

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS –UFAM
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA
INSTITUTO DE AGRICULTURA, EDUCAÇÃO E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, BALANÇO HÍDRICO E
CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA A MESORREGIÃO
SUL DO AMAZONAS**

PAULO ANDRÉ DA SILVA MARTINS

**HUMAITÁ – AM
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA
INSTITUTO DE AGRICULTURA, EDUCAÇÃO E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

PAULO ANDRÉ DA SILVA MARTINS

**NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, BALANÇO HÍDRICO E
CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA A MESORREGIÃO
SUL DO AMAZONAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amazonas (PPGCA-UFAM) como requisito parcial, para obtenção de título de Mestre em Ciências Ambientais. Linha de Pesquisa 1- Componentes e Dinâmicas dos ecossistemas com ênfase no Bioma Amazônico.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino

Humaitá – AM
2019

Ficha Catalográfica

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

M386n Martins, Paulo André da Silva
Normais Climatológicas, Balanço Hídrico e Classificação
Climática para a Mesorregião Sul do Amazonas / Paulo André da
Silva Martins. 2019
87 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Alexandre dos Santos Querino
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Série Histórica . 2. Variáveis Meteorológicas . 3. Clima. 4.
Evapotranspiração. I. Querino, Carlos Alexandre dos Santos II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

PAULO ANDRÉ DA SILVA MARTINS

**NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, BALANÇO HÍDRICO E
CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA A MESORREGIÃO
SUL DO AMAZONAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amazonas (PPGCA-UFAM) como requisito parcial, para obtenção de título de Mestre em Ciências Ambientais. Linha de Pesquisa 1- Componentes e Dinâmicas dos ecossistemas com ênfase no Bioma Amazônico.

Aprovado em: 26/07/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr. Carlos Alexandre Santos Querino
Orientador PPGCA/IEAA/UFAM

Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura
Membro Externo – ICAT/UFAL

Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes
Membro Externo – PPGG/UNIR

*Dedico este trabalho com muito amor e toda gratidão, à minha amada mãe, **Marina da Silva Martins**, meu porto seguro, meu exemplo de vida. Serei eternamente grato por tudo que fez e faz por mim. Essa vitória é nossa!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que me proporcionou até aqui, pela força que me deu nos momentos mais difíceis, pelos ensinamentos aprendidos com todas as alegrias e principalmente com as tristezas.

A minha amada mãe, por tudo que é e tem feito pela nossa família, és nosso porto seguro e exemplo de vida, mulher guerreira, batalhadora que não mede esforços por suas crias.

A toda minha família, irmãos, vovó, primos, primas tios, tias, cunhados, cunhadas e sobrinhas que foram importantes e contribuíram de alguma forma para que esse momento fosse possível.

A minha namorada que se tornou minha mulher no decorrer do mestrado, Marcela Ferraz Nóia, por todo amor, companheirismo e principalmente paciência com minha vida acadêmica nesses muitos anos de batalha.

Ao professor Dr. Carlos Querino, obrigado pela parceria todos esses anos e principalmente pela paciência que teve comigo e por acreditar no meu potencial e no meu trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa interação biosfera atmosfera na Amazônia – GPIBA, aos que já saíram mais que se tornaram grandes amigos parceiros na pesquisa e os atuais membros do grupo pelo convívio do dia-dia pela parceria na pesquisa e pela amizade que levarei para sempre.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais que colaboraram com suas disciplinas no meu amadurecimento científico.

A Universidade Federal do Amazonas por oportunizar a realização tanto da graduação quanto do mestrado em Ciências Ambientais.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais pela iniciativa arrojada de implementar este programa no Sul do Amazonas e qualificar profissionais que contribuirão para uma sociedade melhor.

A Fundação de Amparo à pesquisa do estado do Amazonas pela bolsa concedida a mim para a realização desta Pós-Graduação.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET pelos dados das estações meteorológicas cedidos, sem isso este estudo não seria possível.

Ainda que eu fale as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o sino que ressoa ou como o prato que retine.

Ainda que eu tenha o dom de profecia, saiba todos os mistérios e todo o conhecimento e tenha uma fé capaz de mover montanhas, se não tiver amor, nada serei.

Ainda que eu dê aos pobres tudo o que possuo e entregue o meu corpo para ser queimado, se não tiver amor, nada disso me valerá.

O amor é paciente, o amor é bondoso. Não inveja, não se vangloria, não se orgulha. Não maltrata, não procura seus interesses, não se ira facilmente, não guarda rancor. O amor não se alegra com a injustiça, mas se alegra com a verdade.

Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.

RESUMO

MARTINS, P. A. S. **Normais climatológicas, Balanço Hídrico e classificação climática para a mesorregião Sul do Amazonas.** Humaitá, 2018, 87 fl. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – Universidade Federal do Amazonas.

O clima pode ser entendido como condições atmosféricas médias em uma certa região. Ele influencia diretamente grande parte das atividades humanas, em especial a agricultura determinando o nível de produtividade agrícola, que é condicionado pela disponibilidade hídrica regional. O clima pode ser descrito através das classificações climáticas que se baseiam na delimitação e na descrição de diferentes parâmetros climáticos. A classificação climática tem como intuito sistematizar e sintetizar a grande quantidade de informações referentes as características climáticas de cada região e auxilia diversas atividades do homem, como por exemplo, planejamento agrícola e urbano. Assim, o principal objetivo deste trabalho foi atualizar a classificação climática na Mesorregião Sul do Amazonas baseada na disponibilidade hídrica regional. Os dados foram coletados durante 10 anos (abril de 2008 a abril de 2018) nas estações meteorológicas automáticas (EMAS) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas nos municípios de Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre e Lábrea, Amazonas, Brasil. Os dados foram processados em médias mensais e anuais para todas as cidades. Para a construção da normal climatológica provisória, foi utilizada a metodologia da Organização Meteorológica Mundial - OMM adaptado no Brasil pelo INMET e posteriormente comparada com as duas normais previamente lançadas pelo mesmo instituto. A classificação climática, foi feita baseada no método de balanço hídrico climatológico (BHC) de Thornthwaite & Mather (1955). A estatística descritiva dos dados baseou-se nas Médias Mensais (\bar{X}_m), Média horária (\bar{X}_D), Erro Padrão (EP), Desvio Padrão (DP), Mediana (MD), Variância (V), Curtose (K) e Assimetria (As). O padrão da precipitação, ao longo do ano, apresentou duas estações climáticas, uma seca e outra chuvosa além de períodos de transição, responsáveis por 4%, 90%, 6%, respectivamente, de toda chuva anual. As maiores temperaturas foram às 14hs e menores às 6hs. As maiores médias das temperaturas foram registradas na transição inverno-primavera (27,5 °C) e os menores no verão (24,8 °C). Manicoré foi a cidade com as maiores temperaturas. A temperatura do ponto de orvalho registrou os menores valores no período seco (maio a setembro) com média de 17°C, no qual Manicoré, novamente, apresentou as maiores temperaturas. A classificação climática para Humaitá foi B4WA'a', Apuí B2RB'4, Lábrea B2WA', Manicoré AWA'a' e Boca do Acre B3WA'a', ambas com moderada deficiência hídrica no inverno, com clima megatérmico e com Evapotranspiração potencial de verão abaixo de 48%. As cidades se diferem quanto ao índice de umidade e a Evapotranspiração potencial anual. O Sistema de classificação climática de Thornthwaite & Matter (1955) permitiu separar de forma eficiente os tipos de climas através dos balanços hídricos, demonstrando maior acurácia na classificação climática, por ser mais sensível a variação da temperatura do ar e precipitação e, com isso, incorporou-se maiores especificidades das cidades estudadas do que a classificação generalizada proposta por Köppen.

Palavras chave: Série Histórica, Variáveis Meteorológicas, Clima, Evapotranspiração.

ABSTRACT

MARTINS, P. A. S. **Climatic standards, water balance and climate classification for the southern Amazon mesoregion.** Humaitá, 2018, 87 fl. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Institute of Education, Agriculture and Environment - Federal University of Amazonas.

The climate can be understood as average atmospheric conditions in a certain region. It directly influences a large part of human activities, especially agriculture in which it helps to define the level of agricultural productivity, conditioned mainly by regional water availability. The climate can be described through the climatic classifications that are based on the delimitation and the description of different climatic parameters in order to systematize and synthesize the large amount of information regarding the climatic characteristics of each region, helping in activities such as urban planning. In this way, this work aimed to update the climatic classification in the southern mesoregion of Amazonas, based on regional water availability. Data were collected for 10 years (April 2008 to April 2018) at the National Meteorological Institute (INMET) automatic meteorological stations located in the municipalities of Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre and Lábrea, Amazonas, Brazil . Data were processed in monthly and annual averages for all cities. For the construction of the provisional climatological normal, the methodology of the World Meteorological Organization - WMO adapted in Brazil by INMET was used and later compared with the two normal ones previously released by the same institute. The climatic classification was made based on the climatological water balance method (BHC) of Thornthwaite and Mather (1955). The descriptive statistics of the data were based on the Monthly Averages (\bar{X}_m), Hourly Average (\bar{X}_D), Standard Error (SD), Standard Deviation (DP), Median (MD), Variance (V), Kurtosis (K) and Asymmetry (A_t). The rainfall pattern, during the year, presented two climatic seasons, one dry, and one rainy season besides transition periods, responsible for 4%, 90%, 6%, respectively of all annual rainfall. The highest temperatures were at 2:00 p.m. and under 6:00 p.m. The highest temperature averages were recorded in the winter-spring transition (27.5 ° C) and the lowest in the summer (24.8 ° C). Manicoré was the city with the highest temperatures. The temperature of the dew point recorded the lowest values in the dry period (May to September) with average of 17 ° C, in which Manicoré, again, presented the highest temperatures. The climatic classification for Humaitá was B4WA'a ', Apuí B2RB'4, Lábrea B2WA', Manicoré AWA'a 'and Boca do Acre B3WA'a', both with moderate water deficiency in winter, with metamérico climate and with potential Evapotranspiration of less than 48%. Cities differ in moisture content and annual potential evapotranspiration. The climate classification system of Thornthwaite & Matter (1955) made it possible to separate climatic types efficiently through water balances, showing a better accuracy in Köppen's climatic classification, since it is more sensitive to variations in air temperature and precipitation, this incorporates greater specificities of the cities studied.

Keywords: Historical Series, Meteorological Variables, Evapotranspiration, South of Amazonas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação Climática mundial segundo Köppen.....	25
Figura 2. Latitudes de ocorrência da zona A, latitudes de ocorrência da zona B, latitudes de ocorrência da zona C, latitudes de ocorrência da zona D, latitudes de ocorrência da zona E. .	29
Figura 3. Classificação climática proposta por Strahler (1951).	30
Figura 4. Climas do Brasil segundo Strahler, 1. Clima Equatorial, 2 Clima Tropical, 3 clima Semiárido, 4 Clima litorâneo, 5 Clima Subtropical, 6 Clima Tropical de Altitude	31
Figura 5. Classificação climática do Brasil proposta por Nimer (1979).	32
Figura 6. Fases dentro do processo do Ciclo Hidrológico.	34
Figura 7. Componentes do ciclo hidrológico para o Balanço Hídrico.	36
Figura 8. Mapa de localização das cidades estudadas localizadas na mesorregião Sul do Amazonas.	43
Figura 9. Box Plot da Temperatura do ar (Tar) Precipitação (Ppt), Umidade Relativa (UR) e Temperatura do Ponto de Orvalho (Td).	54
Figura 10. Temperatura do ar (Tar). A- Dados de 2010 a 2018 da cidade de Manicoré e normais climatológicas (NC) de 1961-1990 e 1981-2010. B- Dados de 2008 a 2018 da cidade de Lábrea e normais climatológicas de (NC) 1961-1990 e 1981-2010. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.	60
Figura 11. Precipitação (Ppt). A- Dados de 2008 a 2018 da cidade de Lábrea e normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010. B- Dados de 2010 a 2018 da cidade de Manicoré e normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.....	62
Figura 12. Umidade Relativa (UR). A- Dados de 2010 a 2018 de Manicoré e Normais climatológicas dos anos de 1961-1990 e 1981-2010 da cidade de Manicoré. B- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.	64
Figura 13. Temperatura do Ponto de Orvalho (Td). A- Dados de 2010 a 2018 de Manicoré e Normal climatológica dos anos de 1981-2010. B- Dados de 2008 a 2018 de Lábrea e Normal climatológica dos anos de 1981-2010 da cidade de Manicoré e Lábrea. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.	65

Figura 14. Precipitação (PPt), Evapotranspiração Potencial (ETP), e Evapotranspiração Real (ETR), para as cidades. A- Apuí B- Boca do Acre C- Humaitá D- Lábrea e E- Manicoré..... 70

Figura 15. Extrato das componentes do Balanço Hídrico Climatológico das cidades de: A – Apuí- B. do Acre, C- Lábrea, D- Manicoré e E - Humaitá 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre plantas (De Candolle, 1855) e os tipos climáticos (Köppen, 1918)..	25
Tabela 2. Regiões fundamentais e classes climáticas de maior ocorrência.....	26
Tabela 3. Classificação climática de Flohn (1950).....	33
Tabela 4. Informações das estações meteorológicas automáticas avaliadas no estudo.....	44
Tabela 5. Chave inicial da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice de umidade.	47
Tabela 6. Segunda chave de classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice de aridez (Ia) e umidade (Iu).	48
Tabela 7. Terceira chave da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice térmico anual.	48
Tabela 8. Quarta chave da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados na relação entre a ETP de verão e anual.	49
Tabela 9. Capacidade de Água Disponível (CAD)no solo utilizados no estudo, contemplando os municípios de Humaitá, Lábrea, Boca do Acre, Manicoré e Apuí localizados na Mesorregião Sul do Amazonas.....	50
Tabela 10. Caracterização do indicador de grupo climático (primeira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).....	51
Tabela 11. Caracterização do indicador do tipo climático (segunda chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).....	52
Tabela 12. Caracterização do indicador de subtipo climático (terceira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).....	52
Tabela 13. Estatística descritiva dos dados de Temperatura do ar (Tar) médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal (°C); EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.	55
Tabela 14. Estatística descritiva dos dados de Precipitação (Ppt) médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal; EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.....	56
Tabela 15. Estatística descritiva dos dados de Umidade relativa do ar médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal; EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.....	57

Tabela 16. Estatística descritiva dos dados de temperatura do ponto de orvalho médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal (°C); EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.....	58
Tabela 17. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Apuí- Am.....	66
Tabela 18. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Boca do Acre - Am.....	67
Tabela 19. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Humaitá-Am.....	67
Tabela 22. Classificação climática de Köppen para a mesorregião Sul do Amazonas.	73
Tabela 23. Classificação climática de Thornthwaite & Mather (1955) para a Mesorregião Sul do Amazonas.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFAM	-	Universidade Federal do Amazonas
PPGCA	-	Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais
IEAA	-	Instituto de Educação Agricultura e Ambiente
ICAT	-	Instituto de Ciências Atmosféricas
UFAL	-	Universidade Federal de Alagoas
EMA	-	Estação meteorológica automática
INMET	-	Instituto Nacional de Meteorologia
OMM	-	Organização Meteorológica Mundial
BHC	-	Balanço Hídrico Climatológico
BHS	-	Balanço Hídrico Sequencial
BHCu	-	Balanço Hídrico de Cultivo
P	-	Precipitação
ETP	-	Evapotranspiração Potencial
ETR	-	Evapotranspiração Real
ETO	-	Evapotranspiração de Oásis
ETC	-	Evapotranspiração de Cultura
A.C	-	Antes de Cristo
SCC	-	Sistemas de Classificação Climática
°C	-	Graus Celsius
NC	-	Normal Climatológica
NCP	-	Normal Climatológica provisória
MEC	-	Massa equatorial Continental
NE	-	Nordeste
ZCIT	-	Zona de convergência intertropical
ZCAS	-	Zonas de convergência do Atlântico Sul
IT	-	Instabilidade Tropical
AB	-	Alta da Bolívia
SFs	-	Sistemas Frontais
CT	-	Convecção Tropical
LI's	-	Linhas de Instabilidade
LIP	-	Linhas de Instabilidade com propagação

LIC	-	Linhas de Instabilidade Costeira
Cbs	-	Conglomerado de nuvens
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
TRMM	-	Rainfall Measuring Mission
Km	-	Quilômetros
IH	-	Índice hídrico
Iu	-	Índice de Umidade
Ia	-	Índice de Aridez
CAD	-	Capacidade de água disponível
DEF	-	Deficiência Hídrica
EXC	-	Excesso Hídrico
Td	-	Temperatura do Ponto de Orvalho
Tar	-	Temperatura do ar
UR	-	Umidade Relativa
Ppt	-	Precipitação
DP	-	Desvio padrão
V	-	Variância
MD	-	Mediana
XM	-	Média
K	-	Curtose
EP	-	Erro padrão
AS	-	Assimetria
mm	-	Milímetros

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	20
1.2 HIPÓTESE	21
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivos Geral.....	22
2.2 Objetivos Específicos	22
3. REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1 Classificações Climáticas	23
3.1.1 Classificação climática de Köppen	24
3.1.2 Classificação climática de Strahler	29
3.1.3 Classificação climática de Nimer (1979).....	32
3.1.4 Classificação climática de Flohn (1950).....	33
3.2 Balanço Hídrico.....	34
3.2.1 Balanço Hídrico Climatológico ou Normal (BHC)	35
3.2.2 Balanço Hídrico Sequencial (BHS)	36
3.2.3 Balanço Hídrico de Cultivo (BHCu).....	36
3.2.4 Modelo de Bucket	36
3.2.5 Modelo de Thornthwaite & Mather (1955).....	37
3.3 Evapotranspiração	38
3.4 Normais Climatológicas	39
3.5 Sistemas meteorológicos atuantes no Sul do Amazonas.....	40
3.5.1 Sistemas de Grande Escala	41
3.5.2 Sistemas de Escala Sinótica	42
3.5.3 Sistemas de Mesoescala	42

4. METODOLOGIA.....	43
4.1 Descrições das áreas de estudo	43
4.2 Aquisição dos Dados Meteorológicos	44
4.3 Elaboração da Normal climatológica provisória	44
4.4 Cálculo do Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather (1955).....	46
4.5 Estatística descritiva dos dados	49
4.6 Capacidade de Água Disponível.....	50
4.7 Sistemas de Classificação Climática de Köppen	51
5. Resultados e Discussão.....	53
5.1 Variáveis meteorológicas	53
5.1.1 Box Plot das Variáveis meteorológicas	53
5.1.2 Estatística da Variáveis Meteorológicas	54
5.1.3 Temperatura do Ar (Tar).....	59
5.1.4 Precipitação (Ppt).....	60
5.1.5 Umidade Relativa do ar (UR)	63
5.1.6 Temperatura do Ponto de Orvalho (Td).....	64
6. Balanço Hídrico Climatológico (BHC)	65
6.1 Classificação Climática de Köppen.....	72
6.2 Classificação Climática de Thornthwaite & Mather (1955).....	73
7. Conclusões.....	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1. INTRODUÇÃO

O Amazonas é o maior estado do Brasil (1.570.746 Km²) e todo seu território encontra-se dentro do bioma Amazônico (GALVÃO et al., 2000; SALATI et al., 2006). Ele destaca-se por estar entre os estados da Amazônia legal que tem os maiores índices de desmatamento. Dentre as macro e microrregiões que compõem o estado, a Mesorregião Sul tem grande contribuição no desmatamento do Amazonas, isso ocorre em razão do crescimento agropecuário e populacional (MMA 2018). A mesorregião é composta por dez municípios no qual, ao entorno de suas rodovias, desenvolve-se as principais atividades econômicas como a pecuária, agricultura e extração de madeira (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

Neste cenário a Mesorregião Sul é responsável por grande parte da produção agrícola do estado do Amazonas, com valores médios anuais de 300T de maracujá, 250T de mamão, 20T de goiaba, 540 mil frutos/anual de laranja, 37mil frutos/anual de limão, 4mil frutos/anual de cupuaçu, 854mil/cachos de banana, 250 mil frutos/ anual de abacaxi, 500T de açaí, 10 mil frutos/ anual de coco, 120T de feijão, 27T de milho, 70T de cacau e 11T de mandioca, além de ser o maior produtor de melancia da região norte com quase 3 milhões de frutos/anuais (IDAM 2018).

O desenvolvimento agropecuário e madeireiro fez com que a mesorregião tivesse as maiores taxas de desflorestamento de todo o estado (FEARNSIDE, 2010) causando forte impacto na cobertura do solo (RIVERO et al., 2009; PAVÃO et al., 2014). As mudanças na cobertura do solo podem interferir na transferência de vapor d' água para a atmosfera além de alterar o balanço de radiação e, conseqüentemente, o balanço energético superficial (MACHADO et al., 2017). Apesar de toda a importância agrícola da mesorregião, estudos envolvendo as variáveis do clima, que interferem diretamente em toda cadeia produtiva agrícola, ainda são escassos, seja ele na forma direta de aquisição de dados meteorológicos ou na modelagem numérica ou estatística. Desta forma, as alterações da cobertura da superfície podem interferir nos padrões de variáveis climatológicas (PAVÃO et al., 2017).

Conhecer os padrões climáticos e suas relações diretas com as atividades humanas no dia-dia torna-se ainda mais importante e imperativo. A demanda crescente por água somada as limitações dos recursos hídricos, conflitos entre alguns usos e os prejuízos causados pelo excesso e pela escassez, exigem cada dia mais planejamento racional otimizado para o aumento da eficiência do uso da água. O conhecimento quantitativo espacial e temporal da

disponibilidade hídrica permite estabelecer diretrizes que norteiam a implementação de políticas de gestão de uso deste recurso (SOUZA et al., 2010).

Segundo Andrade Júnior et al. (2005) a disponibilidade hídrica de uma região pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico (BHC), que evidencia as variações sazonais, mensais e diárias do excedente e deficiência hídrica através de relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, como precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP).

Os balanços hídricos têm sido utilizados para estimar parâmetros de natureza climática e, a partir deles, estabelecer comparações entre as condições predominantes em localidades distintas (SOUZA et al., 2011). A ideia fundamental que suporta esse procedimento é a de que, se a mesma metodologia de cálculo do balanço hídrico for adotada para todas as localidades de uma região os resultados encontrados podem ser comparados. Através desse procedimento é possível identificar áreas climaticamente favoráveis à exploração de uma determinada cultura, bastando para isso, que se conheçam suas exigências climáticas, expressas também em termos de parâmetros do balanço hídrico (SOUZA et al., 2010).

Segundo Rolim et al. (2007), há diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico, sendo que cada um tem a sua finalidade principal. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Thornthwaite em 1948, posteriormente modificado por Mather em 1955, que ficou conhecido como Balanço Hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955). A principal função deste balanço é servir como base para classificação climática.

O balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955) possibilita o monitoramento da variação do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como em escalas maiores como a mensal, usando medidas de temperatura do ar e precipitação, uma vez que as mesmas são comuns em estações meteorológicas automáticas e convencionais (MARTINS, 2009). Em geral, a temperatura do ar e as precipitações podem ser consideradas como os principais elementos do clima, pois indicam os níveis energéticos e as disponibilidades hídricas da região (ROLIM et al., 2007; PEREIRA et al., 2002)

Muitos Sistemas de classificações climáticas (SCC) foram desenvolvidos levando em considerações estas variáveis climáticas. Entretanto, muitas delas não representam de forma relevantes os reais domínios climáticos, pois são muito abrangentes como a SCC de Köppen, o qual parte do pressuposto que a vegetação é a melhor maneira de expressar o clima. Embora seja amplamente utilizada no mundo, essas metodologias, para efeito de zonas agroclimáticas, são ineficazes (PEREIRA et al., 2002).

Já no SCC de Thornthwaite & Matter (1955) a planta não é vista como um instrumento de integração dos elementos climáticos, e sim, como simplesmente um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera. Dessa forma, um tipo de clima é definido como seco ou úmido relacionado às necessidades hídricas das plantas, ou seja, dependente de um balanço hídrico. Assim, este SCC é considerado um método mais refinado que o de Köppen para aplicações agrícolas e definição de zonas agroclimáticas (CUNHA et al., 2009; ANDRADE JÚNIOR et al., 2005; ANTONINO et al., 2000).

Entretanto, Cunha et al. (2009), reprovam o SCC de Thornthwaite & Matter (1955), os mesmos argumentam que este SCC é simplista no cálculo da evapotranspiração potencial, utilizando apenas a temperatura do ar (Tar), não leva em consideração outras variáveis meteorológicas. Ainda segundo os autores, este SCC não traz melhorias na definição do clima em comparação ao SCC de Köppen, sendo ainda um complexo SCC e de difícil entendimento.

Por outro lado, Rolim et al. (2007), expõem que o SCC de Thornthwaite trouxe uma sensibilidade muito maior na definição dos climas nos Estados Unidos e que a quantidade de elementos meteorológicos e de estações meteorológicas levados em consideração, definem o grau de abrangência e de sensibilidade dos SCC, afirmam ainda que este SCC se mostrou muito mais sensível em regiões próximas ao paralelo do equador, onde encontra-se localizada a Mesorregião Sul do Amazonas.

1.1 JUSTIFICATIVA

O Amazonas é o maior estado em extensão territorial do Brasil (1.570.746 Km²) e está inserido, em sua totalidade, dentro do bioma amazônico (FILHO et al., 2009). Caracteriza-se por ter os menores índices de desmatamento em relação aos outros estados da Amazônia legal. No entanto, a Mesorregião Sul, tem se destacado quanto à modificação do uso da terra (SALATI et al., 2006).

A pecuária, exploração madeireira e agricultura são atividades causadoras do desflorestamento na região. O alto custo de terras em outras regiões agricultáveis do país como centro – oeste, transforma o sul do Amazonas em uma forte região para a agricultura. Alguns fatores como incentivos governamentais, estrutura rodoviária e o baixo valor das terras contribuem para isso ocorra (SALATI et al., 2006). Salienta-se ainda que a Mesorregião Sul se encontra na região do Arco do desflorestamento.

O Arco do desflorestamento é uma extensa área do território brasileiro que corre paralela às fronteiras das macrorregiões norte e centro-oeste, onde se localiza a transição dos biomas Cerrado e Floresta Amazônica. Essa região é conhecida como a área das frentes de ocupação agropecuária, processo que gerou a destruição de milhares de km² de vegetação para dar lugar a pastos para gado e culturas comerciais, como soja, arroz e milho, etc. O arco inicia-se no sul do estado do Pará, percorre todo o norte dos estados de Tocantins, Mato Grosso, penetra em Rondônia e chegam as cidades da Mesorregião Sul do Amazonas. (LIMA et al., 2005).

Segundo Fearnside (2007) dentre as cidades que compõem o sul do Amazonas, Apuí (29%), Manicoré (24%), Lábrea (19%) e Boca do Acre (10%) apresentam os maiores percentuais de desflorestamento do estado. Além de impactos na fauna e flora local, esses desflorestamentos podem causar alterações no clima como aumento da temperatura do ar e diminuição da precipitação em escala local e regional.

Essas alterações na cobertura do solo podem interferir na transferência de vapor d'água para a atmosfera, pois alteram o balanço de radiação e, conseqüentemente, energético superficial (BIUDES et al., 2015). Então, devido aos possíveis impactos causados pela exploração na cobertura do solo, além de uma generalização quanto a classificação do clima para toda a Amazônia, faz-se necessário reavaliar classificação climática regional além de comparar as normais climatológicas provisórias para o sul do estado.

1.2 HIPÓTESE

As classificações climáticas sempre foram apresentadas de forma generalizada para Mesorregião Sul do Amazonas. Como há diferenças entre totais pluviométricos que são a base das classificações climáticas e demais variáveis meteorológicas como Temperatura do ar, há diferença na classificação climática na Mesorregião Sul do Amazonas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Geral

Atualizar a classificação climática na Mesorregião Sul do Amazonas baseada na disponibilidade hídrica e temperatura do ar regional, afim de subsidiar pesquisas na produção agropecuária, energética e no planejamento urbano e rural.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a sazonalidade das variáveis meteorológicas na Mesorregião Sul do Amazonas;
- Comparar as normais climatológicas provisórias com Normais Climatológicas do INMET;
- Estimar o balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), para as principais cidades da Mesorregião Sul do Amazonas;
- Comparar a classificação climática existente para a Mesorregião Sul do Amazonas, com a classificação proposta por Thornthwaite & Mather.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Classificações Climáticas

O clima é o resultado das interações da radiação solar com os aspectos físico geográficos e a circulação atmosférica (TATSCH, 2012). Conhecer o clima de diferentes localidades é importante para atender as particularidades de diversas áreas do conhecimento e auxiliar na organização das atividades humanas, pois os aspectos climáticos são analisados de forma a sintetizar as informações do clima de uma dada localidade e efetuar a classificação climática (LUCAS et al., 2009).

As classificações climáticas se baseiam na delimitação e descrição de diferentes parâmetros climáticos, tendo como intuito final sistematizar, sintetizar, simplificar, condensar e comunicar a grande quantidade de informações referentes às características do clima de dada localidade, denominada de região ou de domínio climático (SZLAFSZTEIN et al., 2010). Contudo, ressalta-se que não é possível delimitar espacialmente, com exatidão, os limites climáticos, por haver uma transição gradual de um tipo climático para outro (LIMBERGER, 2015).

Uma região ou o domínio climático se refere a certa área da superfície da Terra delimitada por um conjunto de condições climáticas aproximadamente homogêneas (NOBRE et al., 2013). Nesse sentido, é possível que a combinação de diferentes elementos e fatores do clima resulte em uma região com condições climáticas homogêneas quando comparada à outra, sendo denominada de região climática (SILVA et al., 2016).

Os primeiros escritos sobre as diferenças nos climas do mundo são de autoria de filósofos, matemáticos, astrônomos e pensadores gregos. Ao postular a esfericidade da Terra e seu movimento de translação em relação ao Sol, Aristóteles (384 a 322 a.C.) identificou cinco sistemas zonais de temperatura, conforme o recebimento desproporcional dos raios solares na superfície terrestre, devido ao ângulo de inclinação do planeta (SOUZA et al., 2009). Nesse contexto, foi enquadrada a primeira classificação climática, realizada por Parmênides em 500 a.C., na qual foram definidas, conforme a influência da latitude na insolação e, por conseguinte, na temperatura, três zonas gerais: a zona tórrida, entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio; a zona temperada, entre os Trópicos e os Círculos Polares e; a zona frígida, entre os Círculos Polares e os Polos (DUARTE et al., 2015). Essa classificação é comumente vista com o nome de zonas térmicas do planeta.

Após o século XVII, sobretudo por conta do desenvolvimento de instrumentos meteorológicos, houve um grande incremento na quantidade de classificações climáticas

realizadas, com abordagens e técnicas diversas. Há registro da existência de mais de 200 esquemas de classificações climáticas (MENDONÇA et al., 2007). Dentre os sistemas de classificação climática existem duas abordagens principais, a empírica ou genérica e genética (FARIAS et al., 2012).

A abordagem empírica ou genérica, também considerada como descritiva, apresenta essencialmente a descrição dos elementos climáticos como temperatura do ar, precipitação, umidade e evapotranspiração, enquanto a abordagem genética se baseia no efeito do clima sobre os elementos naturais, geralmente sobre a vegetação ou o solo, como balanço de radiação, amplitudes térmicas e duração dos períodos chuvosos (MOLION et al., 2002).

Os sistemas de classificação climática que empregam a abordagem genérica devem também ser entendidos como aqueles orientados pelos preceitos da Climatologia Dinâmica e/ou Geográfica, pois buscam identificar a gênese das características e variabilidades dos elementos e fenômenos climáticos (LUCAS et al., 2009).

3.1.1 Classificação climática de Köppen

Wladimir Köppen (1846-1940) foi um biólogo Russo que estudou climatologia e desenvolveu um dos Sistemas de Classificação Climática (SCC) mais utilizados no mundo, no qual presume que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região (KRÜGER et al., 2016). Embora muito antigo, este SCC ainda é bastante utilizado seja em sua forma original ou com modificações (ROLIM et al., 2007).

Köppen baseou sua classificação no mapa de vegetação mundial de Candolle (1855), um fisiologista francês. Dessa forma, Köppen aceitou a vegetação natural como a melhor expressão do clima. Em 1901, publicou sua primeira classificação climática que nos dias atuais além da vegetação incorpora outras variáveis como temperatura e características sazonais (KRÜGER et al., 2016).

A SCC de Köppen consiste na divisão do clima em escala mundial em cinco grandes tipos, sendo que estes ainda possuem onze principais subtipos. Estes tipos e subtipos permitem caracterizar as configurações climáticas do mundo (FIGURA 1) (MOREIRA et al., 2016). A associação entre alguns tipos de vegetação e determinadas zonas climáticas, propostas pela classificação de Köppen, estão dispostas na Tabela (1). Para realizar a Classificação climática é necessário utilizar símbolos e números que darão um melhor entendimento quanto as especificidades do local que está sendo classificado (KRÜGER et al., 2016).

World map of Köppen-Geiger climate classification

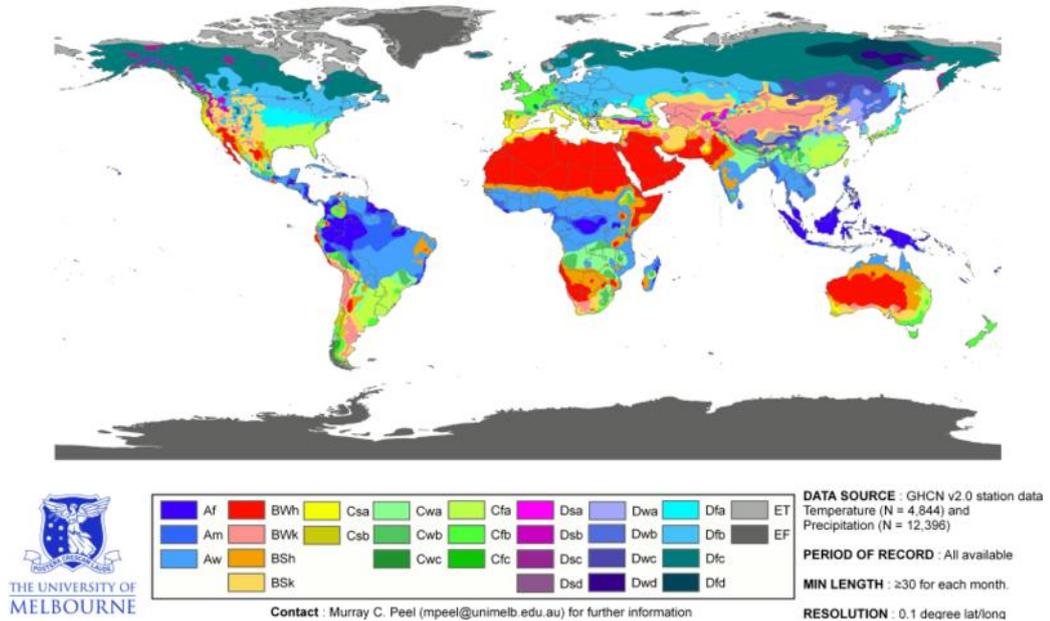


Figura 1. Classificação Climática mundial segundo Köppen.

Tabela 1. Relação entre plantas (De Candolle, 1855) e os tipos climáticos (Köppen, 1918).

Tipos de Plantas (De Candolle)	Tipo Climático (Köppen.)	Vegetação Dominante
Megatérmicas	Tropical úmido	Tropical chuvoso de floresta Tropical de Savana
Xerófilas	Seco	Desértico Estepe Pradarias
Mesotérmicas	Subtropical úmido (Latitudes médias)	Temperado Quente (Florestas Caducifólias) Temperado Quente (Florestas Coníferas) Mediterrâneo
Microtérmicas	Continental úmido	Temperado frio (Florestas caducifólias) Temperado Frio (Florestas Coníferas) Floresta Boreal
Equisotérmicas	Polar	Tundra

Fonte: Sá Junior (2009)

3.1.1.1 Simbologia do sistema de Classificação de Köppen

O modelo de Köppen utiliza um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas para designar os tipos e subtipos, além das subdivisões que indicam características específicas sazonais (ALVARES et al., 2013). Os cinco grandes grupos climáticos principais são designados pelas letras iniciais do alfabeto em maiúsculas (A, B, C, D e E) e correspondem as regiões entre o equador e os polos. Essas regiões são divididas em subgrupos, considerando a distribuição sazonal da precipitação acrescida das características da temperatura (ANDRÉ et al., 2008). Em geral, são apresentados cinco grandes grupos climáticos ou regiões fundamentais e 27 subtipos climáticos de maior ocorrência no mundo (Tabela 2).

Tabela 2. Regiões fundamentais e classes climáticas de maior ocorrência.

Tipos climáticos	Subtipos climáticos	Latitude de ocorrência	
		Norte	Sul
A - Clima tropicais chuvosos	Af Clima tropical úmido ou clima equatorial de floresta	0° e 25°	0° e 25°
	Am Clima Tropical de Monção		
	Aw Clima tropical de savana com estação seca no inverno		
	As Clima tropical com estação seca de ver		
B - Clima seco	BS Clima de estepes	30°	30°
	BSh Clima de estepe quente		
	BSk Clima de estepe moderadamente fraco		
	BW Clima de deserto		
	BWh Clima das regiões desérticas quentes		
C - Clima temperado chuvoso e	BWk Clima das regiões desérticas frias	30° e 60°	30° e 60°
	Cf Clima temperado único sem estação seca		
	Cfa Clima temperado úmido		

Dfd Clima temperado frio
sem estação seca e com
inverno intenso

Dw Clima temperado frio
com inverno seco e chuvas
de verão

Dwa Clima temperado frio
com inverno seco e com
verão quente

Dwb Clima temperado frio
com inverno seco e com
verão

Dwc Clima temperado frio
com inverno seco e com
verão

Dwd Clima temperado frio
com inverno seco e intenso

E - Clima glacial clima das regiões circumpolares	ET Clima de tundra		
	EF Clima das calotas polares, neve e gelo perpétuos	70°	70°

Fonte: Mendonça et al. (2007)

A ocorrência das zonas climáticas no mundo está associada à sua localização quanto à latitude (NUNES et al., 2009). Dessa forma, para melhor compreensão da distribuição das principais regiões climáticas fundamentais na Terra, elas foram dispostas, conforme mostrado na Tabela 2 e figura 2.

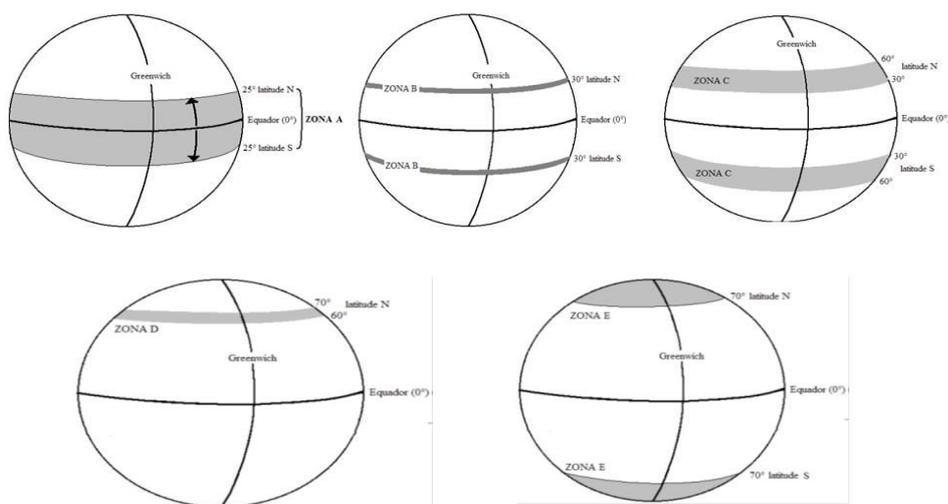


Figura 2. Latitudes de ocorrência da zona A, latitudes de ocorrência da zona B, latitudes de ocorrência da zona C, latitudes de ocorrência da zona D, latitudes de ocorrência da zona E.

Em razão da alta aplicabilidade desta classificação climática, alguns estudos no Brasil foram realizados visando classificar o clima com esta metodologia (MACHADO et al., 2012). Pereira et al. (2013), estudando a região centro oeste do Brasil classificou-a, com o método proposto originalmente por Köppen, no estado de Goiás e Distrito Federal, encontrou o clima Aw caracterizando essa região como tropical com estação seca no inverno para Brasília. Já para Goiás o clima encontrado foi Cwa no sudoeste e em uma pequena porção no nordeste do estado. Segundo o autor este clima se caracterizou como temperado úmido com inverno seco e verão quente. O clima Aw foi encontrado em quase todo o território goiano, caracterizando quase todo o estado como clima tropical com estação seca no inverno.

3.1.2 Classificação climática de Strahler

O SCC de Strahler utiliza os conceitos de regimes térmicos e tipos pluviométricos e considera a atuação das massas de ar (MENDONÇA et al., 2007). O modelo baseia-se na localização, natureza e movimentos das diferentes massas de ar (ALVARES et al., 2013).

Segundo SZLAFSZTEIN et al. (2010) a classificação de Strahler divide o clima em três partes principais (figura 3):

Grupo I – Clima de baixas latitudes, inclui as regiões das massas de ar tropicais e a zona de convergência intertropical. O grupo I subdivide-se em clima chuvoso equatorial, áreas sob influência dos ventos alísios do litoral, tropical seco e úmido e clima seco tropical.

Grupo II – Clima de latitudes médias é caracterizado pela interação entre massas de ar e a zona da frente polar. Subdivide-se em subtropical seco, subtropical úmido, mediterrâneo,

marítimo de costa oeste, seco de latitudes médias e continental úmido; e, por fim, o Grupo III – Clima de altas latitudes, dominados pelas massas de ar polar e árticas subdividido em áreas de bosques boreais, tundra e casquete polar.

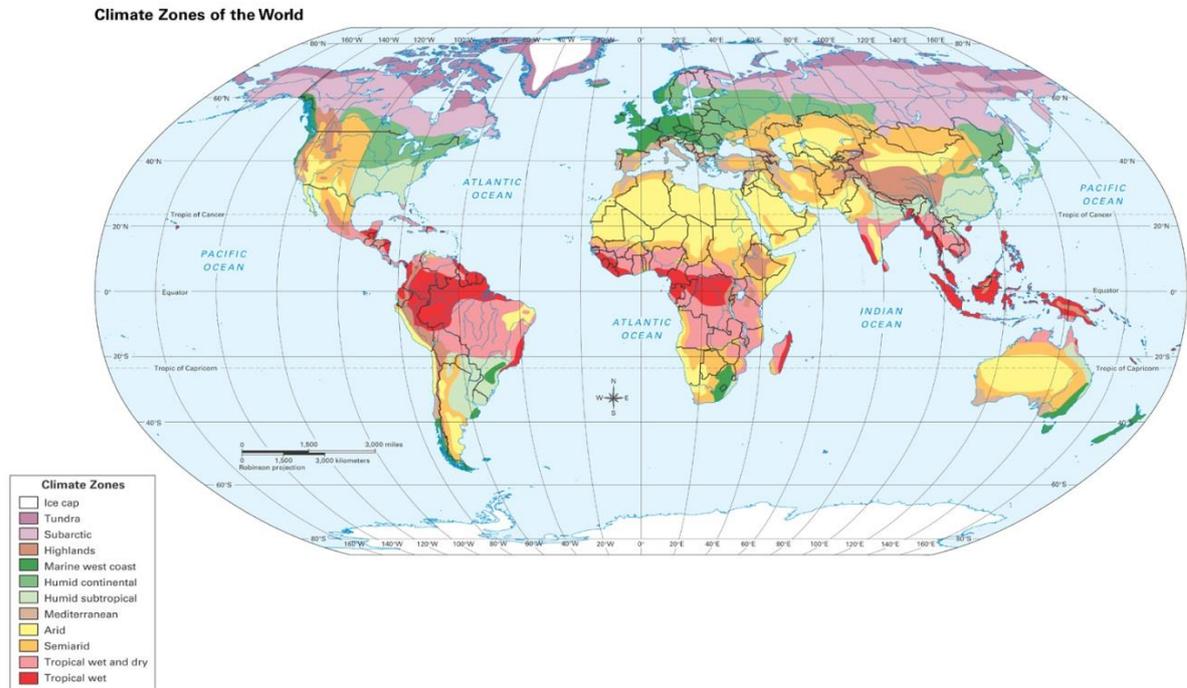


Figura 3. Classificação climática proposta por Strahler (1951).

Pereira et al. (2004) sugerem seis classificações climáticas para o Brasil baseado na classificação de Strahler.

Clima Equatorial (Figura 4, ponto 1) - é característico da região amazônica. As temperaturas são elevadas o ano todo, com oscilações de temperatura média mensal entre o mês mais frio (25° C) e o mais quente (27° C). A atuação das massas de ar Equatorial Continental e Equatorial Atlântica provoca chuvas abundantes, superiores a 2.000 mm/ano. No inverno, a região pode ser atingida pela massa de ar Polar Atlântica que provoca o fenômeno da friagem e, conseqüentemente, queda brusca da temperatura para os padrões regionais (MEIRELES et al., 2003).

Clima Tropical (Figura 4, ponto 2) - abrange a região Centro-Oeste, oeste de São Paulo Minas Gerais e da Bahia e estende-se por parte dos Estados do Maranhão e Piauí. É um clima alternadamente úmido e seco. A umidade ocorre na primavera e verão com a expansão da massa de Equatorial Continental. O outono e inverno são secos, devido a atuação das massas de ar Polar Atlântica e Tropical Continental. Também é conhecido como tropical continental ou semi-úmido (NETO et al., 2007).

O clima Semiárido (Figura 4, ponto 3) - se caracteriza pela escassez e irregularidade de chuvas. O índice de chuvas é inferior a 800 mm ano^{-1} , as temperaturas médias em torno de 27°C e a amplitude térmica média mensal por volta de 5° . Este clima é controlado por massas de ar equatoriais e tropicais (ANDRADE et al., 2005).

O Clima litorâneo (Figura 4, ponto 4) - se estende pela região costeira do Rio Grande do Norte ao estado de São Paulo. É um clima quente, porém no litoral nordeste as temperaturas são mais elevadas que as do Sudeste. As chuvas nestes trechos do litoral estão concentradas também em estações distintas: no Nordeste ocorrem principalmente no outono e inverno e no Sudeste são mais intensas na primavera e verão (BERTONI et al., 2007).

- O Clima Subtropical (Figura 4 ponto 5) - é típico da região sul do Brasil. A temperatura média é em torno de 18°C , com verões quentes e invernos frios. A massa de ar Tropical Atlântica atua principalmente no verão e a massa Polar Atlântica tem maior presença no inverno. Durante o inverno ocorrem geadas e algumas regiões serranas estão sujeitas à precipitação de neve, embora não seja um fenômeno regular. É um clima úmido com chuvas regularmente distribuídas durante o ano (MACHADO et al., 2012).

- O Clima Tropical de Altitude (Figura 4, ponto 6) é típico das áreas elevadas da região Sudeste. As temperaturas são mais baixas que as registradas nas áreas típicas de clima tropical. Apesar de ocorrerem durante todo o ano, as chuvas estão mais concentradas no verão. Esse clima é controlado por massas de ar tropicais e polares (TAGLIAFERRE et al., 2010).



Figura 4. Climas do Brasil segundo Strahler, 1. Clima Equatorial, 2 Clima Tropical, 3 clima Semiárido, 4 Clima litorâneo, 5 Clima Subtropical, 6 Clima Tropical de Altitude

3.1.3 Classificação climática de Nimer (1979)

A classificação climática desenvolvida por Nimer (1979) (Figura 5) diferencia-se das classificações convencionais sob alguns aspectos. O primeiro deles refere-se ao fato de considerar a noção de ritmo climático, introduzindo assim na climatologia tradicional a climatologia dinâmica, abordagem que tem sido atualmente adotada pelos climatologistas (TOMASELLA, 2005). Além disso, essa classificação adota alguns dos critérios classificatórios climáticos tradicionais, como os de Köppen. Aliás, utiliza critérios livres, conforme os aspectos e índices considerados expressivos na climatologia local (NOBRE et al., 2004).

Em resumo, a classificação proposta por Nimer (1979) é baseada em três SCC. O primeiro é relativo à gênese climática, os padrões de circulação atmosférica, definindo três climas zonais: equatorial, tropical e temperado. O segundo delimita as regiões térmicas (mesotérmico mediano ou brando, subquente e quente) e é fundamentado na frequência e médias dos valores extremos mensais. O critério classificatório usado por Nimer foi o de Köppen, que estabelece o limite de 18°C para os climas quentes ($>18^{\circ}\text{C}$) e subquentes ($<18^{\circ}\text{C}$) e estabeleceu também os limites de 15°C e 10°C do mês mais frio para o mesotérmico brando e mesotérmico médio (10 a 0°C). E, por fim, o terceiro classifica as regiões quanto aos padrões de umidade e seca mensais (super úmido, úmido, semiúmido e semiárido). (LUCAS et al., 2009).



Figura 5. Classificação climática do Brasil proposta por Nimer (1979).

Estudos realizados no estado de Goiás classificou a região como clima quente e semiúmido (SILVA et al., 2016). A grande exceção a esse tipo climático ocorreu no sudoeste

de Goiás, que é classificado como pertencente ao clima quente e úmido, com média mensal de temperatura maior que 18 °C e ocorrência de apenas 3 meses secos por influência da altitude na temperatura média. A região do chapadão de Goiás e Distrito Federal e parte do planalto Central Goiano é definida como clima subquente e semiúmido, com média entre 15 e 18 °C em, pelo menos, um mês e 4 a 5 meses secos. Nesse mesmo contexto, à área correspondente ao Planalto de Rio Verde no sudoeste de Goiás é atribuído o clima subquente e úmido, com média entre 15 e 18 °C em, pelo menos, um mês e apenas 3 meses secos (ANDRÉ et al., 2008).

3.1.4 Classificação climática de Flohn (1950)

A classificação sugerida por Flohn em 1950 (Tabela 3) é um modelo genético que reconheceu oito tipos climáticos baseados nas zonas de ventos globais e nas características da precipitação. Nesta classificação a temperatura não é explicitada. As características dos climas dependem dos grandes cinturões de vento do planeta e das chuvas. Estes cinturões mudam de posição ao longo do ano devido ao rolamento sazonal (SOUZA et al., 2009).

Tabela 3. Classificação climática de Flohn (1950).

Tipo Climático	Característica de Precipitação
I - Zona equatorial(ventos de oeste)	Constantemente Úmida
II - Zona Tropical	Precipitação pluvial de verão
II - Zonas Subtropicais Secas(ventos alísios ou alta pressão subtropical)	Condições secas predominam durante o ano inteiro
IV - Zona subtropical de chuva de inverno(tipo Mediterrâneo)	Precipitação de inverno
V - Zona Extratropical(ventos de oeste)	Precipitação geral o ano todo
VIa - Zona Subpolar	Precipitação limitada durante o ano todo
VIb - Subtipo Continental Boreal	Precipitação pluvial de verão limitada, precipitação de neve de inverno
VII - Zona Polar Alta	Precipitação escassa; precipitação pluvial de verão, precipitação de neve no início do inverno

Fonte: Cardozo (2014). Adaptado pelo autor.

3.2 Balanço Hídrico

A água está presente em todos os ambientes terrestres e sua quantidade é praticamente invariável há centenas de milhões de anos (FRANCA, 2009). No entanto, a sua distribuição e o estado físico em que se apresenta varia em diferentes regiões do globo, devido a variação da energia, que promove o processo de evaporação da água para a atmosfera (DAMIÃO et al., 2010). Esse processo de mudança de estado físico da água e retorno para a superfície, denomina-se ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico utiliza-se da dinâmica da atmosfera e de grandes reservatórios de água, percorrendo caminhos a partir dos quais circula por todo sistema global (MARTINS et al., 2011). A água precipitada é proveniente da evaporação de rios, lagos e oceanos, do solo e transpirada pelas plantas através da evapotranspiração (MATOS et al., 2015). Ao chegar à superfície, a água sofre o escoamento e com isso retorna aos reservatórios (recarga subterrânea) ou se infiltra no solo, em movimento descendente, percolando e alcançando os aquíferos (figura 6) (ABREU et al., 2015).

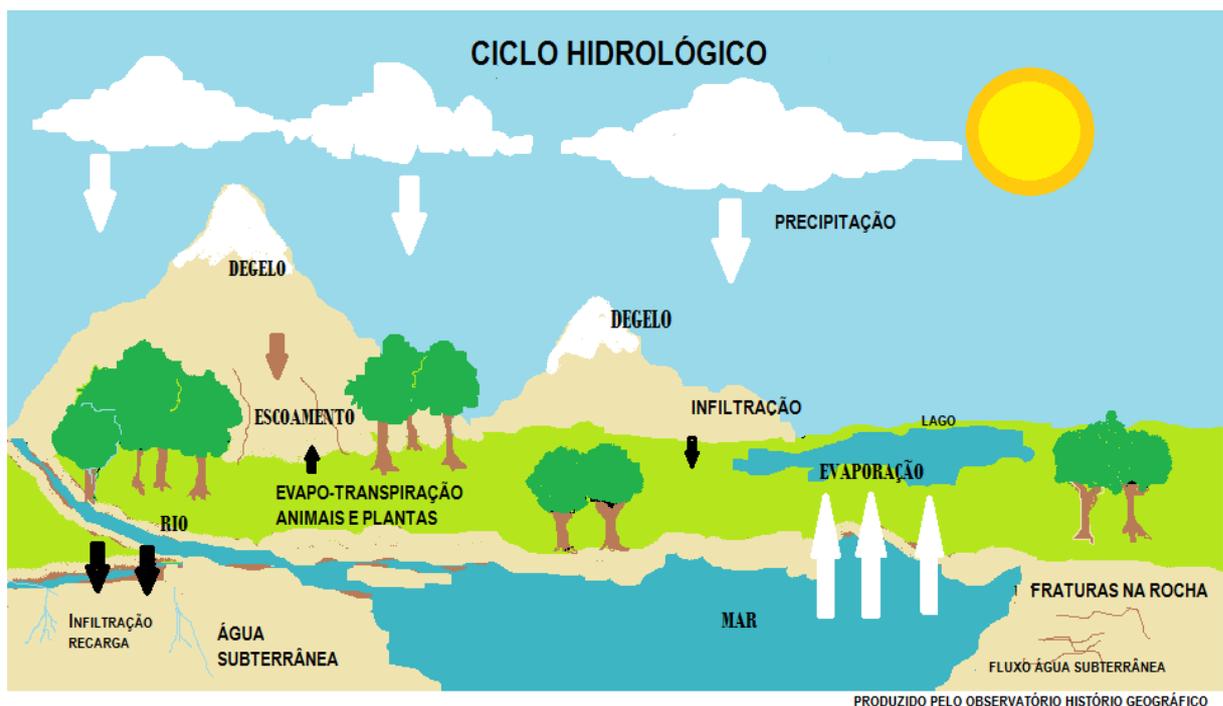


Figura 6. Fases dentro do processo do Ciclo Hidrológico.

Os vários processos que envolvem fluxos de água, como infiltração, redistribuição, evaporação e absorção pelas plantas, são interdependentes e ocorrem simultaneamente (MONTEIRO et al., 2009). Para estudar o ciclo da água (ou ciclo hidrológico) é necessário considerar o balanço hídrico (BH). O BH é a somatória das quantidades de água que entram e

saem de um volume de solo num dado intervalo de tempo, tendo como resultado a disponibilidade hídrica de uma região (AGUIAR et al., 2009).

O conhecimento das disponibilidades hídricas de uma região é crucial para diversos campos como produção agropecuária (AGUIAR, 2004). Em ecossistemas com baixa capacidade de armazenamento de água e grandes diferenças nas regularidades de precipitação, a avaliação do potencial hídrico é fundamental para o dimensionamento de sistemas de irrigação (MENDES et al., 2006). Desta forma, o balanço hídrico é importante na quantificação do potencial hídrico, pois considera diversos fatores que interferem no armazenamento de água do solo e no clima (AQUINO, 2010).

O BH é uma ferramenta indispensável em diversas áreas de estudos; na meteorologia agrícola tem sua aplicação na avaliação e delimitação dos potenciais hídricos regionais, na irrigação é usado para determinação dos períodos com maiores e menores disponibilidade de água, na hidrologia em estudos de bacias hidrográficas e na quantificação das disponibilidades hídricas para criação de reservatórios para armazenamento de água (AQUINO, 2013).

O desenvolvimento e a utilização de diversos modelos para a determinação do BH voltado as atividades agrícolas tem se intensificado nos últimos anos (MARTINS et al., 2011). O crescimento e o aprimoramento dos modelos de simulação de balanço hídrico têm tido resultados significativos em estimar alternativas de planejamento, dimensionamento e manejo de irrigação (SANTOS, 2015).

A principal função do balanço hídrico é servir de base para a classificação climática. Uma das mais importantes aplicações do balanço hídrico é verificar a disponibilidade hídrica regional, a caracterização de secas, o zoneamento agroclimático e a determinação das melhores épocas de semeadura (MATOS et al., 2015).

3.2.1 Balanço Hídrico Climatológico ou Normal (BHC)

É elaborado com valores de normais climatológicas e, portanto, representam uma estimativa do comportamento médio do regime edafoclimático de uma região. A expressão edafoclimático refere-se a características definidas através de fatores do meio ambiente tais como clima, relevo, temperatura, umidade do ar, radiação, tipo de solo, vento, composição da atmosfera e precipitação pluvial (DANTAS et al., 2007). O BHC é um indicador climático da disponibilidade hídrica da região, por meio da variação das condições do BH dos períodos com deficiências e excedentes hídricos (MACHADO et al., 2012). As informações fornecidas pelo BHC são de cunho climático e, portanto, auxiliam no planejamento agrícola e servem de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo para a exploração agrícola.

3.2.2 Balanço Hídrico Sequencial (BHS)

O balanço hídrico sequencial é elaborado com dados de precipitação e evapotranspiração de um período (meses, semanas, dias), de um ano específico, para uma determinada região (MOREIRA et al., 2002). O BHS fornece a caracterização e a variação sazonal das condições do BH (deficiências e excedentes) ao longo do período em questão. Essas informações são de grande importância para as tomadas de decisão em práticas agrícolas tais como: plantio, colheita, irrigação, entre outros (FEARNSIDE et al., 2007).

3.2.3 Balanço Hídrico de Cultivo (BHcu)

O BHcu visa calcular o armazenamento de água no solo levando em consideração tanto o tipo de vegetação como a sua fase de crescimento e desenvolvimento (BARRETO et al., 2003). Tem sido aplicado com o intuito de quantificar as deficiências hídricas e as necessidades de irrigação total e suplementar informações para o planejamento da irrigação a nível de propriedade ou em escala regional (FISCH et al., 1998; KRUSCHE et al., 2002).

A figura 7 mostra os componentes do ciclo hidrológico com entradas (precipitação, infiltração) e saídas (evapotranspiração, escoamento superficial), evidenciando o papel das plantas na retirada de água do solo.

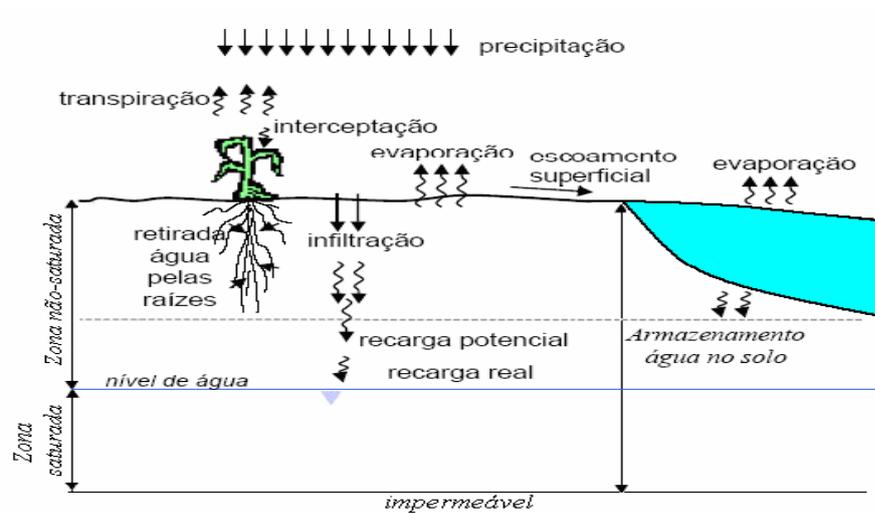


Figura 7. Componentes do ciclo hidrológico para o Balanço Hídrico.

3.2.4 Modelo de Bucket

Este é o modelo mais simples para o Balanço de água no solo. Este modelo assume que o solo tem capacidade fixa para armazenar água, a qual está disponível para a evapotranspiração. Nela, a taxa de variação da massa de água no solo por unidade de área é determinada pela precipitação, pela evapotranspiração, pelo derretimento da neve e pelo escoamento de água na superfície (SYPERRECK, 2006; TAVARES et al., 2013).

No entanto, o modelo Bucket não permite quantificar a evaporação no período da noite (TOMASELLA, 2005; SHOR et al., 2007). Desta forma, é necessário o uso de um modelo simples que possibilite a mensuração da evaporação para a superfície do solo nas primeiras camadas (SACRAMENTO NETO et al., 2010). Os autores ainda concluem que, a partir deste modelo, para antecipar a variação temporal da umidade do solo na superfície, deve-se considerar o transporte de água da superfície para as camadas mais profundas do solo.

Com o intuito de melhorar significativamente o modelo Bucket, vários modelos hidrológicos complexos foram desenvolvidos. Esses modelos descrevem a interação da atmosfera com a vegetação e o solo através das trocas de calor e de umidade próximo à superfície (MOSTER et al., 2003; SILVA et al., 2010). Os processos físicos e biológicos associados à vegetação, tais como a transpiração e a interceptação, também devem ser incluídos nesses modelos (NIMER et al., 1989; NUNES et al., 2007).

3.2.5 Modelo de Thornthwaite & Mather (1955)

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC), criado por Thornthwaite & Mather (1955) supõe que o solo ofereça resistência as perdas de água para a atmosfera, e que esta aumenta com a redução da água armazenada no solo (SANTOS, 2015; SANT'ANNA NETO, 2005). Quando ocorre um saldo positivo entre a precipitação e sem a evapotranspiração potencial, este é incorporado ao solo, reabastecendo-o. Quando o solo atinge sua capacidade de armazenamento, é considerado excesso (escoamento e drenagem profunda). O BHC tem como variáveis de entrada a precipitação e evapotranspiração potencial. As variáveis de saídas no BHC são armazenamento de água no solo, variação do armazenamento de água do solo, evapotranspiração real, excesso e deficiência hídrica (THORNTHWAITER MATHER, 1957; MARTINS et al., 2011; SILVA-VAREJÃO, 2001).

Alguns estudos utilizando o método de BHC mostram eficiência na resposta da disponibilidade hídrica. Oliveira et al. (2012) em estudo feito em Aracaju, encontraram valores de evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP) 1228,79 e 1544,78 mm, respectivamente, com déficit hídrico de 315,98 mm e excesso hídrico de 366,20 mm tendo, a classificação climática sub-úmido, megatérmico (C2rA'a'). Já Silva et al. (2014) fez a classificação climática para a cidade de São Paulo do Potengi – RN. Os autores demonstraram através dos índices hídrico (Ih), índice de aridez e de umidade (Iu), que a região aprestou deficiência hídrica em todos os meses do ano. O clima foi classificado em semiárido, megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água e com 27,9% da evapotranspiração potencial concentrada no trimestre mais quente (Janeiro, Fevereiro e Março). Esse estudo

demonstrou que para a agricultura daquela região necessitavam de irrigação durante todos os meses do ano.

Em estudo realizado na cidade de Lupércio – SP foi encontrada deficiências hídricas anuais acumuladas de 19 mm, distribuídas entre julho e setembro, cujo excedente hídrico anual de 431 mm concentrados, entre os meses de dezembro a março (PASSOS et al., 2017). Neste estudo, os autores utilizaram diferentes valores de CAD e, constataram que ao diminuir o CAD aumenta a deficiência. O clima foi classificado como úmido megatérmico sem ou com pequena deficiência hídrica.

3.3 Evapotranspiração

A perda de água dos vegetais é denominada de transpiração. O processo inicia-se nas raízes do vegetal, onde a água é absorvida. Essa água é transferida para a parte aérea da planta através dos vasos condutores, passando pelo mesófilo até chegar aos estômatos (SOUZA et al., 2013; VEGA et al., 2009). A transpiração ocorre através dos estômatos, estruturas que existem nas folhas e, que permitem a comunicação entre a parte interna da planta e a atmosfera (TANAKA et al., 2013; WAGNER, 2009). Os estômatos permanecem abertos durante o dia e fechados durante a noite e em condições de estresse hídrico. A condição de estresse hídrico pode ocorrer quando o solo não contém água disponível para as plantas ou quando há água, porém, a planta não consegue absorvê-la em quantidade e velocidade suficiente para atender a demanda atmosférica (TAGLIAFERRE et al., 2010).

Em uma superfície vegetada ocorrem simultaneamente os processos de respiração das plantas e evaporação do solo, a soma dos dois é denominado de evapotranspiração (PEZZOPANE et al., 2003). A evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pela quantidade de água disponível do solo para as plantas (VESCOVE et al., 2005), evapotranspiração também é afetada pela altitude, que influencia diretamente nas temperaturas do solo e do ar e na pressão atmosférica (SYPERRECK et al., 2008).

Em áreas vegetadas, a maior parte da energia é utilizada na evapotranspiração, resultando em menor aquecimento do ar (TANAKA et al., 2013). Essa situação induz ao aparecimento de um gradiente térmico entre as duas áreas. Havendo deslocamento do ar (vento) da área seca para a vegetada e, conseqüentemente, transporte horizontal de calor sensível para a área úmida (BARROS et al., 2009)

Evapotranspiração Potencial (ETP) - Este conceito foi introduzido por Thornthwaite (1948) e corresponde à água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento

ativo e cobrindo totalmente o terreno, estando este bem suprido de umidade, ou seja, sem déficit hídrico.

Evapotranspiração de Referência (ET_o) – É aquela de uma extensa superfície, coberta totalmente por grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo e sem deficiência hídrica (TURCO et al., 2005).

Evapotranspiração Real (ET_R) - é aquela que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, de seu porte e das condições de umidade do solo; ocorre em qualquer circunstância, sem imposição de qualquer condição de contorno (TURCO et al., 2005).

Evapotranspiração da Cultura (ET_C) – A cultura, desde o plantio até a colheita, cresce progressivamente e ocupa, portanto, a área disponível. Nessas condições ocorre a evapotranspiração real, a qual é denominada, na prática, evapotranspiração da cultura (ET_C) ou evapotranspiração máxima (MEDEIROS, et al., 2009).

3.4 Normais Climatológicas

As normais climatológicas correspondem a valores médios das variáveis meteorológicas equivalente ao período mínimo de 30 anos (OMM, 1989). Dessa maneira, têm-se dados suficientes para identificar um valor predominante que represente os padrões característicos do clima no local considerado (SILVA, 2013). Estes valores médios correspondem a intervalos de tempos diários, mensais, sazonais ou anuais das variáveis meteorológicas (ROLIM et al., 2007). As variáveis meteorológicas, descrevem o comportamento físico da atmosfera, enquanto que as normais climatológicas apresentam uma informação do comportamento médio dessa atmosfera (RAMOS et al., 2009).

Os cálculos das normais climatológicas surgiram em 1872 com a compilação de dados de valores médios de um período uniforme, pelo Comitê Internacional de Meteorologia, com a finalidade de compatibilizar todos os dados disponíveis (SENTELHAS et al., 2008). Assim, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estipulou o início de cada década a partir de 1901 para começo dos cálculos, no Brasil especificamente, só existem dados relativamente bem distribuídos no território nacional a partir de 1910 (INMET, 2014).

Segundo a própria OMM, todas as informações referentes à clima são mais aproveitadas se comparadas uma referência (NC). Caso contrário, serão apenas valores sem representatividade (VIOLA et al., 2010). Então, ao se estabelecer um padrão normal destes valores, torna-se possível análises das condições atmosféricas (MEIRELES et al., 2003).

Dessa forma, os dados extraídos das normais climatológicas podem servir diretamente para a agricultura, informando épocas melhores para plantio e colheitas, o regime de

precipitação, bem como sobre radiação solar e temperatura, os quais são importantes para o desenvolvimento da produção agrícola e da economia de uma região (MONTEIRO, 2007). Além disso, as normais podem ser utilizadas para áreas de saúde, turismo, lazer, para a própria manutenção dos ecossistemas e preservação dos recursos hídricos, como para aplicações teóricas e estudos acadêmicos (VIOLA et al., 2010).

Através da análise dessas variáveis e suas intercomparações é possível identificar as características climáticas de uma região. Com isso, é possível observar os valores máximos e mínimos de como elas se comportam ao longo do ano nas estações e em ciclos de períodos longos e curtos (CARVALHO et al., 2008). Isso representa um fator importante para o desenvolvimento como um todo da região, pois permite escolher épocas boas para plantio, corte, colheita, turismo, lazer, entre muitos outros fatores condicionados pelo clima (RAMOS et al., 2010).

3.5 Sistemas meteorológicos atuantes no Sul do Amazonas.

Na Mesorregião Sul do Amazonas atuam mecanismos atmosféricos que são controlados por sistemas de meso e grande escala climática (SCHOR et al., 2006). Devido à posição geográfica, o tipo de vegetação, o ciclo hidrológico e a topografia local, a Amazônia apresenta características de chuvas convectivas, as quais são importantes para o equilíbrio climático local e regional, (PEREIRA et al., 2004).

Segundo Liu (2005) são três mecanismos que provocam chuva na região Amazônica:

- A) Convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições favoráveis de larga escala;
- B) Linhas de instabilidade originárias da costa N-NE do litoral do Atlântico;
- C) Aglomerados convectivos de meso e larga escala associados com penetrações de sistemas frontais na região S/SE.

O processo de formação do vapor d'água na Amazônia tem origem não apenas do Oceano Atlântico, por meio dos ventos alísios, mas também pelo processo de evapotranspiração das plantas. Portanto, 50% do vapor d'água advêm do oceano e os outros 50% da floresta (PEREIRA et al., 2004).

No setor ocidental da Amazônia, os principais sistemas de circulação atmosférica, sofrem influência da Massa Equatorial Continental (mEc) formada pela convecção termodinâmica dos ventos de Nordeste (NE), do anticiclone dos Açores e pela Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, constituindo um constante fator de instabilidade do tempo e abundantes chuvas (RAMOS et al., 2010). Dessa forma, os autores ainda distingue quatro

sistemas de circulação da atmosfera para a região que constituem sistemas de circulação perturbada, determinantes de instabilidade e chuva.

- Sistema de Oeste da mEc representado por linhas de instabilidade tropical (IT), gerando tempo instável com pancadas de chuva;
- Sistema de Norte da Convergência Intertropical (ZCIT), também gerando tempo instável;
- Sistema de Sul do anticiclone polar e sua descontinuidade frontal provocando instabilidade no tempo, localmente chamado de friagens.

A friagem, foi melhor identificada a partir da década de 1980, quando foi observado variações de pressão, por meio da atuação dos sistemas frontais (NETO et al., 2007). Os autores avaliaram dados de estação no sudeste do Brasil correlacionados com dados no norte e nordeste do país e perceberam que sistemas frontais em latitudes médias, de escala sinótica, causam variações da temperatura nas regiões equatoriais (SCHOR et al., 2006). O fenômeno está relacionado ao desenvolvimento de um anticiclone atrás de um sistema frontal que se move para o norte, atingindo a região da Amazônia (SOUZA, 2009).

3.5.1 Sistemas de Grande Escala

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma faixa latitudinal sobre os oceanos equatoriais, onde os ventos alísios de ambos os hemisférios se encontram. Nessas regiões existem movimentos de ar ascendentes, formação de uma banda de nuvens e, conseqüentemente, liberação de calor latente para a atmosfera (ROLIM, et al., 2007). Há outras definições para a ZCIT, como a zona do cavado equatorial, zona de máxima temperatura da superfície do mar, zona de máxima convergência de massa e máxima cobertura de nuvens convectivas (SILVA, 2006).

Na circulação geral da atmosfera, as Células de Hadley tem origem a partir das ZCIT, com predominância de baixas pressões. Desta forma, ocorre à convergência e ascendência do ar gerando a condensação (RAMOS et al., 2010). Outra célula de ar que tem importância para a região é a célula de Walker. A célula de Walker ou célula zonal, são encontradas na região equatorial e está relacionada à variação da pressão atmosférica entre as porções leste e oeste do oceano Pacífico, promovendo uma circulação no sentido longitudinal nessa região (CAMARGO et al., 2007). Segundo os mesmos autores, a atuação ocorre no oceano Pacífico Leste, se estende até o oeste da Austrália. No momento em que as águas se aquecem no Pacífico o ar tende a subir (ascendência) e conseqüentemente há divergência em altos níveis, configurando em altitude, o anticiclone do Pacífico até os altiplanos bolivianos. A existência

dessas células é definida como gangorra barométrica, mas também é conhecido como oscilação sul (CAMARGO et al., 2007).

Um outro fenômeno que influencia na quantidade de chuva na região é a Alta da Bolívia (AB). Caracteriza-se pela atuação de um anticiclone em altos níveis da troposfera (200 hPa) durante os meses de verão, associado com a forte convecção da região Amazônica (FISCH et al., 1998). A AB resulta na convergência do ar mais aquecido e umidade nos baixos níveis (850 hPa) e divergência do ar que se resfria em altos níveis da atmosfera (200 hPa) e que tem posição variável intra-sazonal e interanual (TURCO et al., 2005).

3.5.2 Sistemas de Escala Sinótica

A distribuição espacial e temporal da precipitação pluvial na região central e sul do Amazonas pode estar associada com a penetração de sistemas frontais da região sul, interagindo e organizando a convecção na Amazônia. A Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS que, é convencionalmente definida como uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido preferencialmente noroeste-sudeste, se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul Central (SACRAMENTO et al., 2010). Segundo os mesmos autores as interações entre sistemas frontais (SFs) e a convecção tropical (CT) sobre a região Amazônica são frequentes e se tornam mais intensos nos meses de outubro a março.

Para que o sistema seja caracterizado como ZCAS deve manter-se no mínimo quatro dias de duração. A interação entre os sistemas se dá predominantemente quando os SFs estão associados a cavados que se estendem dos baixos aos altos níveis, com inclinação preferencial noroeste-sudeste (ANDRADE, et al., 2005). A principal característica das ZCAS são chuvas contínuas, ao longo de um dia inteiro na região Amazônica, devido à forte advecção de ar frio e subsidência no lado polar da faixa de nebulosidade convectiva associada a advecção de ar quente e movimento ascendente na região desta faixa (RAMOS et al., 2010).

3.5.3 Sistemas de Mesoescala

As Linhas de Instabilidade (LI's) são mecanismos que também provocam chuvas na Amazônia. As LI's são bandas de nuvens convectivas que se formam e se propagam continente adentro. Essas bandas não são necessariamente contínuas. Uma LI's tropical típica é uma linha de cúmulos nimbos que se forma ao longo da banda de uma ampla área de movimento descendente (PEREIRA et al., 2002).

Segundo Pereira et al. (2002), Nobre et al. (2004) as LI's se formam ao longo da costa norte-nordeste da América do Sul, desde a Guiana até o estado do Maranhão. As LI's são classificadas em linha de instabilidade costeira (LIC) e linha de instabilidade com propagação

(LIP) Para Andrade et al. (2005) essas linhas são caracterizadas por possuir grandes conglomerados de nuvens Cbs e são formadas devido à circulação de brisa marítima.

4. METODOLOGIA

4.1 Descrições das áreas 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) (Figura 8). Foram analisados 10 anos de dados (abril de 2008 a abril de 2018). 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) e suas populações variam entre 21 e 53 mil habitantes, no total somam 241.502 mil habitantes. Suas áreas somadas contemplam 476.097,8 Km².

De acordo com a classificação de Köppen, a região possui um clima tropical chuvoso caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais variando de 27 a 25 °C, com máxima e mínima mensal de 36 e 17 °C respectivamente e, média de umidade relativa do ar entre 85 e 90%, podendo atingir níveis abaixo dos 50% nos períodos de seca (ALVAREZ et al., 2013).

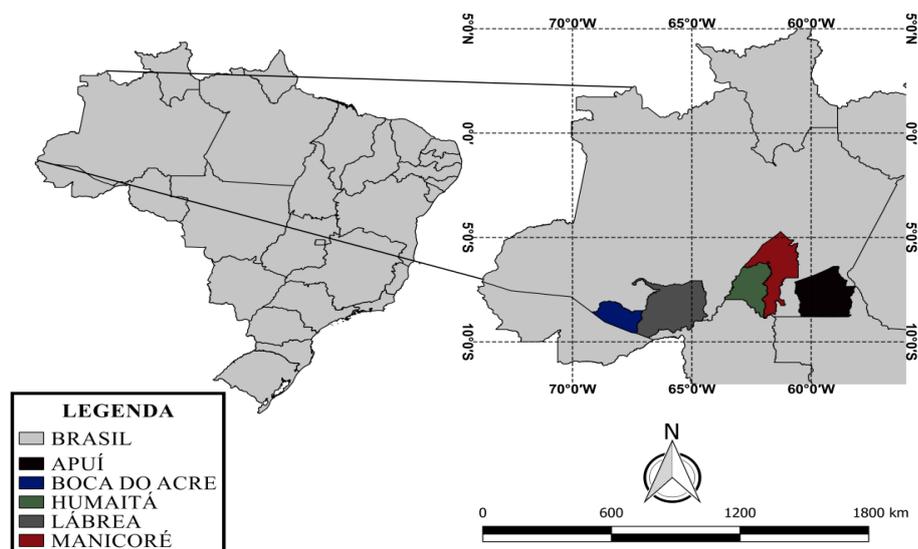


Figura 8. Mapa de localização das cidades estudadas localizadas na mesorregião Sul do Amazonas.

4.2 Aquisição dos Dados Meteorológicos

Foram utilizados dados horários oriundos das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instaladas em todos os municípios envolvidos no estudo (Tabela 4). Os dados foram analisados em médias mensais e sazonais (período seco e chuvoso).

Dos cinco municípios que foram estudados, dois já possuem normais climatológicas (1960-1990) (Lábrea, Manicoré) para fins de comparação, e criadas normais climatológicas provisórias para todas as cidades do estudo utilizando dados de 10 anos (2008-2018) (Tabela 4). Para a normal climatológica provisória foi aplicado os critérios estabelecidos pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) nº 544, 2003 que, contempla o mínimo de 10 anos de dados para elaboração da Normal Climatológica Provisória (NCP).

A NCP para precipitação utilizou-se dados do satélite Rainfall Measuring Mission (TRMM) em razão dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Manicoré não integrarem dez anos de dados.

Tabela 4. Informações das estações meteorológicas automáticas avaliadas no estudo.

Estações	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período dos Dados
Humaitá	-7.552520°	-63.071343°	54	2008-2018
Apuí	-7.205475°	-59.888561°	157	2008-2018
Manicoré	-5.788533°	-61.288276°	41	2011-2018
Boca do Acre	-8.776804°	-67.332557°	112	2008-2018
Lábrea	-7.260681°	-64.788501°	62	2008-2018

4.3 Elaboração da Normal climatológica provisória

O termo Normal Provisória é empregado quando o número de anos para os quais se dispõe de médias mensais, para o cálculo da média climatológica, é menor que 30 e igual ou maior que 10 anos (INMET, 2014). Foram realizadas normais climatológicas provisórias das seguintes variáveis: Temperatura do ar, Umidade relativa do ar, temperatura do Ponto de orvalho e Precipitação.

Para determinação das normais de uma variável **X** (temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e intensidade dos ventos) para determinada estação meteorológica,

criou-se inicialmente o valor de X_{ij} (Equação 1) (OMM, 1989) que correspondem a cada mês i e cada ano j pertencentes ao período de 2008 a 2018.

$$X_{ij} = \sum_k X_{kij} / N \quad (1)$$

Onde X_{kij} é o valor observado da variável X no dia k , do mês i , do ano j , e N é o número de dias no mês i , do ano j , para os quais se dispõe de observações.

Para as variáveis como precipitação computa-se X_{ij} como o valor acumulado no mês i , do ano j , isto é, a soma de todos os valores diários disponíveis para aquele mês e aquele ano (Equação 2)

$$X_{ij} = \sum_k X_{kij} \quad (2)$$

Para esta variável a OMM recomenda que os dados não tenham falhas, sendo descartados os meses com falhas.

Para o preenchimento de possíveis falhas na série de dados amostrais, será utilizado os dados do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Este satélite permite obter dados meteorológicos com resolução espacial de 25 x 25 km e resolução temporal em escala mensal e diária desde o ano 1997 (PEREIRA et al., 2013; INMET 2009).

Para as variáveis acima, a normal correspondente ao mês i será então computada de acordo com a equação (3).

$$n(X_i) = \sum_j X_{ij} / m_i \quad (3)$$

Onde m_i é o número de anos para os quais se dispõe de valores X_{ij} . Se m_i for inferior a 30 anos, mas igual ou superior a 10, $n(X_i)$ será uma Normal Provisória. Caso m_i seja inferior a 10, o valor $n(X_i)$ será descartado.

A normal anual da variável X na estação meteorológica em análise, $n(X)$, é computada, no caso das variáveis umidade relativa do ar como a média dos 12 valores mensais $n(X_i)$, $i = 1, \dots, 12$. Para variável como precipitação a normal anual $n(X)$ será computada como a soma dos 12 valores mensais. Caso não se disponha de $n(X_i)$ para algum dos doze meses do ano, o valor anual não será computado.

4.4 Cálculo do Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather (1955).

A classificação climática se baseou no modelo de balanço hídrico climatológico (BHC) de Thornthwaite & Mather (1955). Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação para o período de 2008 a 2018.

Para o cálculo da **ETP** (Equação 4) foi utilizada o modelo de Thornthwaite (1948) determinado em função da média aritmética dos totais mensais, estacionais e anuais no período descrito acima. As evapotranspirações médias mensais. Sendo **ETP** = Evapotranspiração Potencial; **C_j** = Fator de ajuste em função da latitude e mês do ano; **T** = Temperatura média mensal (°C); **I** = Índice de calor anual.

$$\mathbf{ETP = 16. \left(10^{\frac{T}{I}}\right)^a} \quad (4)$$

Onde o índice de calor anual é calculado pela seguinte equação

$$\mathbf{I = \sum_1^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}} \quad (5)$$

Onde **a** equivale O valor de **a** é dado pela função cúbica do índice anual

$$\mathbf{a = 6,75 \times 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492} \quad (6)$$

Onde ETP é a evapotranspiração potencial (mm), com Tmed sendo a temperatura média dos meses de janeiro a dezembro somatório das temperaturas médias de janeiro a dezembro.

Latitude: é expressa, nesta fórmula, em graus decimais, sendo negativa, ela corrige os valores de ETP.

O valor de ETP representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, a ETP deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP) (Equação 8).

$$\text{COR} = \left(\frac{\text{N}}{12} \right) \left(\frac{\text{NDP}}{31} \right) \quad (7)$$

A classificação climática foi realizada a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Foi utilizado dados do excesso e déficit hídrico mensal e anual, ambos derivados do balanço hídrico. Assim, avaliou-se o índice hídrico – I_h (Equação 8), - índices de aridez - I_a (Equação 9), índice de umidade – I_u (Equação 10) (CUNHA et al., 2009). Posteriormente, foram obtidas as estimativas da evapotranspiração real (ETR), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) na escala mensal (PEREIRA et al., 2002).

$$I_h = \text{CAD} \cdot \frac{\text{EXC}}{\text{ETP}} \quad (8)$$

$$I_a = \text{CAD} \cdot \frac{\text{DEF}}{\text{ETP}} \quad (9)$$

$$I_u = I_h - 0,6 \cdot I_a \quad (10)$$

As classificações climáticas foram baseadas nas variações do índice de umidade (Tabela 5), nos índices de aridez e umidade (Tabela 6), nos índices térmicos (Tabela 7) e nas variações das evapotranspirações potenciais de verão e anual (Tabela 8) (SOUZA et al., 2013).

Tabela 5. Chave inicial da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice de umidade.

Tipos climáticos	Índice de umidade (I_u)
A – super - úmido	$100 \leq I_u$
B ₄ – úmido	$80 \leq I_u < 100$
B ₃ - úmido	$60 \leq I_u < 80$
B ₂ – úmido	$40 \leq I_u < 60$
B ₁ – úmido	$20 \leq I_u < 40$
C ₂ – sub – úmido	$0 \leq I_u < 20$
C ₁ – sub – úmido seco	$-33,33 \leq I_u < 0$
D – semi-árido	$-66,7 \leq I_u < -33,3$
E - árido	$-100 \leq I_u < -66,7$

Fonte: Souza et al. (2013), adaptado pelo autor.

Tabela 6. Segunda chave de classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice de aridez (Ia) e umidade (Iu).

Climas úmidos (A, B₄, B₃, B₂, B₁ e C₂)	(Ia)	Climas secos (C₁, D e E)	(Iu)
r- Pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0-16,7	D - pequeno ou nenhum excesso hídrico	0-10
s- Moderada deficiência no verão	16,7-33,3	s - moderado excesso no inverno	10-20
w- Moderada deficiência no inverno	16,7-33,3	w - moderado excesso no verão	10-20
s₂- Grande deficiência no verão	>33,3	s₂- grande excesso no inverno	20
w₂- Grande deficiência no inverno	>33,3	w₂- grande excesso no verão	20

Fonte: Souza et al. (2013), adaptado pelo autor.

Tabela 7. Terceira chave da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados no índice térmico anual.

Tipos climáticos	Índice térmico (It) (ETP anual)
A – megatérmico	≥1140
B ₄ – mesotérmico	997-1140
B ₃ – mesotérmico	855-997
B ₂ – mesotérmico	712-855
B ₁ – mesotérmico	570-712
C ₂ – microtérmico	427-570
C ₁ – microtérmico	285-427
D' – tundra	142-285
E – gelo perpétuo	<142

Fonte: Souza et al. (2013), adaptado pelo autor.

Tabela 8. Quarta chave da classificação climática, segundo Thornthwaite & Mather (1955), baseados na relação entre a ETP de verão e anual.

Concentração da ETP no verão(%)	Sub – tipo climático
<48%	a'
48 – 51,9	b' ₄
51,9 – 56,3	b' ₃
56,3 – 61,6	b' ₂
61,6 – 68,0	b' ₁
68,0 – 76,3	c' ₂
76,3 – 88,0	c'
>88,0	d'

Fonte: Souza et al. (2013), adaptado pelo autor.

Após calculados os índices, foi possível classificar o clima regional com base nas Tabelas (5,6,7,8). Inicialmente, a partir do índice de umidade identificou-se o tipo climático e na sequência os diversos subtipos climáticos, com base no índice de aridez e/ou hídrico, no índice térmico (ETP) e do percentual da ETP durante o verão.

4.5 Estatística descritiva dos dados

A série histórica dos dados de Tar e Ppt foram analisadas estatisticamente através das Médias dos Totais Mensais (\bar{X}_m), Média dos Totais Horários (\bar{X}_D), Erro Padrão (EP) (Equação 11), Desvio Padrão (DP) (Equação 12), Mediana (MD) (Equação 13), Variância (V) (Equação 14), Curtose (K) (Equação 15) e Assimetria (As) (Equação 16) (CALLEGARI, 2003).

$$EP = \frac{DP}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_i^n = 1 (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (12)$$

$$MD = \frac{(n+1)}{2} \quad \text{se } n \text{ for ímpar.}$$

$$MD = \frac{\left(\frac{n}{2}\right) + \left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} \quad \text{se } n \text{ for par.} \quad (13)$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1} \quad (14)$$

$$K = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{X_i - X}{DP} \right|^4 - 3 \quad (15)$$

$$A_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left[\frac{X_i - X}{DP} \right] \quad (16)$$

Onde n é o número de observações, X_i o valor de Tar e Ppt observados e X é a média dos valores que foram observados das respectivas variáveis meteorológicas.

4.6 Capacidade de Água Disponível

A Capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada neste estudo foi proposta por Rossato (2001), que através do uso de sensoriamento remoto criou diferentes zonas de CAD para todas as regiões do País. Foram atribuídos CAD superiores a 100mm para quase todas cidades (Tabela 9).

Tabela 9. Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo utilizados no estudo, contemplando os municípios de Humaitá, Lábrea, Boca do Acre, Manicoré e Apuí localizados na Mesorregião Sul do Amazonas.

Cidades	Capacidade de Água disponível (CAD) (mm)
Humaitá	200
Lábrea	150
Boca do Acre	150
Manicoré	150
Apuí	100

4.7 Sistemas de Classificação Climática de Köppen

O Sistema de classificação climática de Köppen é composto por chaves que variam de acordo com a média anual da temperatura do ar (Tar), Temperatura do mês mais frio e mais quente, com a precipitação (PPT) média anual máxima que ocorre na estação de verão e inverno, bem como o mês com maior ou menor precipitação (TERASSI et al., 2016).

Os tipos climáticos da classificação de Köppen foram realizados a partir das definições dos grupos; a primeira letra maiúscula (Tabela 10), indicador de tipo – segunda letra minúscula (Tabela 11) e indicador de subtipo – terceira letra minúscula (Tabela 12).

Tabela 10. Caracterização do indicador de grupo climático (primeira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

Código	Descrição	Grupo
A	Tropical	Climas megatérmicos: temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C estação invernal ausente; pluviosidade anual superior a evapotranspiração potencial anual.
B	Árido	Climas secos: pluviosidade média anual inferior a 500 mm; evapotranspiração potencial anual superior à pluviosidade anual; inexistência de cursos d'água permanente.
C	Temperado -	Climas mesotérmicos: temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18 °C temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C Verão e inverno bem definidos.
D	Subtropical Continental	Climas microtérmicos; temperatura média do mês mais frio inferior a -3 °C temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C Verão e inverno bem definidos.
E	Glacial	Climas polares e de alta montanha; temperatura média do mês mais quente inferior a 10 °C Verão pouco definido ou inexistente.

Tabela 11. Caracterização do indicador do tipo climático (segunda chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

Código	Descrição	Grupo
S	Clima das estepes; pluviosidade média anual entre 360 a 760 mm	B
W	Clima desértico; pluviosidade média anual inferior a 250 mm.	B
f	Clima úmido; ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida; pluviosidade média do mês mais seco superior a 60 mm.	A-C-D
w	Chuvas de verão.	A-C-D
s	Chuvas de inverno.	A-C-D
w'	Chuvas de verão-outono	A-C-D
s'	Chuvas de outono-inverno	A-C-D
m	Clima de monção; pluviosidade média anual superior a 1500 mm e pluviosidade média mensal do mês mais seco inferior a 60 mm.	A-C-D
T	Temperatura média do mês mais quente entre 0 a 10 °C.	A
F	Temperatura média do mês mais quente inferior a 0 °C.	E
M	Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso).	E

Tabela 12. Caracterização do indicador de subtipo climático (terceira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

Código	Descrição	Grupo
a	Verão quente: temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C	C-D
b	Verão temperado: temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C temperatura média dos quatro meses mais quentes superior a 10 °C.	C-D
c	Verão curto e fresco: temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C temperatura média inferior a 10°C durante menos de quatro meses; temperatura média no mês mais frio superior a - 38 °C.	C-D
d	Inverno muito frio: temperatura média do mês mais frio inferior a -38 °C.	D
h	Seco e quente: temperatura média do ar superior a 18 °C deserto	B

	ou semideserto quente	
k	Seco e frio: temperatura média do ar inferior a 18 °C deserto ou semideserto frio.	B

5. Resultados e Discussão.

5.1 Variáveis meteorológicas

5.1.1 Box Plot das Variáveis meteorológicas

A Temperatura do ar (Tar) em Humaitá, teve valor máximo de 27° C no 4° quartil e 25,6°C no 1° quartil. A maior concentração de valores ocorreu entre a mediana e o 4° quartil. Já Boca do Acre apresentou comportamento uniforme durante o período de estudo, concentrando de forma central a mediana e tem a distribuição de seus valores bem distribuídas entre seus quartis. Manicoré apresenta o máximo de 27,3°C e mínimo 25,7°C, ao passo que Apuí tem a melhor distribuição de valores com máximos de 26,6°C e mínimos de 25,4°C (Figura 9).

A Precipitação (Ppt) em todas as cidades obteve comportamento regular. Os resultados encontrados em Apuí demonstram uma distribuição simétrica, com leve aumento da mediana em direção ao 3° Quartil. Os máximos foram de 400mm ao passo que os mínimos estiveram próximos a 40mm. Já em boca do Acre os máximos foram superiores a 300mm. Lábrea, Humaitá e Manicoré tiveram comportamento parecidos com próximos de 50mm e máximos entre 250mm a 380mm.

A UR apresentou valores médios máximos 85% no 4° quartil e mínimos de 72% no 1° quartil em Humaitá. Este mesmo comportamento pode ser observado para o restante das cidades da mesorregião, onde as mesmas concentram seus máximos próximos de 85% e mínimos em 70% como ocorre em Apuí.

A Td teve comportamentos diferentes nas cidades da mesorregião. Humaitá concentrou a maior parte de seus dados entre a mediana 26.2°C, e o terceiro quartil 27°C, já seus máximos ficaram próximos de 27.5°C e mínimos 25.7°C. Dentre todas as cidades, Manicoré teve a menor caixa de box plot. Isso se dá pela maior concentração de seus valores tanto no primeiro ao terceiro quartil quanto ao mínimo de 25.7°C e máximo de 27.3°C. Lábrea concentrou seus dados entre a mediana e o terceiro quartil, com mínimo próximos de 26.°C e máximos 27°C. Entretanto, Boca do Acre registrou menores mínimos entre todas as cidades estudadas com mínimo de 24.8C e máximos de 26.7°C. Apuí teve a melhor

distribuição de valores, concentrou a mediana de forma central sendo que o tamanho da cauda de máximos e mínimos foram próximas.

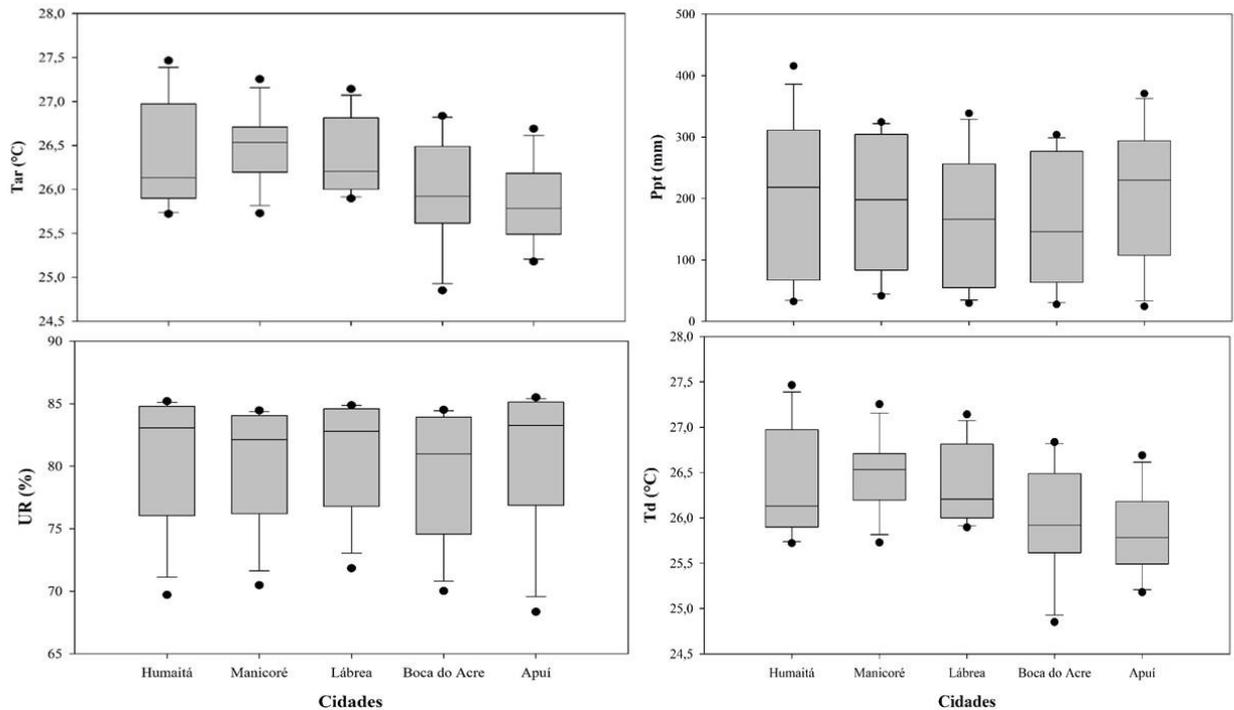


Figura 9. Box Plot da Temperatura do ar (Tar) Precipitação (Ppt), Umidade Relativa (UR) e Temperatura do Ponto de Orvalho (Td).

5.1.2 Estatística da Variáveis Meteorológicas

A Tar, nas cidades de Manicoré, Apuí, Boca do Acre e Humaitá obtiveram DP baixos e MD próximos a média. A MD demonstrou que pelo menos metade das observações para cada mês são inferiores ou iguais, ou superior ou iguais as \bar{X}_m . A série de dados apresentou uma distribuição positiva, pois todos os valores da mediana foram inferiores à média diária (Tabela 13). Todas as cidades apresentam curtose com distribuição positiva (curva leptocúrtica).

A MD da precipitação (Ppt) demonstra uma distribuição positiva e negativa pois em todas as cidades tiveram valores abaixo e acima da \bar{X}_m . A V obteve valores altos em todas as cidades em todos os meses indicando, que muitos dados estão dispersos da média, o que pode ser explicado pela grande diferença de valores médios horários, haja vista que as médias de um mês diferem do mesmo mês no ano posterior. A distribuição dos dados alterna-se entre positiva e negativa, haja vista que K foi negativa e positiva (Tabela 14).

A UR apresentou oscilações do DP entre os meses. No período seco foram observados as maiores DP. As MDs foram constantes, mas estiveram quase sempre acima da média. A V para Humaitá, em junho, obteve o maior valor 1641. Valor este que difere dos demais meses

nos quais mostraram similaridade. No entanto, para as outras cidades à similaridade ocorreu com valores maiores, ou seja, em todos os meses a variância foi alta. O DP e a V indicaram que os dados estão dispersos da média mensal. A MD evidenciou que boa parte dos dados para cada mês são inferiores ou iguais, ou superior ou iguais. A série de dados apresentou uma distribuição positiva e negativa, pois os valores da mediana foram inferiores e superiores à média diária (Tabela 15). Todas as cidades apresentam curtose com distribuição positiva.

O desvio padrão (DP) Variância (V) e a mediana (MD) da Td, tiveram comportamentos parecidos entre as cidades estudadas. O DP e a V demonstraram que parte dos dados estão dispersos da média. No entanto, a mediana se mostrou próxima, o que indica uma distribuição positiva (Tabela 16). A curtose foi positiva em todas as cidades (curva leptocúrtica), o que indica que os dados obtiveram distribuição positiva.

Tabela 13. Estatística descritiva dos dados de Temperatura do ar (Tar) médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal (°C); EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
Humaitá	\bar{X}_m	25,93	25,78	26,08	26,18	26,03	25,72	25,89	27,21	27,46	27,05	26,73	26,19
	MD	25,93	25,78	26,08	26,20	26,57	26,58	26,61	26,62	26,60	26,61	26,59	26,6
	DP	12,61	12,62	12,61	12,62	12,24	12,24	12,25	12,26	12,25	12,25	12,25	12,2
	V	161,24	161,33	161,2 ₆	161,36	151,79	151,90	152,0 ₄	152,2 ₅	152,16	152,14	152,1 ₁	152,0
	EP	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0
	K	1,51	1,51	1,51	1,52	1,37	1,36	1,86	1,96	2,00	2,01	2,02	2,0
	As	-0,65	-0,65	-0,66	-0,66	-0,66	-0,67	-0,76	-0,76	-0,77	-0,77	-0,78	-0,8
Manicoré	\bar{X}_m	26,02	25,73	26,13	26,50	26,56	26,63	26,46	26,62	27,25	26,93	26,73	26,40
	MD	26,85	26,85	26,86	26,87	26,89	26,90	26,93	26,94	26,94	26,93	26,91	26,86
	DP	1,98	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,02	2,03	2,00	2,00	2,00	1,99
	V	4,64	4,66	4,71	4,70	4,71	4,71	4,76	4,82	4,71	4,69	4,68	4,63
	EP	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
	K	0,29	0,30	0,33	0,36	0,36	0,36	0,48	0,49	0,35	0,35	0,35	0,40
	As	-0,18	-0,18	-0,19	-0,20	-0,20	-0,21	-0,27	-0,28	-0,23	-0,24	-0,23	-0,25
B. do Acre	\bar{X}_m	25,80	25,73	25,95	26,12	25,58	25,11	24,85	25,89	26,84	26,78	26,61	26,07
	MD	26,20	26,20	26,21	26,20	26,22	26,22	26,24	26,25	26,26	26,26	26,25	26,24
	DP	9,96	9,94	9,91	9,89	9,87	9,86	9,83	9,84	9,84	9,83	9,81	9,77
	V	99,65	99,11	98,55	98,27	97,86	97,61	97,06	97,18	97,11	97,00	96,66	95,83
	EP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	K	3,27	3,27	3,29	3,27	3,29	3,18	3,19	3,09	3,14	3,16	3,20	3,23
	As	-1,15	-1,15	-1,15	-1,15	-1,16	-1,15	-1,18	-1,15	-1,16	-1,17	-1,18	-1,18
Apuí	\bar{X}_m	25,18	25,27	25,48	25,62	25,67	25,95	26,05	26,69	26,43	26,22	25,90	25,53
	MD	26,00	26,01	26,02	26,03	26,04	26,06	26,00	26,00	25,99	25,98	25,98	25,98
	DP	5,37	5,76	6,26	6,68	7,06	7,37	7,87	8,03	8,03	8,01	7,98	7,94
	V	31,26	34,83	40,30	45,36	50,24	54,58	62,46	65,02	64,89	64,60	64,19	63,44
	EP	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
	K	0,40	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,38	0,38	0,41	0,41	0,41	0,42
	As	-0,41	-0,41	-0,41	-0,42	-0,42	-0,43	-0,40	-0,40	-0,41	-0,40	-0,40	-0,40

Lábrea	\bar{X}_m	25,95	25,97	26,14	26,30	26,14	26,08	25,89	26,91	27,14	26,86	26,68	26,27
	MD	26,56	26,58	26,58	26,58	26,59	26,60	26,58	26,59	26,59	26,59	26,60	26,59
	DP	8,29	8,26	8,23	8,23	8,15	8,11	8,01	7,98	7,98	7,98	7,98	8,07
	V	69,22	68,74	68,15	67,56	66,89	66,26	64,62	64,18	64,17	64,16	64,17	65,60
	EP	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	K	2,30	2,30	2,31	2,32	2,33	2,26	2,40	2,39	2,43	2,44	2,45	2,44
	As	-0,87	-0,87	-0,87	-0,87	-0,88	-0,88	-0,91	-0,90	-0,91	-0,91	-0,91	-0,91

Tabela 14. Estatística descritiva dos dados de Precipitação (Ppt) médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal; EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
Humaitá	\bar{X}_m	286,79	285,63	303,85	249,96	111,66	57,77	27,59	37,14	80,67	127,68	164,48	215,89
	MD	293	306	299	220	136	42	12	38	86	149	205	248
	DP	97	71	74	50	48	39	28	24	47	48	51	92
	V	9350	5034	5461	2489	2279	1552	758	554	2213	2322	2630	8539
	EP	22	16	17	11	11	9	6	5	11	11	11	21
	K	-1	-1	-1	0	3	2	5	0	1	0	0	-1
	As	0	0	1	0	1	1	2	1	1	0	1	0
	Manicoré	\bar{X}_m	299,03	370,62	344,95	277,88	193,28	97,21	54,46	24,31	137,88	161,12	279,16
MD		363	345	372	286	199	83	46	54	110	157	225	315
DP		115	99	75	87	57	55	44	33	57	58	97	98
V		13338	9833	5604	7564	3294	3066	1900	1075	3258	3346	9414	9663
EP		26	22	17	19	13	12	10	7	13	13	22	22
K		-1	0	0	-1	0	-1	1	-1	2	10	3	-1
As		0	0	0	0	1	0	1	0	1	3	1	0
B. do Acre		\bar{X}_m	311,60	272,37	324,43	196,36	106,43	80,84	41,32	51,31	90,89	199,46	282,62
	MD	347	310	302	198	117	34	22	52	75	167	237	285
	DP	70	54	65	47	66	41	30	20	27	50	46	124
	V	4893	2889	4170	2241	4353	1713	906	420	729	2474	2072	15439
	EP	22	17	20	15	21	13	10	6	9	16	14	39
	K	3	-1	0	0	-1	4	3	-1	-1	3	0	0
	As	-1	0	0	1	1	2	2	0	0	1	0	1
	Apuí	\bar{X}_m	317,53	303,40	313,72	255,53	187,39	58,96	32,32	38,51	91,75	176,82	249,06
MD		356	418	380	227	177	52	34	35	72	154	236	248
DP		112	125	87	66	67	43	22	23	54	79	88	152
V		12570	15710	7613	4325	4478	1836	492	551	2963	6173	7687	23192
EP		40	44	31	23	24	15	8	8	19	28	31	54
K		-2	-1	0	-2	-1	1	0	-1	-1	0	-2	-2
As		0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Lábrea		\bar{X}_m	338,62	258,77	305,99	180,22	151,97	50,10	29,57	46,69	68,98	151,43	200,69
	MD	318	278	326	185	146	45	18	36	80	130	230	264
	DP	105	62	69	56	51	24	18	28	26	47	49	61
	V	11094	3809	4755	3098	2581	586	317	767	662	2230	2404	3676
	EP	35	21	23	19	17	8	6	9	9	16	16	20
	K	3	0	-2	3	1	3	0	0	3	0	-1	0
	As	2	1	0	2	1	2	1	1	0	0	-1	0

Tabela 15. Estatística descritiva dos dados de Umidade relativa do ar médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal; EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
Humaitá	\bar{X}_m	84,99	84,95	84,97	85,24	84,29	81,52	75,15	69,70	74,47	78,69	82,02	84,1
	MD	84,69	84,69	84,56	84,77	83,94	81,15	75,40	69,42	74,17	78,67	81,90	84,0
	DP	5,62	5,49	5,71	5,02	5,64	39,95	6,43	7,72	7,84	9,93	6,44	5,6
	V	49,69	46,82	52,53	42,05	47,62	1641,69	50,65	72,87	78,10	103,95	59,55	47,3
	EP	0,36	0,40	0,39	0,37	0,37	0,39	0,44	0,49	0,54	0,50	0,42	0,3
	K	2,11	1,27	1,46	1,85	4,34	7,05	15,84	2,25	1,87	2,18	1,85	2,5
	As	-0,77	-0,67	-0,63	-0,58	-1,09	-1,20	-1,97	0,07	-0,42	-0,67	-0,74	-0,9
Manicoré	\bar{X}_m	84,19	88,59	84,18	83,71	83,51	80,15	74,33	70,47	75,36	78,72	81,06	83,16
	MD	84,10	84,21	83,94	83,44	83,38	80,04	74,48	69,92	75,50	78,35	80,83	83,17
	DP	5,08	78,22	19,94	32,02	31,71	30,69	30,71	27,56	8,76	7,48	21,87	22,17
	V	38,08	7396,74	399,54	1035,44	1014,45	956,07	971,26	787,93	97,48	75,80	479,36	494,32
	EP	0,37	4,74	0,38	0,39	0,37	0,44	0,61	0,60	0,65	0,55	0,53	0,42
	K	0,17	183,52	0,39	0,14	0,56	1,07	1,81	1,09	0,45	0,29	0,32	0,56
	As	-0,39	11,76	-0,40	-0,24	-0,29	-0,37	-0,63	-0,10	-0,45	-0,30	-0,42	-0,48
B. do Acre	\bar{X}_m	84,24	84,5	84,22	83,00	82,51	77,45	73,75	70,02	72,60	77,04	79,56	82,39
	MD	84,33	84,4	84,13	83,08	83,00	79,65	75,38	70,46	71,83	76,94	80,19	82,88
	DP	35,38	36,8	36,12	37,96	39,43	34,36	34,80	32,13	30,84	26,64	24,19	26,27
	V	1318,55	1403,6	1345,25	1478,32	1584,25	1199,38	1247,33	1086,49	998,97	765,66	690,18	810,56
	EP	0,38	0,4	0,37	0,44	0,50	0,90	0,83	0,70	0,55	0,51	0,50	0,45
	K	0,46	0,3	0,63	7,10	5,39	8,72	10,25	2,88	1,07	2,75	2,50	3,02
	As	-0,49	-0,4	-0,40	-1,28	-1,32	-2,10	-1,92	-0,87	-0,22	-0,61	-0,95	-1,11
Apuí	\bar{X}_m	85,50	84,75	85,16	85,16	83,91	78,28	72,41	68,35	76,40	79,64	82,62	84,17
	MD	85,46	84,83	85,06	85,21	83,79	77,48	72,40	67,35	76,15	79,38	82,67	84,29
	DP	21,03	21,80	36,01	33,17	32,67	29,65	27,34	20,70	14,11	16,32	20,03	21,21
	V	560,30	536,52	1343,75	1154,58	1124,71	937,01	802,07	439,26	227,03	296,73	472,56	544,78
	EP	0,33	0,36	0,36	0,35	0,36	0,41	0,49	0,56	0,48	0,44	0,39	0,35
	K	1,31	0,73	0,96	3,58	2,40	4,42	2,13	2,44	0,84	1,76	0,89	1,05
	As	-0,71	-0,65	-0,57	-0,99	-0,80	-0,65	-0,39	-0,22	-0,37	-0,61	-0,62	-0,64
Lábrea	\bar{X}_m	84,88	85,05	84,83	84,15	83,90	81,26	75,88	71,83	75,89	79,47	82,12	83,46
	MD	84,60	85,27	84,58	83,90	83,85	80,88	76,02	71,88	75,35	79,02	81,83	83,38
	DP	22,32	30,57	27,12	25,13	28,45	29,82	25,51	23,95	24,47	23,24	17,50	28,21
	V	557,96	987,69	764,86	650,24	838,30	936,84	678,58	592,05	608,57	546,45	367,32	864,28
	EP	0,31	0,40	0,34	0,36	0,34	0,37	0,45	0,47	0,45	0,42	0,35	3,90
	K	1,06	1,60	0,42	1,56	5,32	5,00	5,56	2,23	1,28	1,06	0,90	1,32
	As	-0,58	-0,87	-0,49	-0,66	-1,31	-1,01	-1,13	-0,60	-0,25	-0,40	-0,46	-0,65

Tabela 16. Estatística descritiva dos dados de temperatura do ponto de orvalho médios mensais a partir de abril de 2008 a abril de 2018. \bar{X}_m : Média Mensal (°C); EP: Erro Padrão; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; V: Variância; K: Curtose; AS: Assimetria

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
Humaitá	\bar{X}_m	23,01	22,84	23,12	23,28	22,90	21,87	20,36	20,12	21,87	22,63	23,10	22,5
	MD	23,01	22,85	23,15	23,31	23,07	22,10	20,80	20,49	21,99	22,68	23,14	22,6
	DP	9,56	10,82	10,97	10,97	10,99	10,66	9,50	9,42	10,11	10,14	9,29	5,7
	V	91,45	117,13	120,31	120,26	120,86	113,75	90,32	88,88	102,32	102,80	86,30	42,4
	EP	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	0,10	0,14	0,14	0,08	0,06	0,05	0,3
	K	-0,07	0,26	0,44	183,87	3,92	0,85	3,26	0,72	1,94	0,84	0,33	1,5
	As	-0,10	-0,10	-0,09	-0,23	-1,00	-0,84	-1,46	-0,83	-0,83	-0,35	-0,28	0,4
Manicoré	\bar{X}_m	22,80	28,30	23,23	23,40	23,45	22,65	21,19	21,14	22,16	22,81	23,13	23,10
	MD	22,95	23,01	23,26	23,45	23,48	22,82	21,61	21,59	22,29	22,85	23,14	23,13
	DP	8,44	0,82	5,31	8,84	8,80	8,54	8,58	8,02	1,11	0,96	5,87	5,86
	V	71,20	0,68	28,37	78,07	77,43	72,90	73,74	64,43	1,42	0,99	34,52	34,39
	EP	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,09	0,15	0,14	0,08	0,07	0,07	0,06
	K	5,23	0,01	0,09	1,89	0,30	0,37	1,15	0,62	0,78	0,55	0,36	0,32
	As	-1,52	-0,17	-0,11	-0,67	-0,35	-0,65	-1,00	-0,94	-0,55	16,22	-0,18	-0,11
B. do Acre	\bar{X}_m	22,84	22,83	23,03	22,74	22,09	20,21	19,09	19,02	20,79	21,92	22,36	22,53
	MD	22,82	22,81	23,03	23,02	22,69	21,50	20,19	20,06	21,22	22,14	22,63	22,80
	DP	9,26	9,66	9,65	10,24	10,50	9,33	9,20	8,71	8,50	6,85	5,74	6,39
	V	87,77	94,62	93,82	105,23	110,28	87,20	84,77	75,97	72,53	49,00	40,00	48,17
	EP	0,05	0,06	0,05	0,11	0,15	0,29	0,26	0,23	0,13	0,08	0,09	0,08
	K	0,00	0,53	0,12	13,49	4,19	18,30	8,61	2,85	3,98	3,26	4,28	4,98
	As	-0,02	-0,10	0,04	-2,85	-1,94	-3,59	-2,31	-1,54	-1,59	-1,22	-1,61	-1,80
Apuí	\bar{X}_m	22,38	22,35	22,59	22,73	22,48	21,39	19,82	19,24	21,36	22,01	22,37	22,40
	MD	22,37	22,35	22,61	22,79	22,58	21,55	20,14	19,66	21,42	22,06	22,40	22,43
	DP	4,65	7,64	9,27	8,53	8,40	8,05	7,15	5,39	2,54	3,18	4,38	4,50
	V	29,48	59,94	86,73	73,99	71,71	65,23	51,46	29,11	8,70	13,25	24,52	28,43
	EP	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,13	0,06	0,05	3,91	0,05
	K	-0,03	0,21	0,01	3,07	4,99	0,55	0,82	-0,37	284,80	0,25	0,22	0,52
	As	-0,02	-0,05	-0,16	-0,80	-1,36	-0,59	-0,88	-0,61	16,00	-0,27	-0,20	-0,17
Lábrea	\bar{X}_m	23,03	23,01	23,18	23,19	22,98	22,27	20,66	20,62	22,00	22,63	23,12	23,05
	MD	23,04	23,01	23,19	23,29	23,18	22,49	21,25	21,26	22,20	22,68	23,13	23,05
	DP	6,71	5,50	7,14	6,68	7,60	7,88	6,75	6,74	6,84	6,18	3,91	6,05
	V	47,31	33,55	52,18	45,28	58,42	62,91	45,69	45,41	46,82	38,29	20,62	40,77
	EP	0,05	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,14	0,14	0,10	0,05	0,05	0,04
	K	0,00	0,20	0,17	8,76	11,04	1,98	3,29	1,44	3,69	0,93	0,24	0,33
	As	-0,02	-0,15	-0,13	-1,76	-2,62	-1,09	-1,60	-1,20	-1,33	-0,49	-0,25	-0,18

5.1.3 Temperatura do Ar (Tar)

O comportamento médio mensal da Tar, na mesorregião apresenta pouca variação ao longo do ano, com amplitude térmica média de 3°C. As maiores médias de temperatura do ar (Tar) estiveram entre agosto e setembro e variaram entre 26,8 em Apuí a 27,5 °C em Humaitá. A Tar média mensal do atingiu valores mínimos nos meses de inverno, com 24,8 °C na cidade de Boca do Acre no mês de julho.

As cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea e Boca do Acre apresentam o mesmo padrão com suas temperaturas variando entre 25 e 26 °C nos primeiros três meses do ano. Já Apuí, com 25,3 °C, tem a menor temperatura no mesmo período. Assim como grande parte da região amazônica, a temperatura média do ar não apresenta grande variação em escala sazonal, em razão dos altos valores de radiação solar incidente ao longo do ano e pela proximidade com o paralelo do Equador (NOBRE et al., 2009).

As menores temperaturas médias foram observadas na transição outono inverno para o hemisfério sul. Nos meses de maio a agosto, os valores variaram entre 24,8 e 25,4 °C. Boca do Acre, registrou a maior queda na temperatura média, indo de 26 °C em abril a 24,6 °C em julho. As quedas na temperatura podem estar relacionadas ao fenômeno da friagens, que são frentes frias oriundas de massa polar, que penetram pelo sul do Brasil e chegam ao norte do país e são comuns na região durante o inverno (CARVALHO et al., 2016) Ainda de acordo com os autores, Boca do Acre é mais atingida pela massa de ar fria em razão da topografia da região que canaliza a entrada dessa frente inicialmente para o estado do Acre que acaba atingindo Boca do Acre por estar geograficamente mais próxima do que as outras cidades da Mesorregião.

As cidades que possuem duas Normais climatológicas (1961-1999 e 1981-2010) são Manicoré e Lábrea.

Os dados encontrados em Manicoré têm comportamento parecido com das normais, de janeiro a abril acompanha os dados da primeira normal (1961 a 1990), com mínimos de 25,4°C e máximos de 26,2°C. Ambas as NC mais a NCP, comportam-se com os maiores e menores nos mesmos períodos com os menores no início do ano de janeiro a maio e maiores de agosto a novembro na transição das estações inverno primavera. A normal de 1961 a 2010 teve comportamento superior aos outros, a exceção de junho quando ficou abaixo dos encontrados.

Já em Lábrea o comportamento foi destoante dos dados de Manicoré, haja visto que há um ligeiro aumento nas normais de 1961 – 1990 para 1981 -2010, e aumento da segunda normal para os valores encontrados nas estações do INMET (Figura 10C). Os dados mostram

amplitude de quase 2°C dos dados médios. Observa-se que os valores da NC 1981 -2010 são superiores nos primeiros 2 meses (janeiro e fevereiro). A figura 10B retrata superioridade nos máximos e mínimos após março nos valores de 2008 a 2018, ou seja, embora acompanhe a sazonalidade dos valores das NC, os picos médios são superiores quase 2°C no mês de setembro. Este comportamento é sentido com maior discrepância apenas nos valores de 2008 a 2018 em relação as duas NC pois, os comportamentos delas demonstram um aumento mínimo na Tar, de 1961 – 1990 para 1981 -2010, mais precisamente em décimos de graus. Esse aumento gradativo entres as NC pode está relacionado ao aumento do desmatamento que teve crescimento considerável nos últimos 20 anos (MMA, 2018).

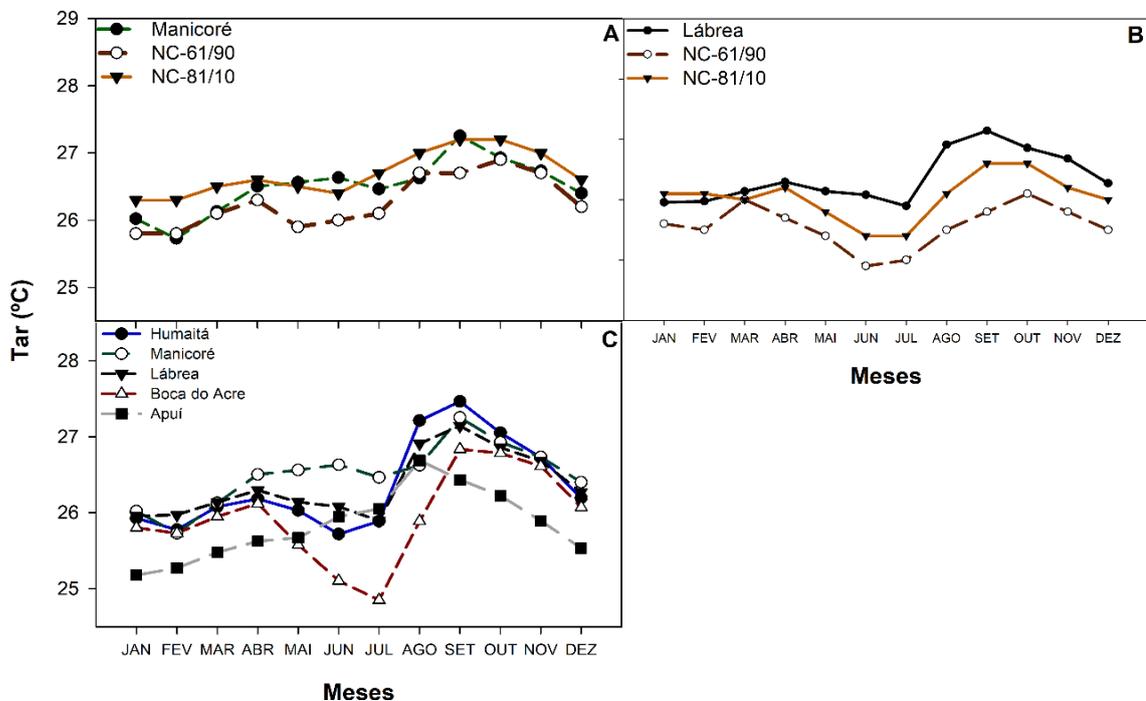


Figura 10. Temperatura do ar (Tar). A- Dados de 2010 a 2018 da cidade de Manicoré e normais climatológicas (NC) de 1961-1990 e 1981-2010. B- Dados de 2008 a 2018 da cidade de Lábrea e normais climatológicas de (NC) 1961-1990 e 1981-2010. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.

5.1.4 Precipitação (Ppt)

Os valores anuais da precipitação tiveram na cidade de Manicoré seus maiores registros médios, 2946,2 mm, seguido por Lábrea com 2099,8mm, em Humaitá 2079,9 mm, Boca do Acre 2078,3 mm e, por último, Apuí com 1589,0 mm. (Figura 11C). A Ppt teve três períodos distintos: Período chuvoso, que compreende os meses de outubro a abril, de transição, representado entre maio e, por fim, período seco de junho a agosto.

O período chuvoso é responsável por quase 90% de toda precipitação que ocorre no ano, enquanto o período de transição representa 6% e o seco somente 4%. O mês mais chuvoso para todas as cidades é março com totais entre todas as cidades acima de 300 mm, e o mais seco julho com médios abaixo de 50 mm para cada cidade.

O período chuvoso regional compreende as estações de verão e outono ocasionada principalmente pela atuação dos sistemas de Monção da América do Sul, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que, se estende da Amazônia até o sudeste do País e, causam grandes volumes de Ppt, além da Alta da Bolívia (AB) (DANTAS, 2000; REBOITA et al., 2010).

O período seco ocorre na estação de inverno. Nessa época são registradas altas temperaturas e baixa umidade. Durante o período seco destaca-se a circulação da baixa troposfera que se move para o norte do cavado equatorial, proporcionando um deslocamento do ramo descendente da célula de Hadley sobre a Amazônia o que inibe a formação de nuvens e, conseqüentemente, de chuvas nessa região (PEREIRA et al., 2002; de SOUZA et al., 2013; REBOITA et al., 2010; SANTOS NETO et al., 2014; PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

O período de transição seco-chuvoso ocorre entre as estações de inverno e primavera (setembro) devido ao início das atividades convectivas proporcionadas pelas altas temperaturas e incremento de umidade que proporciona a formação de Ppt (MONTEIRO et al., 2016). Durante a primavera ocorre a chegada até a região sul do Amazonas dos sistemas frontais, início da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCAS) e dos sistemas de Monção da América do Sul (SMAS), que é responsável por grandes convecções, iniciando de fato o período chuvoso na região sul da Amazônia (GALVÃO et al., 2000; LOPES et al., 2016).

A transição dos períodos chuvoso-seco tem abril como último mês do período chuvoso. Maio representa a transição chuvoso –seco e ocorre no outono e por fim o início do primeiro mês seco, junho. A transição ocorre entre as estações de outono e inverno.

A normal climatológica (NC) de 1961 a 1990 em quase todos os meses tem valores superiores a NC de 1981 a 2010 e dados de 2008 a 2018, com exceção outubro e novembro. A primeira NC em Lábrea registrou valores anuais de 2649 mm, 238,8mm a mais que a segunda NC 2405,4 mm e 544 mm aos encontrados nos dados de 2008 a 2018, ou seja, os valores tendem a mostrar um comportamento de diminuição de precipitação desde a primeira NC até os dados atuais (Figura 11A).

Já em Manicoré o comportamento da Ppt é diferente de Lábrea quando comparadas as NC. As médias de Ppt em Manicoré correspondem a 2946,3 mm, já a primeira

NC 2699,3 mm, ou seja, um aumento de 247mm e 423 mm a mais em relação a segunda NC (Figura 11B).

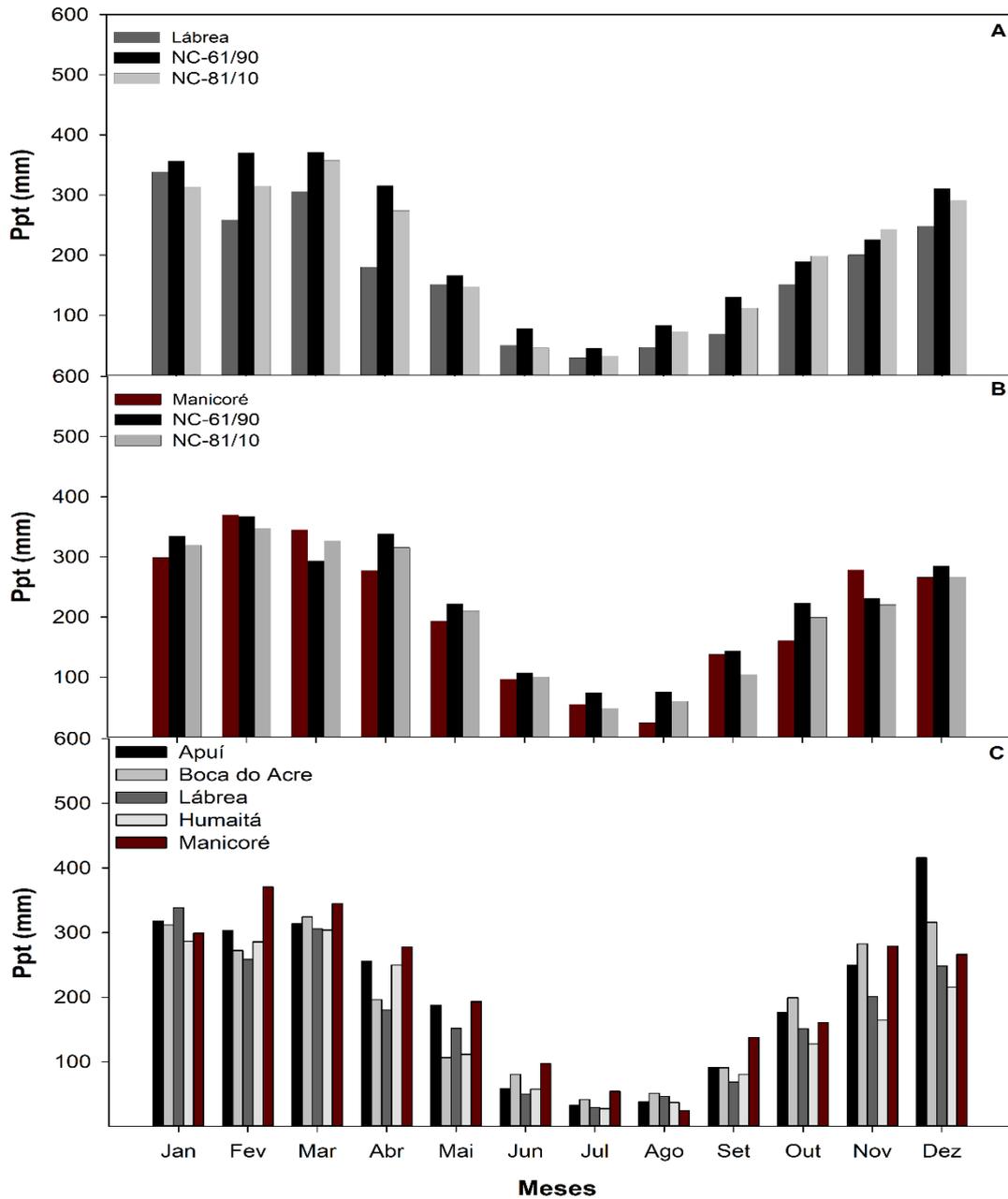


Figura 11. Precipitação (Ppt). A- Dados de 2008 a 2018 da cidade de Lábrea e normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010. B- Dados de 2010 a 2018 da cidade de Manicoré e normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.

5.1.5 Umidade Relativa do ar (UR)

A umidade relativa do ar (UR) apresentou dinâmica média mensal parecido entre os municípios e houve poucas flutuações ao longo do ano (Figura 12B). As maiores médias ocorreram no período chuvoso (outubro a abril). Entre janeiro e maio a UR média manteve-se quase constante (84% e 85%). 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. Esses valores corroboram com Carvalho et al. (2016) que estudaram a umidade relativa em Ariquemes-RO e encontraram valores abaixo de 70% nos meses de inverno.

Os dados de NC 1990 e NC 2010 tem comportamento semelhante entre si, com maiores valores no período chuvoso e menores no seco (Figura 12A). Os valores descritos no período chuvoso variam entre 85 a 90%, já os menores variam de 70% a 88% entre agosto. Observa-se que ocorre diminuição da UR com o passar dos anos, isto pode estar relacionado com diversos fatores.

A diminuição da UR está relacionada principalmente pela influência da demanda evaporativa da atmosfera. Desta forma, torna-se prejudicial para diversos organismos, principalmente para plantas. Quando a UR está abaixo dos 60% aumenta a taxa de transpiração, fazendo assim que ocorre perda excessiva de água. Quando a UR está acima de 90% diminui a absorção de nutrientes devido à redução da transpiração em razão da quase saturação do ar e possibilita a propagação de doenças (MAGANO JUNIOR et al., 2010).

A umidade relativa do ar depende diretamente da quantidade de vapor contido numa parcela de ar e da temperatura do ar. Conforme aumenta a umidade absoluta no interior da parcela de ar, aumenta a UR. Por outro lado, à medida que aumenta a temperatura do ar, a Umidade relativa diminui (REBOITA et al., 2010).

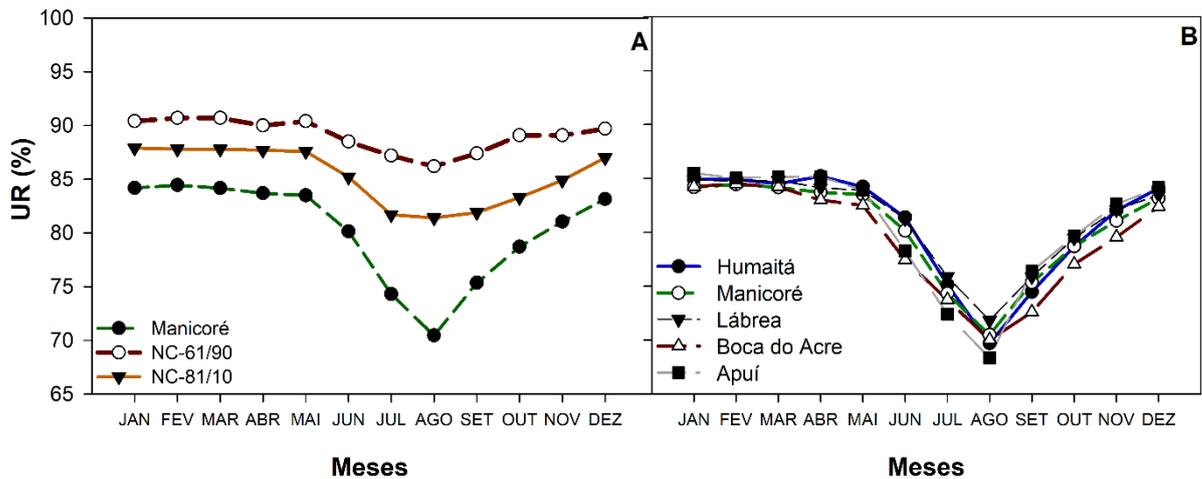


Figura 12. Umidade Relativa (UR). A- Dados de 2010 a 2018 de Manicoré e Normais climatológicas dos anos de 1961-1990 e 1981-2010 da cidade de Manicoré. B- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.

5.1.6 Temperatura do Ponto de Orvalho (Td)

A Temperatura de Ponto de Orvalho (Td) em Boca do Acre e Apuí variou entre 22,5 °C em janeiro a 19 °C em agosto. Em Humaitá, Manicoré e Lábrea a Td oscilou entre médias de 23 °C em janeiro e 20,5 °C em agosto (Figura 13B).

A Td em B. do Acre foi a menor em relação as outras cidades, seguidas por Apuí, Humaitá, Lábrea e Manicoré. A menor Td em Boca do Acre é explicada por ter as menores Tar, ou seja, a Td sempre será menor que a temperatura do ar e, quanto maior for a distância entre elas, menor será a UR. Quando a Td é inferior à temperatura ambiente, significa que o ar não está saturado de umidade (a umidade relativa do ar é inferior a 100%), podendo conter mais vapor na atmosfera. A partir daí o Td passa a acompanhar a queda da temperatura do ar, gerando excesso de umidade que condensará na forma de gotículas de água, gerando o orvalho (MONTEIRO et al., 2016).

Não foram realizadas duas NC de Td para a área de estudo apenas de 1981 a 2010. Os valores encontrados demonstram diferenças entre comportamento da NC e os dados de 2008 a 2018. Em Manicoré a Td teve seu comportamento praticamente inalterado durante todo o ano, (Figura 13A), dados de 2008 a 2018 tiveram em seu valor médio mínimo diminuição de 3°C em julho em relação a NC, esteve ao menos 1°C de diferença em toda média anual inferiores a NC quase todo o ano. O mesmo comportamento ocorreu em Lábrea no período seco, tendo

sendo inferior a NC 2,5°C, este comportamento foi visto durante todo o ano, as médias da NC foram superiores o ano inteiro, variando décimos em 24°C.

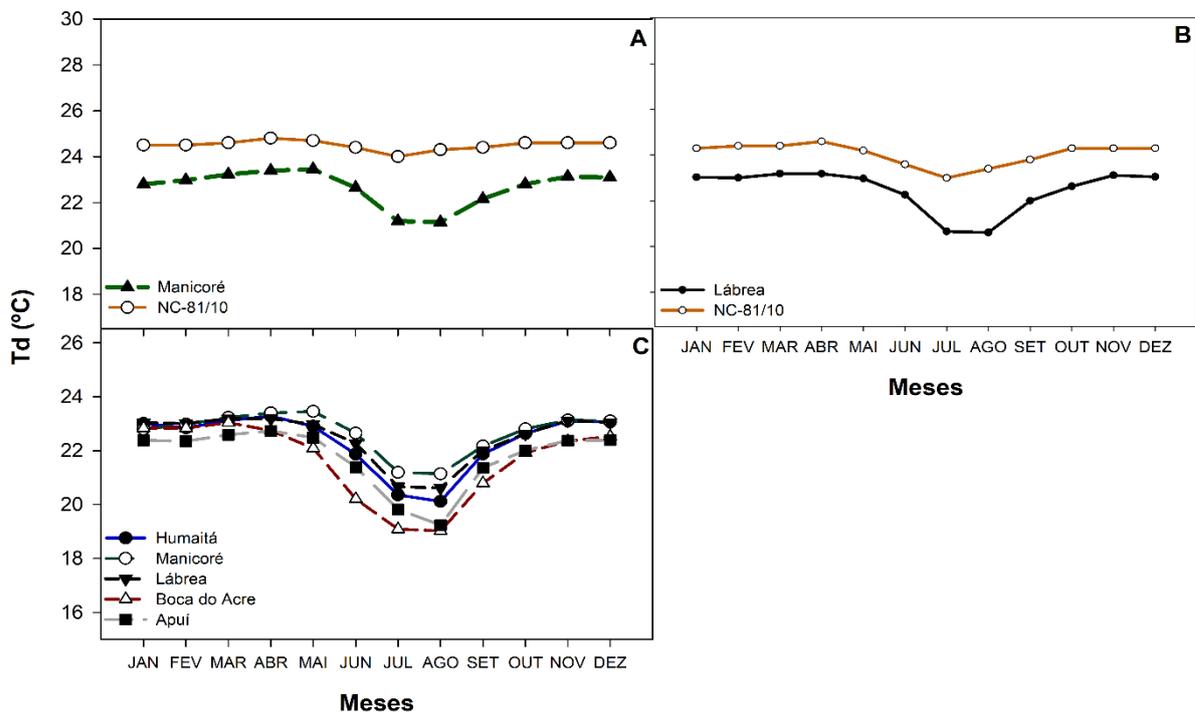


Figura 13. Temperatura do Ponto de Orvalho (T_d). A- Dados de 2010 a 2018 de Manicoré e Normal climatológica dos anos de 1981-2010. B- Dados de 2008 a 2018 de Lábrea e Normal climatológica dos anos de 1981-2010 da cidade de Manicoré e Lábrea. C- Dados médios dos anos de 2008 a 2018 das cidades de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizadas na Mesorregião Sul do Amazonas.

6. Balanço Hídrico Climatológico (BHC)

O excesso hídrico em Apuí foi de 651,0mm, 747,8mm em Boca do Acre 718,1mm Humaitá em Lábrea 716,6 e 1609,3 mm em Manicoré. Concentrou-se em todas as cidades nos meses de dezembro a abril, estação de verão, período com as maiores precipitações, pois quanto maior a precipitação, maior será o excesso hídrico (ROSSATO et al., 2004). Especificamente o mês de outubro nas cidades de Lábrea (Tabela 20) e Manicoré (Tabela 21) e mostra que há neutralidade, ou seja, não existe déficit e excessos, uma vez que o solo encontra-se no período de retirada e, posteriormente, a reposição que se estende até dezembro.

A Deficiência Hídrica (DEF) média anual foi de 101,5 mm em Apuí (Tabela 17), 195,1 mm em Boca do Acre (Tabela 18), 240,7 mm em Humaitá (Tabela 19), 218,4 mm em Lábrea (Tabela 20) e 267,9 mm na cidade de Manicoré (Tabela 21). Em todas as cidades a deficiência hídrica aconteceram nos períodos de transição e seco que compreendem os meses de maio a setembro.

Dentre muitos problemas que a deficiência hídrica pode causar uma das principais são as alterações no comportamento vegetal das plantas e culturas, cujo a reversibilidade do período de déficit hídrico dependerá de diversos fatores tais como: genótipo, duração, severidade e estado de desenvolvimento da planta.

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (MINAKI et al.,2013; NOGUEIRA et al.,2012).

Tabela 17. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Apuí- Am.

Meses	T °C	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	NEG - AC	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	23,6	256,0	105,61	150,4	100,00	0,0	0,00	105,6	0,0	150,4
Fev	23,4	228,0	95,72	132,3	100,00	0,0	0,00	95,7	0,0	132,3
Mar	23,3	190,0	103,49	86,5	100,00	0,0	0,00	103,5	0,0	86,5
Abr	21,6	106,0	81,49	24,5	100,00	0,0	0,00	81,5	0,0	24,5
Mai	20,1	48,0	69,26	-21,3	80,85	-21,3	-19,15	67,1	2,1	0,0
Jun	18,6	19,0	54,59	-35,6	56,64	-56,8	-24,21	43,2	11,4	0,0
Jul	18,5	18,0	55,54	-37,5	38,91	-94,4	-17,73	35,7	19,8	0,0
Ago	20,9	15,0	75,92	-60,9	21,16	-155,3	-17,75	32,8	43,2	0,0
Set	22,6	60,0	90,66	-30,7	15,57	-186,0	-5,59	65,6	25,1	0,0
Out	23,2	162,0	101,69	60,3	75,88	-27,6	60,31	101,7	0,0	0,0
Nov	23,1	205,0	98,91	106,1	100,00	0,0	24,12	98,9	0,0	82,0
Dez	23,4	282,0	106,66	175,3	100,00	0,0	0,00	106,7	0,0	175,3
Total		1589,0	1039,5	549,5	889		0	938,0	101,5	651,0

Tabela 18. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Boca do Acre - Am.

Meses	T °C	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	NEG - AC	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,80	299,50	127,90	171,6	150,00	0,0	0,00	127,9	0,0	171,6
Fev	25,73	258,93	117,05	141,9	150,00	0,0	0,00	117,1	0,0	141,9
Mar	25,95	312,77	131,51	181,3	150,00	0,0	0,00	131,5	0,0	181,3
Abr	26,12	180,33	127,63	52,7	150,00	0,0	0,00	127,6	0,0	52,7
Mai	25,58	87,33	120,14	-32,8	120,54	-32,8	-29,46	116,8	3,3	0,0
Jun	25,11	60,87	107,33	-46,5	88,43	-79,3	-32,10	93,0	14,4	0,0
Jul	24,85	20,00	106,68	-86,7	49,62	-165,9	-38,81	58,8	47,9	0,0
Ago	25,89	30,33	124,57	-94,2	26,47	-260,2	-23,15	53,5	71,1	0,0
Set	26,84	71,27	139,40	-68,1	16,81	-328,3	-9,66	80,9	58,5	0,0
Out	26,78	183,53	145,92	37,6	54,43	-152,1	37,62	145,9	0,0	0,0
Nov	26,61	269,53	140,66	128,9	150,00	0,0	95,57	140,7	0,0	33,3
Dez	26,07	303,90	136,81	167,1	150,00	0,0	0,00	136,8	0,0	167,1
Total		2078,3	1525,6	552,7	1256		0	1330,5	195,1	747,8

Tabela 19. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Humaitá-Am.

Meses	T °C	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	NEG - AC	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,93	322,36	128,33	194,0	200,00	0,0	41,06	128,3	0,0	153,0
Fev	25,78	320,96	116,26	204,7	200,00	0,0	0,00	116,3	0,0	204,7
Mar	26,08	342,80	132,61	210,2	200,00	0,0	0,00	132,6	0,0	210,2
Abr	26,18	278,21	127,92	150,3	200,00	0,0	0,00	127,9	0,0	150,3
Mai	26,03	112,49	127,29	-14,8	185,73	-14,8	-14,27	126,8	0,5	0,0
Jun	25,72	47,91	116,47	-68,6	131,83	-83,4	-53,90	101,8	14,7	0,0
Jul	25,89	11,74	123,02	-111,3	75,58	-194,6	-56,25	68,0	55,0	0,0
Ago	27,21	23,19	149,07	-125,9	40,28	-320,5	-35,30	58,5	90,6	0,0
Set	27,46	75,36	151,55	-76,2	27,52	-396,7	-12,76	88,1	63,4	0,0
Out	27,05	131,69	150,68	-19,0	25,02	-415,7	-2,49	134,2	16,5	0,0
Nov	26,73	175,79	141,80	34,0	59,01	-244,1	33,98	141,8	0,0	0,0
Dez	26,19	237,39	137,45	99,9	158,94	-46,0	99,93	137,5	0,0	0,0
Total		2079,9	1602,4	477,4	1504		0,00	1361,7	240,7	718,1

Tabela 20. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Lábrea-Am.

Meses	T °C	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	NEG - AC	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	26,0	383,0	128,72	254,3	150,00	0,0	0,00	128,7	0,0	254,3
Fev	26,0	272,4	119,48	153,0	150,00	0,0	0,00	119,5	0,0	153,0
Mar	26,1	320,5	133,63	186,8	150,00	0,0	0,00	133,6	0,0	186,8
Abr	26,3	179,0	129,96	49,0	150,00	0,0	0,00	130,0	0,0	49,0
Mai	26,1	153,1	129,31	23,8	150,00	0,0	0,00	129,3	0,0	23,8
Jun	26,1	53,8	122,65	-68,9	94,77	-68,9	-55,23	109,0	13,6	0,0
Jul	25,9	23,8	123,19	-99,4	48,84	-168,3	-45,93	69,7	53,5	0,0
Ago	26,9	37,5	143,13	-105,7	24,15	-274,0	-24,69	62,2	81,0	0,0
Set	27,1	68,1	145,12	-77,0	14,45	-351,0	-9,70	77,8	67,3	0,0
Out	26,9	143,4	146,71	-3,3	14,14	-354,3	-0,31	143,7	3,0	0,0
Nov	26,7	210,6	140,77	69,8	83,93	-87,1	69,80	140,8	0,0	0,0
Dez	26,3	254,7	138,88	115,8	150,00	0,0	66,07	138,9	0,0	49,7
Total		2099,8	1601,5	498,2	1180		0,00	1383,1	218,4	716,6

Tabela 21. Balanço Hídrico climatológico da cidade de Manicoré-Am.

Meses	T °C	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	NEG - AC	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,8	570	125,11	444,9	150,00	0,0	0,00	125,1	0,0	444,9
Fev	25,9	398,2	117,67	280,5	150,00	0,0	0,00	117,7	0,0	280,5
Mar	26,1	765,4	132,59	632,8	150,00	0,0	0,00	132,6	0,0	632,8
Abr	26,4	232,8	131,99	100,8	150,00	0,0	0,00	132,0	0,0	100,8
Mai	26,7	74,4	140,37	-66,0	96,63	-66,0	-53,37	127,8	12,6	0,0
Jun	25,8	41,6	118,60	-77,0	57,83	-143,0	-38,79	80,4	38,2	0,0
Jul	25,5	0,2	117,17	-117,0	26,51	-259,9	-31,32	31,5	85,7	0,0
Ago	27,6	69,0	157,69	-88,7	14,68	-348,6	-11,84	80,8	76,9	0,0
Set	27,4	91,2	150,60	-59,4	9,88	-408,0	-4,80	96,0	54,6	0,0
Out	26,8	148,6	145,38	3,2	13,10	-365,7	3,22	145,4	0,0	0,0
Nov	26,5	214,2	136,73	77,5	90,57	-75,7	77,47	136,7	0,0	0,0
Dez	25,9	340,6	130,96	209,6	150,00	0,0	59,43	131,0	0,0	150,2
Total		2946,2	1604,8	1341,3	1059		0,00	1336,9	267,9	1609,3

A Evapotranspiração Real (ETr) anual em Apuí atingiu 938,0mm, Boca do Acre 1330,5mm, em Humaitá 1361,7mm, Lábrea 1383,1mm e Manicoré 1336,9mm sendo que os meses com menores Etr estão dispostos em três períodos: Transição (maio e setembro), seco (junho a agosto) chuvoso (outubro) (Figura 17).

Os valores anuais da Evapotranspiração Potencial (ETP), em Apuí foram 1039mm, Boca do Acre 1525,6mm, em Humaitá 1602,4mm, Lábrea 1601,5mm e Manicoré 1604,8mm.

O comportamento mensal da ETP também acompanha o ciclo da precipitação, ou seja, as maiores ETP ocorrem no período chuvoso, enquanto os menores no período seco, conforme figura 14.

A ETP representa a chuva necessária e o processo de perda de água para a atmosfera através de uma superfície. Ela sempre será maior que a ETr pois é calculada em condições ótimas, sem restrição hídrica e com bordadura vegetada, visando atender as necessidades de evaporação e transpiração. Já a ETr não necessita de condições especiais, pois ela constitui a perda de água de uma superfície natural em qualquer condição de umidade e cobertura vegetal (CAMARGO e CAMARGO 2000; MARENGO et al., 2013).

Os maiores valores de ETP foram encontrados no verão. Isso ocorre em razão da maior disponibilidade de energia solar, que juntamente com a umidade do solo é condicionante principal para a quantidade de ETP (CORREIA et al., 2011).

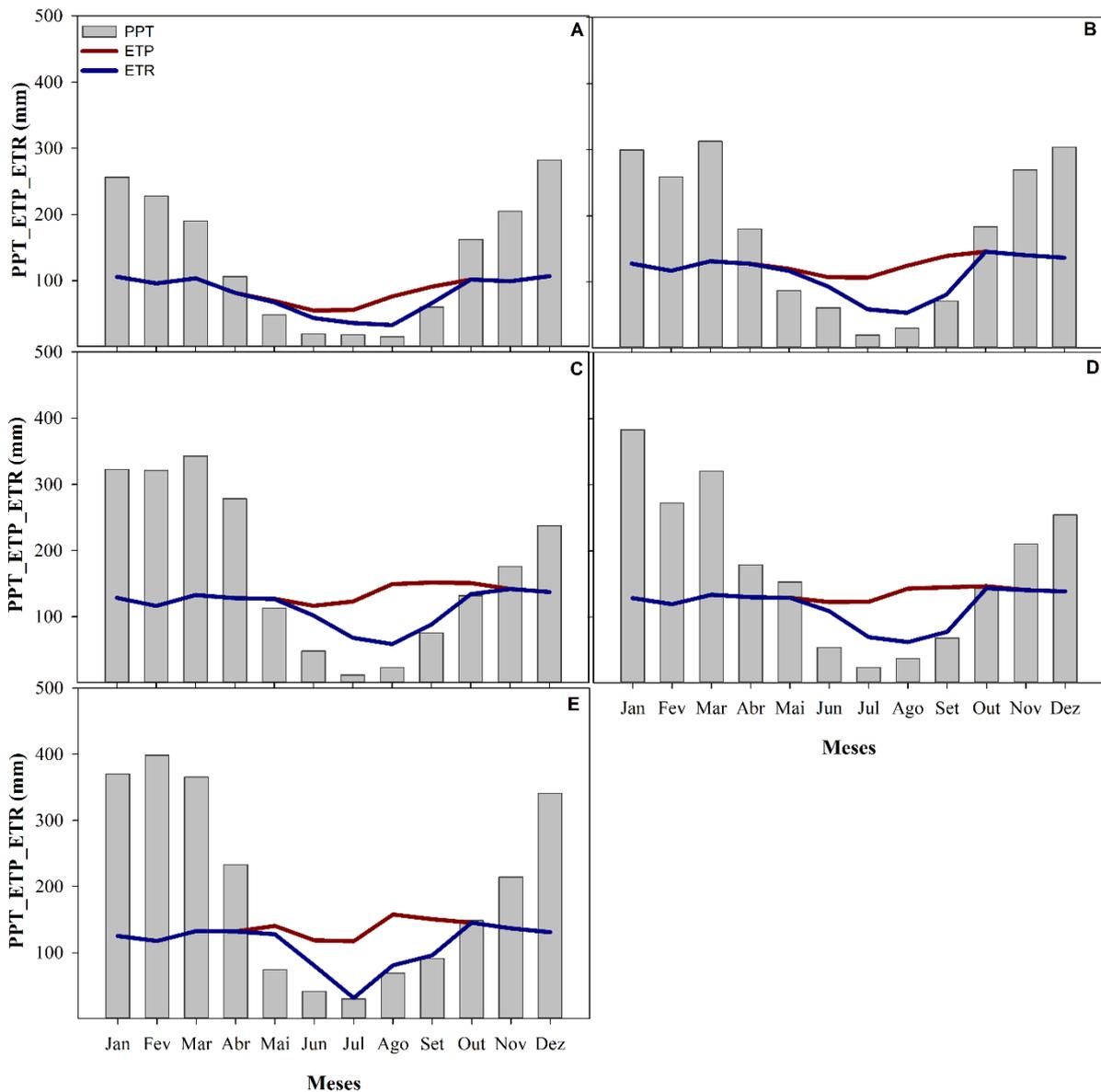


Figura 14. Precipitação (Ppt), Evapotranspiração Potencial (ETP), e Evapotranspiração Real (ETR), para as cidades. A- Apuí B- Boca do Acre C- Humaitá D- Lábrea e E- Manicoré.

O extrato do Balanço hídrico climatológico disposto na figura 15 mostra o comportamento da água no solo nas cidades que compõem o estudo. Em todas as cidades ocorrem déficit, excesso, retirada e reposição. Os períodos de excessos em todas as cidades contemplam seis meses do ano (novembro a abril) com exceção de Lábrea (Figura 18D) que se estende até maio. Todos esses valores encontram-se no período chuvoso da região, estações verão-outono, por isso a quantidade de precipitação ocorrida nos meses de excesso hídrico ultrapassam facilmente o valor da capacidade de água disponível (CAD). Os maiores excessos hídricos foram em Apuí com 200mm em dezembro, 190mm em Boca do Acre, 220mm em

Humaitá, 600mm em Manicoré, ambos em março, já em Lábrea a maior ocorrência foi de 250mm em janeiro.

O excesso hídrico muito acentuado como os da área de estudo necessita de algumas medidas conservacionistas. No caso da agricultura o uso de técnicas que visem diminuir a erosão é salutar, pois a mesma reduz a fertilidade do solo em decorrência do carreamento de nutrientes essenciais para as plantas dispostos no horizonte A, ou seja, a camada mais superficial dos horizontes, onde se encontra o maior teor de matéria orgânica. Já os impactos causados que podem ocorrer em áreas habitáveis, pode ser diminuído com planejamento de rede de drenagem e construção de drenos superficiais (SOUZA et al., 2014).

O déficit hídrico tem ocorrência nos meses de maio a setembro em Apuí, Boca do Acre e Manicoré, junho a setembro em Lábrea, enquanto em Humaitá de maio a outubro. Os déficits hídricos não tiveram grandes variações nos em todas as cidades não passando de 100mm, a concentração destes valores se deu no meio do período seco julho e agosto, período este que tem menos precipitação. O déficit hídrico está relacionado a quantidade de água que a planta necessita, nesse período a agricultura necessita de irrigação, em razão da pouca disponibilidade de água no solo (ROLIM et al., 2007).

A retirada de água ocorreu praticamente nos mesmos períodos em que houve déficit hídrico, ou seja, em cinco a seis meses do ano (maio a outubro), a retirada representa a quantidade de água que a planta extrai da solo via sistema radicular, buscando cada vez mais profundo seu suporte de água. Já a reposição acontece no momento que se inicia a precipitação. Na área de estudo ela tem ocorrência de dois a três meses (novembro a janeiro). esse período é considerado curto em razão das altas quantidades de precipitação que, quando iniciadas proporcionam uma rápida reposição da CAD no solo.

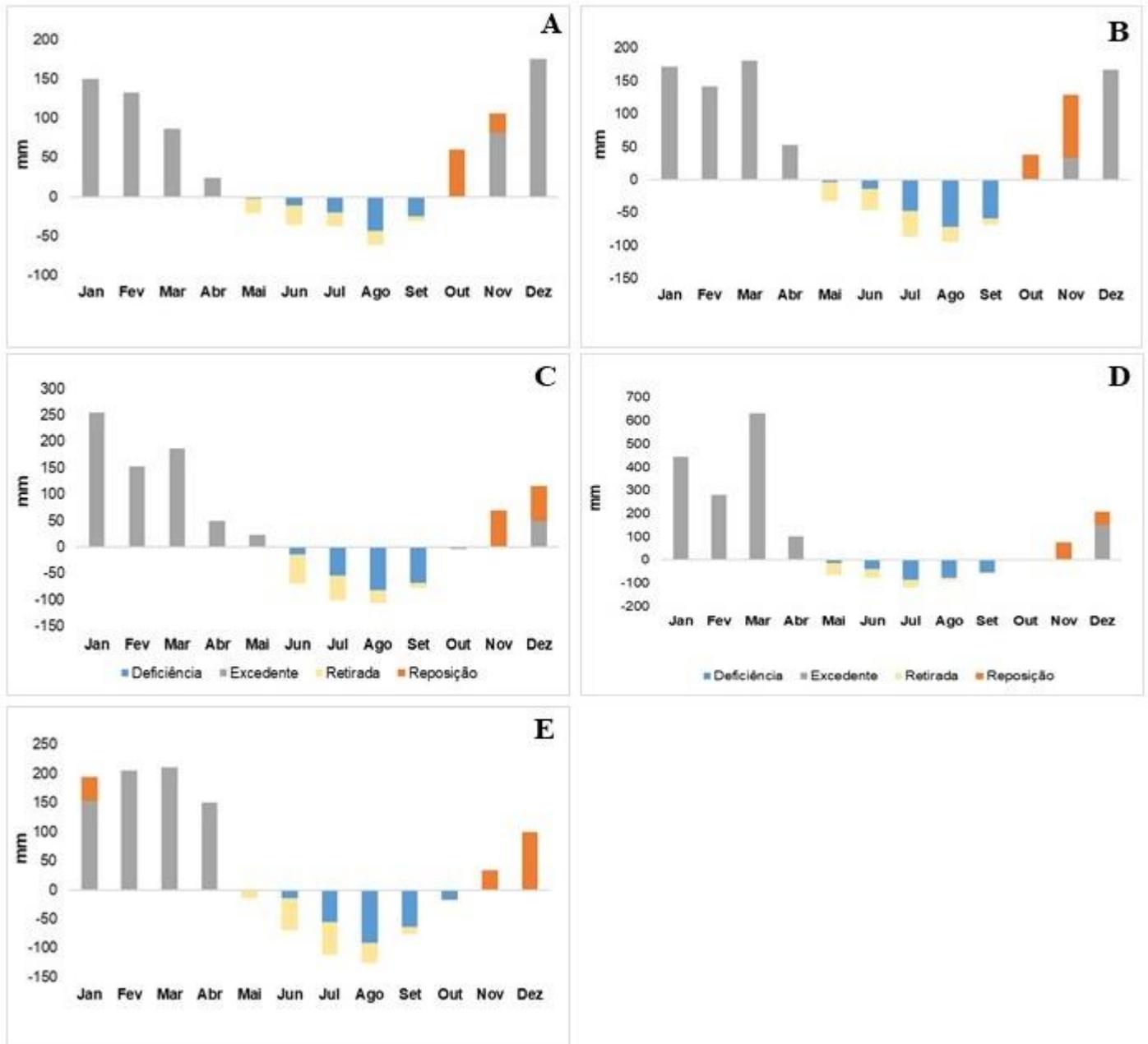


Figura 15. Extrato das componentes do Balanço Hídrico Climatológico das cidades de: A – Apuí- B- do Acre, C- Lábrea, D- Manicoré e E - Humaitá

6.1 Classificação Climática de Köppen

O sistema de classificação climática de Köppen, para a mesorregião sul do Amazonas apresenta apenas um tipo climático sendo tropical com clima de monção (Am) (Tabela 22).

O clima Am tem características específicas como a temperatura média do mês mais frio superior a 18° C, ou seja, sem temperaturas baixas características do inverno e precipitação anual com valores superiores a evapotranspiração potencial (ETp), em Apuí ETp

foi de 1039,53 mm, Manicoré 1604,85 mm, Lábrea 1601,55 mm, Humaitá 1602,45 mm e Boca do Acre 1525,60 mm somatórios anuais inferiores aos da precipitação. Quanto ao indicador que relaciona o tipo climático, pode-se inferir que o clima de monção é formado por precipitação média anual maior que 1500 mm fato que ocorreu em todas as cidades do estudo, juntamente com o período seco bem definido com montante de chuvas inferior a 60 mm.

Embora as cidades estudadas estejam próximas de forma latitudinal, a classificação climática de Köppen não levou em consideração as especificidades de cada lugar como relevo e altitude, desta forma considera-se muita abrangente e seu uso se faz mais apropriado em escala Macroclimática (ROLIM et al., 2007). Esse mesmo comportamento foi observado no estado de São Paulo, pois as variáveis envolvidas na metodologia de Köppen não foram capazes de diferenciar diversos tipos climáticos com valores médios anuais de precipitação e temperatura média mensal (ROLIM et al., 2007), sendo estas variáveis de extrema importância para a estimativa de duração dos ciclos e subperíodos de culturas agrícolas naquela região.

Tabela 20. Classificação climática de Köppen para a mesorregião Sul do Amazonas.

Cidades	1ª Chave (Grupo Climático)	2ª Chave (Tipo Climático)	3ª Chave (Subtipo Climático)
Apuí	A (Tropical)	m (Clima de Monção)	Apenas grupo (B, C e D)
Boca do Acre	A (Tropical)	m (Clima de Monção)	Apenas grupo (B, C e D)
Lábrea	A (Tropical)	m (Clima de Monção)	Apenas grupo (B, C e D)
Humaitá	A (Tropical)	m (Clima de Monção)	Apenas grupo (B, C e D)
Manicoré	A (Tropical)	m (Clima de Monção)	Apenas grupo (B, C e D)

6.2 Classificação Climática de Thornthwaite & Mather (1955)

Em Humaitá a classificação encontrada foi B₄ W A' a', considerado um clima úmido, com índice de umidade variando entre 80 e 100mm, com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração potencial anual (ETP), 1140mm. Em Apuí a classificação foi B₂ r B' a', diferente em relação a Humaitá, pois Apuí apresentou índice de umidade menor que Humaitá, no intervalo entre 40 e 60mm, com pequena ou quase nenhuma deficiência hídrica, mesotérmico com ETP anual variando entre 997 a 1140mm e ETP de verão menor que 48%.

Para o município de Lábrea foi B₂ W A' a' com o mesmo índice de umidade que Apuí (40-60), porém com índice de aridez diferente com moderada deficiência hídrica no inverno,

megatérmico e com ETP anual superior a 1140mm e ETP na estação de verão menor que 48%. A classificação climática para Manicoré foi parecida com de Lábrea A W A' a' apenas com índice de umidade diferente, ou seja, um clima considerado super úmido embora o índice de umidade seja inferior a 100mm.

Boca do Acre acompanha o comportamento das classificações anteriores com diferenças mínimas apenas no índice de umidade, B₃ W A' a' ou seja, o índice em Boca do Acre é menor que Manicoré e maior que em Lábrea (Tabela 23).

Em pesquisas recentes, Alvares et al. (2014), identificaram mudanças nos totais precipitados na parte norte em relação aos outros pontos do território de Manicoré. Desta forma, foi realizada novas classificações climáticas utilizando método de Köppen. Anteriormente a classificação climática de Köppen indicava clima “Af” com precipitação anual entre 1.900 mm a 2.400 mm na parte norte do município. A outra parte do município tem o clima “Am”, ou seja, clima tropical com temperaturas do mês mais frio acima de 18°C e com chuvas de monção e totais anuais acima de 1.500mm, mas com total mensal abaixo de 60mm no mês mais seco.

Desta forma a classificação de Thornthwaite & Mather (1955), para a município de Manicoré-AM, assemelha-se a segunda de Köppen, considerando que os valores encontrados de Ppt estão acima de 2.400 mm anuais como sugerido por Alvares (2014). Entretanto, a classificação de Thornthwaite & Mather (1955) traz maior confiabilidade quanto a classificação climática em razão do maior número de critérios a serem avaliados como evapotranspiração potencial anual e de verão, índice hídrico, índice de umidade e valores médios de temperatura do ar e Precipitação (ROLIM et al., 2007).

Estudo realizado no estado de São Paulo, utilizando esta metodologia, alterou uma única classificação de Köppen e as dividiu em outras vinte classificações de Thornthwaite & Mather (1955), levando em consideração as variações de Tar e Ppt. Isso ocorreu porque a abrangência espacial da classificação de Köppen faz com que pequenas mudanças no regime de Ppt e Tar não sejam percebidas, e a percepção destas modificações são fundamentais em zoneamento agroclimático e planejamento urbano (ROLIM et al., 2007).

As pequenas variações nos regimes de Ppt e Tar também foram sentidas em estudos realizados no estado do Rio de Janeiro, onde o modelo proposto por Thornthwaite & Matter (1955), trouxe melhores resultados, pois o mesmo apresentou um maior leque de variações indo de um clima super-úmido mesotérmico ao sub-úmido seco megatérmico. Já a classificação de Köppen apresenta apenas três variedades de classificação climática, quente, úmida e tropical de altitude para a região do estudo (SANTANA et al., 2005).

Tabela 21. Classificação climática de Thornthwaite & Mather (1955) para a Mesorregião Sul do Amazonas.

	Índice de Umidade (Iu)	Índice de Aridez (Ia)	(ETP Anual)	ETP no Verão (%)
Humaitá	B₄ Úmido $80 \leq Iu < 100$	W Moderada deficiência hídrica no inverno. 16,7-33,3	A' Megatérmico ≥ 1140	a' <48%
Apuí	B₂ Úmido $40 \leq Iu < 60$	r Pequena ou nenhuma deficiência hídrica 0 - 16,7	B'₄ Mesotérmico 997-1140	a' <48%
Lábrea	B₂ Úmido $40 \leq Iu < 60$	W Moderada deficiência hídrica no inverno. 16,7-33,3	A' Megatérmico ≥ 1140	a' <48%
Manicoré	A super – úmido $100 \leq Iu$	W Moderada deficiência hídrica no inverno. 16,7-33,3	A' Megatérmico ≥ 1140	a' <48%
Boca do Acre	B₃ Úmido $60 \leq Iu < 80$	W Moderada deficiência hídrica no inverno. 16,7-33,3	A' Megatérmico ≥ 1140	a' <48%

7. Conclusões

Baseado nos resultados obtidos, concluiu-se que:

Temperatura do ar apresentou baixa amplitude térmica entre as cidades. Os períodos mais quentes foram entre os meses de agosto e setembro na transição seco para chuvoso e menos nos meses de inverno junho e julho, tendo Humaitá registrado as maiores médias e Apuí as menores. A Normal climatológica provisória em Manicoré teve anomalias positivas quando comparadas a Normal climatológica (NC) de 1961/1990 e negativas com a NC de 1981/2010. Já Lábrea obteve suas médias superiores as duas NC, tendo assim anomalias sempre positivas.

A precipitação teve comportamento sazonal bem definido evidenciando três períodos distintos, chuvoso (outubro a abril), transição (maio e setembro), seco (junho a agosto). Manicoré registrou maiores valores anuais (2946,2mm) ao passo que Apuí apresentou os menores (1589,0mm). A Normal climatológica provisória em Lábrea teve anomalias negativas em relação a NC de 1961/1990 e negativas/ positivas em relação a NC de

1981/2010. Em Apuí houve oscilações entre anomalias positivas e negativas entre as duas NC.

A umidade relativa do ar em todas as cidades teve seus comportamentos semelhantes, com maiores valores no período chuvoso e menores no período seco. Agosto foi o mês com menores valores e abril maior. As duas normais climatológicas foram superiores à normal provisória todos os meses.

A temperatura do ponto de orvalho apresentou dois períodos distintos, um com valores maiores de novembro a maio e outro de junho a outubro com valores menores. Boca do Acre teve a menor temperatura média e Manicoré a maior. A Normal climatológica provisória tanto em Lábrea quanto Manicoré tiveram o mesmo comportamento sazonal da Normal Climatológica, entretanto, sempre com valores abaixo.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) demonstrou que Manicoré teve maior excesso hídrico e Apuí o menor e maior déficit.

A classificação climática encontrada demonstra que o clima na área de estudo divide-se em cinco, ao passo que a de Köppen traz apenas uma classificação para toda mesorregião, o SCC de Thornthwaite & Mather (1955) enquadram-se nas classes de úmidos, com moderada ou nenhuma deficiência hídrica, é meso e megatérmico com evapotranspiração potencial sempre menor que 48%. Desta forma o SCC de Thornthwaite & Mather (1955) comprova maior sensibilidade a diferenças de temperatura e precipitação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.C. ; TONELLO, K.C. Estimativa do balanço hídrico climatológico da bacia hidrográfica do rio Sorocaba–São Paulo. **Ambiência**, v. 11, n. 3, p. 513-527, 2015.

ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; BARROS, A.H.C.; SILVA, C.O.; GOMES, A.A.N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36, n.2, p.143-151, 2005.

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n. 4, p. 501-509, 2008.

AGUIAR NETTO, A.O.; MAGALHÃES, L.T.S.; SOBRAL, F.S.B.; GIACOMELLI, W.; FACCIOLI, G.G. Balanço hídrico na Bacia Hidrográfica do rio Siriri, Sergipe. In: **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de recursos hídricos**, Campo Grande - MS.22 a 26 de novembro de 2009.

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Castelo do Piauí. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.

ANTONINO, A.C.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; DALL’OLIO, A.; SALCEDO,I.H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.29-34, 2000.

AQUINO, C.M.S. **Estudo da degradação/desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe - UFSE. São Cristóvão, 2010.

AQUINO, C.M.S. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato- Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 06, N. 01, 2013.

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.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Irrigação e produtividade. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.

BARROS, V. R. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 198-203, 2009.

BERTONI, J. C., TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Organizado por TUCCI, C. E. M., SILVEIRA, A. L. L. 4. ed. Porto Alegre: ABRH; Editora da UFRGS, 2007. 943 p.

BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A.; NEALE, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical eco systems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, V.202, p.112–124, March, 2015.

CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 123-146, 2016.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.871-880, 2010.

CAMARGO, M. B. P. de; ROLIM, G. de S.; SANTOS, M. A. dos. Modelagem agroclimatológica do café: estimativa e mapeamento das produtividades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 58-65,2007.

CARVALHO, L. G.; SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais**: componentes geofísico e biótico. Lavras: UFLa, 2008

CALLEGARI-JACQUES SM. **Bioestatística princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed; 2003.

CORREIA, M. F.; SILVA, F. S.; SILVA ARAGÃO, M. R. S.; SANTOS, E. P.; MOURA, M. S. B. Impacto da expansão agrícola na amplitude térmica diária em ambiente semiárido. **Ciência e Natura**, v. Suplementar, p.311–314, 2011

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

CHECHI, L.; BAYER, F. M. Modelos univariados de séries temporais para previsão das temperaturas médias mensais de Erechim, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1321–1329, 2012.

DANTAS A.A.A; Carvalho L.G; Ferreira. E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. 2007.

DANTAS, R, T; NÓBREGA, R, S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB. In: Congresso Brasileiro de

Meteorologia; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. SBMET, 2000. p.534-537.

DAMIÃO, J. O., HERNANDEZ, F. B. T., SANTOS, G. O., ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem XX, Uberaba. 2010.

DUARTE, C.C.; NÓBREGA, R.S.; COUTINHO, R.Q. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município de Ipojuca, Pernambuco. **Revista de Geografia** (UFPE). v.32, n. 2, p.158-176, 2015.

FARIAS, R. F. L.; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia da ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. **Revista Geonordeste**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

FEARNSIDE, P.M. 2007. **Estoque e estabilidade do carbono nos solos na Amazônia brasileira**. In: W.G. Teixeira, B.E. Madari, V.M. Benites, D.C. Kern & N.P.S. Falcão (eds.) As Terras Pretas de Índio: Caracterização e Manejo para Formação de Novas Áreas. Belém, Pará: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

FILHO, A. C.; SOUZA, O. B. ATLAS de Pressões e Ameaças às Terras Indígenas na Amazônia Brasileira, **Série Cartô Brasil socioambiental, ISA (instituto socioambiental)**, São Paulo, novembro de 2009. 48p.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de.; SOUZA, J. L. M. de.; ZOCOLER, J. L. **Planejamento da irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: EMBRAPA, 2005

FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar: Um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 101-126, Jul. 1998.

GALVÃO, J. A. C.; FISCH, G. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia (JI – Paraná, RO). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.2, 25-37, 2000, 13p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Metodologia para Normais climatológicas 1961-1990. Brasília, DF. 9p. 2014

KRUSCHE N.; SARAIVA J. M. B.; REBOITA, M. S. **Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande**, RS. Rio Grande: 2002.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima no Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

KRÜGER, E. L.; GONZALEZ, D. E. G. Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos. **Ambiente Construído**, v. 16, n.3, p.89-106, 2016

LIMA, M. DO S. B. DE; MAY, P. H. A expansão da fronteira agrícola no sul do amazonas e sua relação com o incremento do desmatamento nas áreas de cerrados e campos naturais. 2005.

Liu, Y. Q. (2005), **Atmospheric response and feedback to radiative forcing from biomass burning in 14 tropical South America**, Agri. Forest Meteorol., 133, 40-53.

LIMBERGER, L. Variabilidade da vazão de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com a temperatura da superfície do mar (TSM) de 1976-2010. 2015. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP. São Paulo, 483f, 2015.

LOPES, J. S. G. ; ALEIXO, N. C. R. ; SILVA NETO, J. C. A. . Analise preliminar na temperatura e umidade relativa do ar em duas estações meteorológicas da cidade de Tefé-AM. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Goiânia: UFG, 2016. v. 1. p. 1097-1108

LUCAS, E. W. M.; SOUSA, F. A. S.; SILVA, F. D. S. Modelagem Hidrológica Determinística e Estocástica Aplicada à Região Hidrográfica do Xingu – Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 24: 308 – 322, 2009.

MARTINS, C. A. S. et al. Balanço Hídrico da cultura do café Conilon nas condições edafoclimáticas do município de Ecoporanga-ES. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, GO, v.7, n.12. p.02, Jun. 2011.

MACHADO, F. L. V. Modelos de classificações climáticas: estudo de caso no município de Cuiabá (MT). **Revista Geonorte**, 2. ed., v.2, n.5, p.1455 – 1467, 2012.

MACHADO, C.C.C.; NÓBREGA, R.S.; OLIVEIRA, T.H.; ALVES, K.M.A. Distúrbio Ondulatório de Leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**. V.11, n.8, p.146-188, 2012.

MAGANO JÚNIOR, H.. Sazonalidade da precipitação e umidade relativa do ar em cidades de diferentes portes na Região Amazônica Brasileira. 2010.

MARENGO, J.A.; LINCOLN, M.; ALVES, W.; SOARES, R.; RODRIGUEZ, D.A.; CAMARGO, H.; R., M.P. E PABLO, A.D. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. *Journal of Climate*, v.26, 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p

MEIRELES, E. J. L.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.163-171, 2003.

MEDEIROS, S. R. R.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. P. N. Potencial agroclimático para a *Alpinia purpurata* no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.165-169, 2009.

MENDES, C.A.R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob o cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim – RJ**. Rio de Janeiro, 2006. 236f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empíricoteóricas com base na equação de Penman-Monteith**. 2008. 241 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkion/Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 2007.

MONTEIRO, J. C. R.; HEYER, L. F.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A. T.; PANTOJA-LIMA, J.; SANTOS, S. M. Descrição da Temperatura e Umidade Relativa do Ar em distintas localidades da cidade de Manaus com diferentes geometrizações e espacialidades urbanas nos bairros do Parque Dez, Nova Cidade e bairro Centro - Manaus/Am. **IGAPÓ - Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 10, n. 1, 2016.

MOSTER, C.; LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; CÂMARA, C.D. **Determinação do ano hidrológico visando a quantificação do balanço hídrico em microbacias experimentais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2003. 6p.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. 530p.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte.2002.

MOREIRA, P. S. P.; GALVANIN, E. A. S.; DALLACORT, R.; NEVES, R. J. Análise de agrupamento aplicado ao ciclo diário das variáveis meteorológicas nos biomas do estado de Mato Grosso. **Acta Iguazu**, v.5 n.1, p.80-94, 2016

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

NETO, JOÃO M.; BARBOSA, MARX P.; DE ARAÚJO, ALEXANDRE E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 61-66, 2007.

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

NOBRE, P.; LACERDA, F. F.; AZEVEDO, F. G. B.; SIMÕES R. S. Um Estudo da variabilidade interanual de veranicos sobre o sertão de Pernambuco e suas relações com a temperatura da superfície do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

AGROMETEOROLOGIA, 13., 2004, Santa Maria. **Situação atual e perspectivas da agrometeorologia**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: UFSM:UNIFRA, 2004.

NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G.O. E MARENGO, J. A. Características do Clima Amazônico: Aspectos principais. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, m.; GASH, J. E DIAS, P.S. (editores). Amazonia and Global Change. Geophysical Monograph Series. Vol. Nº 186. 149-162 p. 2013

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.708 –724, 2012.

NUNES, E. L. et al. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a Bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Viçosa, Minas Gerais, v.22, n.3, 297-302, 2007.

NUNES, L. H.; VICENTE. A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; SIAS, M. A. F. S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil, São Paulo: Oficina de Textos, p. 243-258, 2009.

OLIVEIRA, I. P., OLIVEIRA, L. C. MOURA, C. S. F. T.. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, 2012.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 463-475, 2018.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro Arábica. **Bragantia**, v. 62, n.3, p.499-505, 2003.

PEREIRA, José Carlos Matos. **Importância e Significado das Cidades Médias na Amazônia: uma abordagem a partir de Santarém (PA)**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará, 2004.

PEREIRA, A. P; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Lavras, MG: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p.139- 148. 2013.

RAMOS, A. M.; FORTES, L. T. G.; SANTOS, L. A. R.; CONDE, F. C.; BARBOSA, T. F.; VIANELLO, R. L.; MONTANDON, A. C.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, A. M.; SILVA, F. D. S.; LUCAS, E. W. M.; TOMÁS, L.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; BALBINO, H. T. Revisão das Normas Climatológicas do Brasil para o Período 1961-1990: Procedimentos de Cálculo e Produto Final. In: **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. A Amazônia e o Clima Global**, 2010.

REIS, E.F. dos; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G.O.; PEZZOPANE, J.E.M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do Espírito Santo no período seco. **IDESIA**, v. 25, n. 3, p. 75-84. 2007.

REBOITA, M.S; GAN, M.A.; DA ROCHA, R.P. E AMBRIZZI, T. Regimes De Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Koppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p. 711-720, 2007.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (orgs.). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**, 465p., Brasília, 2009.

ROSSATO, L. Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil. Dissertação (Mestrado), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, São Paulo. 145p. 2001

ROSSATO, L; TOMASELLA, J . Validação de modelo de umidade do solo para áreas de pastagem e de floresta da região Amazônica. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza/CE. Anais...Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. **Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos - CPTEC**. XVI Congresso de Meteorologia, 2010.

SALATI, E.; SANTOS, Â. A.; KLABIN, I. Temas ambientais relevantes, **SciELO- ESTUDOS AVANÇADOS** 20 (56), p. 107 – 127, 2006.

SANTOS NETO, L. A.; NOBREGA, R. S. Estiagem agrícola no município de Machadinho d'Oeste - RO –: Relação com o Fenômeno El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura**: anais. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

SANTOS NETO, L. A.; MANIESI, V.; SILVA, M. J. G.; QUERINO, C. A. S.; LUCAS, E. W. M.; BRAGA, A. P.; ATAÍDE, K. R. P. Distribuição horária da precipitação em Porto Velho-RO no período de 1998 – 2013. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, 2014.

SANTANA, J. P. M. ; SILVA, B. B. G. ; PENNA, L. ; FIALHO, E. S. . Classificação climática: um estudo comparativo entre os métodos de Köppen e Thortwaite para o município do Rio de Janeiro. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo: USP, 2005

SZLAFSZTEIN, C.; MARQUES, O.; MAIA, H.; PRETTE, M.; FISCHENICH, P.; ALTIERI, F. Referências Metodológicas para mapeamento de Riscos Naturais na Amazônia: Mapeando as vulnerabilidades. Brasília, MMA/GTZ, 60 p., 2010.

SANTOS, F.A. **Mapeamento das unidades geoambientais e estudo do risco de degradação/desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.**

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós- Graduação em Geografia (PPGGEO) / Universidade Federal do Piauí. 2015.

SANT'ANNA NETO, J.L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, V.1, N°1. Dezembro de 2005.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water déficit and water rplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potencial evapotranspiration. **Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.3, p.28-42, 2008.

SILVA-VAREJÃO, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: PAX ed., 2001. 532 p.

SILVA R. E.; ASSUNÇÃO, W. L. **O Clima e a Agricultura Familiar na Porção Norte da Planície Aluvionar de Serra Negra (MG)**. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 14., 2013, Perú. **Anais...** Perú, 2013.

SILVA, J. P. et al. Processo de automação de planilhas para cálculo de balanço hídrico em escalas mensal, decendial e diária. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012 Jaguariúna, SP. **Anais**. Jaguariúna, 2012.

SILVA, Viviane B. S. et al. **An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil**. Journal of Hydrometeorology. v. 598.1, 2006, p. 847-861.

SILVA, M. J. G. **Uso e cobertura do solo e a variabilidade do clima de Porto Velho-RO**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Núcleo de Ciências e Tecnologia (NCT), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PGDR), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

SILVA, E. R. A. C.; MIRANDA, R. de Q.; FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D. Estimativa do Estresse Hidrológico na Bacia Hidrográfica do Riacho do Pontal-PE. **Caderno de Geografia**, v.26, n.47, 2016.

SOUSA, E. S. de. **Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para acidade de Palmas – TO**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, PA. **Anais...** Belém. UFT, 2010.

SOUSA, Erlan Silva. **Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a cidade de Palmas – TO**. Universidade Federal de Tocantins - UFT, Tocantins, 2011.

SOUZA, A.P. de; MOTA, L.L. da; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T. de; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, p.34-43, 2013

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**.V.6, p.462 – 472. 2009.

SOUZA, S. O. ; CORREA, W. S. C. ; FILETE, R. ; VALE, C. C. . Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caravelas (BA) como Subsídio ao Planejamento Agrícola. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 83-92, 2014.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L. ; ZAMADEI, T. ; MARTIM, C. C. ; Almeida, F. T. ; PAULINO, J. . Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa** - Pesquisas Agrárias e Ambientais, v. 1, p. 34-43, 2013

SCHAFER, R. F. **Precipitação e evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa, voltadas à realização do balanço hídrico diário.** Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SCHOR, Tatiana; Costa, Danielle P. **Rede urbana na Amazônia dos grandes rios: uma tipologia para as cidades na calha do rio Solimões-Amazonas - AM.** IN: X SIMPURB, , Florianópolis. Trajetórias da geografia urbana no Brasil: tradições e perspectivas, 2007.

SCHOR **Tipificação da Rede Urbana na Calha do Rio Solimões – Amazonas.** Manaus, 2006. p. 20. Tipificação da Rede Urbana na Amazônia: um estudo para as cidades localizadas na calha do rio Solimões – Amazonas. Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades da Amazônia Brasileira – NEPECAB, UFAM.

SYPERRECK, V.L.G. **Avaliação de desempenho de modelos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Paraná.** Marechal Cândido Rondon, 2006. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SYPERRECK, V.L.G.; KLOSOWSKI, E.S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.603-609, 2008.

PASSOS, M. L. V., ZAMBRZYCKI, G. C., PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-Ma. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

TANAKA,A.A. **Avaliação de métodos de estimativa da radiação solar global e da evapotranspiração de referência para o estado de Mato Grosso.** 2013. 110p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TAGLIAFERRE,C.; SILVA,R.A. de J.;ROCHA, F.A.; SANTOS, L. da C.; SILVA, C. dos S. da. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Revista Caatinga**, v.23, p.103-111, 2010.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. 6, n.1.

TAVARES, A.L.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, V.P.R. Balanço hídrico climatológico como planejamento agropecuário para o município de Paulistana, PI. In: **I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**, Campina Grande - PB. 11 a 13 de dezembro de 2013.

TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. **Balanço hídrico: tópicos em meio ambiente e ciências atmosféricas.** São José dos Campos: INPE, 2005.

TATSCH, J. D. Controle do uso da terra no clima e no regime hidrológico da bacia do rio Mogi-Guaçu. 2012. 88 f. Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 2012.

TURCO, J. E. P. de; FARIA, M. T. de; FERNANDES, E. J. Influência da forma de obtenção do saldo de radiação na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. **Irriga, Botucatu**, v. 10, n. 3, p. 215-228., 2005.

VEGA, E. C.; JARA, J. C. Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (costa y región andina) del Ecuador. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 29, n. 3, p. 390-403, 2009.

VIOLA, M. R.; MELO, C. R., PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M., ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.970-978, 2010.

VESCOVE, H.V.; TURCO, J.E.P. **Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP.** Engenharia Agrícola, v.25, p.713-721, 2005.

WAGNER, M. V. **Características hidroclimáticas para a cultura do milho em Guarapuava-PR.** 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2009.