utilizadas base de dados oficiais de instituições públicas e informações de pontos coletados em campo, além de satélites do *Google Earth Explore*. Para melhor compreensão dos procedimentos adotados, segue a descrição dos mapas produzidos e suas respectivas bases cartográficas:

A. Mapa de Localização da área de estudo

Para a elaboração do mapa de localização, foi utilizada a base em formato *shapefile* (.shp) da malha territorial das Unidades da Federação e dos municípios, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). A delimitação das áreas urbanas foi realizada com base nos dados do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC, 2021). Além disso, foram utilizados os arquivos *shapefile* (.shp) referentes à drenagem fluvial, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA, 2021).

B. Mapa de Localização das estações meteorológicas e fluviométrica

Para a espacialização das estações meteorológicas e fluviométricas, foram utilizadas as coordenadas geográficas de cada estação, disponibilizadas nos sites do INMET, CEMADEN e ANA. A partir dessas informações, foram criados polígonos do tipo ponto (formato .shp) no programa QGIS v.3.34, utilizando ferramentas de comando do próprio software. O mapeamento também contou com as bases territoriais do IBGE (2022) e do IMESC (2021), garantindo a delimitação adequada das áreas de estudo.

C. Mapa dos pontos de coleta de água

Neste mapeamento, foi adotado o arquivo vetorial de área de risco elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), ou Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2012), presente em relatório técnico sobre áreas suscetíveis a desastres, sendo a base mais recente identificada para o município de Bacabal. Também foram adicionados os pontos de coleta de amostras de água obtidos em trabalho de campo, por meio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS, na sigla em inglês) portátil da marca Garmin, nos quais foram registradas as coordenadas geográficas. Além disso, utilizaram-se as bases cartográficas de malhas territoriais do IBGE (2022).

4.1.6 Mapeamento de indicadores e a elaboração do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda

Os procedimentos adotados para a elaboração do mapa de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda foram definidos com base na técnica empregada na cartografia de síntese, conforme os autores Sampaio (2012), Buffon (2016) e Castro (2021), utilizando a análise multicritério. A cartografia de síntese refere-se à combinação de duas ou mais variáveis, com características qualitativas, ordenadas ou quantitativas, que têm como objetivo gerar uma nova informação capaz de fornecer uma visão diferenciada do conjunto de atributos envolvidos (Sampaio, 2012).

Castro (2021, p. 50) aponta que "o mapa de síntese é de grande interesse para a ciência geográfica e epidemiológica, visto que possibilita a combinação de diferentes fatores sociais e ambientais". Logo, para a construção do IVS, foram selecionados indicadores sociais e ambientais relacionados aos dados de saneamento básico, às características dos moradores e à alfabetização, os quais possuem relação direta com o agravo estudado, representando, assim, de forma sistematizada e espacial, as áreas mais vulneráveis à diarreia aguda.

A seleção dos indicadores foi realizada com base em estudos anteriores que utilizaram a mesma metodologia adotada neste trabalho, como o de Buffon (2016), que analisou o IVS para a leptospirose no aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba, e o de Castro (2021), que empregou o IVS para a diarreia aguda na cidade de Manaus – AM.

Os dados dos indicadores foram obtidos a partir do Censo Demográfico de 2022 do IBGE, disponibilizados por setor censitário. Devido à limitação dos dados disponíveis, optou-se por realizar adaptações em relação ao uso de alguns indicadores mencionados nos estudos que nortearam a elaboração do IVS. Assim, foram adotadas as variáveis descritas no Quadro 5. Destaca-se que não foram considerados os dados de renda familiar e o total de casos de inundação por setor censitário, em virtude da ausência dessas informações.

O acesso aos dados foi realizado por meio do portal do IBGE, seguindo o caminho: Censo Demográfico > 2022 > Agregados por Setores Censitários / Resultado do Universo > Downloads > Censo_demográfico_2022 > Agregados_por_Setores_Censitários. Os dados estão disponíveis em planilhas do *Excel*, no formato "*.csv*", abrangendo todos os setores censitários do Brasil, sem distinção por estado.

Quadro 5 – Indicadores sociais e ambientais usados na elaboração do IVS à Diarreia Aguda

SUBCATEGORIA	DESCRIÇÃO
Domicílio	Domicílios particulares permanentes ocupados
Abastecimento de água	Utiliza poço profundo ou artesiano
Abastecimento de água	Utiliza poço raso, freático ou cacimba
Abastecimento de água	Água não chega encanada ao domicílio
Abastecimento de água	Utiliza rios, açudes, córregos, lagos e igarapés
Oferta de banheiros	Um banheiro de uso exclusivo com chuveiro e vaso sanitário existentes no domicílio
Oferta de banheiros	Apenas sanitário ou buraco para dejeções, inclusive os localizados no terreno
Oferta de banheiros	Não tinham banheiro, nem sanitário
Destinação do esgoto	Destinação do esgoto do banheiro, ou sanitário, ou buraco para dejeções é fossa rudimentar ou buraco
Destinação do esgoto	Destinação do esgoto do banheiro, ou sanitário, ou buraco para dejeções é rio, lago, córrego ou mar
Destinação do esgoto	Destinação do esgoto inexistente, em razão da ausência de banheiro e sanitário no domicílio
Destinação do lixo	Lixo coletado no domicílio por serviço de limpeza
Destinação do lixo	Lixo depositado em caçamba de serviço de limpeza
Destinação do lixo	Lixo descarregado em terreno baldio, encosta ou área pública
Caraterísticas dos moradores	Quantidade de crianças de zero a nove anos de idade
Caraterísticas dos moradores	Oito moradores no domicílio
Não sabem ler e escrever	15 a 29 anos, morador não sabe ler e escrever
Não sabem ler e escrever	30 a 59 anos, morador não sabe ler e escrever
Não sabem ler e escrever	60 anos ou mais, morador não sabe ler e escrever

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Após o acesso à planilha de dados, esta foi trabalhada em ambiente SIG, utilizando o *software* QGIS v.3.34, com o objetivo de filtrar apenas as informações referentes aos setores censitários do município de Bacabal. Esse processo foi realizado por meio das ferramentas de comando: Caixa de Ferramentas de Processamento > União > Unir atributos pelo valor do campo.

Em seguida, os valores “X” e “NULL” contidos na planilha foram substituídos pelo valor “0”, utilizando-se os comandos: Selecionar feições usando uma expressão > Calculadora de campo > Atualizar campo.

Posteriormente, foram criados novos campos na planilha com a atualização desses valores. As novas colunas corresponderam aos campos existentes anteriormente, agora com a substituição dos valores "X" e "NULL" por “0”. Essas alterações foram fundamentais para evitar erros no processamento, uma vez que os setores com esses dados estavam em formato de texto, sendo necessário convertê-los para valores numéricos. Após esse procedimento, foi possível espacializar individualmente todos os indicadores para o município de Bacabal.

A fase seguinte envolveu a construção do IVS para a diarreia aguda, com base em quatro etapas e cálculos estatísticos realizados em planilhas do Excel, conforme a metodologia proposta por Sampaio (2012). A seguir, apresenta-se a descrição de cada uma das etapas:

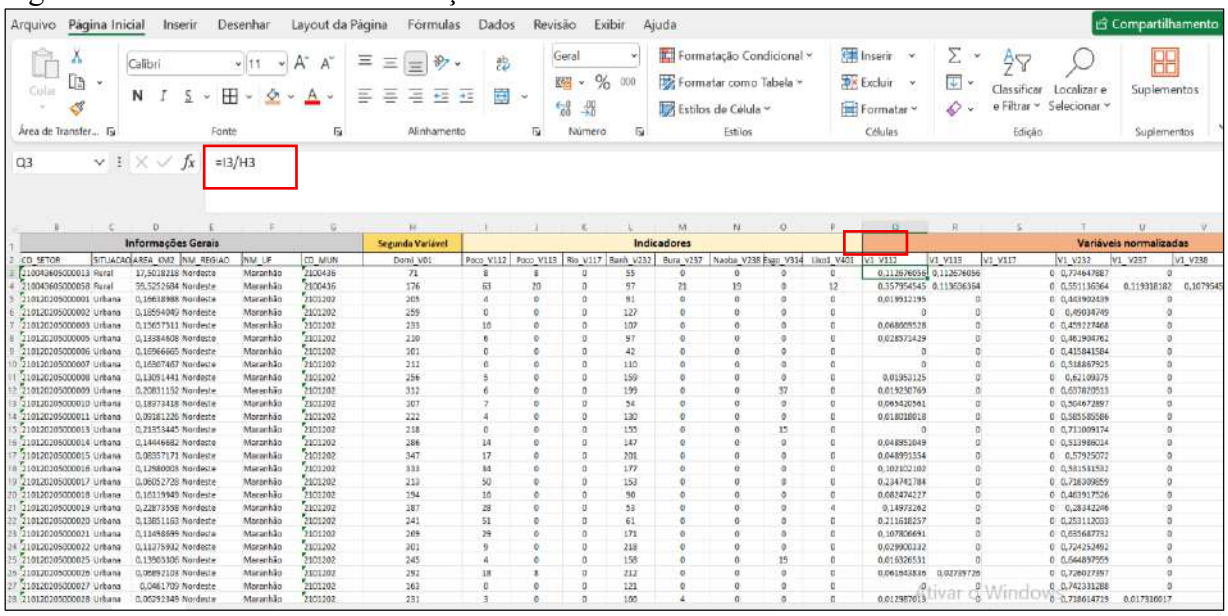
Etapa 1: **normalização dos dados** – Refere-se ao processo de síntese no estágio elementar, no qual um dado foi analisado a partir de sua relação com uma segunda variável (Castro, 2021). Para Sampaio (2012, p. 123), na normalização, “um dado é considerado a partir de sua importância relativa no conjunto dos dados analisados ou de sua relação com uma segunda variável”. Ressalta-se que os indicadores, neste estudo, foram normalizados considerando como segunda variável o número total de domicílios particulares permanentes ocupados. Esse processo inicial de normalização dos dados é essencial para evitar erros decorrentes do uso exclusivo de dados absolutos, os quais poderiam comprometer a interpretação dos resultados finais. Assim, o processo de normalização entre duas variáveis é definido por meio da fórmula apresentada na Equação 03, cuja aplicação é ilustrada na Figura 22:

Equação 03:

$$\mathbf{Vn} = \frac{V1}{V2}$$

Onde: Vn = corresponde à variável normalizada;
V1= corresponde à variável a ser normalizada;
V2= corresponde à variável normalizadora.

Figura 22 – Processo de normalização das variáveis



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Etapa 2: **padronização dos valores –** Após o processo de normalização dos dados, foi necessário realizar a padronização, a fim de evitar discrepâncias nas análises, uma vez que os valores obtidos variariam em uma escala entre 0 e 1. Esse aspecto é destacado por Sampaio (2012, p. 124): "a síntese com o uso de diferentes variáveis requer a padronização dos valores obtidos pela normalização ou dos dados brutos, objetivando evitar a discrepância entre as grandezas envolvidas". Assim, padronização dos valores foi realizada com base na Equação 04:

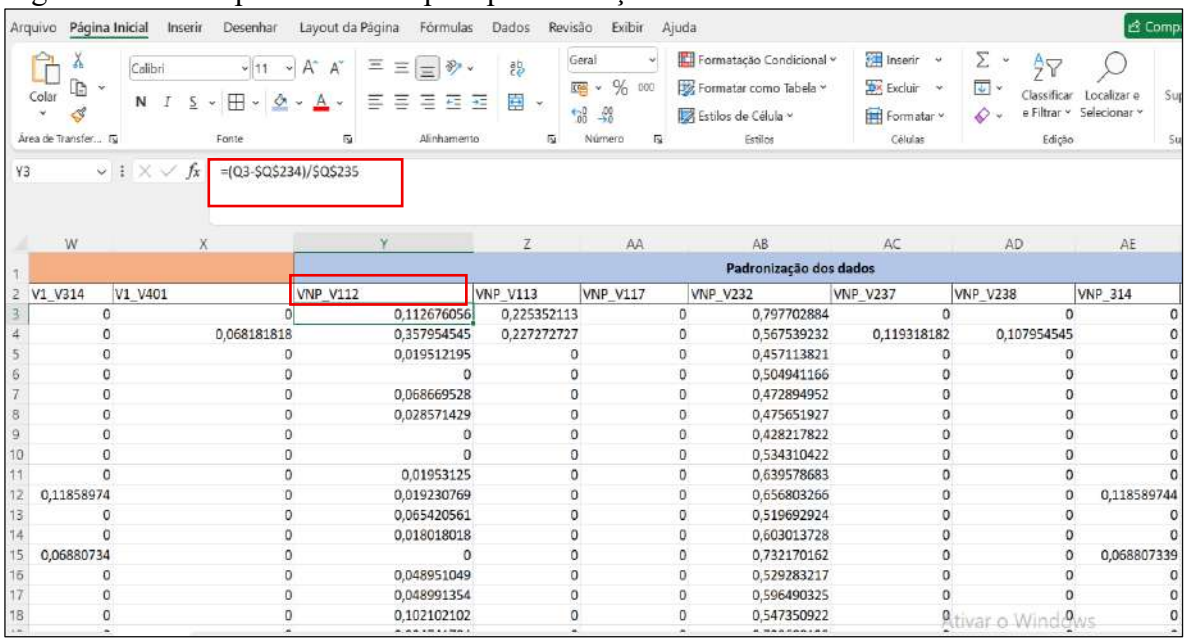
Equação 04:

$$\mathbf{Vnpi} = \frac{Vn - Vmin}{Vmax - Vmin}$$

Onde: Vnp = é a variável normalizada padronizada;
Vn = variável a ser padronizada (podendo ser normalizada ou não);
Vmin = o menor valor da série de dados;
Vmax= o maior valor da série de dados, sendo, portanto, Vmax – Vmin igual à amplitude (h).

Foram calculados os valores máximos e mínimos da série de dados de cada indicador, tanto dos dados brutos quanto dos dados normalizados. Na equação, foram considerados os valores máximos e mínimos dos dados normalizados (Figura 23).

Figura 23 – Exemplo do cálculo para padronização dos dados



	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
2	V1_V314	V1_V401	VNP_V112	VNP_V113	VNP_V117	VNP_V232	VNP_V237	VNP_V238	VNP_314
3	0	0	0,112676056	0,225352113	0	0,797702884	0	0	0
4	0	0,068181818	0,357954545	0,227272727	0	0,567539232	0,119318182	0,107954545	0
5	0	0	0,019512195	0	0	0,457113821	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0,504941166	0	0	0
7	0	0	0,068669528	0	0	0,472894952	0	0	0
8	0	0	0,028571429	0	0	0,475651927	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0,428217822	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0,534310422	0	0	0
11	0	0	0,01953125	0	0	0,639578683	0	0	0
12	0,11858974	0	0,019230769	0	0	0,656803266	0	0	0,118589744
13	0	0	0,065420561	0	0	0,519692924	0	0	0
14	0	0	0,018018018	0	0	0,603013728	0	0	0
15	0,06880734	0	0	0	0	0,732170162	0	0	0,068807339
16	0	0	0,048951049	0	0	0,529283217	0	0	0
17	0	0	0,048991354	0	0	0,596490325	0	0	0
18	0	0	0,102102102	0	0	0,547350922	0	0	0

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Etapa 3: ponderação – De acordo com Sampaio (2012, p. 127), "em um processo de síntese com múltiplos critérios, as variáveis utilizadas podem apresentar diferentes níveis de importância na caracterização do fenômeno, demandando a ponderação das categorias e variáveis analisadas, através da atribuição de pesos". O processo de ponderação dos pesos foi realizado com base nos níveis de importância (do maior para o menor) atribuídos a cada variável na ocorrência de DDA, de forma a distribuir os pesos proporcionalmente, totalizando 100%, conforme realizado por Buffon (2016), Sampaio (2012) e Castro (2021).

Os indicadores utilizados foram agrupados em duas categorias: ambientais/saneamento e sociais. A categoria referente aos aspectos ambientais e de saneamento recebeu 70% dos pesos, enquanto a categoria dos aspectos sociais ficou com 30%. A Figura 24 apresenta a distribuição dos pesos por subcategoria, na coluna "Peso geral".

Considerando os aspectos ambientais e sociais que podem influenciar a ocorrência de DDA, o indicador "Abastecimento de água" foi considerado o de maior nível de importância, conforme demonstrado na Figura 24. Para aplicar os pesos na análise de síntese, foram atribuídas notas individuais a cada variável, de modo que a somatória das notas da subcategoria correspondente fosse igual ao seu respectivo peso geral.

Figura 24 – Atribuição de pesos empíricos para cada indicador do IVS à Diarreia Aguda

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	PESO GERAL	VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO	PESOS EMPÍRICOS
Ambientais e Saneamento (70%)	**Domicílio**	_	V00001	Domicílios Particulares Permanentes Ocupados	**Segunda Variável**
	Abastecimento de água	40	V00112	Utiliza poço profundo ou artesiano	**0,10**
	Abastecimento de água		V00113	Utiliza poço raso, freático ou cacimba	**0,05**
	Abastecimento de água		V00201	Água não chega encanada ao domicílio	**0,20**
	Abastecimento de água		V00117	Utiliza rios, açudes, córregos, lagos e igarapés	**0,05**
				Total de pesos	**0,40 ou 40%**
	Oferta de banheiros	15	V00232	1 banheiro de uso exclusivo com chuveiro e vaso sanitário existentes no domicílio	**0,03**
	Oferta de banheiros		V00237	Apenas sanitário ou buraco para dejeções, inclusive os localizados no terreno	**0,05**
	Oferta de banheiros		V00238	Não tinham banheiro nem sanitário	**0,07**
				Total de pesos	**0,15 ou 15%**
	Destinação do Esgoto	10	V00312	Destinação do esgoto do banheiro ou sanitário ou buraco para dejeções é fossa rudimentar ou buraco	**0,02**
	Destinação do Esgoto		V00314	Destinação do esgoto do banheiro ou sanitário ou buraco para dejeções é rio, lago, córrego ou mar	**0,03**
	Destinação do Esgoto		V00316	Destinação do esgoto inexistente, pois não tinham banheiro nem sanitário	**0,05**
				Total de pesos	**0,10 ou 10%**
	Destinação do Lixo	5	V00397	Lixo coletado no domicílio por serviço de limpeza	**0,01**
	Destinação do Lixo		V00398	Lixo depositado em caçamba de serviço de limpeza	**0,02**
	Destinação do Lixo		V00401	Lixo jogado em terreno baldio, encosta ou área pública	**0,03**
				Total de pesos	**0,05 ou 5%**
	Total de pesos	70			
Sociais (30%)	**Caraterísticas dos moradores**	20	V00008	Quantidade de crianças de zero a nove anos de idade	**0,11**
	Caraterísticas dos moradores		V00024	Com 8 moradores no domicílio	**0,09**
				Total de pesos	**0,20 ou 20%**
	Não sabem ler e escrever	10	V00853	15 a 29 anos, Morador não sabe ler e escrever	**0,02**
	Não sabem ler e escrever		V00855	30 a 59 anos, Morador não sabe ler e escrever	**0,03**
	Não sabem ler e escrever		V00857	60 anos ou mais, Morador não sabe ler e escrever	**0,05**
				Total de pesos	**0,10 ou 10%**
	Total de pesos	30			

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Etapa 4: ponderação e Síntese – Essa etapa consistiu na construção da variável denominada normalizada padronizada ponderada (Vnpp). Para isso, foram utilizados os valores dos pesos de cada variável (conforme apresentados anteriormente na Figura 24) e multiplicados pelas respectivas variáveis normalizadas padronizadas (Vnp), obtidas de acordo com o exemplo da Equação 05, substituindo-se os valores conforme os pesos atribuídos a cada variável:

Equação 05: Vnpp1 = Vnp1 * 0,10

Com as variáveis normalizadas, padronizadas e ponderadas, realizou-se a etapa final do processo de síntese e a elaboração do mapa. Segundo Sampaio (2012, p. 128), essa etapa "pode ser expressa pelas equações que resumem os procedimentos de normalização, padronização, ponderação e síntese propriamente dita". Tal processo pode ser representado pela seguinte equação:

$$Síntese = \sum_{i=1}^{n} V_{nppi}$$

Onde:

Vnnpi: representa cada uma das variáveis normalizadas padronizadas e ponderadas empregadas no processo de síntese;

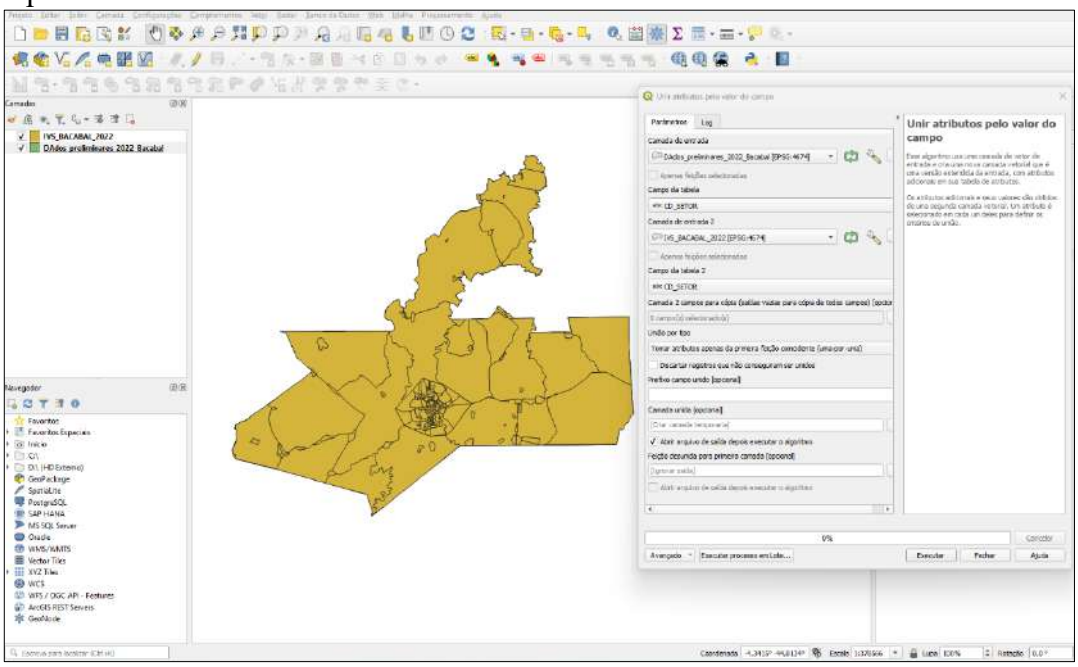
i: varia de 1 (primeira Vnpp) até **n** (última Vnpp).

Assim, ao final do processo de ponderação, realizou-se o somatório de todas as variáveis por setor censitário, gerando-se um indicador com intervalo de 0 a 1, no qual valores mais próximos de 0 indicam maior grau de vulnerabilidade.

Portanto, a síntese obtida foi a partir da seguinte equação: ∑ (Vnpp1 + Vnpp2 + Vnpp3 + Vnpp4 + Vnpp5 + Vnpp6 + Vnpp7 + Vnpp8 + Vnpp9 + Vnpp10 + Vnpp11 + Vnpp12 + Vnpp13 + Vnpp14 + Vnpp15 + Vnpp16 + Vnpp17 + Vnpp18). Logo, a cartografia de síntese para analisar o grau de vulnerabilidade socioambiental à diarreia aguda por setor censitário contou com a combinação de 18 variáveis.

Posteriormente, os dados foram trabalhados no QGIS v.3.34, onde foi realizada a união da planilha do *Excel* com a tabela de atributos do arquivo *shapefile* dos setores censitários de Bacabal, permitindo a espacialização dos dados (Figura 25). A definição dos intervalos das classes seguiu o critério estatístico *Quantil*, sendo dividida em cinco classes, conforme as recomendações de Sampaio (2012) para esse tipo de mapa.

Figura 25 – Etapa de união dos valores de IVS em Excel com a tabela de atributos do shp. de setores censitários de Bacabal



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

4.2 Etapa 02: pesquisa de campo

As pesquisas de campo foram realizadas durante o período chuvoso. Ao todo, foram feitas três visitas: nos dias 23/04/2023, 29/04/2024 e 29 e 30/04/2025, conforme descrito a seguir.

I. O primeiro roteiro do trabalho de campo, realizado no dia 23/04/2023, teve como objetivo fazer um breve reconhecimento das áreas de risco de inundação e visitar os prédios destinados ao abrigo de famílias desabrigadas pelas enchentes, a fim de verificar *in loco* a situação de vulnerabilidade das pessoas nesses locais. Também foram realizadas conversas informais com a população (Figura 26).

II. O segundo trabalho de campo foi realizado no dia 29/04/2024 e teve como proposta a coleta de amostras de água em áreas alagadas e no curso do Rio Mearim, além de visitas aos abrigos temporários (Figura 27) e a instituições, como a Defesa Civil e a Secretaria Municipal de Saúde.

Como suporte ao trabalho de campo, foram utilizados os seguintes equipamentos: câmera fotográfica, um GPS portátil da marca *Garmin*, pranchetas, *smartphones* e material para coleta de amostras de água. Além disso, contou-se com o apoio de um profissional técnico da Defesa Civil de Bacabal, que auxiliou na identificação dos pontos mais críticos das áreas alagadas.

Figura 26 – Conversa com moradora do bairro Trizidela

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

Figura 27 – Visita ao prédio destinado para as famílias abrigadas (Abrigo Vanguard)

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

A. Coleta de amostra de água

Em campo, no dia 29 de abril de 2024, foram realizadas atividades de coleta de amostras de água em áreas alagadas e no canal fluvial do Rio Mearim, com o objetivo de verificar o nível de contaminação por agentes causadores de infecções intestinais e, com isso, identificar os pontos mais críticos para a saúde da população.

De acordo com os dados da estação automática do INMET de Bacabal (A220), no dia anterior à coleta das amostras, ou seja, em 28/04/2024, não houve registro de precipitação

pluviométrica. A temperatura máxima foi de 32,3 ºC, e a mínima, de 23,8 ºC, com umidade relativa mínima média de 78,95%.

No dia da coleta, também não houve registro de chuva. No entanto, foi um dia mais quente que o anterior, com temperaturas entre 33 ºC e 34 ºC no horário da atividade, que se iniciou às 14h50 e foi finalizada às 16h40. A ausência de chuvas em ambos os dias foi considerada positiva, pois contribuiu para a manutenção das características naturais do local. Em dias chuvosos, podem ocorrer alterações na água em razão do aumento do transporte de sedimentos e microrganismos, bem como da elevação da vazão do rio, o que pode interferir na qualidade química e biológica da água.

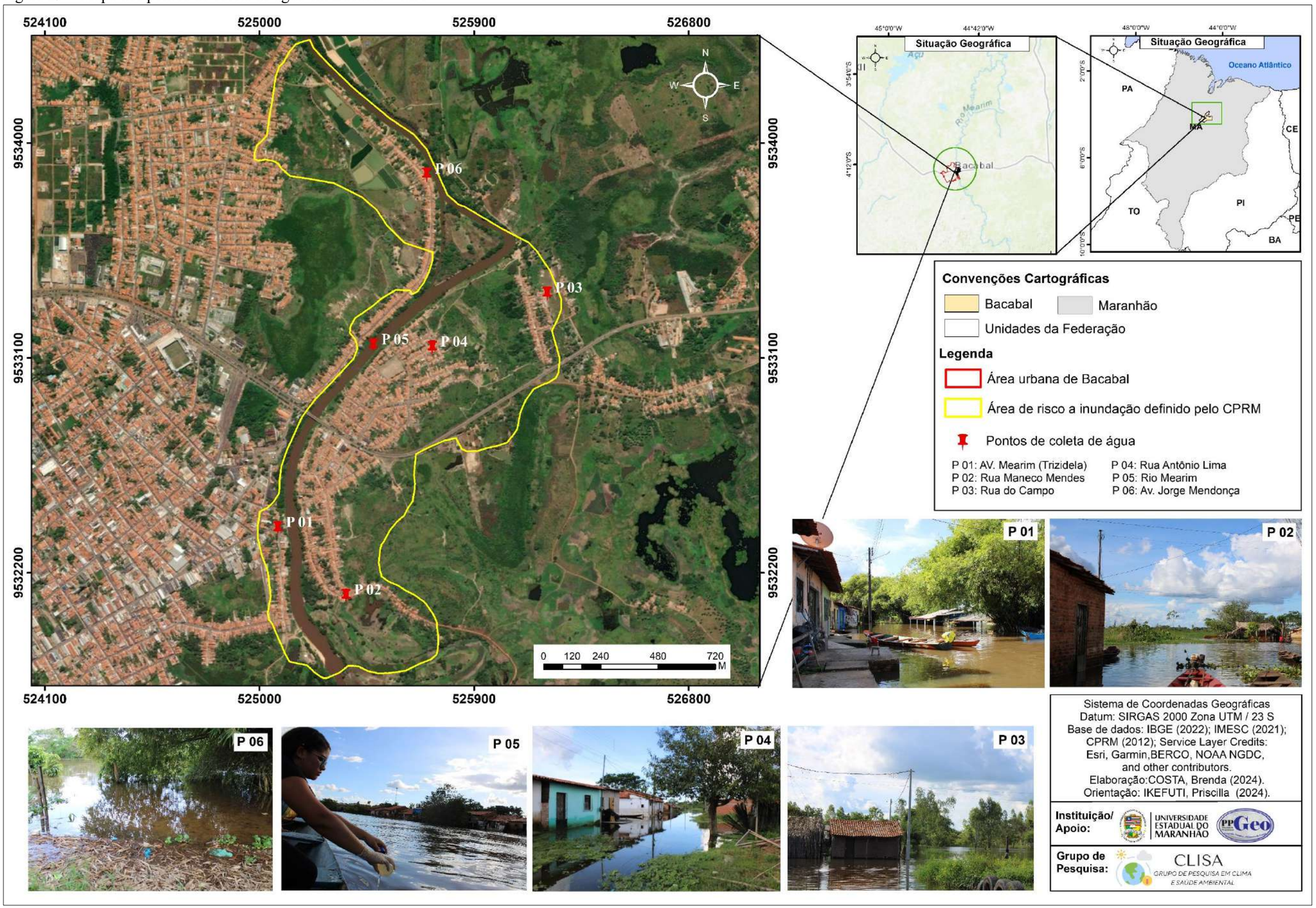
Destaca-se que o processo de coleta seguiu as normas estabelecidas pelo laboratório responsável pela análise do material. Para proteger as amostras durante o manuseio, foram utilizados frascos esterilizados com capacidade para 100 ml, luvas descartáveis e uma caixa de isopor com gelo, a fim de refrigerar e conservar as amostras, evitando a interferência da temperatura ambiente, conforme mostra a Figura 28.

Figura 28 – Processo de coleta e manuseio das amostras de água

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Os pontos de coleta de água, assinalados no mapa da Figura 29, foram selecionados estrategicamente para permitir uma melhor espacialização dos dados e compreensão da dinâmica do local. A quantidade de pontos de coleta foi definida também considerando as questões financeiras e de acesso ao local. Não foram realizadas outras coletas em período distintos do ano devido a falta de recursos para custear as análises em laboratório.

Figura 29 – Mapa dos pontos de coleta de água em Bacabal – MA



Fonte: Própria Pesquisa (2024)

B. Análise de laboratório

Os parâmetros biológicos selecionados para a análise da água pertencem ao grupo das bactérias do tipo coliformes, com foco na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). Esses microrganismos são amplamente utilizados como indicadores da qualidade da água, por estarem associados a doenças de veiculação hídrica. Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2004), o grupo das bactérias coliformes é um importante indicador de contaminação fecal na água.

A Resolução n. º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art. 2º, define os Coliformes Totais e a Escherichia coli da seguinte maneira:

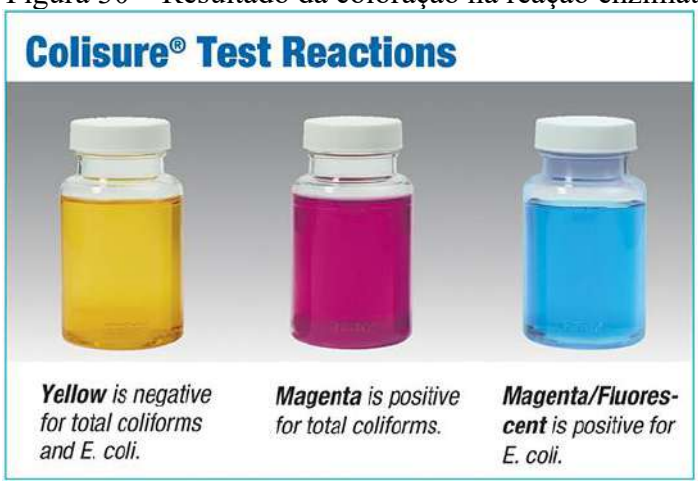
- **Coliformes fecais** (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais, caracterizadas pela presença da enzima ß-galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas, à temperatura de 44 a 45°C, em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais, podem também ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica;
- ***Escherichia coli***: Bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas ß-galactosidase e ß-glucuronidase. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo sido encontrada exclusivamente em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que receberam contaminação fecal recente.

A análise dos parâmetros biológicos da água para a detecção dos números prováveis de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) foi realizada no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Água (PCAQ) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), por meio do método substrato cromogênico/fluorogênico. O uso desse método permite identificar simultaneamente a presença e/ou ausência de coliformes totais e *E. coli* em amostras coletadas da água.

Conforme a FUNASA (2013, p. 36), esse método é baseado nas "atividades enzimáticas específicas dos coliformes (ß galactosidase) e *E. coli* (ß glucoronidase). Os meios de cultura contêm nutrientes indicadores que, hidrolisados pelas enzimas específicas dos coliformes e/ou *E. coli*, provocam uma mudança de cor no meio". Essa mudança de cor é provocada por reações químicas.

A aplicação do método substrato cromogênico/fluorogênico permite a utilização de diferentes técnicas para identificar a presença e/ou ausência de coliformes em amostras. Dessa forma, foi empregada a técnica Colisure (Idexx), na qual os coliformes totais hidrolisam o substrato vermelho de clorofenil-ß-galactopiranosídeo (CPRG), transformando-o em vermelho de clorofenol. Assim, a presença de coliformes totais é confirmada pela alteração da coloração do meio, que muda de amarelo para vermelho (Greghi, 2005). O material é submetido a um período de incubação em estufa bacteriológica a 35 ºC por 24 horas (FUNASA, 2013). Após esse tempo, se a cor observada for amarela, indica ausência de coliformes totais; se apresentar cor magenta, o resultado é positivo (Figura 30).

Figura 30 – Resultado da coloração na reação enzimática

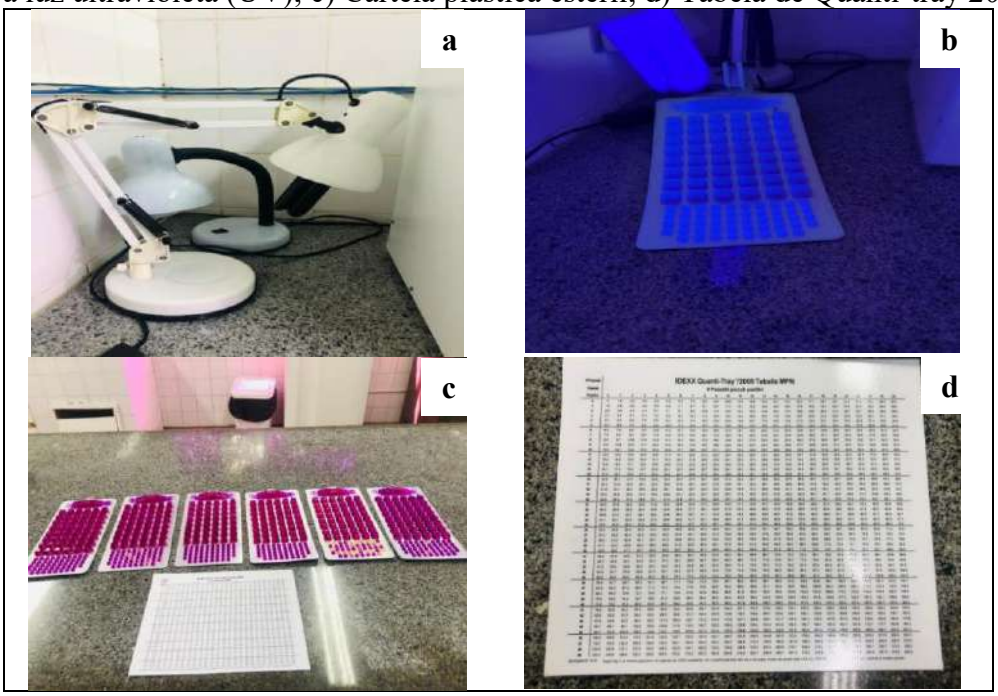


Fonte: Weber Scientific (2024).

Quanto à presença de *Escherichia coli*, esta é identificada pela fluorescência azul do meio quando exposto à luz ultravioleta (360 nm). Isso ocorre devido à ação da enzima β-glucuronidase sobre o substrato 4-metilumbeliferil-ß-D-glucuronídeo (MUG), cuja degradação produz 4-metilumbeliferona (Greghi, 2005). Se a fluorescência azul for observada sob luz ultravioleta (UV) de 365 nm, a presença de *E. coli* está confirmada (FUNASA, 2013) (Figuras 31a e 31b).

Para a quantificação, foi utilizado o sistema Quanti-Tray 2000 (Idexx), composto por uma cartela plástica estéril com 97 cavidades. O Quanti-Tray 2000 permite determinar o número mais provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* em concentrações de 1 a 2.419 por 100 ml (Greghi, 2005). Os valores são obtidos a partir do preenchimento das cavidades da cartela, que possuem tamanhos diferentes, sendo contabilizados os poços que apresentam coloração magenta. Com o resultado da contagem, consulta-se a tabela do Quanti-Tray 2000 para identificar o valor correspondente ao observado na cartela (Figuras 31c e 31d).

Figura 31 – a) Tipo de aparelho de lâmpada de fluorescência; b) Amostras sob a luz ultravioleta (UV); c) Cartela plástica estéril; d) Tabela de Quanti-tray 2000



Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Assim sendo, optou-se por enquadrar os resultados obtidos aos valores de referência sobre balneabilidade da água, conforme estabelecido pela Resolução n. º 274, de 29 de novembro de 2000, da CONAMA. Essa resolução dispõe sobre os critérios de balneabilidade das águas brasileiras destinadas a atividades de recreação de contato primário, ou seja, aquelas em que há contato direto do usuário com o corpo d'água, classificando a água como própria ou imprópria para esse tipo de atividade.

De acordo com a referida resolução, no inciso IV do Art. 2º, define a água como imprópria com base nos valores de coliformes totais, *Escherichia coli* ou enterococos:

- Quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes), 2.000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

D. Validação do Mapa de IVS a Diarreia Aguda

III. O terceiro trabalho de campo foi realizado nos dias 29 e 30 de abril de 2025, com o objetivo de validar o mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda. Para isso, foram percorridos alguns bairros da cidade, onde se realizou o levantamento de registros fotográficos aéreos com o uso de drone, os Veículos Aéreos Não Tripulados -VANTs (Figura 32a); registros fotográficos do terreno com *smartphone*; e a coleta de informações

referentes aos indicadores utilizados na pesquisa, como a detecção *in loco* de locais com problemas relacionados à falta de coleta de esgoto e lixo (Figura 32b), bem como problemas com a falta de água.

Figura 32-a) Levantamento de informações *in loco* para validação do mapa de IVS à Diarreia Aguda com o uso de drone. b) Identificação de pontos com descarte irregular de resíduos sólidos

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

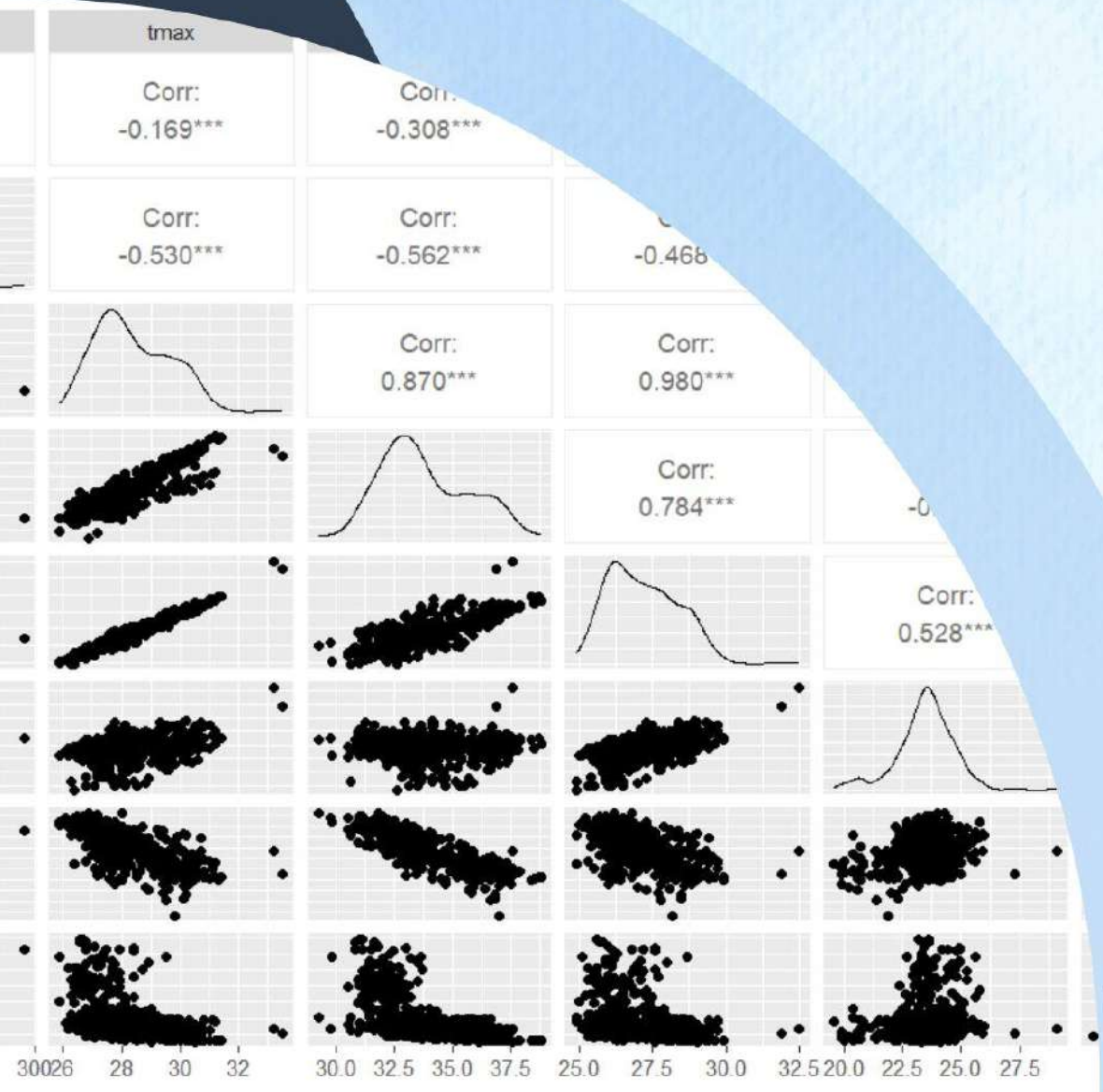
Durante o trabalho de campo, foi possível dialogar com a população sobre os problemas vivenciados quanto à escassez dos serviços de saneamento básico. Além disso, duas moradoras do bairro Trizidela permitiram o acesso às suas residências para observação das condições quanto à destinação do esgoto doméstico.

Ainda, foi realizada visita técnica ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), empresa responsável pelos serviços de distribuição e tratamento de água e esgoto em Bacabal. Na ocasião, foram realizadas conversas com os técnicos da empresa, que compartilharam informações e dados pertinentes à pesquisa.

Também foi feita uma visita à Secretaria Municipal de Saúde, no setor de Vigilância Epidemiológica. Entretanto, não foram fornecidas informações sobre o aumento dos casos de DDA registrados na cidade, nem se havia alguma campanha de sensibilização voltada à população com medidas de prevenção da doença. Um dos funcionários solicitou o envio de um ofício para o repasse dos dados, porém, até a finalização da presente pesquisa, não houve retorno.

5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

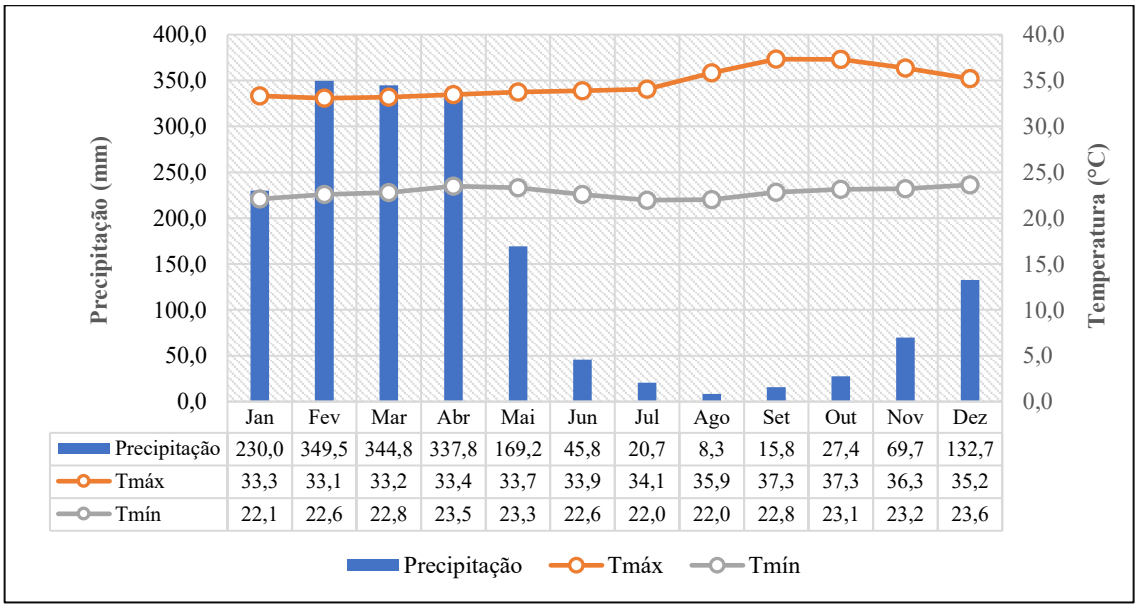


Fonte: Costa (2024)

5.1 Variabilidade climática do município de Bacabal (2009–2023)

No que tange à série histórica analisada neste estudo, de 2009 a 2023, os meses mais chuvosos correspondem ao trimestre de fevereiro, março e abril, apresentando médias acumuladas acima de 300 mm mensais. Já o trimestre de setembro, outubro e novembro foi identificado como o mais quente, com médias de temperatura acima de 36 ºC. Observou-se que, devido à sua localização geográfica e aos fatores de continentalidade, Bacabal apresenta alta amplitude térmica, com diferença de até 14,5 ºC entre as médias de temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) nos meses de setembro e outubro, conforme mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Variabilidade média mensal de precipitação, Tmáx e Tmín para Bacabal – MA, de 2009 a 2023



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação	230,0	349,5	344,8	337,8	169,2	45,8	20,7	8,3	15,8	27,4	69,7	132,7
Tmáx	33,3	33,1	33,2	33,4	33,7	33,9	34,1	35,9	37,3	37,3	36,3	35,2
Tmín	22,1	22,6	22,8	23,5	23,3	22,6	22,0	22,0	22,8	23,1	23,2	23,6

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

Posteriormente, a Tabela 3 apresenta o total de dias com chuvas superiores a 1 mm registrados, destacando-se que os meses de março e abril são os que apresentam o maior número de dias com precipitação. Assim, esses meses também se caracterizam pelo período mais intenso de chuvas e pela maior cota do Rio Mearim ao longo do ano. Os valores destacados em azul correspondem aos meses com o maior número de dias chuvosos, enquanto os destacados em vermelho indicam os meses com o menor quantitativo.

Tabela 3 – Total mensal de número de dias com precipitação para Bacabal – MA, de 2009 a 2023

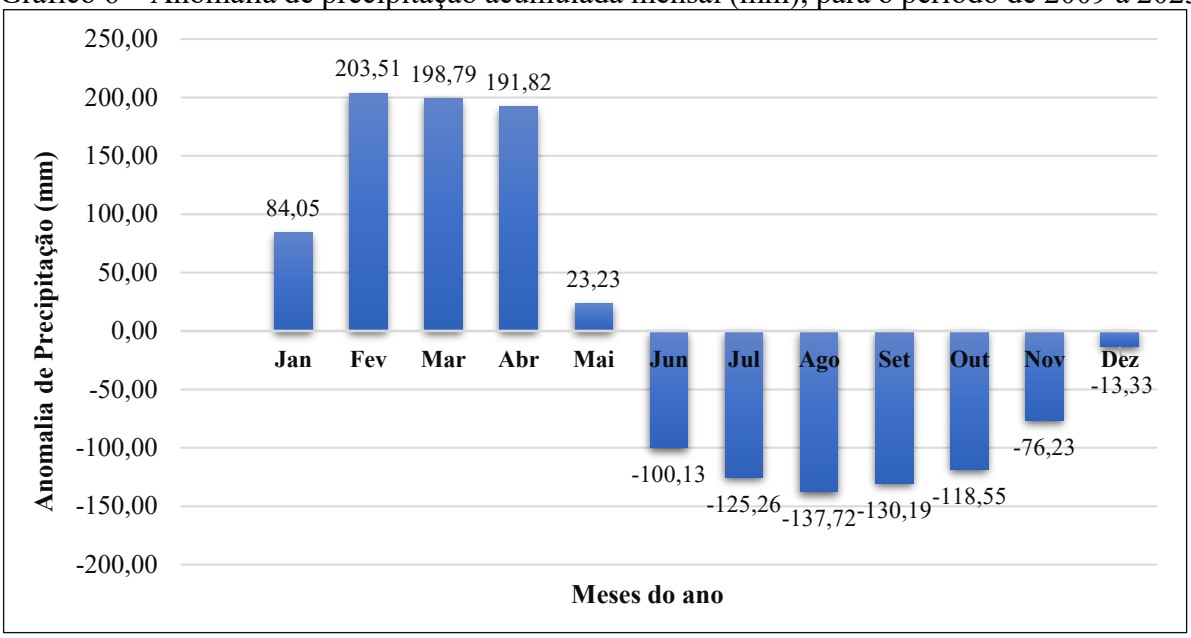
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	21	24	25	27	25	8	3	2	1	4	3	13
2010	18	14	12	24	14	11	3	0	1	7	9	12
2011	18	23	28	25	15	6	3	4	0	9	9	8
2012	17	21	25	18	6	10	1	1	3	2	6	9
2013	12	18	3	24	18	12	8	1	5	4	_	7
2014	19	26	23	27	24	3	4	2	6	4	4	7
2015	13	15	25	21	16	12	5	0	3	0	2	5
2016	22	15	_	_	4	7	1	1	7	_	3	_
2017	_	8	28	23	15	4	3	0	0	2	2	13
2018	19	26	_	8	_	_	1	4	2	6	9	17
2019	_	_	3	_	8	5	6	0	4	8	12	_
2020	11	_	24	26	16	5	1	1	2	5	8	_
2021	13	16	23	12	8	10	3	1	8	8	6	14
2022	20	16	23	13	15	7	1	0	1	3	7	3
2023	15	18	21	16	14	2	1	0	0	2	6	3

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

Nos Gráficos 6, 7 e 8 estão apresentados os dados de anomalia mensal para precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, referentes ao período mais recente analisado (2009–2023). Em relação à precipitação, os meses de janeiro a maio apresentaram valores positivos de anomalia, com chuvas acima da média mensal. No entanto, o mês de junho já apresenta anomalia negativa, devido ao período de transição entre a estação chuvosa e a de estiagem, em que os valores negativos persistem até o mês de dezembro. Nesse intervalo, os meses de julho a outubro são considerados os mais secos (Gráfico 6).

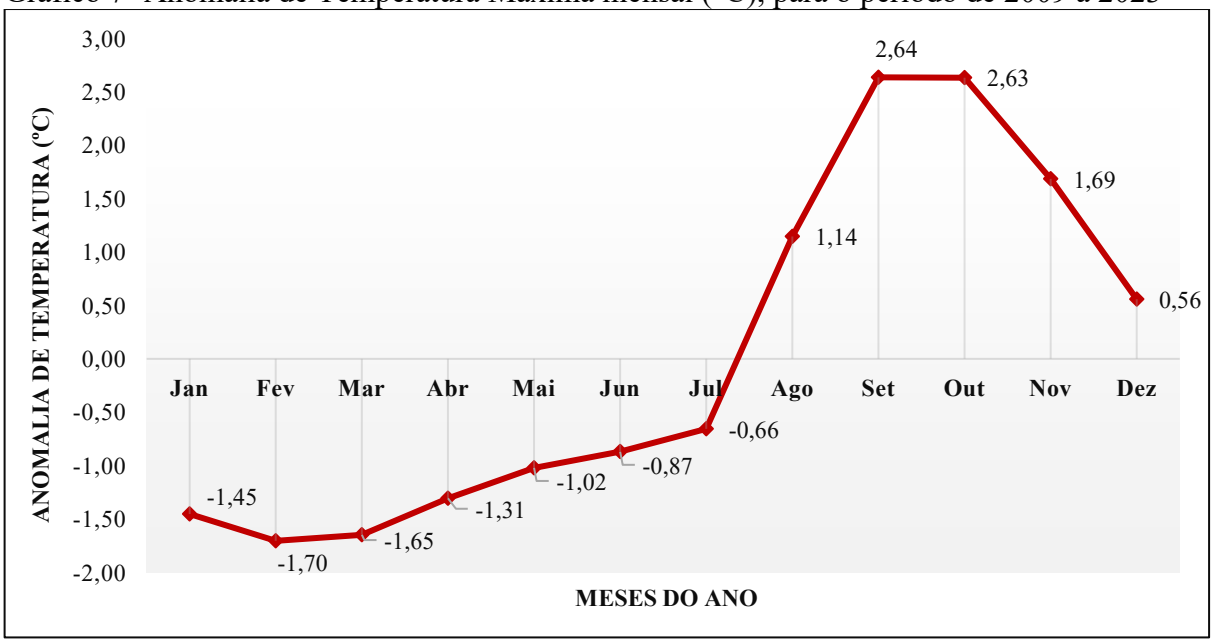
Quanto à temperatura máxima, observam-se anomalias negativas durante os meses de janeiro a julho, variando de -1,45 °C a -0,66 °C em comparação com a média mensal anual. No entanto, de agosto a dezembro, as anomalias são positivas, com destaque para o mês de setembro, que registrou 2,64 °C acima da média. Nos últimos anos, os meses de setembro e outubro têm apresentado temperaturas bastante elevadas (Gráfico 7).

Gráfico 6 – Anomalia de precipitação acumulada mensal (mm), para o período de 2009 a 2023



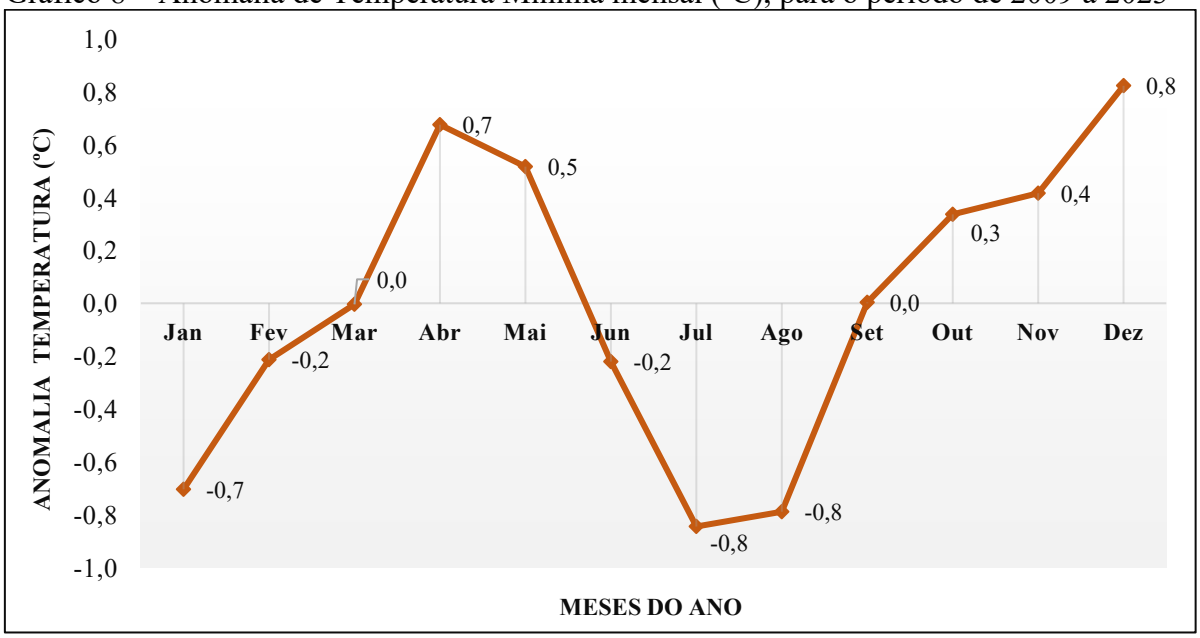
Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

Gráfico 7- Anomalia de Temperatura Máxima mensal (°C), para o período de 2009 a 2023



Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

Gráfico 8 – Anomalia de Temperatura Mínima mensal (ºC), para o período de 2009 a 2023



Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

5.2 Da construção à reconstrução: impactos resultantes dos eventos hidrometeorológicos em Bacabal

Do rio que tudo arrasta, diz-se que é violento.
Mas ninguém diz violentas,
as margens que o comprimem.
(Bertold Brecht)

O título deste tópico propõe uma reflexão sobre os impactos que os eventos climáticos e hidrológicos podem exercer sobre a sociedade. Tais indagações surgiram ao longo deste trabalho, com base em observações de campo e em reportagens sobre tragédias climáticas ocorridas no Maranhão e em outras regiões do Brasil.

A partir de uma perspectiva que considera a atuação profissional na Geografia, a pesquisa científica e a inserção na sociedade civil, levantam-se questionamentos relacionados às vulnerabilidades a que a população está exposta e, principalmente, aos termos “adaptação”, “resiliência”, “mitigação” e “resistência”. Os questionamentos estruturam-se da seguinte forma:

- As cidades estão preparadas para a ocorrência de eventos climáticos extremos?
- Quem são os mais afetados por desastres naturais?
- São desastres naturais ou fenômenos induzidos?
- Quais os desafios para reconstruir os bens materiais perdidos?
- E a saúde física e mental? Os traumas psicológicos? A dor do luto?

- Como fazer para se adaptar? Talvez as palavras “adaptação” e “resiliência” já não sejam suficientes para o grau do problema. Quem sabe os indivíduos precisem repensar sobre uma “resistência”?

A missão de reconstruir exige muito trabalho, esforço e dedicação. E reconstruir após perder tudo? Talvez a força motriz que leva a sociedade a se reerguer após eventos extremos ou adversos não possa ser plenamente respondida aqui. No entanto, trata-se, com veemência, de uma tarefa árdua e digna de um olhar político, científico e social sobre os impactos das mudanças ambientais e climáticas, impactos que envolvem inúmeros desafios.

Sobre isso, Mendonça (2010, p.156) expõe que “entender e promover a gestão socioambiental urbana tornou-se um desafio premente em países como o Brasil, nos quais a densidade e magnitude da rede urbana e das cidades são marcadas por problemas de toda ordem”.

Pensando nos problemas que acometem as cidades, sobretudo os de origem climática, decorrentes da ausência de planejamento urbano que considere as características climáticas regionais e locais, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro elaborou, em 1975, uma proposta teórico-metodológica para os estudos em Climatologia Urbana, denominada Sistema Clima Urbano (SCU).

O SCU visa compreender a organização climática da cidade e, como tal, é essencialmente centrado na atmosfera, considerada seu agente operador (Monteiro, 2003). Assim, o Sistema Clima Urbano é composto por três campos de percepção: o campo termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeórico.

Destaca-se aqui o campo hidrometeórico, relacionado aos impactos de inundações e movimentos de massa, respectivamente (Mendonça, 2010). Além disso, esse subsistema também abrange os impactos provocados por tempestades, tornados, furacões, ciclones, nevoeiros e chuvas torrenciais. Segundo Monteiro (2023, p. 53), “a ideia de impacto pressupõe consequências calamitosas, atacando a integridade da cidade como artefato físico e perturbando, sensivelmente, as forças de circulação e comunicação internas e ligações externas”.

Considerando o SCU, os impactos hidrometeóricos deflagrados em Bacabal estão associados às precipitações, inundações e enchentes, o que torna o ciclo de construção e reconstrução recorrente na cidade.

Bacabal foi construída ao longo do canal fluvial do Rio Mearim, cuja bacia hidrográfica possui uma área total de 98.289,05 km², ocupando 29,6% do território maranhense

e abrangendo 84 municípios. A bacia está inserida entre os biomas Amazônia e Cerrado, sendo considerada a maior bacia do estado genuinamente maranhense. Sua principal característica natural é a grande disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas (CODEVASF, 2019).

A bacia tem como principais afluentes os rios Pindaré e Grajaú. A região apresenta um regime hidrológico com duas estações bem definidas: a das águas máximas ou cheias (fevereiro a maio) e a das águas mínimas, ou estiagem (agosto a novembro), períodos nos quais fenômenos como enchentes e secas são recorrentes [5].

Na referida bacia, enchentes e inundações acompanham a sazonalidade das chuvas. Esses fenômenos ocorrem com alta periodicidade, afetando diversos municípios ao longo dos canais fluviais que cortam as cidades (CODEVASF, 2019).

Segundo Louzeiro *et al*. (2013), o Rio Mearim, que banha municípios localizados na região centro-maranhense, entre os quais se situam Trizidela do Vale, Pedreiras e Bacabal, percorre áreas consideradas as mais afetadas pelas inundações. Durante o período de cheia, essas localidades registram a ocorrência de famílias desabrigadas e desalojadas, conforme dados noticiados por jornais e relatórios oficiais da Defesa Civil.

No que se refere aos impactos hidrometeorológicos em Bacabal, os dados obtidos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024) revelam que, entre 2009 e 2023, 60% dos desastres registrados no município estiveram relacionados a inundações e 40% a chuvas intensas. No total, contabilizaram-se 44.064 pessoas atingidas, sendo 20.080 delas desabrigadas ou desalojadas. O ano de 2009 apresentou o maior número de desabrigados ou desalojados, totalizando 15.009 pessoas, conforme mostrado na Figura 33.

No ano de 2009, veículos de imprensa noticiaram que o Rio Mearim subiu cinco metros em apenas dois dias, em decorrência das fortes chuvas (Globo.com, 2009). Cerqueira *et al*. (2024) apontam que as precipitações acima da média registradas nos meses de março, abril e maio daquele ano foram causadas pela intensa atuação da ZCIT e do fenômeno La Niña, cuja combinação resultou em elevados volumes pluviométricos e no consequente transbordamento dos rios. Nesse contexto, o Rio Mearim alcançou, em maio, a marca de 887 cm, altura considerada 5 metros acima do nível normal.

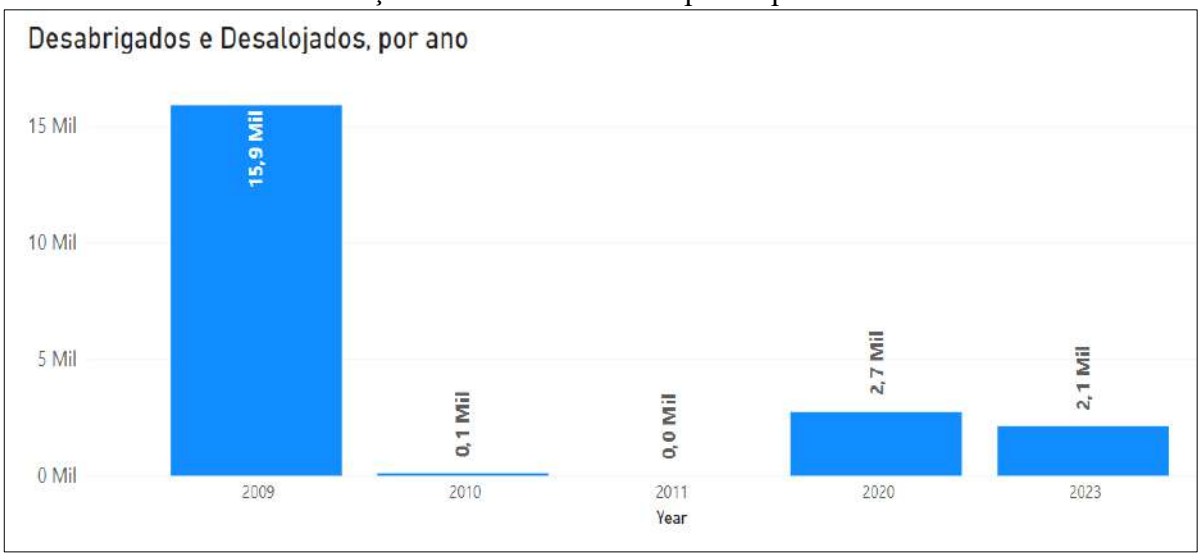
De acordo com Cerqueira et al. (2024), na região afetada pelas cheias do Rio Mearim em 2009, houve submersão de casas, ruas, veículos e outros espaços urbanos,

---

[5] *Ibid*., 2019.

provocando uma situação caótica para os moradores, que foram obrigados a abandonar suas casas às pressas, durante a noite.

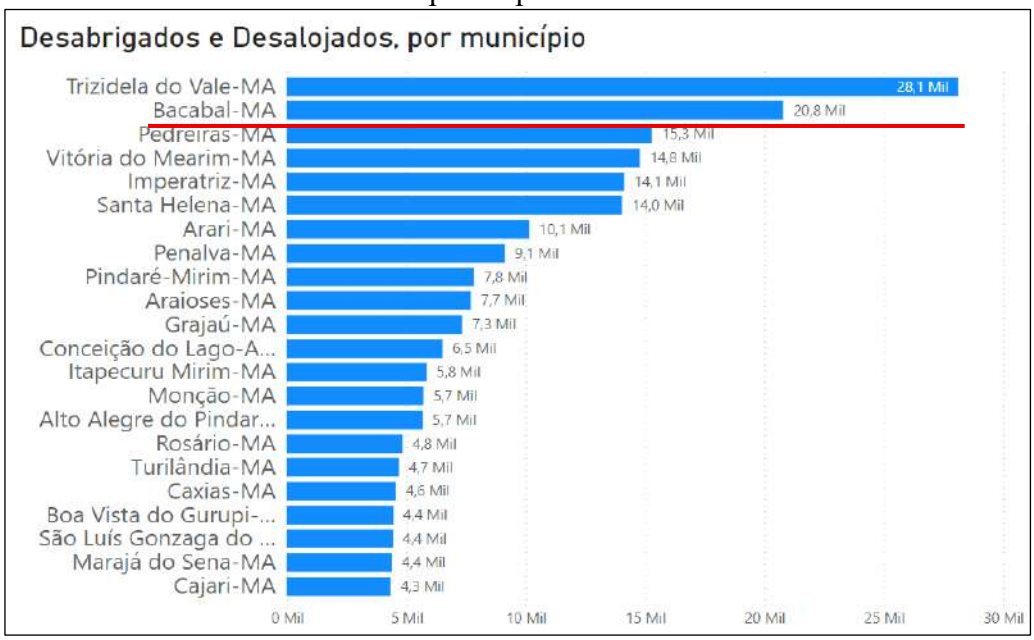
Figura 33 – Total de desabrigados e desalojados para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas para o período de 2009 a 2023



Fonte: S2ID (2024)

Dessa forma, em nível regional, os dados mais recentes do S2ID (2024) indicam que o município de Bacabal ocupa o segundo lugar no *ranking* dos municípios maranhenses com maior número de desabrigados e desalojados em decorrência de desastres, conforme apresentado na Figura 34.

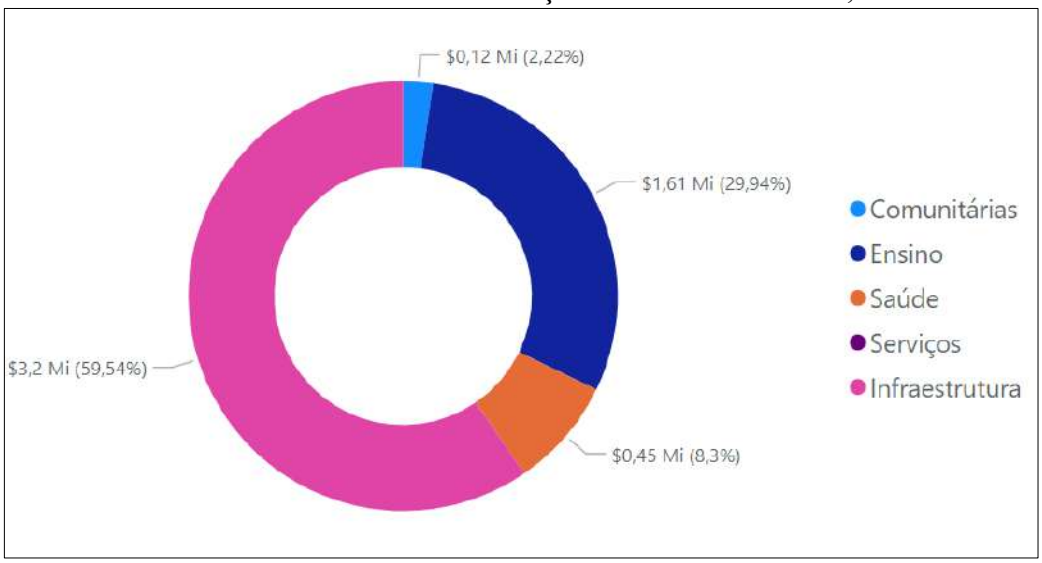
Figura 34 – Total de desabrigados e desalojados dos municípios do Maranhão em decorrência de desastres naturais para o período de 2009 a 2023



Fonte: S2ID (2024)

No que se refere aos danos materiais decorrentes dos desastres em Bacabal, os prejuízos à infraestrutura ocupam o primeiro lugar, totalizando cerca de R$ 3,2 milhões, o que representa 59,54% do valor total. Em seguida, destacam-se a rede de ensino, com perdas estimadas em R$ 1,61 milhão (29,94%), e a rede de saúde, com R$ 446.846,00 (8,3%), conforme apresentado na Figura 35.

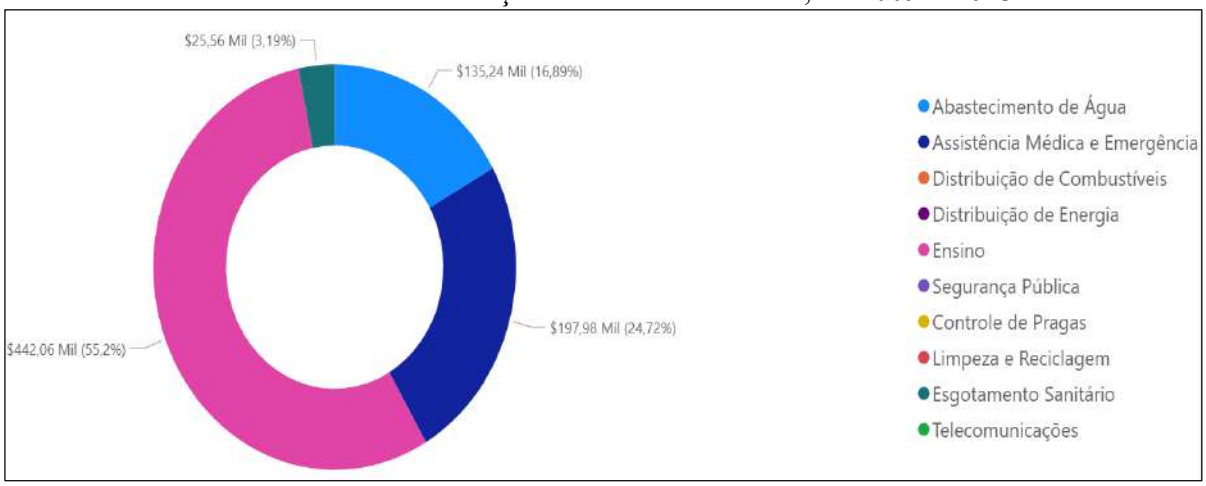
Figura 35 – Totais de danos materiais, por categoria, para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas, de 2009 a 2023



Fonte: S2ID (2024)

Entre 2009 e 2023, acumulam-se diversos prejuízos públicos relacionados aos desastres no município de Bacabal. Os maiores impactos financeiros concentram-se no setor da educação, com R$ 442,06 milhões (55,2%), seguido da assistência médica e emergencial, que totaliza R$ 197,98 milhões (24,72%). O sistema de abastecimento de água ocupa o terceiro lugar, com prejuízo de R$ 135,24 milhões, correspondendo a 16,89% do total, fator que tende a impactar diretamente a qualidade da água durante e após os eventos de inundação no município (Figura 36).

Figura 36 – Totais de prejuízos públicos, por categoria, para Bacabal em decorrência de desastres naturais associados às inundações ou chuvas intensas, de 2009 a 2023



Fonte: S2ID (2024)

Com base nos dados obtidos junto à Defesa Civil Municipal de Bacabal, foram identificadas algumas divergências em relação às informações disponíveis no banco de dados do S2ID, sobretudo pela ausência de registros referentes ao ano de 2022 no sistema federal. Os relatórios fornecidos pela Defesa Civil de Bacabal abrangem apenas os anos de 2020, 2022 e 2023, sendo que o órgão informou não possuir dados referentes aos demais anos em seu banco de registros.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os dados referentes aos anos de 2020, 2022 e 2023 sobre o total de pessoas atingidas pelas inundações no município de Bacabal, com distinção entre as zonas urbana e rural, conforme informações fornecidas pela Defesa Civil. As tabelas incluem dados sobre o número de desabrigados e desalojados, categorias definidas pela Lei n. º 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). De acordo com o Capítulo I, Art. 1º da referida lei:

- **Desabrigado**: pessoa que foi obrigada a abandonar sua habitação de forma temporária ou definitiva em razão de evacuações preventivas, de destruição ou de avaria grave decorrentes de acidente ou desastre e que necessita de abrigo provido pelo SINPDEC ou pelo empreendedor cuja atividade deu causa ao acidente ou desastre (Brasil, 2012);
- **Desalojado**: pessoa que foi obrigada a abandonar sua habitação de forma temporária ou definitiva em razão de evacuações preventivas, de destruição ou de avaria grave decorrentes de acidente ou desastre e que não necessariamente carece de abrigo provido pelo SINPDEC ou pelo empreendedor cuja atividade deu causa ao acidente ou desastre (Brasil, 2012).

Tabela 4 – Dados referentes ao boletim de situação dos atingidos pela inundação em Bacabal

ANO	Data de atualização dos dados e nível do rio	Quantida de de abrigos	Famílias desabrigadas	Total de pessoas	Adultos	Crianças	Idoso s	Gestantes
2020	20/04/2020 **Nível: 7.63 m**	15	187	699	370	288	44	0
2022	10/04/2022 **Nível:7.70 m**	9	173	581	348	216	15	2
2023	19/04/2023 **Nível: 7.61 m**	11	293	998	578	371	48	1

Fonte: Elaborado a partir da Defesa Civil de Bacabal pela Própria Pesquisa (2024)

Tabela 5 – Dados referentes ao boletim de situação dos desalojados pela inundação em Bacabal

Ano	Data de atualização dos dados e nível do rio	Total de desalojados/ Zona Urbana	Total de desalojados/ Zona Rural	Famílias afetadas/ Urbana e Rural
2020	20/04/2020 **Nível: 7.63 m**	2566	968	1132
2022	10/04/2022 **Nível:7.70 m**	877	38	248
2023	19/04/2023 **Nível: 7.61 m**	7063	714	2312

Fonte: Elaborado a partir da Defesa Civil de Bacabal pela Própria Pesquisa (2024).

Sobre os impactos hidrometeorológicos na cidade, as Figuras 37, 38 e 39 apresentam informações históricas sobre registros de notícias acerca dos problemas enfrentados pela população em anos de ocorrência de inundações. As imagens foram obtidas a partir de noticiários em jornais eletrônicos e redes sociais por se tratar de materiais mais antigos e por as informações de interesse para essa pesquisa não estar disponíveis em trabalhos de cunho cientifico ou publicadas em livros justificando assim o uso desse tipo de fonte de dados.

Dentre os problemas retratados nos noticiários, as maiores dificuldades referem-se à estrutura dos abrigos, à alimentação, à falta de assistência médica e ao auxílio financeiro para enfrentar a crise. Os dados recentes coletados nos trabalhos de campo, revelam que em Bacabal, os bairros Trizidela e Presídios são os mais afetados, conforme mostram as Figuras 40, 41, 42, 43 e 44.

Figura 37 – Reportagem sobre problemas estruturais em abrigo para desabrigados em Bacabal

Abrigo com 191 pessoas vítimas das enchentes no Maranhão tem risco de incêndio e exposição à chuva; Justiça manda esvaziar local

Abrigo possui apenas dois banheiros, não tem proteção suficiente contra a chuva e corre risco de incêndio por causa da instalação elétrica improvisada.

Por g1 MA — São Luís
12/04/2023 10h56 · Atualizado há 2 anos

Ministério Público considerou o alojamento impróprio para abrigar os desalojados — Foto: Reprodução/TV Mirante

Fonte: G1 Maranhão (2023)

Figura 38 – Reportagem sobre relatos de desabrigados em Bacabal

"A gente vive nessa peleja. É muito difícil, mas é aquela coisa, a gente não tem condições de comprar uma casa fora da área que enche, em outro bairro, muitas pessoas chegaram a ganhar, mas venderam. Se eu tivesse ganhado uma outra casa, eu não estaria nessa situação".

— Gilvan Ferreira, auxiliar de pedreiro e desabrigado pelas chuvas no Maranhão

Gilvan Ferreira está em um alojamento improvisado com a família em Bacabal (MA) — Foto: Arquivo pessoal

Fonte: G1 Maranhão (2023)

Figura 39 – Reportagem sobre relatos de desabrigados das enchentes em Bacabal no ano de 2023

g1 MARANHÃO BUSCAR

Para conseguir ir para o abrigo, Gilvan Ferreira deixou parte dos móveis em casa, que ficaram estragados por conta das chuvas. Tudo o que sobrou, ele levou com a família para o alojamento. Com o nível do Rio Mearim baixando aos poucos, o auxiliar de pedreiro espera voltar para casa até o fim do mês.

"Deixei metade do meu armário, meu guarda-roupa se perdeu também na água. Eu só quero voltar para minha casa, arrumar um serviço para continuar vivendo como antes e ter minha vida de volta", disse.

'Não quero sair do abrigo'

Ministério Público considerou o alojamento impróprio para abrigar os desalojados — Foto: Reprodução/TV Mirante

Gilvan Ferreira é uma das 191 pessoas que estão abrigadas no alojamento da Paróquia Santa Terezinha, em Bacabal. **Uma ação do Ministério Público do Maranhão (MP-MA) pediu a retirada das famílias do local devido as condições inadequadas do espaço.**

Fonte: G1 Maranhão (2023)

Figura 40 – Famílias em área de risco em Bacabal

Cerca de 1.020 família foram cadastradas pela própria Defesa Civil por estarem em área de risco. Se as chuvas continuarem com esta intensidade, é possível que outras famílias sejam atingidas.

Famílias em Bacabal estão em situação de risco neste período chuvoso — Foto: Reprodução / TV Mirante

- Bacabal está em alerta. Todos os dias nós temos essa preocupação de monitorar as áreas de risco - disse a coordenadora da Defesa Civil de Bacabal, Leonice Rodrigues.

O temporal que atingiu Bacabal, no último domingo (8), atingiu a meta de um mês todo, por isso, as águas do Rio Mearim voltaram a subir.

De acordo com o monitoramento diário, o nível do rio já ultrapassa os 6m. O que representa sinal de alerta. Em 2011, foi a última vez que o rio chegou a este ponto.

Fonte: G1 Maranhão (2018)

Figura 41 – Impactos hidrometeorológicos associados à inundação na cidade de Bacabal em 2023

Fonte: Instagram Defesa Civil de Bacabal (2023); Própria Pesquisa (2023)

Figura 42 – Estrutura de residências comprometidas na Av. Jorge Mendonça, bairro Trizidela, em abril de 2023

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

Figura 43 – Av. Mearim – Centro, em abril de 2024

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Figura 44 – Moradores resistentes a abandonar casa alagada no bairro Presídio, em abril de 2024

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Diante do exposto, fica evidente que a cidade de Bacabal não está preparada para enfrentar os problemas ocasionados por eventos climáticos extremos, cenário compartilhado por diversas cidades brasileiras, principalmente em razão da ocupação de áreas de risco. Como aponta Alves (2017, p. 22), “na maioria das grandes e médias cidades brasileiras é marcante a presença de assentamentos populares precários ou mesmo de alto padrão em ambientes, tais

como margens de rios, encostas, topos de morros, mangues, dunas, ambientes estes de risco ou frágeis".

Isso ocorre em decorrência do crescimento urbano planejado de forma adequado, pressionado pelo sistema capitalista e pelo êxodo rural, com a migração de pessoas em busca de melhores condições de vida.

Essa problemática é mais evidente entre as populações de baixa renda, que são forçadas a ocupar áreas de risco devido à falta de recursos financeiros para residirem em regiões mais seguras ou "nobres" da cidade. Essa realidade é evidenciada por Cardoso *et al*. (2020, p. 14), os quais afirmam que "a estruturação do espaço urbano capitalista isola a população mais rica e condena a população mais pobre para as áreas menos favorecidas da cidade".

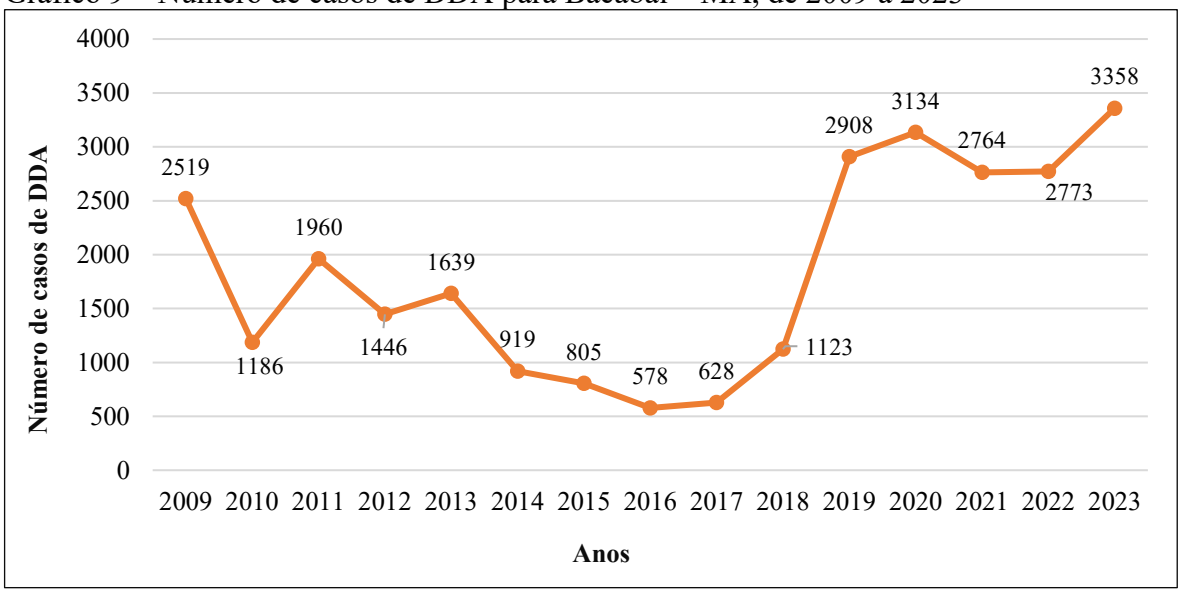
Na cidade de Bacabal, a ocupação do solo urbano ocorreu sem considerar a preservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) do Rio Mearim, expondo centenas de famílias aos riscos associados à cheia do rio durante o período chuvoso. Essas pessoas, em sua maioria de baixa renda, apresentam um grau elevado de vulnerabilidade socioambiental diante das mudanças ambientais e climáticas. Além dessas questões, a realidade vivenciada pelos bacabalenses também revela sua vulnerabilidade à manifestação de diversas doenças relacionadas à falta de saneamento básico, à fome e a fatores climáticos.

5.3 Análise do comportamento das Doenças Diarreicas Agudas e variáveis hidroclimáticas

Para o período de 2009 a 2023, foram notificados 27.740 casos de atendimentos por DDA em Bacabal. Os anos de 2009 e de 2020 a 2023 apresentaram os maiores quantitativos, com pico em 2023, quando foram registrados 3.358 casos (Gráfico 9). Observa-se que, entre os anos de 2014 a 2017, houve uma queda nos atendimentos por DDA em comparação com os demais anos da série analisada.

Destacamos que devido as limitações de acesso as informações sobre atendimento hospitalar para as DDA em nível municipal, para o período de 2014 a 2017, não conseguimos informações sobre os fatores que influenciaram nessa queda nos atendimentos.

Gráfico 9 – Número de casos de DDA para Bacabal – MA, de 2009 a 2023



Fonte: Ministério da Saúde- PMDDA (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Já entre os anos de 2020 a 2022, há a hipótese de que a queda nos atendimentos por DDA tenha ocorrido em consequência dos impactos da pandemia do Covid-19. Durante esses anos, o Ministério da Saúde homologou diversas restrições de acesso da população aos serviços de saúde, principalmente da rede do Sistema Único de Saúde- SUS, priorizando os atendimentos em toda a rede de emergência e urgência para os casos suspeitos de Covid-19 ou outras doenças respiratórias. Além disso, deve-se considerar o próprio receio que os indivíduos apresentaram em procurar as unidades de saúde, por medo do contágio da doença, preferindo a automedicação em casa, em situações de outros tipos de enfermidade, que não fosse os sintomas da Covid-19.

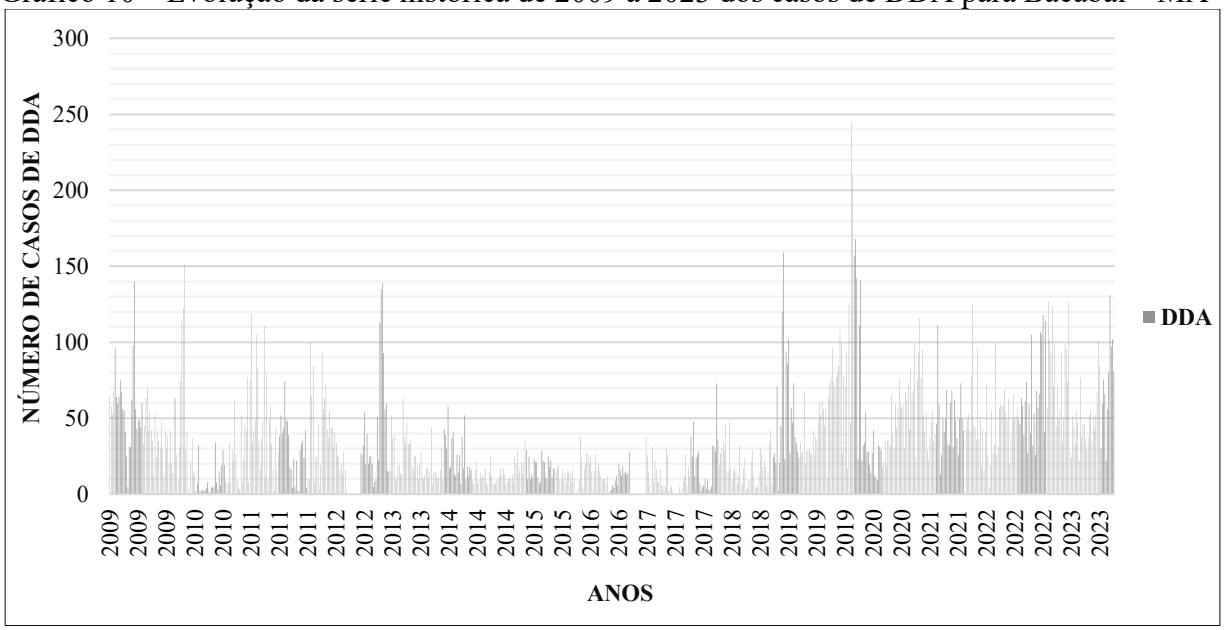
Os últimos dados sobre o boletim epidemiológico da Covid-19 de Bacabal, foram divulgados em 21 de setembro de 2020 pela Secretaria Municipal de Saúde, de 2020 a setembro de 2022, no município houve 9.038 casos confirmados e 441 óbitos. Evidenciando que na cidade houve uma alta demanda pelos serviços de saúde em busca do tratamento e diagnóstico da doença. Logo, essa crescente dos casos de Covid-19 pode ter afetado toda a rede de atendimento de saúde do município, impactando também nas subnotificações de casos por DDA.

Por outro lado, o Gráfico 10 apresenta a síntese da evolução anual dos casos de DDA por semana epidemiológica (SE). Observa-se que, em 2012, entre a 30ª e a 39ª SE, não houve registros da doença. Em 2016, entre a 41ª e a 52ª SE, não há dados divulgados, o que justifica a ausência de informações nesses períodos no gráfico. O ano com maior número de

casos por SE foi 2020, com aumento expressivo entre a quinta e a nona SE, cujos valores foram: quinta SE: 245; sexta SE: 209; sétima SE: 157; oitava SE: 168; nona SE: 142 (Gráfico 10).

O período de 2013 a 2017 apresentou os menores valores registrados da doença por semana epidemiológica, o que resultou também no menor acumulado anual de casos de DDA no município, conforme indicado anteriormente no Gráfico 9.

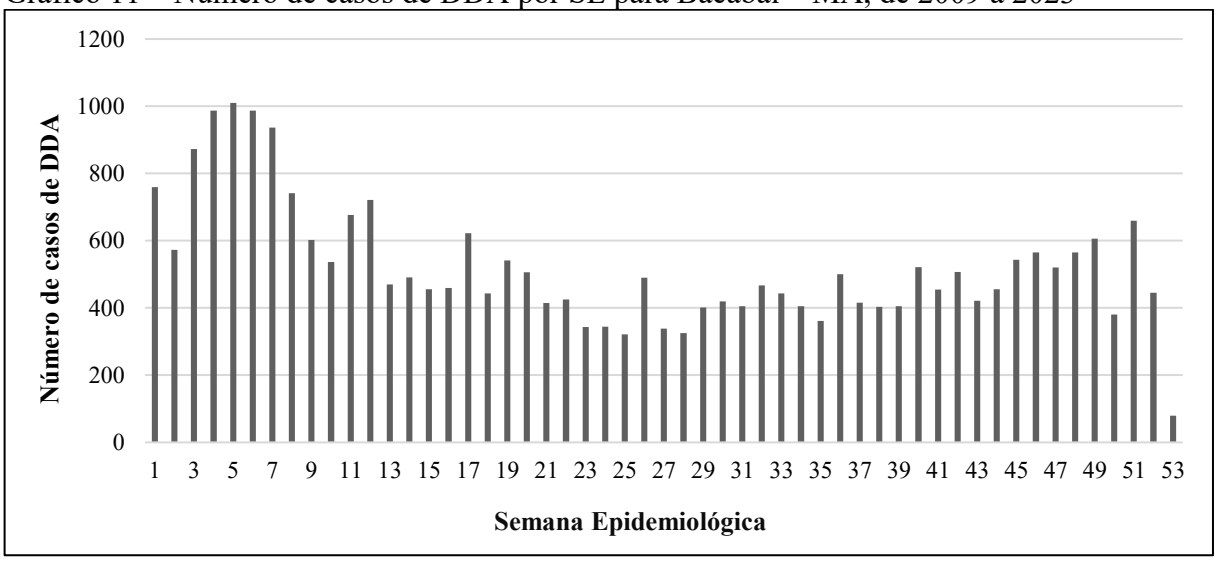
Gráfico 10 – Evolução da série histórica de 2009 a 2023 dos casos de DDA para Bacabal – MA



Fonte: Ministério da Saúde- PMDDA (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Ao considerar o agrupamento dos dados por semana epidemiológica (SE), observa-se um pico de casos entre a primeira e a 19ª SE. A partir da 20ª SE, há uma redução no número de registros. Ainda assim, constata-se uma sazonalidade da doença ao longo de todo o ano (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Número de casos de DDA por SE para Bacabal – MA, de 2009 a 2023

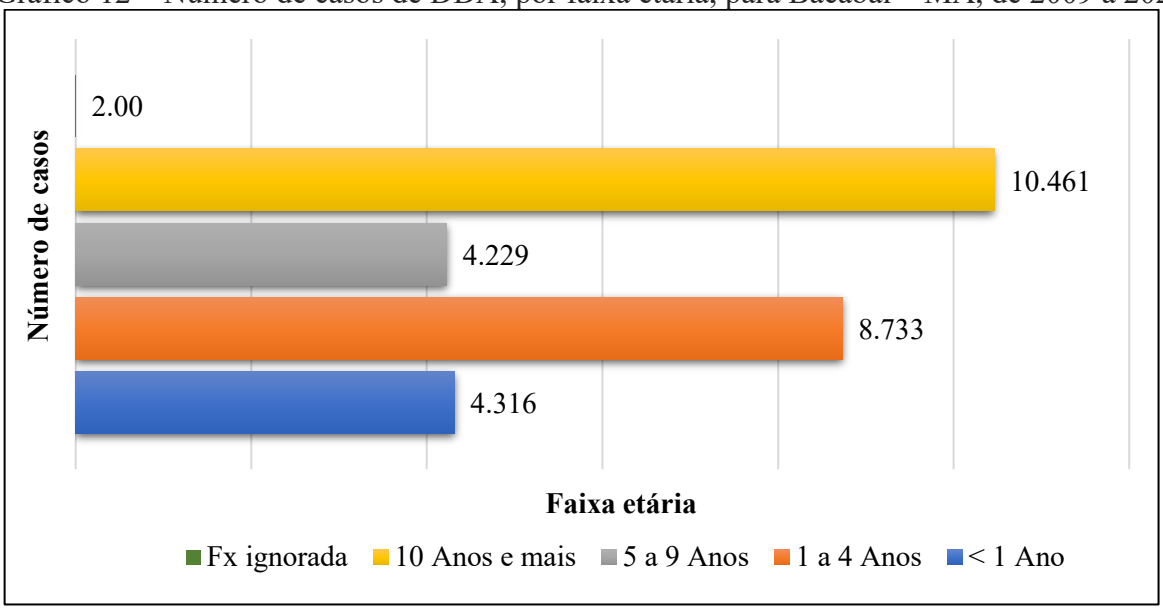


Fonte: Ministério da Saúde - PMDDA (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Considerando o Gráfico 12, os indivíduos mais acometidos estão na faixa etária acima de 10 anos, com 10.461 casos (38%), seguidos da faixa de 1 a 4 anos, com 8.733 casos (31%). Esta última é considerada a mais vulnerável à doença, devido aos riscos de desidratação e desnutrição que podem afetar gravemente as crianças, conforme aponta Castro (2021) em seu estudo.

As crianças menores de 1 ano representam 16% do total de casos, o que evidencia uma situação preocupante quanto ao estado de saúde da população infantil de Bacabal. Comparativamente, no estudo de Castro (2021), realizado em Manaus – AM, observou-se uma incidência de 12% para essa mesma faixa etária. Já Fonseca (2018), diante da alta incidência de DDA em crianças, optou por investigar exclusivamente os casos registrados em menores de cinco anos, em algumas cidades da região amazônica.

Gráfico 12 – Número de casos de DDA, por faixa etária, para Bacabal – MA, de 2009 a 2023



Fonte: Ministério da Saúde- PMDDA (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Quanto aos resultados da estatística descritiva do banco de dados utilizado nesta pesquisa, o Quadro 6 apresenta um resumo dos casos de DDA e das variáveis hidroclimáticas analisadas. No período de 2009 a 2023, observa-se, conforme o Quadro 6, que a média semanal de casos de DDA foi de 36 registros por semana epidemiológica. O maior número de casos foi identificado na quinta semana epidemiológica do ano de 2020, com um total de 245 notificações.

Quadro 6 – Estatística descritiva dos casos de DDA e variáveis hidroclimáticas por SE

Estatística descritiva	DDA	Precipitação (mm)	Temperatura máxima (ºC)	Temperatura mínima (ºC)	Umidade (%)	Cota do rio
Média	36	31,69	28,44	27,22	74,11	247,3
Mínimo	0	0	25,80	24,90	43,40	70,1
Máximo	245	285,80	33,50	32,50	90,90	861,4
Soma	27740					
Número de observações	782	456	456	456	456	782

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Os maiores totais pluviométricos foram registrados na 17ª semana epidemiológica (SE) do ano de 2020, com 285,80 mm. A maior cota do rio foi observada no ano de 2009, na 19ª SE, atingindo 862,4 m. A média da temperatura máxima no período foi de 28,4 °C, com valor máximo registrado de 33,5 °C. A temperatura mínima apresentou média de 27,2 °C, com o maior valor registrado de 32,5 °C. Em relação à umidade relativa do ar, verificou-se um valor

médio de 74,11%, com mínimo registrado de 43,40%, considerado faixa de atenção para a saúde.

A Tabela 6 apresenta o percentual anual dos casos de DDA por período chuvoso e de estiagem para a cidade de Bacabal. Considerando o período de 2009 a 2023, os dados mostraram que os casos ocorreram com maior frequência durante o período chuvoso, com percentual acima de 47% anual. Ao analisar os dados de toda a série histórica, durante o período chuvoso foi registrado 59% dos casos e para o período de estiagem, correspondeu a 41%. Essa maior concentração dos casos no período chuvoso pode estar também relacionada ao aumento da circulação de vetores transmissores de patógenos causadores de infecções gastrointestinais como as moscas (*Musca domestica*) e a proliferação de rotavírus causadores de viroses.

Tabela 6 – Percentual dos casos de DDA para os períodos chuvoso e de estiagem, de 2009 a 2023

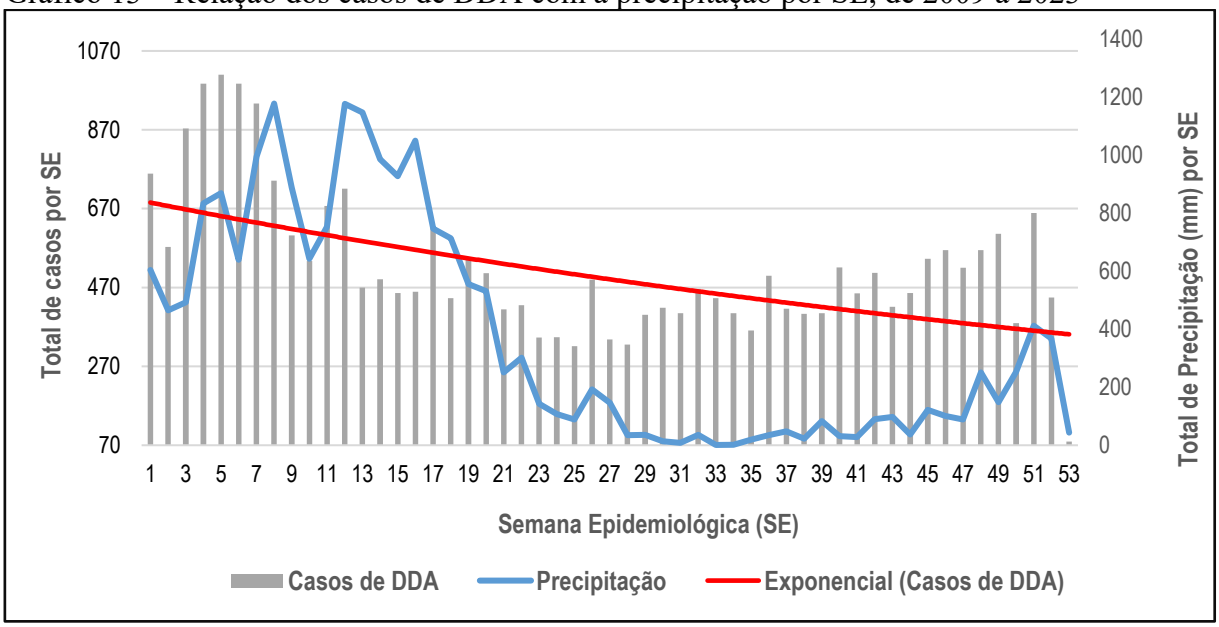
Ano	**Percentual de DDA no período chuvoso (%)**	**Percentual de DDA no período de estiagem (%)**
2009	58,44	41,56
2010	68,63	31,37
2011	60,82	39,18
2012	73,17	26,83
2013	66,99	33,01
2014	66,05	33,95
2015	50,06	49,94
2016	62,98	37,02
2017	47,93	52,07
2018	63,13	36,87
2019	50,17	49,83
2020	67,36	32,64
2021	51,95	48,05
2022	47,17	52,83
2023	59,5	40,5

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

De acordo com o Gráfico 13, observa-se que os casos de DDA se concentram majoritariamente nas primeiras semanas epidemiológicas do ano, coincidindo com o período chuvoso na região. Apesar disso, as DDA mantêm um padrão relativamente constante de ocorrência mesmo durante a estação seca. Ainda assim, é no período chuvoso que se registra um aumento expressivo nos casos, como evidencia a linha de tendência exponencial (em vermelho), com redução nos registros entre a 23ª e a 39ª SE.

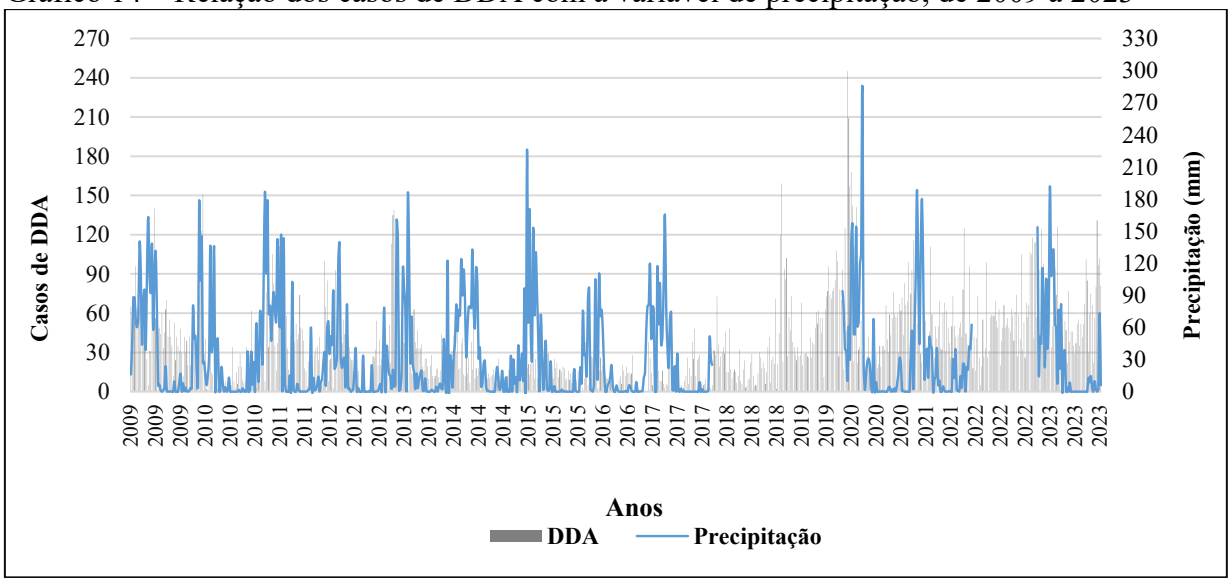
Já o Gráfico 14 ilustra a relação entre os casos de DDA e os índices de precipitação ao longo dos anos analizados. Embora haja aumento de casos durante os períodos de maior pluviosidade, não se observa uma relação linear entre essas variáveis, o que pode ser atribuído à natureza multifatorial das DDA.

Gráfico 13 – Relação dos casos de DDA com a precipitação por SE, de 2009 a 2023



Fonte: Ministério da Saúde - PMDDA (2024); INMET (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

Gráfico 14 – Relação dos casos de DDA com a variável de precipitação, de 2009 a 2023



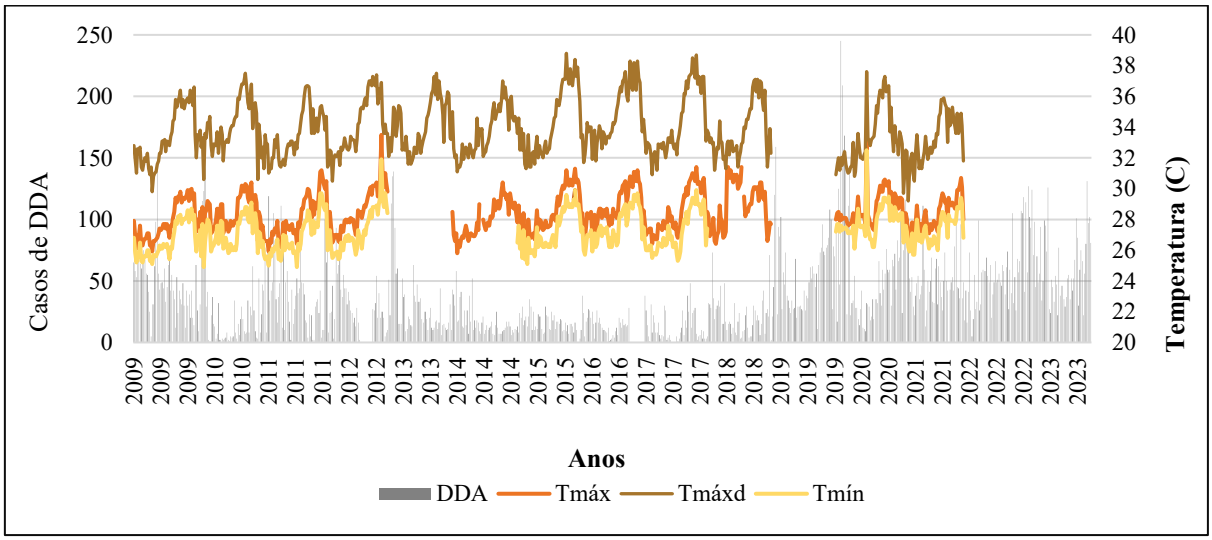
Fonte: Ministério da Saúde- PMDDA (2024); INMET (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

As informações apresentadas no Gráfico 15 indicam a relação entre os casos de DDA e as variáveis climáticas: temperatura máxima média (Tmáx), temperatura máxima diária

(Tmáxd) e temperatura mínima média (Tmín), para o período de 2009 a 2023, agrupadas por semana epidemiológica.

De modo geral, observa-se que a variabilidade da temperatura do ar não apresenta uma relação direta com os casos de DDA, como já era esperado. No entanto, temperaturas acima de 25 °C podem representar um fator de risco para o aumento da incidência dessas doenças, considerando que o município de Bacabal mantém temperaturas elevadas durante todo o ano.

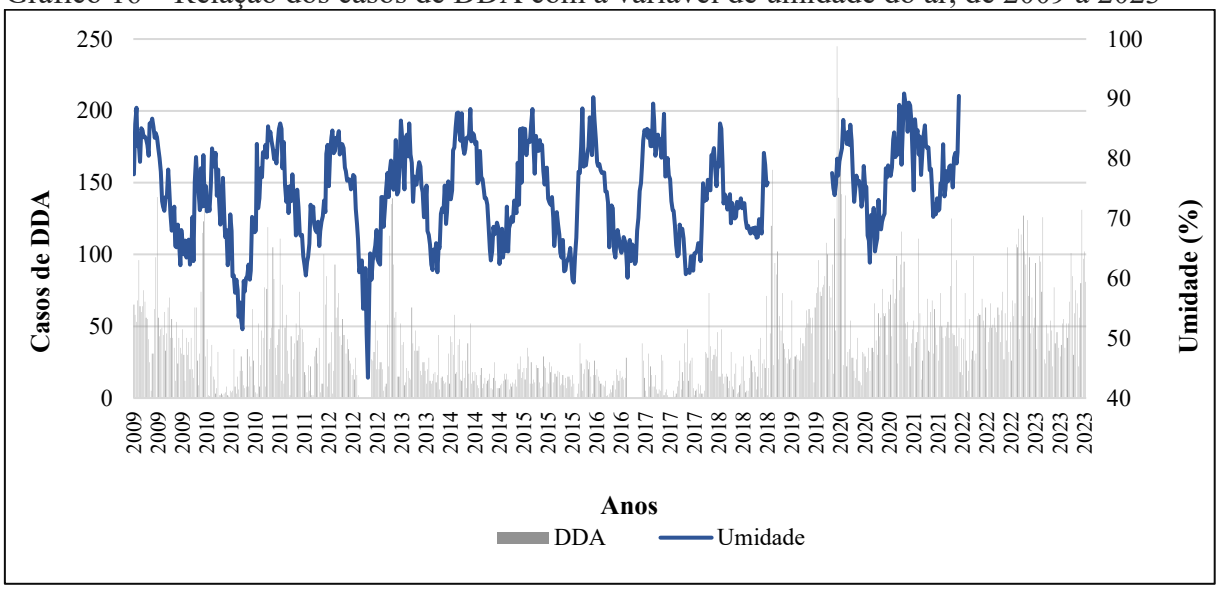
Gráfico 15 – Variabilidade dos casos de DDA e as variáveis Tmáxd, Tmáx e Tmín, de 2009 a 2023



Fonte: Ministério da Saúde - PMDDA (2024); INMET (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

No que se refere à umidade do ar, observa-se que há ocorrência de atendimentos por DDA tanto em dias secos quanto em dias úmidos. No entanto, nota-se uma tendência de aumento no número de casos registrados em semanas com maior umidade relativa do ar, especialmente quando os níveis ultrapassam 60%, conforme apresentado no Gráfico 16.

Gráfico 16 – Relação dos casos de DDA com a variável de umidade do ar, de 2009 a 2023

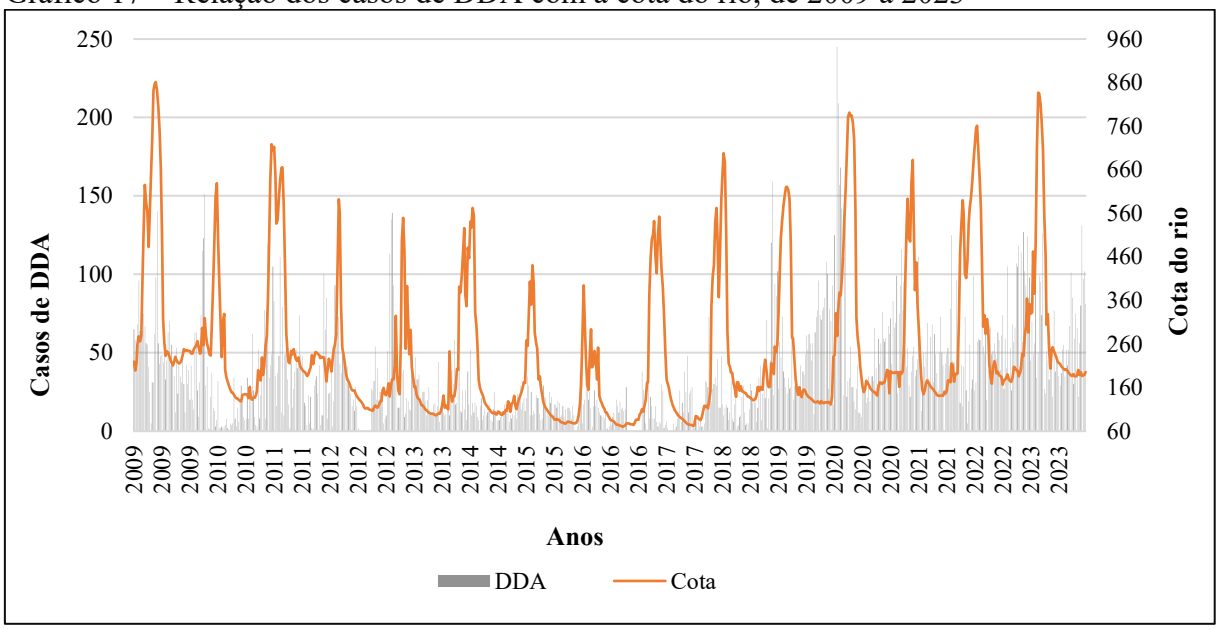


Fonte: Ministério da Saúde- PMDDA (2024); INMET (2024) adaptado pela Própria Pesquisa (2024)

O Gráfico 17 apresenta os valores da série histórica das médias da cota do rio e do total de atendimentos por doenças diarreicas, organizados por semana epidemiológica ao longo do ano. Os dados indicam que o aumento no número de atendimentos por doenças diarreicas ocorre no período que antecede a cheia do Rio Mearim, ou seja, durante a transição entre a seca e a cheia, quando os níveis da cota do rio ainda estão baixos, principalmente entre a primeira e a 10ª semana epidemiológica, que correspondem aos meses de janeiro, fevereiro e início de março.

No trabalho de Fonseca (2018), a autora identificou que, nas cidades de Brasiléia, Rio Branco, Porto Acre e Capixaba, no estado do Acre, os valores baixos da cota do rio implicam no aumento dos casos de doenças diarreicas. A autora destaca que as consequências desses níveis reduzidos estão relacionadas ao comprometimento da oferta de água, o que interfere tanto na qualidade quanto na disponibilidade do recurso para consumo, além de provocar alterações nos hábitos de higiene, aumentando os riscos de contrair doenças diarreicas.

Gráfico 17 – Relação dos casos de DDA com a cota do rio, de 2009 a 2023



Fonte: Adaptado de ANA (2024) pela Própria Pesquisa (2024)

No entanto, na cidade de Bacabal, além dos baixos níveis do rio, verifica-se também que as cotas mais altas do rio Mearim apresentam relação com o aumento dos registros de casos da doença, como nos anos de 2009, 2011, 2020, 2022 e 2023, os quais coincidem com os períodos de inundações no município (Gráfico 17). Nesses respectivos anos, observou-se um aumento significativo dos casos de DDA, sendo possível supor que tais ocorrências de inundações tenham contribuído para o crescimento dos casos, em decorrência da exposição da população à água contaminada.

Entretanto, deve-se considerar que a presença de agentes patogênicos causadores de DDA no ambiente não resulta, necessariamente, na infecção do indivíduo, sendo imprescindível levar em conta outros fatores de exposição (Castro, 2021).

.

5.4 Correlação de Pearson e Regressão Linear: análise das variáveis hidroclimáticas e doenças diarreicas

5.4.1 Correlação de Pearson

Para analisar a associação entre as variáveis hidroclimáticas e os atendimentos por DDA no município de Bacabal, utilizou-se o coeficiente de Correlação de Pearson. Com base na análise descritiva dos dados, todas as variáveis apresentaram significância estatística,

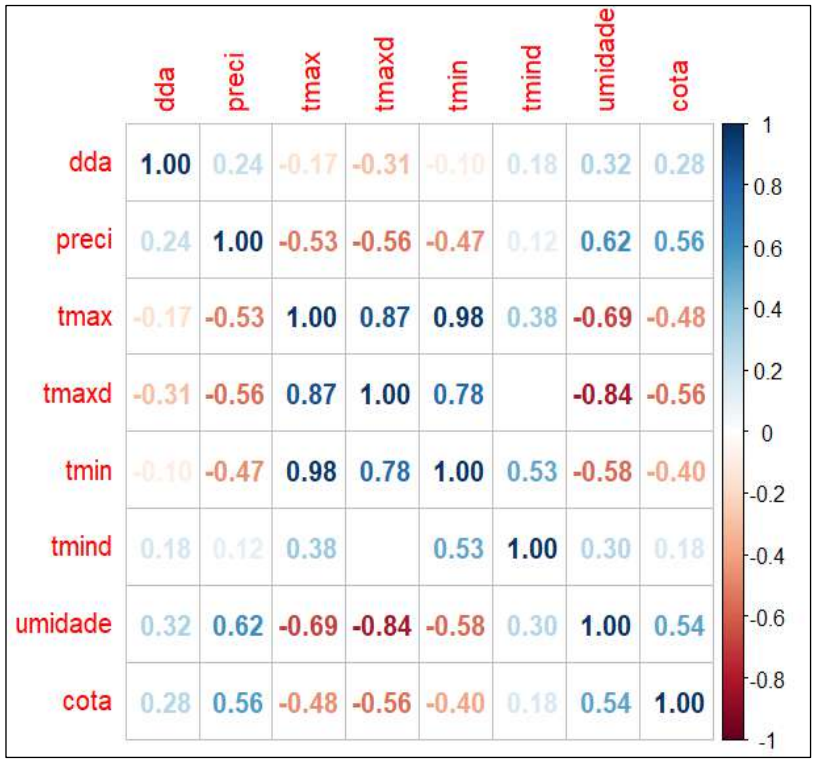
embora os coeficientes de correlação tenham sido baixos, o que pode ser atribuído à multicausalidade do agravo em questão.

O resultado da Correlação de Pearson indicou que, entre as variáveis climáticas, a umidade relativa do ar apresentou a maior correlação com os casos de doenças diarreicas (r = 0,32), seguida pela precipitação pluviométrica (r = 0,24) e pela temperatura mínima do dia (r = 0,18). Embora sejam correlações fracas, elas são positivas (Figura 45).

A temperatura máxima observada (r = -0,31) e a temperatura máxima média (r = -0,17) obtiveram correlação negativa fraca, indicando que, quando a temperatura diminui, os casos de DDA tendem a aumentar. No trabalho de Castro (2021), ela identificou uma correlação negativa entre a temperatura, a umidade do ar e os casos de internação por DDA para a cidade de Manaus – AM. Contudo, para a cidade de Bacabal, a umidade do ar foi considerada como correlação positiva, representando um resultado diferente do encontrado nesta pesquisa.

Já a variável de cota do rio apresentou correlação positiva com as DDA (r = 0,28), configurando um resultado favorável para a hipótese inicial do estudo, na qual a variação do rio ao longo do ano poderia influenciar os casos de doenças hídricas, conforme mostrado na Figura 45.

Figura 45 – Matriz da Correlação de Pearson para os casos de DDA com as variáveis climáticas

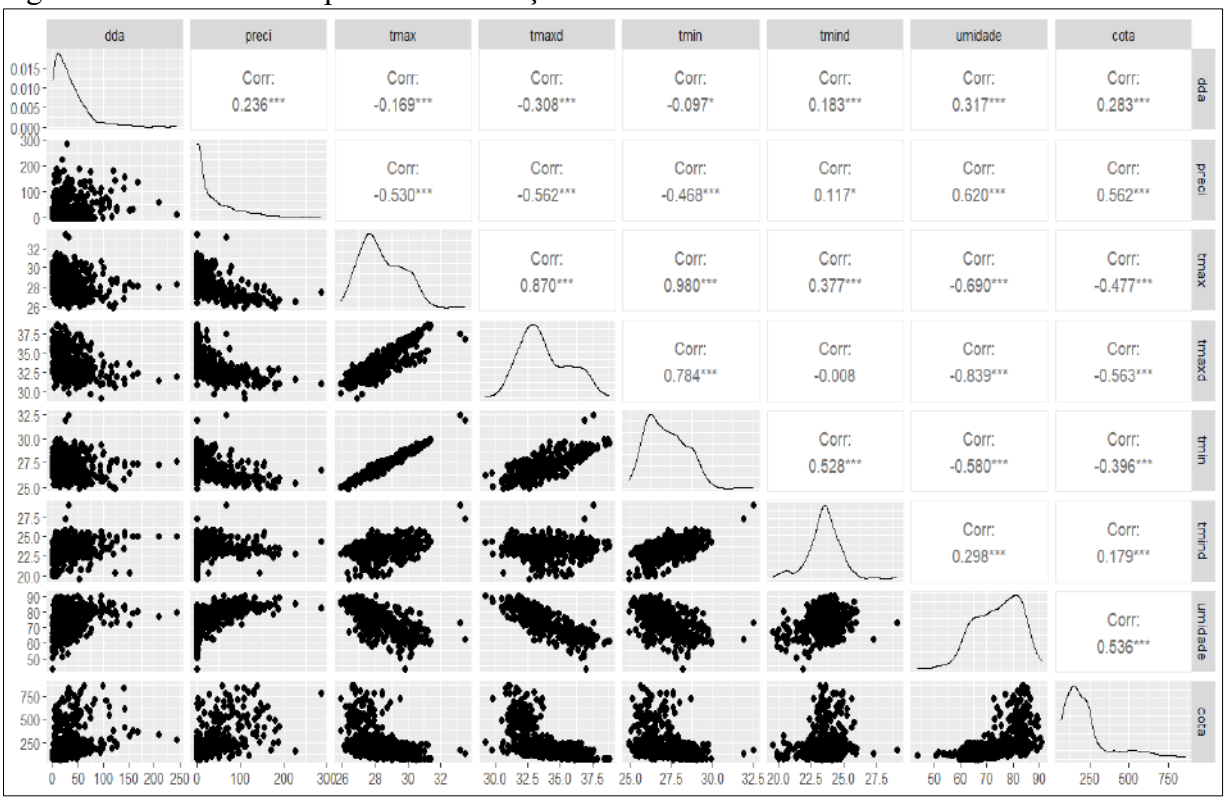


Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Assim, os resultados indicaram que há aumento ou diminuição dos casos de doenças diarreicas quando ocorrem variações semelhantes na umidade do ar, precipitação, temperatura mínima e cota do rio.

Dessa forma, a Figura 46 apresenta o gráfico da matriz de dispersão e correlação entre as variáveis quantitativas, permitindo identificar a relação e a intensidade entre cada par de variáveis.

Figura 46 – Matriz de dispersão e correlação dos dados de DDA e variáveis hidroclimáticas



Fonte: Própria Pesquisa (2024).
*** = 0,001 ou 99,99% de probabilidade de ocorrência do fenômeno estudado; ** = 0,01 ou 99 % de probabilidade; * = 0,05 ou 95% de probabilidade.

5.4.2 Regressão Linear

Neste item, apresenta-se o resultado estatístico da aplicação da Regressão Linear Simples e Múltipla para a série temporal analisada na pesquisa (2009–2023), com o objetivo de analisar e comparar o poder de explicação da variação das variáveis preditoras ou independentes (elementos hidroclimáticos) na variabilidade da variável dependente (casos de DDA).

Para essa análise, foi calculado apenas um modelo regressivo, devido ao número limitado de variáveis estudadas. Na aplicação da regressão múltipla, utilizou-se como critério

de seleção das variáveis o maior valor de “r” obtido na Correlação de Pearson, atendendo-se a todas as premissas para o cálculo de regressão: homocedasticidade, colinearidade e normalidade dos resíduos.

Neste caso, para o Modelo 1, foram selecionadas como variáveis preditoras: umidade do ar, precipitação, temperatura mínima do dia e cota do rio, além da variável dependente (casos de DDA) (Figura 47). Os resultados desse modelo foram significativos ($p < 0,05$) e indicaram que as variáveis preditoras utilizadas apresentaram $R^2 = 0,1192$, ou seja, explicam 11,92% da variabilidade nos casos de DDA, sendo a umidade do ar, a temperatura mínima e a cota do rio as variáveis com maior significância estatística no modelo (Figura 47).

Figura 47 – Resumo do Modelo 1 da Regressão Linear Múltipla

```
Coefficients:
             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -89.55891   28.99646  -3.089  0.00214 **
Umidade       0.74475    0.22970   3.242  0.00127 **
Tmind         2.55682    1.24146   2.060  0.04002 *
Cota          0.02793    0.01031   2.708  0.00703 **
Preci         0.01252    0.04229   0.296  0.76740
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 29.9 on 451 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1269,    Adjusted R-squared:  0.1192
F-statistic: 16.39 on 4 and 451 DF,  p-value: 1.502e-12

> AIC (reg)
[1] 4399.868
```

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Posteriormente, a Tabela 7 apresenta os valores individuais das variáveis hidroclimáticas correspondentes aos índices obtidos nos cálculos da Correlação de Pearson e ao poder de explicação de cada uma delas, considerando isoladamente em um modelo de Regressão Linear Simples. Nesse modelo, as variáveis preditoras temperatura máxima do dia, umidade do ar, temperatura mínima média e cota média do rio obtiveram os maiores valores de R^2, indicando maior capacidade explicativa sobre os casos de DDA quando consideradas individualmente no modelo.

Tabela 7 – Valores do coeficiente da Correlação de Pearson e de determinação das variáveis hidroclimáticas

Variáveis hidroclimáticas	Coeficiente de Correlação de Pearson (r)	Coeficiente de determinação (R^2)
Precipitação	0,24	0,05359 ou 5.35 %
Temperatura máxima média	-0,17	0,02629 ou 2.26 %
Temperatura máxima do dia	-0,31	0,09313 ou 9.31 %
Temperatura mínima média	-0,10	0,00722 ou 07.22 %
Temperatura mínima do dia	0,18	0,0315 ou 3.15 %
Umidade do ar	0,32	0,09873 ou 9.87 %
Cota média do rio	0,28	0,07832 ou 7.83 %

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Apesar do baixo poder de explicação das variáveis hidroclimáticas, os modelos de Regressão Linear aplicados foram estatisticamente significativos na predição dos casos de DDA, o que reforça a hipótese inicial deste estudo: há associação entre a ocorrência de doenças diarreicas e os elementos climáticos. Nesse sentido, estudos anteriores como os de Castro (2021), Fonseca (2018) e Silva (2023) também identificaram correlações relevantes, especialmente com as variáveis umidade do ar, temperatura mínima e cota do rio, reforçando a consistência dos resultados obtidos nesta pesquisa.

5.5 O índice climático ENOS/ENSO: uma análise da correlação entre a TSM, a variabilidade climática e os casos de internação por diarreia em Bacabal

Nesta seção, são apresentados os resultados dos modelos de correlação e regressão múltipla utilizados para simular a relação entre a variabilidade dos elementos climáticos, os casos de internação por doenças gastrointestinais e as regiões do fenômeno El Niño. A estrutura desta seção tem como objetivo verificar se a teleconexão oceano-atmosfera que ocorre no Oceano Pacífico influencia as dinâmicas de precipitação e temperatura do ar no município de Bacabal, e, consequentemente, se há relação direta ou indireta com os casos de doenças gastrointestinais e de origem hídrica.

Por essa razão, são discutidas diferentes análises baseadas nos dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico, considerando suas distintas regiões de monitoramento, com o intuito de evidenciar os impactos sobre a área de estudo.

5.5.1 Correlação de Pearson e Regressão Linear: variáveis climáticas x DDA x regiões do Niño

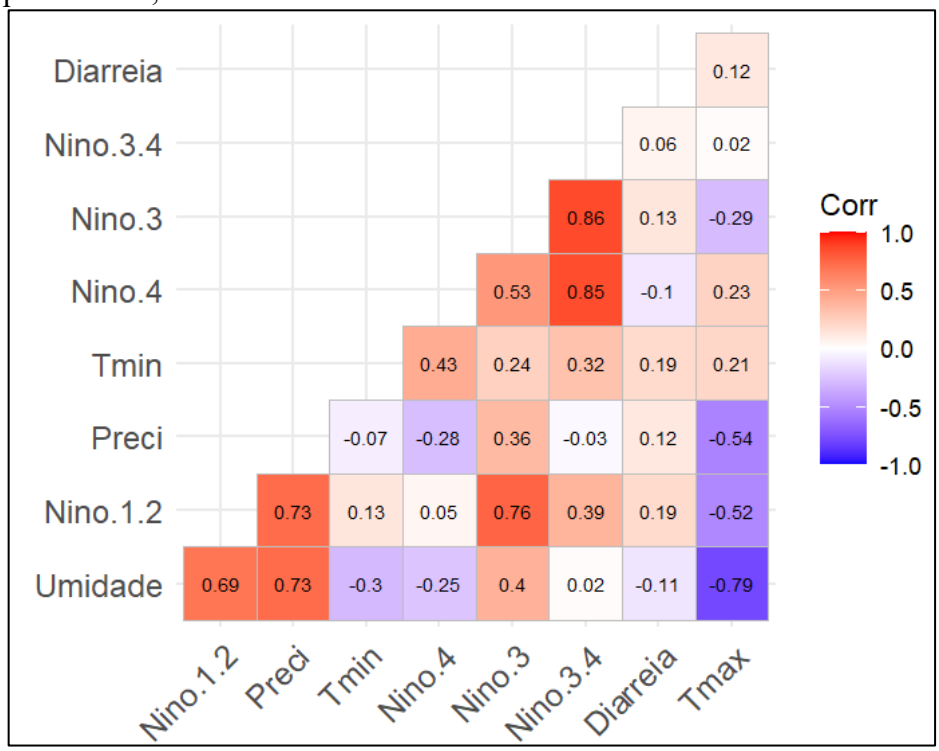
Os cálculos de correlação linear entre as variáveis meteorológicas, os casos de internação por diarreia e as regiões do El Niño foram realizados em escala mensal. Os resultados indicaram que a precipitação em Bacabal apresenta correlação positiva forte com a região Niño 1.2 (r = 0,73) e correlação moderada com a região Niño 3 (r = 0,35). Observou-se, ainda, que a umidade relativa do ar possui correlação positiva forte com o Niño 1.2 (r = 0,69) e moderada com o Niño 3 (r = 0,39), conforme ilustrado na Figura 48.

Em relação à temperatura do ar, a temperatura máxima (Tmáx) demonstrou correlação negativa moderada com o Niño 1.2 (r = -0,52), o que indica que o aumento ou a redução da TSM nessa região do Oceano Pacífico tende a influenciar, respectivamente, a diminuição ou o aumento da Tmáx em Bacabal. Já a temperatura mínima (Tmín) apresentou correlação moderada com o Niño 4 (r = 0,42). Assim, observa-se que as quatro regiões do Niño exercem impactos distintos sobre a dinâmica da temperatura do ar no município.

Os casos de internação por diarreia apresentaram a maior correlação com a região Niño 1.2 (r = 0,19). Embora esse valor seja considerado fraco, é importante destacar que, diante das múltiplas causalidades que podem estar associadas ao acometimento dessa enfermidade, o resultado se mostra relevante. Isso porque as variáveis de precipitação e umidade do ar também apresentaram correlação positiva com a região Niño 1.2.

Conforme demonstrado nas análises anteriores, essas variáveis mantêm relação com os casos da doença investigada, o que indica uma possível conexão entre a variabilidade da TSM, sobretudo em anos de El Niño e La Niña, fenômenos que influenciam a dinâmica e a distribuição das chuvas em Bacabal, e o aumento dos casos de doenças gastrointestinais de origem hídrica.

Figura 48 – Matriz de Correlação de Pearson para os casos de internação por diarreia, variáveis climáticas e índices oceânicos



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Posteriormente, aplicaram-se esses testes estatísticos por meio do modelo de regressão múltipla. De forma individual, foram analisadas as variáveis climáticas que apresentaram maior significância estatística em relação aos dados de TSM das regiões do Niño.

A Figura 49 apresenta o cálculo da regressão entre a precipitação e as regiões do Niño, destacando as regiões Niño 1.2 e Niño 3.4 como as que apresentaram maior significância no modelo. No entanto, ao se considerar as quatro regiões do Niño conjuntamente, o modelo apresentou um coeficiente de determinação R^2 = 0,6482, o que indica que essas variáveis explicam até 64,82% da variabilidade da precipitação na área de estudo, um resultado relevante para a análise climática em escala regional.

Já a Figura 50 exibe o cálculo da regressão entre os dados de temperatura máxima (Tmáx) e as regiões do Niño, com valor de R^2 = 0,3571, evidenciando que essas regiões explicam 35,71% da variação mensal da Tmáx.

Figura 49 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: precipitação e regiões do Niño

```
lm(formula = Preci ~ NINO1.2 + NINO3 + NINO4 + NINO3.4, data = Nino)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-224.32  -54.29  -11.06   40.85  340.04 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)  327.110    336.502   0.972   0.3324    
NINO1.2       46.396      9.354   4.960 1.75e-06 ***
NINO3         50.322     39.742   1.266   0.2072    
NINO4         14.516     30.288   0.479   0.6324    
NINO3.4     -110.227     51.446  -2.143   0.0336 *  
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 89.48 on 164 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6565,	Adjusted R-squared:  0.6482 
F-statistic: 78.37 on 4 and 164 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Figura 50 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: Tmáx e regiões do Niño

```
lm(formula = Tmax ~ NINO1.2 + NINO3 + NINO4 + NINO3.4, data = Nino)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-8.7688 -0.9080  0.0145  1.1791  3.5722 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 33.67412    6.62662   5.082 1.01e-06 ***
NINO1.2     -0.02388    0.18421  -0.130  0.89702    
NINO3       -2.40758    0.78262  -3.076  0.00246 ** 
NINO4       -0.63120    0.59646  -1.058  0.29150    
NINO3.4      3.03739    1.01311   2.998  0.00314 ** 
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 1.762 on 164 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3724,	Adjusted R-squared:  0.3571 
F-statistic: 24.33 on 4 and 164 DF,  p-value: 8.089e-16
```

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

O cálculo da regressão entre a umidade do ar e as regiões do Niño apresentou um coeficiente de determinação $R^2 = 0{,}5734$, indicando que as TSM das quatro regiões podem explicar 57,34% da variação da umidade do ar, valor considerado elevado na avaliação. As regiões Niño 3 e Niño 3.4 tiveram maior significância no modelo (Figura 51).

O modelo apresentado na Figura 52 mostra a regressão entre os casos de internação por diarreia e as regiões do Niño, em que todas apresentaram significância estatística com a variável preditora, com $R^2 = 0{,}1309$. Isso significa que as variações da TSM nas regiões do

Niño podem explicar 13,09% dos casos da doença, um valor significativo, considerando que múltiplos fatores contribuem para as infecções gastrointestinais.

Figura 51 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: umidade do ar e regiões do Niño

```
lm(formula = Umidade ~ NINO1.2 + NINO3 + NINO4 + NINO3.4, data = Nino)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.3138  -3.2161  -0.1791   3.3875  13.0113

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  79.9183    18.2642   4.376 2.15e-05 ***
NINO1.2       1.0736     0.5077   2.115  0.03597 *
NINO3         6.2171     2.1571   2.882  0.00448 **
NINO4         0.8871     1.6440   0.540  0.59018
NINO3.4      -8.0136     2.7923  -2.870  0.00465 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.857 on 164 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5835,    Adjusted R-squared:  0.5734
F-statistic: 57.44 on 4 and 164 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Figura 52 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia e regiões do Niño

```
lm(formula = Diarreia ~ NINO1.2 + NINO3 + NINO4 + NINO3.4, data = Nino)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-28.362 -15.070  -4.567   9.899  78.101

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  266.274     77.586   3.432 0.000758 ***
NINO1.2        7.534      2.157   3.493 0.000614 ***
NINO3        -33.506      9.163  -3.657 0.000344 ***
NINO4        -32.485      6.983  -4.652 6.75e-06 ***
NINO3.4       51.049     11.862   4.304 2.88e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 20.63 on 164 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1515,    Adjusted R-squared:  0.1309
F-statistic: 7.323 on 4 and 164 DF,  p-value: 1.886e-05
```

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

A partir de vários testes e da aplicação do método *Step Forward* para a seleção das variáveis nos modelos, as Figuras 53 e 54 sintetizam esses testes e mostram como o conjunto das diferentes informações se comportou estatisticamente. Na Figura 53, observa-se que, para a doença aqui investigada, as variáveis região do Niño 1.2, precipitação, umidade do ar e

temperatura máxima, em conjunto, explicam $R^2 = 0,1446$, ou seja, 14,46% dos casos de doenças diarreicas.

Já a Figura 54 destaca o modelo de regressão no qual foram utilizadas somente duas variáveis, selecionadas a partir daquelas que apresentam significância estatística no modelo. Portanto, apenas as variações da TSM da região do Niño 1.2 e a umidade do ar, em conjunto, explicam $R^2 = 0,1387$, ou 13,87% dos casos da doença. Posteriormente, a Figura 55 apresenta o gráfico de dispersão dos dados, possibilitando analisar o comportamento da correlação do conjunto de informações de cada variável.

Figura 53 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia, variáveis climáticas e regiões do Niño

```
Call:
lm(formula = Diarreia ~ Nino.1.2 + Preci + Umidade + Tmax, data = Nino)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-28.288 -12.216  -3.844   8.882  73.211 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 26.18272   67.79231   0.386 0.699835    
Nino.1.2     4.13904    1.08935   3.800 0.000204 ***
Preci        0.02969    0.01716   1.730 0.085514 .  
Umidade     -1.54794    0.44360  -3.489 0.000622 ***
Tmax         0.34972    1.18013   0.296 0.767348    
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 20.47 on 164 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.165,	Adjusted R-squared:  0.1446 
F-statistic: 8.101 on 4 and 164 DF,  p-value: 5.511e-06
```

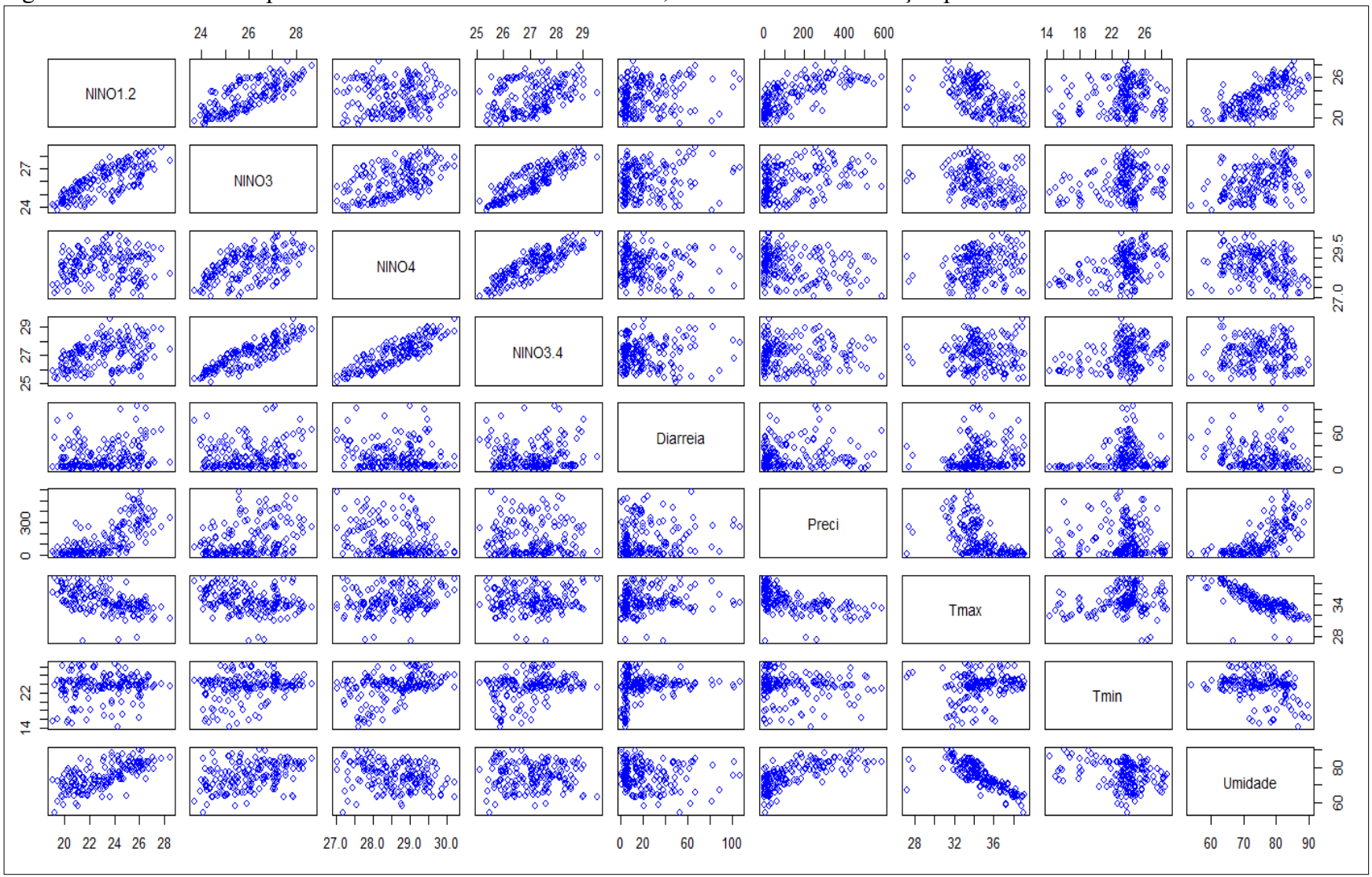
Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Figura 54 – Resumo do Modelo da Regressão Múltipla: diarreia, umidade do ar e regiões do Niño

```
Call:
lm(formula = Diarreia ~ Nino.1.2 + Umidade, data = Nino)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-27.762 -12.015  -5.396   8.538  73.873 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)   9.3646    17.5598   0.533    0.595    
Nino.1.2      5.0245     0.9704   5.178 6.43e-07 ***
Umidade      -1.3794     0.2955  -4.667 6.26e-06 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 20.54 on 166 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1489,	Adjusted R-squared:  0.1387 
F-statistic: 14.53 on 2 and 166 DF,  p-value: 1.536e-06
```

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Figura 55 – Gráfico de dispersão dos dados dos índices oceânicos, climáticos e de internação por diarreia



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

As análises da Correlação e Regressão apontaram que as mudanças de TSM nas regiões Niño 1.2 e Niño 3 têm relação direta com a variabilidade da precipitação, temperatura e umidade do ar em Bacabal. Esse resultado mostra que a ocorrência de eventos de El Niño/La Niña Canônico afeta diretamente as condições climáticas da região de estudo; portanto, o aquecimento ou resfriamento das águas superficiais do Pacífico mais próximo à costa da América do Sul tende a afetar mais a dinâmica das condições atmosféricas em Bacabal do que as variações de TSM que acontecem na região Central do Pacífico. Levando em consideração esses fatores, há hipóteses de que tais condições sejam favoráveis, de forma indireta, ao surgimento de surtos de doenças diarreicas em determinadas épocas do ano.

Os resultados aqui evidenciados por meio de análises estatísticas são de suma importância para identificar como as teleconexões oceano-atmosfera afetam o clima e, posteriormente, o ambiente e a saúde da população. Entretanto, ainda há muita complexidade para analisar como os eventos de ENOS podem impactar as doenças infecciosas. No entanto, já há pesquisas realizadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e por outros órgãos de esfera nacional, como a FIOCRUZ, que conseguiram identificar que o aumento da temperatura oceânica, associado à ocorrência de El Niño e às mudanças climáticas, pode intensificar eventos climáticos extremos, como ondas de calor e inundações, que, por sua vez, podem aumentar o risco de doenças causadas por vetores, como a dengue e a malária, e por roedores, como a leptospirose.

As lacunas sobre os impactos das fases do ENOS na saúde humana, sobretudo em relação às doenças infecciosas e de origem hídrica, ainda precisam ser preenchidas e analisadas para as diferentes regiões do Brasil, assim como verificar como esses padrões alteram o ciclo de vida de vetores e agentes causadores dessas doenças.

5.6 Qualidade da água: análise dos parâmetros biológicos identificados no espaço urbano de Bacabal

De acordo com Silva (2023), na relação entre clima e hidrologia, no que concerne às doenças diarreicas, a principal forma de contaminação está relacionada ao uso de água contaminada durante grandes inundações e alagamentos, influenciados pelo regime hidrológico anual. Entretanto, Fonseca (2018) esclarece que a redução da cota do rio também pode estar associada ao aumento no número de casos da doença, considerando que tal fenômeno pode ocasionar a diminuição da oferta de água, comprometendo sua qualidade e disponibilidade para

consumo humano, além de contribuir para a alteração dos hábitos de higiene, aumentando o risco de adquirir a doença.

Visando compreender como a inundação pode influenciar o ciclo de contágio de doenças infecciosas, foram realizadas coletas de amostras de água em alguns pontos afetados pelo fenômeno, os quais representavam risco à saúde da população de Bacabal.

Esse processo teve como objetivo identificar a presença ou ausência de agentes etiológicos na água, capazes de causar doenças diarreicas. Nesse sentido, Razzolini e Günther (2008, p. 27) afirmam que "a determinação da presença de patógenos em fontes de água é importante para evidenciar a existência de situações de risco à saúde e as interações entre homem, ambiente e agente etiológico".

Considera-se que o objetivo da coleta de amostras de água realizada nesta pesquisa não foi indicar níveis de potabilidade da água para consumo humano, os quais exigiriam coletas mensais e a análise de diferentes parâmetros. Neste caso, a finalidade do procedimento foi apenas verificar a presença ou ausência de agentes etiológicos, como coliformes totais e *Escherichia coli*, sendo estes alguns dos causadores de doenças hídricas, sobretudo em áreas alagadas, devido ao maior grau de exposição das pessoas à água contaminada.

Dessa forma, conforme os resultados descritos na Tabela 8, entre os seis pontos analisados (Figura 56), cinco apresentaram coliformes totais acima de 2.400 NMP/100 ml, considerados níveis elevados de contaminação, de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n. º 274, de 29 de novembro de 2000. Esses resultados também estão disponíveis no Anexo A.

Considerando os valores de referência da referida resolução, os pontos P01 e P04 não se enquadraram na categoria satisfatória, sendo os mais críticos entre os analisados, com valores de coliformes totais superiores a 2.400 e de *Escherichia coli* superiores a 800 NMP/100 ml. O ponto P04 pode ser classificado como impróprio, tendo em vista que os resultados da amostra apresentaram características típicas de água imprópria para contato ou consumo.

Infere-se que, no ponto P05, os valores tenham sido inferiores em comparação aos demais pontos, possivelmente em decorrência da maior vazão do rio e da velocidade de escoamento da água, o que reduz a capacidade de concentração de patógenos em um determinado local.

Tabela 8 – Resultado da pesquisa dos parâmetros bacteriológicos da água em Bacabal – MA

Ponto de coleta	Localidade	Coliformes totais/ NMP/100 ml	*Escherichia Coli*/ NMP/ 100 ml
P01	Avenida Mearim	>2.400	818,4
P02	Rua Maneco Mendes	>2.400	160,7
P03	Rua do Campo	>2.400	686,7
P4	Rua Antônio Lima	>2.400	2.000
P05	Rio Mearim	1.046	68,9
P06	Avenida Jorge Mendonça	>2.400	285,1

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Representação espacial dos pontos

Figura 56 – Localização dos pontos de coleta de água

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

O resultado obtido com as amostras foi significativo para a pesquisa, uma vez que, em campo, foi possível observar pessoas em contato direto com a água em todos os pontos analisados, o que representa um risco à saúde da população, como ilustrado na Figura 57.

Figura 57 – Pessoas em contato direto com água contaminada nos pontos P01 (Av. Mearim) e P02 (Rua Maneco Mendes)

Fonte: Própria Pesquisa (2024)

Silva (2023) aponta que muitas das patologias decorrentes do uso de água contaminada, como a diarreia, ocorrem devido à falta de informações, por parte da população, sobre a qualidade da água consumida, seja para ingestão, uso doméstico ou lazer.

A situação em Bacabal torna-se ainda mais crítica em função do sistema de saneamento básico precário em alguns bairros da cidade, especialmente na porção afetada pelas cheias do Rio Mearim, onde a ausência de infraestrutura sanitária adequada e as condições climáticas extremas podem potencializar doenças infecciosas e aquelas causadas por vetores.

Em trabalhos de campo realizados durante o período de cheia do Rio Mearim, foram observados diversos problemas relacionados à água, como pessoas pescando em ambientes de

qualidade duvidosa, crianças e adolescentes brincando em ruas alagadas, indivíduos transitando por áreas inundadas, além do uso da água para lavagem de animais.

As situações mais críticas, no entanto, foram identificadas durante visitas a prédios e espaços destinados às famílias desabrigadas. Nesses locais, constatou-se o fornecimento de água de baixa qualidade, acúmulo de lixo nos espaços de convivência e banheiros em condições insalubres.

Dessa maneira, a Figura 58 destaca a condição da água ofertada em um dos abrigos da cidade, bem como um banheiro improvisado ao lado da caixa-d'água que servia de reservatório para uso de adultos, crianças e idosos durante o período de permanência no local, até o retorno às suas casas.

Figura 58 – Água destinada para o uso doméstico em abrigo na cidade de Bacabal

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

No mesmo abrigo, foi relatado que, no dia anterior à visita, as famílias haviam recebido quentinhas que lhes causaram fortes dores abdominais e sintomas de diarreia. Os moradores alegaram que a comida estava azeda, o que pode ter provocado o desconforto intestinal. A Figura 59 apresenta a estrutura do abrigo e algumas das quentinhas que ainda estavam no local.

Figura 59 – Estrutura do abrigo e presença de sobras de quentinhas

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

A Figura 60 evidencia a condição da água de torneira fornecida no bairro Trizidela durante o período de inundação. A imagem foi registrada na residência de um morador que havia retornado recentemente para casa, após passar um mês hospedado na casa de parentes, devido à inundação que acometeu sua moradia. Observa-se que a água apresentava coloração turva e amarelada, indicando estar imprópria para o consumo humano.

Figura 60 – Água imprópria para o consumo humano fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

A contaminação da água identificada nos resultados das amostras também pode estar relacionada à precariedade do sistema de esgoto da cidade, no qual os resíduos domésticos são lançados *in natura* no Rio Mearim ou em valas improvisadas nos quintais. Durante o

período de cheia, a água arrasta todo esse material para outras áreas, contendo resíduos fecais e outros tipos de dejetos, como mostra a Figura 61.

Figura 61 – Sistema de lançamento de esgoto improvisado, em residência no bairro Trizidela

Fonte: Própria Pesquisa (2023)

5.7 Caracterização dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda em Bacabal

Até o início deste tópico, a ocorrência das Doenças Diarreicas Agudas havia sido tratada sob o viés da Climatologia e da Bioclimatologia. No entanto, devido às múltiplas causalidades que envolvem a doença estudada e considerando os fatores que integram o espaço urbano e que aumentam os riscos à saúde humana, esta seção teve como objetivo apresentar dados e informações sobre indicadores sociais e ambientais que contribuem para a caracterização de áreas vulneráveis à ocorrência da diarreia aguda no município de Bacabal.

Essa observação também foi destacada por Buffon e Mendonça (2018, p. 9), ao afirmarem que "para além dos condicionantes climáticos, a distribuição da diarreia aguda também é reflexo dos padrões demográficos, sociais, econômicos e ambientais dos lugares, que resultam nas condições de vulnerabilidade das populações".

De acordo com Louzeiro (2018), os indicadores são dados primários selecionados a partir de uma decisão conceitual da metodologia adotada, os quais são analisados e transformados em índices, por meio de um processo de síntese. Além disso, segundo Montoya *et al*. (2011, p. 157), "um indicador sintetiza grande quantidade de dados em uma expressão geral que reduz os fenômenos complexos a mensagens simples e não ambíguas".

Dessa forma, buscou-se selecionar indicadores socioambientais relacionados às doenças diarreicas, com base em pesquisas realizadas por Buffon (2016; 2019) e Castro (2021).

A partir da consulta bibliográfica e das informações disponibilizadas pelo IBGE (2024), que refletem as condições socioambientais do município de Bacabal, foram selecionadas as seguintes temáticas: abastecimento de água, fonte de água, esgotamento sanitário, destino do lixo, características dos moradores e alfabetização.

Diante disso, apresenta-se, a seguir, a descrição e a caracterização espacial de cada indicador, destacando-se que os mapas apresentam os dados absolutos por setor censitário. Ressalta-se que, metodologicamente, foram utilizados diversos indicadores por seção temática, a fim de gerar o mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda.

5.7.1 Abastecimento e fonte de água alternativa

Da água que não chega à torneira, à água turva: será que a água é prioridade?

> "*Tem dia que não tem água, tem dias que a água tá branca, tem dias que tá verde, tem dias que tá só o lodo, ou só o barro*".
> (**Moradora de Bacabal**)

O município de Bacabal enfrenta, há muitos anos, problemas recorrentes no abastecimento de água, situação frequentemente relatada pelos moradores e divulgada em diversos meios de comunicação. Essa realidade é agravada pela alta demanda por água potável e pela incapacidade do sistema de captação em atender plenamente às necessidades da população.

A escassez de água de boa qualidade é considerada um dos principais problemas do município. Diversos líderes políticos que já passaram pela prefeitura fizeram promessas de resolver a situação; no entanto, conforme relatos da própria população, o cenário persiste e continua gerando transtornos significativos na rotina das pessoas.

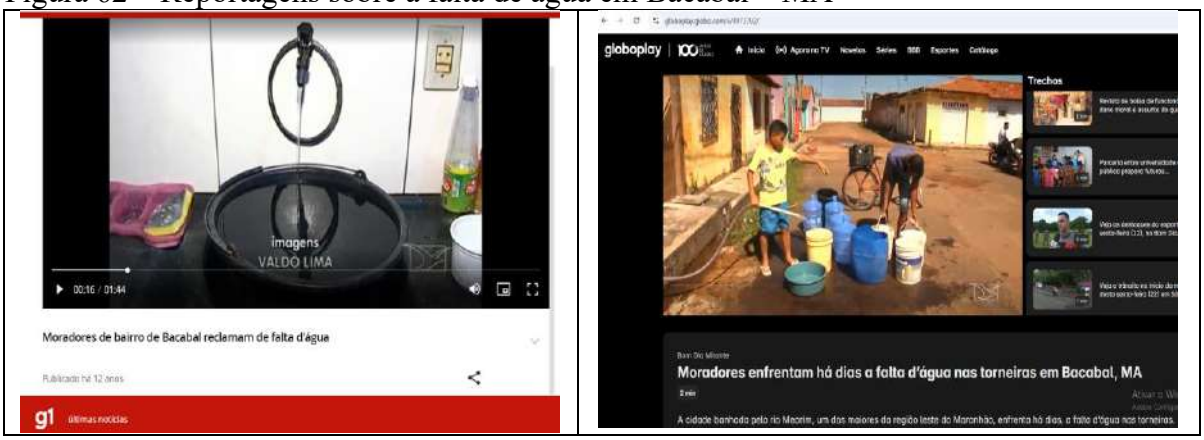
Dessa maneira, a Figura 62 apresenta registros de notícias sobre a falta de água em Bacabal, referentes ao mesmo período correspondente à série histórica analisada nesta pesquisa, divulgadas pelo portal G1 Maranhão.

Segundo dados da CPRM (2024), a dinâmica de captação de água na cidade é caracterizada da seguinte forma: a sede do município de Bacabal é abastecida pelo poder público e gerenciada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), por meio de dois sistemas bem definidos e interligados entre si por adutoras, a saber:

1. Poços tubulares: localizados em diversos bairros da cidade;

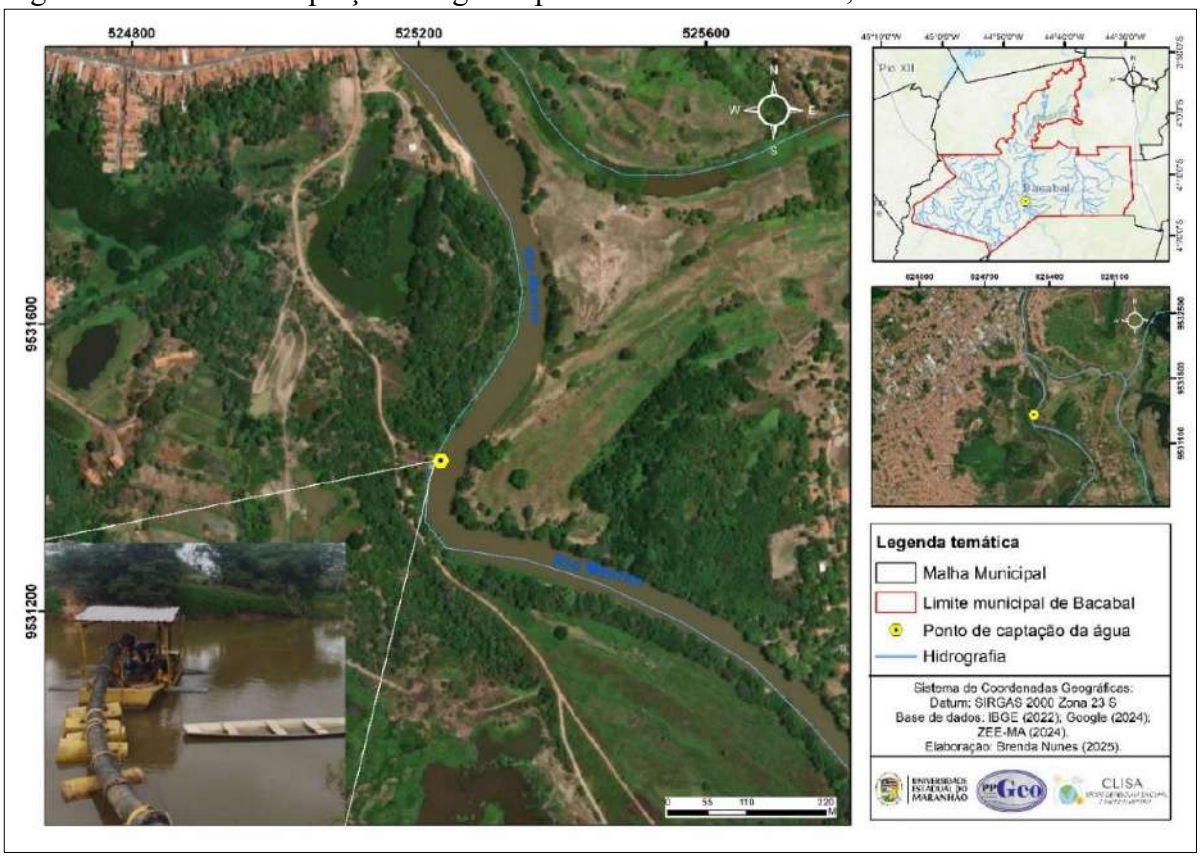
2. Águas superficiais: as águas são captadas do Rio Mearim, que abastece aproximadamente 50% do núcleo urbano do município, sendo conduzidas, por meio de adutoras, até um reservatório semienterrado com capacidade de 500 m³ e dois reservatórios elevados, com capacidade de 250 m³ cada. A estação de captação da água está localizada na Curva do Anum, conforme mostra a Figura 63.

Figura 62 – Reportagens sobre a falta de água em Bacabal – MA



Fonte: G1 Maranhão (2013)

Figura 63 – Ponto de captação de água superficial no Rio Mearim, em Bacabal – MA



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

De acordo com as informações levantadas pela CPRM (2024), o SAAE necessita ampliar seu sistema de abastecimento para uma capacidade de 720 m³/h, com a implantação de diversas outras captações. Atualmente, o sistema conta com duas bombas centrífugas: uma com potência de 100 cv e outra, reserva, com 75 cv, operando em regime de 24 horas por dia, com uma vazão de 360 m³/h (equivalente a 100 litros/s).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), 19,5% da população de Bacabal não tem acesso à água, o que representa aproximadamente 20.209 pessoas. Por outro lado, 80,5% da população (cerca de 83.502 pessoas) possuem acesso ao serviço, conforme informações obtidas a partir do censo de 2022.

De acordo com informações obtidas por meio de visita técnica ao SAAE de Bacabal, foi relatado que o Sistema de Estação de Tratamento de Água (ETA), com fonte de captação superficial no Rio Mearim, atende a 30% da população do município, enquanto os outros 70% são abastecidos por poços tubulares de grande profundidade, sendo 59 localizados na zona urbana e 200 na zona rural.

Devido à frequente falta de água em diversos bairros da cidade, os moradores passaram a buscar outras formas de garantir o abastecimento em suas residências. A partir da análise de matérias em jornais eletrônicos e redes sociais, foi identificado que alguns moradores recorriam a cavar buracos no chão, abaixo do nível da tubulação, para captar água, sem qualquer método de higiene apropriado para assegurar a qualidade do recurso, como ilustra a Figura 64A.

O SAAE afirmou que a escassez de água é consequência do crescimento acelerado da cidade, que gerou uma grande demanda pelo recurso. O ETA, construído na década de 1960, foi projetado para atender cerca de 20.000 pessoas, mas atualmente opera para suprir o triplo dessa população, não conseguindo oferecer um serviço de qualidade a toda a população.

Além disso, foi constatado, tanto por meio dos canais de mídia quanto em trabalho de campo, por meio de conversas com moradores, que, em determinados dias da semana, principalmente no início da manhã, em alguns pontos da cidade, a água que chega às torneiras apresenta coloração incomum, que a população caracteriza como “água só a lama”. Em certas situações, a água também apresenta coloração esverdeada e outras tonalidades.

Em campo, não foi possível verificar essa ocorrência, mas no Instagram há registros de manifestações da população contra o problema, conforme destacado na Figura 64B.

Figura 64 – A) Outras formas de acesso à água encanada em domicílios de Bacabal; B) Água de coloração inadequada que chega às torneiras pelo sistema SAAE

Fonte: https://www.instagram.com/nandosousa36/reel/DEfCJycuDpB/. 2025

Em visita ao SAAE, foi informado que o problema de turbidez da água decorre da tubulação, composta por uma rede de canos de cimento muito antiga, que também se encontra comprometida pela ferrugem. Assim, a água que percorre essas tubulações acaba arrastando os sedimentos dos canos, o que, consequentemente, afeta sua coloração.

O problema ocorre nos bairros atendidos pela ETA. Mesmo com a coloração inadequada, os técnicos afirmaram que a qualidade da água não é comprometida. No entanto, em conversas com os moradores, foi relatado que muitos não confiam na qualidade da água quando ela apresenta coloração ou odor, preferindo utilizar água filtrada ou mineral para consumo e preparo de alimentos.

Conforme já apresentado nesta pesquisa, nos últimos anos o município de Bacabal enfrentou sérios problemas relacionados ao abastecimento de água. Diante dessa problemática, a seleção dos indicadores foi orientada pela possibilidade de a população recorrer a outras formas de garantir o acesso à água em suas residências. Nesse contexto, o indicador-chave e de maior peso para a análise do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) foi o de “fontes alternativas de abastecimento de água”.

Consideram-se fontes alternativas de abastecimento de água todas as estruturas que não estão interligadas à rede geral de abastecimento do município (Castro, 2021). Dentro desse conjunto de dados, foram analisadas as seguintes variáveis:

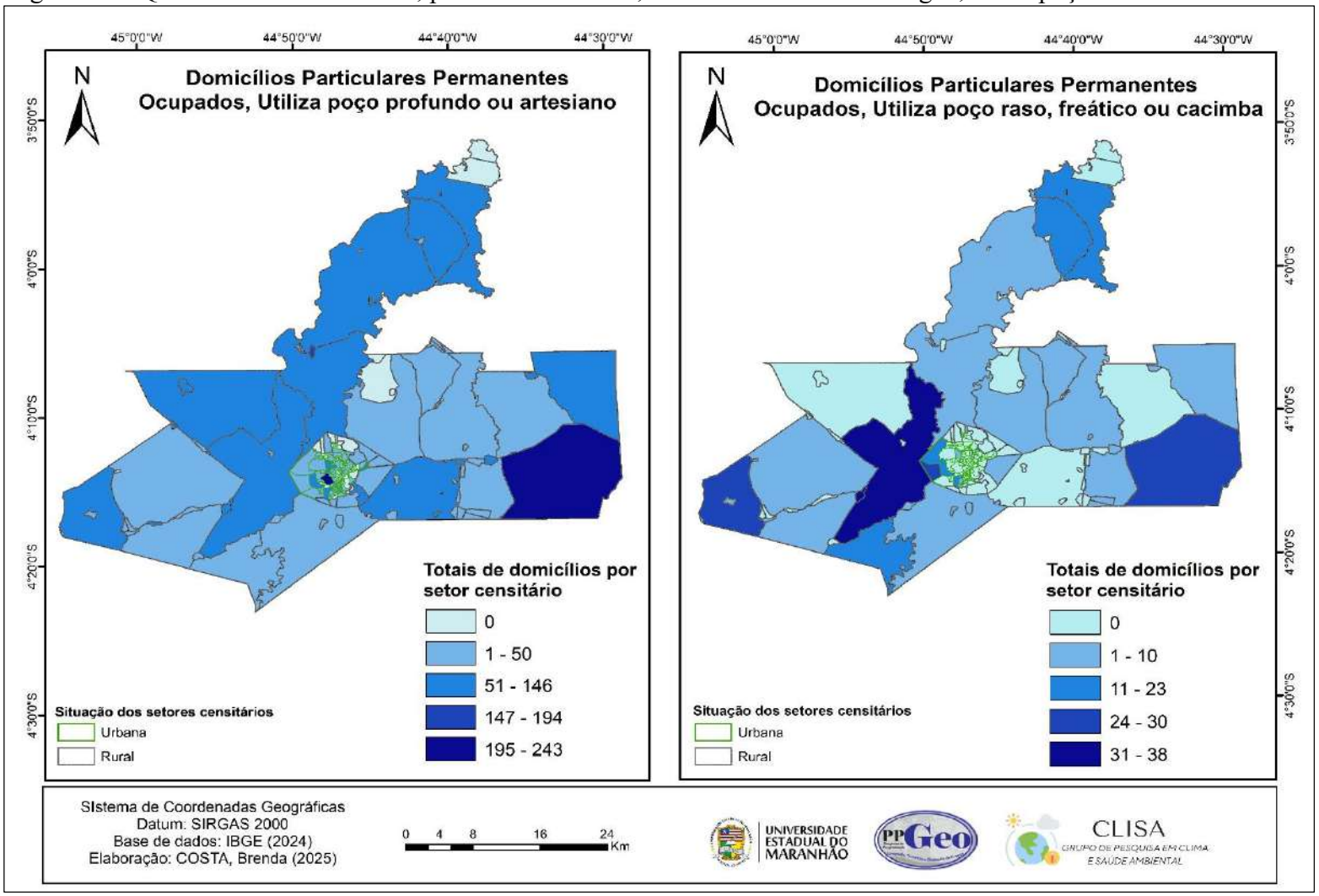
1. Domicílios particulares permanentes ocupados que utilizam poço profundo ou artesiano;
2. Domicílios particulares permanentes ocupados que utilizam poço raso, freático ou cacimba;
3. Domicílios particulares permanentes ocupados, em que a água não chega encanada ao domicílio;
4. Domicílios particulares permanentes ocupados que utilizam rios, açudes, córregos, lagos e igarapés.

A Figura 65 apresenta um exemplo da espacialização dos dados absolutos por setor censitário para os indicadores de fontes alternativas de abastecimento de água, utilizados na construção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) para a diarreia aguda. Os dados revelam que os setores com maior número de domicílios que utilizam fontes alternativas de água, diferentes do sistema público de abastecimento (SAAE), estão situados predominantemente na zona rural do município.

Entre as diversas formas de abastecimento, os poços profundos ou artesianos representam a principal fonte alternativa em Bacabal, especialmente nos setores censitários da zona rural, com totais que variam entre 1 e 243 domicílios por setor. Já os domicílios que utilizam rios, açudes, córregos, lagos e igarapés como fonte de água são menos representativos, com variação entre 1 e 13 domicílios por setor censitário (Figura 66).

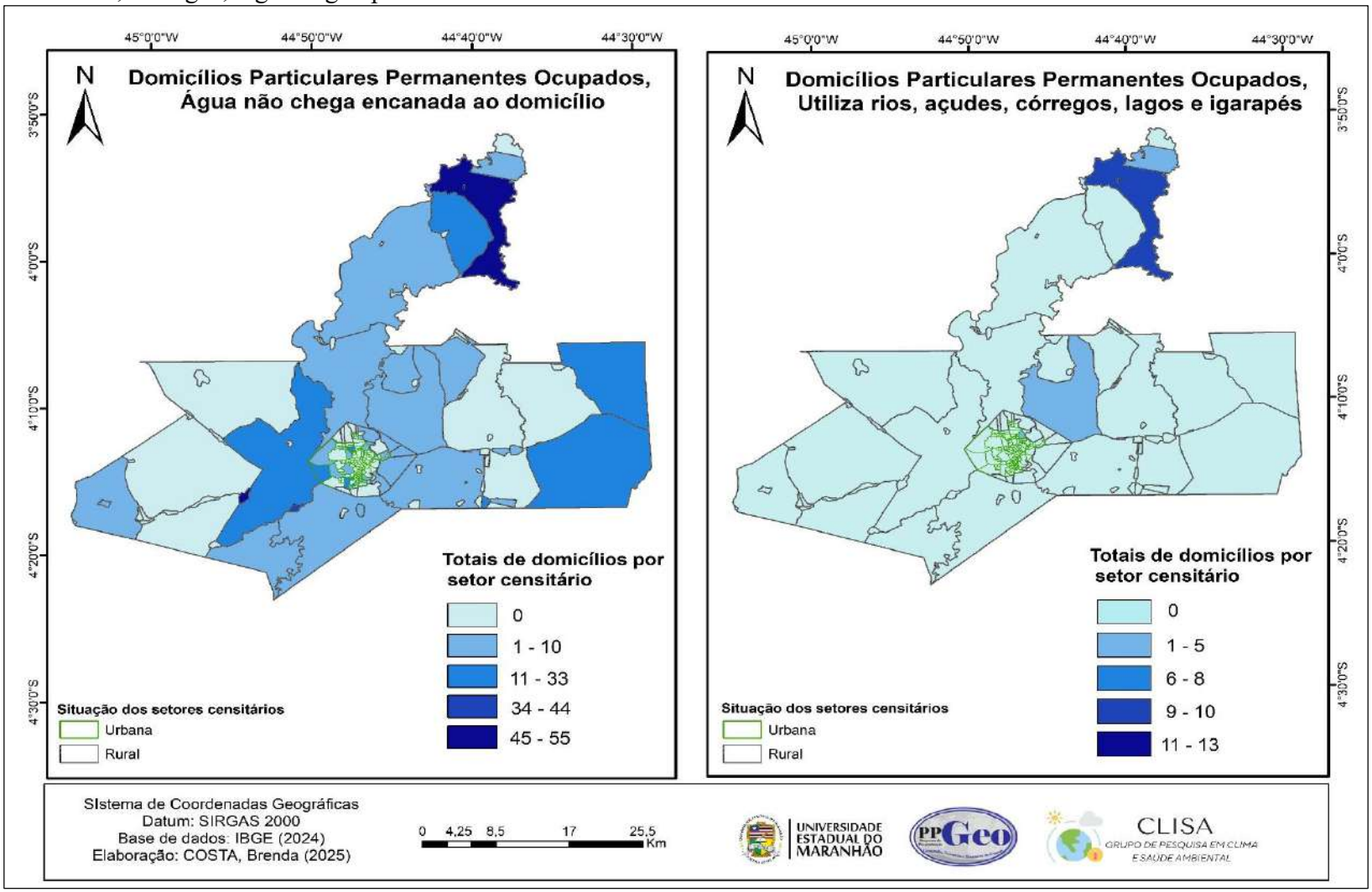
Entretanto, na zona urbana observam-se alguns *outliers*, pois o sistema da ETA não atende integralmente toda a cidade. Assim, alguns bairros acabam sendo abastecidos por poços tubulares ou artesianos.

Figura 65 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, com fontes alternativas água, como poços ou cacimba



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 66 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, em que a água encanada não chega, e outras fontes de abastecimento, como rios, córregos, lagos e igarapés



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

5.7.2 Destinação do esgoto doméstico

De acordo com a FUNASA (2004), o esgoto doméstico "é aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõe de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas". É composto, em sua maior parte, por água de banho, excretas humanas, restos de comida, sabão e detergentes.[6]

O esgoto a céu aberto, bem como o lançamento de excretas humanas diretamente no solo, em rios, lagos ou outros corpos hídricos, constitui uma atividade perigosa à saúde, pois pode contaminar as fontes de água destinadas ao consumo humano.

Segundo a FUNASA (2019), os conceitos de saúde, saneamento e meio ambiente estão estreitamente interligados, sendo o esgoto um dos principais resíduos geradores de poluição. Por essa razão, ele deve ser controlado por meio de ações de saneamento, a fim de evitar efeitos deletérios à saúde, ao ambiente e ao desenvolvimento socioeconômico das localidades.

Conforme dados do SNIS (2022), em Bacabal, cerca de 98.881 pessoas não têm acesso à coleta de esgoto, o que representa 95,34% da população do município. Esses dados se mostram alarmantes quando se considera a saúde ambiental da cidade e o bem-estar da população. Os únicos bairros de Bacabal que contam com coleta de esgoto são: Cohab I, Cohab II, Cohab III, Alto da Assunção e Cohabinho, todos inseridos na zona urbana e com melhor infraestrutura em comparação às demais áreas do município.

Segundo Fernandes (2020), os bairros Cohab I, II e III foram projetados com rede e tratamento de esgoto, contando com uma estação de tratamento localizada às margens da BR-316. No entanto, essa estação já não consegue atender à demanda atual dos moradores, e todo o excesso é despejado nas águas do riacho Bambu, que possui ligação com o lago da Vila Mutirão. A empresa responsável pela coleta e tratamento do esgoto é o SAAE.

Com base em pesquisa de campo e conversas com moradores, foi possível confirmar a veracidade dos dados obtidos na pesquisa bibliográfica sobre a situação da destinação do esgoto na cidade, principalmente no que se refere à obra inacabada da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada no bairro Novo Bacabal (Figura 67). Segundo informações obtidas em trabalho de campo com a população e técnicos do SAAE, a obra teve início por volta da década de 2010, com o objetivo de tratar o esgoto de diversos bairros da

---

[6] *Ibid.*, (2004)

cidade. No entanto, devido a problemas relacionados à concessão do projeto e a interferências políticas, a obra não foi concluída, tornando-se um grande problema para os moradores do bairro.

Figura 67 – Bacias de decantação para o tratamento de esgoto no bairro Novo Bacabal

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

As bacias de decantação, áreas destinadas ao armazenamento de água para o tratamento, estão localizadas próximas às residências e drenam a água para o Lago da Brisa (Figura 68). O trabalho desenvolvido por Meneses (2018) apresentou a perspectiva de alguns moradores da região sobre a construção dessas bacias, os quais relataram que a obra se tornou um grande problema. Durante o processo de construção, segundo os relatos, algumas pessoas chegaram a contrair doenças, e, devido à ausência de operação do sistema, o local passou a ser utilizado como ponto de descarte de dejetos por veículos responsáveis pela limpeza de fossas, o que resultou em forte odor na área.

Atualmente, o projeto da ETE permanece inacabado, sem previsão para sua conclusão, gerando ainda diversos transtornos à comunidade. O SAAE informou que, em razão das sucessivas mudanças de gestão municipal, a responsabilidade pela ETE foi transferida para a Secretaria Municipal de Infraestrutura.

Figura 68 – Bacias de decantação para o tratamento de esgoto no bairro Novo Bacabal, e o Lago Brisa

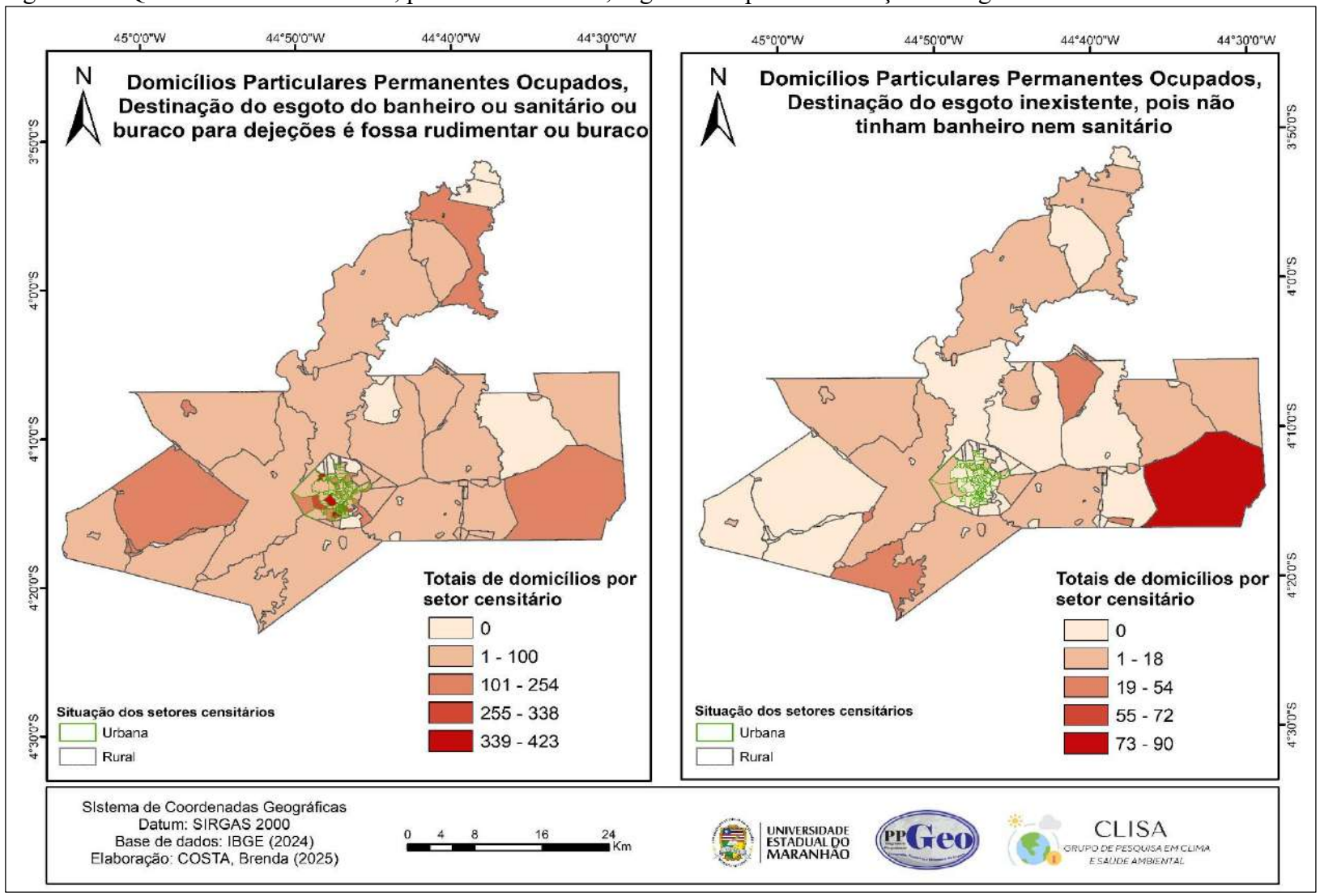
Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Observou-se que quase todos os setores censitários do município apresentam problemas quanto à destinação do esgoto do banheiro, sendo utilizadas, nesses casos, fossas rudimentares ou buracos. Já na zona rural, em alguns setores censitários, a destinação do esgoto é inexistente devido à ausência de banheiro ou sanitários (Figura 69).

O indicador "quantidade de domicílios por setor censitário segundo o tipo de destinação do esgoto do banheiro: rio, lago e outros" evidenciou que os setores que mais utilizam esses meios estão situados na zona urbana, sobretudo nas proximidades do Rio Mearim (Figura 70). Como exemplo, destaca-se o bairro Trizidela, uma das áreas onde há domicílios cuja destinação do esgoto é feita diretamente no Rio Mearim, principalmente as casas localizadas às margens do rio, nas ruas Jorge Mendonça e Ena Araújo, conforme mostra a Figura 71.

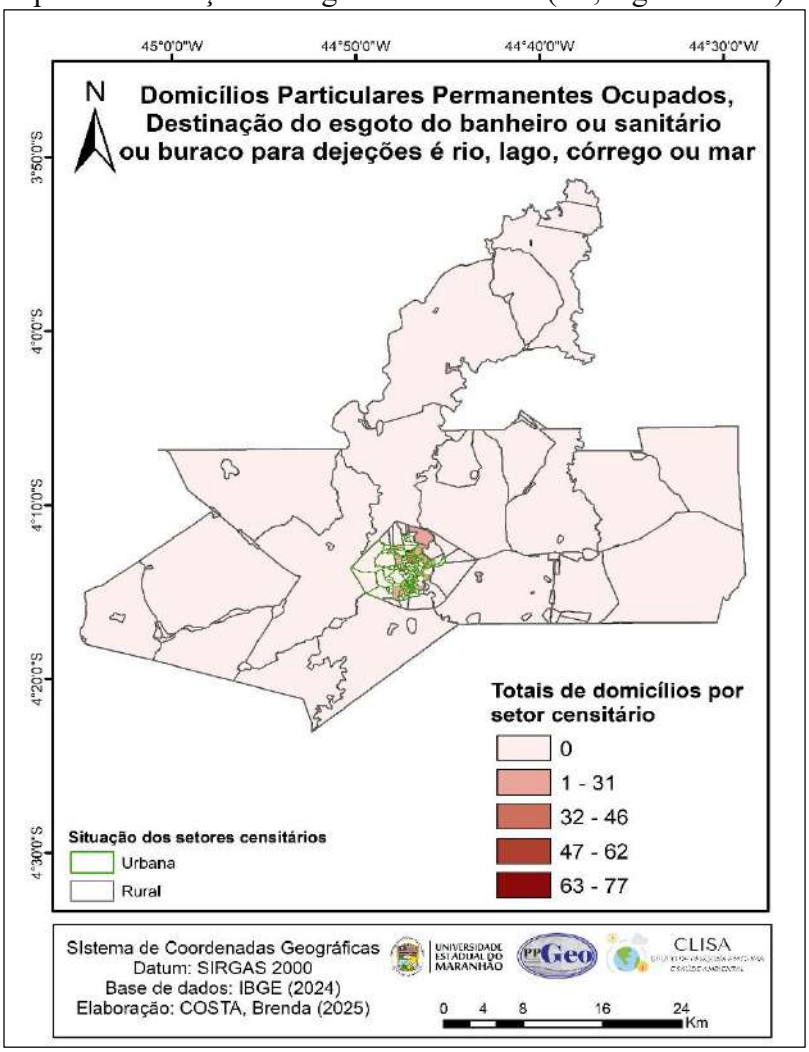
Em conversa com os moradores, eles reconheceram que a prática é incorreta; entretanto, nada foi feito por parte da prefeitura nos últimos anos para solucionar o problema, e o rio continua sendo utilizado como alternativa para o lançamento do esgoto. Tal prática representa um risco ao meio ambiente, contribuindo para a poluição do rio e, consequentemente, para a saúde da população que faz uso dessa água.

Figura 69 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo o tipo de destinação do esgoto do banheiro



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 70 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo o tipo de destinação do esgoto do banheiro (rio, lago e outros)



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 71 – Exemplo em que o tipo de destinação do esgoto doméstico é o rio, na rua Jorge Mendonça, bairro Trizidela

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

5.7.3 Destinação do lixo

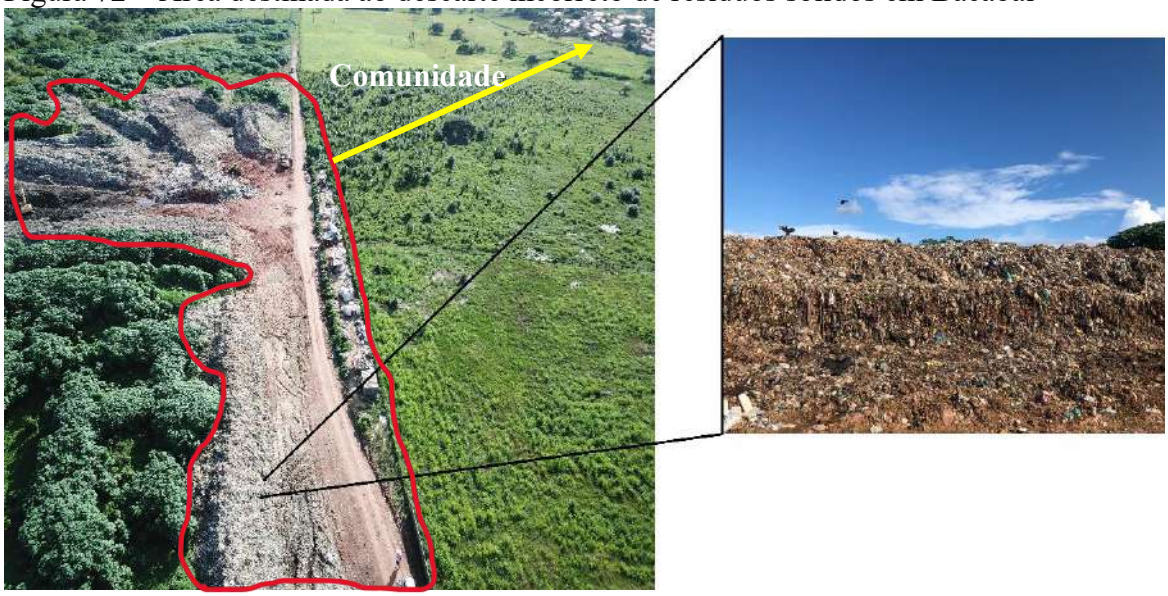
A problemática do lixo em Bacabal representa um desafio para a comunidade e requer maior atenção e visibilidade. A Prefeitura Municipal é responsável por contratar empresas para realizar a coleta de resíduos sólidos na cidade; no entanto, toda a produção de lixo é descartada diretamente em um lixão.

O descarte inadequado dos resíduos sólidos configura também uma questão de saúde pública. Segundo Castro (2021), o desenvolvimento de doenças associadas ao lixo pode ocorrer de duas formas: direta e indireta. A forma direta está relacionada à presença de microrganismos, como bactérias, vírus, protozoários e vermes, que permanecem ativos nos resíduos por determinado período, podendo transmitir doenças às pessoas que entram em contato com o lixo. Já a forma indireta envolve a contaminação da água e do solo, além da atuação de vetores de doenças.

De acordo com a FUNASA (2019), os coliformes termotolerantes, causadores de gastroenterites, podem sobreviver por até 35 dias em resíduos sólidos.

No município de Bacabal não existe aterro sanitário; logo, todo o lixo produzido na cidade é depositado a céu aberto em um lixão localizado no bairro Vila São João (Figura 72). Destaca-se que a área destinada a essa atividade fica próxima de residências, onde, segundo informações de moradores, “o mau cheiro incomoda, há muitos urubus sobrevoando a região e muitos insetos”. Na Figura 72, não é possível observar, mas existem casas mais próximas ao lixão do que as apontadas na imagem, as quais estão em área de risco à saúde.

Figura 72 – Área destinada ao descarte incorreto de resíduos sólidos em Bacabal



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

No lixão, observa-se diversas feições que representam riscos à saúde dos trabalhadores (no caso, os caçambeiros e os catadores), provocados por doenças infecciosas e por vetores, como a dengue. A Figura 73 mostra um ponto de acúmulo de água e resíduos em decomposição, além de garrafas plásticas que servem como criadouros do mosquito *Aedes aegypti*.

Figura 73 – Área com a presença do chorume e material descartado de forma incorreta

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Já foram realizadas algumas manifestações populares contra o funcionamento do lixão, mas nenhuma obra de melhoria ou planejamento para a construção de um aterro sanitário foi executada até o momento. O problema do lixão da cidade também já foi noticiado em canais de mídia na internet, como no G1 Maranhão, em matéria datada do ano de 2014, conforme mostra a Figura 74.

Figura 74 – Matéria na internet sobre os problemas causados pelo lixão em Bacabal

Moradores de Bacabal sofrem com fumaça do lixão da cidade

Fumaça tóxica chega a invadir cinco bairros ao mesmo tempo. Problema já existe há anos no município.

Do G1 MA , com informações da TV Mirante

FACEBOOK

Moradores de cinco diferentes bairros de **Bacabal**, a 240 km de **São Luís**, estão sofrendo com a fumaça que vem do lixão localizado dentro da cidade. O problema não está afetando apenas o meio ambiente, mas também, a saúde de quem mora na região.

Fonte: G1 Maranhão (2014)

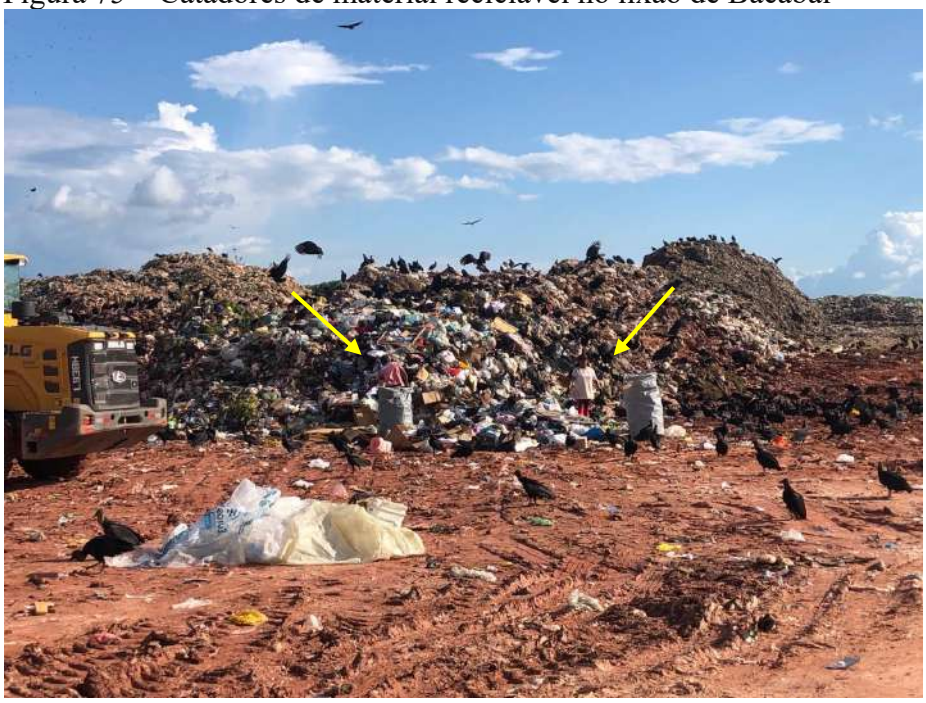
Uma das cenas mais impactantes vivenciadas durante toda a pesquisa está representada na Figura 75. Realizar o trabalho de campo permite ao pesquisador ou à pesquisadora refletir para além das literaturas; possibilita observar, de forma concreta, a realidade descrita nos livros e nos dados. A ação de ir ao lixão de Bacabal levou a repensar sobre as vulnerabilidades sociais inseridas no espaço urbano das cidades, realidades invisibilizadas, mas que possuem uma história, uma família.

Ao tratar sobre Clima e Saúde nesta pesquisa, trata-se também de olhar para a vulnerabilidade social, pois ela pode ser considerada o ponto-chave para compreender os fatores de exposição aos riscos à saúde humana.

No lixão de Bacabal, diversos catadores de material reciclável trabalham diariamente; em dias mais movimentados, chegam a ser cerca de 40 pessoas. Conforme demonstrado na Figura 75, esses indivíduos estão expostos aos mais diversos tipos de contaminantes e doenças, devido à insalubridade do local. Para além do risco individual, também podem ser considerados hospedeiros de doenças, podendo transmiti-las aos seus familiares por meio de mãos contaminadas, roupas e objetos.

O perigo é eminente, pois todos os tipos de resíduos são depositados no terreno, inclusive resíduos hospitalares. Em conversa com os catadores, relataram que trabalham no local por ser o único meio encontrado para garantir o sustento da família, por meio da venda dos materiais recicláveis que encontram.

Figura 75 – Catadores de material reciclável no lixão de Bacabal

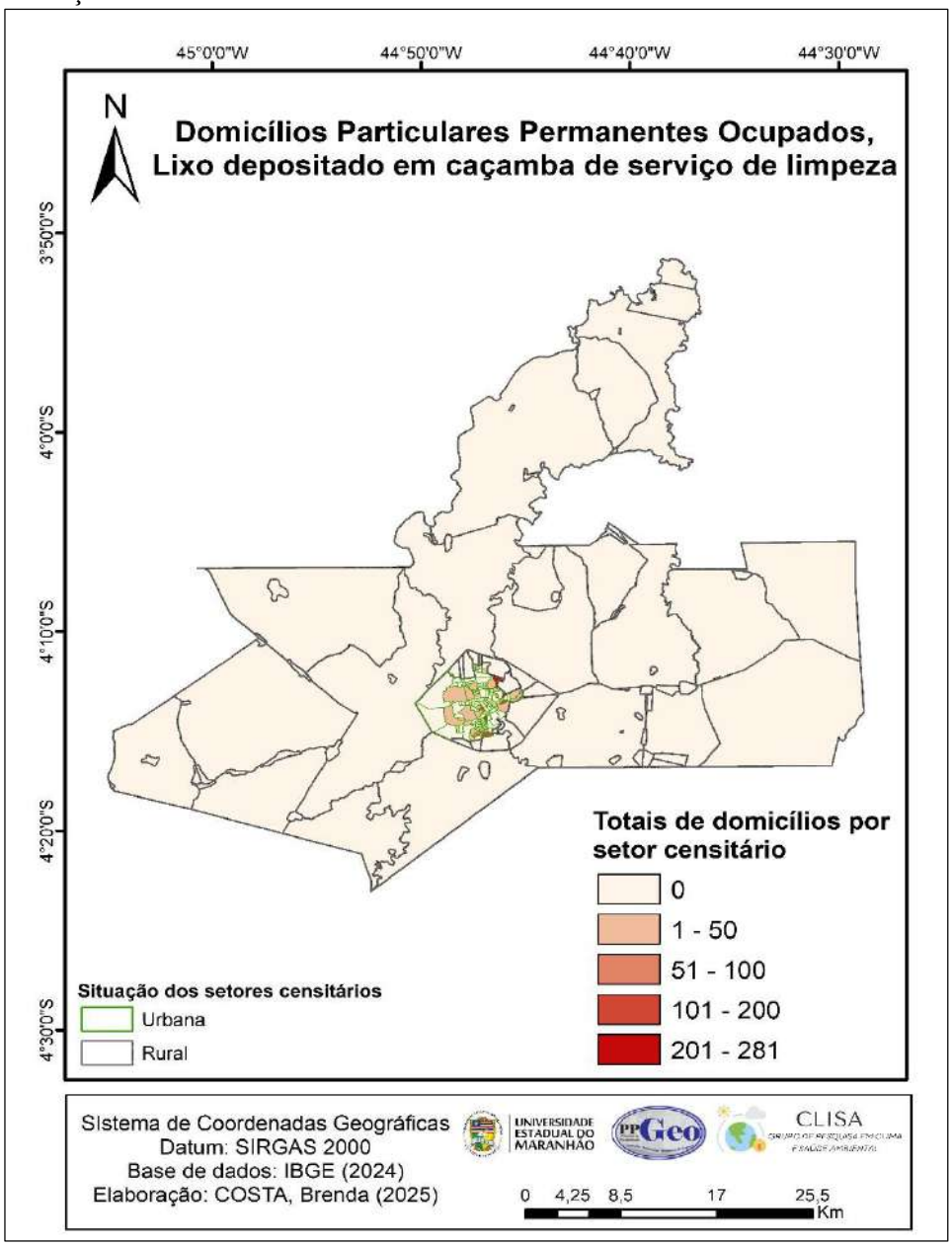


Fonte: Própria Pesquisa (2025)

As Figuras 76 e 77 apresentam os indicadores referentes à coleta e destinação do lixo no município de Bacabal. Ao se analisar o destino dos resíduos sólidos por meio de caçambas da limpeza pública, observa-se uma predominância na zona urbana, o que coincide com a maior atuação da empresa responsável pela coleta nessa área.

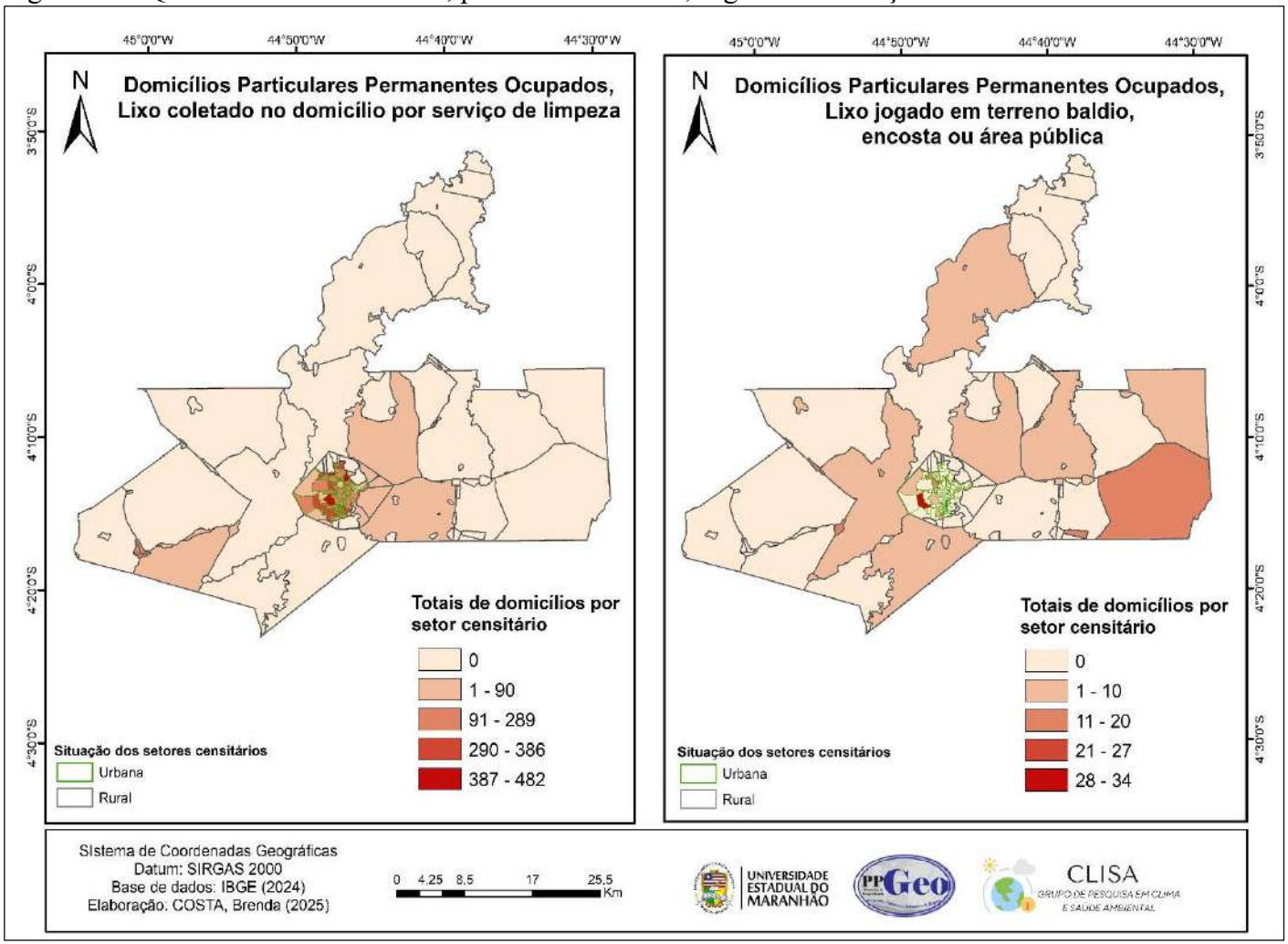
Considerando o lixo coletado pelo serviço de limpeza municipal, há maior concentração nos setores censitários da zona urbana e carência significativa do serviço na zona rural. Devido à ausência de coleta regular nesses setores, observa-se que, na zona rural, o principal meio de destinação do lixo são terrenos baldios, encostas ou áreas públicas.

Figura 76 – Total de domicílios, por setor censitário, com lixo depositado em caçamba



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 77 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo destinação de lixo



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

5.7.4 Oferta de banheiros, características dos moradores e alfabetização

A falta de banheiro adequado nos domicílios constitui um risco à saúde, pois a ausência desse recurso leva o indivíduo a utilizar meios alternativos para realizar suas necessidades fisiológicas, como o chão, o quintal, "lugares no meio do mato" (como é popularmente referido), buracos ou até mesmo sacolas plásticas. Essa prática inadequada pode contaminar as mãos, que, consequentemente, contaminam objetos e alimentos, além de comprometer o ambiente com microrganismos causadores de doenças gastrointestinais.

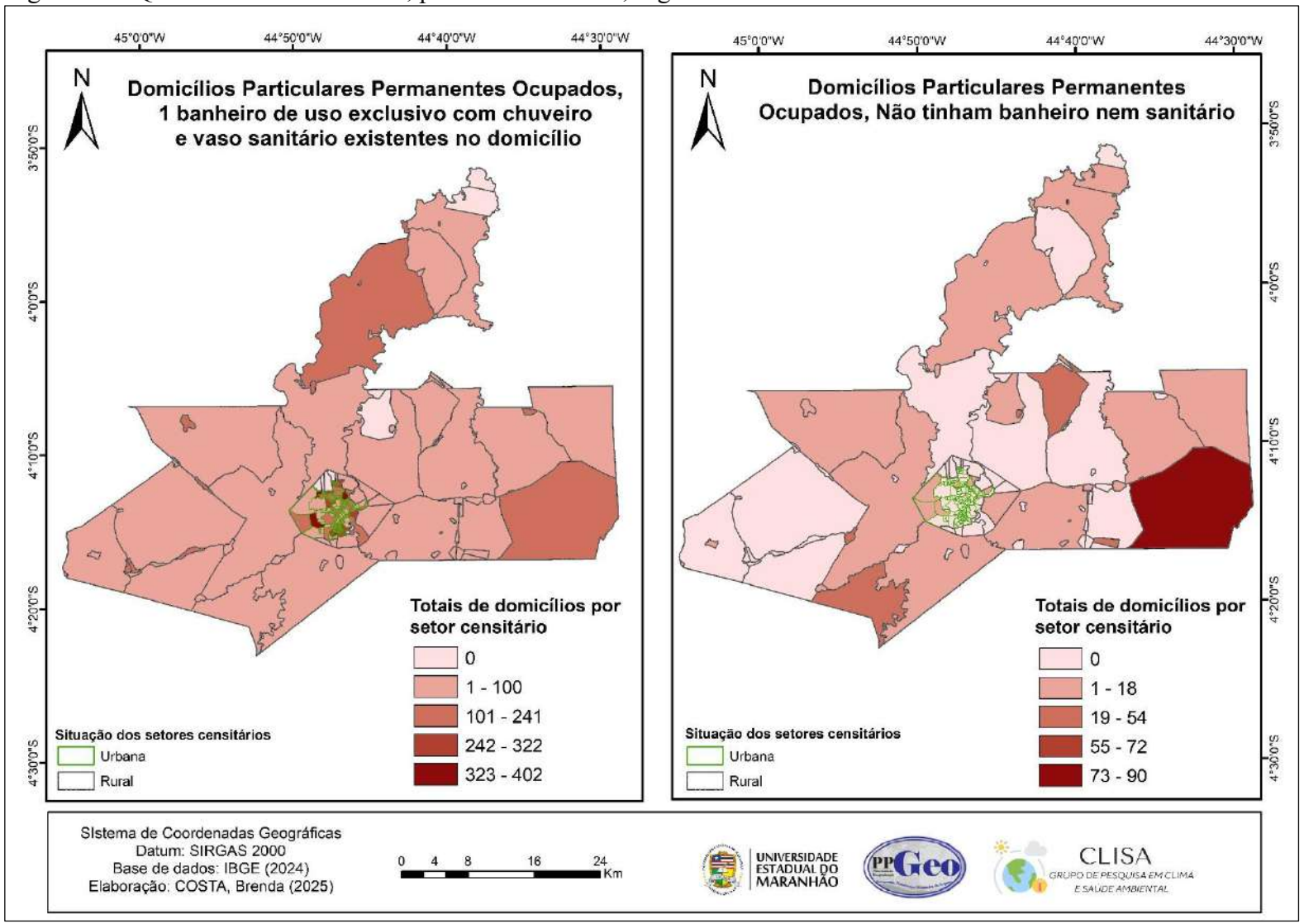
De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), entre os estados da região Nordeste, o Maranhão, a Bahia e o Piauí são os que apresentam a maior concentração de moradias com privação de banheiros. Ainda segundo o estudo, no Maranhão, aproximadamente 13 a cada 100 habitantes não tinham banheiro de uso exclusivo até o ano de 2022, um dado considerado alarmante.

Em Bacabal, cerca de 7,39% das moradias apresentam privação de banheiro de uso exclusivo, totalizando 2.430 residências. Nos dados do censo de 2010, esse número era significativamente maior: aproximadamente 7.157 moradias sem banheiro (IBGE, 2022). Considerando os dados do último Censo Demográfico, observa-se a predominância de domicílios com um banheiro de uso exclusivo, tanto na zona urbana quanto na zona rural (Figura 78).

Em relação aos domicílios sem banheiro de uso exclusivo, há maior concentração na zona rural, com setores que chegam a contabilizar até 90 residências nessa condição, conforme mostra a Figura 78. Os dados também revelam alternativas adotadas devido à ausência de banheiros, como o uso apenas do sanitário ou de buracos cavados no próprio terreno, prática mais frequente nos setores censitários mais afastados da zona urbana do município (Figura 79).

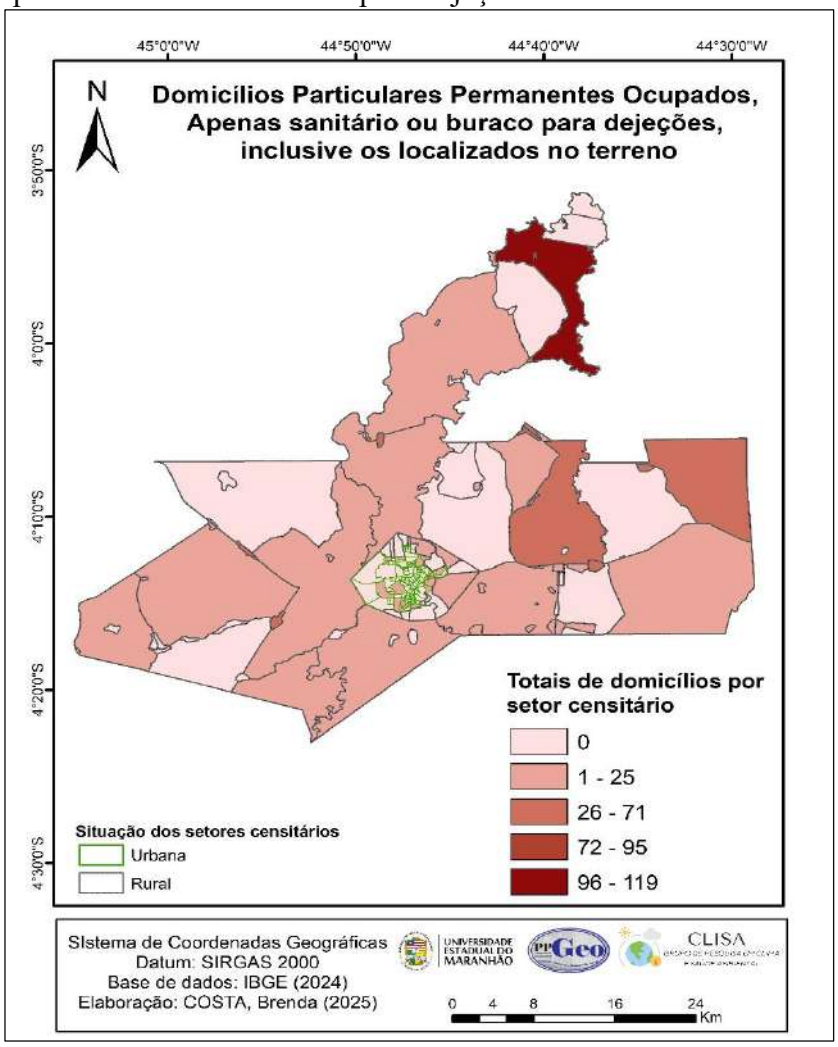
A falta de oferta de banheiros, sobretudo nas áreas rurais, evidencia o elevado grau de pobreza das famílias residentes nessas regiões, que não dispõem de condições financeiras para construir um banheiro adequado. A Figura 80 ilustra um exemplo de banheiro localizado no terreno da casa, contendo apenas o sanitário; observou-se que os dejetos são descartados por meio de canos diretamente em uma área de campo alagado, situada nos quintais das residências da Rua Jorge Mendonça.

Figura 78 – Quantidade de domicílios, por setor censitário, segundo a oferta de banheiros



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 79 – Total de domicílios, por setor censitário, que possui apenas sanitário ou buracos para dejeções



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

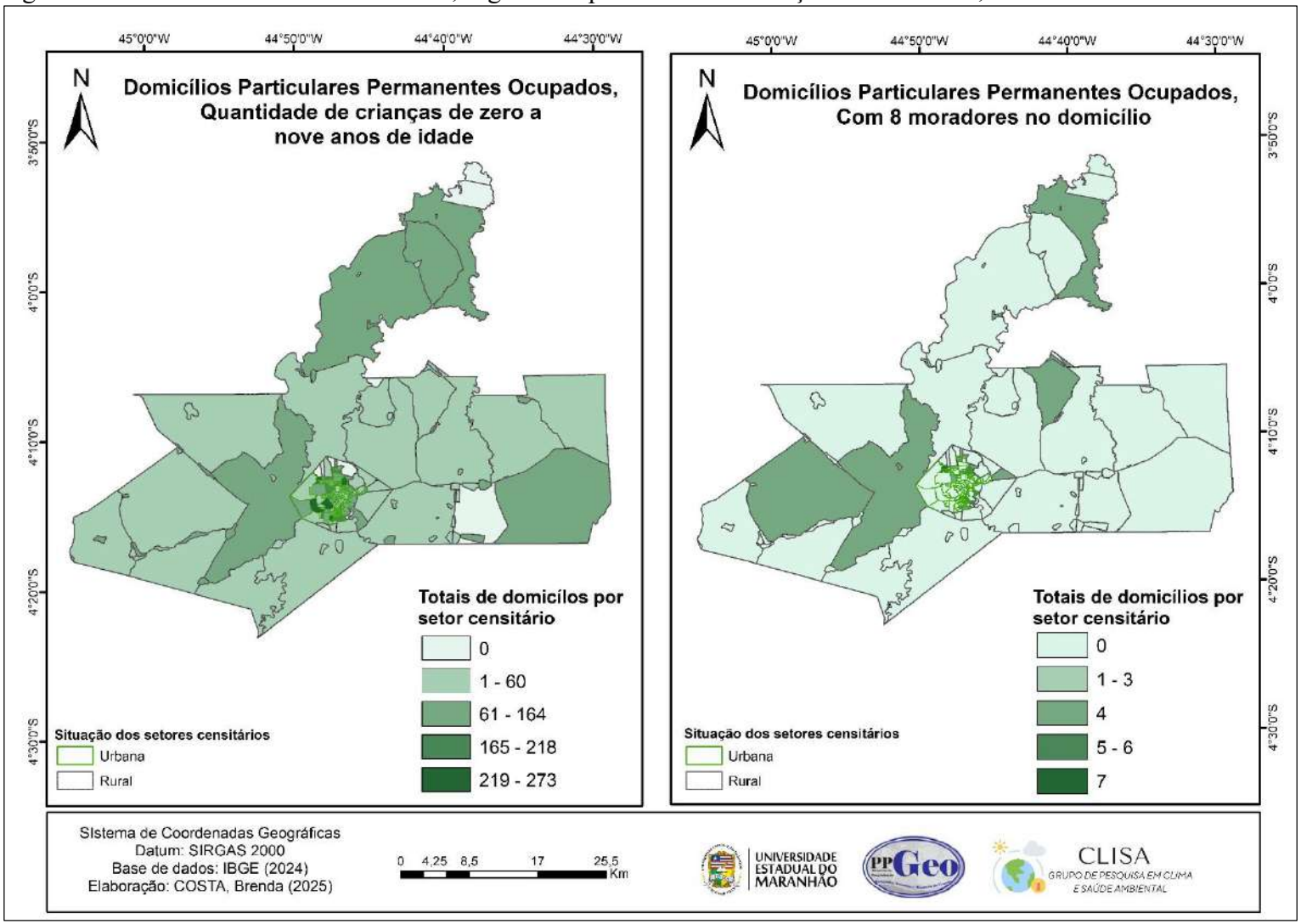
Figura 80 – Exemplo de banheiro com apenas o sanitário em domicílio no bairro Trizidela

Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Quando se analisa a questão da oferta de banheiros nos domicílios, também se faz necessário refletir sobre a quantidade de pessoas que vivem na mesma casa. Em uma residência com oito pessoas e apenas um banheiro, pode haver maior risco de contaminação por microrganismos, tanto de forma individual quanto coletiva, caso a limpeza do banheiro e da casa não seja realizada de maneira adequada e regular. O perigo pode ser ainda maior se houver bebês e crianças no domicílio, sendo essas as faixas etárias mais vulneráveis aos casos mais graves de doenças infecciosas, como as diarreias.

A Figura 81 mostra o panorama dos indicadores referentes ao total de domicílios por setor censitário com crianças de 0 a 9 anos de idade, bem como os domicílios que possuem oito moradores. Observou-se que, em Bacabal, não existem muitos domicílios com oito pessoas; a distribuição ocorre de forma heterogênea no município. Já em relação à faixa etária das crianças de até 9 anos, os valores são elevados tanto na zona urbana quanto na rural, com maior concentração nos setores da área urbana.

Figura 81– Características dos domicílios, segundo a quantidade de crianças de 0 a 9 anos, e domicílios com oito moradores



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

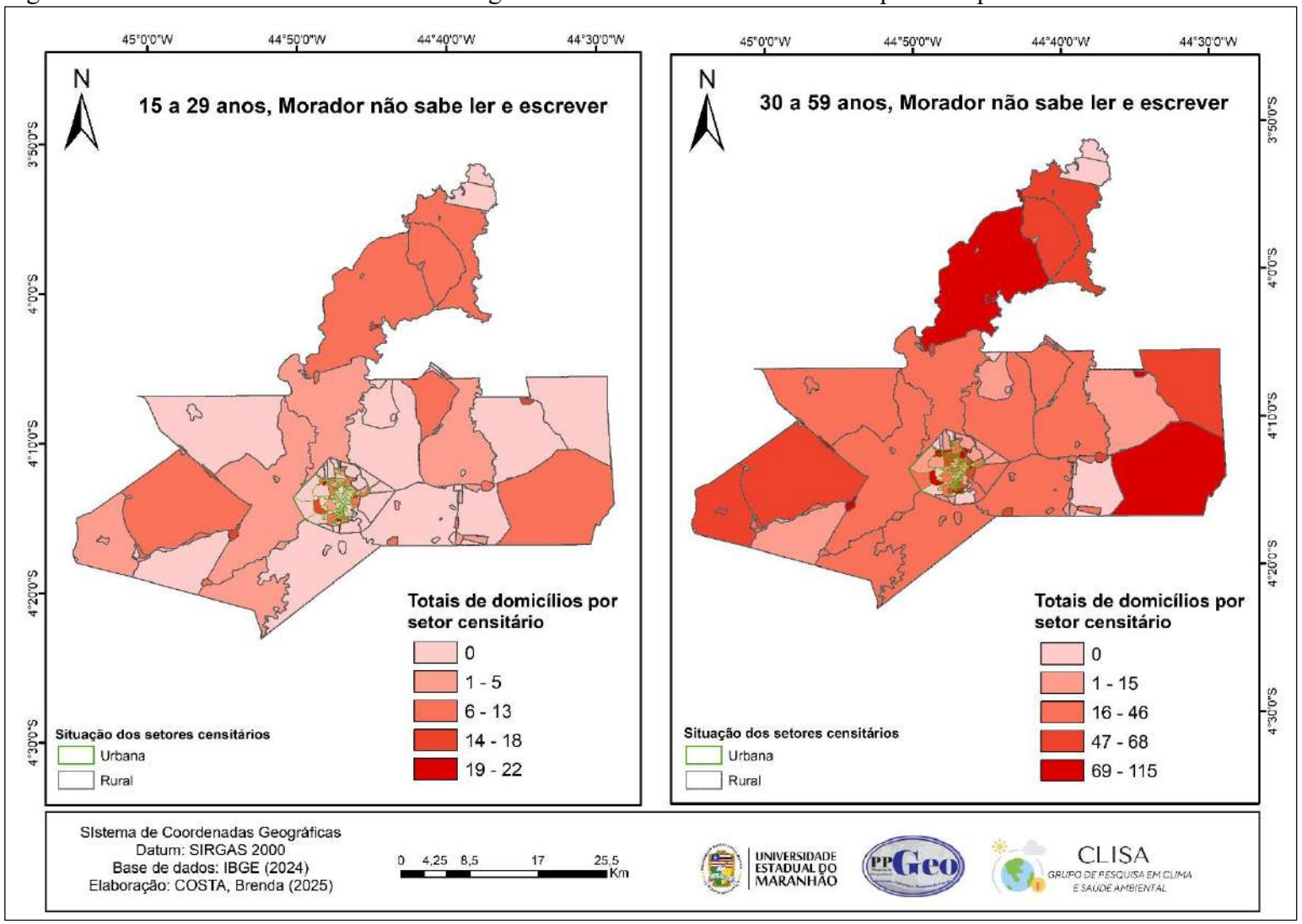
De acordo com Buffon (2016), a utilização do indicador de alfabetização para analisar as áreas vulneráveis à diarreia aguda expressa a importância da efetividade de campanhas educativas e preventivas. Logo, a autora considera que as áreas mais vulneráveis socialmente são aquelas em que a população é desprovida de mecanismos de combate e controle das doenças por meio dos diversos canais de comunicação, sendo consideradas desprovidas as pessoas não alfabetizadas.

Quando o indivíduo não sabe ler e escrever, ele enfrenta dificuldades para compreender informações relacionadas aos cuidados com a saúde. Pessoas com baixo nível de escolaridade encontram mais obstáculos para entender os informativos de campanhas, ler bulas de remédios e seguir orientações sobre higiene pessoal.

Para analisar o indicador de alfabetização na cidade de Bacabal, foi considerada a variável "Morador não sabe ler e escrever", nas faixas etárias de 15 a 29 anos, de 30 a 59 anos e de 60 anos ou mais. Os dados revelaram que a faixa etária de 15 a 29 anos apresentou os menores valores de pessoas não alfabetizadas por setor censitário, o que já era de se esperar, pois, geralmente, os jovens têm mais acesso à educação por estarem em etapa de formação escolar, conforme mostra a Figura 82.

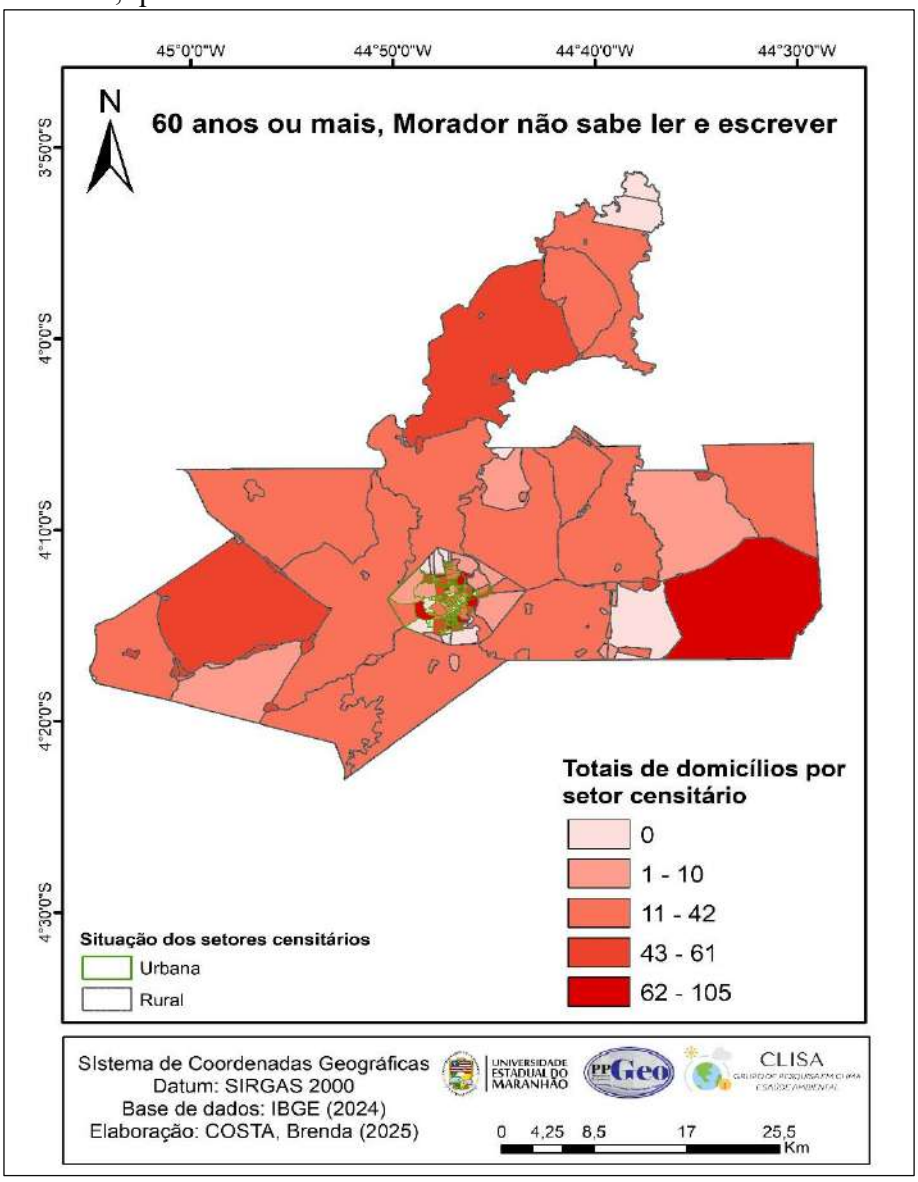
Já as faixas etárias de 30 a 59 anos e de 60 anos ou mais apresentaram valores elevados, principalmente nos setores censitários da zona rural. Essa dura realidade pode estar relacionada ao grau de pobreza dessas pessoas, que, durante a infância e adolescência, não tiveram oportunidades de acesso à escola e ao letramento, muitas vezes por precisarem trabalhar desde muito cedo na roça para ajudar no sustento da família ou em outras funções, ou ainda pela falta de recursos para manter as crianças na escola (Figuras 82 e 83).

Figura 82 – Características dos domicílios segundo os critérios de faixa etária de pessoas que não sabem ler e escrever



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

Figura 83 – Totais dos domicílios, segundo os critérios de 60 anos ou mais, que não sabem ler e escrever



Fonte: Adaptado a partir do IBGE (2024) por Costa (2025)

5.8 Cartografia de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguada de Bacabal – MA

O termo vulnerabilidade abrange diversos conceitos quanto ao seu uso e aplicação, não apresentando uma definição absoluta nem um consenso entre eles. Fato esse já destacado por Murara (2023, p. 31): “aplicar o conceito de vulnerabilidade nos parece um desafio, pois ele é utilizado pelas mais diferentes áreas do conhecimento, uma vez que se caracteriza por apresentar concepções diversas”. Assim, a ideia desta seção não é discutir sobre os vários conceitos que podem definir o termo “vulnerabilidade”.

Para Aquino, Paletta e Almeida (2017), a noção de vulnerabilidade é geralmente atribuída a termos negativos e indica o estado de susceptibilidade decorrente de três fatores-chave: exposição ao risco; alterações sociais e/ou ambientais; e incapacidade de adaptação.

No que se refere à vulnerabilidade socioambiental, essa diz respeito a uma visão global, que sobrepõe as características sociais e ambientais (Aquino; Paletta; Almeida, 2017). Já para os autores Cartier *et al*. (2009), a vulnerabilidade socioambiental pode ser conceituada como uma coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental).

Segundo Aleixo (2012, p. 198), "considera-se que as áreas de vulnerabilidade socioambiental são distintas pela própria condição excludente e fragmentada do modo de produção dos espaços, que produzem riscos manifestados em escalas temporais e espaciais".

Para Mendonça (2010, p. 156), a vulnerabilidade socioambiental urbana "evidencia a heterogeneidade dos impactos advindos dos riscos que se abatem sobre uma dada população, constituindo ambos – risco e vulnerabilidade socioambiental urbana – uma seara de alta complexidade para a compreensão e gestão urbana". O grau da vulnerabilidade socioambiental urbana está diretamente relacionado com as políticas de planejamento em todas as esferas do governo. As cidades mal planejadas refletem em problemas sociais e ambientais dos mais variados, afetando principalmente a classe mais pobre, que vive em áreas menos favorecidas.

Diante disso, faz-se importante o mapeamento dos indicadores de vulnerabilidade, pois tal procedimento tem a capacidade de indicar os setores com maiores graus e que necessitam de investimento do poder público para melhorar as condições de vida da população dessas áreas, em especial, nos casos relacionados à saúde e ao surgimento de doenças.

Dessa maneira, ao abordar a temática da vulnerabilidade socioambiental à diarreia aguda, são levantadas informações pertinentes sobre as características da população da área de estudo, trazendo à tona e tornando visíveis os principais problemas enfrentados pelos citadinos, que, em muitos casos, estão omissos para aqueles que podem resolver tais problemáticas.

Assim sendo, ressalta-se também a contribuição dos autores Rufino *et al*. (2015, p. 778), que apontam que "pode-se identificar o saneamento ambiental como elemento importante na prevenção da transmissão da DDA, ressaltando que, nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, envolve também aspectos ambientais, poucas vezes considerados em estudos epidemiológicos".

Partindo da premissa de que as doenças relacionadas à água estão pautadas principalmente na qualidade dos serviços de saneamento básico e ambiental, a construção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda teve como indicadores os elementos centrais contidos dentro da temática de saneamento, escolaridade e características dos moradores, os quais, em conjunto, podem caracterizar o grau de vulnerabilidade da população de Bacabal para a doença estudada.

Castro (2021) aponta que a elaboração de uma síntese requer o uso de vários indicadores, tendo em vista que, nos estudos em saúde e ambiente, não se pode considerar que as exposições sejam únicas. Diante disso, adotou-se o emprego dos indicadores já mencionados anteriormente, atribuindo-lhes pesos conforme o maior grau de influência para a ocorrência das DDA e, posteriormente, a construção do produto cartográfico de síntese do IVS à Diarreia Aguda.

A metodologia adotada para a elaboração da cartografia de síntese constitui um procedimento importante para a espacialização dos indicadores e, consequentemente, para representar as condições de vulnerabilidade socioambiental à diarreia aguda. Portanto, o produto final representou um relevante indicador quantitativo para a análise em saúde ambiental de Bacabal.

Destaca-se que para fins de compreensão do Mapa de IVS a Diarreia Aguda, as seguintes observações:

- Até a finalização desta pesquisa, ainda não haviam sido divulgados os dados de demografia do censo de 2022, não sendo possível apresentar o total da população residente na área urbana e rural do município. No entanto, dados do último censo de 2010, apontou que na zona urbana é onde habitava o maior quantitativo de pessoas, realidade também observada em trabalho de campo;
- Ressalta-se que a escala de mapeamento utilizada para gerar o produto cartográfico de IVS a Diarreia Aguda interferiu na visualização mais detalhada do mapa. No entanto, se a escala fosse aumentada somente para a área urbana, os resultados seriam alterados, representando outro padrão de distribuição do grau de vulnerabilidade. Todavia, optou-se por trabalhar com todo o município, haja vista, que os dados de DDA foram obtidos para todo o limite municipal, sem considerar outras escalas, logo, esta adotada representaria melhor o objetivo da pesquisa.

Dessa forma, ao apresentar a cartografia de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda em Bacabal (Figura 84), podem ser identificadas as seguintes situações:

I. **Áreas com média alta a muito alta vulnerabilidade**: há o predomínio dessas classes de vulnerabilidade à diarreia aguda na zona rural do município. Essas áreas apresentaram os maiores graus de IVS por serem setores caracterizados por baixa cobertura de atendimento em saneamento básico, o que eleva os riscos de contaminação e propagação da doença. Na zona rural, não foram identificados setores com baixa vulnerabilidade, exceto aqueles para os quais não havia dados disponíveis para análise.

Na zona rural do município, estão situados vários povoados e vilas, muitos dos quais localizam-se muito distantes da sede de Bacabal, dificultando o acesso aos serviços de água tratada, coleta de lixo e esgoto (serviços mais concentrados na área mais urbanizada da cidade). Destacam-se, no cenário de muito alta vulnerabilidade, os povoados Areal I, Centro do Cardoso, Centro do Cirilo, Sobradinho, Morada Nova dos Bezerra, Vila São Francisco, Vila Nova, dentre outros, como mostra o mapa da Figura 84.

No entanto, em alguns setores censitários da zona urbana, há ocorrência de vulnerabilidade que varia de muito alta (um setor censitário) à média alta. Destacam-se os bairros Vila São João, próximo ao lixão da cidade, e o bairro Novo Bacabal, onde fica localizada a obra inacabada das bacias de decantação para o tratamento de esgoto, classificados como de alta vulnerabilidade à diarreia aguda;

II. **Áreas com baixa a muito baixa vulnerabilidade**: as áreas classificadas entre baixa e muito baixa vulnerabilidade estão localizadas na zona urbana (Figura 84). Mesmo sendo consideradas áreas de baixa vulnerabilidade à diarreia, em alguns pontos visitados durante o trabalho de campo foram identificados problemas como destinação incorreta do esgoto e falta de água, que podem gerar ambientes com risco à saúde.

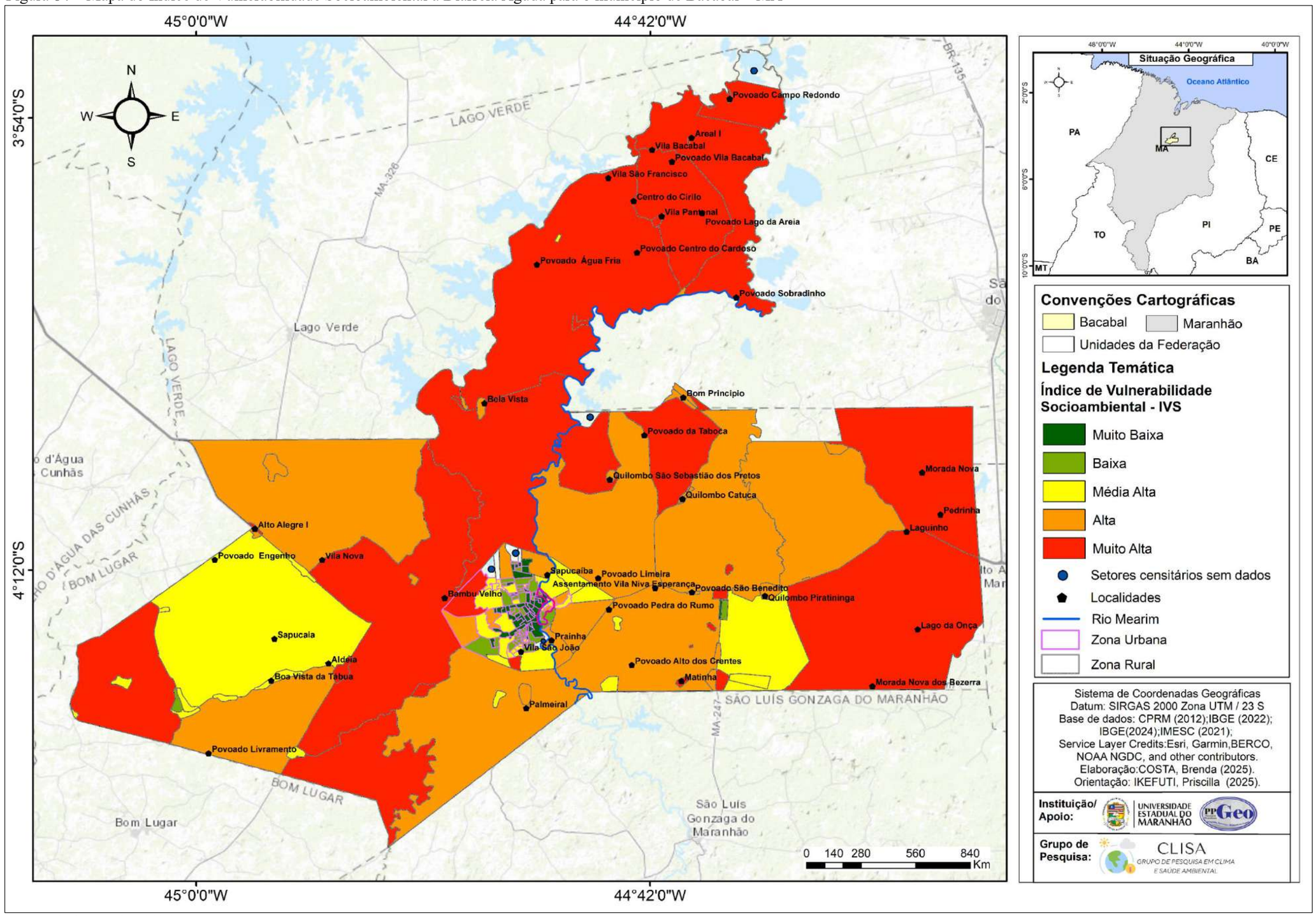
Ainda que as áreas de baixa a muito baixa vulnerabilidade estejam situadas dentro do limite urbano de Bacabal, observou-se uma heterogeneidade espacial do IVS nessa região, onde se encontram quase todas as categorias de classificação do índice. Devido à sua dimensão territorial, os bairros de Bacabal podem apresentar diferentes escalas de risco dentro do mesmo limite geográfico, como é o caso do bairro Trizidela. Por ser um bairro extenso, nele coexistem áreas que variam entre muito baixa e média alta vulnerabilidade.

Destaca-se que o bairro Trizidela é um dos que mais sofrem com inundações. Mesmo sem considerar os dados de inundação na análise do IVS, o índice identificou setores

censitários afetados por alagamentos classificados como média alta (cinco setores censitários) e alta vulnerabilidade (um setor censitário), os quais podem ser visualizados na figura 84, com base também no polígono de áreas de inundação elaborado pela CPRM (2012).

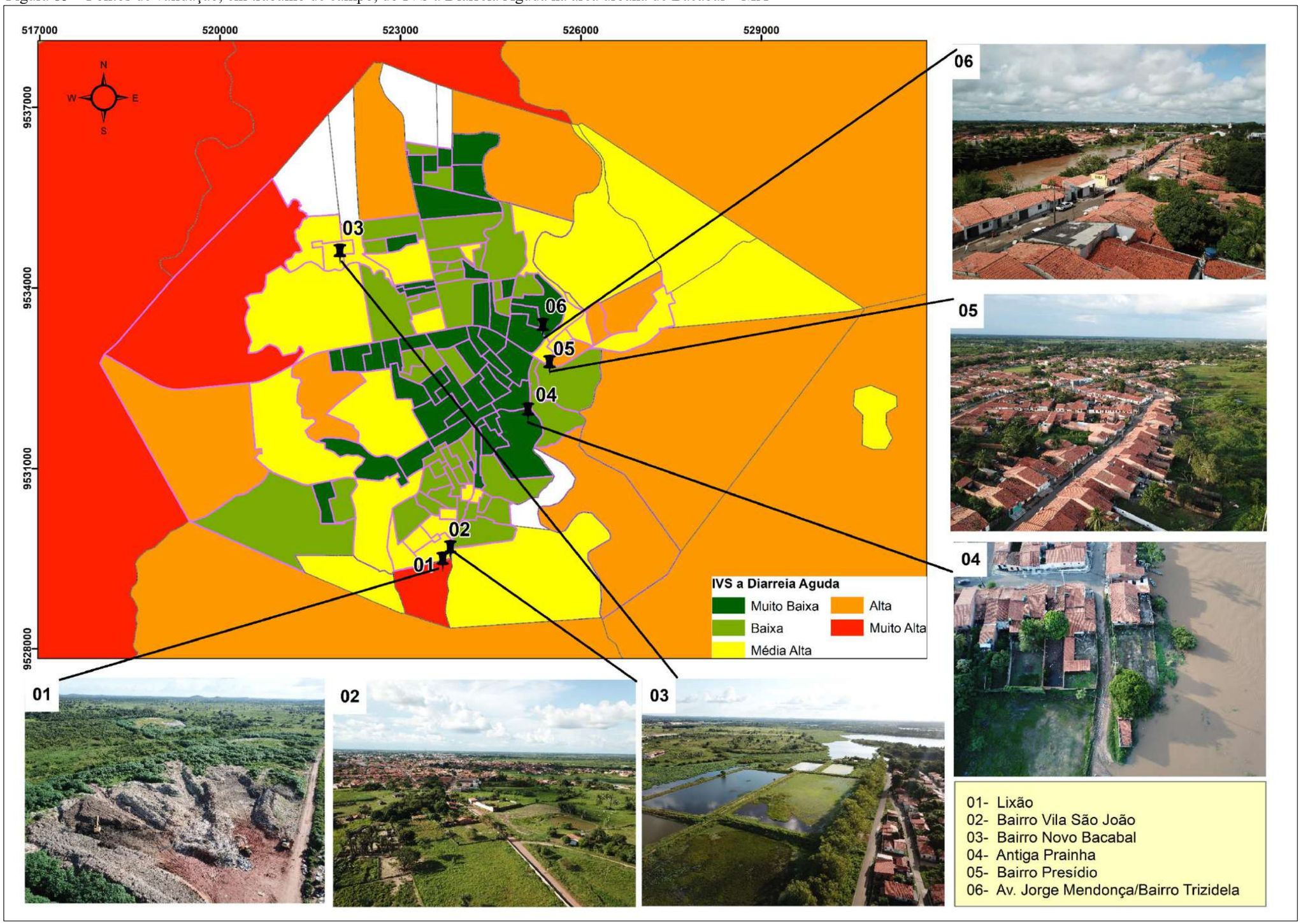
Posteriormente, a Figura 85 apresenta os pontos de validação do mapeamento do IVS à Diarreia Aguda. Destaca-se que, devido à logística do trabalho de campo e à distância dos povoados, foram visitados apenas alguns pontos na área urbana de Bacabal. A partir dessa atividade, foram identificados diversos problemas socioambientais que representam risco à saúde nos bairros visitados, os quais coincidem com os indicadores utilizados no estudo.

Figura 84 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Diarreia Aguda para o município de Bacabal – MA



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

Figura 85 – Pontos de validação, em trabalho de campo, do IVS à Diarreia Aguda na área urbana de Bacabal – MA



Fonte: Própria Pesquisa (2025)

A análise apresentada sobre as áreas de Vulnerabilidade Socioambiental a Diarreia Aguda na sua escala municipal será peça fundamental para auxiliar os gestores em possíveis tomadas de decisões em políticas públicas voltadas a saúde, que visem o controle do aumento de casos da doença no município.

O mapeamento de IVS a Diarreia Aguda elaborado a partir da síntese de diversos indicadores, torna-se uma ferramenta importante de análise espacial dos fatores condicionantes de saúde pública. No qual, revelou as áreas mais críticas e que precisam de atenção das ações de sensibilização para os cuidados com a saúde, assim como, para a implantação de sistemas de saneamento básico mais eficientes. Também através dos resultados apresentados, conseguimos visualizar as desigualdades socioambientais do município, nos quais refletem em riscos para a saúde, principalmente para as doenças ligadas a falta de saneamento básico, como as DDA.

Castro (2021) já apontava que a gênese da diarreia aguda vai além dos agentes patogênicos, ela também se inter-relaciona com os problemas socioambientais urbanos e rurais. Tão logo, observou-se que a população do município vive em constante risco a contaminação por doenças de veiculação hídrica em seu cotidiano, e isto, se expande durante o período chuvoso, quando a cidade enfrenta sérios problemas por conta das inundações, que sobrecarrega o sistema de abastecimento de água da cidade.

Desde modo, a partir dos dados apresentados, conclui-se que medidas importantes precisam ser tomadas para combater e controlar o aumento de casos de DDA na cidade, tendo em vista, que nos últimos anos, após a pandemia do Covid-19, houve um crescimento significativo dos casos. Desta maneira, a seguir são apresentadas algumas recomendações para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas a promoção da saúde do povo bacabalense, principalmente no combate as Doenças Diarreicas Agudas.

Com base no estudo desenvolvido nesta pesquisa de dissertação de mestrado, os **pontos** e **recomendações** são:

I. Em Bacabal, são necessários mais investimentos na área da saúde, com a ampliação do sistema de atendimento em emergência, por meio da criação de novas UPAs e Unidades Básicas de Saúde nos bairros;
II. Realização de campanhas de sensibilização em saúde para a prevenção de doenças infecciosas; e a realização de seletivos para agentes de saúde e serviço social, a fim de acompanhar as famílias nos bairros mais periféricos.

III. Um dos grandes problemas socioambientais em Bacabal é a água e o saneamento básico. Para diminuir os casos de doenças diarreicas e de doenças de veiculação hídrica, faz-se necessário, a curto prazo, o investimento no sistema de distribuição de água, garantindo o acesso à água de qualidade para toda a população do município;

IV. Realização de monitoramento da qualidade da água; e a melhoria dos serviços de coleta de lixo e esgoto, sobretudo com a construção de um aterro sanitário na cidade;

V. É necessária a realização de obras de reparo nos bairros onde o lançamento de esgoto ocorre diretamente no rio Mearim, com a construção de fossas sépticas e de uma rede de tratamento de esgoto, a fim de evitar a contaminação da água por coliformes fecais e *Escherichia coli* (*E. coli*).

VI. Ofertar mais oportunidades de emprego e renda para a população bacabalense, com o objetivo de diminuir as desigualdades sociais;

VII. Promover a capacitação social, por meio de cursos profissionalizantes e técnicos;

VIII. Implementação de programas sociais de habitação em Bacabal, como o "Minha Casa, Minha Vida". Tal iniciativa é necessária para retirar a população que vive em áreas de risco de inundação, tornando-as menos vulneráveis aos diversos impactos causados por desastres hidrológicos;

IX. Construção de abrigos temporários com boas condições de infraestrutura, acesso à água e à banheiros para os desabrigados das enchentes;

X. Criação de programa social de distribuição de água mineral para as famílias de baixa renda, para evitar o consumo de água contaminada;

XI. Investimento em programas sociais de saúde pública, com a prevenção de doenças relacionadas à ocorrência de eventos climáticos extremos, como as inundações e temperaturas extremas;

XII. Promover o debate em escolas e universidades sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde, em especial para os cuidados com as doenças diarreicas;

XIII. Criar projeto de arborização na área urbana da cidade para diminuir os impactos das altas temperaturas.

Por tanto, tais recomendações apresentadas são de extrema importância para promover o bem-estar social e a qualidade de vida da população, buscando a prevenção não somente das DDA, mas também de outras doenças associadas.

Em síntese esta seção buscou identificar as áreas de maiores vulnerabilidades as Doenças Diarreicas Agudas e a sua distribuição geográfica, assim como, com base nas informações levantadas e mapeadas, apresentar medidas de proposições as políticas públicas para subsidiar ações em saúde pública no município de estudo.

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fonte: Costa (2024)

A relação entre clima e saúde é complexa e multidisciplinar; diante disso, atribui-se extrema importância à compreensão das variáveis climáticas como elementos relevantes e potencializadores no processo saúde-doença.

Esta dissertação possibilitou analisar o contexto das Doenças Diarreicas Agudas (DDA) sob diferentes abordagens no município de Bacabal, promovendo uma discussão ampla acerca dos múltiplos fatores que contribuem para a configuração de territórios vulneráveis à saúde.

Entretanto, o foco principal da pesquisa foi entender de que forma a dinâmica climática e a ocorrência de eventos de inundação atuam como fatores potencializadores na incidência de doenças diarreicas. Para isso, inicialmente, foi necessário discutir e compreender as características climáticas da área de estudo e como, associadas aos extremos pluviométricos, resultam em eventos de inundação.

Baseando-se nos dados da série histórica das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a cidade é caracterizada por dois períodos bem definidos: um chuvoso (dezembro a maio) e outro de estiagem (junho a novembro), sendo março considerado o mês mais chuvoso. A normal climatológica para o período de 1991 a 2020 aponta que a precipitação total média anual é de 1774,4 mm, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) o principal sistema meteorológico responsável pela geração das chuvas. O trimestre composto pelos meses de setembro, outubro e novembro foi identificado como o mais quente, com médias acima de 36º C.

Foram analisados também os impactos dos eventos hidrometeorológicos no município, diante da recorrência de inundações no período de 2009 a 2023. Com base nos dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024), nesse período, 60% dos desastres ocorridos em Bacabal foram relacionados às inundações e 40% às chuvas intensas, totalizando 44.064 mil pessoas atingidas, das quais 20.080 mil ficaram desabrigadas ou desalojadas, sendo os bairros Trizidela e Presídio os mais impactados.

Estudar essa relação entre clima e inundações é essencial para compreender os impactos desses desastres na saúde da população, visto que diversas doenças estão associadas à contaminação da água e de alimentos após esses eventos. As inundações podem agravar o surgimento de doenças de origem hídrica, uma vez que comprometem a distribuição e a qualidade da água em locais onde o sistema de saneamento básico é precário. Além disso, o contato com a água das áreas alagadas pode ser um meio de contaminação por doenças infecciosas (como leptospirose, cólera, hepatite e diarreias) e dermatológicas.

A outra etapa da pesquisa consistiu em analisar os casos de doenças diarreicas. Dessa forma, de 2009 a 2023, foram registrados 27.740 atendimentos hospitalares por doenças diarreicas. Observou-se que, a partir de 2019, houve um crescimento anual no número de casos, saltando de 628 em 2017 para 1.123 em 2019. Nos anos seguintes, os números foram ainda maiores, chegando a 3.358 casos em 2023.

De acordo com os dados obtidos pelo SIVEP-DDA, a faixa etária acima de 10 anos é a mais acometida (38%), seguida pela faixa de 1 a 4 anos (31%). Entretanto, destaca-se que não é possível identificar, dentro da faixa acima de 10 anos, quais grupos são mais vulneráveis, pois o programa de Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas não apresenta distinção dos dados nessa faixa etária, agrupando todas as informações em um único grupo.

Durante todo o ano, são notificados casos de atendimentos hospitalares por doenças diarreicas. Entretanto, observou-se que os picos de atendimentos ocorrem nas primeiras semanas do ano (entre a primeira e a 20ª semana epidemiológica), período que corresponde ao período chuvoso na região. Já nos meses de estiagem, há uma diminuição no número de casos. Contudo, as notificações nesse período podem estar relacionadas a fatores como condições precárias de saneamento básico, falta de higiene pessoal e consumo de alimentos contaminados.

Como apontado, os dados da série histórica de 2009 a 2023 para DDA confirmam que 59% dos casos de doenças foram registrados no período chuvoso; em contrapartida, os outros 41% ocorreram no período de estiagem. Essa maior concentração dos casos no período chuvoso pode estar também relacionada ao aumento da circulação de vetores transmissores de patógenos causadores de infecções gastrointestinais, como as moscas (*Musca domestica*), causadora da doença conhecida popularmente como “Virose da Mosca”, e à proliferação de rotavírus, causadores de outras viroses.

No que tange às medidas de associação entre as variáveis climáticas e hidrológicas na dinâmica dos casos de atendimentos por doenças diarreicas em Bacabal, os resultados estatísticos da Correlação de Pearson indicaram que as variáveis climáticas umidade do ar ($r = 0,32$) e precipitação ($r = 0,24$) apresentaram as melhores correlações positivas, embora consideradas fracas. Por outro lado, a temperatura máxima média ($r = -0,17$) e a temperatura máxima observada ($r = -0,31$) apresentaram correlação negativa fraca. A variável hidrológica cota do rio ($r = 0,28$) registrou correlação positiva fraca.

Visando identificar, ainda, como as variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico influenciam a variabilidade climática de Bacabal, e se há impactos

na saúde, especialmente nas doenças diarreicas, foram analisados os dados mensais dos índices climáticos das quatro regiões do fenômeno El Niño. Os resultados indicaram que a precipitação em Bacabal apresentou correlação positiva forte com a região Niño 1.2 (r = 0,73) e correlação moderada com a região Niño 3 (r = 0,35). Observou-se também que a umidade do ar apresentou correlação positiva forte com o Niño 1.2 (r = 0,69) e moderada com o Niño 3 (r = 0,39). Já a temperatura máxima do ar apresentou correlação negativa moderada com a região Niño 1.2 (r = -0,52), enquanto a temperatura mínima teve correlação moderada com a região Niño 4 (r = 0,42).

Para os casos de internação por diarreia, a maior correlação foi observada com a região Niño 1.2 (r = 0,19). Apesar de considerada fraca, esse resultado foi avaliado como satisfatório, tendo em vista as múltiplas causalidades envolvidas no acometimento da doença. Quando analisados por meio da Regressão Múltipla, os dados de internação por diarreia em relação a todas as regiões do Niño, o modelo apresentou significância estatística, com um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,1309$. Isso indica que as variações da TSM nas regiões do Niño explicam 13,09% dos casos da doença, revelando um valor significativo dentro da complexidade do tema. Tais resultados são considerados relevantes para esta pesquisa, abrindo novas possibilidades de debate sobre a influência dos fenômenos El Niño e La Niña no aumento de casos de doenças infecciosas, uma vez que esses eventos já são reconhecidos por afetarem padrões climáticos em diversas regiões do globo.

Para pesquisas futuras na temática, sugerimos testar outras técnicas estatísticas diferentes daquelas utilizadas nesse trabalho, para identificar quais as mais adequadas para esse tipo de análise. Por questão metodológica e de tempo da pesquisa, optou-se por trabalhar apenas com a Correlação de Pearson e a Regressão Múltipla, mas podem ser inseridos no contexto outros testes mais robustos, como exemplo: a Regressão Binominal Negativa e a Correlação de Spearman.

Outro ponto abordado nesta dissertação foi a identificação *in loco* do grau de contaminação da água em áreas sujeitas à inundação. A análise microbiológica revelou elevados níveis de coliformes totais (>2.400 NMP/100 ml) e a presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) em todos os seis pontos investigados, sendo os pontos P01 e P04 os mais críticos. A contaminação da água nessas áreas de risco pode ser considerada um impacto secundário da variabilidade hidroclimática em Bacabal, podendo interferir diretamente na saúde da população exposta a esses ambientes.

Como produto final da pesquisa, elaborou-se uma cartografia de síntese do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda. Esse instrumento teve como objetivo mapear as áreas de maior vulnerabilidade socioambiental às doenças diarreicas, com base em indicadores previamente definidos, em consultas bibliográficas e em dados do censo de 2022.

Tal análise permitiu ampliar a avaliação dos fatores de risco à saúde em Bacabal, considerando as principais características do saneamento básico e das condições sociais da área de estudo. Essa seção da dissertação foi essencial para a compreensão dos problemas estruturais enfrentados pelo município, evidenciando que a distribuição dos casos de doenças diarreicas extrapola os fatores climáticos e hidrológicos. Tais doenças também refletem os padrões de ocupação humana e as condições sociodemográficas da população, os quais a colocam em situações de risco e vulnerabilidade.

Dessa forma, os indicadores selecionados para compor o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda foram: abastecimento de água, fonte de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos (lixo), características dos moradores e índice de alfabetização.

O mapeamento final do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) à Diarreia Aguda evidenciou que as áreas classificadas como de média a muito alta vulnerabilidade concentram-se, predominantemente, na zona rural do município. Essas áreas apresentaram os maiores valores de IVS por serem caracterizados por baixa cobertura de serviços de saneamento básico, o que eleva significativamente os riscos de contaminação e propagação de doenças diarreicas.

Por outro lado, as áreas classificadas como de baixa a muito baixa vulnerabilidade estão localizadas, em sua maioria, dentro dos limites da zona urbana de Bacabal. Esses bairros recebem maior cobertura dos serviços de saneamento básico. No entanto, apesar da aparente vantagem, persistem diversas limitações e recorrentes reclamações quanto à qualidade e à regularidade dos serviços ofertados.

Destaca-se que, para além das atividades desenvolvidas em gabinete, os trabalhos de campo foram fundamentais para o andamento desta pesquisa. Por meio das frequentes visitas ao município de Bacabal, foi possível estabelecer contato direto com a realidade local e dialogar com diversos atores sociais que se mostraram essenciais para a compreensão do contexto investigado. Estar presente no *lócus* de pesquisa possibilitou à pesquisadora não apenas observar, mas vivenciar múltiplas dimensões das condições socioambientais da cidade, imersão

que contribuiu significativamente para o aprimoramento de sua percepção crítica e sensível acerca das dinâmicas sociais e ambientais do lugar.

Realizar uma pesquisa é uma tarefa árdua, permeada por diversos desafios. Nesse espaço, destacam-se as principais limitações enfrentadas ao longo do desenvolvimento desta dissertação. A maior dificuldade foi o acesso aos dados sobre internações e atendimentos hospitalares por doenças diarreicas, organizados por setores censitários ou bairros. Diversos ofícios foram enviados à Secretaria Municipal de Saúde, desde o ano de 2023 até a conclusão da pesquisa, em 2025, sem que houvesse qualquer retorno. Também foi realizada solicitação formal de dados por meio do E-SIC da Prefeitura Municipal de Bacabal, igualmente sem sucesso.

Devido à ausência de respostas aos ofícios enviados, a equipe executora dirigiu-se presencialmente à Secretaria Municipal de Saúde, especificamente ao setor de Vigilância Epidemiológica, mas também não obteve acesso às informações solicitadas. Foram feitas diversas tentativas de obtenção detalhada dos dados, todas sem êxito. Essa limitação impossibilitou a espacialização dos casos de doenças diarreicas, restringindo a análise voltada à identificação das áreas mais críticas e à compreensão dos fatores que levaram ao aumento dos casos nos últimos anos.

As fontes oficiais de dados, como o DATASUS e o SIVEP-DDA, não disponibilizam registros de doenças diarreicas agregados por setores censitários ou bairros, o que dificultou ainda mais a análise espacial. Outra limitação enfrentada foi a indisponibilidade de informações sistematizadas sobre os bairros ou setores censitários que foram atingidos por inundações no período de 2009 a 2023. A Defesa Civil Municipal dispunha apenas de registros parciais, referentes aos anos de 2020 a 2022, e mesmo estes estavam incompletos.

Outra questão foi a disponibilidade dos dados do censo de 2022, pois, como as análises do censo não foram concluídas até a finalização desta pesquisa, foi necessário realizar uma adaptação na seleção dos indicadores da cartografia de síntese do IVS à Diarreia Aguda para poder aplicar a metodologia. Nesse caso, não foi possível analisar a renda familiar, em decorrência da falta de dados disponíveis para o uso. Assim, foram agregadas mais variáveis para ponderar os pesos e melhorar a qualidade do mapeamento.

O acesso a essas informações, caso tivesse sido viabilizado, poderia ter gerado resultados mais robustos e ampliado significativamente o campo de análise, especialmente no que diz respeito à identificação dos bairros mais afetados pela doença. Esses dados seriam fundamentais para subsidiar ações mais direcionadas, como campanhas de sensibilização

voltadas aos cuidados com a higiene pessoal, o preparo e armazenamento dos alimentos, o manuseio adequado do lixo doméstico e outras formas de prevenção das DDA. Além disso, tais ações preventivas estariam alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sobretudo o ODS 3 – Saúde e Bem-Estar e o ODS 6 – Água Potável e Saneamento.

Apesar das limitações no acesso aos dados, foi possível alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa e apresentar informações relevantes para o município de Bacabal, além de contribuir para o avanço de investigações na área da Climatologia e Bioclimatologia. Conclui-se que os resultados obtidos foram satisfatórios em relação à hipótese levantada, evidenciando uma possível correlação entre os casos de doenças diarreicas e variáveis hidroclimáticas.

Os estudos dedicados à relação entre clima e saúde são de extrema importância para compreender como fatores ambientais e sociais interagem e influenciam o desenvolvimento de doenças em seres humanos. Tais investigações ajudam a identificar correlações entre as variáveis que afetam a saúde pública, permitindo uma análise mais aprofundada dos agravos em diferentes contextos geográficos. Entender essas dinâmicas é crucial para a formulação de políticas públicas eficazes e para a prevenção de doenças relacionadas às mudanças climáticas e às condições socioambientais.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. **Pelas lentes da climatologia e da saúde pública**: doenças hídricas e respiratórias na cidade de Ribeirão Preto/SP. Tese de Doutorado (Curso de Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP. 2012.

ALEIXO, Natascha Cíntia Regina; SANT´ANNA NETO, João Lima. Clima e Saúde: Diálogos Geográficos/Climate and Health: Geographic Dialogues. **Revista GEONORTE**. v.8, n.30. p.78-103, 2017. DOI https://doi.org/10.21170/geonorte.2017.V.8.N.30.78.103 . Disponível em https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/4070. 01.ago.2023.

ALEIXO, Natascha Cíntia Regina; MURARA, Pedro Germano dos Santos. Aportes Geográficos na Bioclimatologia humana: conjuntura, técnicas estatísticas e interações. In: ALEIXO, Natascha Cíntia Regina; MURARA, Pedro Germano dos Santos (Org.). **Clima e Saúde no Brasil**. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2020.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; SANT´ANNA NETO, João Lima; CUNHA, Lúcio. Análise comparativa sobre os estudos bioclimáticos no Brasil e em Portugal: articulações e desafios. Coimbra, **Caderno de Geografia**, n.32, 2013. Disponível em: https://ap1.sib.uc.pt/handle/10316.2/30193. Acesso em: 10.jan.2025.

ALMEIDA, H. A. **Relação entre o fenômeno El Niño- Oscilação Sul e a ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia**. CEPLAC/CEPEC: Ilhéus, 2002. Boletim Técnico n. 183. 22p. Disponível em: https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/482 . Acesso em: 10.mar.2025.

ALVES, Josélia. **Quando a rua vira rio: vulnerabilidade socioambiental urbana**. Curitiba, PR: Appis Editora, 2017.

ASMUS, Gabriela Farias. **Vulnerabilidade em saúde no contexto de mudanças ambientais**: o caso das Doenças de Transmissão Hídrica em Caraguatatuba, Litoral Norte – SP. Tese de Doutorado (Ambiente e Sociedade) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2014.

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. 4. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand, 1996. Disponível em: https://www2.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoade-j-o-_introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf .

BARROS, Juliana Ramalho. **Tipos de tempo e incidência de doenças Respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal**. Tese de Doutorado (Curso de Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 2006.

BARROS, Juliana Ramalho. **A chuva no Distrito Federal**: **o regime e as excepcionalidades do ritmo**. Dissertação (Curso de Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 2003.

BARROS, Juliana Ramalho. Abordagens teórico-metodológicas sobre a relação entre clima e saúde na Geografia. interações. In: ALEIXO, Natascha Cíntia Regina; MURARA, Pedro Germano dos Santos (Org.). **Clima e Saúde no Brasil**. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2020.

BARCELLOS, Christovam; et al. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 18(3):285-304, jul-set, 2009. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742009000300011. Acesso em: 01.ago.2023.

BRASIL. **Lei nº 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm.

BRASIL- Ministério da Saúde. **Capacitação em monitorização das doenças diarreicas agudas-MDDA**.1ª Ed. Brasília-DF, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/capacitacao_monitoramento_diarreicas_treinando.pdf . Acesso em:10.nov.2023.

BRASIL- Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde. 3ª ed**. Brasília-DF, Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_3ed.pdf . Acesso em: 15.jan.2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm . Acesso em: 04.abr.2025.

BROWN, Lisa; MURRAY, Virginia. ***Examining the relationship between infectious diseases and flooding in Europe: A systematic literature review and summary of possible public health interventions***. v.1, n.2. 2013. DOI 10.4161/dish.25216. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28228994/ . Acesso em: 05 fev.2024.

BUFFON, Elaiz Aparecida Mensch; MENDONÇA, Francisco de Assis. Análise integrada da vulnerabilidade à diarreia aguda em Curitiba. **Confins**. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia, n. 33, 2017. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/12610 . Acesso em:20.nov.2023.

BUFFON, Elaiz Aparecida Mensch. **A leptospirose humana no AU-RMC (Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR) –risco e vulnerabilidade socioambiental**. Dissertação de Mestrado (Curso de Geografia) - Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, PR, 2016.

CASTRO, Marcela Beleza de**. Risco e vulnerabilidade socioambiental à diarreia aguda em Manaus-AM**. Dissertação (Curso de Geografia) - Universidade Federal do Amazonas-UFAM. Manaus-AM, 2021. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8175. Acesso em: 12.dez.2023.

CARTIER, Ruy et al. **Vulnerabilidade social e risco ambiental**: **uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental**. Cadernos de Saúde Pública, v. 25, p. 2695-2704, 2009. Disponível em: https://www.scielosp.org/article/csp/2009.v25n12/2695-2704/ . Acesso em: 15.abr.2025.

CARDOSO, Emanuele Sousa; ERICEIRA, José Franciel Vieira. **Consequências socioambientais devido à má disposição dos resíduos sólidos na cidade de Bacabal/MA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Biologia) - Universidade Federal do Maranhão. Bacabal, MA. 2017.

CERQUEIRA, Andrea Helena Machado dos Santos; et al. A influência da precipitação pluviométrica nos níveis do Rio Mearim-MA, Brasil, e seus impactos sociais em 2009. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 17, n. 55, p. e1420-e1420, 2024. Disponível em: https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1420/1156. Acesso em: 20 jul.2024.

CONFALONIERI, Ulisses E.C.; MARINHO, Diana P**. Mudança climática global e saúde**: **perspectivas para o Brasil. Revista Multiciência**, v. 8, p. 48-64, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266456817_Mudanca_Climatica_Global_e_Saude_Perspectivas_para_o_Brasil. Acesso em: 29 dez.2023.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – CODEVASF. **Plano Nascente Mearim: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Mearim**. In: PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; *et al* (Org.) Brasília, DF: CODEVASF, 2019.

CONTI, José Bueno. Geografia e Climatologia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 5, n. 1, p. 91-95, 2001. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123516. Acesso em: 20 mar.2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA. **Resolução n° 357, DE 17 de Março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf .

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA. **Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000 que classifica as águas doces, salobras e salinas e determina os limites e categorias de balneabilidade**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2000/res_conama_274_2000_parametrosambientaisqualidadedasaguas.pdf .

CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Segurança hídrica no estado do Maranhão: cadastramento de poços tubulares no município de Bacabal**. Rio de Janeiro, RJ: Serviço Geológico do Brasil-SGB- CPRM, 2024. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24951 . Acesso em: 20. fev.2025.

CUTTER, Susan L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59-69, 2011. Disponível em: https://journals.openedition.org/rccs/165 . Acesso em: 15. abr.2025.

DIAS, Luiz Jorge Bezerra; COSTA, Alana Pereira. **Análise das Condições Climáticas do Estado do Maranhão entre Janeiro e Junho de 2020**. São Luis, MA: IMESC, 2020. Disponível em: https://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/d0a63efcd51345838f71908a39daaaa7.pdf . Acesso em: 20 set.2023.

FARIAS, Marcelino Silva Filho et al. Análise da produção agrícola no município de Bacabal, MA. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 806-815, 2019. DOI https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.533. Disponível em: https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/533. Acesso em: 02 mai.2024.

FERNANDES, Roraima Silva. **Uso e ocupação desordenados do solo urbano em Bacabal, Maranhão: O caso do bairro Pantanal**. Dissertação de Mestrado (Curso de Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão. São Luís-MA, 2020.

FERREIRA, Marcelo Urbano. **Epidemiologia e Geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre**. v.7, n.4. 1991. Disponível em: https://cadernos.ensp.fiocruz.br/ojs/index.php/csp/article/view/328/656. Acesso em: 24 jan.2024.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre A Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**.v,1. n,1. 2005. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13436/6861. Acesso em: 28 mar.2024.

FONSECA, Paula Andrea Morelli. **Influência de variáveis hidro-climáticas na ocorrência de diarreias em menores de 5 anos na Amazônia Ocidental**. Tese de Doutorado (Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, 2018. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12962. Acesso em:20.nov.2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE- FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3ª Ed. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/residuos/Manual%20de%20Saneamento.pdf . Acesso em: 13 out.2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE- FUNASA. **Manual de Saneamento**. 5ª Ed. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica Acesso em: 13 out.2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE- FUNASA. **Manual prático de análise de água**. 4ªEd. Brasília, DF: FUNASA, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf . Acesso em: 05 mai.2024.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE- FUNASA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Abastecimento de água potável**. Brasília, DF: FUNASA, 2016. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2016/09/PMSB.pdf . 05. abr.2025.

GALVANI, Emerson**.** Considerações acerca dos estudos bioclimáticos. Geografias de São Paulo: A Metrópole do Século XXI. São Paulo: **Contexto**. p. 221-229, 2004. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/001413618 . Acesso em: 17 jan.2024.

GLOPLAY. **Moradores enfrentam há dias a falta d'água nas torneiras em Bacabal, MA.** Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/4973792/ .

GLOBO.COM. **Moradores contam drama da enchente no Maranhão, 2009**. Disponível em: https://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1092321-5598,00-MORADORES+CONTAM+DRAMA+DA+ENCHENTE+NO+MARANHAO.html . Acesso em: 20 mai.2024.

GREGHI, Simone de Queiróz. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de coliforme totais e coliforme fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos**. Dissertação (Curso de Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2005.

GOUDARD, Gabriela. **Interações oceano-atmosfera e efeitos na variabilidade pluvial do Clima Subtropical Brasileiro**. Tese de Doutorado (Curso de Geografia) - Universidade Federal do Estado do Paraná (UFPR), Curitiba- PR, 2023.

GOBO, João Paulo de Assis. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013. Tese de Doutorado (Curso de Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRACIE, Renata; et al. Desastres, infraestrutura de saneamento e relações com a saúde. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; LIMA E SILA, Eliane (Org.). **Mudanças Climáticas, Desastres e Saúde**. Rio de Janeiro, RJ: Fiocruz, 2022.

GUIMARÃES, Raul Borges. **Saúde: fundamentos de geografia humana**. São Paulo, SP. Editora UNESP, 2015. Disponível em: https://books.scielo.org/id/4xpyq . Acesso em: 30 jan.2024.

G1- MARANHÃO. **Se tivesse outra casa, não estaria nessa situação', desabrigado pelas chuvas no Maranhão conta os dias para recomeçar a vida**. Disponível em: https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/04/13/se-tivesse-outra-casa-nao-estaria-nessa-situacao-desabrigado-pelas-chuvas-no-maranhao-conta-os-dias-para-recomecar-a-vida.ghtml.

G1- MARANHÃO. **Famílias ameaçadas com enchentes na região do Rio Mearim, no Maranhão**. 2018. Disponível em: https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/familias-ameacadas-com-enchentes-na-regiao-do-rio-mearim-no-maranhao.ghtml.

G1- MARANHÃO. **Moradores de bairro de Bacabal reclamam de falta d'água. Disponível em:** https://g1.globo.com/ma/maranhao/videos-bom-dia-mirante/video/moradores-de-bairro-de-bacabal-reclamam-de-falta-dagua-2047914.ghtml .

IKEFUTI, Priscilla Venâncio. **Associação entre variáveis meteorológicas, índice climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (acidente vascular cerebral e embolia pulmonar) no município de São Paulo-SP**. Tese Doutorado (Curso de Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Cidades e Estados: Bacabal**. 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/bacabal.html . Acesso em: 05.mai.2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Pesquisa: série histórica de dados de 2009 a 2023**. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/#.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS- IMESC. **REGIÕES DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO MARANHÃO: proposta avançada**. São Luís, MA: IMESC, 2020. Disponível em: https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/proposta/347 . Acesso em: 30 nov.2023.

INTERGOVERMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPPC. **Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC): Aquecimento Global de 1,5 °C**. Original, em inglês, publicado pelo IPCC em outubro de 2018, Suíça. Versão em português publicada pelo MCTIC em julho de 2019, Brasil. Brasília-DF,2019. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc .

INTERGOVERMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPPC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf . Acesso em: 05 fev.2024.

INTERGOVERMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPPC. **Perguntas frequentes: O que é mudança climática?** Disponível em: https://www.ipcc.ch/help/frequently-asked-questions/ . Acesso em: 09.set.2025.

JESUS, Emanuel Reis Fernando. Interface entre a Climatologia e a Epidemiologia: uma abordagem geográfica. **GeoTextos**, v.6, n.2, 2010. Disponível em: https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/4837 . Acesso em: 18 fev.2024.

JUNQUEIRA, Renata Dias. Geografia Médica e Geografia da Saúde. **HYGEIA: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. v.5, n.8. p. 1-10. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16931 . Acesso em: 16 jan.2024.

KAYANO, Mary Toshio; ANDREOLI, Rita Valéria. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CALVACANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; et al. (Org.)**. Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos; SANTOS, Nayara Marques; SANTOS, Shirley Cristina. **Catástrofes Naturais no Estado do Maranhão: Municípios afetados pelas enchentes do**

rio Mearim. Anais do Encontro de Geógrafos da América Latina. Lima, Peru. 2013. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Proteccioncivil/02.pdf . Acesso em: 10 nov.2023.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos. **Vulnerabilidade e risco de movimento de massa no município de São Luís-MA (Brasil)**. Dissertação de Mestrado (Curso de Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8ª Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARIN, Fábio R.; ASSAD, Eduardo D.; PILAU, F. A. **Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais**. Campinas, SP. Embrapa Informática, 2008. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/31891/clima-e-ambiente-introducao-a-climatologia-para-ciencias-ambientais . Acesso em: 09.set.2025.

MENDONÇA, Francisco. Mudanças climáticas e saúde humana: concepções, desafios e particularidades do mundo tropical. In: Murara, Pedro Germano dos Santos; ALEIXO, Natacha Cíntia Regina (Org.) **Clima e Saúde no Brasil**.1. ed. Jundiaí- SP: Paco Editorial, 2020.

MENDONÇA, Francisco. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010. DOI 10.4215/RM2010.0901.0010. Disponível em: http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/538 . Acesso em: 11 dez.2023.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, Francisco. Aspectos da interação clima-ambiente- Saúde humana: da relação Sociedade-natureza à (in) sustentabilidade ambiental. **RA'E GA–O espaço geográfico em análise**, v. 4, n. 4, p. 85-100, 2000.
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/raega.v4i0.3341. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3341. Acesso em: 29 dez.2023.

MENESES, Ana M. B. **Noções básicas de Epidemiologia**. In: Silva LCC; Menezes AMB (Org). Epidemiologia das doenças respiratórias v,1. 2001.Disponível em: https://bichosonline.vet.br/wp-content/uploads/2017/06/nocoes-de-epidemiologia.pdf . 02 fev.2024.

MENESES, Leonardo Alves. **A implantação da Estação de Tratamento de Esgoto no bairro Novo Bacabal: um caso de injustiça ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Sociologia), Universidade Federal do Maranhão. Bacabal-MA, 2018.

MELO, Anna Bárbara C.; CAVALCANTI, Iracema F. A; SOUZA, Paula Pereira. **Zona de Convergência Intertropical do Atlântico**. In: CALVACANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; et al. (Org.)**. Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças diarreicas agudas: Situação epidemiológica**. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda/situacao-epidemiologica . Acesso em:11.jan.2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças diarreicas agudas: sobre as DDA**. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda. Acesso em: 15 jan.2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Mudanças climáticas para profissionais de saúde: guia de bolso**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/guia-mudancas-climaticas-para-profissionais-da-saude.pdf . Acesso em: 15. fev.2025.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. A Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**. 2017. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/51873/33551. Acesso em: 06. jan.2025.

MONTOYA, María Patricia Arbeláez et al. Indicadores de saúde ambiental para a tomada de decisões. In: GALVÃO, LAC; FINKELMAN, J.; HENAO, S. (Org.) **Determinantes ambientais e sociais da saúde**. Washington, DC: Opas, p. 155-181, 2011.

MURARA, Pedro Germano dos Santos. **Variabilidade Climática e Doenças Circulatórias e Respiratórias em Florianópolis (SC): uma contribuição à Climatologia Médica**. Dissertação (Curso de Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012.

MURARA, Pedro. Uma proposta de análise da vulnerabilidade sob a perspectiva geográfica. In. MOURA, Marcelo de Oliveira; LUCENA, Daisy Beserra (Org.). **RISCOS, VULNERABILIDADES E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS: concepções e estudos de caso**. João Pessoa-PB, Editora UFPB, 2023.Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2023/08/riscos_vulnerabilidades_desastres.pdf

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2025. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs.

NOGUEIRA, Helena; REMOALDO, Paula Cristina. **Olhares Geográficos sobre a saúde**. Lisboa. Edições Colibri. 2010. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/12442 . Acesso em: 16 jan.2024.

NOAA- *National Oceanic and Atmospheric Administration*. **El Niño Oscilação Sul.** Disponível em: https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/technical-discussion . Acesso: 30.nov.2024.

NOVAIS, Giuliano Tostes; MACHADO, Lilian Aline. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 1-39, 2023. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16163 . Acesso em: 10.jun.2024.

NOVAIS, Giuliano Tostes. Climas do Brasil: classificação climática e aplicações. Porto Alegre, RS: **Editora Totalbooks**, 2023. Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/11Nzt_WSMTbJU2QrOt4WGR18iqq0vJEpM/view . Acesso em: 10.jun.2024.

NUNES, Ana Tereza de Sousa. **Incidência de Doenças Diarreicas Agudas no município de São Luís, Maranhão, Brasil**. Dissertação (Curso de Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís -MA, 2017. Disponível em: https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/1964.

NUNES, Barbara Beatriz da Silva; MENDES, Paulo Cezar. Clima, Ambiente e Saúde: um resgate histórico. **Caminhos da Geografia**. v.13, n.42. p.258 – 269, 2012. DOI https://doi.org/10.14393/RCG134217840 . Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/17840 . Acesso em: 20 mar.2024.

OGASHAWARA, Igor. Análise rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. Barra do Garças, MT. v2, n.2, p 57 - 72. 2012. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4814 . Acesso em: 03 jan.2024.

OMS- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Public Health Situation Analysis: El Niño Global Climate Event Covering July-September 2023**. 2023.Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/public-health-situation-analysis--el-ni-o . Acesso em: 07.abr.2025.

OPAS- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Ministério da Saúde. **Mudança Climática e Saúde: um perfil do Brasi**l. Brasília -DF: OPAS, 2009. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/mudanca_climatica_saude.pdf . Acesso em: 10.nov.2023.

PEREIRA, André da Silva; MARCA, Luan; FILHO, Edson Jesus de Paiva Silva**. Regressão Linear Simples e Múltipla no R-Studio**. Universidade de Passo Fundo (UFP). Passo Fundo-RS, 2021. Disponível em: https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/texto-05-2021.pdf.

PEITER, Paulo César; et al. Espaço geográfico e Epidemiologia. In: SANTOS, Simone M.; BARCELLOS, Christovam (Org.). **Abordagens espaciais na saúde pública**. Brasília, DF. Ministério da Saúde e Fundação Oswaldo Cruz, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/serie_geoproc_vol_1.pdf . Acesso em: 10 nov.2023.

PORTELA, Regilene Alves et al. Comportamento das doenças diarreicas nas mudanças sazonais no município de Campina Grande-PB. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 9, n. 17, 2013. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/cbf6/2ab5c6a03696b841d422204c229ba1546f1e.pdf . Acesso em: 18.jan.2025.

PREFEITURA DE BACABAL- **Dados do município**. Disponível em: https://www.bacabal.ma.gov.br/dados-do-municipio.

PREFEITURA DE BACABAL- **Inventário turístico: atrativos e produtos da cidade de Bacabal, Maranhão**. Bacabal, MA. SEBRAE-MA, 2021. Disponível em: https://www.bacabal.ma.gov.br/uploads/PDF/2022/08/inventario-turistic-516.pdf.

RAZZOLINI, Maria Tereza Pepe; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água**. Saúde e sociedade, v. 17, p. 21-32, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sausoc/a/TwcKDnkwdMQQGxNX4fjmMsd/ . Acesso em: 02 mai.2024.

RONY, Bigode Karim Khan; *et al*. **Impact of El Niño on public health and its preparedness measures**. Bulletin of the National Research Centre, n.4. 2024. Disponível em: https://bnrc.springeropen.com/articles/10.1186/s42269-023-01160-4 Acesso em: 10.abr.2025.

RUMSEY, Deborah J. **Estatística para Leigos**. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2019. *E-book.* ISBN 9786555200409. Disponível em: https://integrada.minhabioteca.com.br/#/books/9786555200409/. Acesso em: 12 jul. 2024.

RUFINO, Renata et al. Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde–Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 777-788, 2016. Doi: https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.17002015 Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/sQPTg5j4qQS47dsJVrX9DRK/ . Acesso em: 24.nov.2024.

SALINI, Micheline Finatto. **A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul – ENOS (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações no vale do Taquari – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) - UNIVATES, Lajeado -RS, 2011.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/9701 .Acesso em: 12.fev.2025.

SANTANA, Paula. **Introdução á Geografia da Saúde: território e bem-estar**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paula-Santana/publication/270448403_Introducao_a_Geografia_da_Saude_Territorio_Saude_e_Bem-Estar/links/550c5c600cf275261095e6ee/Introducao-a-Geografia- . Acesso em: 16 jan.2024.

SANT´ANNA NETO, João Lima. Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima Gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno Geográfico. **Revista ANPEGE**. v.4, n.4. 2008. DOI https://doi.org/10.5418/RA2008.0404.0004. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6599 . Acesso em: 12 jan.2024.

SANT´ANNA NETO, João Lima. **História da Climatologia no Brasil: Gênese, Paradigmas e a Construção de uma Geografia do Clima**. Presidente Prudente, SP. FCT/UNESP, 2001. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~feltrim/GB805%20-%20Climatologia/Aula%2001%20-

%20Conceitos%20iniciais/Textos%20de%20apoio/Historia%20da%20Climatologia.pdf . Acesso em: 17 dez. 2023.

SANTOS, Flávia de Oliveira. Geografia Médica ou Geografia da Saúde? Uma reflexão. **Caderno Prudentino de Geografia**.v.1, n.32, p.41-51. 2010. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7468 . Acesso em: 11 jan.2024.

SANTOS, André Gonçalves; MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Variabilidade pluviométrica do Brasil associada à oscilação da pressão em Tahiti. **Revista de Geografia** (UFPE) V. 31, No. 2, 2014.

SANCHES, Rafael Grecco; PEREIRA, Diego Narciso Buarque. Climatologia: contribuições à dinâmica climática. *In* (Org.) VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; TECH, Adriano Rogério Bruno; NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. São Carlos: RiMa Editora, 2020.

SENA, Aderita; CORVALÁN, Carlos. A Inter-relação entre Mudança do Clima, Desastres e Saúde Coletiva. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; SILVA, Eliane Lima (Org.). **Mudanças Climáticas, Desastres e Saúde**. Rio de Janeiro – RJ. Fiocruz, 2022.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DAS DDA - SIVEP/DDA. Ministério da Saúde. **Painel de Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas: dados de DDA.** Disponível em: https://public.tableau.com/app/profile/dda.brasil/viz/MonitoramentodasDDA/1-MonitoramentoBrasil2024.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÃO SOBRE DESASTRES -S2ID. **Atlas Digital de desastres no Brasil**. 2024. Disponível em: https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml. Acesso em: 20 mai.2024.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Painel Saneamento Brasil: município de Bacabal (MA)**. 2022. Disponível em: https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/evolucao?id=210120&L%5Bg%5D=1&L%5Bs%5D=11&L%5Bi%5D=MOR_COM_BAN%25 .

SILVA, Elizabeth Pessanha. **Produção do espaço e infraestrutura urbana em São Luís - MA: uma perspectiva de análise do Renascença II "o bairro mais desejado da cidade"**. Dissertação de Mestrado (Curso de Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, MA. 2024.

SIENA, Osmar; *et al*. **Metodologia da pesquisa científica: elementos para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos**. Belo Horizonte, MG. Editora Poisson, 2024. Disponível em: https://poisson.com.br/livros/individuais/Manual_de_Trabalho/Manual_de_Trabalho.pdf . Acesso em: 08.set.2025.

SNS- SECRETARIA NACIONAL DO SANEAMENTO. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-

snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf . Acesso em: 20.abr.2025.

SOARES, Mateus Ribeiro. **O desenvolvimento do espaço urbano em Bacabal: um olhar sobre o papel dos grandes agentes econômicos em sua trajetória**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Sociologia) - Universidade Federal do Maranhão, Bacabal, MA, 2018.

SOUZA, Camila Grosso; SANT´ANNA NETO, João Lima. Geografia da Saúde e Climatologia Médica: ensaios sobre a relação clima e vulnerabilidade. **HYGEIA: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 4, n. 6, 2008. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16891 . Acesso em: 13 fev.2024.

SOUZA, Christie André; REBOITA, Michelle Simões. Ferramenta para o monitoramento dos padrões de teleconexão na América do Sul. **Terrae Didática**, v. 17, p. e021009-e021009, 2021. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8663474/26388 .Acesso em: 10.jan.2025.

TRATA BRASIL. **Saneamento e doenças de veiculação hídrica*:* DATASUS e SNIS 2019**.Brasília-DF, 2021. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Sumario_Executivo_-_Saneamento_e_Saude_2021__2.pdf . Acesso em: 10 jun.2023.

TRIOLA, Mário F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2024. *E-book.* ISBN 9788521638780. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638780/. Acesso em: 25 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Mudança climática e saúde humana-riscos e respostas: resumo atualizado**. Brasília-DF: Organização Pan-Americana de Saúde, 2008. Disponível em: https://saude.sp.gov.br/resources/ccd/saude-ambiental/sumario_revisado_2008_internet_oms.pdf .

XAVIER, Diego Ricardo; CODEÇO, Cláudia; BARCELLOS, Christovam. Mudanças Climáticas, Inundações e Doenças: cruzando dados e construindo indicadores em Manaus. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; SILVA, Eliane Lima (Org.). **Mudanças Climáticas, Desastres e Saúde**. Rio de Janeiro, RJ. Fiocruz, 2022.

ZAVATTINI, Joao Afonso. **O paradigma da análise rítmica e a Climatologia Geográfica brasileira**. Revista Geografia, v.25, n.3, p. 25-44, 2000. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2068 . Acesso em: 30 out.2023.

ANEXO A- Resultados do material coletado das amostras de água

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Tecnologia Química
Programa Controle de Qualidade de Alimentos e Água

Av. dos Portugueses, s/nº **Fone/Fax : 3272-8675/8679**
CEP 65.080-040–São Luis–Maranhão–Brasil **e-mail: pcqaufma@yahoo.com.br**

LAUDO DE ANÁLISE **Nº 2429 / 2024**

SOLICITANTE: Brenda Soares da Silva Nunes da Costa

ENDEREÇO: Rua Pará, nº 30-A – Vila São Luís – São José de Ribamar - MA

AMOSTRA: Água de Rio

DATA DE ENTRADA DA AMOSTRA: Junho / 2024

DATA DE SAÍDA DO LAUDO: Julho / 2024

RESULTADOS
PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS
PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS / NMP / 100 ML

AMOSTRAS	RESULTADOS
P1 – Avenida Mearim (Bairro Trizidela)	> 2.400
P2 – Rua Maneco Mendes	> 2.400
P3 – Rua do Campo	> 2.400
P4 – Rua Antônio Lima	> 2.400
P5 – Rio Mearim	1.046
P6 – Avenida Jorge Mendonça	> 2.400

PESQUISA DE COLIFORMES ESCHERICHIA COLI / NMP / 100 ML

AMOSTRAS	RESULTADOS
P1 – Avenida Mearim (Bairro Trizidela)	818,4
P2 – Rua Maneco Mendes	160,7
P3 – Rua do Campo	686,7
P4 – Rua Antônio Lima	2.000
P5 – Rio Mearim	68,9
P6 – Avenida Jorge Mendonça	285,1

Observações:

Amostra coletada pelo Solicitante.

Responsável Técnico / Coordenadora:

Profª Dra. Adenilde Nascimento Mouchrek
Coordenadora do PCQA/UFMA
Matrícula 6396-7