

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA – CVRM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE – IEAA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FABIELLE DO NASCIMENTO BARBA

**IMPACTO DO EL NIÑO E LA NIÑA NO CONFORTO TÉRMICO NO SUL DO  
AMAZONAS**

HUMAITÁ-AM  
2023

FABIELLE DO NASCIMENTO BARBA

**IMPACTO DO EL NIÑO E LA NIÑA NO CONFORTO TÉRMICO NO SUL DO  
AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Carlos Alexandre Santos Querino.

HUMAITÁ-AM  
2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Barba, Fabielle do Nascimento  
B228i Impacto do El Niño e La Niña no conforto térmico no sul do Amazonas / Fabielle do Nascimento Barba . 2023  
51 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Alexandre Santos Querino  
TCC de Graduação (Engenharia Ambiental) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Anomalias climáticas. 2. Precipitação. 3. Temperatura ar . 4. Temperatura do oceano. I. Querino, Carlos Alexandre Santos. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FABIELLE DO NASCIMENTO BARBA

**IMPACTO DO EL NIÑO E LA NIÑA NO CONFORTO TÉRMICO NO SUL DO  
AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

---

PROF. Dr. CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO (ORIENTADOR)

---

PROF. Me. LUCIANO AUGUSTO SOUZA ROHLER (EXAMINADOR)

---

ENG. AMB. ME. LUIZ OCTÁVIO FABRÍCIO DOS SANTOS (EXAMINADOR)

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho a meus pais e meus irmãos, que partilham dessa vitória junto comigo. E a minha avó, que é, para mim o verdadeiro significado de força, resiliência, determinação em que posso me inspirar.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus, fonte de toda sabedoria e força, por me guiar e iluminar meu caminho ao longo desta jornada. Sua presença constante e suas bênçãos têm sido fundamentais em cada etapa da minha vida.*

*Quero expressar minha gratidão imensa aos meus pais, Fabiana e Elizan que sempre esteve me apoiando incondicionalmente nessa jornada. A meus irmãos, Sabrina e Darllan que sempre foram meu incentivo em crescer na vida, minha vó que sempre acreditou em mim e por fim minhas primas que deste do início estavam me incentivando e levantando minha confiança. O amor, incentivo e compreensão foram essenciais para eu me manter motivada durante todo esse processo. Vocês são meu porto seguro, e sou extremamente abençoada por tê-los ao meu lado.*

*Aos meus amigos, Maria Vitoria, Isaque, Hildeberto, Kamilla, Karoline e Natalice, verdadeiros companheiros de jornada, dedico uma gratidão especial. Vocês foram fundamentais para que eu não desistisse e sempre estiveram prontos para me animar nos momentos mais difíceis. Suas palavras de encorajamento, alegria e apoio fizeram toda a diferença. Sou eternamente grata pela amizade e confiança que temos compartilhado.*

*Gostaria de destacar, em particular, o apoio indispensável da Karoline Rabelo. Sua dedicação, paciência e valiosas contribuições foram imprescindíveis nessa reta final. Agradeço por seu tempo e esforço, por acreditar em mim e por sempre estar disponível para ler tudo em que não achava que estava bom. Sua colaboração foi inestimável.*

*Gostaria de agradecer ao Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera Atmosfera (GPIBA) em que me motivou a continuar minha jornada além da graduação, especialmente a meu orientador Carlos Querino pelos incentivos e ensinamentos, me acompanhando em um ano pesquisa e contribuindo para o meu crescimento acadêmico.*

*Por fim, mas não menos importante, desejo me agradecer. Acreditar em si mesmo e persistir diante dos desafios não é tarefa fácil, mas hoje, olhando para trás, vejo que fui capaz de superar todas as dificuldades e chegar até aqui. Sou grata pela minha determinação, minha resiliência e por não ter desistido diante dos obstáculos encontrados. Este é um momento de celebração, e estou orgulhosa de mim mesma por essa conquista.*

*A todos que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, o meu mais sincero agradecimento. Cada palavra de encorajamento, cada gesto de apoio, cada momento compartilhado foram peças fundamentais nessa caminhada. Sem vocês, nada disso seria possível.*

*Tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre  
aquilo que todo mundo vê.*  
*Arthur Schopenhauer*

## RESUMO

Responsáveis por anomalias climáticas significativas em todo o globo, os fenômenos El Niño e La Niña são oriundos, respectivamente, do aquecimento e resfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Essas anomalias na temperatura do oceano Pacífico Equatorial, ocasionam alterações na temperatura do ar, na umidade do ar e na distribuição das chuvas em escalas globais e regionais. Essas variações nas variáveis meteorológicas implicam diretamente no conforto térmico da população local, o qual afeta o bem-estar das pessoas e a capacidade de adaptação às condições ambientais. Dessa forma, por meio da necessidade de compreender e analisar os impactos dessas anomalias climáticas, o objetivo deste trabalho foi analisar os possíveis impactos dos fenômenos La Niña e El Niño no conforto térmico ambiental. O estudo se desenvolveu na Mesorregião Sul do estado do Amazonas, composta pelas cidades de Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre e Lábrea. Os dados de reanálise foram coletados nas plataformas Climate Prediction Center (CPC) e National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), e, posteriormente foram analisados por meio de estatística descritiva básica feitas em linguagem de Python 3.7. A pesquisa identificou que os eventos de La Niña e El Niño têm impactos significativos nos elementos climáticos e no conforto térmico da região. A qual, o El Niño teve maior influência em relação as variáveis climatológicas no período seco, chuvoso e anual, onde destacou a cidade de Manicoré que chegou a maior anomalia de precipitação negativa de -522,52 mm anual e -1,35 °C anual na temperatura e uma redução de umidade -4,26%. Já em La Niña, houve aumento na precipitação em escala mensal e queda na temperatura. Com destaque para cidade de Boca do Acre com a maior anomalia negativa de temperatura de -1,27°C anuais e Lábrea onde houve aumento de precipitação mensal de 116,04 mm, em fevereiro. A umidade relativa do ar também foi afetada, apresentando redução somente durante o El Niño. Além disso, foi observado durante o El Niño, o desconforto térmico aumentou ligeiramente, mas sem mudanças na categoria. No La Niña, houve redução do desconforto, com mudanças de categoria no período seco, que passou de parcialmente confortável para confortável em Boca do Acre. No período chuvoso, a maioria das cidades passou de desconfortável para parcialmente confortável, com destaque em Apuí e Boca do Acre. No geral, no período anual, todas as cidades, exceto Boca do Acre, melhoraram de categoria, saindo do desconforto para parcialmente confortável, com destaque para Apuí. Assim, destaca-se a importância de compreender e monitorar esses eventos climáticos para mitigar seus impactos e tomar medidas adequadas em resposta a essas mudanças.

**PALAVRAS-CHAVE:** Anomalias climáticas; Precipitação; Temperatura ar ; Temperatura do oceano.

## ABSTRACT

Responsible for significant climate anomalies across the globe, the El Niño and La Niña phenomena originate, respectively, from abnormal warming and cooling of the surface waters of the Equatorial Pacific Ocean. These anomalies in the temperature of the Equatorial Pacific Ocean cause changes in air temperature, air humidity and rainfall distribution on global and regional scales. These variations in meteorological variables directly affect the thermal comfort of the local population, which affects people's well-being and their ability to adapt to environmental conditions. Thus, through the need to understand and analyze the impacts of these climate anomalies, the objective of this work was to analyze the possible impacts of La Niña and El Niño phenomena on environmental thermal comfort. The study was carried out in the Southern Mesoregion of the state of Amazonas, comprising the cities of Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre and Lábrea. The reanalysis data were collected on the Climate Prediction Center (CPC) and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) platforms, and were subsequently analyzed using basic descriptive statistics made in Python 3.7 language. The research identified that La Niña and El Niño events have significant impacts on the climatic elements and thermal comfort of the region. Which, El Niño had greater influence in relation to the climatological variables in the dry, rainy and annual period, where it highlighted the city of Manicoré that reached the highest negative precipitation anomaly of -522.52 mm annual and -1.35 °C year in temperature and a reduction in humidity -4.26%. In La Niña, however, there was an increase in precipitation on a monthly scale and a drop in temperature. Highlighting the city of Boca do Acre with the highest negative temperature anomaly of -1.27°C annually and Lábrea where there was an increase in monthly precipitation of 116.04 mm in February. Relative air humidity was also affected, showing a reduction only during El Niño. Furthermore, it was observed during El Niño, thermal discomfort increased slightly, but without changes in category. In La Niña, there was a reduction in discomfort, with changes in category in the dry period, which went from partially comfortable to comfortable in Boca do Acre. In the rainy season, most cities went from uncomfortable to partially comfortable, with emphasis on Apuí and Boca do Acre. In general, in the annual period, all cities, except Boca do Acre, improved in category, moving from discomfort to partially comfortable, with emphasis on Apuí.

**KEY WORDS:** Climate anomalies; Precipitation; Air temperature; Ocean temperature.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema da circulação geral da atmosfera: Célula de Hadley, Célula de Ferrel e Célula Polar.	17
<b>Figura 2:</b> Localização da mesoregião sul do Amazonas.	25
<b>Figura 3:</b> Localização das áreas de atuação do ENOS.	26
<b>Figura 4:</b> Normal climatológica da precipitação e totais mensais da precipitação para as cidades de Humaitá (A) , Boca do Acre (B), Apuí(C), Lábrea (D) e Manicoré (E).durante o El Niño (2015-2016).	28
<b>Figura 5:</b> Variações de temperatura no El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)	31
<b>Figura 6:</b> Variações de umidade relativa do ar no El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).	
<b>Figura 7:</b> Normal climatológica da precipitação e totais mensais da precipitação para as cidades de Humaitá (A) , Boca do Acre (B), Apuí(C), Lábrea (D) e Manicoré (E).durante o La Niña (1998-1999).	33
<b>Figura 8:</b> Variações de temperatura no La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).	34
<b>Figura 9:</b> Variações de umidade relativa do ar no período de La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).	36
<b>Figura 10:</b> Variações do conforto térmico no período de El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)	37
<b>Figura 11:</b> Variações do conforto térmico no período de La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Intensidades El Niño e La Niña .....	26
<b>Tabela 2:</b> Índice de desconforto termico adaptado para região equatorial. ....	27
<b>Tabela 3:</b> Anomalias de precipitação sazonal de El Niño na mesorregião sul do Amazonas.....	30
<b>Tabela 4:</b> Anomalias sazonal da temperatura do ar na mesorregião sul do Amazonas. ....	31
<b>Tabela 5:</b> Anomalia da Umidade relativa do ar no período seco, chuvoso e a média anual durante o evento El Niño na Mesoregião Sul do amazonas.....	33
<b>Tabela 6:</b> Anomalia na precipitação no período seco, chuvoso e a média anual durante o evento La Niña na Mesoregião Sul do amazonas .....	36
<b>Tabela 7:</b> Anomalia na temperatura no período seco, chuvoso e a média anual durante o evento La Niña na Mesoregião Sul do amazonas. ....	37
<b>Tabela 8:</b> Anomalia na Umidade relativa do ar no período seco, chuvoso e a média anual durante o evento La Niña na Mesoregião Sul do amazonas.....	39
<b>Tabela 9:</b> Índice de Desconforto Térmico (°C) para o periodo seco, chuvoso e anual em El Niño e La Niña para mesoregião sul do Amazonas.....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**CGA** - Circulação Geral da Atmosfera

**CPC** -Climate Prediction Center

**ENOS** - El Niño Oscilação Sul

**IPCC** - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**NCEP** - National Centers for Environmental Prediction

**NOAA** - National Oceanic & Atmospheric Administration

**OMM**- Organização Meteorológica Mundial

**TSM** - Temperatura da Superfície do Mar

**ZCIT** - Zona de Convergência Intertropical

# Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS .....	15
2.1 Geral: .....	15
2.2 Específicos .....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1 Circulação Geral da Atmosfera.....	15
3.2 Célula de Handley .....	16
3.3 Célula de Circulação de Walker.....	17
3.4 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) .....	18
3.5 El Niño e La Niña.....	18
3.6 Variáveis climatológicas .....	20
3.7 Normais climatológicas .....	20
3.8 Precipitação.....	21
3.9 Temperatura .....	22
3.10 Umidade relativa do ar .....	23
3.11 Conforto térmico.....	23
4. METODOLOGIA .....	25
4.1 Área de Estudo.....	25
4.2 Dados .....	26
4.3 Processamento e análise dos dados.....	26
4.4 Índice de conforto térmico.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 El Niño.....	27
5.1.1Precipitação.....	27
5.1.2. Temperatura .....	30
5.1.3. Umidade.....	32
5.2. La Niña.....	34
5.2.1. Precipitação .....	34
5.2.2. Temperatura .....	36
5.2.3. Umidade.....	38
6. CONFORTO TÉRMICO .....	39
7. CONCLUSÃO.....	43
8. REFERÊNCIA.....	44

## 1. INTRODUÇÃO

A Mesorregião Sul do Amazonas desempenha um papel crucial na região amazônica devido à sua rica biodiversidade, complexidade climática e relevância socioeconômica. Essa região abrange uma extensa área do estado do Amazonas, englobando ecossistemas diversificados, como a floresta amazônica e zonas de transição entre a Amazônia e o Cerrado. Sua localização estratégica contribui para a regulação climática e o fornecimento de serviços ambientais essenciais para todo o bioma amazônico (MAGALHÃES, 2015)

No contexto das peculiaridades climáticas da Mesorregião Sul do Amazonas, é crucial compreender os fenômenos atmosféricos que afetam essa região, principalmente o El Niño e o La Niña. Esses fenômenos climáticos têm sido objeto de estudos científicos que buscam compreender seus impactos nas variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação, com implicações significativas para a região amazônica (L'HEUREUX et al., 2017).

O El Niño e o La Niña são fenômenos associados à interação entre o oceano Pacífico Equatorial e a atmosfera, e têm influência global nas oscilações climáticas. Durante o El Niño, ocorre um aquecimento anômalo das águas do Pacífico, afetando as circulações atmosféricas e resultando em alterações nos padrões climáticos. Por sua vez, o La Niña é caracterizado por uma fase fria no Pacífico Equatorial, com efeitos opostos ao do El Niño (NOAA, 2023).

Durante os eventos de El Niño, é possível observar um aumento significativo na temperatura do ar na região amazônica, o que afeta a dinâmica dos ecossistemas e a disponibilidade de recursos hídricos (MOREIRA et al., 2018). Além disso, eventos de El Niño estão associados a uma redução na precipitação, o que pode resultar em secas prolongadas e impactar negativamente a agricultura e o abastecimento de água (MARENGO et al., 2015). Em períodos de La Niña, a região tende a experimentar um aumento na quantidade de chuva (MACEDO et al., 2015) Isso ocorre devido a uma maior disponibilidade de umidade vinda do Oceano Atlântico, como apontado por Morengo et al 2015.

Essas variações nas variáveis meteorológicas também têm implicações diretas no conforto térmico da população local. Durante eventos de El Niño, a temperatura do ar na região pode apresentar um aumento significativo, o que pode afetar o bem-estar das pessoas e a capacidade de adaptação às condições ambientais. Por outro lado, durante eventos de La Niña, a umidade relativa do ar pode aumentar e a precipitação intensificar-se, criando desafios adicionais para a manutenção de um ambiente confortável e seguro (COSTA et al., 2019).

Visando isto, é de grande importância os estudos referentes a esse fenômeno em diversas

regiões, dessa forma, partiu-se a ideia de concentrar, nesse primeiro âmbito da pesquisa, a análise da atuação dos fenômenos La Niña e El Niño, seja na umidade, temperatura e precipitação, associando com conforto térmico da Mesorregião sul do Amazonas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral:**

Analisar os possíveis impactos dos fenômenos La Niña e El Niño no conforto térmico ambiental no sul do Amazonas.

### **2.2 Específicos**

- Verificar modificações na precipitação no sul do Amazonas;
- Analisar anomalia de temperatura, umidade relativa do ar no sul do Amazonas;
- Detectar qual município sofreu mais influência dos ENOS no índice de conforto térmico ambiental.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Circulação Geral da Atmosfera**

A Circulação Geral da Atmosfera (CGA) é um fator determinante para o clima de uma região, uma vez que contempla as variações sazonais e mensais das variáveis meteorológicas (MIRANDA, 2013). A CGA se dá pela trajetória média do ar, que é influenciada pelo desequilíbrio de radiação, umidade e massa entre as baixas e altas latitudes (LUCENA, 2008). Além disso, a energia que impulsiona esses elementos vem em grande parte dos raios solares (DIAS E SILVA, 2009).

De acordo com Oliveira et al. (2008), a Circulação Geral da Atmosfera (CGA) apresenta um cinturão consistente de ventos de leste na região tropical, enquanto os ventos predominantes nas zonas temperadas são de oeste. Esses ventos são responsáveis por transportar calor de áreas de baixa pressão equatorial para regiões de alta pressão extratropicais. Geralmente, áreas de alta pressão apresentam tempo estável, com ventos moderados e poucas nuvens. Em contrapartida, as áreas de baixa pressão são propícias para o desenvolvimento de nuvens e chuvas, além de ventos fortes nesses cinturões de pressão (MIRANDA, 2013).

À medida que o ar próximo ao Equador é aquecido, ele se torna mais leve, o que o faz subir, resfriar e, posteriormente, se condensar e precipitar em forma de chuva. Por outro lado,

quando o ar atinge o topo da troposfera, ele está frio e seco e passa a se mover em direção aos polos, impulsionado pelas parcelas de ar que constantemente se elevam da superfície. Nas latitudes entre 20° e 35° Norte e Sul, o ar desce para a superfície e parte dele se desloca em direção ao Equador em baixos níveis, formando as células de circulação chamadas de células de Hadley (MARTINS, GUARNIERI E PEREIRA, 2008).

Dessa forma, pode-se entender que o ar aquecido no Equador é responsável por gerar a circulação atmosférica, que se move dos polos em direção ao equador. As células de Hadley, por sua vez, representam um importante mecanismo de transporte de ar e calor ao redor do globo, que influenciam diretamente as condições climáticas e a formação de eventos extremos, como furacões e tufões (MARTINS, GUARNIERI E PEREIRA, 2008).

De forma geral, é possível observar os efeitos da CGA no Brasil tanto no verão quanto no inverno. Durante o verão, a presença de anticiclones nos oceanos Pacífico e Atlântico, bem como no continente sul-americano, resulta em baixas pressões, em decorrência do forte aquecimento típico dessa época do ano (MARENGO, 2018). Isso propicia um ambiente instável no continente, favorecendo a ocorrência de grandes taxas de precipitação e, conseqüentemente, demarcando a estação chuvosa na maior parte do país (MARENGO, 2006).

Já durante o inverno, há uma intensificação do anticiclone do Atlântico Sul, predominando uma condição de tempo mais estável e inibidora da formação de nuvens. Isso demarca a estação seca na maior parte do Brasil, conforme evidenciado por diversos estudos (SILVA et al., 2014; NOBRE et al., 2016).

Portanto, é possível perceber que a CGA influencia significativamente o clima do Brasil ao longo do ano, gerando diferentes padrões de tempo e clima em diferentes épocas.

### **3.2 Célula de Handley**

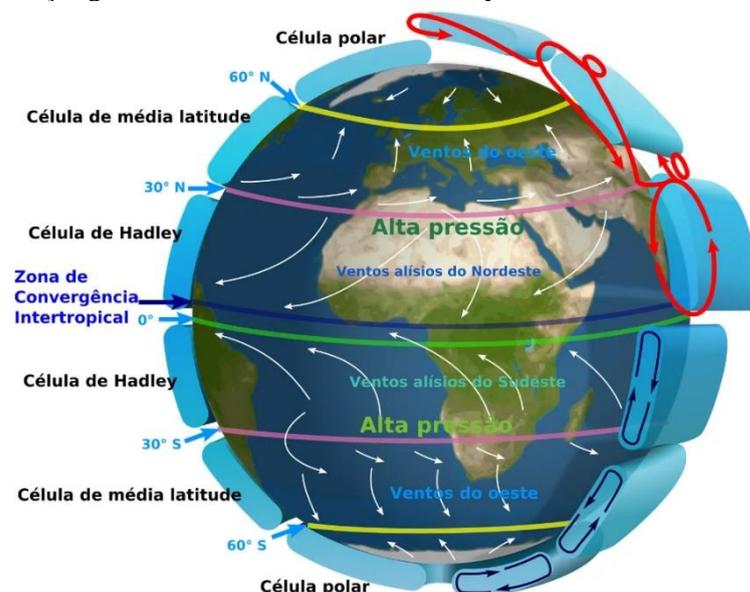
A célula de circulação de Hadley é um importante sistema atmosférico que influencia o clima em diversas regiões do globo. De acordo com Lucena (2008), a célula se origina do aquecimento diferencial entre os trópicos e as latitudes médias, gerando uma circulação meridional que envolve movimentos ascendentes de ar sobre as áreas equatoriais e movimentos descendentes sobre as latitudes subtropicais de ambos os hemisférios.

Segundo Ambrizzi et al. (2004), o gradiente de pressão superficial direciona essa circulação, criando uma zona subtropical de alta pressão e uma baixa pressão equatorial resultante da convergência de umidade produzida pelos ventos alísios. Esse movimento ascendente leva à condensação da umidade e à liberação de calor latente, aquecendo a atmosfera equatorial.

Na região Amazônica, a célula de Hadley também exerce influência no clima local, conforme evidenciado por Limberger e Silva (2016). As principais diferenças entre as estações de verão e inverno na faixa tropical ocorrem devido ao deslocamento meridional dessa célula, juntamente com a convecção local e da Zona de Convergência Intertropical. Durante o período de junho, julho e agosto, o centro de máxima precipitação desloca-se para o norte e situa-se sobre a América Central, estabelecendo assim a estação seca sobre a Amazônia central e meridional, que se encontram sob o domínio do ramo descendente da Célula de Hadley (Rocha et al., 2017).

Além disso, durante a estação chuvosa e quente na região amazônica, a célula de Hadley contribui para a formação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é uma banda de nuvens e tempestades que circunda o globo. À medida que o ar quente e úmido sobe na ZCIT, ele se resfria e condensa, formando nuvens e precipitação intensa. Esse ar úmido é então deslocado em direção às regiões subtropicais, onde se torna mais seco e desce na atmosfera, formando uma faixa de alta pressão (CRUZ ET AL., 2019).

**Figura 1:** Esquema da circulação geral da atmosfera: Célula de Hadley, Célula de Ferrel e Célula Polar.



Fonte: O tempo (2019)

### 3.3 Célula de Circulação de Walker

A Célula de Circulação de Walker é um importante sistema de circulação atmosférica na região tropical do Pacífico. A Célula de Walker é caracterizada pelo movimento ascendente do ar quente e úmido na região da Indonésia, que é transportado para o oeste do Pacífico, onde ocorre o movimento descendente (L'HEUREUX et al., 2021)

Segundo Wang et al. (2020), a Célula de Circulação de Walker é importante para o clima global, pois influencia a circulação atmosférica e a formação de padrões de tempo e clima em diversas partes do mundo. Quando a célula está em seu estado normal, ela traz chuvas abundantes para a Indonésia e áreas adjacentes, enquanto mantém as regiões do Pacífico central e leste relativamente secas. No entanto, durante o fenômeno conhecido como El Niño, a célula é enfraquecida, resultando em mudanças significativas no clima global.

De acordo com Yu et al. (2019), durante o El Niño, ocorre uma mudança na distribuição de pressão atmosférica e temperatura do mar no Pacífico, resultando em um enfraquecimento ou reversão da Célula de Circulação de Walker. Isso pode levar a chuvas intensas e inundações em algumas áreas, enquanto outras regiões enfrentam secas prolongadas e incêndios florestais.

### **3.4 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um fenômeno atmosférico que se caracteriza pela formação de uma região de alta nebulosidade próxima ao equador, onde os ventos alísios provenientes dos hemisférios Norte e Sul se encontram. Esse fenômeno é causado pelo movimento vertical, que é em grande parte derivado da atividade convectiva de tempestades provocadas pelo aquecimento solar, e é responsável pela transferência de energia de regiões de altas latitudes em direção à linha do equador (CPTEC, 2021).

A ZCIT tem um papel fundamental na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em áreas da região tropical, influenciando a precipitação nos continentes africano, asiático e americano. Além disso, atua na manutenção do balanço térmico global, transferindo calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes (OLIVEIRA, 2019).

A maior parte da precipitação anual na Bacia Amazônica ocorre entre os meses de dezembro e maio, com a intensificação durante os meses de março e abril, que é causada pela atuação direta da ZCIT, modulando o regime de chuvas e gerando maiores volumes pluviométricos em toda a região amazônica (ARAÚJO et al., 2020).

### **3.5 El Niño e La Niña**

O El Niño segundo Oliveira (2021), de maneira geral, é quando há um aquecimento que não está nos padrões normais no Oceano Pacífico Equatorial que, combinado com o enfraquecimento dos ventos alísios na mesma região, causando modificações climáticas. De forma que, o enfraquecimento dos ventos alísios faz com que as águas quentes permaneçam em praticamente toda a extensão do Oceano Pacífico, que faz com que a célula de Walker, fique com uma ascendência na região da Indonésia e duas descendências, no norte e leste da

Amazônia, além do norte da região Nordeste do Brasil. O El Niño é um fenômeno cíclico. O episódio persiste, em média, por um período de nove a 12 meses, e uma nova ocorrência, acontece com intervalo médio de três a cinco anos (OLIVEIRA ET AL 2015; SILVA 2015).

O evento climático La Niña, também conhecido como episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento atípico das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De forma geral e superficial, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El Niño, visto que as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região diminuem para cerca de 22° a 23° C, sendo que o normal é na faixa de 25°C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central. Assim como o El Niño, La Niña também pode variar em intensidade (MARENGO E OLIVEIRA, 1998).

Durante os episódios de La Niña, os ventos alísios ficam mais fortes, puxando mais água fria para a superfície do Pacífico tropical e intensificando a circulação atmosférica do Pacífico equatorial (MANN, 2021, p. 78). Isso ocorre porque o Índice de Oscilação Sul registra valores positivos, indicando uma intensificação da pressão no Pacífico Central e Oriental em relação ao Pacífico Ocidental. Conforme Marengo e Oliveira (1998) explicam, o fenômeno geralmente começa a se desenvolver no meio do ano, atinge sua máxima intensidade no final desse ano e dissipa-se no meio do ano seguinte. Em relação às características de tempo e clima, avaliando os eventos de La Niña ocorridos no passado, observa-se que esse fenômeno apresenta maior variabilidade do que os eventos de El Niño, que têm um padrão mais consistente.

No Brasil os impactos dos ENOS são bastante diversificados. Através da alteração do padrão de circulação atmosférica, algumas regiões do país produzem secas extremas, e em outras, eleva as temperaturas, ao passo em que chuvas torrenciais acometem determinadas regiões. Desse modo, tais aspectos permitem inferir a respeito das problemáticas socioambientais e econômicas resultantes destes fenômenos (SANTOS ET AL 2011).

No decorrer dos anos, na região amazônica, há acontecimentos dos fenômenos El Niño e La Niña com mais frequência, o que ocasiona em mudanças climáticas significativas no regime de precipitações máximas diárias da região, o que colabora para a ocorrência de alterações nas estações do ano, períodos de secas e enchentes. (GONZALEZ ET AL 2013; ROMERO ET AL 2014).

Com base em estudos acerca da variabilidade climática na bacia amazônica, durante eventos ENOS, diversos autores demonstraram que a precipitação tende a ser menor que o normal, durante um El Niño moderado, o que se dá de forma contrária em um evento de La Niña moderado, que tem a tendência a ser maior que a normal. (SANTOS ET AL 2012;

SANTOS ET AL 2014).

Em outros estudos da região amazônica elencaram dados significativos em diversos estados, como o Amapá, onde (SOUZA ET AL 2015; SOUZA E CUNHA 2010), determinaram que o primeiro El Niño documentado ocorreu no final de 1982 até o início de 1983, e durante esse período, foi registrado uma redução de chuvas, por volta de, 400 mm (20%) em relação à média que é de 2300mm/ano, e dessa forma, teve impactos negativos mais fortes, como secas severas, reduções hídricas e incêndios florestais..

### **3.6 Variáveis climatológicas**

A compreensão das variáveis climáticas é importante para entender as mudanças climáticas globais. Segundo KUMAR et al. (2018), a análise das variáveis climáticas, incluindo a temperatura do ar, a precipitação e a umidade relativa do ar, ajuda a prever as tendências climáticas futuras. Essas variáveis estão interconectadas e suas mudanças podem afetar a saúde humana, a biodiversidade, a agricultura e a disponibilidade de recursos hídricos (ROOPA et al., 2015).

A temperatura do ar é um dos principais parâmetros meteorológicos analisados e influencia diretamente a sensação de conforto térmico humano, sendo que sua variação pode afetar a saúde humana em condições extremas de frio ou calor (GAGNON et al., 2018). A umidade relativa do ar é descrita pela quantidade de vapor d'água contido na atmosfera, sendo inversamente proporcional à temperatura, o que a torna uma variável de grande importância para a compreensão do clima local e global (JACOBI et al., 2018).

A precipitação é a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma, sendo influenciada por fatores como temperatura, umidade e circulação atmosférica (SANTOS et al., 2018). A análise da precipitação é essencial para o planejamento de atividades econômicas que dependem da disponibilidade de água, bem como para a compreensão do clima em determinada região (MARENGO et al., 2018).

### **3.7 Normais climatológicas**

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial, as normais climatológicas correspondem a valores médios das variáveis meteorológicas equivalente ao período mínimo de 30 anos, para que seja suficiente para identificar um valor predominante que represente os padrões característicos de um parâmetro do clima no local considerado (IPMA, 2022). Estes valores médios correspondem a intervalos de tempos diários, mensais, sazonais ou anuais das variáveis meteorológicas. As variáveis meteorológicas descrevem o comportamento físico da atmosfera, enquanto que as normais climatológicas apresentam uma informação do

comportamento médio, utilizando dados de longo período para definir o clima em uma determinada época ou era em vários anos (INMET, 2022).

Segundo a própria OMM, todas as informações referentes a clima são mais aproveitadas se comparadas a uma referência, caso contrário serão apenas valores sem representatividade (INMET, 2022). Se estabelecido um padrão normal destes valores, podem-se gerar análises das condições atmosféricas momentâneas, de previsões futuras e caracterizar o próprio clima de determinada região. Dessa forma, os dados extraídos das normais climatológicas podem servir diretamente para a agricultura, informando épocas melhores para plantio e colheitas, informando o regime de precipitação, assim como também sobre radiação solar, temperatura junto a variável derivada chamada graus dias, na qual são importantes para o desenvolvimento da produção agrícola e da economia de uma país. Além disso, as normais podem ser utilizadas para áreas de saúde, turismo, lazer, para a própria manutenção dos ecossistemas e 13 preservação dos recursos hídricos, como para aplicações teóricas e estudos acadêmicos.

### **3.8 Precipitação**

A precipitação continua sendo um elemento crucial para a compreensão dos ecossistemas e sociedade, e sua variabilidade espacial e temporal continua sendo objeto de estudo em diversas regiões do mundo. Estudos recentes apontam para a importância de se considerar não apenas a distribuição espaço-temporal, mas também a distribuição horária da precipitação, uma vez que a variabilidade temporal pode afetar significativamente a disponibilidade de água no solo e o escoamento superficial (LI et al., 2021; WU et al., 2020; DUAN et al., 2022).

Além disso, a intensidade, quantidade e formas de ocorrência da precipitação são importantes para entender os processos físicos e dinâmicos envolvidos na sua formação e distribuição. Estudos têm mostrado que entender o comportamento sazonal e horário da precipitação pode ser fundamental para solucionar problemas relacionados ao planejamento urbano, agrícola e de recursos hídricos, além de prevenir catástrofes (WEN et al., 2021; WANG et al., 2018; ZHAO et al., 2022).

No que diz respeito à região amazônica, estudos recentes têm apontado para a influência da convergência de fluxo de umidade de leste em baixos níveis, resultante da presença dos Andes a oeste, na máxima de precipitação anual localizada no noroeste da Amazônia (XIE et al., 2021). Além disso, a alta precipitação na região tem sido associada à dinâmica do centro de convecção quase permanente e à grande quantidade de evapotranspiração local, que contribui para a reciclagem da precipitação (CHEN et al., 2019; JIANG et al., 2022).

Durante a primavera austral e o verão austral, a precipitação na região amazônica aumenta significativamente, com uma máxima notável centrada próxima a 10°S, associada à formação da ZCAS. Estudos têm mostrado que a maior parte da América do Sul tropical e subtropical recebe mais de 50% do seu total anual de precipitação no verão austral sob a forma de precipitação convectiva com forte variação diurna, com episódios de precipitação de grande intensidade (GOMES et al., 2021; MARENGO et al., 2018; ANDRADE et al., 2022).

### **3.9 Temperatura**

A temperatura do ar é uma medida da energia térmica presente nas moléculas do ar em um determinado local. É um dos principais elementos meteorológicos que influenciam os ecossistemas e a sociedade. De acordo com o IPCC (2021), a temperatura média global da superfície da Terra aumentou cerca de 1,1 °C desde o início da era industrial. Esse aquecimento está afetando a distribuição espaço-temporal da temperatura do ar e a intensidade dos eventos climáticos extremos, como ondas de calor e frio.

Estudos recentes apontam que a variação temporal da temperatura do ar é um fator crítico para entender seus impactos nos processos biológicos e fisiológicos dos seres vivos, na produtividade agrícola e na demanda energética (WANG et al., 2021; WEN et al., 2022; ZHANG et al., 2020). Além disso, a intensidade e a duração dos extremos de temperatura são importantes para entender os impactos na saúde humana e animal, na infraestrutura e na economia (IPCC, 2021; MEEHL et al., 2020; PEREIRA et al., 2022).

A variação da temperatura do ar é influenciada por diversos fatores, como a latitude, a altitude, a cobertura vegetal, a presença de água, a umidade relativa do ar e a radiação solar. De acordo com o IPCC (2021), a temperatura do ar tende a diminuir com o aumento da altitude, devido à redução da pressão atmosférica. Além disso, a temperatura do ar é mais elevada em regiões de baixa latitude e em regiões urbanas, devido à maior absorção de radiação solar (IPCC, 2021; OKE, 1987).

A distribuição espaço-temporal dos extremos de temperatura é fundamental para a tomada de decisão em áreas como saúde pública, planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas. Estudos têm mostrado que as ondas de calor e frio podem afetar a saúde humana, o desempenho escolar e laboral, além de afetar a produtividade agrícola e a qualidade do ar (CHEN et al., 2018; SUN et al., 2022; SOUSA et al., 2020).

No contexto das mudanças climáticas, a temperatura do ar tem sido objeto de muitos estudos para entender seus impactos no clima e nos ecossistemas. Estudos têm mostrado que a tendência de aquecimento global está afetando a variabilidade e intensidade de eventos

climáticos extremos, como secas, inundações e ondas de calor (BENISTON, 2020; SINGH et al., 2021; WASHINGTON et al., 2019).

### **3.10 Umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água presente na atmosfera e a quantidade máxima que poderia existir na mesma temperatura e pressão, conforme definido por Zhu et al. (2021). Esse fator climático é de grande importância para as atividades humanas e os ecossistemas, afetando a saúde, a agricultura, a hidrologia e os processos biogeoquímicos (Lorenzoni et al., 2021; Mu et al., 2020; Zhang et al., 2019).

Na região amazônica, a umidade da atmosfera é influenciada por vários fatores, como a circulação atmosférica global, os ventos alísios e o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), como apontado por Sombroek (2001). É a umidade da atmosfera na região amazônica que determina a distribuição das florestas e a diversidade biológica. Em geral, a umidade é alta na região, variando de 70% a 90%, o que é essencial para a manutenção dos ecossistemas da floresta tropical, como discutido por Nobre et al. (2009).

No entanto, as mudanças climáticas e as atividades humanas estão afetando a umidade na região amazônica. As temperaturas mais altas e a redução das chuvas têm levado a uma diminuição da umidade em algumas áreas, com possíveis consequências para a saúde humana, a agricultura e os ecossistemas, conforme relatado por Marengo et al. (2018), Wang et al. (2020) e Zemp et al. (2021). Além disso, a umidade é importante para a regulação do clima global, uma vez que a floresta amazônica é uma grande fonte de oxigênio e absorve dióxido de carbono da atmosfera, conforme discutido por Phillips et al. (2021) e Restrepo-Coupe et al. (2013).

Estudos recentes têm investigado a variação temporal e espacial da umidade na região amazônica. Esses estudos têm mostrado que a umidade apresenta uma variabilidade sazonal, com uma diminuição durante a estação seca e um aumento durante a estação chuvosa (Lima et al., 2020; MARENGO et al., 2012). Além disso, a umidade apresenta uma variação diurna, com uma diminuição durante o dia e um aumento durante a noite, em decorrência dos processos de evapotranspiração e condensação (HUTYRA et al., 2015; KNOHL et al., 2015).

A umidade na região amazônica também está associada a fenômenos climáticos extremos, como as secas e as enchentes. Estudos têm mostrado que a redução da umidade durante as secas está associada ao aumento da incidência de incêndios florestais e ao desmatamento (ALENCAR et al., 2021; NEPSTAD et al., 2014).

### **3.11 Conforto térmico**

Para Pereira et al. (2001, p.289) "O clima é um conjunto de elementos físicos, químicos

e biológicos que caracterizam a atmosfera de um local e influenciam nos seres que nele se encontram". Logo, o conforto ambiental urbano, mais explicitamente, o conforto térmico está relacionado com a qualidade de vida (COX & DERMATINI, 2014).

As principais variáveis climáticas de conforto térmico são temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação solar incidente, que estão intimamente associadas a regimes de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, entre outras características locais. A qual essas variáveis alteram a percepção, a preferência e satisfação térmica das pessoas (FROTA & SCHIFFER, 2003; SOUZA & NERY, 2010).

Variações climáticas e o aumento da temperatura do planeta é de grande preocupação para todos os habitantes e é necessário a busca de soluções para minimizar os impactos negativos que as trazem. Porém, com o crescimento populacional, e conseqüentemente o crescimento de cidades brasileiras, vem reduzindo o verde urbano, acarretando problemas a infraestrutura, ao meio ambiente, ao conforto e ao bem-estar da população (VASCONCELOS, 2014).

Segundo Abreu et al. (2010), Há um defasagem de estudos comparativos que analisa o índice de conforto térmico mais adequado para se avaliar ambientes externos, numa escala microclimática, considerando a realidade brasileira. Os índices de conforto térmico procuram integrar o efeito conjunto das atividades exercidas com as variáveis ambientais as quais, o indivíduo pode ser submetido (FROTA e SCHIFFER, 2007). O excesso de calor ou frio prejudicam a saúde do ser humano, alterando as rotinas sociais e inclusive hábitos e costumes alimentares.

É válido ressaltar que a permanência prolongada em condições de calor ou frio acarretam na facilitação de doenças complexas que afetam o sistema respiratório e cardiovascular, Carvalho et al (2014) afirma que esses fenômenos provocam reações psicossensoriais e corroboram com a debilitação do estado geral de saúde do indivíduo, dessa forma, exercendo influencias significativas no desempenho das pessoas, podendo atuar de forma negativa e gerando sintomas de inquietação, falta de concentração, causados por estresse térmico.

Oliveira (2011) ressalta que uma das soluções a serem utilizadas para amenizar tais problemáticas é realizado pela urbanização, que visa tratar o ambiente urbano com vegetação, com arborização das vias públicas, e na construção de áreas de preservação, parques e praças públicas. Já que o autor afirma que uma boa qualidade do espaço auxilia e favorece a permanência e o desenvolvimento de atividades e atitudes sociais, trazendo assim a vitalidade urbana.

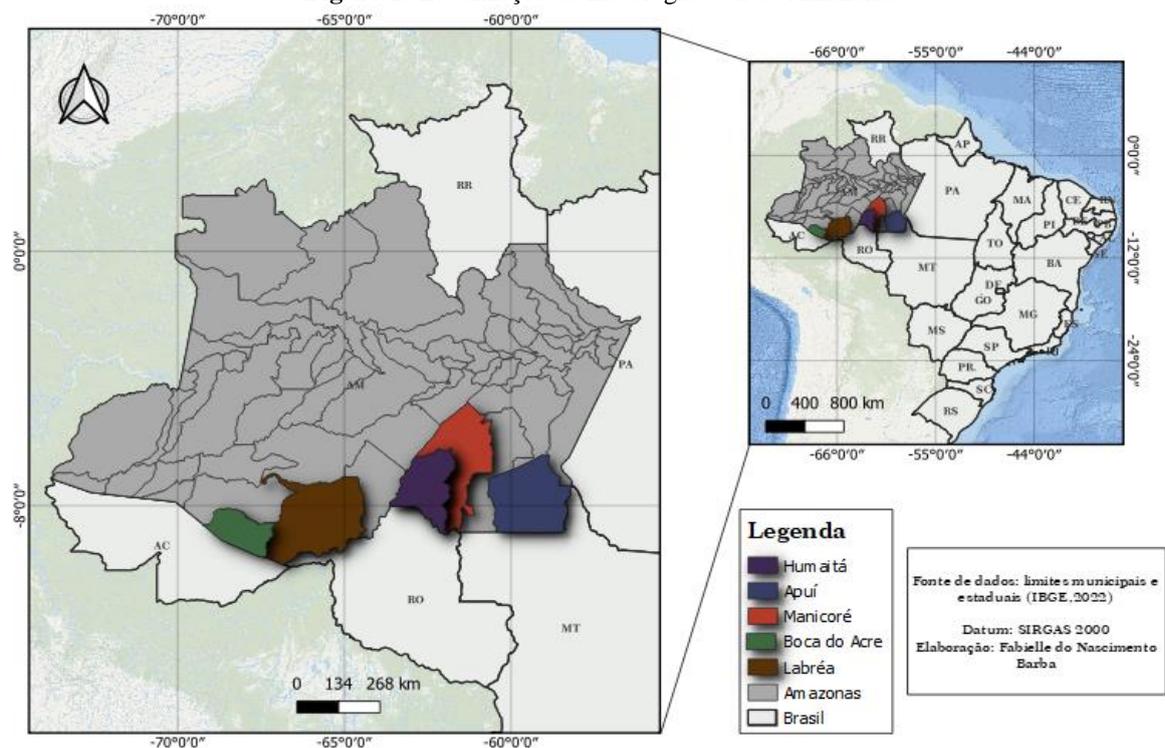
## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado com dados coletados em cinco cidades que compõem a Mesorregião Sul do estado do Amazonas (Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre e Lábrea). A cidade de Humaitá tem uma estimativa populacional de 57.195 mil, a de Apuí 22.739 mil, Manicoré 57.405 mil, Boca do Acre 34.958 mil e Lábrea com 47.685 mil habitantes de acordo com IBGE (2021).

As áreas de estudo estão localizadas entre as coordenadas  $5^{\circ} 48' 32''$  S  $61^{\circ} 18' 0''$  W e  $07^{\circ}30'22''$  S  $63^{\circ}01'15''$  W com altitudes variando entre 32 e 127 m (IBGE, 2017). A qual, segundo Martins et al. (2023) possui seus períodos sazonais bem definidos, onde o período chuvoso ocorre entre outubro e abril e o período seco entre junho e agosto, logo, os demais meses sendo períodos de transição, e o tipo de clima da Mesorregião é monção, que é formado por precipitação média anual superior a 1500 mm no período chuvoso, juntamente com o período seco bem definido com a quantidade pluviosidade inferior a 60 mm. Em relação umidade relativa, entre janeiro e maio a média se mantém quase constante (84% e 85%) e as menores médias concentraram-se no período seco (junho a setembro) e oscilaram entre 78% no mês de junho a 70% em agosto em todas as cidades (figura 2).

**Figura 2:** Localização da mesoregião sul do Amazonas.

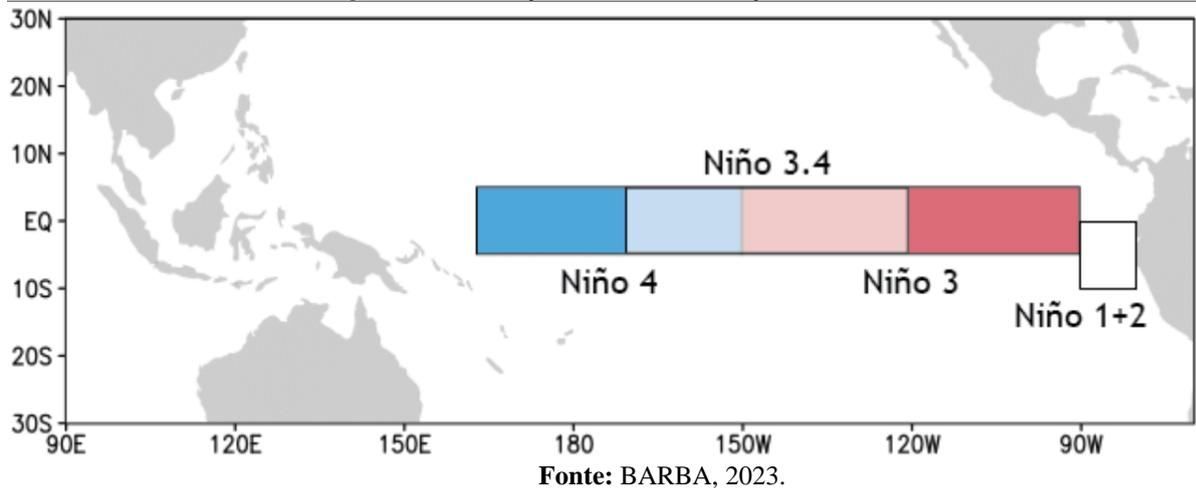


Fonte: Autora(2023).

## 4.2 Dados

Os dados mensais de precipitação, temperatura foram baixados diretamente da plataforma Climate Prediction Center (CPC) e para umidade relativa do ar, foi utilizado a plataforma ERA 5. O índice Oceanic Niño Index (ONI), a qual verifica as anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico (TSM), através de uma média móvel de três meses para a região de Niño 3.4 (5°N5°S,120°W-170°W) também foi utilizado (Figura 3). O uso do ONI é o principal meio de identificação dos eventos de El Niño e La Niña no Oceano Pacífico Tropical utilizada pela NOAA (OLIVEIRA, 2019). Para o estudo, foram selecionados apenas os anos de ocorrência moderada e forte dos referidos eventos (Tabela 1), tomando como base as anomalias trimestrais da TSM.

**Figura 3:** Localização das áreas de atuação do ENOS.



Fonte: BARBA, 2023.

**Tabela 1:** Intensidades El Niño e La Niña

Fenômeno	Intensidade	Anomalia de Temperatura (°C)	Anos
El Niño	Moderado	1,0 a 1,4	2015 -2016
	Forte	$\geq 1,5$	
La Niña	Moderado	-1,0 a -1,4	1998- 1999
	Forte	$\leq -1,5$	

Fonte: Autora (2023)

## 4.3 Processamento e análise dos dados

Foi utilizado a linguagem de Python para o processamento de dados, na versão 3.7, com o auxílio dos seguintes pacotes: Pandas, utilizado para análise e manipulação de dados; Xarray; focado em manipulação de dados n-dimensionais; O pacote Numerical Python (NumPy); Matplotlib, Ideal para plotagem de gráficos.

A normal climatológica foi calculada para o período de 1991 a 2021 e foram selecionados dois períodos de estudos com base na intensidade dos fenômenos climáticos, a saber, El Niño (2015-2016) e La Niña (1998-1999).

Outro método utilizado foi a estatística descritiva básica, utilizada para resumir e compreender os dados.

#### 4.4. Índice de conforto térmico

A metodologia utilizada foi o Índice de Desconforto de Thom (IDT) que é uma metodologia empírica que estima a sensação térmica do ser humano a partir do registro de temperatura do ar e umidade relativa do ar (THOM, 1959).

A escolha do Índice de Desconforto de Thom (IDT) para estimar o conforto térmico no estudo em questão foi baseada na praticidade de cálculo (Equação 1) e pelo desempenho satisfatório que o mesmo apresentou na estimativa do conforto térmico em Santarém, cidade próxima à região em estudo (MANDÚ et al., 2020).

$$IDT = TM - 0,55 * (1 - 0,01 * UR) * (TM - 14,5) \quad (1)$$

Onde IDT é o índice de desconforto (°C); TM a temperatura média do ar (°C), e UR a umidade relativa do ar (%).

A adaptação das faixas do IDT para a região equatorial é apresentada por Santos et al. (2012) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Índice de desconforto termico adaptado para região equatorial.

Faixas	Valor do IDT (°C)
Confortável	IDT < 24
Parcialmente confortável	24 ≤ IDT < 26
Desconfortável	26 ≤ IDT < 28
Muito desconfortável	IDT ≥ 28

Fonte: Santos et al. (2012)

Os resultados obtidos a partir da aplicação do IDT permitem identificar as áreas em que o conforto térmico pode ser considerado insatisfatório e que, portanto, demandam intervenções para a melhoria do ambiente construído.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 El Niño

#### 5.1.1 Precipitação

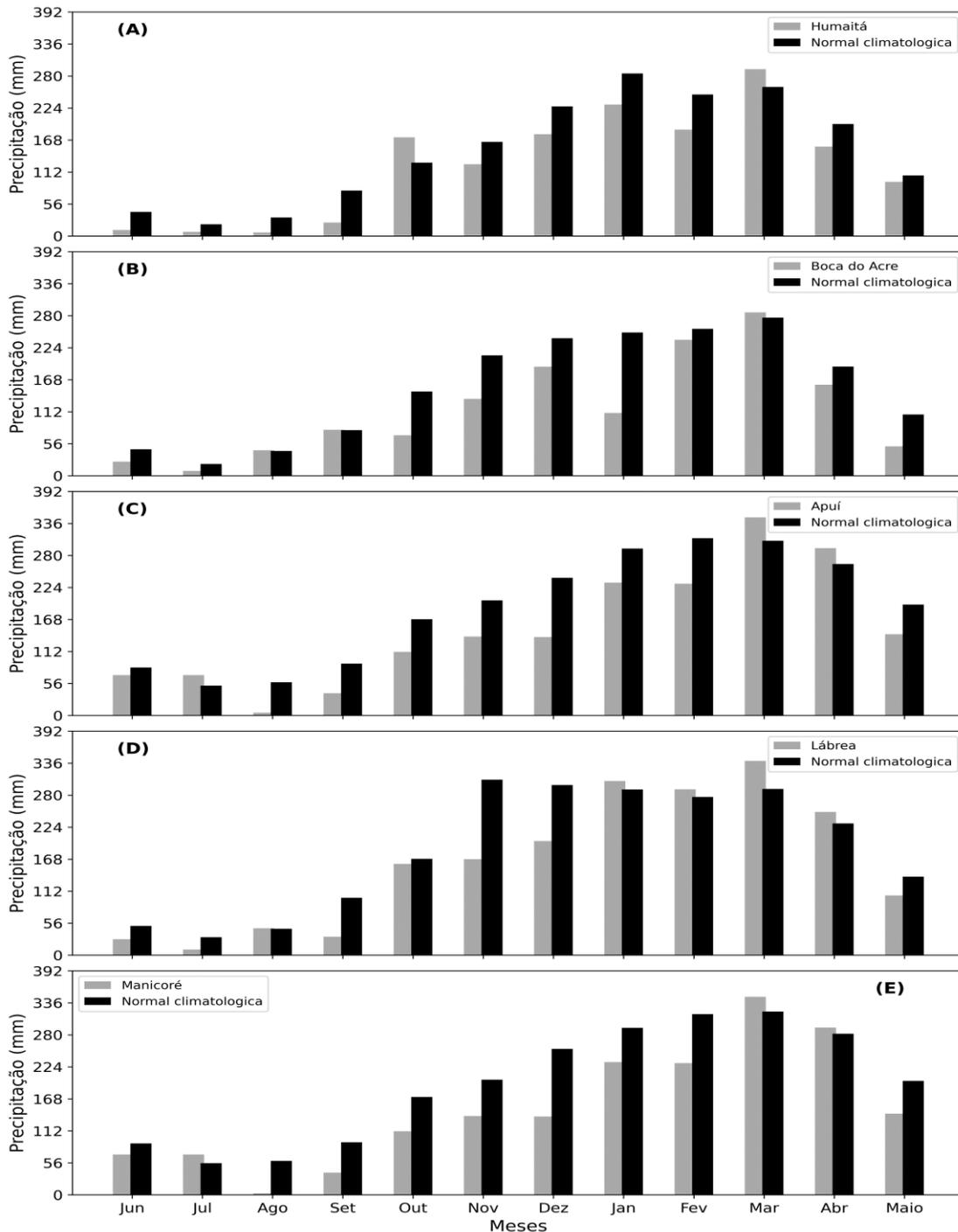
No município de Humaitá, foi observado que a precipitação apresentou uma queda ao longo dos meses, a qual a mais intensa foi mês de fevereiro (-61,37 mm), janeiro (-54,51 mm) no ano de 2016 e setembro (-55,99 mm) no ano de 2015 (Figura 4A). Em Boca do Acre, a maior redução na precipitação ocorreu em janeiro de 2016 (-140,76 mm), seguida pelos meses de novembro (-76,06 mm), outubro (-76,50 mm) e dezembro (-49,97 mm) no ano de 2015. Os demais meses, apenas março, setembro e agosto apresentaram índices positivos, enquanto os demais meses permaneceram abaixo do normal climatológico (Figura 4B).

No município de Apuí, também houve redução de precipitação, sobretudo em 2015, com destaque para os meses de dezembro (-103,69 mm), novembro (-63,35 mm) e outubro (-57,16 mm). E por fim fevereiro de 2016 com -79,85 mm abaixo da normal climatológica (Figura 4C).

Em Lábrea, houve índice de precipitação muito abaixo do esperado no mês de novembro (-139,06 mm) e setembro (-68,04 mm) ambos no ano de 2015. E por fim também se destaca o mês de maio de 2016 com -33,02 mm. Ademais, apenas quatro meses ultrapassaram a normal climatológica (Figura 4D)

Em Manicoré, apenas julho, março e abril alcançou a normal climatológica, os demais meses apresentou uma predominância abaixo do normal, com maior redução de precipitação no mês de dezembro (-118,34 mm), novembro (-63,64 mm) no ano de 2015 e fevereiro de 2016 com -87,72 mm (Figura 4E).

**Figura 4:** Normal climatológica da precipitação e totais mensais da precipitação para as cidades de Humaitá (A) , Boca do Acre (B), Apuí(C), Lábrea (D) e .Manicoré (E).durante o El Niño (2015-2016).



Fonte: Autora (2023)

Ao comparar o período chuvoso, seco e também anual, destaca-se que Boca do Acre sofreu com uma anomalia no período chuvoso de -385,95 mm, juntamente com a cidade de Manicoré com -350,98 mm. No período seco, destaca-se Humaitá com uma anomalia de -71,04 e Manicoré com -61,13 mm. Já na média anual, nota-se que a cidade de Manicoré teve a maior anomalia com -522,51mm.

**Tabela 3:** Anomalias de precipitação sazonal e anual durante El Niño na mesorregião sul do Amazonas.

<b>El Niño</b>			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	-71,04 mm	-168,00 mm	-305,41 mm
Boca do Acre	-32,72 mm	-385,05 mm	-472,78 mm
Manicoré	-61,13 mm	-350,98 mm	-522,51 mm
Apuí	-47,95 mm	-295,93 mm	-446,94 mm
Lábrea	-43,71 mm	-148,88 mm	-293,64 mm

Fonte: Autora (2023)

De acordo com Pereira et al. (2017), o El Niño teve início no verão austral de 2015 e se estendeu até o outono de 2016. Os índices mais elevados foram registrados entre outubro de 2015 e fevereiro de 2016, período que coincide com a estação chuvosa na mesorregião. E em geral, os eventos de El Niño tendem a impactar mais na estação chuvosa da região Amazônica do que na estação seca (MOURA et al., 2019).

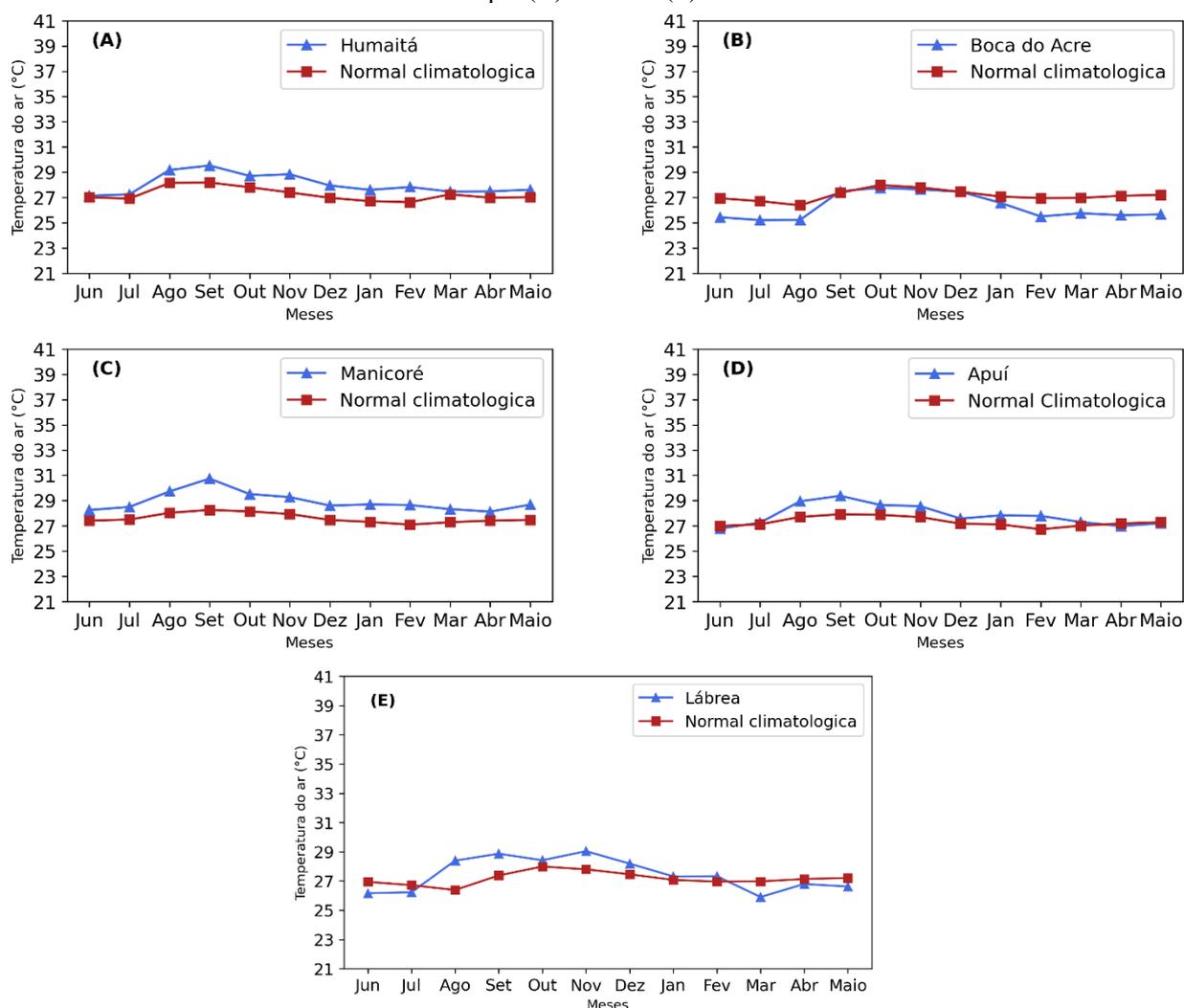
A seca ocorrida entre os anos de 2012 a 2015 na região nordeste do Brasil foi considerada uma das piores, de acordo com estudos conduzidos por Marengo et al. (2017). Essa seca teve impactos significativos na agricultura, pecuária e, principalmente, na população local, que sofreu com a escassez de água. Além disso, Marengo e Souza Jr (2018) destacaram que a combinação da seca com a variabilidade natural dos eventos climáticos e altas taxas de desmatamento resultou em um aumento significativo no número de queimadas em 2016.

Essa seca ocorre porque durante o fenômeno El Niño, o aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial e o enfraquecimento dos ventos alísios causam modificações climáticas. Isso resulta na acumulação de águas quentes e alterações nos padrões de circulação atmosférica, levando a uma redução da formação de nuvens e da ocorrência de chuvas em várias regiões. Como resultado, ocorrem períodos prolongados de seca em áreas afetadas pelo El Niño, afetando a disponibilidade de água, a agricultura e outros setores dependentes de recursos hídricos (OLIVEIRA ET AL 2015; SILVA 2015).

### **5.1.2. Temperatura**

Em relação ao evento El Niño, foi constatado que em quatro cidades houve uma variação na temperatura que ultrapassou a normal climatológica. A cidade de Humaitá (5A) a anomalia mais intensa registrou um aumento de 1,44°C no mês de novembro de 2015, seguido por setembro com 1,38°C positivos. As cidades de Manicoré (5C) e Apuí (5D) apresentaram anomalias positivas de 2,48°C e 1,46°C, respectivamente, em setembro. Já em Lábrea (5E), a anomalia mais significativa foi de 2,0 °C em agosto.

**Figura 5:** Variações de temperatura no El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)



Fonte: Autora, (2023)

Ao apresentar a relação do período seco, chuvoso e anual, evidenciou-se a cidade com maiores anomalias em todos os períodos a cidade de Manicoré, no período seco com +1,18 °C, chuvoso com +1,22°C e anual com +1,31°C.

**Tabela 4:** Anomalias sazonal e anual da temperatura do ar durante o El Niño na mesorregião sul do Amazonas.

El Niño			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	0,49 °C	0,88 °C	0,80 °C
Boca do Acre	-1,39 °C	-0,72 °C	-0,89 °C
Manicoré	1,18 °C	1,22 °C	1,31 °C
Apuí	0,39 °C	0,56 °C	0,54 °C
Lábrea	0,24 °C	0,23 °C	0,27 °C

O aquecimento das águas do Pacífico durante o El Niño influencia a distribuição de chuvas e a formação de nuvens na região amazônica, resultando em condições mais secas. Com menos nuvens e precipitação, a radiação solar atinge a superfície terrestre de forma mais intensa. Isso leva a um aumento da radiação solar absorvida e, por consequência, ao aumento da temperatura do ar na região amazônica (SHIMIZU et al, 2016; MORENGO et al, 2016).

A cidade de Boca do Acre (5B) não apresentou valores superiores à normal climatológica em nenhum mês. Essa diferença das demais cidades podem estar relacionada à localização geográfica da cidade, que está mais próxima da Cordilheira dos Andes, que de acordo com Nóbrega et al. (2017), a proximidade com a Cordilheira dos Andes torna a região de Boca do Acre mais suscetível a frentes frias e incursões de massas de ar frio. Esses eventos podem ser capazes de equilibrar a temperatura local durante períodos de anomalias, como no caso do El Niño em 2015 e 2016.

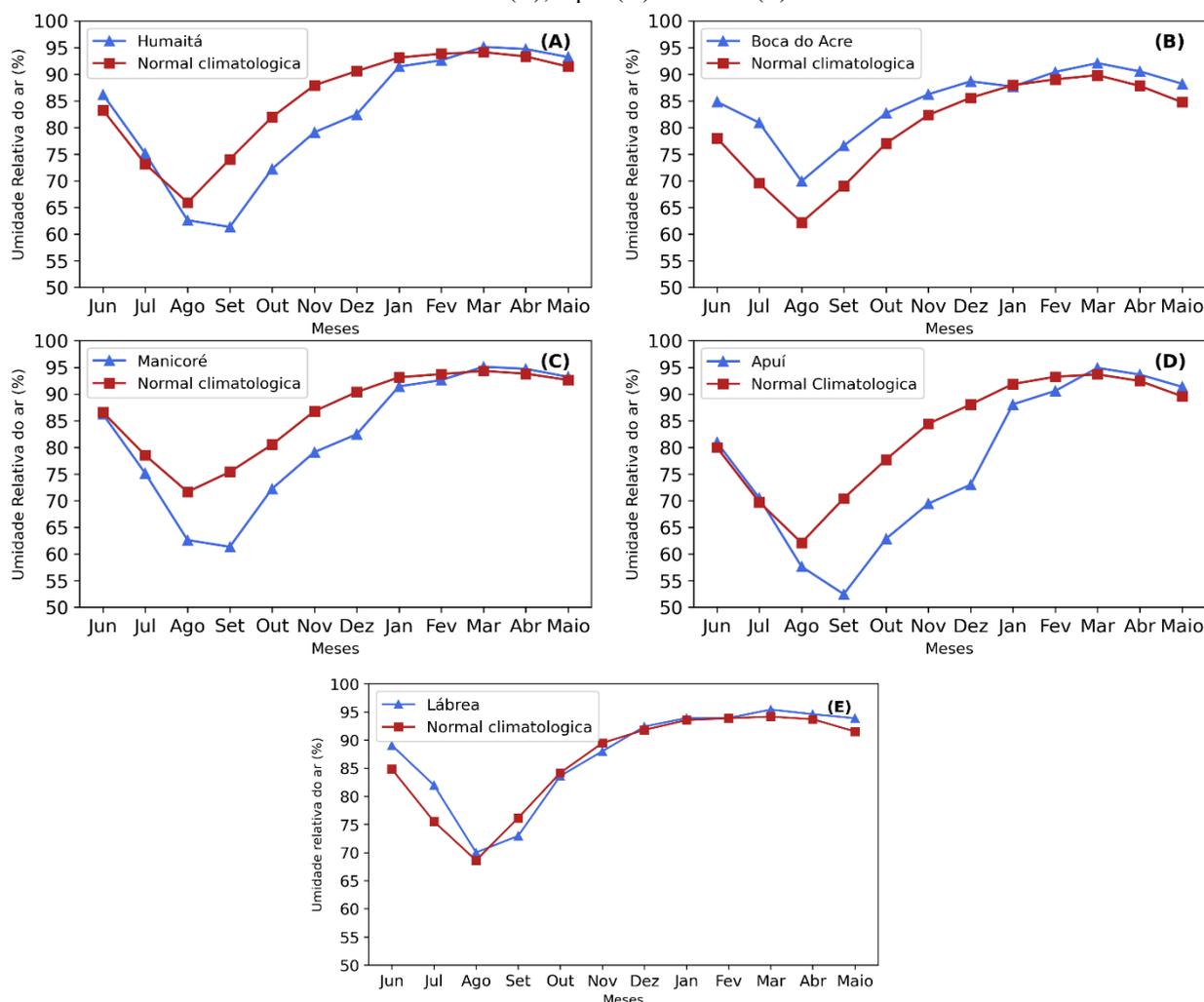
De acordo com Guimarães e Reis (2012), um dos achados significativos do estudo é que o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) afeta as temperaturas máximas e mínimas mensais em várias regiões do Brasil, exceto na Região Amazônica. Essa falta de influência na Amazônia pode ser explicada pela presença de uma pequena amplitude anual de temperatura, característica comum em regiões tropicais. Essa baixa variação ao longo do ano mascara os efeitos dos fenômenos climáticos, como o ENOS, que tendem a ter um impacto mais evidente em áreas com uma amplitude térmica sazonal mais acentuada.

### **5.1.3. Umidade**

A umidade é outro fator a ser analisado, a qual pode-se obter resultados que variaram de 50% a 95% mensais. De forma que, foi possível identificar anomalias negativas em algumas das cidades estudadas, como Humaitá, Apuí e Manicoré durante os meses de agosto até dezembro.

A cidade de Apuí obteve a maior anomalia negativa dentre as outras cidades, com uma anomalia de -17,99% em setembro, outubro com -14,87% e novembro com -14,98% no ano de 2015. Em seguida, a cidade Manicoré anomalia de -14,04% e Humaitá com -12,72% no ano de 2015, ambas no mês de setembro. As demais cidades como Boca do acre e Lábrea não sofreram grandes alterações, mantendo-se próximo a normal climatológica.

**Figure 6:** Variações de umidade relativa do ar no El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)



Fonte: Autora, (2023)

Em relação ao período seco, chuvoso e anual, destaca-se as cidades que tiveram mais impactos, Manicoré com uma anomalia negativa no período seco de -4,26%, chuvoso com -3,58% e anual com -4,27%. Há impacto também na cidade de apuí no período seco com -0,92%, chuvoso -6,99% e anual com -5,66% (Tabela 5).

**Tabela 5:** Anomalia da Umidade relativa do ar sazonal e anual durante o evento El Niño na Mesoregião Sul do Amazonas

El Niño			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	0,53 %	-3,89 %	-3,05 %
Boca do Acre	8,63 %	2,68 %	4,64 %
Manicoré	-4,26 %	-3,58 %	-4,27 %
Apuí	-0,92 %	-6,99 %	-5,66 %
Lábrea	4,04 %	0,16 %	1,03 %

Segundo Marengo et al. (2001), o El Niño pode causar uma redução significativa na umidade do ar durante os meses de agosto a outubro em áreas da Amazônia central e leste. O qual, corrobora com os resultados obtidos, destacando mês de setembro com maior anomalia negativa. Além disso, de acordo com o estudo de Lee et al. (2020), eventos de El Niño podem aumentar a incidência de incêndios florestais na Amazônia brasileira. A pesquisa aponta que o aumento da temperatura e a diminuição da umidade do ar favorecem a propagação de fogo na região, causando danos à biodiversidade, à saúde humana e ao clima.

## **5.2. La Niña**

### **5.2.1. Precipitação**

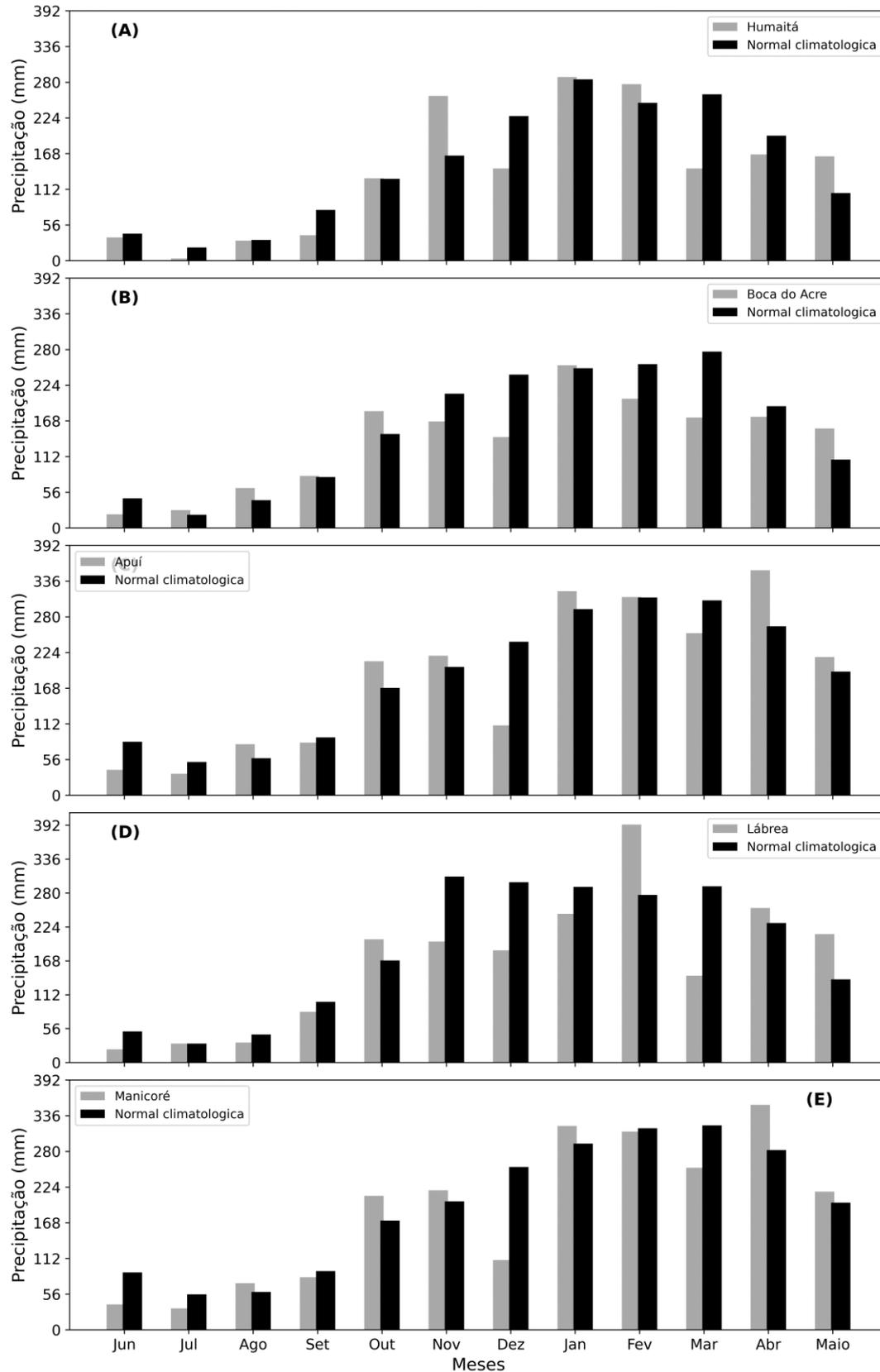
A cidade de Humaitá (Figura 7A) apresentou um aumento significativo nos índices mensais de precipitação nos meses de novembro (88,72 mm) de 1998, fevereiro (29,21 mm) e maio (57,60 mm) de 1999, respectivamente. Em Boca do Acre (Figura 7B), foi observado um aumento de 48,88 mm no mês de maio de 1999, outubro com 34,88 mm e por fim agosto com 19,11 mm, ambos no ano de 1998.

Já em Apuí (Figura 7C), foram registradas anomalias positivas, a qual se destaca o mês de abril (87,85 mm), janeiro (27,93 mm), ambos no ano de 1999, e por fim o mês de outubro (41,93 mm) no ano de 1998.

Na região de Lábrea (figura 7D), houve aumento de precipitação no mês de fevereiro (116,04 mm), abril (24,78 mm), maio (74,64 mm) no ano de 1999 e outubro (34,70 mm) no ano de 1998. Por fim, a cidade de Manicoré, os índices mais altos de precipitação em relação a normal climatológica foram registrados nos meses de abril (71,05 mm), e janeiro (27,81 mm) de 1999 e outubro (38,98 mm) de 1998.

As anomalias de precipitação são perceptíveis principalmente na estação chuvosa da Amazônia, onde provocam chuvas abundantes (De Freitas Moreira, et al., 2018). Por este motivo foi observado nos gráficos maiores níveis de precipitação entre outubro e abril, na qual é caracterizado como período chuvoso para região.

**Figura 7:** Normal climatológica da precipitação e totais mensais da precipitação para as cidades de Humaitá (A), Boca do Acre (B), Apuí(C), Lábrea (D) e Manicoré (E).durante o La Niña (1998-1999).



Fonte: Autora, (2023)

Ao observar na tabela 6, não houve grandes aumentos de precipitação em escala sazonal, a qual as anomalias estiveram em sua maioria abaixo da normal climatológica e isso pode ser justificado por Kayano et al (2017) que investigou a La Niña de 1998-2001 devido à sua longa duração. Foram observados sinais desse evento a partir de junho de 1998, caracterizados pelo esfriamento das águas superficiais na faixa equatorial entre 180°W e 100°W. Nessa época, ainda havia resquícios do El Niño (EN) de 1997-98 na região conhecida como Niño 1+2.

Kayano et al (2017) também traz que, essas condições, especialmente o aquecimento próximo à costa da América do Sul, persistiram até agosto de 1998. Em setembro de 1998, o aquecimento se restringiu ao Pacífico equatorial sul, entre 120°W e 90°W, e começou a enfraquecer gradualmente. A partir de janeiro de 1999, a La Niña se intensificou, apresentando anomalias negativas entre 150°E e 120°W. Em julho de 1999, essas anomalias negativas se estenderam até a costa equatorial oeste da América do Sul, estabelecendo uma La Niña do Pacífico Oriental (LN EP) em setembro de 1999, que persistiu até dezembro de 1999.

**Tabela 6:** Anomalia na precipitação no período sazonal e anual durante o evento La Niña na Mesorregião Sul do Amazonas

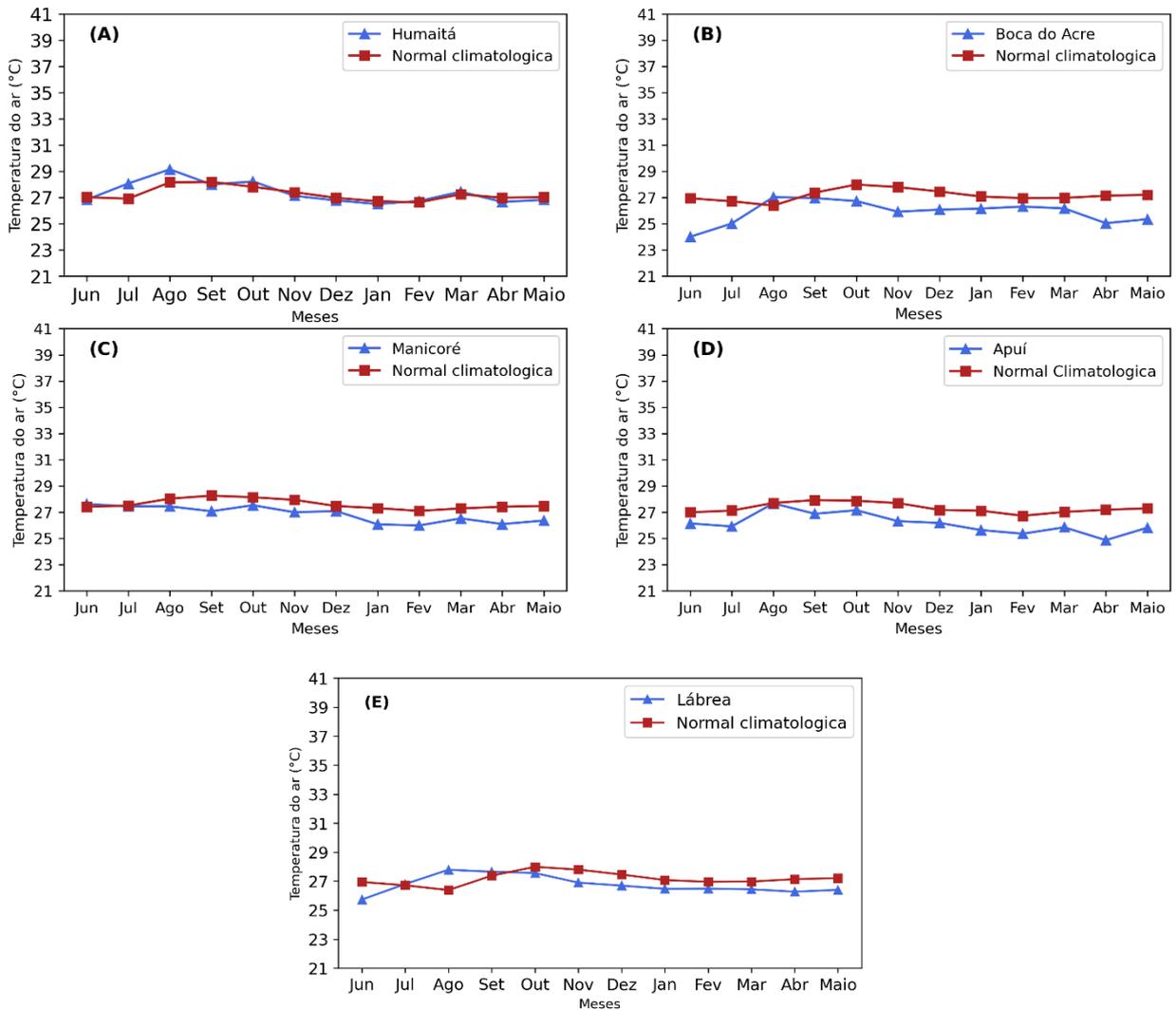
<b>La Niña</b>			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	-24,29 mm	-100,56 mm	-106,92 mm
Boca do Acre	1,18 mm	-275,78 mm	-223,82 mm
Manicoré	-58,63 mm	-62,62 mm	-113,31 mm
Apuí	-36,45 mm	16,13 mm	-32,73 mm
Lábrea	-42,74 mm	-235,98 mm	-220,77 mm

Fonte: Autor (2023)

### 5.2.2. Temperatura

A mesorregião sul registrou uma queda nas temperaturas em algumas cidades. A cidade de Boca do Acre apresentou a maior anomalia negativa, com -3,86°C no mês de maio e -2,94°C em junho ambos em 1999. Em Apuí, as maiores anomalias foram de -2,32°C em abril e -1,38°C em fevereiro de 1999. Lábrea (Figura 8E) e Manicoré tiveram resultados similares, com Lábrea registrando -1,21°C em junho de 1998, enquanto Manicoré (Figura 8C) teve uma anomalia de -1,24°C em janeiro de 1999. Por fim, a cidade de Humaitá não apresentou resultados significativos em relação às temperaturas.

**Figura 8 :** Variações de temperatura no La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)



Fonte: Autora (2023)

Ao comparar em relação ao período seco, chuvoso e anual, a cidade que teve mais impactos foi Boca do Acre, com período seco com  $-1,33^{\circ}\text{C}$ , chuvoso com  $-1,28^{\circ}\text{C}$  e anual com uma queda de  $-1,17^{\circ}\text{C}$ .

**Tabela 7:** Anomalia na temperatura no período sazonal e anual durante o evento La Niña na Mesorregião Sul do Amazonas.

La Niña			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	0,65	-0,04	0,11
Boca do Acre	-1,33	-1,28	-1,27
Manicoré	-0,15	-0,91	-0,76
Apuí	-0,69	-1,35	-1,17
Lábrea	0,09	-0,65	-0,40

Fonte: Autora (2023)

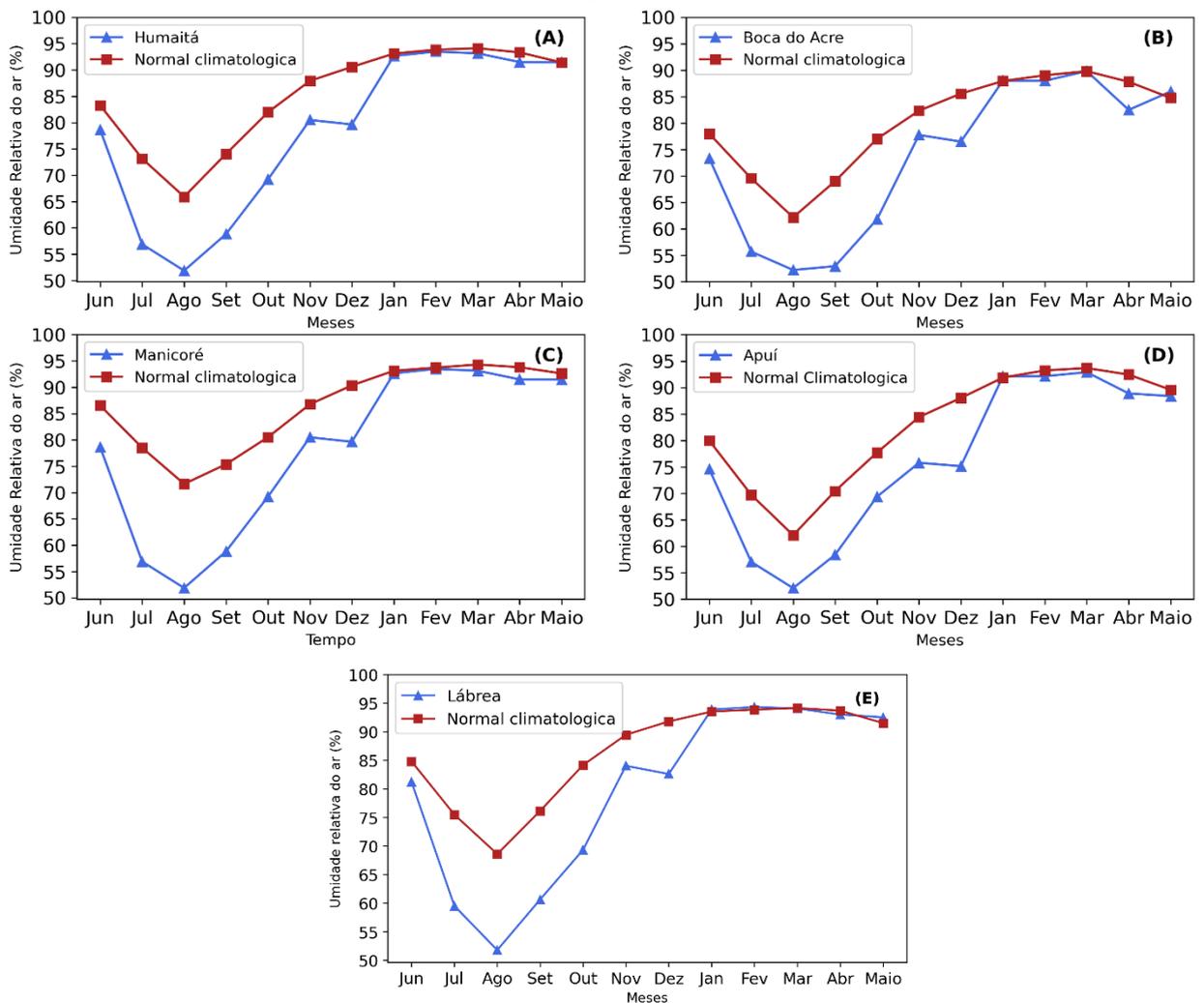
Existem algumas razões para isso ocorrer. Durante o La Niña, as águas frias do Oceano Pacífico afetam a atmosfera, provocando mudanças nos padrões de vento e circulação atmosférica. Essas mudanças, por sua vez, influenciam a distribuição do calor na atmosfera e podem levar a uma redução da temperatura do ar (NOAA, 2023).

### 5.2.3. Umidade

Em relação aos anos estudados no período La Niña, a umidade se manteve dentro da Normal Climatológica e abaixo.

É importante ressaltar que outros fatores também podem influenciar a umidade relativa do ar na Amazônia, como as massas de ar que atuam sobre a região e as características geográficas locais. Por exemplo, áreas próximas a rios e florestas densas podem apresentar umidade relativa do ar mais elevada do que áreas mais abertas (MARENGO et al., 2001).

**Figura 9:** Variações de umidade relativa do ar no período de La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).



Fonte: Autora (2023)

Ao observar em escala sazonal também não houve grandes variações, a qual todas as cidades estiveram abaixo da normal climatológica na região.

**Tabela 8:** Anomalia na Umidade relativa do ar sazonal e anual durante o evento La Niña na Mesorregião Sul do Amazonas.

<b>La Niña</b>			
Cidade	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	-11,65	-4,96	-7,07
Boca do Acre	-9,49	-5,02	-6,54
Manicoré	-16,44	-4,65	-8,30
Apuí	-9,37	-5,01	-6,37
Lábrea	-12,12	-4,20	-6,69

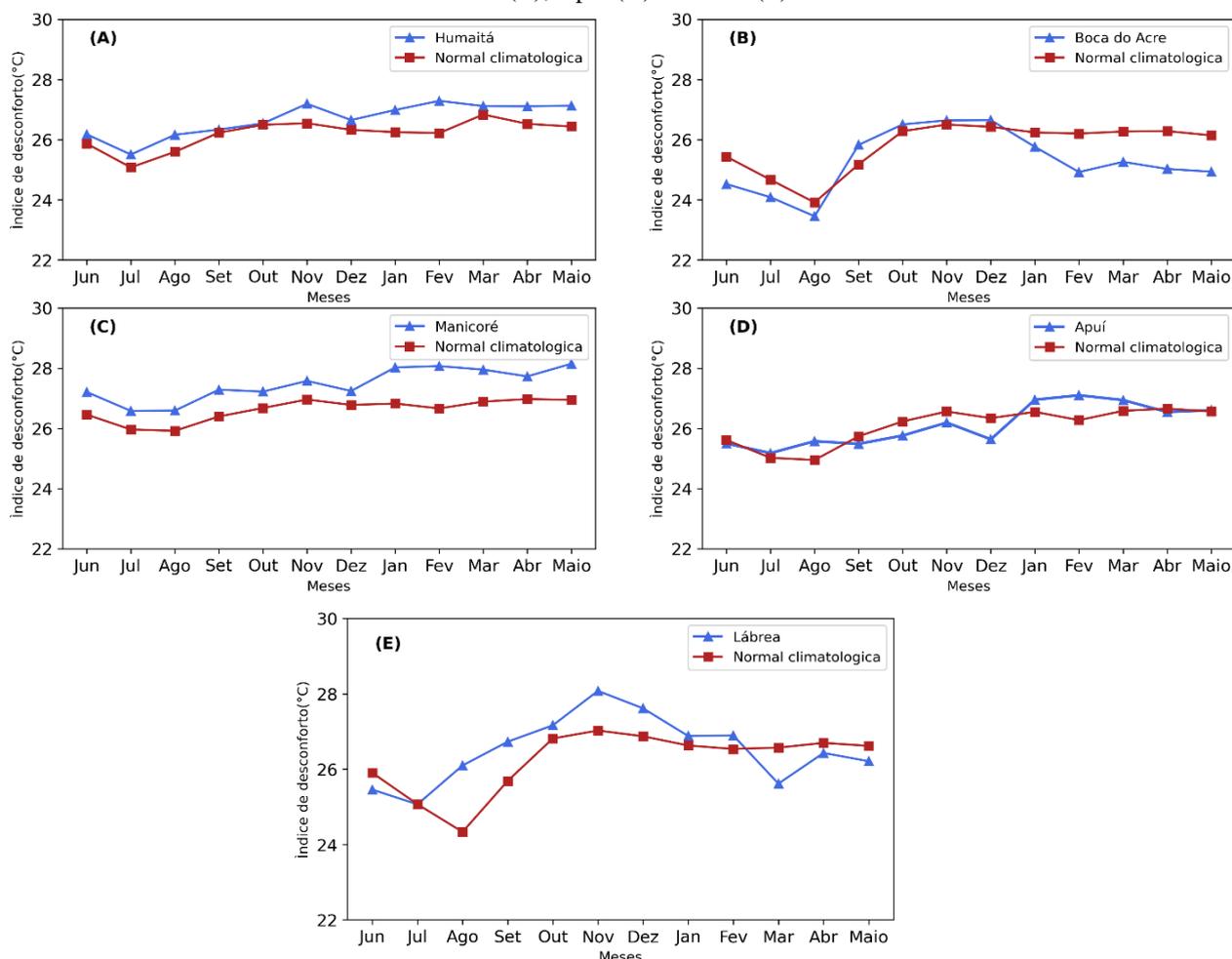
Fonte: Autora (2023)

## 6. CONFORTO TÉRMICO

Os resultados obtidos indicam que as cidades da mesorregião sul do Amazonas apresentaram diferentes níveis de Desconforto térmico durante os eventos El Niño e La Niña. O índice de desconforto térmico (IDT) ficou entre 22,45°C a 28,07°C, o que indica um grau de conforto que varia em todos os meses nos municípios analisados.

No período de El Niño, houve aumento no índice de desconforto térmico em todas as cidades estudadas, porém com intensidades diferentes. Dentre as cidades em que teve o maior aumento no índice, destaca-se Lábrea com uma anomalia positiva de 1,76°C no mês de agosto, o qual o levou de parcialmente confortável (24,33°C) para desconfortável (26,09°C). Em seguida, temos Manicoré, a qual apresentou um aumento em todos os meses, com destaque para o mês de fevereiro com 1,41°C positivos e janeiro com 1,21°C, o que acarretou na mudança de desconfortável (26,66°C) para muito desconfortável (28,07°C). Por fim, as cidades de Humaitá, Apuí e Boca do Acre teve apenas um leve aumento, mantendo na mesma categoria. Dessa forma, corroborando com o estudo de Diniz et al. 2019, o qual diz que durante períodos de El Niño os valores do índice de desconforto aumentam no Brasil.

**Figura 10:** Variações do conforto térmico no período de El Niño nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E)

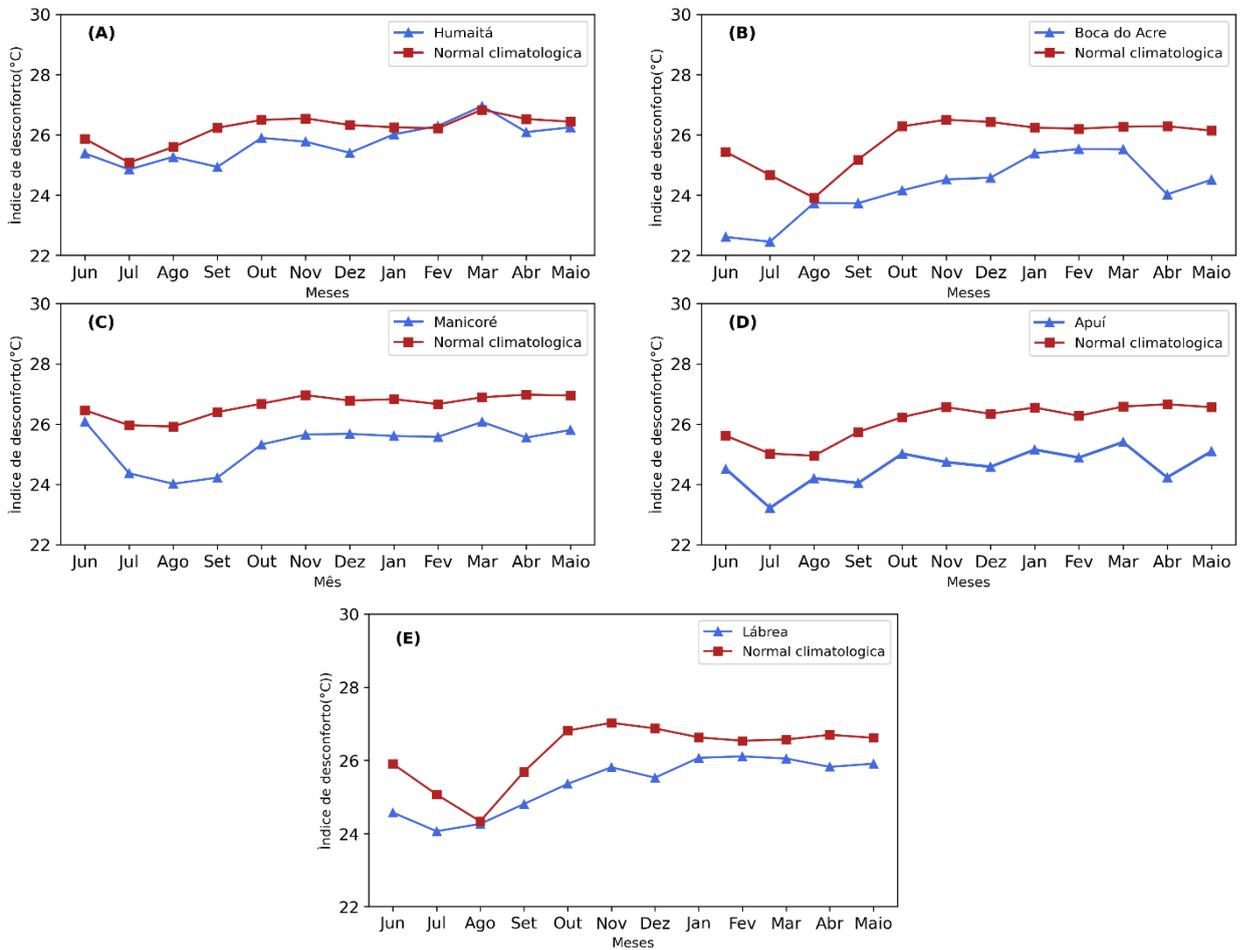


Fonte: Autora (2023)

Em relação ao período de La Niña, houve mais impactos no índice do desconforto térmico nas cidades estudadas. A qual destaca-se Boca do Acre com a maior anomalia negativa em relação a normal climatológica, com uma queda de  $-2,87^{\circ}\text{C}$  no mês julho, a qual acarretou a mudança de parcialmente confortável ( $24,66^{\circ}\text{C}$ ) para confortável ( $22,45^{\circ}\text{C}$ ). Em seguida, temos a cidade de Apuí, com uma anomalia de  $-2,43^{\circ}\text{C}$  no mês de abril, saindo de desconfortável ( $26,66^{\circ}$ ) para parcialmente confortável ( $24,23^{\circ}\text{C}$ ). Em Manicoré também houve uma queda no mês de setembro de  $-2,17^{\circ}\text{C}$ , o qual saiu de desconfortável ( $26,29^{\circ}\text{C}$ ) para parcialmente confortável. Lábrea e Humaitá, sofreram com respectivas quedas de  $-1,46^{\circ}\text{C}$  e  $-1,3^{\circ}\text{C}$ . O qual fez com que saíssem de desconfortáveis para parcialmente confortáveis.

O maior conforto nas cidades estudadas tem relação com a diminuição na média de temperatura do ar, destacando a cidade de Boca do Acre, e conseqüentemente os meses de maior desconforto decorre das altas temperaturas do ar que coincide com a estação seca da mesoregião que sofreu com aumento no período de El Niño.

**Figura 11:** Variações do conforto térmico no período de La Niña nas cidades de Humaitá (A); Boca do Acre (B); Manicoré (C); Apuí (D) e Lábrea (E).



Fonte: Autora (2023)

Ao comparar os períodos seco e chuvoso, bem como o período anual, na tabela 9, observa-se algumas tendências em relação ao índice de desconforto térmico durante o El Niño e La Niña. Na maioria das cidades, exceto Boca do Acre, houve um aumento no índice de desconforto durante o El Niño, mas não ocorreu uma mudança na categoria de desconforto térmico em nenhum dos períodos.

Durante o La Niña, notou-se uma redução no índice de conforto térmico, resultando em mudanças de categoria no período seco para algumas cidades. Por exemplo, Boca do Acre passou de parcialmente confortável para confortável, Manicoré passou de desconfortável para parcialmente confortável e Apuí passou de parcialmente confortável para confortável. Além disso, no período chuvoso, a maioria das cidades passou de desconfortável para parcialmente confortável, com exceção de Humaitá, que se manteve na mesma categoria. Em relação ao período anual, todas as cidades apresentaram uma mudança de categoria, saindo de

desconfortável para parcialmente confortável, com exceção de Boca do Acre, que se manteve na mesma categoria.

**Tabela 9:** Índice de Desconforto Térmico (°C) para o período seco, chuvoso e anual em El Niño e La Niña para mesoregião sul do Amazonas, sendo NDT (Níveis de desconforto térmico), D (Desconfortável), PC (Parcialmente confortável) e C (Confortável)

Cidade	El Niño			Normal Climatológica			La Niña		
	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual	Período Seco	Período Chuvoso	Média Anual
Humaitá	25,94	26,98	26,68	25,51	26,44	26,20	25,17	26,06	25,76
NDT	PC	D	D	PC	D	D	PC	D	PC
Boca do Acre	24,02	25,82	25,30	24,67	26,32	25,79	22,93	24,81	24,23
NDT	PC	PC	PC	PC	D	PC	C	PC	PC
Manicoré	26,79	27,69	27,47	26,11	26,82	26,62	24,82	25,63	25,33
NDT	D	D	D	D	D	D	PC	PC	PC
Apuí	25,41	26,44	26,12	25,19	26,46	26,09	23,82	24,87	24,64
NDT	D	D	D	PC	D	D	C	PC	PC
Lábrea	25,53	26,95	26,51	25,10	26,73	26,22	24,28	25,81	25,35
NDT	PC	D	D	PC	D	D	PC	PC	PC

Fonte: Autora (2023)

Dessa forma, com base nos dados apresentados, e nos impactos presentes na pesquisa, Assis (2011) e Shimoda et al (2005) explicam que em relação ao aumento da temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa, produz-se condições de estresse bioclimático que podem afetar a saúde e produtividade humana, bem como também há consequências econômicas e ambientais, pois exige um grande gasto de energia e recursos financeiros para que a população possa se aclimatar adequadamente, seja em suas moradias, locais de trabalho e nos ambientes públicos, o que implica no aumento das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, no consumo de recursos naturais e da poluição ambiental com aumento do consumo energético para a refrigeração artificial dos edifícios.

De modo que o conforto térmico é um fator importante para a saúde e bem-estar das pessoas. Além disso, o conforto térmico pode ter um impacto significativo na produtividade e no desempenho cognitivo (XIANG et al., 2013). De acordo com o estudo de Batiz et al. (2019), o conforto térmico pode influenciar na atenção e memória dos indivíduos em ambientes de aprendizado. Dessa forma, é indispensável analisar as consequências da ausência de conforto térmico e entender o quão relevante esse parâmetro pode ser para o nosso cotidiano. Sendo assim, estar em um ambiente mais confortável termicamente pode prevenir doenças respiratórias, dermatológicas e cognitivas, além de melhorar a qualidade do sono e aumentar a sensação de bem-estar (SILVA, 2016).

## 7. CONCLUSÃO

Com base nas evidências apresentadas, podemos concluir de forma inequívoca que os eventos de La Niña e El Niño exercem influência considerável nos parâmetros climáticos e no conforto térmico de uma determinada região, mas de intensidades diferentes. Durante o período de La Niña, ocorreu um notável aumento na precipitação em alguns meses, acompanhado de uma queda acentuada na média da temperatura do ar, perceptíveis mensalmente, no período seco e chuvoso. Já no contexto do El Niño, constatou-se uma grande diminuição na quantidade de chuvas tanto mensalmente quanto no período seco, chuvoso e anual, com variações menos pronunciadas na temperatura do ar. Adicionalmente, foi observada uma significativa alteração na umidade relativa do ar durante o El Niño, com uma notável redução em relação aos valores normais, mas no La Niña já não houve grandes modificações.

No que se refere ao índice de conforto térmico, é pertinente destacar que as localidades mais afetadas em escala mensal foram Lábrea durante o período de El Niño e Boca do Acre durante o período de La Niña. Em escala sazonal, no período El Niño houve aumento no índice de desconforto térmico mas não alterou somente a categoria de desconforto na cidade de Apuí no período seco, já no período de La Niña, houve uma queda no índice de desconforto, o qual deixou de maneira geral todas as cidades mais confortáveis, com ênfase para cidade de Boca do Acre e Apuí.

Tais constatações demandam atenção especial, pois as mudanças nos elementos climáticos mencionados implicam em implicações socioeconômicas substanciais, com repercussões significativas para setores cruciais como agricultura, saúde, disponibilidade de recursos hídricos e o bem-estar geral da população.

Portanto, em virtude das implicações mencionadas, é imperativo o contínuo aprofundamento do conhecimento acerca desses fenômenos oceanos-atmosféricos, por meio de monitoramento sistemático e análises aprofundadas. Somente assim poderemos mitigar os impactos decorrentes e adotar medidas adequadas de resposta para lidar com as complexas consequências desses eventos climáticos.

## 8. REFERÊNCIA

- AGUIAR, Francisco Evandro. As alterações climáticas em Manaus no século XX. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia. Rio de Janeiro. 182 p. 1995.
- ALBUQUERQUE, M. C. A. et al. Impactos do El Niño e La Niña no conforto térmico no sul do Amazonas. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2018.
- ALENCAR, A. et al. Human impact on fire occurrence in Amazonian forests. *Earth Interactions*, v. 25, n. 7, p. 1-19, 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMBRIZZI, T.; HARTMANN, D. L.; THOMPSON, D. W. J. The Hadley circulation in zonal-mean moist atmospheric models. *Journal of Climate*, v. 17, n. 4, p. 702-711, 2004.
- ANDRADE, K. L. C. et al. Variabilidade sazonal e diurna da precipitação na região amazônica durante o período de 1979 a 2017. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, n. 2, p. 249-263, 2022.
- ARAÚJO, L. G. et al. Análise da influência da Zona de Convergência Intertropical na ocorrência de precipitação na bacia amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 2, p. 295-308, 2020.
- Batiz, E. et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Produção*, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.
- Barbosa, R. & P.M. Fearnside. 1999. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). *Acta Amazonica* 29: 513534
- BRAGA, A. L. F. et al. Impactos das Mudanças Climáticas na Saúde da População: Um Estudo de Revisão. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, n. 1, p. 141-156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-5497201700010012>
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/clima/zcit.shtml>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- CHEN, J. et al. Contributions of moisture recycling to precipitation over the Amazon Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 23, n. 8, p. 3617-3629, 2019.
- CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Relatório La Niña 1998-1999. Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia\\_000031.html](http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia_000031.html). Acesso em: 06 mai.

2023.

COSTA, A. F. S., et al. “A influência dos fenômenos El Niño e La Niña na dinâmica climática da região amazônica.” *Revista Brasileira de Meteorologia* 34.3 (2019): 413-422.

DACANAL, Joceli. Avaliação do conforto térmico em espaços abertos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 115-130, jan./mar. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212010000100009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000100009&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 20 abr. 2023.

DIAS, M. A. F. S.; SILVA, C. P. **Energia Solar e suas Aplicações**. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas, 2009.

DUAN, L. et al. Hourly precipitation extremes under different climate conditions across China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 127, n. 16, 2022.

EL NIÑO E LA NIÑA. CPTEC, 2022. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br>. Acesso em: 30 de março de 2023.

FONTANA, D.C. & BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Agrometeorol.*, 5:127-132, 1997.

FREITAS Moreira, S., da Conceição, C. S., da Cruz, M. C. S., & Júnior, A. P. (2018). A Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a dinâmica climática da região Amazônica. **Multidisciplinary Reviews**, 1, e2018014-e2018014.doi:<https://doi.org/10.29327/multi.2018014>

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. *Manual de Conforto Térmico*. 7ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 245p

GAGNON, P. et al. Effects of climate on incidence and mortality of non-communicable diseases in elderly people: a systematic review. *BMJ Open*, v. 8, n. 7, p. e018171, 2018.

GOMES, A. T. A. et al. Análise de componentes principais na elaboração das normais climatológicas de temperatura e precipitação para o Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 71-80, 2013.

GOMES, H. B. et al. Spatial and temporal variability of convective precipitation over South America: A comparative study of TRMM 3B42 V7 and V8. *Climate Dynamics*, v. 57, n. 1-2, p. 1-21, 2021.

GONZALEZ A, Andreoli RV, Candido LA, Kayano MT, Souza RAF (2013). A influência do evento El Niño–Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazonica** 43: 469 –480.

GRIMM, A. M. EL NIÑO, NOVAMENTE! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30,

GUIMARÃES, A. C. A. et al. Análise da variação dos elementos climáticos na cidade de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 56-68, 2015.

Guimarães, R. F., de Farias, W. R., Sousa, J. J., da Costa, A. L., & da Silva, A. C. (2015). Análise da normal climatológica de referência 1981-2010 em Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 30(3), 293-302.

HARTMANN, D. L. Global Physical Climatology. San Francisco: **Academic Press**, 2016.

HUANG, Y. et al. Effects of climate change on the urban environment in the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 126, n. 2, e2020JD033919, 2021.

HUTYRA, L. R. et al. The importance of land-use legacies to ecology and conservation. *BioScience*, v. 65, n. 3, p. 193-200, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Manual Técnico de Meteorologia: normas climatológicas. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. Normas climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/normas-climatologicas/20947-normas-climatologicas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 19 abr. 2023.

IPCC. Summary for policymakers. In: GLOBAL WARMING OF 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 05 maio 2023.

JACOBI, P. R. et al. Climate change, urbanization, and public health: Brazilian perspectives. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n. 3, 2018.

JIANG, J. et al. Diurnal variation of convective activity and precipitation in the Amazon Basin from Meteosat satellite observations. **Atmospheric Research**, v. 262, p. 1-14, 2022.

KNOHL, A. et al. Net ecosystem exchange of carbon dioxide and evapotranspiration of a primary rainforest in Amazonia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 120, n. 5, p. 2139-2155, 2015.

KUMAR, D. et al. Assessment of climate change impact on reference crop evapotranspiration using multiple climate models and scenarios. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 22, n. 5, p. 2795-2812, 2018.

KAYANO, M. et al. (2017). El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 32(1), 5-18. Acesso em 31 de maio de 2023,ft

LEE, Eun-Kyeong et al. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 6, p. 064016, 2020. DOI: 10.1088/1748-9326/ab880e.

LI, L. et al. Spatiotemporal and hourly patterns of precipitation extremes in China during 1960-2018. *Journal of Hydrology*, v. 596, p. 126084, 2021.

LIBERATO, M. L. R. C. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) na América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 3, p. 393-408, 2014.

- LIMA, M. L. M. et al. A relação entre umidade relativa do ar e precipitação na Amazônia: uma análise de longo prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 277-286, 2020.
- LIMBERGER, M. P.; SILVA, R. A. **Tropical Atlantic influence on the Amazon summer climate. International Journal of Climatology**, v. 36, n. 2, p. 880-891, 2016.
- LOPES, A. B., & Pinto, F. R. (2021). **Made in Amazônia**: Os elementos climáticos na cidade de Manaus, AM. Brasil: Atena Editora
- LORENZONI, L. et al. Climate change and its impacts on human health in the Amazon Basin: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 12, p. 14254-14265, 2021.
- LUCENA, A. J. C. de. Características climáticas da cidade de Campina Grande (PB) e suas implicações para o planejamento urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, n. 3, p. 27-40, 2008.
- LUCENA, A. J. P. **Circulação Atmosférica e Clima**. São José dos Campos: INPE, 2008.
- LUCENA, D. B. *Impacto dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima do Nordeste do Brasil*. 2008. 229 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- L'HEUREUX, M. et al. Recent El Niño and La Niña events and their impact on global surface temperature. **Geophysical Research Letters**, v. 44, n. 9, p. 426-434, 2017. DOI: 10.1002/2016GL072033
- MARENGO, J. A. et al. Climate change in Central and South America: recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. Springer International Publishing, 2018.
- MARENGO, J. A. et al. Climate change in Central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 32, p. 153-164, 2018.
- MARENGO, J. A. et al. Climate change in the Amazon basin: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 193, p. 67-89, 2019.
- MARENGO, J. A. et al. Recent developments in the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, v. 32, n. 1, p. 1-21, 2012.
- Marengo, J., Nobre, C.A., Sampaio, G., 1997: On the associations between hydrometeorological conditions in Amazonia and the extremes of the Southern Oscillation. In extended abstracts of Memórias Técnicas, Seminario internacional Consecuencias climáticas e hidrológicas del evento El Niño a Escala Regional y local. 26-29 Noviembre 1997, Quito, Ecuador. pp. 257-266.
- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, A. M.; PEREIRA, M. C. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- MARTINS, P. A. S. *Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião sul do Amazonas*. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências 50 Ambientais)

– Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá.

MANDÚ, T. B. et al. (2021). Impacto das Ondas de Calor no Conforto Térmico Humano na Região da Floresta Nacional do Tapajós, Oeste do Pará. *Biodiversidade Brasileira*, 11(4), 98-108. DOI: 10.37002/biobrasil.v11i4.1775.

MENDONÇA, F. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil* / Francisco Mendonça,

MENDONÇA, F. et al. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

Mendonça, R. S. and Danni-Oliveira, I. M. (2007). O El Niño e seus efeitos no clima do Brasil. *Estudos Avançados*, 21(61), 7-22.

MENDONÇA, R. S. et al. Estudo de Normais Climatológicas para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 305-317, 2018.

Mendonça, T., Santos, J., Rocha, R., & Coelho, C. (2018). Climate normals for the reference period 1981-2010: an evaluation for Portugal. *Climate dynamics*, 50(3-4), 1431-1446.

MIRANDA, I. **Atmosfera e Clima: conceitos, fenômenos e impactos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MIRANDA, I. *Atmosfera e Clima: conceitos, fenômenos e impactos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MIRANDA, R. A. C.; SOUZA, L. *Climatologia Geográfica*. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013. 244p. Bibliografia: ISBN 978-85-7648-882-8.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p. 2237-8642, 2017.

NEPSTAD, D. et al. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature*, v. 372, n. 6507, p. 666-669, 1994.

NIMER, Edmon. *Climatologia do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1989. 422 p.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 49, p. 20668-20671, 2009.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disponível em: 48

<https://www.noaa.gov/>. Acesso em: 15 de maio. 2023.

Oliveira, A. P. and Satyamurty, P. (1998). El Niño: Fenômeno Climático de Grande Impacto Mundial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 13(1), 89-100.

OLIVEIRA, A. P. et al. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, C. P. C. A Zona de Convergência Intertropical e sua influência na dinâmica atmosférica tropical e na circulação geral da atmosfera. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019. p. 351 - 357, 2015.

OLIVEIRA, A. P.; SATYAMURTY, P. El Niño: Fenômeno Climático de Grande Impacto Mundial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 89-100, 1998.

OLIVEIRA, C. P. C. A Zona de Convergência Intertropical e sua influência na dinâmica atmosférica tropical e na circulação geral da atmosfera. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019, pp. 351-357.

Organização Meteorológica Mundial (OMM). WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-TD No. 1203. Genebra, Suíça, 2017.

PAULA, Letícia G. S. O uso da vegetação no controle do microclima urbano. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 68-73, jul./dez. 2004. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/23/15>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017.

PHILLIPS, O. L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science Advances*, v. 7, n. 7, eabe0906, 2021.

RAMOS, C. G. et al. Caracterização da célula de Hadley na América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 1-10, 2010.

RESTREPO-COUBE, N. et al. What drives the seasonality of photosynthesis across the

Amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the Brasil flux network. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 182-183, p. 128-144, 2013.

ROCHA, R. P.; OLIVEIRA, P. T. S.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Characteristics of the rainfall in the Amazon and its association with the Hadley and Walker circulations: a review. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 1-16, 2017.

ROOPA, K. R. et al. Climate change and biodiversity conservation in India: a review of the science, policy and mitigation mechanisms. *Environmental Science & Policy*, v. 54, p. 1-10, 2015.

SANTOS SRQ, Silva RBC, Barreto PNB, Nunes HGC, Rodrigues RS, Campos TLOB (2011) Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã –PA: estudo de caso. **Revista Brasileira de Meteorologia** 26: 367 –374.

SANTOS, M. C. et al. Precipitation trends and their implications for water resources management in the Northeast of Brazil. **Water Resources Management**, v. 32, n. 7, p. 2295-2308, 2018.

SERRÃO, E. A. D. O.; SANTOS, C. A. D.; WANZELER, R. T. S.; GONÇALVES, L. D. J. M.; LIMA, A. M. M. D. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na Amazônia: análise da bacia hidrográfica do rio Solimões. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 9, 5 – 20, 2015.

SILVA JÚNIOR, Luiz R. P. da et al. Conforto térmico em ambientes urbanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 1003-1012, set. 2013a. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013000900015&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000900015&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 abr. 2023.

SILVA, V. P. R.; MACIEL, G. F.; ROLANDO, P.; JOSEANE. M.; GUEDES, F. Análise do nível de significância da relação entre El Niño e chuva no Nordeste do Brasil. **Revista de SBMET**. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbmfiles/13bf85eab74a04b75d066b8d9f0bb28fa5.pdf>. Acesso em 14 de abril de 2023.

Silva, L. C. Conforto térmico em edificações: uma revisão bibliográfica. 2013.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall. *Theoretical and Applied*

Climatology, v. 68, n. 1-2, p. 3-13, 200.

Tian, H et al., 1998. Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. *Nature* 396: 664-667.

THOM, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57

WANG, C.; DESER, C.; YU, J. Y., DINEZIO, P.; CLEMENT, A. El Niño and southern oscillation (ENSO): a review. **Coral reefs of the eastern tropical Pacific**, v. 34, p. 85- 106, 2017.

WANG, Y. et al. Characterization of spatial and temporal variability of precipitation over the Southwest China based on the integration of TRMM and surface observations. *Climate Dynamics*, v. 50, n. 9-10, p. 3371-3388, 2018.

WEN, J. et al. The impact of land cover change on precipitation in the Beijing-Tianjin-Hebei region: A case study of precipitation in July 2016. *Science of The Total Environment*, v. 759, p. 143505, 2021.

WU, Y. et al. Multiscale variability of precipitation over the Sichuan Basin, China. *International Journal of Climatology*, v. 40, n. 15, p. 6811-6826, 2020.

XIE, J. et al. Influences of flow convergence and zonal advection of moisture on the annual maximum precipitation over the northwestern Amazon. **Atmospheric Science Letters**, v. 22, n. 8, e1055, 2021.

ZHAO, D. et al. Variability and characteristics of heavy rainfall events in the central region of the Sichuan Basin, China. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 149, n. 3-4, p. 1051-1064, 2022.