



UFRR

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

EDNA JANUÁRIA DE MORAIS DA SILVA

**DINÂMICA HÍDRICA NA CIDADE DE RORAINÓPOLIS - RR: UMA ANÁLISE A
PARTIR DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO**

BOA VISTA, RR

2018

EDNA JANUÁRIA DE MORAIS DA SILVA

**DINÂMICA HÍDRICA NA CIDADE DE RORAINÓPOLIS - RR: UMA ANÁLISE A
PARTIR DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Geografia – PPG - GEO da Universidade Federal de Roraima como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia. Linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler.

BOA VISTA, RR

2018

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

S586d Silva, Edna Januária de Moraes da.

Dinâmica hídrica na cidade de Rorainópolis - RR : uma análise a partir do comportamento pluviométrico / Edna Januária de Moraes da Silva. – Boa Vista, 2018.

133 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

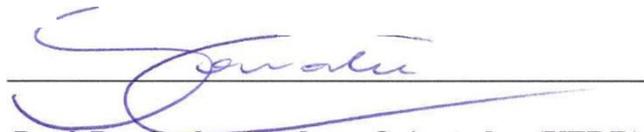
1 – Clima. 2 – Dinâmica hídrica. 3 – Pluviometria. 4 - Roraima. I – Título. II – Sander, Carlos (orientador). III – Wankler, Fábio Luiz (coorientador).

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Angela Maria Moreira Silva - CRB-11/381-AM

EDNA JANUÁRIA DE MORAIS DA SILVA

DINÂMICA HÍDRICA NA CIDADE DE RORAINÓPOLIS — RR: UMA ANÁLISE A
PARTIR DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Linha de Pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica. Defendida em 20 de agosto de 2018 e avaliada pela seguinte banca:



Prof. Dr. Carlos Sander – Orientador (UFRR)



Profa. Dra. Márcia Teixeira Falcão (UERR)



Profa. Dra. Maria Barbara de Magalhães Bthônico (UFRR)



Prof. Dr. Paulo Eduardo Barni (UERR)

Dedicatória

À minha mãe Luiza Januária (*in memoriam*) pelo exemplo de vida, por acreditar em mim e tornar os meus dias melhores enquanto estive ao meu lado! Sem ela não seria o que sou hoje! Saudades eternas!

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha inesgotável fonte de sabedoria, pela realização de um projeto pessoal: MESTRADO e que sem Ele não teria tido força para concluir a jornada.

Ao Governo do Estado de Roraima e Prefeitura Municipal de Rorainópolis pela licença concedida para realização do estudo.

A Secretaria de Estado de Educação e Desportos e Secretaria Municipal de Educação, pelo apoio na concessão da licença necessária para a conclusão dessa etapa significativa da minha vida profissional.

À Universidade Federal de Roraima por proporcionar a realização desse curso de forma gratuita e de qualidade por intermédio do PPG-GEO.

À CAERR representada pelo Técnico Wilson Santos pelas informações. E ao IBGE pela boa receptividade.

Ao meu orientador professor Dr. Carlos Sander pela paciência, por compartilhar comigo os seus saberes e pela parceria no estudo dessa temática ousada do município onde resido (Rorainópolis) e ao meu Co-orientador prof. Dr. Fábio Wankler pelas palavras encorajadoras. A vocês meu profundo respeito.

Aos professores do PPG- GEO pelos conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado e pela qualidade do ensino ali ministrado.

Ao meu esposo Elídio, pelo amor recíproco incondicional e companheirismo e por entender os meus momentos de ausência mesmo estando presente.

As minhas amoras Erika Fernanda, Helen e Héliida Cristina pelo amor e por vivenciarem momentos de tensão juntamente comigo na construção desse trabalho e por entenderem que estudar vale a pena na longa jornada da vida.

Aos meus netos Helena, Miguel, Laís e Heitor que tanto amo e por tornarem leve as minhas preocupações com a doçura do seu sorriso. Aos meus colegas de mestrado pela amizade.

À minha irmã Edinalva e sobrinhas Elana Tarcila e Janaína, minha eterna gratidão pelo acolhimento nas minhas idas a Rorainópolis para realização das etapas da pesquisa.

Ao Rondiele Sarmiento de Lemos, Graduando em Geografia – UFRR, pelo apoio e amizade.

Ao João Paulo Delapasse Simione, doutorando na UFRG pela brilhante

participação na fase final da Dissertação, a você minha gratidão eterna.

Aos amigos e familiares que torceram pelo meu sucesso pessoal e profissional.

“No tempo de Deus tudo é perfeito”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral caracterizar a dinâmica hídrica na cidade de Rorainópolis-RR a partir do comportamento pluviométrico. A pesquisa foi desenvolvida considerando dados da série histórica das estações pluviométricas da área de estudo e entorno com duração de 30 anos compreendendo os anos de 1986 a 2016 compiladas da plataforma *Hidroweb* (ANA). Para fins de análise foi utilizado o quantitativo de chuvas do semestre mais seco (outubro a março) e do semestre chuvoso (abril a setembro) e a duração média das estiagens com base nos dados da pluviosidade média (mm) para a região estudada. Os ciclos de El Niño e La Niña foram definidos a partir da compilação de dados da plataforma do CPTEC e CPC. O levantamento da demanda hídrica envolveu a produção de água pela CAERR, por meio de visita *in loco* e aplicação de questionários. Após o levantamento de dados, estes foram tratados, originando mapas, tabelas e gráficos. Na região estudada foram definidas duas unidades climáticas determinadas a partir da sobreposição Fuzzy que consistiu em superpor os mapas de pluviosidade média anual, pluviosidade em eventos de El Niño e pluviosidade em eventos de La Niña obtidos dos resultados da krigagem ordinária. Os indicadores de vulnerabilidade hídrica utilizados mostraram que a região estudada apresentou índice de baixa vulnerabilidade hídrica de 0,25. A área estudada apresentou diminuição no nível das águas dos cursos hídricos, incluindo os poços tubulares e amazonas quando, sob influência do El Niño e quando sob influência do La Niña, foi percebido o aumento no índice de precipitação, cheias prolongadas, problemas de alagamentos no perímetro urbano, principalmente nas áreas próximas a igarapés. O sistema de abastecimento de água gerenciado pela CAERR em Rorainópolis apresentou saldo hídrico diário positivo, no entanto, mostrou problemas de ordem instalada, pois há bairros que são atendidos apenas parcialmente. A população de Rorainópolis, que não é atendida pela CAER, tem de recorrer a fontes de captação de água alternativa à rede pública, como poços amazonas, correndo riscos de contaminação e sem garantia de consumir água com padrões de potabilidade, além de estar sujeita a ciclos de falta de água e inundações, por não haver um planejamento que considere as variações de precipitação, ocasionadas pelo efeito do ENOS na área de estudo.

Palavras-chave: Clima. Comportamento Pluviométrico. El Niño. La Niña. Demanda Hídrica. Rorainópolis.

ABSTRACT

The present work had as general objective characterize the water dynamics in the city of Rorainópolis-RR From the rainfall behavior. The research was developed considering data from of the Pluviometric stations of the area of study and environment with a duration of 30 years comprising from 1986 to 2016 compiled from the Hidroweb platform (ANA) was considered. For the purposes of analysis, the amount of rainfall (from October to March) and the rainy semester (from April to September) and the average duration of droughts based on the average rainfall (mm) for the studied region. The El Niño and La Niña cycles were defined based on the compilation of datas from the CPTEC and CPC/Inpe platform. The survey of water demand comprised the production of water by CAERR, through an on-site visit and questionnaire application. After the datas result, they were tabulated, analyzed and generated maps, tables and graphics in the studied region, two climatic units were determined from the FUZZY overlap which consisted of superpor the annual average rainfall maps, rainfall at El Niño events and rainfall at La Niña events obtained from the results of ordinary kriging. The indicators of vulnerability used, showed that the studied region presented an index of low water vulnerability of 0,25. The area studied presented a decrease in the water level of the water courses, including tubular wells and Amazon. When it is under influence of La Niña, It is noticed the increase of in precipitation, prolonged floods and its issues in the urban perimeter, specifically in the vulnerable areas closer to streams. Regarding to water demand, the water supply system managed by CAERR in Rorainópolis, presented positive daily water balance, however, showed problems of installed order because there are districts that are only partially attended. Rorainópolis population the one which is not served by CAER, presents Water Vulnerability, as far as It resorts to sources of water abstraction which alternates to public service, such as Amazon wells and then taking serious risk of contamination and with no guarantee to consume water with potability standards and yet cycles of water shortage and flooding because there is no planning that considers its variations of precipitation caused by the ENOS effect in the respective study.

Keywords: Weather, Pluviometric Management, El Niño e La Niña, Water's Demand. Rorainópolis.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

Figura 1: Sistema de Abastecimento de Água	26
Figura 2: Esquema do Ciclo Hidrológico	30
Figura 3 - Mapa de Localização do Município de Rorainópolis-RR e as Estações Pluviométricas da Área de Estudo	36
Figura 4 - Camadas Utilizadas na definição da unidades climáticas de Rorainópolis-RR	48
Figura 5 - Etapas dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa	51
Figura 6 - Mapa de espacialização da pluviosidade média anual do município de Rorainópolis-RR	53
Figura 7 - Mapa da variação do desvio padrão da pluviosidade anual média do Município de Rorainópolis-RR, 1986-2016.....	55
Figura 8 - Gráfico da precipitação mensal média e desvio padrão na estação Fazenda Paraná no município de Rorainópolis –RR de acordo com os dados do desvio-padrão da Figura 7	56
Figura 9 - Gráfico da precipitação mensal média e desvio padrão na estação Base Alalaú, limite entre o município de Rorainópolis-RR e o estado do Amazonas –AM de acordo com os dados do desvio padrão da Figura 7	57
Figura 10 - Gráfico da Precipitação mensal média e desvio padrão na estação São Lucas do município de Rorainópolis-RR acordo com os dados do desvio-padrão da Figura 7	58
Figura 11 - Mapa da espacialização da pluviosidade durante o período de El Niño geral no município de Rorainópolis-RR.....	63
Figura 12 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Paraná do município de Rorainópolis-RR.....	64
Figura 13 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Base Alalaú, divisa entre o município de Rorainópolis-RR e o estado do Amazonas-AM.....	65
Figura 14 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Santa Maria do Boiaçú nos limites do município de Caracaraí –RR e o município de Rorainópolis –RR.....	66
Figura 15 - Gráfico de pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral	

na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR	66
Figura 16 - Mapa da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR	68
Figura 17 - Mapa de espacialização da precipitação El Niño de forte intensidade na área de estudo	70
Figura 18 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação fazenda Paraná no município de Rorainópolis-RR	71
Figura 19 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio-padrão em anos de El Niño forte na estação Base Alalaú, divisa do município de Rorainópolis-RR e o estado do amazonas- AM	72
Figura 20 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação Santa Maria do Boiaçú no município de Rorainópolis-RR, limite com o município de Caracaraí-RR	73
Figura 21 - Gráfico de pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR	73
Figura 22 - Mapa da Espacialização da variação da pluviosidade durante eventos de La Niña geral no município de Rorainópolis-RR.....	75
Figura 23 - Mapa da Espacialização da variação da pluviosidade durante eventos de La Niña geral no município de Rorainópolis-RR.....	76
Figura 24 - Gráfico da Pluviosidade mensal (desvio-padrão) em anos de La Niña geral na estação fazenda Paraná no município de Rorainópolis-RR	77
Figura 25 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña geral na estação Base Alalaú no município de Rorainópolis –RR, limite com o estado do amazonas-RR	78
Figura 26 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio-padrão em anos de La Niña geral na estação Santa Maria do Boiaçú no município de Rorainópolis-RR, limite com o município de Caracaraí-RR	78
Figura 27 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña geral na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR	79
Figura 28 - Mapa de espacialização da variação da pluviosidade do La Niña forte intensidade em relação à série histórica no município de Rorainópolis-RR.....	82
Figura 29 - Gráfico da pluviosidade mensal do desvio padrão em anos de La Niña forte na estação Paraná no município de Rorainópolis-RR.....	84
Figura 30 - Gráfico da pluviosidade mensal do desvio-padrão em anos de La Niña de	

forte intensidade na estação Base Alalaú, limite do município de Rorainópolis-RR com o estado do Amazonas-AM	84
Figura 31 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña forte na estação Santa Maria do Boiaçu no município de Rorainópolis-RR com o município de Caracaraí-RR	85
Figura 32 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña forte na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR com o município de Rorainópolis-RR	85
Figura 33 - Mapa das unidades climáticas de Rorainópolis-RR	87
Figura 34 - Sistema de captação de águas superficiais instalados sobre flutuantes no rio Anauá	89
Figura 35 - Estação de Tratamento de Água (ETA/CAERR) em Rorainópolis-RR....	89
Figura 36 - Mapa da espacialização dos poços tubulares nos bairros da cidade de Rorainópolis- RR	92
Figura 37 - Gráfico dos domicílios com poços amazonas ativos e inativos.....	97
Figura 38 - Gráfico de poços amazonas com registro de diminuição de águas /seca durante o período de estiagem.....	98
Figura 39 - Gráfico dos domicílios com registro e sem registro de falta d'água da rede pública	99

TABELAS

Tabela 1 - Raiz quadrada do erro médio quadrático - REMQ	47
Tabela 2 - Valores médios anuais de precipitação das estações pluviométricas da área de estudo no período de 1986 - 2016	52
Tabela 3 - Precipitação média durante os semestres úmidos e secos e duração média das estiagens sazonais nas estações pluviométricas no município de Rorainópolis-RR	60
Tabela 4 - Valores de precipitação das estações pluviométricas da área de estudo sob influência do El Niño geral na área de estudo	62
Tabela 5 - Pluviosidade do El Niño de forte de intensidade na área de estudo	69
Tabela 6 - Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña geral no município de Rorainópolis-RR.	74
Tabela 7 - Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña de forte intensidade em relação à média histórica anual.....	80

Tabela 8 - Mapeamento dos poços tubulares (operantes) de Rorainópolis -RR.....	90
Tabela 9 - Vulnerabilidade hídrica de Rorainópolis – RR.....	102

QUADROS

Quadro 1: Estações Pluviométricas Seleccionadas para a Análise dos Dados	41
Quadro 2: Classificação da Intensidade do El Niño e La Niña	44
Quadro 3 - Bairros consolidados da zona urbana da cidade de Rorainópolis-RR que são atendidos pela rede Pública de distribuição de água - CAERR.....	49
Quadro 4 - Equação para cálculo da amostra	50
Quadro 5: Agrupamento dos bairros de Rorainópolis –RR por zona de localização.	93
Quadro 6 - Indicadores para diagnóstico de Vulnerabilidade Hídrica na área de estudo	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

A	Grupo de climas quentes e úmidos
Af	Clima tropical úmido
Am	Clima de monções
Aw	Clima quente e úmido
CaO	Cal
Cl	Cloro
f	Clima sem estação seca
Km	Quilômetro
Km ²	Quilometro quadrado
m	Região com curta estação seca no inverno
Mm	Milímetro
mec	Massa equatorial continental
NE-SW	Nordeste-Sudoeste
NW	Noroeste
PH	Potencial Hidrogeniônico
w	Região com estação seca no inverso e chuvas no verão

SIGLAS

AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional da Água
ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
BR	Rodovia Federal
CAERR	Companhia de Águas e Esgotos de Roraima
CPC	<i>Climate Prediction Center</i>
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
EEA	Estação Elevatória de água
ENOS	El Niño - Oscilação Sul
ETA	Estações de Tratamento de Águas
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde

GPS	<i>Global Positioning Sistem</i>
HAB	Habitante
HS	Hemisfério Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima
LEHIS	Laboratório de Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos
MEAN	Massa Equatorial Atlântica Norte
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Projeto de Assentamento
PAD	Projeto de Assentamento Dirigido
PPGEO	Programa de Pós – Graduação em Geografia
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RR	Roraima
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFRR	Universidade Federal de Roraima
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 VULNERABILIDADE HÍDRICA	21
2.2 COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO	29
3 OBJETIVOS	34
3.1 OBJETIVO GERAL	34
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
4.1.1 Geologia	36
4.1.2 Clima	37
4.1.3 Geomorfologia	37
4.1.4 Vegetação	38
4.1.5 Pedologia	38
4.1.6 Hidrografia	39
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	39
4.2.1 Levantamento do Histórico Hídrico Pluviométrico da área de estudo e entorno	40
4.2.2 Determinação dos semestres secos e úmidos da área estudada	42
4.2.3 Duração média das estiagens da área de estudo	43
4.2.4 Correlação da distribuição pluviométrica com os fenômenos climáticos do El Niño e La Niña no município de Rorainópolis-RR	43
4.2.5 Caracterização da pluviosidade durante eventos de El Niño e La Niña em relação à média histórica (geral)	44
4.2.6 Caracterização da pluviosidade dos eventos de El Niño e La Niña em relação à média histórica (forte)	45
4.2.7 Espacialização da pluviosidade da área de estudo	46
4.2.8 Definição das unidades climáticas da área de estudo	47
4.2.9 Demanda hídrica da cidade de Rorainópolis-RR	48
4.2.9.2 Caracterização da vulnerabilidade hídrica de Rorainópolis- RR	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 ANÁLISE DO HISTÓRICO HÍDRICO PLUVIOMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO	52
5.2 DETERMINAÇÃO DOS SEMESTRES SECOS E ÚMIDOS E DURAÇÃO MÉDIA DAS ESTIAGENS SAZONAIS EM RELAÇÃO À SÉRIE HISTÓRICA DA ÁREA ESTUDADA	Erro! Indicador não definido.

5.3 CORRELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA COM OS FENÔMENOS CLIMÁTICOS DO EL NIÑO E LA NIÑA NO MUNICÍPIO DE RORAINÓPOLIS-RR.	61
5.3.1 Pluviosidade da área de estudo sob influência do El Niño Geral	61
5.3.3 Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña geral	74
5.3.4 Pluviosidade sob influência do La Niña de forte intensidade em relação à média histórica	79
5.4 UNIDADES CLIMÁTICAS DE RORAINÓPOLIS- RR	86
5.5 LEVANTAMENTO DA DEMANDA HÍDRICA DA CIDADE DE RORAINÓPOLIS-RR	88
5.5.1 Sistemas usados no abastecimento de água domiciliar nos bairros da cidade de Rorainópolis-RR	93
5.5.2 Domicílios com poços Amazonas ativos e inativos	96
5.5.3 Interferência do período de estiagem no nível de água dos poços amazonas	97
5.5.4 Domicílios com registro e sem registro de falta d'água da rede pública	98
5.6 CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE HÍDRICA DE RORAINÓPOLIS-RR	100
5.7 DINÂMICA HÍDRICA NA CIDADE DE RORAINÓPOLIS-RR	102
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	107
APÊNDICES	123

1 INTRODUÇÃO

É notável a preocupação da comunidade científica e demais setores da sociedade em relação ao uso da água nas diversas necessidades humanas e atividades produtivas nas últimas décadas. A crescente urbanização ocasionada pelo aumento populacional, o crescimento do consumo *per capita* e a ampliação da escassez de água, assim como as mudanças climáticas, tornaram-se assuntos de destaque e alvo de inquietações políticas em todo o mundo. Atrelado a essas questões, os estudos climáticos têm dado ênfase à precipitação, uma das variáveis meteorológicas preponderantes e atuantes na esfera climática em diversas regiões do Brasil.

Tal importância deve-se à consequência do que elas podem ocasionar, quando em excesso ou em deficiência, tanto do ponto de vista econômico quanto, social causando enchentes, secas, inundações, assoreamento dos rios, etc. (CALBETE et al., 1996).

Além disso, as chuvas, sofrem a influência direta de fenômenos atmosféricos e oceânicos de grande escala que se processam (simultaneamente ou não) sobre os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical (LUCENA, GOMES FILHO, SERVAIN, 2011).

Estes fenômenos são os eventos El Niño e a Oscilação Sul, normalmente designado pela sigla ENOS, sendo um fenômeno associado a anomalias nos ventos alísios e nas temperaturas da superfície do oceano Pacífico. O fenômeno ENOS apresenta duas fases, a fase quente, El Niño, que representa o aquecimento das águas acompanhado de uma diminuição de pressão atmosférica na região do Pacífico leste e normalmente está associado a períodos de seca. O La Niña representa o fenômeno contrário ao El Niño, estando associado a períodos úmidos em conformidade com os autores Berlato e Fontana (2003) e Grimm et al. (1998).

De fato, o ciclo anual das chuvas e de vazões no país varia entre bacias e a variabilidade interanual do clima, associada aos fenômenos de El Niño, La Niña, ou à variabilidade na temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical e Sul, podem gerar anomalias climáticas, como as grandes secas, que ocorreram no Nordeste (em 1977, 1983 e 1998), no Sul do Brasil (2004-2006), no Centro-Oeste e Sudeste (2001), na Amazônia (em 1926, 1983, 1998 e 2005) e no estado de Roraima e norte da Amazônia (nos anos de 1997 e 1998), como aponta Marengo (2008). Nesse contexto, as estiagens que atingiram o estado de Roraima e norte da Amazônia nos anos de

1997/1998 ocasionaram redução na precipitação, enormes perdas ecológicas e econômicas devido à grande seca e foram associadas aos efeitos do El Niño e classificadas como as mais fortes e mais intensas do que as de 1982/1983 (MARENGO; DIAS,2006).

Nessa conjuntura, no município de Rorainópolis sul de Roraima foram observados períodos de estiagens (nos anos de 1997-1998, 2004-2005, 2010, 2014-2016) e registrado incêndio com perda florestal de uma área de aproximadamente 1.504,8 km² na região no início do ano de 2016 devido à intensificação de eventos de secas prolongadas dirigidas pelo fenômeno El Niño (BARNI et al. 2016).

Na sede do município foi observada diminuição no fornecimento de água pela rede pública nas residências e nos poços amazonas que para Vasconcelos (2017) são poços escavados, com profundidades bastante variadas de um metro a dezenas de metros, dependendo diretamente da litificação da formação geológica.

Assim, com base nas considerações já elencadas, algumas reflexões emergiram, gerando os seguintes questionamentos: Há influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña no comportamento pluviométrico da área de estudo? Existe relação entre os fenômenos climáticos e o efeito de estiagem na cidade de Rorainópolis? A partir destas reflexões a presente Dissertação foi sendo construída e a questão do método norteou todas as etapas de construção desta.

A abordagem metodológica consistiu no levantamento do histórico hídrico pluviométrico da área de estudo com base nas séries históricas dos anos de 1986 a 2016, cujos dados foram disponibilizados pela Agência Nacional da Água - ANA /hidroweb, objetivando definir as médias mensais e anuais, bem como a duração dos períodos secos e chuvosos, a concentração de chuvas e classificação climáticas. Na espacialização dos dados pluviométricos foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) visando um melhor entendimento dos dados estatísticos obtidos.

Os dados médios anuais pluviométricos foram utilizados como indicadores de vulnerabilidade associado à metodologia proposta por Magalhães Júnior (2007).

Assim, com base nas informações disponibilizadas pelo CPTEC/ CPC /INPE (2017), estabeleceu-se os parâmetros de intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña. As informações obtidas foram utilizadas para a espacialização dos dados de vigência de anomalias térmicas do oceano Pacífico Sul.

Realizou-se ainda o levantamento da Demanda Hídrica da cidade onde foi aplicado um questionário com questões fechadas para o cidadão (Apêndice A) e

questões abertas para a Instituição CAERR (Apêndice B).

Diante do exposto, a pesquisa torna-se relevante, pois aborda assunto amplamente estudado pela comunidade científica, mas pouco estudado na região sul de Roraima. Os resultados do estudo podem ser utilizados como mediadores de medidas mitigadoras nas questões de natureza hidro pluviométricas e afins. Assim, para uma melhor compreensão do estudo, a dissertação foi dividida em seis capítulos:

No primeiro capítulo é evidenciada a estrutura da dissertação e as principais diretrizes estudadas no decorrer da pesquisa. No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico que sustenta o estudo.

No terceiro capítulo constam os objetivos geral e específicos que balizaram a pesquisa, complementado pelo quarto capítulo onde são descritos o uso dos materiais e métodos utilizados na efetivação da dissertação.

O quinto capítulo traz uma abordagem acerca dos resultados alcançados por meio das análises dos dados coletados, compreendendo as séries históricas das estações pluviométricas da área de estudo e entorno, assim como apresenta a espacialização dos dados de chuvas por meio dos mapas de pluviosidade de Rorainópolis que são produtos dessa pesquisa.

O estudo discute ainda sobre o levantamento da demanda hídrica da área estudada, descreve as principais redes de abastecimento de água da cidade, trata sobre a vulnerabilidade hídrica da área de estudo e apresenta as considerações sobre a dinâmica pluviométrica da cidade de Rorainópolis-RR.

O último e sexto capítulo apresenta as considerações conclusivas do estudo, as referências utilizadas, bem como os Apêndices e Anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VULNERABILIDADE HÍDRICA

A água é um elemento vital para a natureza em sua base mais fundamental, isto é, do ponto de vista químico, físico e biológico, constituindo o principal catalisador de toda a vida orgânica do planeta (TRINDADE, 2016).

A autora complementa ainda que para as sociedades humanas, além de ser um elemento vital, a água também é um importante componente social, político e econômico e, enquanto recurso utilizável, trata-se de um fator estratégico finito em sua capacidade de uso e aproveitamento, e é em torno de tal elemento que as cidades são constituídas e, posteriormente, florescem.

Carvalho (2010) elenca no seu estudo que elementos como as condições climáticas, a cobertura vegetal, o embasamento geológico e a ação antrópica, são alguns dos fatores que influenciam no comportamento das vertentes podendo ampliar a carga de detritos a ser fornecida aos rios. A associação destes elementos comporá um quadro acerca da vulnerabilidade hídrica, ou seja, indica as limitações naturais impostas pelo ambiente que podem ser potencializadas pelas pressões antrópicas.

Assim, em função do incremento populacional e do desenvolvimento técnico-científico, tem crescido cada vez mais a exploração e/ou deterioração dos recursos hídricos para satisfazer as necessidades de origem antrópica e são impactados pelo uso múltiplo das águas resultante das atividades humanas como: o abastecimento público, recreação, turismo, pesca, transporte, navegação, produção de hidroeletricidade, água para produção agrícola, irrigação, atividades para produção de alimentos e outras (CARVALHO, 2012).

Nesse sentido, o uso indiscriminado da água, exploração excessiva, ocupação irregular do solo têm deixado os recursos hídricos vulneráveis aos impactos naturais e antrópicos (GUIGUER; KOHNKE, 2002).

Dessa forma, fatores como o grau de exposição, a sensibilidade e a capacidade de adaptação do sistema podem influenciar na vulnerabilidade dos recursos hídricos. A exposição provém de uma perturbação no sistema, de origem externa a ele e a sensibilidade, por sua vez, engloba as características internas que tornam o sistema mais ou menos suscetível a um determinado estímulo (IPCC, 2001). Já a capacidade de adaptação refere-se a qualquer processo ou ação realizada pelo

sistema com o objetivo de lidar com as novas condições que podem ser ambientais, sociais, políticas e econômicas e englobam a ação dos indivíduos ou dos grupos em uma escala maior (MOSER, 1998).

Estudos de diferentes autores como Marandola Jr. e Hogan (2005), PNUD (2007), Kuhnen (2009), Nicolodi e L. Petermann (2010), Esteves (2011) e Lima (2012) compreendem vulnerabilidade como algo que não pode ser realizado sem considerar o conceito de risco. Já a Organização das Nações Unidas a define como o grau de perda para um dado elemento, dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo e Ayoade (2010) entende vulnerabilidade como a medida pela qual uma sociedade é suscetível de sofrer por causas climáticas.

Assim, a respeito da vulnerabilidade hídrica foram considerados os estudos de Hogan et al. (2001), Carvalho (2010) e o *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC (2014) como a intensidade com a qual um sistema pode sofrer danos ou ser afetado por perturbações, determinadas pelas susceptibilidades intrínsecas ao sistema, por estar próxima da temática estudada.

Dessa forma, leis como a Constituição Federal de 1988 – Art. 20, 21 e 26, e a Lei 9.433, de 1997 conhecidas como Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos visando à sensibilização quanto ao seu uso e despejo e assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, bem como promover a utilização racional e integrada, a prevenção e a defesa dos recursos hídricos contra eventos hidrológicos críticos (MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA HÍDRICA, 2012).

O Quarto Relatório do IPCC (2007) do Grupo II aborda pesquisas recentes sobre os impactos globais na oferta de alimentos, risco de inundações costeiras e escassez de recursos hídricos. Quanto à questão mencionada, Hamada (2008) afirma que as informações apontam para a possibilidade de ser consideravelmente maior o volume de pessoas afetadas e esse grande contingente populacional abrange principalmente pessoas com poder aquisitivo muito baixo e em áreas de grande crescimento populacional.

Ferrer (2007) corrobora alertando que os impactos nos recursos hídricos, com o aumento da extensão de secas, de eventos de precipitação extrema, com subsequente elevação do risco de inundações, diminuição do estoque e disponibilidade de água doce nas geleiras que abastecem mais de um sexto da

população mundial, exemplificam esses impactos futuros.

Segundo dados do Banco Mundial em 2008, oitenta países enfrentaram graves problemas por falta ou escassez de água. Países como Arábia Saudita, Israel, Tunísia, Iêmen, Egito, Etiópia, Haiti, Irã, Líbia, Marrocos, Omã, Síria e África do Sul estão na lista das regiões carentes em recursos hídricos. Ao mesmo tempo, observou-se também que a população mundial cresceu muito rapidamente em áreas onde a água já é escassa. Nesse sentido, 1,8 bilhão de pessoas podem enfrentar escassez crítica de água em 2025, além de que dois terços da população mundial podem ser afetados pelo problema no mesmo ano. O *boom* populacional urbano é também causa alarmante da ameaça global de escassez de água no mundo (MENDONÇA; LEITÃO, 2008).

A partir dessa perspectiva, Diniz e Santos (2005) afirmam que o estado de Roraima, localizado no extremo norte da Amazônia brasileira, experimentou um forte crescimento populacional na década de 1970. Os autores elencam como fator que contribuiu para esse crescimento a migração de grande parte da população do campo para as cidades, na busca pela melhoria de vida por não encontrar serviços adequados de educação e saúde disponíveis nos assentamentos rurais.

Assim, de acordo com Unchs (2001), as cidades desempenham um importante papel como provedoras de emprego, moradia e serviços, centros de desenvolvimento cultural, educacional e tecnológico, porta de acesso para o resto do mundo, centros industriais de processamento de produtos agrícolas e manufaturados e lugares onde há geração de renda e vínculo positivo entre os níveis nacionais de desenvolvimento humano e urbanização.

Nesse contexto, Rorainópolis surgiu na década de 1970 com a criação do Projeto de Assentamento Dirigido Anauá, em virtude da existência de uma base do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária- INCRA. Assim, desencadeou o pequeno aglomerado que passou a se chamar Vila do INCRA, mostrando sinal de consolidação à margem esquerda da rodovia BR-174 no sentido Manaus/AM - Boa Vista/RR (OLIVEIRA, 2014).

Na década de 1990, a vila do INCRA ampliou sua espacialização tanto geográfica quanto humana e mostrou o desenho de um fluxo migratório com população de 5.496 hab. (IBGE,1991). Nesse período, surgiu o bairro chamado de Pantanal, resultado do crescimento demográfico. Em 1995, com a emancipação política municipal, o então núcleo urbano, ganhou o status de cidade e passou a

assumir novas formas e funções com o emprego de infraestruturas e criação de novos bairros como: Cidade Nova, Campolândia, Novo Brasil, Suelândia e Chácaras I e II, bem como com a abertura de ruas e avenidas, construções de prédios públicos municipais como escolas, posto de saúde, praças, entre outros (OLIVEIRA, 2014).

O surgimento dos bairros supracitados está ligado ao fluxo migratório para a cidade de Rorainópolis, de modo que o processo de crescimento da cidade continuou na década de 2000, originando os bairros Andaraí, Novo Horizonte e Gentil Carneiro (conhecido popularmente como Portelinha). Assim, outros bairros em área de expansão urbana surgiram em 2010 como o Parque das Orquídeas e o Parque Amazônia. Neste contexto, a cidade de Rorainópolis se encontra em pleno processo de expansão urbana, suscetível a receber novo direcionamento migratório (ROCHA, 2013; VERAS et al. 2013; BARNI; SILVA, 2016).

Embora Barni et al., (2015) afirmem que a grande migração em direção à Amazônia tenha se dado, inicialmente, em função da distribuição de terras agrícolas em grandes Projetos de Assentamento (PA), observa-se em Rorainópolis um forte processo de migração do campo para as cidades (IBGE 2015), uma vez que Rorainópolis apresenta essa configuração, ou seja, é uma cidade com costume eminentemente rural, onde o processo de urbanização é consequência da busca pela melhoria de vida de parte da população rural que não encontra serviços adequados de educação e saúde disponíveis nos assentamentos (DINIZ ; SANTOS, 2005).

De acordo com Unchs (2001), o crescimento urbano traz consigo preocupações no domínio da água, devido ao aumento das necessidades de abastecimento e tratamento de efluentes líquidos das populações, os quais configuram uma constante pressão sobre os recursos hídricos e sua disponibilidade limitada.

Assim, conforme o IBGE (2010), Rorainópolis-RR teve sua população (rural e urbana) acrescida de 5.496/hab. em 1991 para 24.279/hab. em 2010. Tal aumento, de 18.783/hab., representa um incremento de 341% na população.

Nesse sentido, o *boom* populacional no município de Rorainópolis foi atribuído entre outros fatores, à localização nas margens da BR 174, principal Rodovia Federal que liga os estados do Amazonas e Roraima e a facilidade em adquirir lotes agrícolas do Projeto de Assentamento Dirigido Anauá (KANAI et al., 2012; VERAS et al., 2013; OLIVEIRA, 2014; BARNI et al., 2015).

Nesse contexto, Branco (2006) menciona que para acompanhar o

crescimento da população de um determinado lugar, a disponibilidade hídrica de uma região deve ser avaliada visando suprir uma demanda específica considerando, por exemplo, a vazão necessária seguindo uma comparação dos volumes de água disponíveis anualmente com a demanda atual e projetada.

Dessa forma, a demanda hídrica social, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) é igual a 1000m³ano/hab. Este valor foi estabelecido em função das demandas médias mundiais para todos os usos (doméstico - 10%, industrial - 20% e agricultura 70%) e uma demanda diária social de 200 litros de água por dia para uso doméstico, englobando alimentação e higiene pessoal.

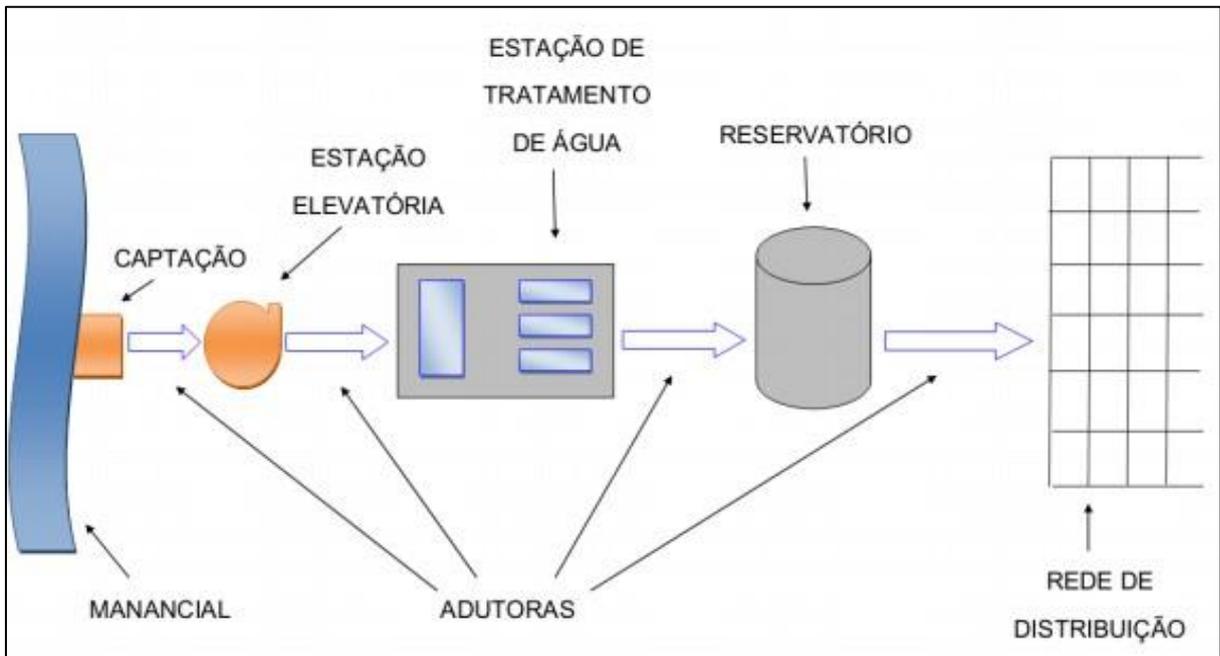
Em contrapartida, Bobsin (2014) destaca que as operadoras dos serviços urbanos de água buscam aperfeiçoar a qualidade de seus serviços por intermédio da melhoria na eficiência operacional e da eficácia na manutenção dos seus sistemas, a fim de responder satisfatoriamente as necessidades dos consumidores.

A autora acrescenta ainda que fatores como a deterioração das redes de infraestrutura, o crescimento populacional e as alterações climáticas caracterizam pressões que demonstram a necessidade de frequentes avaliações do desempenho dos sistemas.

De acordo com a definição apresentada pela FUNASA (2007), o abastecimento público de água constitui-se de um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água à comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis, para fins de consumo doméstico, industrial, serviços, etc.

Na Figura 1 é apresentado o esquema simplificado de um Sistema básico de abastecimento de água que se compõe das etapas de captação, adução, recalque, reservação, tratamento e rede de distribuição. Os sistemas não obrigatoriamente devem conter todas as etapas, algumas podem ser dispensadas de acordo com a topografia e as condições apresentadas pelo manancial (TSUTIYA, 2006, p.9).

Figura 1: Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: LAMOGLIA, 2013.

As etapas são descritas individualmente por Tsutyia (2005) onde:

- a) A captação inclui o conjunto de instalações e equipamentos utilizado para extrair a água bruta do manancial;
- b) A adução é a etapa que compreende o conjunto de tubulações, obras e peças destinadas a promover a circulação de água no sistema de abastecimento;
- c) Quando a topografia do terreno exige, ocorre a etapa de recalque, que é formada por conjuntos moto bombas que elevam a água, bruta ou tratada, para a estação elevatória de água (EEA);
- d) A etapa de reservação compreende reservatórios que têm a função de acumular água para posterior distribuição, além de garantir o abastecimento em horários de maior consumo e contribuir para a manutenção da pressão na rede;
- e) Após todas estas etapas a água tratada segue pela rede de distribuição por meio de tubulações que a levam aos consumidores finais.

Dessa forma, no estado de Roraima a Companhia de Águas e Esgotos de Roraima - CAERR é a concessionária responsável por distribuir água tratada para a população. A CAERR possui postos de atendimento nos municípios do interior do estado: Alto Alegre, Amajari, Bonfim, Cantá, Caracaraí, Normandia, Pacaraima, São João da Baliza, Iracema, São Luiz do Anauá, Caroebe, Mucajaí, Rorainópolis e nos seus respectivos distritos: Martins Pereira, Nova Colina e Equador (CAERR, 2017).

Assim, conforme Barni et al. (2015) em Rorainópolis-RR, a captação, tratamento e distribuição de água gerenciada pela CAERR, ocorre da seguinte maneira: A estação de captação de água compreende uma estrutura composta por uma balsa contendo duas bombas de sucção que bombeiam a água do Rio Anauá até a Estação de Tratamento de Água -ETA, situada na sede do município. A ETA contém uma unidade de recepção que faz a primeira etapa do tratamento da água, consistindo nas fases de:

- a) Floculação (adição de sulfato de alumínio);
- b) Decantação (precipitação do material sólido em suspensão) para ser filtrada;
- c) Clarificação (processo que torna a água límpida);
- d) Desinfecção com adição de cloro e cal para a correção do pH da água.

Após estas etapas e com a água já tratada é feito o bombeamento para o reservatório de distribuição. A CAER ainda dispõe de quatro poços artesianos distribuídos em pontos estratégicos da cidade (BARNI et al.,2015). Conforme Orientações para utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo, o poço tubular ou artesiano é uma obra de engenharia geológica de acesso à água subterrânea, executada com sonda perfuratriz, mediante perfuração vertical com diâmetro que usualmente varia entre 4 a 36 polegadas e profundidades de até 2.000 metros revestido com canos de ferro ou de plástico. Esses poços tubulares podem ser perfurados em rochas sedimentares, rochas cristalinas e os que utilizam os dois sistemas:

- a) O poço perfurado em rochas sedimentares normalmente se dá em rochas inconsolidadas, de fácil penetração e que demandam a utilização de tecnologias especiais tanto na perfuração e controle de fluídos, como na aplicação de revestimentos e filtros com sondas rotativas e circulação direta do fluído de

perfuração;

- b) O poço perfurado em rochas cristalinas possui pequeno diâmetro sendo perfurados por equipamentos apropriados – sondas perfuratrizes roto pneumáticas;
- c) O poço misto se encontra em região que viabiliza a utilização dos sistemas anteriores sedimentares e cristalino e que, por consequência, conjuga os conhecimentos e tecnologias de ambos.

Há também, os poços denominados: raso, cisterna, cacimba ou poço amazonas de grandes diâmetros (1 metro ou mais) escavados manualmente e revestidos por tijolos ou anéis de concreto, tampado e equipado com bomba elétrica ou manual, conforme Figura 8 que captam a água do aquífero¹ freático e possuem, geralmente, profundidades de 20 a 30 metros (FUNASA, 2013; EZAKI; IRITANI, 2014).

Nesse sentido, as águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: porosos, fraturados e cársticos (ANA, 2005).

Assim, os aquíferos porosos são aqueles nos quais a água circula entre os poros existentes em geral em rochas sedimentares. Os aquíferos fraturados desenvolvem-se em rochas ígneas ou metamórficas, onde a água circula através de fraturas existentes na rocha sadia. Já os aquíferos Cársticos se desenvolvem em calcários ou dolomitas, que se formam após a dissolução da rocha, o que acontece por causa da circulação contínua da água, com formação de tubos ou condutos por onde passa a água. Assim, de acordo com Campos et.al, (no prelo) o tipo de aquífero que predomina na sede do município de Rorainópolis é do tipo fraturado.

¹ O termo aquífero freático é utilizado para designar a condição de um aquífero livre, ou seja, submetido apenas às pressões atmosféricas, onde, geralmente, o nível da água subterrânea está próximo à superfície do terreno.

2.2 COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO

Exceção dada aos climas tropicais semiáridos, a precipitação pluviométrica corresponde ao atributo climático de maior importância em regiões de clima tropical (ÁLVARES et. al., 2013), uma vez que a energia térmica nos trópicos é superavitária devido às elevadas temperaturas e à baixa amplitude térmica, razão pelo qual o regime pluviométrico nos climas tropicais tem despertado interesse tanto no campo científico quanto socioeconômico, uma vez que mais da metade da população mundial habita estas regiões e sua economia é baseada principalmente na agricultura (GAN, KOUSKY; ROPELEWSKI, 2004).

Para a meteorologia, segundo Ayoade (2002, p.159), o termo precipitação “é qualquer deposição de água na forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera”. Assim, refere-se às várias formas líquidas e congeladas de água, como por exemplo, neve, granizo, orvalho, geada, nevoeiro, porém somente a chuva e a neve contribuem significativamente para os totais de precipitação.

Pereira et. al. (2002) menciona que nos países tropicais a precipitação pluvial corresponde à forma principal pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre após os processos de evaporação e condensação, completando o ciclo hidrológico. Portanto, a abundância pluviométrica é uma das principais características do clima tropical, entretanto, a distribuição dos totais da precipitação pluvial em escalas temporais e espaciais ocorre em diferentes ritmos nas distintas localidades, o que se atribui aos fatores que geram as chuvas.

Nesse contexto, o estudo do comportamento pluviométrico contribui na prevenção de problemas como falta de água ou danos causados por um grande volume de precipitação como alagamentos. Assim também como as alterações no volume e na intensidade das precipitações em uma determinada região, podem causar vários problemas ambientais (BARROS; SOUZA, 2016).

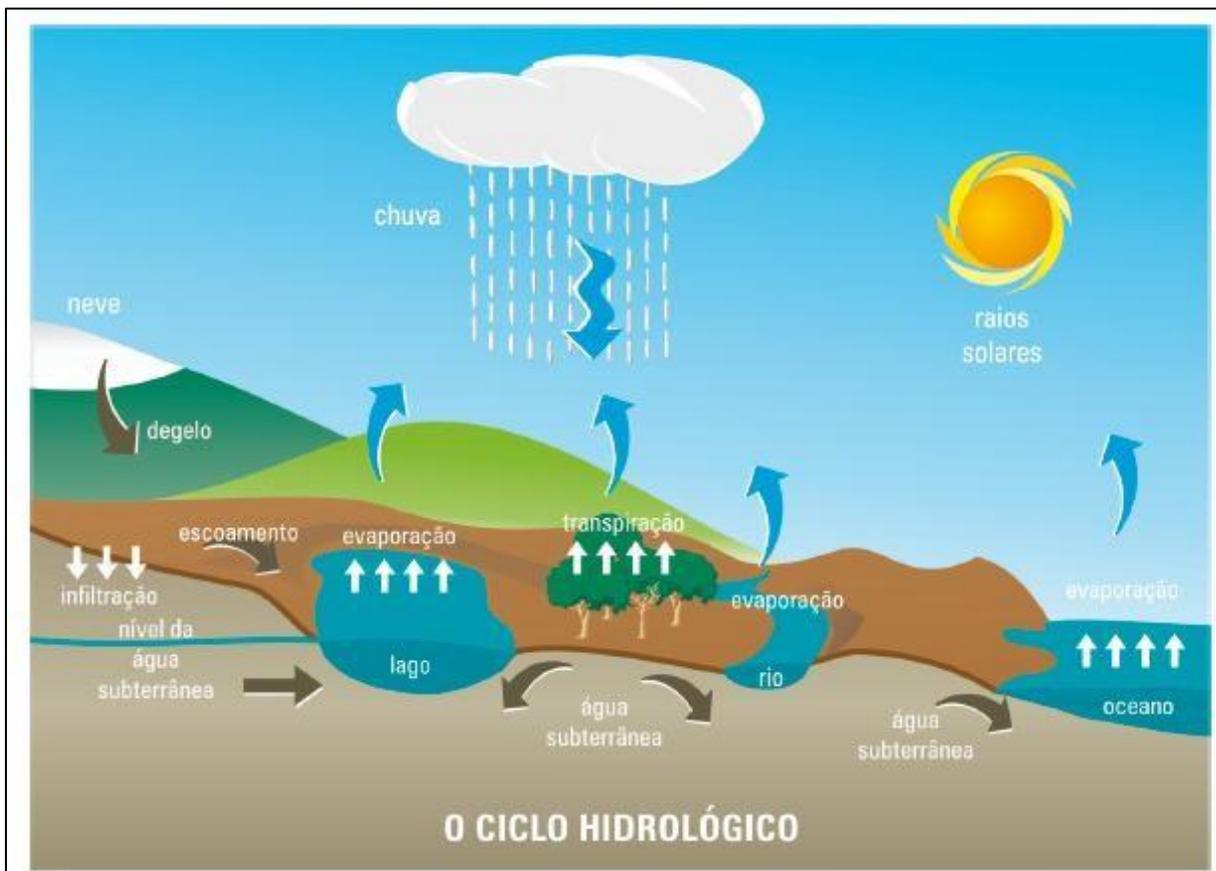
Em bacias hidrográficas localizadas nas regiões tropicais e subtropicais a precipitação pluvial constitui um relevante componente do ciclo hidrológico tendo em vista que, dentre outros fatores, esse evento é responsável pela entrada de água no sistema e que irá condicionar os processos físicos, químicos e biológicos dos elementos que compõem essa unidade de paisagem (PINTO et al. 2014).

Assim, o ciclo hidrológico, apresentado na Figura 2, é um dos processos mais importantes da dinâmica externa da terra quanto aos volumes de água nos

compartimentos sólidos, líquidos e gasosos, nas águas superficiais e subterrâneas, compondo-se de precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem, sem princípio nem fim, são eternos, gerando condições para o aparecimento da vida e essencial para as atividades humanas, bem como para a manutenção do equilíbrio do planeta (ANA, 2016).

Estes usos denotam o caráter eminentemente geográfico das águas, pois ao mesmo tempo em que é um recurso da natureza é também base indispensável do desenvolvimento da sociedade. Em outras palavras, a água exprime a relação direta e indissociável entre sociedade e natureza (CARVALHO, 2012).

Figura 2: Esquema do Ciclo Hidrológico



Fonte: ORIENTAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO (2015).

Rocha et al. (2011) discorre de forma simplificada, conforme mostra a Figura 2, como ocorre o Ciclo Hidrológico: Por meio do calor do Sol, a água evapora dos oceanos, dos cursos d'água superficiais, do solo, da neve e gelo, dos seres vivos e da vegetação, mistura-se com o ar, é empurrada pelos ventos em torno da terra, sobe e se condensa em nuvens. Sob o efeito da elevação da temperatura ou da altitude, precipita-se como orvalho, neve, granizo, geada, chuva, nevoeiro e escoamento dos lugares mais altos para os mais baixos onde parte penetra no solo e parte se junta aos fluxos dos rios que retornam aos oceanos.

No Ciclo Hidrológico, a precipitação pluviométrica recebe lugar de destaque, pois é importante na compreensão do clima em escala regional e pode ser considerado o principal elemento na análise e organização do planejamento territorial e ambiental (CORREA, 2013).

Nesse sentido, o conhecimento da distribuição espacial pluviométrica constitui-se fator preponderante na tomada de medidas de governança referentes à relação disponibilidade - demanda de recursos hídricos, principalmente no que tange às esferas locais ou regionais (ZANDONAD ; PASCOALINO, 2012), assim como também, conhecer a caracterização da variabilidade anual das chuvas segundo Rossato (2011) torna-se importante pois fornece um panorama geral da distribuição da precipitação, destacando anos que se apresentam muito chuvosos ou muitos secos no conjunto de estações meteorológicas.

Nessa conjuntura, Nóbrega e Santiago (2014) e Souza e Almeida (2015) consideram que os eventos de flutuação térmicas alteram o comportamento das precipitações, onde o El Niño que se caracteriza pelo aquecimento anormal do Oceano Pacífico causando uma alteração da Célula de Walker e este aquecimento se torna acima da média histórica, desenvolvendo uma anomalia positiva nos valores de temperatura da superfície do mar, e o La Niña, que é o oposto do El Niño, sendo o resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico provocando aumento das precipitações.

Embora os eventos ENOS e seus efeitos sobre a pluviosidade sejam objetos de estudo há décadas, (TRENBERTH, 1990; FISH et al, 1996; HOERLING et al, 1997; GRIMM et al, 1998; OLIVEIRA e SATYAMURTY, 1998; GRIMM et al, 2000; NICHOLSON et al, 2000; OLIVEIRA, 2001; BERLATO e FONTANA, 2003; COBB et al, 2003; FERREIRA e MELLO, 2005; ANDREOLI e KAYANO, 2007; MEYERS et al, 2007; COLLINS et al, 2010; ARAÚJO et al, 2013), no estado de Roraima ainda são

tímidos os estudos sobre esses fenômenos de grande importância e implicação no clima da região.

Nesse aspecto, autores como Barbosa e Fearnside (1999) realizaram uma abordagem sobre os eventos de El Niño na ocorrência do “Grande Incêndio” de Roraima (1997/1998), onde cerca de 6-7% (11.000-13.000 km²) da área de floresta original do estado foi severamente impactada por fogos fora de controle.

Sander et al. (2012), Sander et al (2013) e Sander (2015) estudaram sobre os eventos de inundação na cidade de Boa Vista- RR, ocorrido em 2011 atrelado aos fenômenos de El Niño e La Niña. Silva et al (2015) relacionam os fenômenos El Niño e La Niña ao estudo realizado sobre a análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista –RR nos anos de 1910 a 2014. Sander e Wankler (2016) fizeram uma abordagem em relação aos efeitos dos ciclos de El Niño e La Niña nos estudos da Dinâmica pluviométrica do município de Alto Alegre –RR.

Assim, as ocorrências de estiagens dos anos de 1997/1998 que assolou o estado de RR mencionadas por Barbosa e Fearnside, (1999) e as estiagens dos anos de 2015-2016 afetaram Rorainópolis -RR severamente. Barni et al. (2015) afirmam que tais eventos influenciados pelo fenômeno El Niño, comprometeram hidricamente todos os pequenos e médios igarapés devido à falta de chuvas agravando ainda mais o problema de queimadas em áreas de pastagens e de capoeiras da região, como também o serviço de captação e distribuição de água na sede municipal.

Nesse contexto, o estado de Roraima, posicionado na porção setentrional da bacia Amazônica e com limites ao sul pelo canal do rio Negro e ao norte pelo interflúvio Amazonas-Orinoco, região classificada por Carvalho (2014), como sistema Parima-Pacaraima, que atua como uma zona de erosão recuante, apesar de estar localizado em posição intermediária a alguns dos principais sistemas fluviais (canal do Amazonas e do Orinoco), apresenta divergências substanciais no volume, distribuição e sazonalidade das chuvas (BARBOSA, 1997; EVANGELISTA et al, 2008; SANDER, 2015).

Dessa forma, a sazonalidade das chuvas conforme Sander, Wankler e Carvalho (2018) segue a migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que acompanha o deslocamento do equador solar.

Assim, à medida que avança em direção ao Hemisfério Norte, a Massa Equatorial Continental (MEC) progride no sentido SW-NE sobre o estado de Roraima e a MEC cria áreas de instabilidade que marcam o período de vigência da estação

chuvosa no estado (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Nesse sentido, quando a Zona de Convergência Intertropical é transferida para o Hemisfério Sul, ela empurra de volta a MEC para a Amazônia meridional, ficando sua ação restrita quase as parcelas sul e oeste de Roraima. Da mesma forma, o deslocamento da ZCIT para o HS acaba por atrair para posições mais próximas ao equador, o Anticiclone de Açores (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Sob esse enfoque, a Massa de Ar Equatorial Atlântico Norte (MEAN), com origem neste anticiclone, passa a penetrar no estado no sentido NE-SW, favorecido por terrenos baixos da Guiana, que marcam a transição em Roraima e o Caribe (SANDER, WANKLER; CARVALHO, 2018).

Os mesmos autores reforçam que durante a vigência desta massa de ar, a umidade sofre forte redução, onde o déficit hídrico chega ao extremo, favorecido pelo alto volume de radiação e pela ação de brisas contínuas que atuam na dispersão da umidade.

No que se refere aos tipos climáticos, em Roraima, predominam segundo a classificação de Koppen, o clima Af (clima tropical úmido, com o mês mais seco tendo uma precipitação média maior ou igual a 60 mm), Aw (clima quente e úmido, com chuvas de verão e precipitação média no mês mais seco inferior a 60 mm e o clima Am clima quente, úmido, com precipitação abundante durante a maior parte do tempo, um ou dois meses com precipitações inferiores a 60 mm), conforme BARBOSA (1997), Mendonça e Danni Oliveira (2007).

As chuvas são mais abundantes nas parcelas sul e oeste e decresce no sentido nordeste, quando as chuvas passam de valores pouco abaixo de 3.000 mm (sudoeste do estado) até próximos de 1.000 mm (região nordeste), a concentração de chuvas é maior nas áreas de menor pluviosidade do Estado, localizadas na porção nordeste, enquanto que nas áreas de maior pluviosidade, posições orientais e meridionais, a distribuição é menos disforme (EVANGELISTA et al., 2008).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a dinâmica hídrica da cidade de Rorainópolis-RR a partir do comportamento pluviométrico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o histórico pluviométrico da área em estudo nos anos de 1986 a 2016;
- b) Correlacionar a distribuição pluviométrica aos fenômenos El Niño e La Niña;
- c) Levantar a demanda hídrica da cidade de Rorainópolis;
- d) Comparar os dados pesquisados com a demanda e questões climáticas de Rorainópolis-RR.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a sede do município de Rorainópolis, localizado na região Sul do Estado de Roraima, às margens da Rodovia Federal BR 174, que interliga Santa Helena do Uairén, fronteira entre Brasil e Venezuela, com o Estado do Amazonas; a sede do município distancia 291 km da capital de Roraima, Boa Vista, e 468 km de Manaus, capital do Amazonas.

O município localiza-se entre as coordenadas 00° 57' 10" de latitude Norte e 60° 27' 00" de longitude Oeste e 00° 55' 30" de latitude Norte e 60° 25' 00" de longitude Oeste e limites ao Norte e Oeste com o município de Caracaraí, ao Sul com o estado do Amazonas, a Leste com os municípios de São Luiz do Anauá e São João da Baliza (Figura 11). Rorainópolis foi criado em 17 de outubro de 1995, antiga Vila do Instituto Nacional de Colonização Reforma Agrária (INCRA).

O município de Rorainópolis tem uma extensão territorial de 33.593,988 km² que corresponde a 14,98% do território de Roraima e população aproximada de 28.215 habitantes (IBGE, 2017), destacando-se os distritos: Vila Martins Pereira, Vila Nova Colina, Vila do Equador, onde é cortado pela linha imaginária do equador, que está representada por uma barra de ferro cravada em uma rocha, situada à margem direita da BR 174.

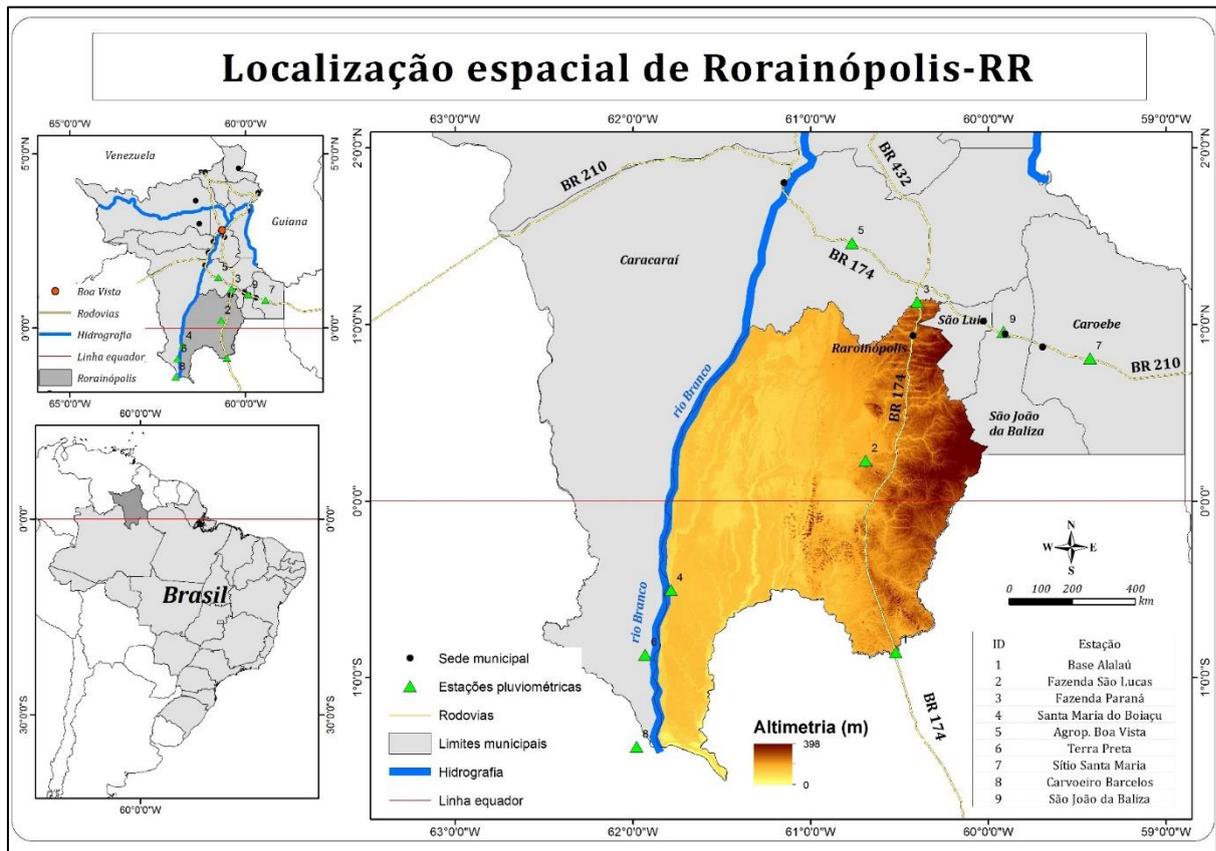
Destacando-se também a vila de Jundiá, onde se encontra os postos de fiscalização da Secretaria de Estado da Fazenda e Secretaria de Segurança Pública, e onde inicia a reserva indígena Waimiri – Atroari, por onde trafegam veículos em direção aos dois estados e a vila Santa Maria do Boiaçú, no Baixo Rio Branco.

Na reserva indígena Waimiri - Atroari, encontra-se o rio Alalaú, que limita o Estado de Roraima ao Estado do Amazonas (PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTAVEL, 2010).

Assim, na Figura 3, que corresponde ao mapa de localização da área de estudo, é possível observar as estações pluviométricas citadas no trabalho e seus respectivos limites em relação ao município: Ao norte a estação pluviométrica 5 - Agropecuária Boa Vista (Caracaraí), ao sul a estação 1 - Base Alalaú (Rorainópolis), a leste estão as estações 9 - São João da Baliza (São da Baliza), 7 - Sítio Santa Maria (Caroebe) e centro leste a estação 2 - Fazenda Lucas (São Luiz do Anauá). Na região sudoeste está a estação 8 - Carvoeiro (Barcelos), 6 - Terra Preta (Caracaraí), 4 -

Santa Maria do Boiaçú (Rorainópolis) e na região nordeste a estação 3 - Fazenda Paraná (Rorainópolis).

Figura 3 - Mapa de Localização do Município de Rorainópolis-RR e as Estações Pluviométricas da Área de Estudo



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva (2018).

4.1.1 Geologia

A Geologia do estado de Roraima, conforme Reis e Fraga (1998, 2000) está estruturada por quatro principais domínios litoestruturais denominados Urariquera, Guiana Central, Parima e Anauá – Jatapú.

Nesse contexto, de acordo com Reis et al. (2003) e Almeida et al. (2002), o município de Rorainópolis está inserido no domínio litoestrutural Anauá-Jatapú e abrange a porção sudeste do estado articulando-se com lineamentos direcionados a NW-SE e NE-SW que se apresentam em um conjunto de rochas graníticas e diferenciam-se em dois grupos de terrenos graníticos.

Esses mesmos autores afirmam que o primeiro grupo é composto pelo Granito Serra Dourada (1.968 Ma. U-Pb) e Suíte Martins Pereira (1.971 a 1.975 Ma. Pb- Pb)

e o segundo grupo pelas Suítes Igarapé Azul (1.889 a 1.891 Ma. Pb- Pb) e água Branca (1.891 a 1.991 Ma. Pb- Pb, U-Pb).

O terreno Igarapé Azul - Água Branca ocorre na parte sul da área e é caracterizado por granitos cálcio-alcálinos. A suíte Água Branca é composta por granodioritos subordinados monzogranitos, dioritos, quartzo-monzodioritos com enclaves de tonalitos, enquanto a Suíte Igarapé Azul é constituída por monzogranitos a biotita e com subordinados granodioritos (REIS et al., 2003, ALMEIDA et al., 2002).

4.1.2 Clima

Rorainópolis- RR possui dois tipos climáticos de acordo com a classificação de Koppen: O clima Am (tropical de monção), com pequeno período de estiagem e precipitação média variando entre 1.700 – 2.000 mm e o clima do tipo Af (Tropical úmido) que está presente em toda a extensão das posições central e sul do município, onde os valores de precipitação são elevados e a umidade é sempre bem distribuída ao longo do ano. Nessa zona climática os valores de precipitação são elevados, com índice anual superior a 2.000 mm (BARBOSA, 1997, IBGE, 2005; MENDONÇA ; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

4.1.3 Geomorfologia

Em relação à geomorfologia da região de Rorainópolis, Beserra Neta e Tavares Júnior (2008) consideram a área inserida na unidade Pediplano Rio Branco – Rio Negro. A unidade foi denominada por Franco, Del'Arco e Rivetti (1975) é representada por extensas áreas aplainadas, onde ocorrem feições geomorfológicas que se destacam no cenário paisagístico regional.

A presença de feições residuais nessa região, como os *Inselbergs* e *Bolders*, conforme Beserra Neta e Tavares Júnior (2008). Rodrigues et al. (2014) quebra a monotonia da extensa planície de aplainamento e se destacam de forma muito nítida na paisagem alcançando altitude de 80 a 160 metros, com declividade regional fraca em direção à calha do rio negro ao sul.

Os *Inselbergs* constituem relevos residuais isolados ou agrupados elaborados em rochas vulcânicas ácidas e granitos de tendência mais alcalinas, os quais apresentam ampla distribuição e diversas formas, apontando na paisagem com altitude variadas e tem como característica a alta inclinação, decorrente da retirada de material em longo prazo e pediplanação enquanto que os *Bolders* são aglomerados de rocha

granítica expostos, com aspecto arredondado tanto nas altas quanto nas baixas vertentes e tem origem relacionada ao intemperismo de subsuperfície onde a ação direta da água, por intermédio do processo de hidratação, provoca o surgimento e expansão dos minerais (FRANCO et al. 1975, BIGARELLA, 2007).

4.1.4 Vegetação

A vegetação do município de Rorainópolis, conforme IBGE (2012), é caracterizada pela presença da Floresta Ombrófila Densa, representada pelas formações Aluvial, Montana, Submontana e Terras Baixas.

Ainda de acordo com o IBGE (2012), a Floresta Ombrófila Densa ocupa terrenos com solos enriquecidos por sucessivos depósitos aluvionares e se destaca pela composição de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo e pouco denso. Nesse sentido, na formação Submontana, a sub-mata é de fácil acesso, composta de arvoretas e plantas da regeneração natural, além de palmeiras e cipós, notadamente nas baixas altitudes até 100 m. E a floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (ou floresta de terra firme) são florestas que ocorrem em áreas não inundáveis, em cotas altimétricas abaixo de 100 m (RADAM BRASIL, 1975).

Assim, as áreas alteradas do Sistema Secundário apresentam áreas alteradas com pastagem, com vegetação secundária, com lavoura e pastagem, lavoura e vegetação secundária. Nas áreas de Tensão Ecológica² apresenta a Campinarana/Floresta Ombrófila Densa e Formação Pioneira/Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012).

4.1.5 Pedologia

Os tipos de solos encontrados na região de Rorainópolis, segundo o (RADAMBRASIL, 1975; IBGE, 2000), são: Solos com horizonte B latossólico (não hidromórficos); Solos com horizonte B textural (não hidromórficos) iii. Solos hidromórficos. Planossolos e Planossolos solódico. Solonetz solodizado. vi. Solos concrecionários lateríticos indiscriminados. Solos pouco desenvolvidos (não

² Tensão ecológica: São áreas de contato entre tipos de vegetação e ocorre quando entre duas ou mais regiões fitoecológicas existem áreas onde estas floras se contatam justapondo-se ou interpenetrando-se, formam-se os contatos, identificados respectivamente em encraves e ecotonos. No primeiro, cada mosaico de vegetação guarda a sua identidade florística e fisionômica sem se misturar permitindo a definição da formação ou subformação dominante. No segundo, a identidade florística passa a ser nível de espécie não se determinando a dominância de uma região sobre a outra (IBGE, 2012).

hidromórficos). Solos Podzólico Vermelho Amarelo, de textura argilosa; Podzólico Vermelho Amarelo plíntico, com textura argilosa; e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, com textura argilosa. Os tipos de solos lateríticos com intercalações de solos podzólicos amarelos podem ser encontrados em determinadas áreas da cidade.

4.1.6 Hidrografia

O Rio Branco é o maior de Roraima e o principal afluente do rio Negro. Sua bacia cobre 80% do estado, abriga quase 90% de sua população e tem grande importância para a conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e dos serviços ambientais na Amazônia. A bacia do Rio Branco contribui com cerca de um terço da vazão e da área de drenagem da bacia do rio Negro (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2011).

Em Rorainópolis, a rede de drenagem é organizada pelas bacias dos rios Anauá e Jauaperí. O rio Anauá, com nascente localizada no município de Caracará ao norte do município, é um dos principais afluentes do rio Branco pela margem esquerda no sentido nascente - foz. Sua área de drenagem é de 20.313,00 km² e o percentual da área total é de 10,47% (FRANCO et al., 1975; SANTOS et al., 1985).

Para o Instituto Socioambiental (2011), a bacia do rio Jauaperí é a segunda mais importante de Roraima, sendo compartilhada com o Amazonas, porém com a maior parte de sua drenagem (77%) em solo roraimense. Abrange uma vasta região de florestas densas no sudeste do estado e foi o principal cenário de expansão da fronteira agrícola após a década de 1980, com grande pressão do desmatamento sobre as matas ciliares no curso alto do rio.

De seu curso médio até a foz, o Jauaperí é ocupado pelas terras indígenas Uaimiri-atroari e populações extrativistas e sua floresta ainda se encontra em bom estado de conservação. Sua drenagem é de 38.611,00 km² e é o terceiro maior rio de Roraima com 554 km vazão média de 161m³/s, sendo superado pelo rio Branco principal rio de Roraima com 1.300 km e pelo rio Urariquera com 735 km (ANA, 2011).

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização da pesquisa foi fundamental o levantamento bibliográfico sobre a temática em estudo que compreende todo o suporte teórico (dissertações, teses, livros, artigos científicos) necessário para fundamentar o trabalho cuja

abordagem é a Vulnerabilidade Hídrica e o Comportamento pluviométrico da cidade de Rorainópolis-RR. As etapas que compreenderam a realização das atividades de pré-campo, campo e pós-campo serão descritas no decorrer do trabalho.

4.2.1 Levantamento do Histórico Hídrico Pluviométrico da área de estudo e entorno

Essa etapa foi realizada a partir da seleção das estações pluviométricas utilizadas no estudo controladas pela Agência Nacional da Água – ANA (2016) e Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2016). Em seus estudos, Chierice e Landim (2014) estabeleceram que a escolha das estações devesse ocorrer considerando os critérios de continuidade das informações nas bases de dados pluviométricos nos anos e também na abrangência na área de interesse.

Em seguida foram selecionadas 09 estações pluviométricas Quadro 1 e obtidos dados que compreendem a série histórica de 30 anos correspondendo de janeiro de 1986 a dezembro de 2016, oriundos da ANA/INMET e obtidos da plataforma do *Hidroweb*.

As 04 estações pluviométricas (Base Alalaú, Fazenda São Lucas, Fazenda Paraná e Santa Maria do Boiaçú) localizam-se nos limites políticos do município de Rorainópolis, cujos dados de chuvas são a base para o estudo da pluviosidade dessa região.

As demais estações pluviométricas inseridas no entorno (Agropecuária Boa vista, Terra Preta, Sítio Santa Maria, São João da Baliza e Carvoeiro) foram selecionadas para preencher adequadamente a pluviometria do recorte espacial e a ausência de registros

Quadro 1: Estações Pluviométricas Seleccionadas para a Análise dos Dados

Estação	Nome	Município	Código	UTM X	UTM Y	Altitude (m)
1	Base Alalaú	Rorainópolis	00060000	775961	9904969	68
2	Fazenda São Lucas	São Luiz do Anauá	00060001	756833	23524	62
3	Fazenda Paraná	Rorainópolis	08160001	789748	123885	103
4	Santa Maria do Boiaçú	Rorainópolis	00061000	634812	9944684	46
5	Agropecuária Boa Vista	Caracaraí	08160003	748070	160353	68
6	Terra Preta	Caracaraí	00061001	618220	9902125	43
7	Sítio Santa Maria	Caroebe	08059001	229601	99124	189
8	Carvoeiro Barcelos	Barcelos	00162000	613192	9844641	41
9	São João da Baliza	São João da Baliza	08059002	174700	104992	144

Organização: Edna Januária de morais da Silva, (2017).

Assim, de posse das principais informações e do banco de dados de todas as estações em valores diários, foi necessária uma metodologia que contemplasse de maneira correta a correção das falhas contidas pela falta de medição em dias e até meses inteiros de algumas estações conforme registros preconizados por Bertoni e Tucci (1997).

Os autores supracitados comentam ainda que as falhas de dados pluviométricos nas estações em algum período são justificadas em virtude de erros humanos, pela falta de manutenção no entorno dos postos pluviométricos ou até mesmo por alguma danificação do aparelho registrador e é uma característica peculiar em todos os registros de pluviosidade.

Dessa forma, a metodologia aplicada na pesquisa foi a de Ponderação regional com base em regressão linear. Tal método foi utilizado por Oliveira et al. (2010) pelo fato desta possuir maiores consistências nos estudos referentes ao preenchimento de banco de dados em estações pluviais.

Independentemente do número de postos utilizados para a correção da falha, a fórmula permanece a mesma, mudando apenas o denominador que corresponde ao total de postos utilizados, sendo que este será 2 se os postos também forem, ou 3 se forem utilizados três postos, e assim sucessivamente.

De maneira simplificada, temos a equação como mostra a Figura 4:

Figura 4: Equação para correção de falhas

$$PrecA = \frac{Med\ PrecA}{3} \left(\frac{Prec\ B}{Med\ Prec\ B} + \frac{Prec\ E}{Med\ Prec\ E} + \frac{Prec\ D}{Med\ Prec\ D} \right)$$

Fonte: Oliveira et al. (2010).

Onde: *precA* é a falha que queremos corrigir e 3 corresponde ao número de postos utilizados na correção.

Realizada essa etapa, os dados de precipitações anuais das estações da área de estudo foram calculados utilizando o software Microsoft Office Excel 2013 obtendo – se assim, os dados pluviométricos.

Com os dados pluviométricos, realizou-se a estatística descritiva básica por meio da tendência central (média aritmética) da variabilidade (desvio padrão e coeficiente de variação). A média, segundo Gerardi e Silva (1981), é encontrada adicionando-se todos os valores e dividindo-se o resultado pelo número total de ocorrências. Dessa forma, os dados obtidos contribuíram para a elaboração dos mapas de pluviosidade da área de estudo sendo: mapa de variação do desvio-padrão da pluviosidade em relação média histórica de Rorainópolis- RR, mapa de pluviosidade anual em relação à média histórica geral bem como gráficos e tabelas.

4.2.2 Determinação dos semestres secos e úmidos da área estudada

Ter conhecimento sobre a dinâmica pluviométrica de uma região é muito importante porque auxilia na percepção dos períodos mais chuvosos e conseqüentemente nos períodos que chove menos. Nesse sentido, conhecer a série histórica dos dados de pluviosidade da região de estudo ganha uma importância significativa. Assim, esse critério foi estabelecido porque na região estudada há atividades que dependem do aproveitamento dos recursos hídricos conforme a Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima - SEPLAN (2014), como a Agricultura de curto ciclo, Agroindústria, Bio-Agroindústria (matéria-prima), Pecuária, Extrativismo animal (piscicultura) e os efeitos adversos da pluviosidade pode afetar a economia da região ocasionando prejuízos na sua grande

maioria.

Optou-se pelo uso da metodologia utilizada por Sander e Wankler (2016), por apresentar parâmetros simples e de fácil execução e por alcançar resultados objetivos e confiáveis cientificamente, amplamente utilizado em trabalhos desenvolvidos pelos autores supracitados no Laboratório de Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos – LEHIS - Universidade Federal de Roraima – UFRR.

Essa etapa da pesquisa foi desenvolvida a partir dos valores médios da pluviosidade da série histórica, observando a sequência de meses com menor valor de chuvas (mm) acumuladas nesse período (semestral). Em contrapartida, os períodos chuvosos foram determinados a partir dos valores médios da pluviosidade, da sequência de meses (semestral) com valores maiores de pluviosidade (mm), de acordo com a metodologia. Dessa forma, obteve-se, como produto, o semestre seco apontando os meses de outubro a março e o semestre úmido indicado pelos meses de abril a setembro na área de estudo.

4.2.3 Duração média das estiagens da área de estudo

A metodologia utilizada nessa fase da pesquisa foi baseada na classificação de Koppen, que estabeleceu o limiar de 60 mm para definir as estiagens sazonais. Assim, de acordo com o autor, para as médias de precipitações mensais < 60 mm é considerado que há períodos de estiagens na região de estudo e, conseqüentemente, para as médias mensais de precipitação > que 60 mm nas estações pluviométricas é assinalado que não há períodos de estiagens. Salienta-se que Sander e Wankler (2016) e Sander, Wankler e Carvalho (2018) fizeram uso de tais parâmetros nos seus estudos.

4.2.4 Correlação da distribuição pluviométrica com os fenômenos climáticos do El Niño e La Niña no município de Rorainópolis-RR

Essa etapa foi realizada a partir da compilação de dados a partir de 1986 a 2016 dos ciclos de El Niño e La Niña da plataforma do Climate Prediction Center - CPC (2017). Assim, seguindo os critérios disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, estabeleceu-se como parâmetro os seguintes valores, de acordo com o Quadro 2 para os ciclos de El Niño e La Niña. Salienta-se que Sander e Wankler (2016) e Sander, Wankler e Carvalho (2018) utilizaram tais parâmetros em estudos realizados recentemente envolvendo tais

fenômenos.

Quadro 2: Classificação da Intensidade do El Niño e La Niña

Evento	Intensidade (TSM)	
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,5	Moderada
	$\geq 1,6$	Forte
La Niña	- 0,5 a - 0,9	Fraca
	- 1,0 a - 1,5	Moderada
	$\leq - 1,6$	Forte

Fonte: CPC (2017); CPTEC (2017); INPE, (2017).

Assim, de acordo com os parâmetros supracitados, foi possível definir os ciclos de El Niño e La Niña de fraca, moderada e forte intensidade. Entretanto, nesse trabalho foram analisados os dados de El Niño e La Niña geral que é a média sem distinção da intensidade do evento e de forte intensidade que é a média com a intensidade do evento, em função da região de estudo apresentar característica da influência dos ENOS geral e forte intensidade de acordo com a análise realizada. Após esse procedimento, os dados foram organizados e tratados estatisticamente.

O tratamento dos dados consistiu em:

- 1) Relacionar os eventos climáticos, intensidade e duração com a série histórica da área de estudo do período de 1986 a 2016;
- 2) Fazer a correlação entre os fenômenos ENOS e a série histórica da área de estudo do período de 1986 a 2016 para verificar possíveis influências no comportamento pluviométrico da área estudada;
- 3) Definição da pluviosidade média para os anos sob influência do El Niño e La Niña geral e de forte intensidade;
- 4) Sistematizar os dados em tabelas, gráficos e especializá-los em mapas referente ao El Niño e La Niña geral e forte intensidade.

4.2.5 Caracterização da pluviosidade durante eventos de El Niño e La Niña em relação à média histórica (geral)

A etapa que se refere à caracterização da dinâmica da pluviosidade durante os eventos de El Niño e La Niña pluviosidade geral foi realizada a partir dos dados das

séries históricas das estações pluviométricas localizadas nos limites políticos da área de estudo obtidas junto à ANA (2016), associado aos períodos de vigência do El Niño e La Niña geral e de forte intensidade, compilados do *Climate Prediction Center* (2016). Tal etapa compreendeu a realização de cálculos estatísticos de médias dos dados diárias, mensais e anuais. Após o levantamento de dados, foram confeccionados mapas de isoietas interpolados no software ArcGIS 10.5, utilizando o método geoestatístico de krigagem, devidamente explicado no item 4.2.7 desta Dissertação que trata sobre a espacialização da pluviosidade na área de estudo em relação à média geral, El Niño geral e forte intensidade e La Niña geral e forte intensidade.

4.2.6 Caracterização da pluviosidade dos eventos de El Niño e La Niña em relação à média histórica (forte)

Nesse item, a metodologia utilizada para obtenção da variação da pluviosidade durante os eventos de El Niño e La Niña em relação à média histórica geral e forte foi com base em Sander e Wankler (2016) e consistiu no uso dos seguintes:

- 1- Valores da Média Histórica Anual;
- 2- Volume precipitado durante os eventos de El Niño e La Niña;
- 3- Uso da regra de três simples;

Onde:

mha=média histórica anual

mha 100

vp = volume precipitado

vp X

Fonte: SANDER; WANKLER, (2016).

Os dados obtidos foram usados na elaboração de mapas de isoietas da área de estudo, de acréscimo e decréscimo de chuva para a vigência de cada período em relação à média histórica e gráficos. Os mapas foram confeccionados por meio do uso do software ArcGIS 10.5.

4.2.7 Espacialização da pluviosidade da área de estudo

A espacialização da pluviosidade anual em Rorainópolis deu-se pelo método geoestatístico de krigagem. Segundo Jakob (2002), a krigagem utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações onde as unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas.

Deste modo a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, criando assim novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados, diminuindo o erro e aumentando a confiabilidade dos dados.

A krigagem é uma técnica de geoestatística que possibilita fazer previsões do valor de uma variável regionalizada em um determinado local dentro da área estudada. A técnica assume que os dados recolhidos de uma determinada variável se encontram correlacionados no espaço. A krigagem difere-se de outros interpoladores, pois parte do pressuposto de que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos afastados. Esse pressuposto é garantido por uma ponderação intrínseca ao método (SOARES, 2006).

Neste trabalho utilizou-se a krigagem ordinária, onde a estimativa de uma variável em local não amostrado é obtida a partir da combinação linear dos dados amostrados disponíveis na vizinhança do ponto analisado.

Assim, inseriu-se nos campos x e y as coordenadas geográficas das estações pluviométricas e no campo z as variáveis referentes à pluviosidade. Foram calculadas a pluviosidade anual média, pluviosidade anual média em eventos de El Niño e pluviosidade anual média em eventos de La Niña, além da variação da pluviosidade durante os eventos ENOS e o desvio padrão para a pluviosidade anual média.

Para validar a interpolação utilizou-se as estações Terra Preta, Agropecuária Boa Vista e Carvoeiro Barcelos, localizadas ao entorno da área de estudo. Deste modo, estimou-se a Raiz quadrada do Erro Médio Quadrático - REMQ, do valor estimado pela krigagem nas estações observadas. A expressão da REMQ é dada na Equação (X), em que n refere-se ao número de pontos conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Raiz quadrada do erro médio quadrático - REMQ

$$REMQ = \sqrt{\frac{\sum(\text{estimado} - \text{real})^2}{n}}$$

	Série Histórica		
	Real (mm)	Estimado (mm)	Resíduo (mm)
Agropecuária Boa Vista	1903	2155	-252
Terra Preta	2822	2396	426
Carvoeiro Barcelos	2443	2350	93
Sítio Santa Maria	2248	2237	11
		REMQ	139 mm

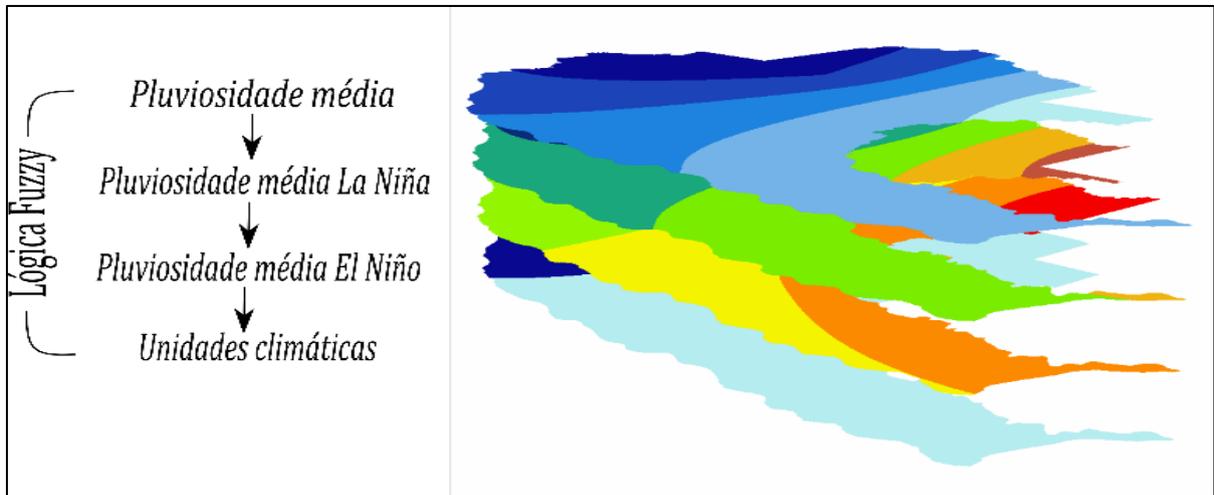
Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

A REMQ da krigagem foi de 139 mm para a série histórica. Os dados foram interpolados no software ArcGIS 10.5.

4.2.8 Definição das unidades climáticas da área de estudo

Para a definição das unidades climáticas a partir da pluviosidade, realizou-se a sobreposição dos mapas de pluviosidade média anual, pluviosidade em eventos de La Niña e pluviosidade em eventos de El Niño, resultados da krigagem ordinária a partir da sobreposição Fuzzy conforme a Figura 5. A lógica Fuzzy é definida como “a parte da lógica matemática dedicada aos princípios formais do raciocínio incerto ou aproximado, portanto mais próxima do pensamento humano e da linguagem natural” (KATINSKY, 1994). O operador Fuzzy escolhido foi o “and” que define o menor membro que controla os conjuntos Fuzzy, proporcionando estimativas bastante conservadoras.

Figura 4 - Camadas Utilizadas na definição da unidades climáticas de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Dessa forma, considerou-se a pluviosidade média das estações pluviométricas da área de estudo, bem como a pluviosidade sob a interferência do El Niño e La Nina geral obtendo como produto a definição das unidades climáticas da área de estudo.

4.2.9 Demanda hídrica da cidade de Rorainópolis-RR

Essa fase compreendeu a elaboração de questionários como instrumento de pesquisa organizados com base em Silva (2003), ocasião em que foram verificadas as variáveis utilizadas para um diagnóstico de demanda hídrica na área de estudo.

O instrumento é composto por duas partes onde na primeira consta o questionário elaborado direcionado ao Cidadão (Apêndice A), composto por 6 questões e respostas fechadas, onde o respondente assinala na opção que corresponde ao seu perfil. Nesse questionário foram consideradas questões estruturais sobre como é realizado o abastecimento de água: por meio de rede pública, poço amazonas ou outro.

Na segunda parte consta o questionário direcionado à Instituição CAERR (Apêndice B), compreendendo 5 questões e respostas abertas que abordam sobre como é realizado o abastecimento de água da cidade de Rorainópolis. Entre as questões descritas está a localização (nos bairros) dos poços tubulares que são usados para abastecer a cidade, bem como a vazão de cada um deles, e os bairros abastecidos por estes.

O questionário direcionado ao cidadão foi aplicado para uma população composta por 10.673 habitantes IBGE (2010) de forma aleatória, distribuídos proporcionalmente, com abrangência nos bairros da cidade, conforme exposto no Quadro 03, atendidos pela CAERR que moram na zona urbana de Rorainópolis-RR.

Para efeito dessa pesquisa, não foram considerados os bairros que surgiram após o ano de 2010. Apesar de estarem concentrados no perímetro urbano, não há serviços da CAERR, tornando-os sem registros para o estudo.

Quadro 3 - Bairros consolidados da zona urbana da cidade de Rorainópolis-RR que são atendidos pela rede Pública de distribuição de água - CAERR

Nº	BAIRRO	LOCALIZAÇÃO DOS BAIRROS EM RELAÇÃO À CIDADE
1	Centro	Região Norte
2	Pantanal	
3	Parque das Orquídeas	Região Sul
4	Andaraí	
5	Gentil Carneiro	Região leste
6	Bairro das Chácaras II	Zona Oeste
7	Suelândia	
8	Chácara I	Zona Noroeste
9	Novo Brasil	Região Centro - oeste
10	Campolândia	
11	Cidade Nova	Porção Central
12	Parque Amazônia	Região Sudeste
13	Novo Horizonte	Região Sudoeste

Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

A metodologia utilizada na aplicação do questionário contou com a definição da amostra aleatória simples por meio do cálculo amostral da Equação de Santos (2017). Com base nesta fórmula, fez-se o cálculo da amostra com a população de 10.673 habitantes, com nível de confiança de 95% e erro amostral de 5%, o que deu como resultado a amostra necessária de 371 questionários pelo número de 13 bairros a serem pesquisados. Assim, foram divididos por meio de sorteio de forma aleatória, onde houveram bairros que foram aplicados entre 27,29 e 30 questionários, para compor a amostra necessária para a pesquisa. Assim, nos bairros Parque Amazônia, Centro, Pantanal, Andaraí e Novo Horizonte, foram aplicados 27

questionários. Nos bairros Chácara II, Parque das Orquídeas, Cidade Nova e Gentil Carneiro foram aplicados 29 questionários e nos bairros Campolândia, Suelândia, Novo Horizonte e Chácara I foram aplicados 30 questionários.

Quadro 4 - Equação para cálculo da amostra

<p>Onde:</p> <p>n-amostra calculada</p> <p>N-população</p> <p>Z - variável normal padronizada associada ao nível de confiança</p> <p>p - verdadeira probabilidade do evento</p> <p>e - erro amostral</p> <hr/> <p>Fonte: SANTOS (2017).</p>	$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p) + e^2 \cdot (N - 1)}$
---	---

Após a aplicação dos questionários foi realizado a tabulação dos dados e representados neste estudo em forma de gráficos.

4.2.9.1 Sistemas da rede pública usados no abastecimento de água da cidade de Rorainópolis-RR

Essa etapa consistiu na visita *in loco* aos principais sistemas de abastecimento de água da rede pública gerenciados pela CAERR que são compostos por 11 poços tubulares localizados nos bairros da cidade e a estação de captação de água superficial do rio Anauá, localizada na vicinal 2 numa distância de 12 Km da sede do mesmo município.

Na ocasião foi realizado o registro das coordenadas dos referidos poços, por meio do instrumento *Global Positioning System* - GPS Garmim, modelo GPSMap, 76CSx, registro fotográfico, informações essas usadas tanto na construção de uma tabela com as principais informações dos poços tubulares quanto na espacialização destes.

4.2.9.2 Caracterização da vulnerabilidade hídrica de Rorainópolis- RR

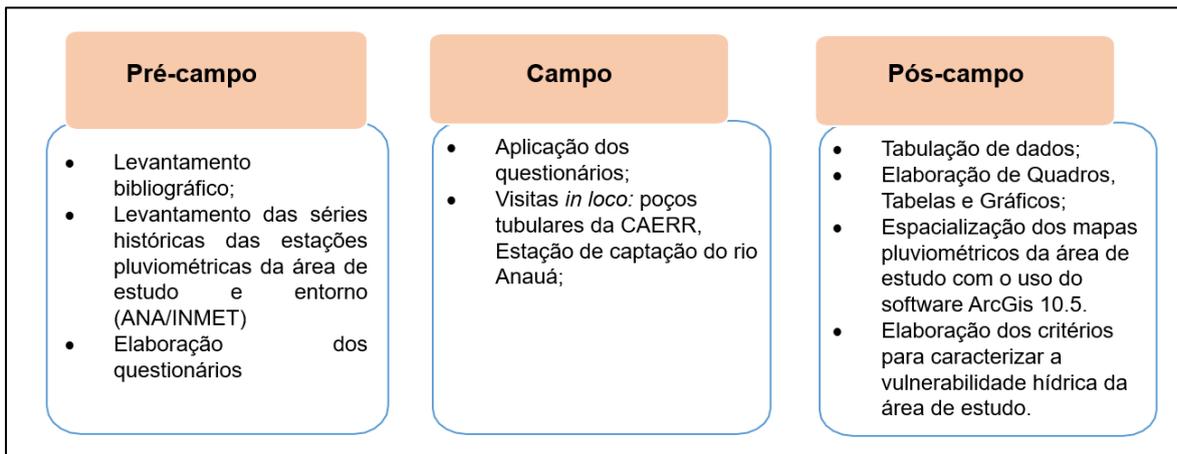
Essa etapa considerou a metodologia usada por Carvalho (2010) sobre os indicadores de Vulnerabilidade Hídrica como precipitação pluviométrica, tipo de aquífero, tipos de solo da área de estudo e usos da terra enquanto retrato das condições naturais e das pressões antrópicas acerca dos recursos hídricos.

Com base nesses dados, os indicadores foram classificados em três classes tomando como referência uma escala numérica, universalmente utilizada para os indicadores ambientais, associando a metodologia proposta por Magalhães Júnior (2007) para os indicadores socioambientais e de recursos hídricos.

A escala varia de 0 a 1 na qual o valor 0 está correlacionado com a fraca vulnerabilidade, 0,5 com média vulnerabilidade e 1 indica uma elevada vulnerabilidade hídrica. Estes valores estão associados ao tipo de aquífero, volume da precipitação, grau de erodibilidade dos solos e utilização das terras. Assim, quanto maior o índice obtido por determinada unidade de planejamento maior será a vulnerabilidade hídrica.

Dessa forma, a Figura 6 mostra as etapas realizadas no estudo da Vulnerabilidade Hídrica da cidade de Rorainópolis-RR: Uma análise a partir do comportamento pluviométrico (1986 -2016).

Figura 5 - Etapas dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa



Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa foram alcançados por meio das análises dos dados coletados durante as fases de pré-campo, campo e pós campo, onde os mesmos serão descritos nessa sessão.

5.1 ANÁLISE DO HISTÓRICO HÍDRICO PLUVIOMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO

Na tabela 2 são apresentadas as estações pluviométricas, os valores médios anuais precipitados nas estações da área estudada, bem como o desvio padrão e a localização das estações utilizadas. Salienta-se que a estação São Lucas, embora pertença ao município de São Luiz do Anauá-RR, encontra-se localizada no município de Rorainópolis-RR.

Tabela 2 - Valores médios anuais de precipitação das estações pluviométricas da área de estudo no período de 1986 - 2016

Estações	Série Histórica (mm)	Desvio Padrão (mm)	Localização
1) Faz. Paraná	2.075,33	452,44	Rorainópolis
2) Base Alalaú	2.454	533,11	Rorainópolis
3) Santa Maria do Boiaçu	2.549,11	402,43	Rorainópolis
4) São Lucas	2.319,28	590,42	São Luiz do Anauá

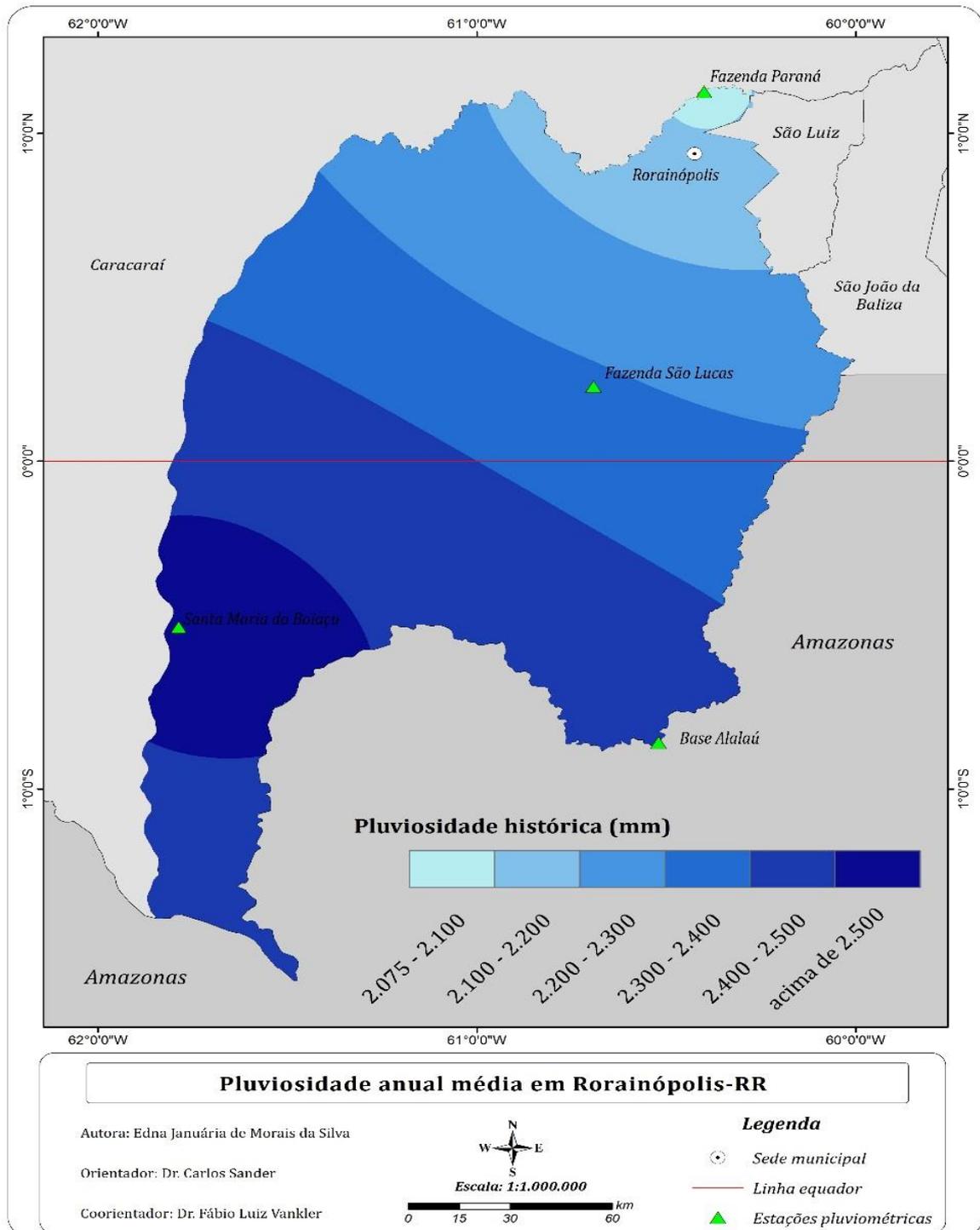
Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017)

Neste estudo, observou-se que no período analisado (1986 a 2016) a estação pluviométrica de Santa Maria do Boiaçu mostrou maior volume de precipitação com 2.549,11 mm em relação às demais estações estudadas no mesmo período. A que mostrou menos volume de chuvas foi a estação pluviométrica Fazenda Paraná com 2.075, 33 mm. Entretanto, todas as estações apresentaram volume pluviométrico acima de 2.000 mm, o que caracteriza a região em estudo como úmida na sua essência.

Quando esses volumes de precipitação são espacializados, Figura 7, é possível observar a distribuição da precipitação pluviométrica média total da área de estudo, onde se compreendeu que o setor norte apresentou as menores médias pluviométricas variando entre 2,075 – 2.100 mm, enquanto que na porção centro –

norte as variações ocorreram de 2.100 – 2.200 mm e as porções sul – sudoeste se destacaram com as maiores média totais anuais de chuvas apresentadas com valores variando de 2.400 a pouco mais de 2.500 mm.

Figura 6 - Mapa de espacialização da pluviosidade média anual do município de Rorainópolis-RR



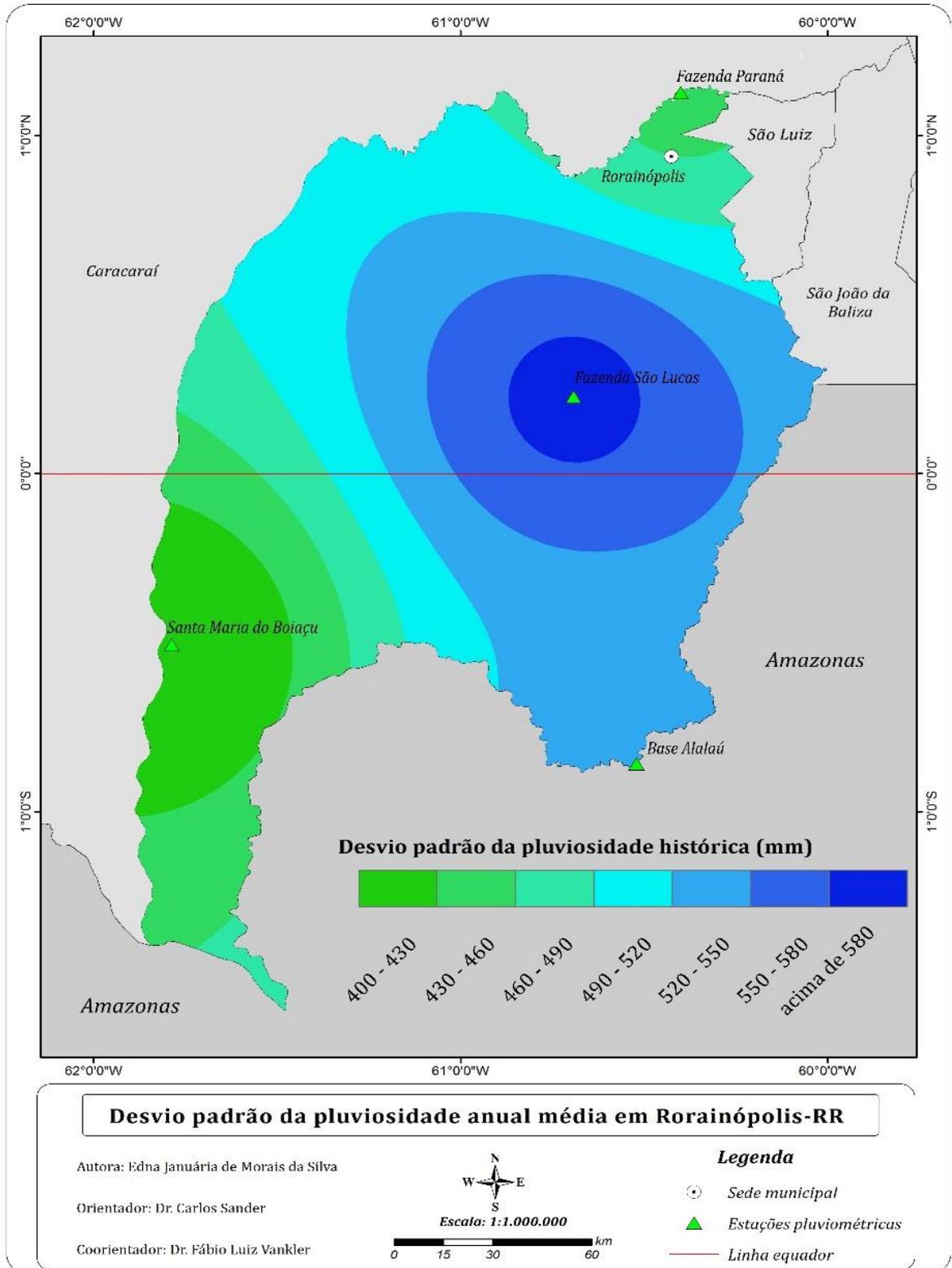
Elaboração: Edna Januária de Morais da Silva, (2017).

Já na porção central a variação foi de 2.200 – 2.300 mm enquanto que na região centro-leste a variação pluviométrica mostrada foi de 2.300-2.400 mm. Observou-se também que a maior concentração de pluviosidade ocorreu nas porções sul – sudoeste, com variação de 2.400 – 2500 e acima de 2.500 mm de pluviosidade. Nesse sentido, essas porções configuraram-se como as mais úmidas da área estudada.

Esse fenômeno é explicado por Nimmer (1989), onde a bacia do rio Branco está submetida a um regime de precipitações essencialmente originado da dinâmica da massa equatorial continental que adentra a bacia pelo oeste e sudoeste na primavera/verão boreal, quando as altas pressões afastam-se do extremo norte da América do sul.

No interior dessa massa de ar úmida e bastante instável, surgem depressões dinâmicas denominadas linhas de instabilidade tropical que provocam as precipitações e, à medida que ela vai adentrando a região, vai perdendo umidade e, como consequência, as chuvas na bacia aumentam de nordeste para sudoeste e de leste para oeste. Assim, há maior volume de precipitações nas porções oeste, sudoeste e sul do estado de Roraima. Na Figura 8, observamos a espacialização dos desvio-padrão dos volumes de chuvas da área de estudo.

Figura 7 - Mapa da variação do desvio padrão da pluviosidade anual média do Município de Rorainópolis-RR, 1986-2016



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

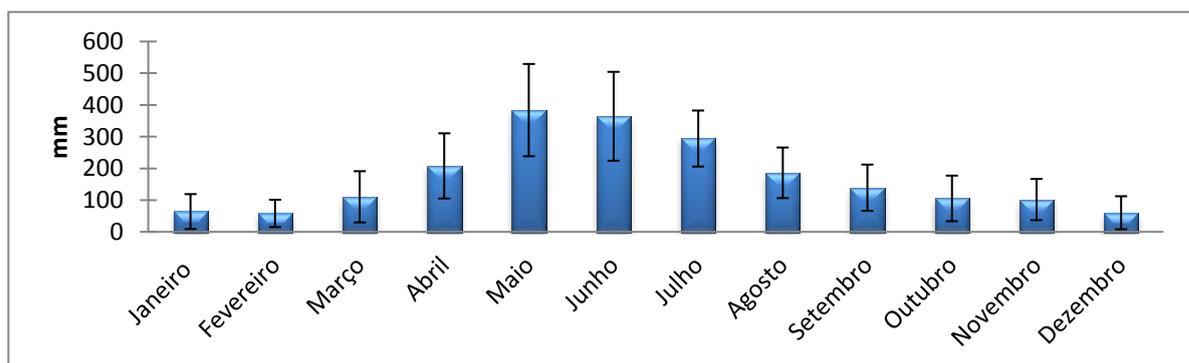
Ao fazer a análise da espacialização dos desvio padrão na região estudada,

percebeu-se que os valores são maiores na região central com variação entre 550 – 580 mm e > que 580 mm, enquanto que os menores desvio – padrão são mostrados na região sudoeste variando entre 400 - 430 mm. Ao norte da área de estudo é apresentada pluviosidade de 430 - 460 mm enquanto que na porção sudeste a variação apresentada foi de 520 – 550 mm.

Nesse sentido, o desvio-padrão do volume pluviométrico precipitado na área estudada foi positivo apontando o setor norte como o menos chuvoso da região, e, quando comparados aos valores mostrados na Tabela 2, os mesmos foram praticamente semelhantes.

Quando os valores do desvio padrão da média histórica são mostrados em forma de gráficos, nota-se que na estação Paraná, Figura 9, os meses menos chuvosos são os do intervalo de outubro a março considerado o período seco da área de estudo, apresentando volumes médios de 60mm nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro e 110 mm nos meses outubro, novembro e março, enquanto que os períodos que apresentaram maior volume de pluviosidade foram os do intervalo do período chuvoso, de modo que os meses de maio a julho mostraram volumes de chuvas variando entre 290 mm - 380mm.

Figura 8 - Gráfico da precipitação mensal média e desvio padrão na estação Fazenda Paraná no município de Rorainópolis –RR de acordo com os dados do desvio-padrão da Figura 7



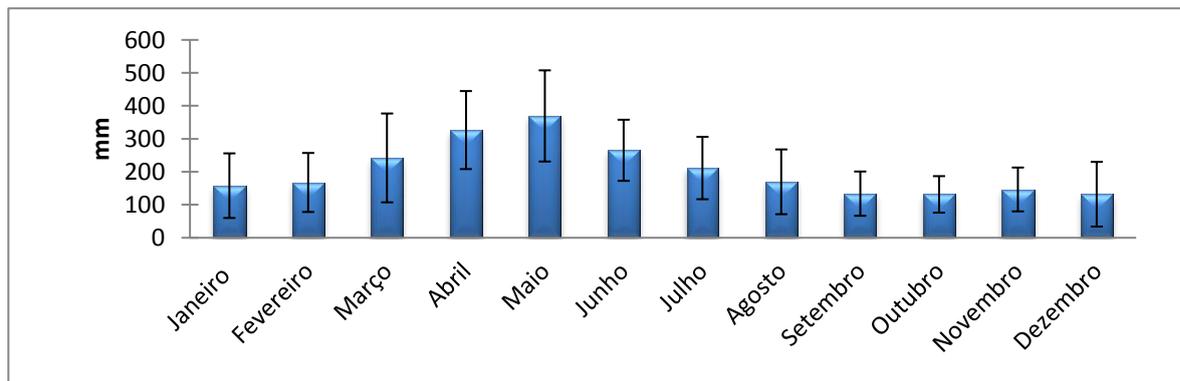
Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Dessa forma, observa-se que nesta estação pluviométrica, o período de decréscimo na precipitação que corresponde ao período seco (estiagem) e o período chuvoso na área de estudo corroboraram com os estudos apresentados por Barbosa (1997) e Sander, Wankler e Carvalho (2018).

Na análise da Figura 10 que corresponde aos desvio-padrão da estação Base

Alalaú foi observado que, embora os meses de precipitação reduzida tenham ocorrido de outubro a março, período seco da área de estudo, esses meses apresentaram aproximadamente 100 mm de acréscimo em relação à pluviosidade mostrada na estação Fazenda Paraná.

Figura 9 - Gráfico da precipitação mensal média e desvio padrão na estação Base Alalaú, limite entre o município de Rorainópolis-RR e o estado do Amazonas –AM de acordo com os dados do desvio padrão da Figura 7

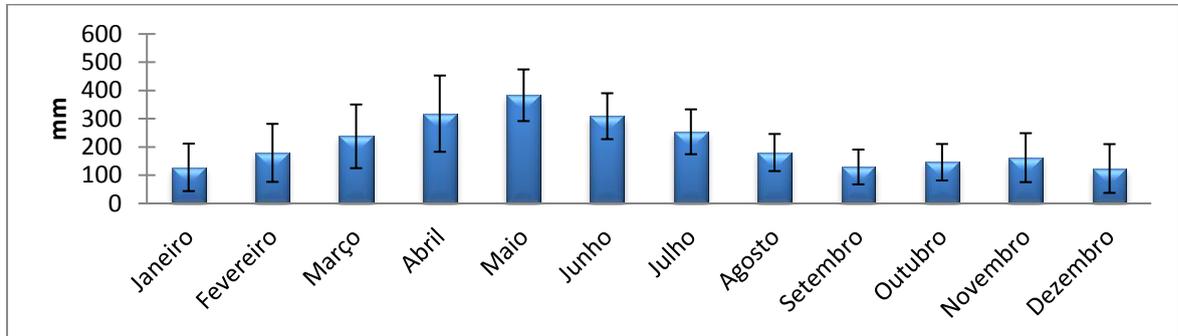


Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, o período de maior volume de chuvas ocorreu de abril a junho, que correspondem ao período chuvoso da área de estudo, onde o mês de pico foi maio, com 370 mm nesta estação.

Dessa forma, a Figura 11 que aborda sobre o desvio padrão na estação Santa Maria do Boiaçú, no período que corresponde ao semestre seco, os meses de outubro e dezembro apresentaram pluviosidade homogênea, enquanto que o mês de janeiro foi o menos chuvoso, apresentando 150 mm e o mês de março foi o que mais choveu nesse período, com 238 mm. No semestre considerado neste estudo como chuvoso, os meses de abril a junho foram os mais chuvosos, mostrando variação de 260 - 370 mm, enquanto os meses de julho a setembro apresentaram variação de 130-210 mm, sendo os menos chuvosos desse período.

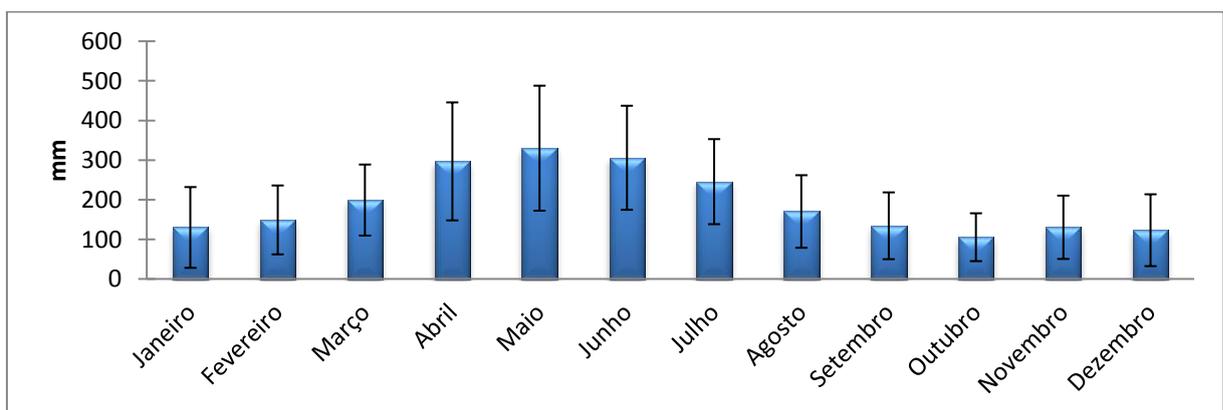
Figura 11 - Gráfico da precipitação mensal média e desvio padrão na estação Santa Maria do Boiaçu no município de Rorainópolis-RR, limite com o município de Caracarái-RR, de acordo com os dados do desvio padrão da Figura 7



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

E na estação São Lucas representada na Figura 12, observou-se que no período seco a variação apresentada foi de 100–200 mm de pluviosidade, no qual os meses de dezembro e janeiro apresentaram pluviosidade homogênea com variação média de 120 mm de chuvas. Já no período chuvoso, os meses de maior representatividade pluviométrica foram os meses de abril a julho com pluviosidade de 250- 300 mm

Figura 10 - Gráfico da Precipitação mensal média e desvio padrão na estação São Lucas do município de Rorainópolis-RR acordo com os dados do desvio-padrão da Figura 7



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Na análise das médias do desvio padrão em relação à média histórica anual das estações pluviométricas da área de estudo, foi observado que com exceção da estação Fazenda Paraná que apresentou menor índice pluviométrico

principalmente no período seco que corresponde aos meses de outubro a março, as demais estações apresentaram pluviosidade no período seco acima de 100 mm e no período chuvoso até 300 mm de chuvas.

5.2 DETERMINAÇÃO DOS SEMESTRES SECOS E ÚMIDOS E DURAÇÃO MÉDIA DAS ESTIAGENS SAZONAIS EM RELAÇÃO À SÉRIE HISTÓRICA DA ÁREA ESTUDADA

Os dados apresentados na Tabela 3 mostram os períodos secos da área de estudo compreendidos dos meses de outubro a março, analisados a partir dos volumes médios precipitados semestralmente com menor valor acumulado e os períodos chuvosos que compreendem os meses de abril a setembro com maior valor pluviométrico acumulado.

Assim, foi observado na estação Fazenda Paraná valor médio de chuvas de 83,33 mm, valor esse considerado baixo em relação aos valores médios precipitados nas demais estações pluviométricas da área de estudo. Dessa forma, quando analisa-se a duração média da estiagem nessa estação, observa-se que a mesma apresenta 1 mês de estiagem com volume pluviométrico menor que 60 mm, o que conseqüentemente interferiu no valor médio anual apresentado.

Tabela 3 - Precipitação média durante os semestres úmidos e secos e duração média das estiagens sazonais nas estações pluviométricas no município de Rorainópolis-RR

Estações	Semestre mais seco (out- mar) Valores médios com menor valor acumulado mm	Semestre úmido (abr – set) Valores médios com maior valor acumulado mm	Duração média das estiagens sazonais (< 60mm)
1) Faz. Paraná	83,33	262,5	1
2) Base Alalaú	162,98	246,02	0
3) Santa Maria do Boiaçú	167,63	262,17	0
4) São Lucas	139,46	247,09	0

Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, no semestre chuvoso, o valor médio de precipitação na estação Paraná foi de 262,5 mm, semelhante ao valor médio mostrado na estação Santa Maria do Boiaçú de 262,17.

O segundo valor médio baixo de pluviosidade apresentado no semestre seco, ocorreu na estação São Lucas com 139,46 mm, embora não tenha configuração de período de estiagem. Dessa forma, o valor médio de precipitação apresentado no semestre chuvoso foi de 247,09 mm, valor médio aproximado da precipitação da estação Base Alalaú de 246,02 mm.

Dessa forma, na análise dos volumes médios precipitados no semestre seco, a menor média pluviométrica apresentada foi na estação Paraná com 83,33 mm e no semestre chuvoso, o maior volume médio apresentado foi na estação São Lucas com 247,09 mm.

Quanto ao período de estiagem das estações estudadas, a fazenda Paraná é a única a apresentar um mês de estiagem com precipitação menor que 60mm, as demais não configuram meses de estiagem, pois a pluviosidade mensal é maior que 60mm.

5.3 CORRELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA COM OS FENÔMENOS CLIMÁTICOS DO EL NIÑO E LA NIÑA NO MUNICÍPIO DE RORAINÓPOLIS-RR.

Estudos têm demonstrado que os eventos de El Niño e La Niña têm influenciado a hidrologia na região Amazônica. Enquanto o primeiro fenômeno tem forte atuação na diminuição da pluviosidade, o segundo tem a tendência de ocasionar um aumento nas chuvas da região (FEARNSIDE, 2006; MARENGO; OLIVEIRA, 1998; MORAN, 2006; SILVA et al., 2015; SANDER; WANKLER, 2016).

5.3.1 Pluviosidade da área de estudo sob influência do El Niño Geral

Os episódios de El Niño se mostraram substancialmente operantes na dinâmica pluviométrica da região de estudo, agindo na redução da pluviosidade e atuando na formação ou ampliação de estiagens episódicas. Conforme a Tabela 4, observamos o comportamento da pluviosidade nas estações apresentadas e notou-se que os volumes anuais de precipitação sob influência do El Niño geral na estação Paraná apresentou volume médio de chuva de 1.942,47 mm, sendo o menor volume médio apresentado em comparação às demais estações estudadas. O maior volume pluviométrico observado foi na estação Santa Maria do Boiaçú com média de 2.437,71 mm e as estações Base Alalaú e São Lucas apresentaram volume médio acima de 2.200 mm de pluviosidade.

Assim o menor desvio padrão observado foi na estação fazenda Paraná, com volume de 101,45 mm, enquanto que o maior desvio-padrão observado foi na estação Base Alalaú com volume precipitado de 550,03 mm. Nas estações Santa Maria do Boiaçú e São Lucas o desvio –padrão apresentado variou entre 120-400 mm. Nesse sentido, a variação média observada nas estações estudadas foram de –84 a -132 mm em relação à média histórica.

Dessa forma, de acordo com os dados analisados, observou-se que os índices pluviométricos na estação fazenda Paraná, mostraram-se fortemente influenciados pelo fenômeno El Niño média geral, tanto quando observamos os volumes precipitados, quanto no desvio padrão apresentado, porém, quanto à variação em relação à média histórica foi de 132,85 mm. Assim, essa estação em anos normais já apresentava volume de chuvas reduzidos em relação às demais estações da área de estudo.

Tabela 4 - Valores de precipitação das estações pluviométricas da área de estudo sob influência do El Niño geral na área de estudo

Estações	Volume precipitado (mm)	Desvio Padrão (mm)	Variação em relação à média histórica anual (mm)
1) Faz. Paraná	1.942,47	101,45	-132,85
2) Base Alalaú	2.326,96	550,03	-127,04
3) Santa Maria do Boiaçú	2.437,71	404,08	-111,41
4) São Lucas	2.234,57	120,97	-84,70

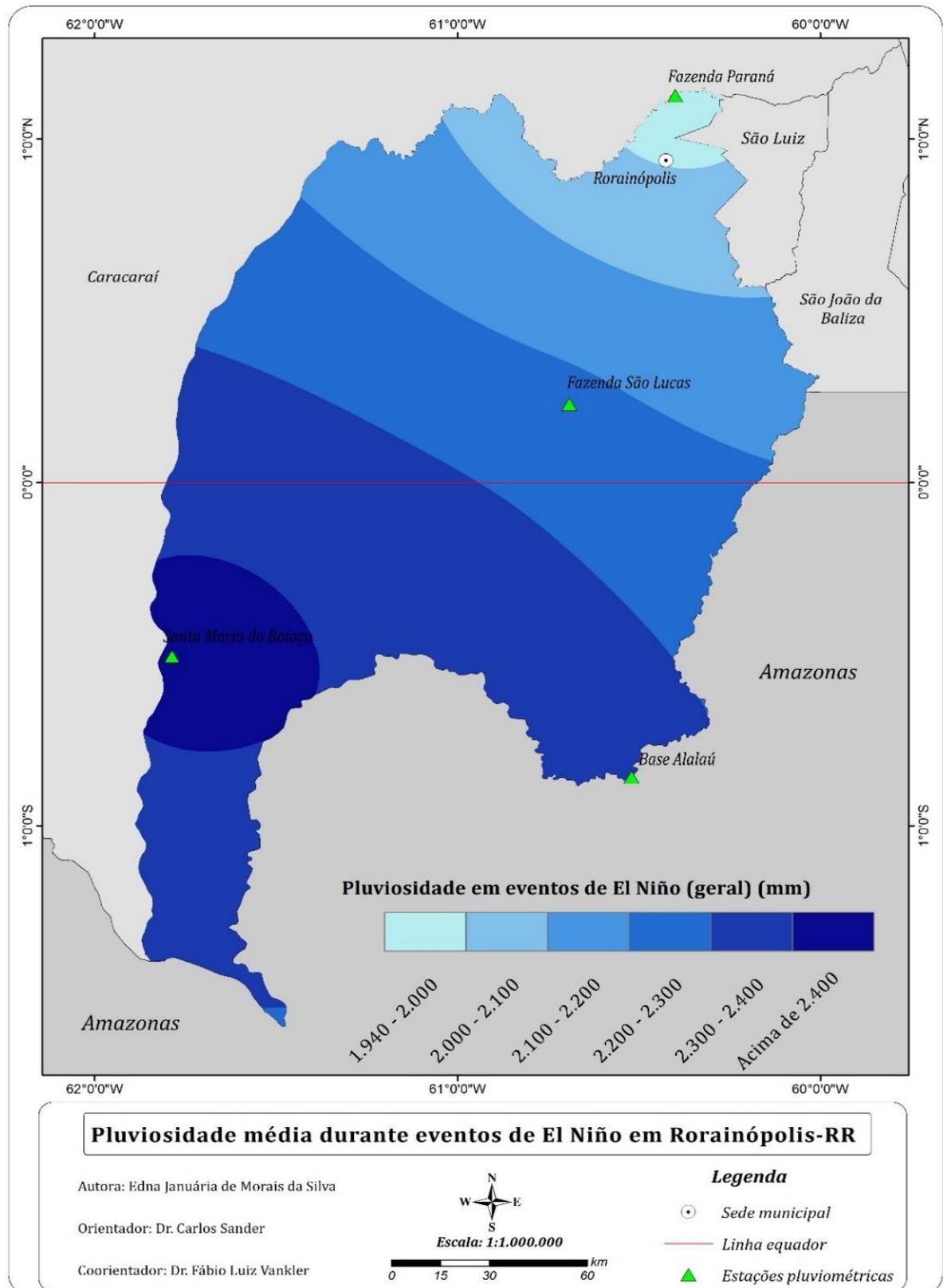
Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Porém, a estação menos influenciada pelo evento de El Niño geral foi a Santa Maria do Boiaçú, apresentando volume médio de chuvas de 2.437,71 mm, desvio-padrão de 404,08 mm e variação em relação à média histórica de -111,41 mm apresentando redução mínima na pluviosidade anual.

Dessa forma, ao analisar a espacialidade da pluviosidade em relação ao El Niño média geral na Figura 13, observou-se mais nitidamente a atuação desse fenômeno no volume de chuvas da área de estudo. Nos setores norte, as variações observadas foram de 1.940 - 2.000 mm, no centro norte da área de estudo, as variações na precipitação apresentaram-se com volumes entre 2.000 – 2.100 mm e na porção sul a variação atingiu 2.300 – 2.400 mm, bem como na porção sudeste da área de estudo.

No sudoeste, onde a pluviosidade atingiu maior volume em termos de precipitação em anos sem El Niño, a variação alcançada foi acima de 2.400 mm. Nesse sentido, a pluviosidade sob influência dos eventos de El Niño foram fortemente percebidos na parte norte da área de estudo.

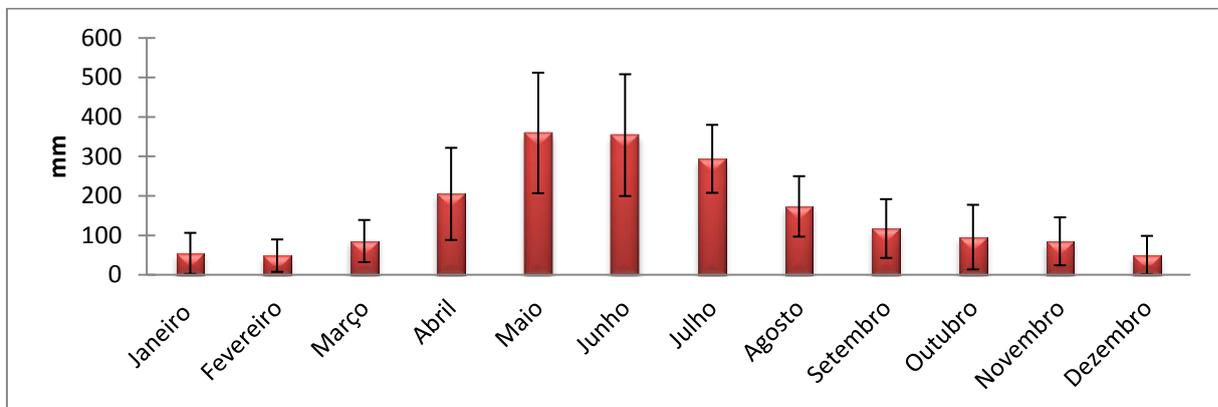
Figura 11 - Mapa da espacialização da pluviosidade durante o período de El Niño geral no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Morais da Silva, (2017).

Quando os volumes do desvio padrão de chuvas mensal do El Niño geral são analisados no gráfico da Figura 14, considera-se que a média de pluviosidade no semestre seco que compreende os meses de outubro a março na estação Fazenda Paraná foi de 50-95 mm, ou seja, o volume no desvio padrão de precipitação apresentou oscilação negativa, enquanto que no semestre chuvoso abril – setembro, a variação apresentada foi de 117- 360 mm e os meses de maio e junho foram os mais representativos com pluviosidade acima de 300 mm.

Figura 12 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Paraná do município de Rorainópolis-RR

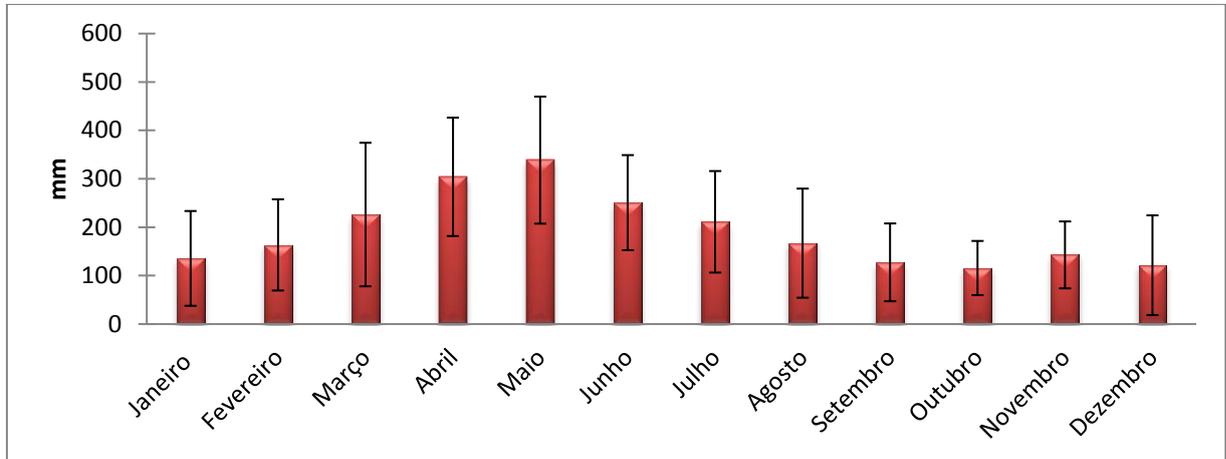


Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, após análise do comportamento da precipitação nesta estação, observou-se que o El Niño reduziu sobremaneira a pluviosidade no período seco nos meses de outubro a março, alcançando 50 mm no mês de fevereiro, enquanto que em anos normais o mesmo mês apresentou desvio padrão de pluviosidade de 60 mm.

Na Figura 15, que trata da pluviosidade na estação Base Alalaú, observa-se que o desvio-padrão dos volumes de chuvas no semestre seco de outubro a março apresentou variação de 100 – 220 mm, onde o mês menos chuvoso (outubro) apresentou pluviosidade de 110 mm. Quando se observa o desvio padrão do período chuvoso nos meses de abril – setembro, os valores de chuvas tornaram-se positivos atingindo cerca de 130 – 340 mm, onde o mês mais chuvoso foi o mês de maio com desvio padrão de 340 mm.

Figura 13 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Base Alalaú, divisa entre o município de Rorainópolis-RR e o estado do Amazonas-AM

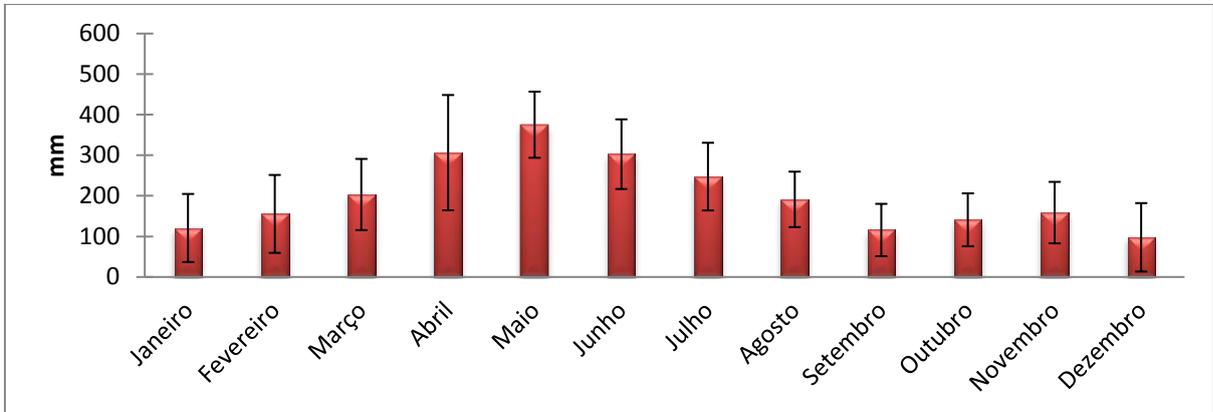


Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Na análise do desvio-padrão da estação Base Alalaú, notamos que os volumes precipitados apresentados, tanto no período considerado seco como no período chuvoso, mostrou um comportamento diferenciado sob influência do El Niño geral ou seja, foi observado que a pluviosidade foi timidamente influenciada, mantendo-se com volumes precipitados como em anos sem El Niño.

Assim, na Figura 16 que trata do desvio padrão da pluviosidade na estação pluviométrica Santa Maria do Boiaçú, no semestre seco de outubro a março, a variação apresentada foi de 100 – 200 mm e no semestre chuvoso que corresponde de abril a setembro a variação foi de aproximadamente 110 – 370 mm onde os meses mais chuvosos foram de abril a julho com desvio-padrão de pluviosidade de 240-380 mm.

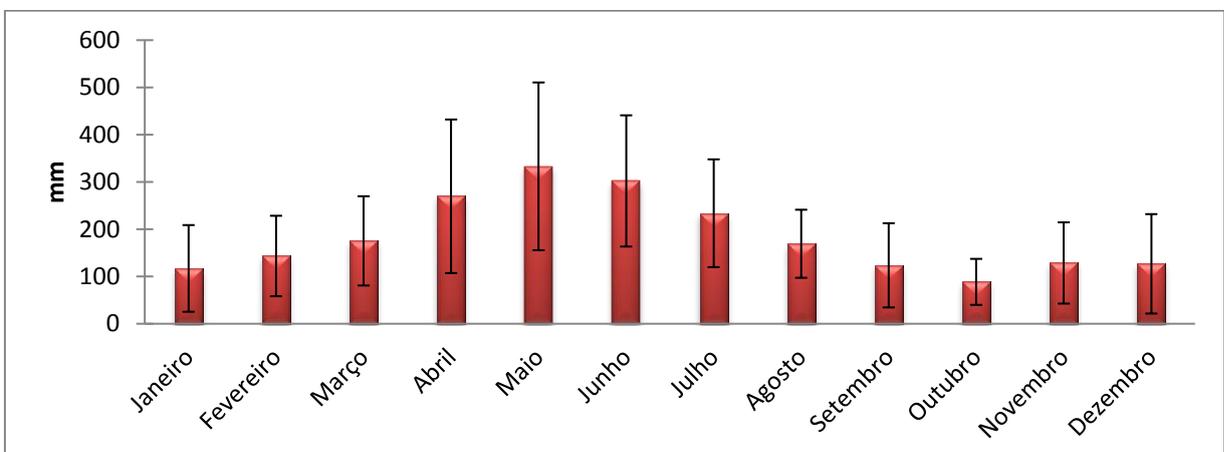
Figura 14 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação Santa Maria do Boiaçú nos limites do município de Caracarái –RR e o município de Rorainópolis –RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Dessa forma, essa estação, assim como a estação pluviométrica Base Alalaú, apresentou pouca influência do fenômeno El Niño geral, mantendo os volumes pluviométricos. Na estação São Lucas, Figura 17, o desvio padrão da média pluviométrica anual no período seco de outubro a março apresentado foi de 90 -170 mm, enquanto que no período chuvoso abril-setembro, a média apresentada foi de 120-270 mm e os meses com precipitação positiva foram maio e junho com 300 mm de volume de chuvas.

Figura 15 - Gráfico de pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

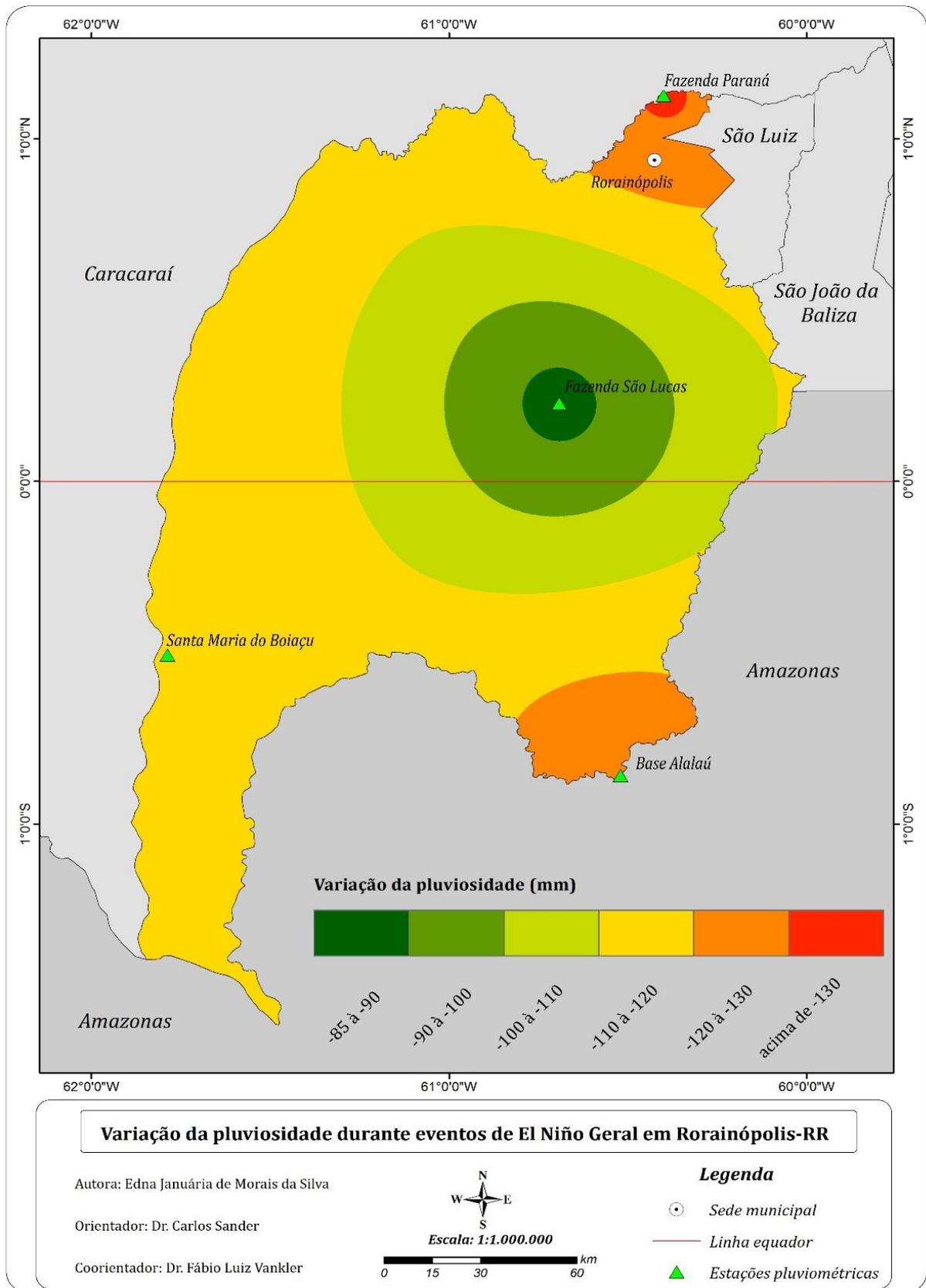
Após análise dos desvio padrão da pluviosidade média nas estações

pluviométricas da área de estudo sob influência do El Niño geral, notou-se que o desvio padrão das médias mensais de pluviosidade no período seco outubro – março analisados, mostraram médias entre 100 - 200 mm de volume de chuvas, com exceção da estação fazenda Paraná que apresentou média entre 95- 85 mm.

Enquanto no período chuvoso abril – setembro a média do desvio padrão apresentado mostrou variação de 120 - 300 mm, na estação fazenda Paraná a média apresentada variou de 200-100 mm de pluviosidade. Todavia, quando especializou-se a variação da pluviosidade do El Niño geral na Figura 18 em relação à média histórica, é possível notar nitidamente a queda nos índices de chuvas na área de estudo. Assim, a variação apresentada no setor norte é de – 130 mm.

Já nos setores centro norte e sudeste, a variação apresentada foi de -120 a 130 mm, enquanto que nas porções sul, sudoeste e oeste a variação observada foi - 110 a -120 mm. Na porção central da área de estudo, a variação mostrada foi - 85 a - 90 mm e nos raios de influência da porção central as variações alcançaram de -90 a - 100 e de -100 a - 110 mm. Dessa forma, em todos os setores da área de estudo foram observados decréscimos significativos na variação da pluviosidade.

Figura 16 - Mapa da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño geral na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

5.3.2 Pluviosidade da área de estudo sob influência do El Niño forte intensidade em relação à média histórica

Na Tabela 5, observam-se os volumes de chuva precipitados durante o El Niño de forte intensidade, assim como o desvio padrão e a variação em relação à média histórica.

Tabela 5 - Pluviosidade do El Niño de forte de intensidade na área de estudo

Estações	Volume precipitado (mm)	Desvio Padrão (mm)	Varição em relação à média histórica anual (mm)
	1) Faz. Paraná	1.412,047	415,93
2) Base Alalaú	2.312,945	452,14	-141,06
3) Santa Maria do	2.292,889	275,95	-256,23
4) Boiaçú			
5) São Lucas	1.601,168	239,25	-718,11

Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

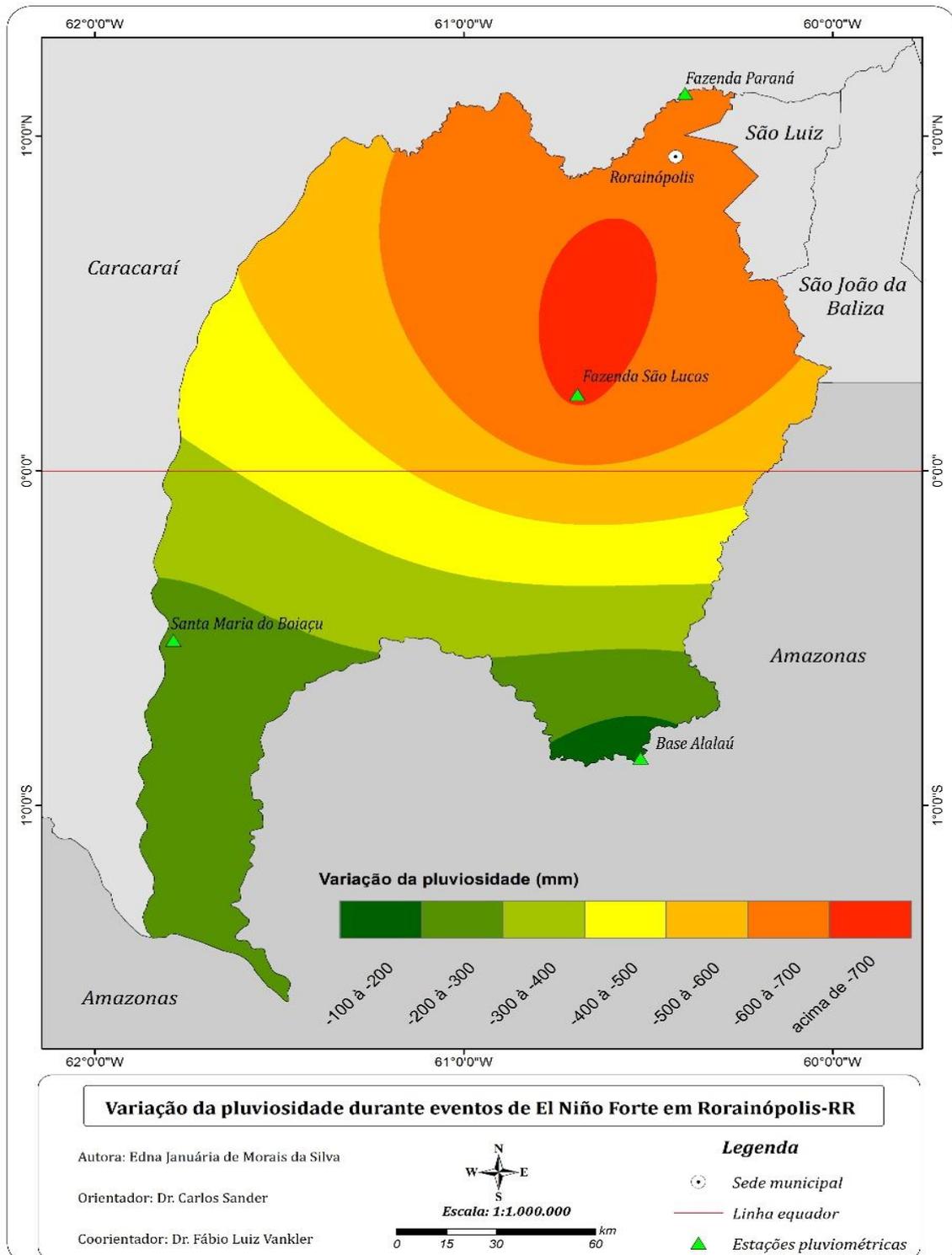
Na Tabela 5, pode-se notar o comportamento da pluviosidade influenciados pelo El Niño de forte intensidade, onde os volumes precipitados na área de estudo, mostraram-se invasivos na redução da pluviosidade visualizados nas estações pluviométricas em relação aos volumes médios precipitados quando sob influência do El Niño geral.

Notam-se decréscimos de 500 mm nos volumes de chuvas na estação fazenda Paraná, de aproximadamente 150 mm na estação Santa Maria do Boiaçú e na estação São Lucas acima de 600 mm, enquanto que na estação Base Alalaú houve influência mínima nos totais de volumes precipitados.

Dessa forma, a média do desvio padrão apresentada foi influenciada não na mesma proporção quando sob influência do La Niña geral, porém o menor desvio-padrão no El Niño forte de intensidade foi observado na estação São Lucas com 239,25 mm de chuvas. A menor variação em relação à média histórica foi observada na estação Base Alalaú com -141,06 mm.

Assim, quando observa-se a espacialização da pluviosidade na Figura 19 é possível notar a dimensão do impacto da anomalia na região.

Figura 17 - Mapa de espacialização da precipitação El Niño de forte intensidade na área de estudo



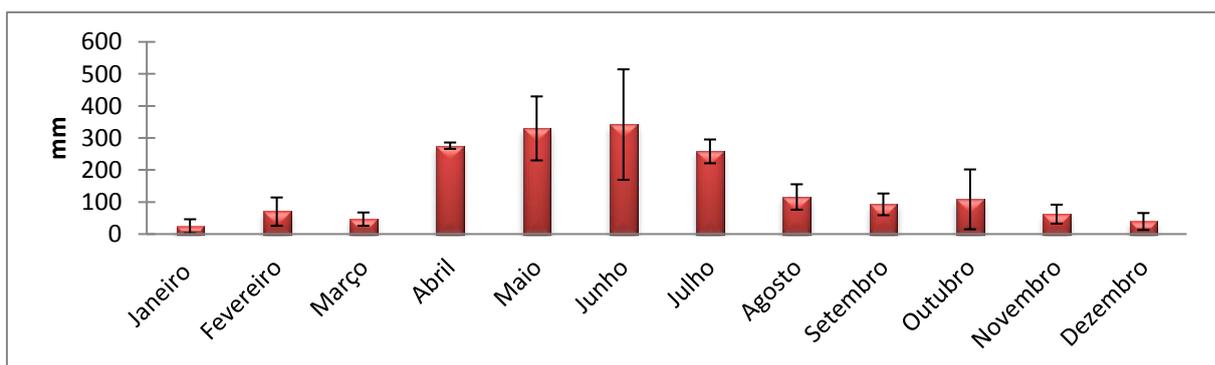
Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Ao analisar o impacto do El Niño de forte intensidade na área de estudo, nota-se que as variações de pluviosidade nos setores norte - 600 a -700 mm e centro norte apresentaram-se acima de -700 mm. Assim, esses setores foram os mais impactados pelo fenômeno El Niño de forte intensidade. Na região central, as variações pluviométricas mostradas são de - 600 a -700 mm, enquanto que ao se deslocar para os setores centro-sul, sudoeste e sudeste essas variações vão se mostrando com menos impactos na região estudada.

Nesse sentido, eventos ocorridos na região de estudo em 1997-1998 com destaque para as grandes queimadas, diminuição no volume de água dos rios e poços amazonas e em 2015-2016 intensos focos de queimadas, interferências como ausência no fornecimento d'água pelo abastecimento público, são episódios que marcaram a influência do El Niño de forte intensidade. Assim, estudiosos como Barni et al.(2015), Barni et al (2017), apontaram tais eventos em recentes estudos na região de Rorainópolis.

Assim, quando analisam-se os desvio-padrão na Figura 20 das médias pluviométricas em anos de El Niño de forte intensidade na estação Fazenda Paraná, observa-se que o impacto no volume de chuvas é notório no período seco que compreende os meses de outubro a março na área de estudo.

Figura 18 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação fazenda Paraná no município de Rorainópolis-RR



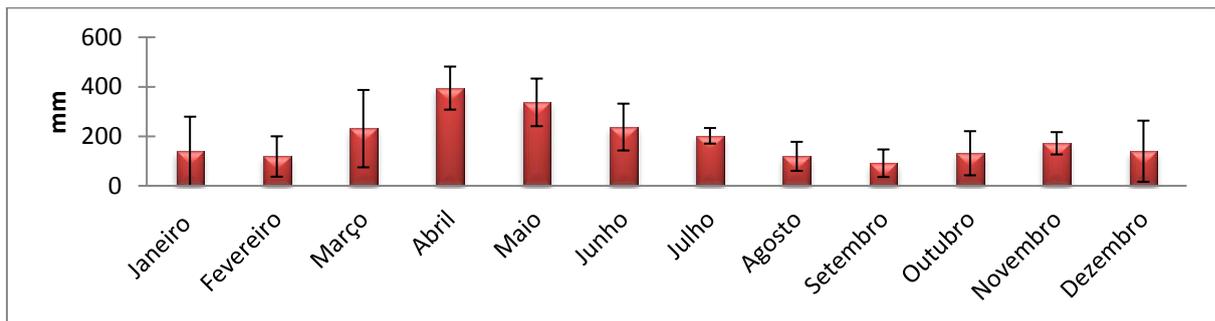
Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

O volume de chuvas apresentado nesses meses variou de 20-100 mm, indicando o mês de janeiro com menor índice de chuvas nesta estação com 20 mm precipitado e o mês de outubro como o que recebeu maior incremento de chuvas nesse período,

aproximadamente 100 mm. Já nos meses de abril a setembro que compreende os mais chuvosos, os volumes de chuvas precipitados obtiveram variação acima de 90 a 300 mm, onde o mês de maio apresentou maior ápice pluviométrico um pouco mais que 300 mm.

Conforme a Figura 21, na estação Base Alalaú o desvio padrão observado mostrou que no período seco a variação pluviométrica apresentada foi de 120 - 230 mm e no período chuvoso de 90 - 390mm. Assim, a atuação do El Niño forte nessa estação foi menos relevante que na estação Paraná, porém, houve diminuição nos incrementos pluviométricos recebidos principalmente no final semestre chuvoso no mês de setembro apresentando 90 mm de chuvas.

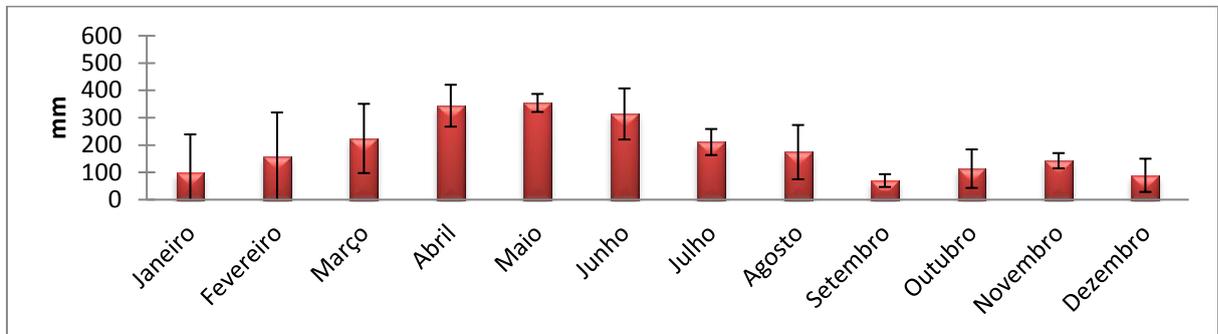
Figura 19 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio-padrão em anos de El Niño forte na estação Base Alalaú, divisa do município de Rorainópolis-RR e o estado do Amazonas- AM



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Quando se analisam os desvio padrão na estação Santa Maria do Boiaçú Figura 22, observa-se que as variações no período seco de outubro a março na área de estudo, expressam-se de 100 – 220 mm, enquanto que no período chuvoso, a variação percebida foi de 70-360 mm nos incrementos pluviométricos recebidos nessa estação.

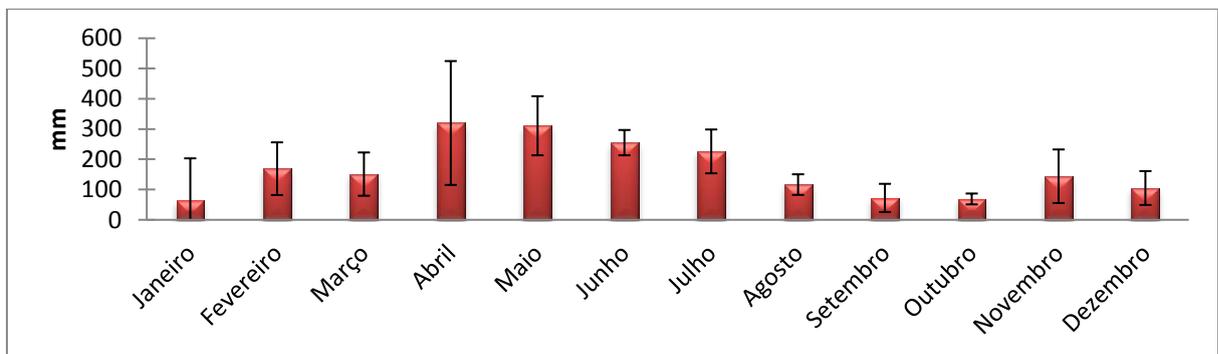
Figura 20 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação Santa Maria do Boiaçú no município de Rorainópolis-RR, limite com o município de Caracarái-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Na Figura 23, na estação São Lucas os desvio padrão observados, mostraram variações de 70 – 170 mm de pluviosidade no período seco e de 70 - 320 mm nos volumes de chuvas precipitados no período que compreende o mais chuvoso da área de estudo.

Figura 21 - Gráfico de pluviosidade mensal desvio padrão em anos de El Niño forte na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, as estações pluviométricas da área de estudo sob influência do El Niño de forte intensidade, mostraram redução em relação aos incrementos de chuvas recebidos, principalmente a estação fazenda Paraná, onde os desvios padrão da pluviosidade foram os mais reduzidos.

5.3.3 Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña geral

A Tabela 6 mostra o comportamento da pluviosidade dos eventos de La Niña geral na área de estudo, observamos que na estação fazenda Paraná, os volumes médios de precipitação apresentados são de 2.210,46 mm.

Esse mesmo volume de chuva, comparado ao volume médio precipitado, 2.075,33 mm nesta estação, mostrou um incremento recebido de um pouco mais de 130 mm de chuva. Assim, a estação pluviométrica que recebeu maior volume de chuva em relação à média histórica precipitada foi a São Lucas com um incremento de 170 mm na pluviosidade.

A estação que apresentou menor volume nos incrementos recebidos em relação à média histórica foi a Santa Maria do Boiaçú com um acréscimo de 88mm na pluviosidade,

Em relação ao desvio padrão, observamos que a menor média apresentada foi na estação fazenda Paraná com 428,99 mm e na estação São Lucas foi observado a maior média do desvio- padrão de 547,37 mm. Quanto à variação em relação à média histórica, apresentou-se com 88,30 mm na estação Santa Maria do Boiaçú e 173,00 mm na estação São Lucas. Nesse sentido, foi observado que os incrementos recebidos nas estações pluviométricas da região de Rorainópolis variaram de 88 mm a 170 mm no acréscimo de chuvas sob influência do La Niña geral.

Tabela 6 - Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña geral no município de Rorainópolis-RR.

Estações	Volume precipitado (mm)	Desvio Padrão (mm)	Varição em relação à média histórica anual (mm)
1) Faz. Paraná	2.210,46	428,99	135,14
2) Base Alalaú	2.601,77	468,67	147,77
3) Santa Maria do Boiaçú	2.637,41	359,77	88,30
4) São Lucas	2.492,28	547,37	173,00

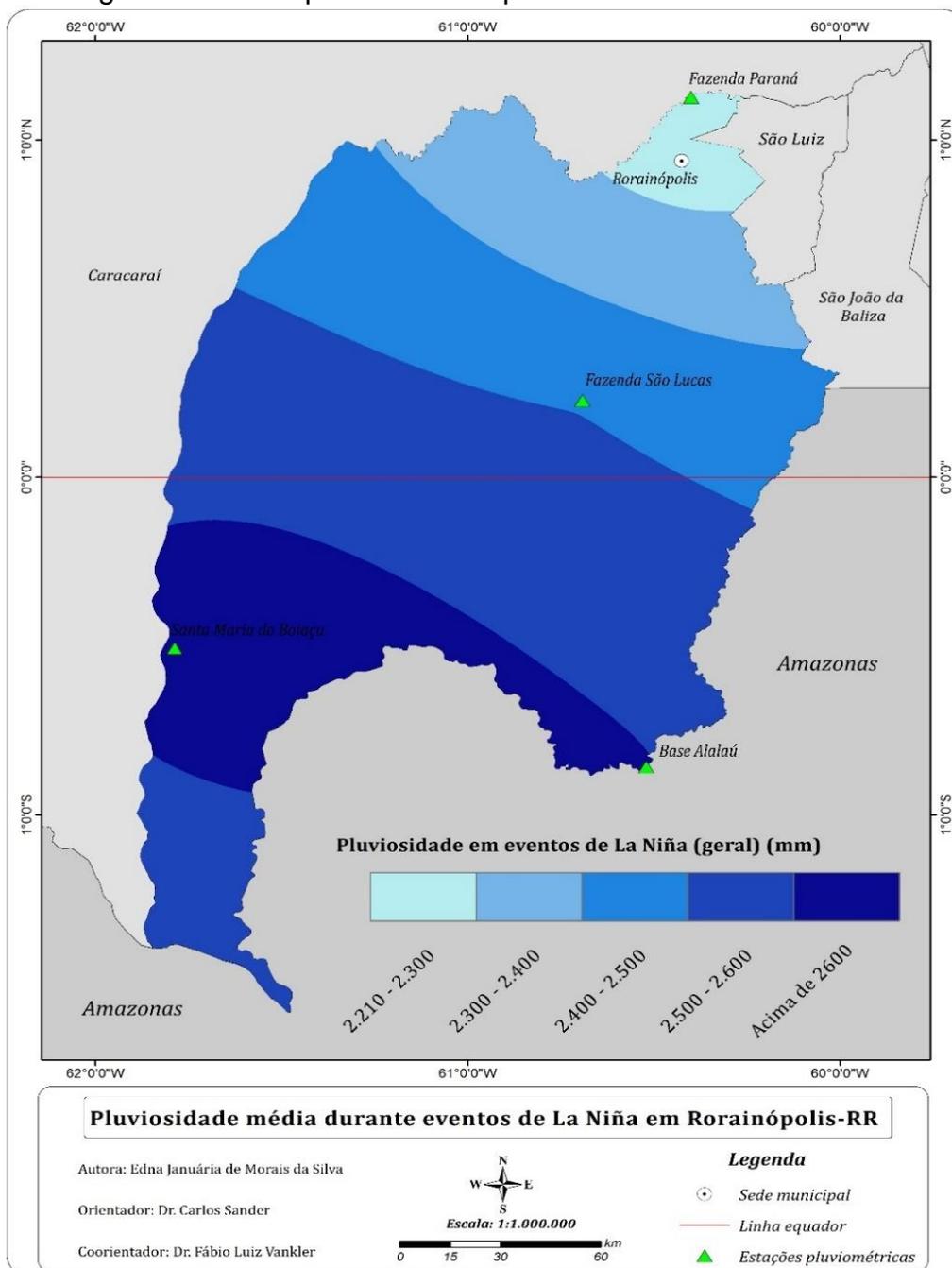
Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva(2017).

Assim, ao espacializar esses dados pluviométricos na Figura 24, nos faz compreender melhor o comportamento pluviométrico das estações estudadas em anos de La Niña. Conforme observado, a variação pluviométrica no setor norte

alcançou 2.210- 2.300 mm. No setor centro –norte a variação apresentada foi de 2.300 – 2.400 mm. Nos raios da estação fazenda São Lucas a variação foi de 2.400 – 2.500 mm, enquanto que no setor sudeste a variação alcançado foi de 2.500- 2.600 mm. Já no sudoeste da área de estudo a variação foi acima de 2.600 mm.

Assim, percebeu-se que a região de estudo quando sob influência dos eventos de La Niña geral, aos volumes pluviométricos recebidos ocasionaram ligeiro aumento em relação aos volumes precipitados na média histórica anual.

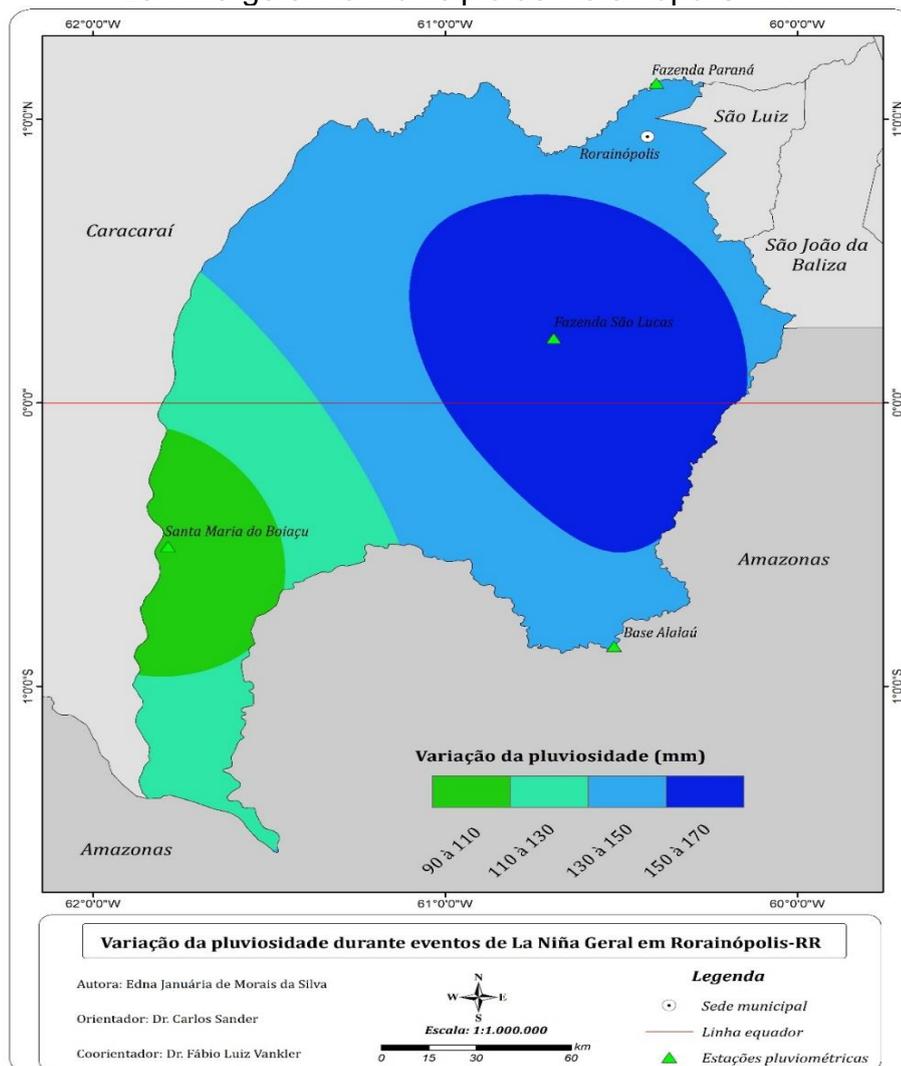
Figura 22 - Mapa da Espacialização da variação da pluviosidade durante eventos de La Niña geral no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Quanto à espacialização da variação da pluviosidade do La Niña geral em relação à média histórica na Figura 25, o estudo mostrou que na porção central é observada variação na pluviosidade de 150 – 170 mm, enquanto que nos setores norte, sudeste e noroeste a variação se apresenta de 130 – 150 mm e no setor sudoeste a variação é de 90 – 110 mm. Dessa forma, o setor que apresenta maior variação na pluviosidade é a porção central, onde se localiza a estação pluviométrica fazenda São Lucas e as menores variações na pluviosidade foram notadas no setor sudoeste que abrange a localização da estação Santa Maria do Boiaçu.

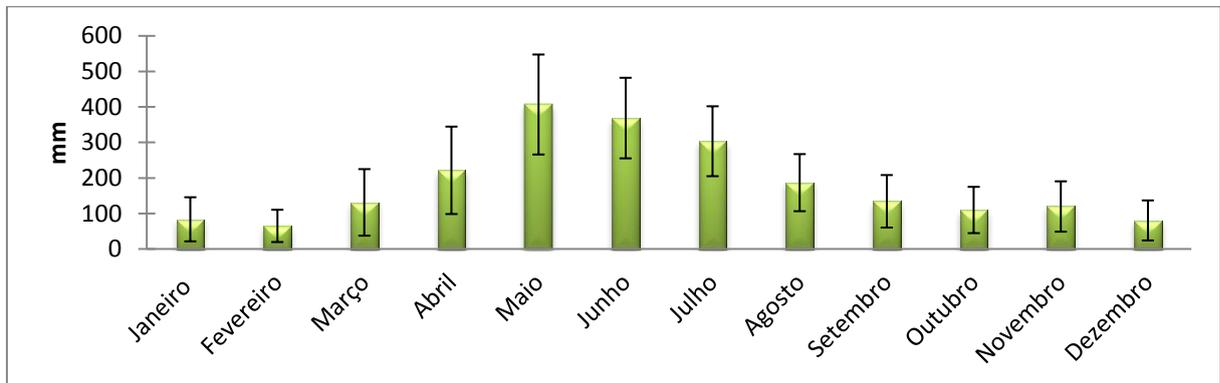
Figura 23 - Mapa da Espacialização da variação da pluviosidade durante eventos de La Niña geral no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, em relação à análise dos desvio-padrão na estação fazenda Paraná Figura 26 sob influência do La Niña geral, observou-se que a variação pluviométrica apontada apresentou valores de 60 -130 mm no período considerado seco outubro a março na área de estudo, enquanto que a variação mostrada no período chuvoso de abril- setembro obtiveram valores de 130 - 400 mm.

Figura 24 - Gráfico da Pluviosidade mensal (desvio-padrão) em anos de La Niña geral na estação fazenda Paraná no município de Rorainópolis-RR

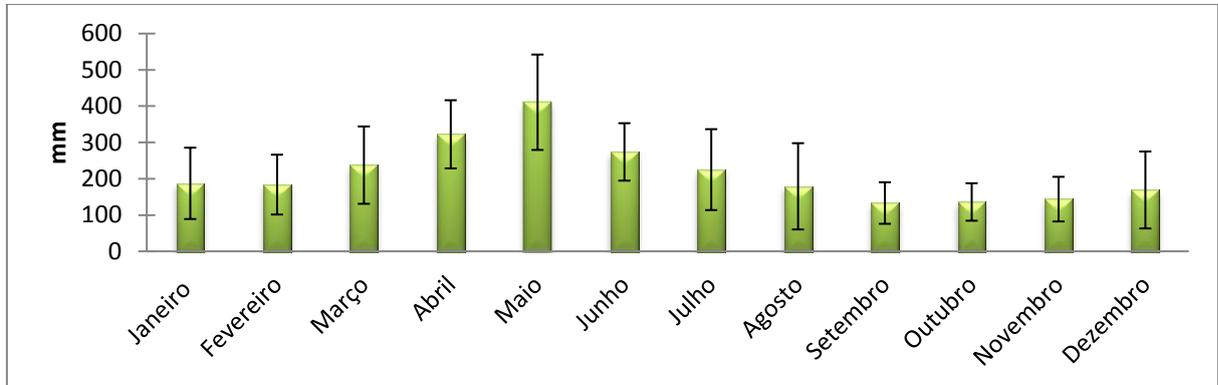


Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Nesse sentido, na análise do desvio-padrão nessa estação pluviométrica, notou-se que mesmo sob influência do La Niña geral, os índices precipitados continuam reduzidos no período considerado seco, entretanto, notou-se que no período chuvoso, alcançou volume de 400 mm, considerado positivo nessa estação.

Na análise da Figura 27, o desvio padrão apresentou variação de 130 - 230 mm na estação Base Alalaú no período seco que compreende de outubro a março e no período chuvoso que compreende os meses de abril a setembro, a variação observada foi de 130-410 mm. Assim, nos dois períodos, foi notado médias de desvio-padrão considerados altos nesta estação.

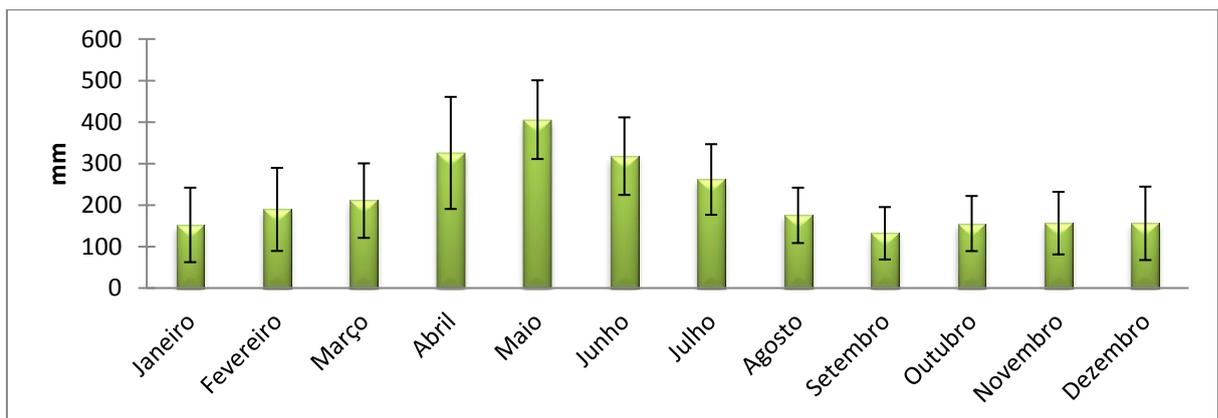
Figura 25 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña geral na estação Base Alalaú no município de Rorainópolis –RR, limite com o estado do Amazonas-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Ao analisar as médias do desvio-padrão na Figura 28 no período seco da estação Santa Maria do Boiaçú, observa-se que as variações apresentaram-se de 190 – 210 mm e no período chuvoso a variação foi de 130 – 400. Nota-se assim, que essa estação foi influenciada positivamente pelo evento de La Niña geral tanto no período seco, quanto no período chuvoso.

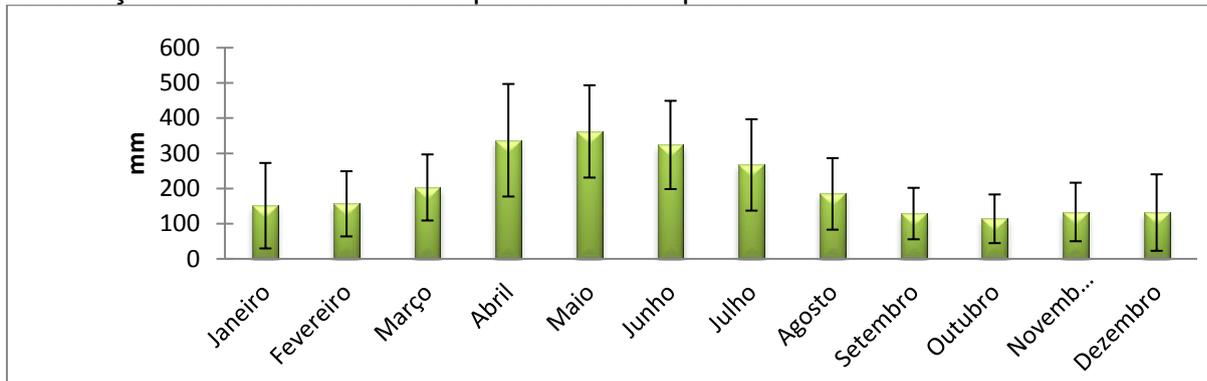
Figura 26 - Gráfico da Pluviosidade mensal desvio-padrão em anos de La Niña geral na estação Santa Maria do Boiaçú no município de Rorainópolis-RR, limite com o município de Caracarái-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Ao realizar a análise dos valores do desvio-padrão apresentado na Figura 29 da estação São Lucas, sob influência do La Niña geral, a variação apresentada foi 130 - 200 mm no período seco e de 130-360 mm no período chuvoso.

Figura 27 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña geral na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

A análise do desvio padrão mostra que a influência do La Niña geral na pluviosidade das estações da área de estudo foi relevante mostrando alterações na média do desvio-padrão de um pouco mais 150mm de chuvas na área de estudo. Notou-se também que a estação fazenda Paraná que ao longo do estudo apresentou-se com pluviosidade reduzida, mostrou aumento na média pluviométrica do desvio-padrão em relação às demais estações.

5.3.4 Pluviosidade sob influência do La Niña de forte intensidade em relação à média histórica

Ao realizar a análise da pluviosidade da área de estudo quando sob influência dos eventos de La Niña de forte intensidade, notamos que os incrementos pluviométricos recebidos foram significativos e que esses valores alteraram sobremaneira a dinâmica do comportamento pluviométrico do município de Rorainópolis-RR.

Por meio dos dados da Tabela 7 que mostra os volumes precipitados, o desvio-padrão e a variação em relação à média histórica da área de estudo, observou-se que todas as estações estudadas mostraram acréscimo pluviométrico, sendo que a estação Base Alalaú foi destaque em termos de incrementos recebidos.

Tabela 7 - Pluviosidade da área de estudo sob influência do La Niña de forte intensidade em relação à média histórica anual

Estações	Volume	Desvio	Variação em relação à média histórica anual (mm)
	precipitado (mm)	Padrão (mm)	
1) Faz. Paraná	2.381,23	312,0485	305,91
2) Base Alalaú	2.706,14	541,564	252,14
3) Santa Maria do Boiaçú	2.650,64	343,108	101,52
4) São Lucas	2.591,04	283,909	271,76

Fonte: INMET (2017); ANA (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Nos anos de La Niña de forte intensidade, notamos que o comportamento pluviométrico na estação fazenda Paraná em relação à média histórica foi de alterações significativas nos totais de chuvas com 2.381,23 mm. Em ano sem La Niña forte, a média histórica pluviométrica desta estação é de 2.075,33 mm, assim, essa estação recebeu em incrementos pluviométricos, um acréscimo de 305,9 mm de chuvas.

A segunda estação a receber volumes de chuvas significativos foi a São Lucas, onde em anos normais a média apresentada é de 2.319,28 mm, em anos de El Niño de forte intensidade a média apresentada foi de 2.591,04 mm, recebendo um acréscimo de 271,76 mm em volumes pluviométricos. A estação Base Alalaú também recebeu 252,14 mm de chuvas e a estação Santa Maria do Boiaçú recebeu nesse período 101,53 mm de pluviosidade.

Ao analisarmos os dados do desvio-padrão, observamos que a maior média apresentada foi na estação Base Alalaú com média de 541,564 mm onde houve maior volume precipitado, seguido da estação Santa Maria do Boiaçú com média de 343,108 mm de chuvas.

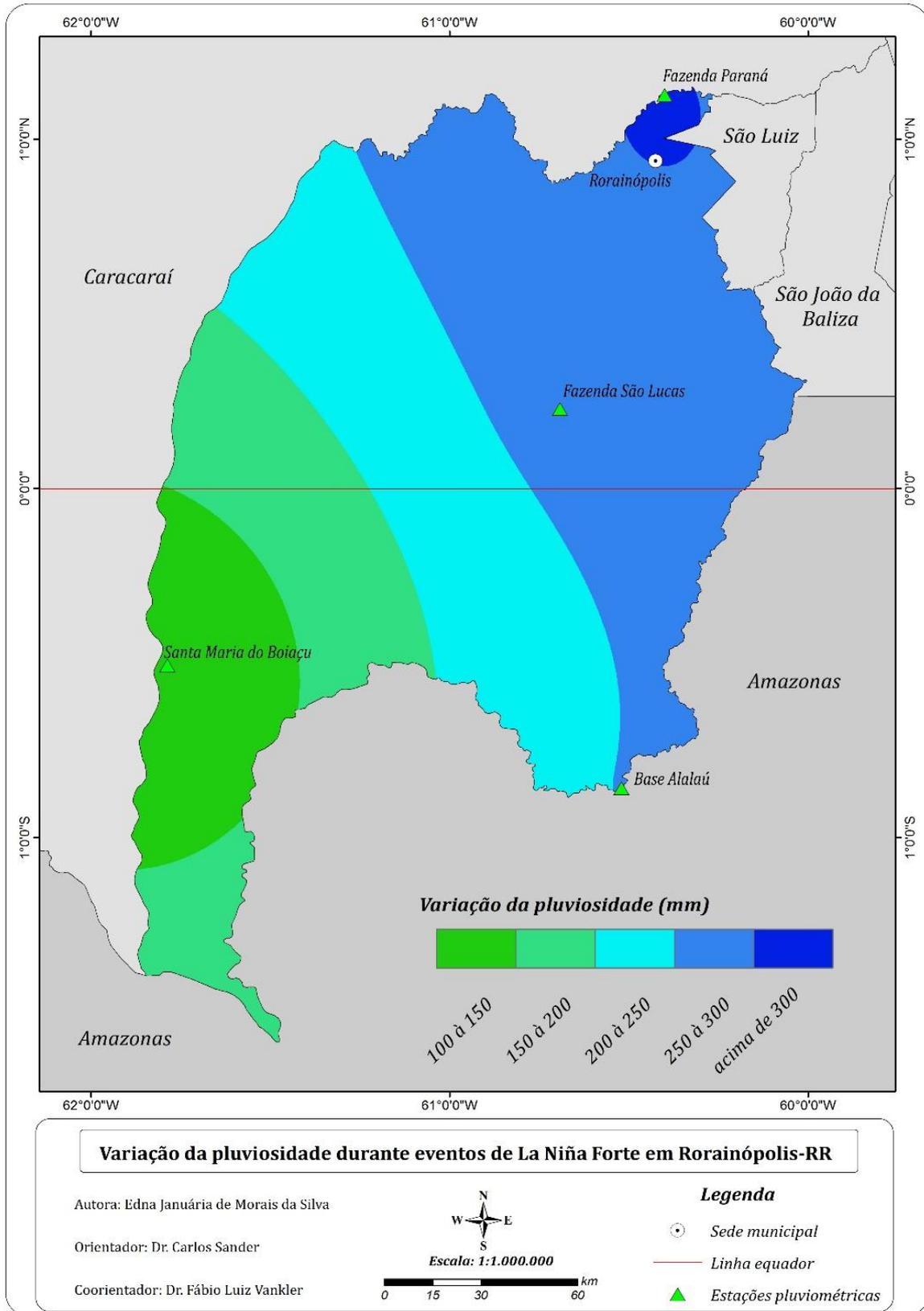
Quanto à variação em relação à média histórica, as mesmas apresentaram volumes de 101,52 mm na estação Santa Maria do Boiaçú a 305,91mm na estação fazenda Paraná. Assim, todas as estações da área de estudo apresentaram volumes

de chuvas significativos quando sob influência do fenômeno La Niña de forte intensidade. Dessa forma, para uma melhor compreensão e percepção dos volumes de chuvas na área de estudo, realizou-se a espacialização das médias pluviométricas do La Niña de forte intensidade em relação à média histórica na Figura 30.

Durante a análise, foi observado que ao norte da área de estudo a variação apontada foi maior que 300 mm, na porção leste – noroeste a variação foi de 250 -300 mm, enquanto que na porção sudeste – oeste a variação mostrada alcançou de 200 - 250 mm e na porção sudoeste a variação observada foi de 110 -150 mm.

Dessa maneira, o comportamento pluviométrico na área de estudo apresentou-se elevado no sentido centro-norte da área estudada e esse comportamento das chuvas justifica as anomalias ocorridas em Rorainópolis- RR no último ciclo forte de La Niña nos anos 2010/2011, ocasionando aumento no volume hídrico dos cursos d'água da região, cheias prolongadas, assim como problemas de alagamentos na zona urbana da cidade.

Figura 28 - Mapa da espacialização da variação da pluviosidade do La Niña forte intensidade em relação à série histórica no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Morais da Silva, (2017).

Dessa forma, a cidade de Rorainópolis-RR mostrou-se vulnerável diante dos incrementos pluviométricos acrescidos, onde as áreas próximas a igarapés ocupadas irregularmente e, portanto, consideradas como áreas de risco, foram penalizadas com a interferência desses eventos (grifo nosso).

Assim, Ayoade (2010) corrobora observando que a atuação de eventos climáticos extremos como, por exemplo, grandes precipitações em determinados períodos, tornam as cidades vulneráveis a essas atuações climáticas críticas.

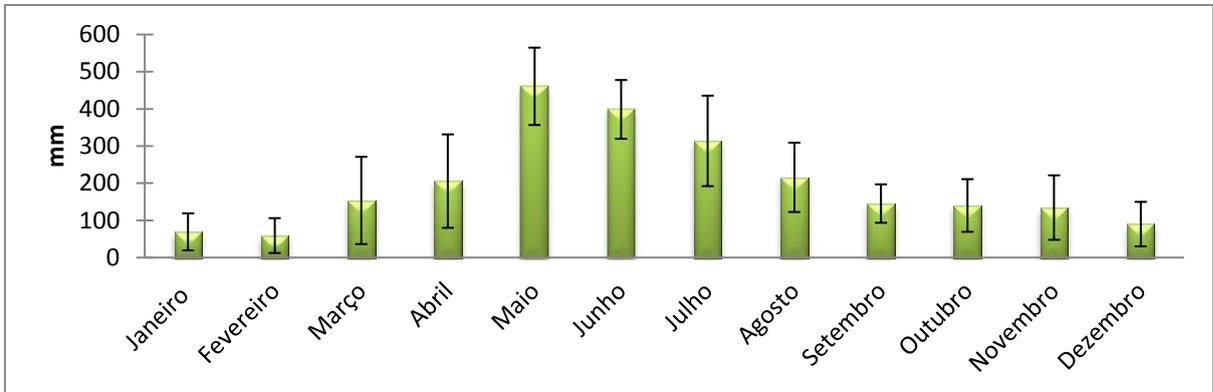
Nesse sentido, em Rorainópolis foram criadas medidas mitigadoras pelo poder público municipal, objetivando minimizar o problema das enchentes com a ampliação da canalização dos igarapés que ofereciam riscos diante desses eventos adversos e elaboração do Plano de Saneamento Básico da cidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE RORAINÓPOLIS, 2017 – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2017 - no prelo).

Convém lembrar que a questão dos alagamentos na área urbana é comum nas cidades brasileiras, principalmente quando estas não possuem adequada infraestrutura hídrica de drenagem ou plano de contingência para enfrentar períodos de chuvas intensas, acarretando muitas vezes, danos à população e ao comércio local (CASTRO, 2011).

O autor afirma ainda que as alterações climáticas e impactos nos recursos hídricos, dá-se pelo inadequado planejamento urbano e ambiental nos recortes político-administrativos quanto às bacias hidrográficas. A exemplo, citam-se os grandes centros metropolitanos como o Rio de Janeiro que se expandiram de maneira acelerada sendo ocupado próximos aos mananciais, agravando problemas já existentes ou acarretando outros.

Ao analisarem-se os desvio padrão da média pluviométrica do La Niña de forte intensidade apresentado na Figura 31, observou-se que a estação fazenda Paraná no período considerado seco, apresentou variação na média do desvio-padrão de 60 – 150 mm e no período chuvoso a variação foi de 200 – 400 mm de pluviosidade.

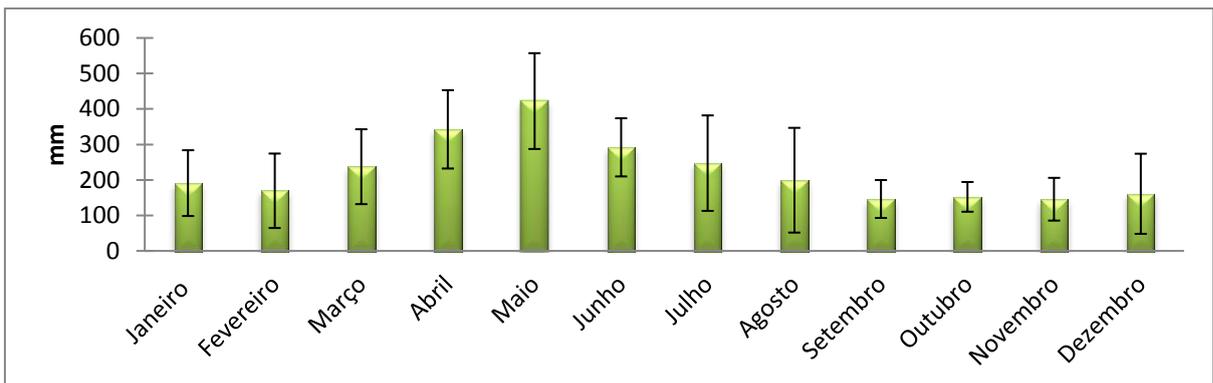
Figura 29 - Gráfico da pluviosidade mensal do desvio padrão em anos de La Niña forte na estação Paraná no município de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Assim, ao analisar a Figura 32, que trata do desvio padrão na estação Base Alalaú sob influência do La Niña de forte intensidade, observou-se que a variação apresentada foi de 20 – 190 mm nos meses de outubro a março e de 145- 425 mm nos meses de abril a setembro.

Figura 30 - Gráfico da pluviosidade mensal do desvio-padrão em anos de La Niña de forte intensidade na estação Base Alalaú, limite do município de Rorainópolis-RR com o estado do Amazonas-AM

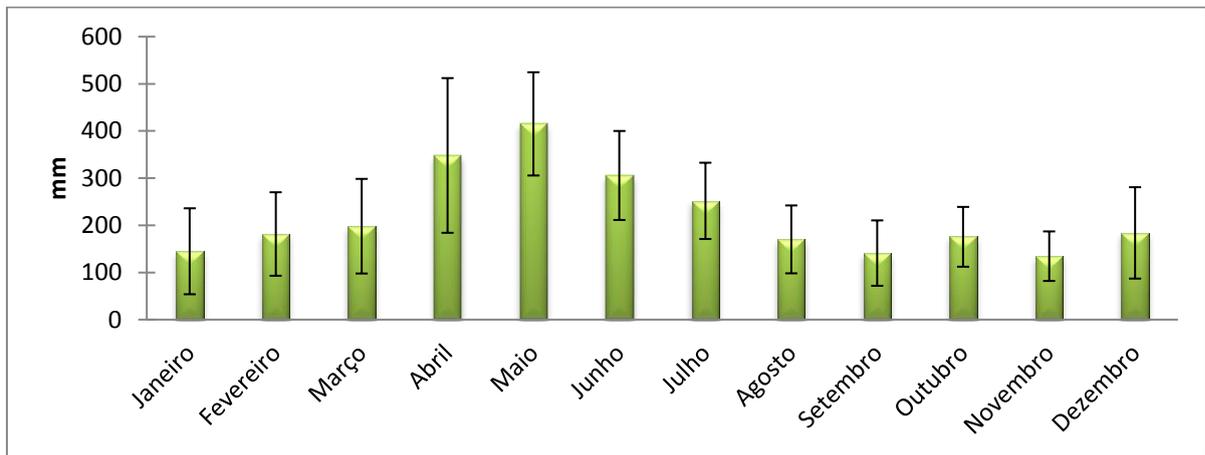


Fonte: Autoria própria.

Assim, quando se observou a Figura 33, que trata do desvio padrão da estação Santa Maria do Boiaçu, sob influência do La Niña de forte intensidade, notou-se que apresentou volumes pluviométricos de 135 – 195 mm nos meses de outubro a março e nos meses de abril a setembro os volumes mostrados, variaram de 140- 415 mm. Dessa forma, influenciada pelo La Niña de forte intensidade, a estação logrou

êxito nos volumes pluviométricos recebidos principalmente no período chuvoso.

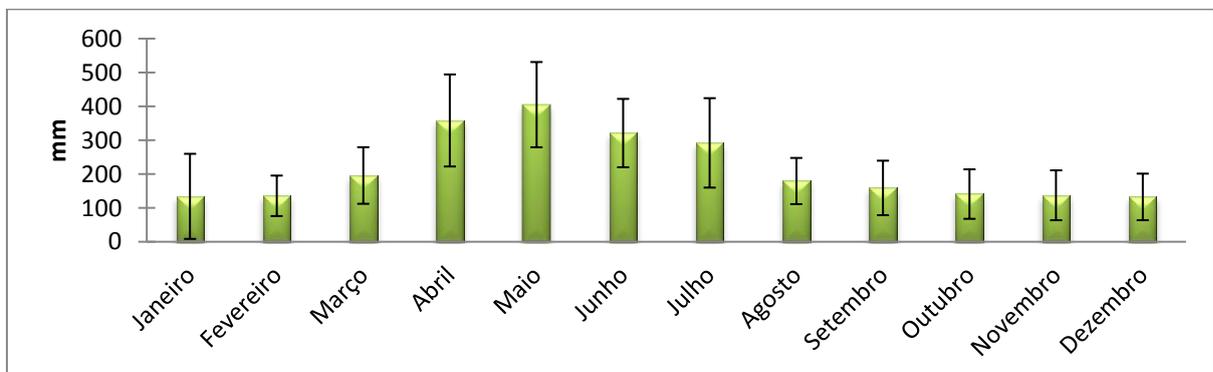
Figura 31 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña forte na estação Santa Maria do Boiaçú no município de Rorainópolis-RR com o município de Caracaraí-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Na análise da Figura 34, foi observado que a variação dos desvio padrão nos meses de outubro a março foram de 130-195 mm e nos meses de abril a setembro os volumes variaram de 160- 400 mm. Tais valores demonstraram que a influência do La Niña de forte intensidade na estação foram positivos.

Figura 32 - Gráfico da pluviosidade mensal desvio padrão em anos de La Niña forte na estação São Lucas no município de Rorainópolis-RR com o município de Rorainópolis-RR



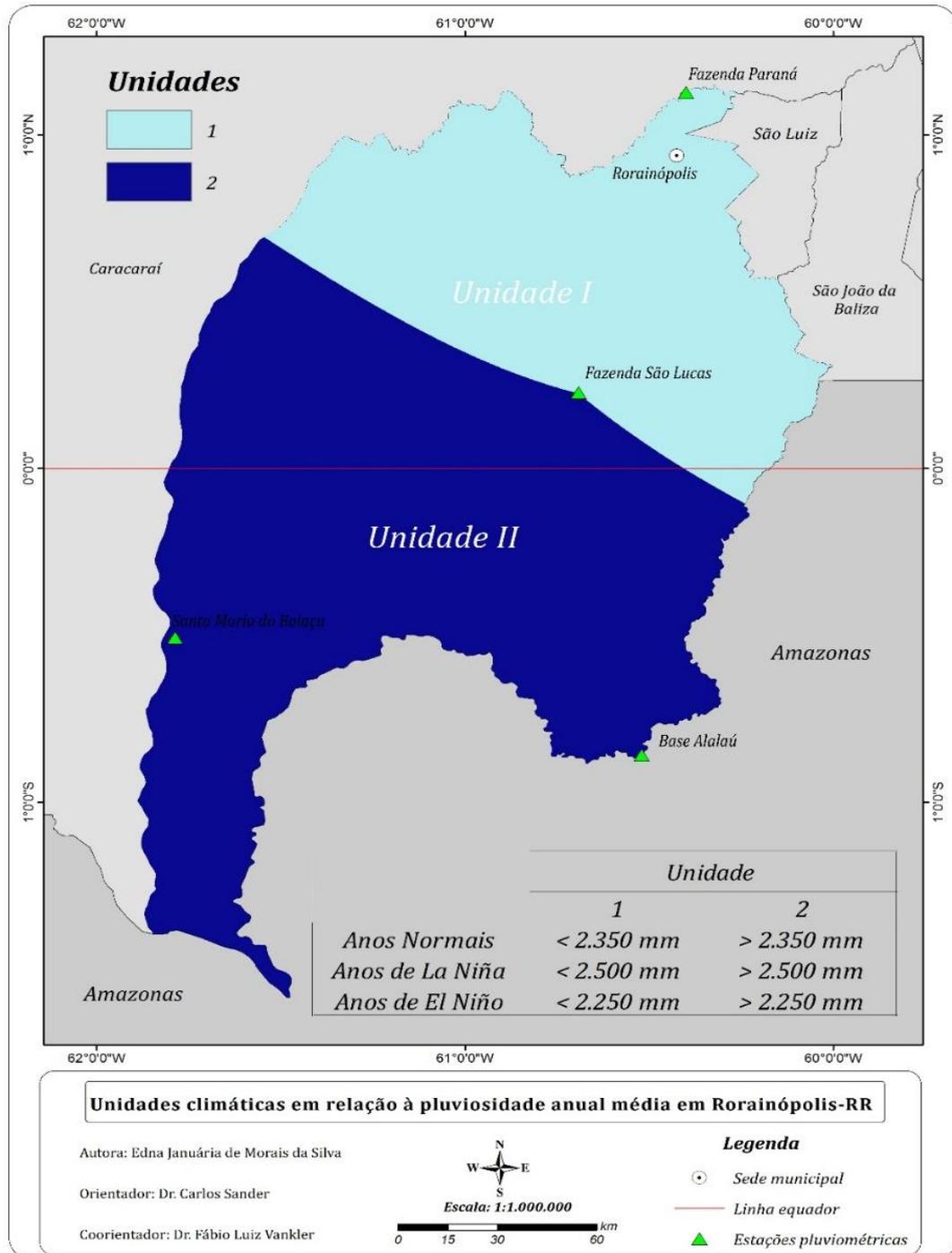
Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

5.4 UNIDADES CLIMÁTICAS DE RORAINÓPOLIS- RR

As unidades climáticas do município de Rorainópolis-RR Figura 35 foram definidas por meio da interpolação dos dados de pluviosidade média anual e pluviosidade média em anos de El Niño e La Niña em relação à série histórica das estações pluviométricas da área de estudo.

A unidade 1 tem como característica precipitações em anos normais <2.350 mm, anos de El Niño <2.250 mm e anos de La Niña < 2.500. É influenciada pelo clima do tipo Am (clima de monção) no setor norte da área estudada e os volumes de chuvas nesta unidade recebem interferência do período de estiagem da estação pluviométrica Fazenda Paraná, estação essa que recebeu menor volume em incrementos de chuvas em relação as demais estações pluviométricas estudadas.

Figura 33 - Mapa das unidades climáticas de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Morais da Silva, (2017).

Estão inseridas nesta unidade climática as estações pluviométricas Fazenda Paraná e Fazenda São Lucas e também a rodovia BR 174, onde às suas margens se concentram as áreas urbanizadas da área estudada.

A unidade 1 sofre influência tanto de ordem antrópica como natural e foi onde

ocorreu o maior incêndio com perda florestal de área com aproximadamente 1.504,8 km² no ano de 2016.

A unidade 2 tem como característica chuvas em anos normais > 2.350 mm, anos de El Niño > 2.250 mm e anos de La Niña > 2.500 mm. Nesta unidade concentram-se as estações pluviométricas Base Alalaú e Santa Maria do Boiaçú. Essas estações apresentam volumes pluviométricos acima de 2.000 mm e recebe influência do tipo climático Af (tropical úmido) caracterizando essa unidade como úmida. Essa unidade também é marcada pela linha do equador.

Desse modo, a partir da definição das unidades climáticas, pretende-se auxiliar os gestores públicos na elaboração de planos, no que tange às diversidades climáticas existentes na região, e, aos locais que necessitam de atenção em relação aos eventos naturais, como as estiagens e focos de incêndios que ocorreram em anos de El Niño e La Niña, e antrópicos, como o desmatamento para o beneficiamento de madeiras na região estudada.

5.5 LEVANTAMENTO DA DEMANDA HÍDRICA DA CIDADE DE RORAINÓPOLIS-RR

O abastecimento de água na cidade de Rorainópolis-RR é gerenciado pela Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAERR, utilizando dois sistemas de captação de água: Sistema de captação superficial das águas do rio Anauá³ e Sistema de captação de água subterrânea.

O Sistema de captação superficial das águas do rio Anauá é perene e está localizado na vicinal 02 (Figura 36 A) região noroeste, a 13 km da sede do município, e funciona com a instalação de adutoras por meio de conjuntos moto bombas (Figura 36 B) instalados sobre flutuantes no rio Anauá. A estrutura está operante e encaminha a água bruta para a (ETA) em Rorainópolis Figura 37, onde é realizado o controle, análise e monitoramento da água pela FUNASA, CAERR e equipe da VIGIAÁGUA. Após receber o tratamento adequado, a água é distribuída à população (CAERR, 2017).

³ Rio Anauá - Principal curso d'água que abastece a cidade de Rorainópolis-RR, corta o município e importante afluente do rio Branco (NIMMER, 1989; EVANGELISTA; SANDER; WANKLER, 2008).

Figura 34 - Sistema de captação de águas superficiais instalados sobre flutuantes no rio Anauá



Fotografias: arquivo pessoal. Autora da pesquisa, (2018).

Figura 35 - Estação de Tratamento de Água (ETA/CAERR) em Rorainópolis-RR



Fotografias: arquivo pessoal. Autora da pesquisa. (2018)

A vazão do Sistema de captação superficial no rio Anauá é de 70.000Lt/h e o conjunto motor-bomba pela qual as adutoras de água funcionam, ficam ligadas ininterruptamente durante 24 h, exceto quando há falta de energia elétrica ou quando há algum problema técnico (CAERR, 2017). Dessa forma, a produção de água por meio do sistema de captação superficial da CAERR, ocorrendo 24 horas por dia, produz em média 1.680.000 l de água.

O Sistema de captação de água subterrânea ocorre por meio de 11 poços tubulares (Apêndice C), o que diverge do estudo de Barni et., al (2015), onde os autores afirmam que a CAERR dispõe de 04 poços artesianos distribuídos na cidade. Esses poços tubulares são operados pela CAERR, localizados na zona urbana da cidade e juntamente com o sistema de captação superficial formam a rede de abastecimento de água pública.

Na Tabela 8 constam a localização, vazão, profundidade e outros dados pertinentes que compõe o mapeamento dos poços tubulares (operantes) que abastecem a cidade de Rorainópolis- RR.

Tabela 8 - Mapeamento dos poços tubulares (operantes) de Rorainópolis -RR

Poço	Bairro/ Localização	Vazão média/ Litros/h	Profundi dade/m	Bairros Atendidos	Situação	Coordenadas em UTM		Zona
						Lat.	Long.	
1	Gentil Carneiro	8.000	120 m	Gentil Carneiro	Operante	0104038	0786855	20 N
2	Centro	20.000	120 m	Centro	Operante	0105195	0786792	20 N
3	Centro	18.000	120 m	Centro	Operante	0105226	0786792	20 N
4	Campolandia	12.000	80 m	Novo horizonte	Operante	0103514	0785814	20 N
5	Suelandia	25.000	120 m	Campolandi a/Suelandia	Operante	0103964	0785099	20 N
6	Novo Horizonte	15.000	102 m	Parque das orquídeas	Operante	0103144	0785549	20 N
7	Centro	10.000	120 m	Centro	Operante	0104357	0786361	20 N
8	Pantanal	10.000	120 m	Pantanal	Operante	0104845	0785620	20 N
9	Novo Horizonte	15.000	107 m	Novo Horizonte e Parque das Orquídeas	Operante	0103309	0784883	20 N
10	Parque Amazônia	6.000	126 m	Parque Amazônia	Operante	0102868	0787390	20 N
11	Gentil Carneiro prox. Posto Mocapel	5.000	126 m	Gentil Carneiro e adjacências	Operante	0104499	0787331	20 N
Total =106.000 lt/h								

Fonte: CAERR (2017); Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Na Tabela 8 observa-se que a vazão total desses 11 poços tubulares atingem um volume de (106.000 l/h) sendo que em 24/h, produzem 2.544.000 l. Quando relacionados o volume de água produzido pelo Sistema de captação superficial no rio Anauá (1.680.000 l) adicionado ao volume de água produzido pelos poços tubulares de captação de água subterrânea (2.544.000 l), o total de água produzido é de 4.224.000 l/dia.

A CAERR dispõe de dois reservatórios para armazenamento de água tratada: um reservatório com capacidade diário de 120.000 litros e o outro reservatório com capacidade de 250.000 litros. Os dois reservatórios possuem capacidade de armazenamento de 370.000 litros de água por dia.

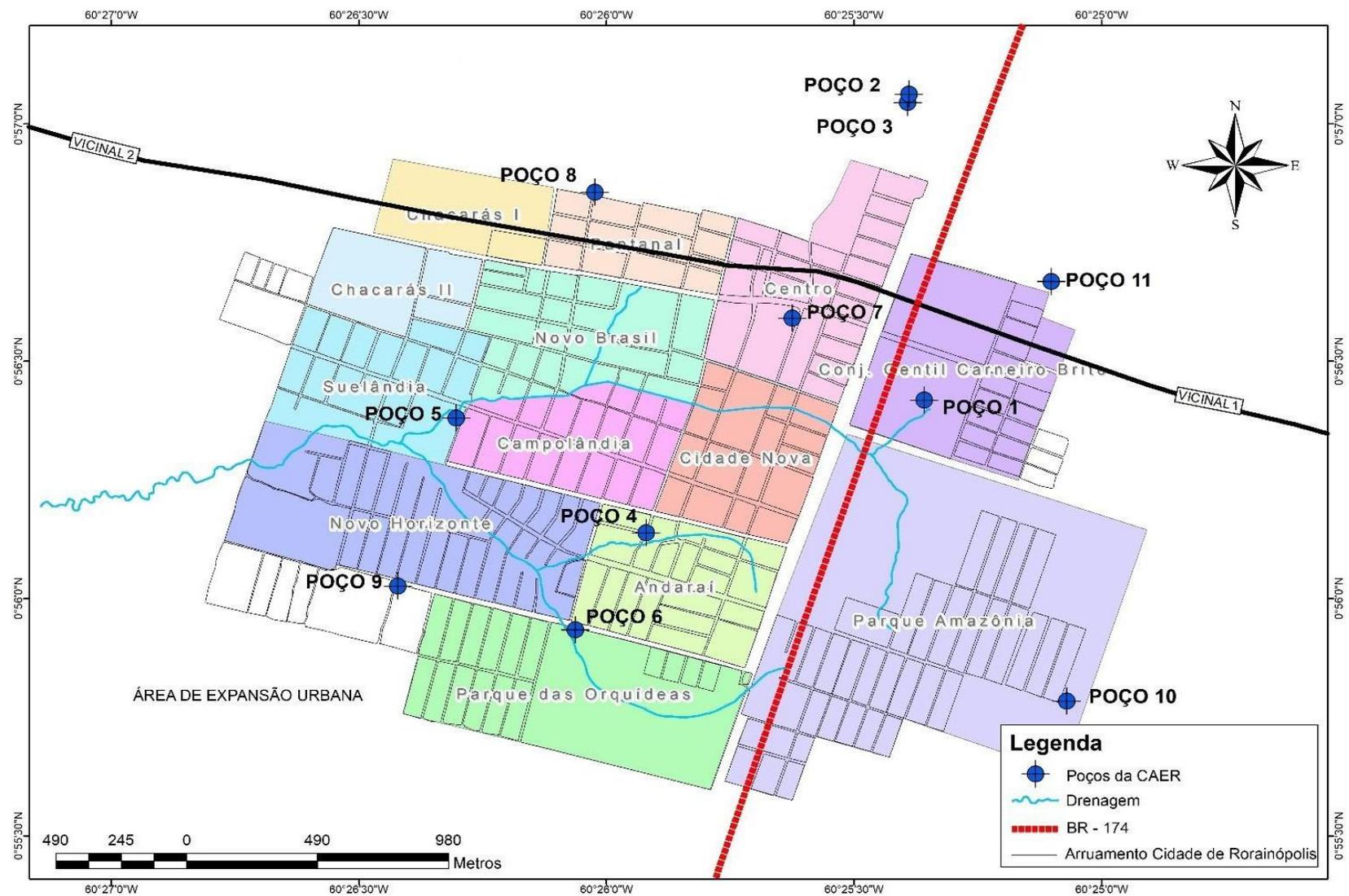
Assim, com os dados dos volumes de água produzidos diariamente pela CAERR foi realizado uma correlação da demanda social por pessoa segundo a ONU que corresponde a 200 l/dia e a população da área urbana de Rorainópolis estimada em 10.673 hab. (IBGE, 2010).

Analisando essa correlação, são necessários 2.134.600 l/dia para atender a demanda social urbana de Rorainópolis. Nesse sentido, do total de água produzido pela CAERR 4.224.000 l/dia há um excedente de 2.089.400 l/dia.

Quanto à espacialização dos poços tubulares, na Figura 38 pode-se observar que os mesmos estão distribuídos nas zonas Norte, Sul, Leste e Oeste da cidade de Rorainópolis e de acordo com a localização, estes distribuem água para o bairro de origem e bairros de adjacência como os poços dos bairros Suelândia, Novo Horizonte e Gentil Carneiro próximo ao posto Mocapel.

Notou-se ainda que grande parte dos poços tubulares foram construídos nas proximidades dos corpos hídricos que drenam a cidade.

Figura 36 - Mapa da espacialização dos poços tubulares nos bairros da cidade de Rorainópolis- RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

5.5.1 Sistemas usados no abastecimento de água domiciliar nos bairros da cidade de Rorainópolis-RR

O estudo da demanda hídrica da cidade de Rorainópolis-RR apresentou saldo hídrico diário positivo, porém a análise dos dados dos questionários aplicados aos cidadãos, mostraram que há domicílios que fazem parte da zona urbana, porém não são atendidos pela rede pública de fornecimento de água tratada e outros são atendidos parcialmente.

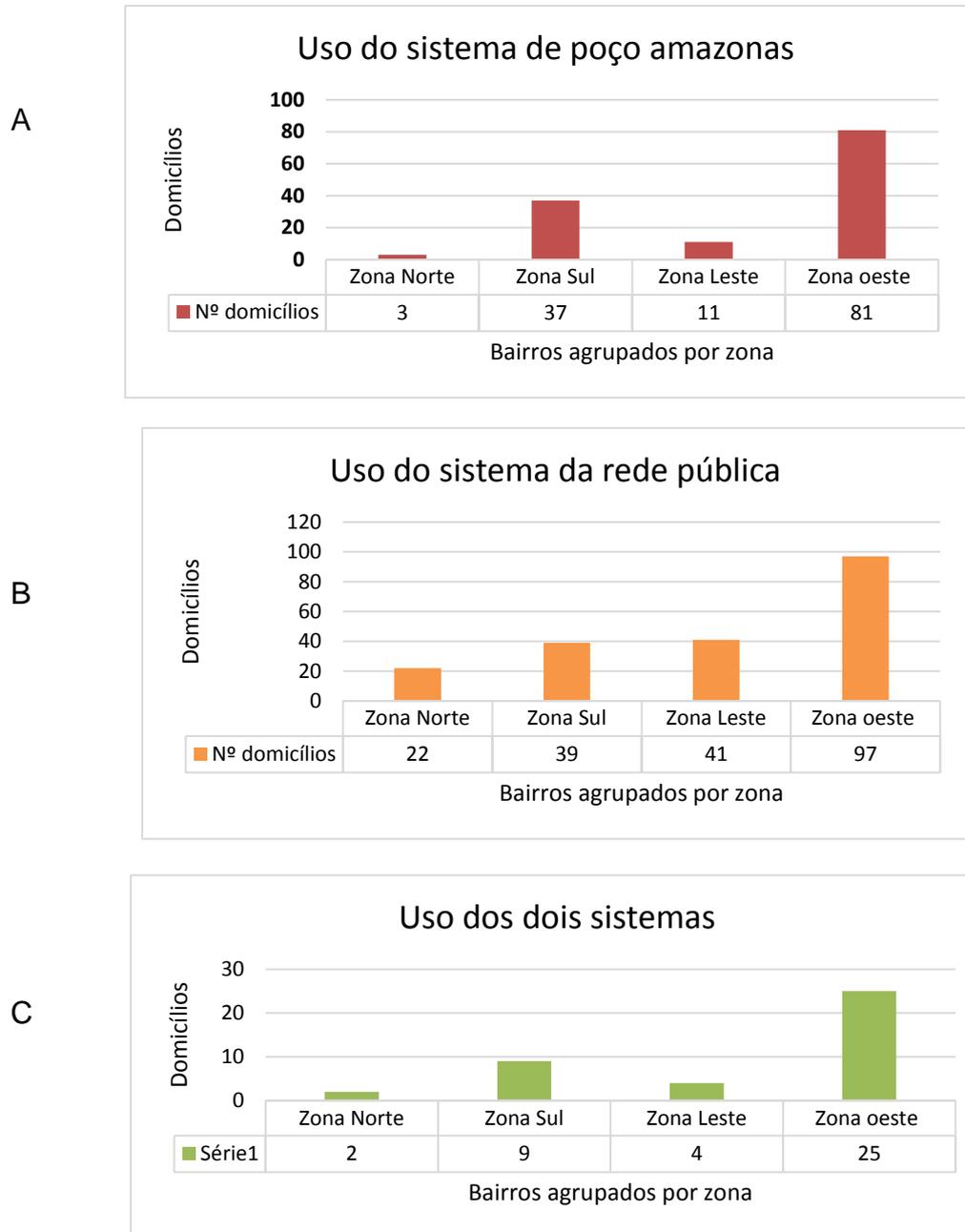
Rorainópolis-RR possui 13 bairros, conforme Quadro 5, e salienta-se que é uma cidade em expansão nos sentidos Leste e Oeste da cidade. Nesse estudo, os bairros foram agrupados por zona de localização para uma melhor compreensão.

Quadro 5: Agrupamento dos bairros de Rorainópolis –RR por zona de localização

ZONAS DE LOCALIZAÇÃO	BAIRROS DE RORAINÓPOLIS-RR
Norte	Centro
Sul	Cidade Nova, Parque das Orquídeas, Andaraí
Leste	Gentil Carneiro, Parque Amazônia
Oeste	Bairro Chácara I e II, Pantanal, Suelândia, Novo Brasil, Campolândia, Novo Horizonte
Organização: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).	

Assim, na Figura 39 observa-se o gráfico dos sistemas usados no abastecimento de água da zona urbana, onde na Figura 39 A, apresentamos o quantitativo de domicílios por bairros, agrupados por zona, que fazem uso do poço amazonas e na Figura 39 B temos o quantitativo de domicílios por bairros, agrupados por zona, que fazem uso do sistema de rede pública e na Figura 39 C, o quantitativo de domicílios por bairros agrupados por zona, que utilizam os dois sistemas.

Figura - (A) (B), (C) - Gráfico dos sistemas usados no abastecimento de água da zona urbana de Rorainópolis-RR



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

Nesse contexto, de acordo com os dados apresentados, há moradores que fazem uso do poço amazonas como principal fonte de abastecimento de água, com a finalidade de preencher a lacuna deixada pela Agência da CAERR em alguns bairros.

A análise desse estudo mostrou que, embora a população disponha de água canalizada, é comum o uso do poço amazonas como principal fonte de abastecimento domiciliar.

A opção pelo uso desse sistema, deu-se pelos seguintes motivos:

- a) Atendimento parcial dos serviços da CAERR no bairro;
- b) Como fonte alternativa de captação de água, quando há interrupção do fornecimento desta, pela agência da CAERR na cidade, onde o entendimento de “fonte alternativa” neste contexto compreende toda e qualquer captação que não seja a água distribuída pela concessionária;
- c) Não gostam do cheiro do cloro adicionado à água pela CAERR como um dos tratamentos;
- d) Embora o custo de perfuração de um poço Amazonas seja alto, acreditam que a água subterrânea é apropriada para o consumo.

Analisando a Figura 39 (A), observa-se que os bairros que apresentam menor índice de domicílios quanto ao uso do poço amazonas são os que se localizam nas zonas Norte (Centro da Cidade) e Leste (Gentil Carneiro e Parque Amazonas) da cidade. Esses índices são justificados pela concentração de casas comerciais no bairro da zona norte e o bairro da zona leste Gentil Carneiro.

Enquanto que os bairros que se concentram nas zonas Sul (Cidade Nova, Parque das Orquídeas, Andaraí) e Oeste (Bairro das Chácaras I e II, Pantanal, Suelândia, Novo Brasil, Campolândia e Novo Horizonte) da cidade são os que mais utilizam esse sistema de poço devido o fornecimento de água da CAERR ser inconstante nesses domicílios ou até mesmo pelo atendimento parcial com água tratada.

Na zona sul, de acordo com a pesquisa, destacou-se o bairro Parque das Orquídeas com o número maior de poços amazonas, 19 no total. Segundo os moradores, o bairro se localiza em área de expansão e pertence a loteamento privado, sendo da competência da imobiliária a infraestrutura básica necessária como água encanada e energia elétrica, serviços estes que os mesmos esperam a mais de 5

(cinco) anos.

Nesse bairro, segundo a pesquisa, há somente duas ruas que utilizam água encanada, fruto da união dos moradores que por meio de regime de mutirão realizaram o serviço necessário de água canalizada até suas residências. A parcela maior do bairro continua desassistida pelo serviço da CAERR.

Na zona Oeste da cidade, destaca-se o bairro Chácara I com 20 poços no total. Segundo os moradores, a CAERR não atende o bairro devido ser região de chácara, está afastado da rede de distribuição de água e não possui infraestrutura adequada básica como ruas e iluminação pública, embora a fundação do bairro tenha anos de existência.

Na análise da Figura 39 (B) observou-se que o uso do sistema da rede pública ofertado pela CAERR apresenta-se de forma significativa na zona Oeste da Cidade, seguido das zonas leste e Sul.

Quanto ao uso desse sistema foi observado que um dos bairros da zona Leste que utiliza-o quase na sua totalidade é o Gentil Carneiro, com 27 domicílios segundo a pesquisa. A justificativa para essa abrangência é devido o bairro ter origem do Projeto “Minha Casa Minha Vida” e ter sido entregue aos moradores com infraestrutura básica como água encanada e energia elétrica.

No gráfico da Figura 39 (C) percebeu-se que o uso dos dois sistemas é predominante nos bairros localizados na zona Oeste da cidade e quando questionado sobre a opção pelo uso dos dois sistemas, obteve-se como justificativa que como a falta de água é recorrente na cidade, o poço Amazonas é usado como alternativa para todas as atividades de uso diário, principalmente para beber.

5.5.2 Domicílios com poços Amazonas ativos e inativos

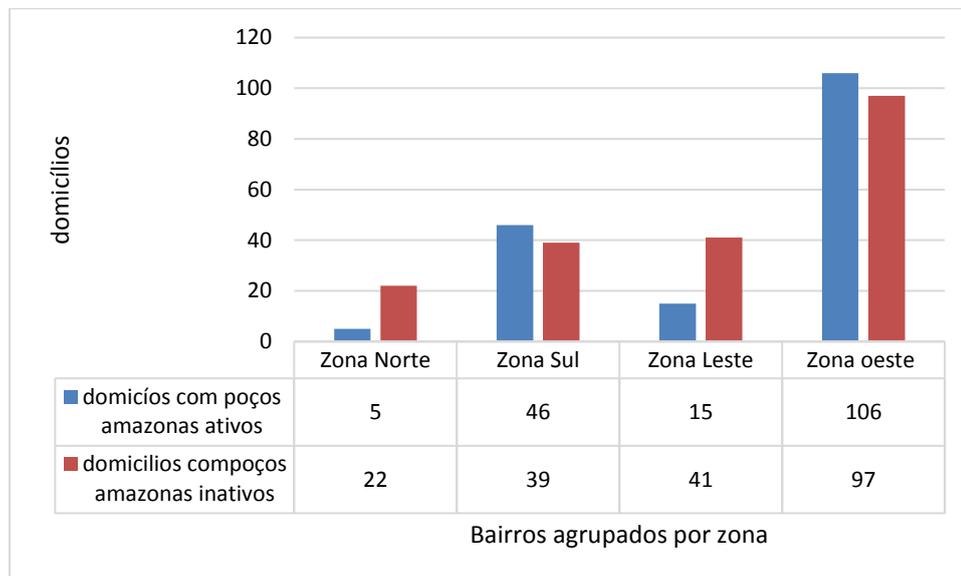
Quanto à análise desse item da pesquisa Figura 40, percebeu-se que há domicílios que possuem mais poços Amazonas ativos, ou seja, em uso, do que inativos. No que tange aos poços ativos, todos os bairros possuem domicílios com poços em pleno funcionamento.

Nos domicílios onde há poços Amazonas ativos é comum haver fossa sanitária, uma vez que a cidade não dispõe dos serviços de rede de esgoto e quando indagados sobre a distância da fossa sanitária e o poço Amazonas, as respostas assinalaram uma variação entre 20 a 30 metros.

Segundo recomendações da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), a localização

das construções de poços devem levar em conta os riscos a contaminação do lençol por possíveis focos localizados na área, como por exemplo, respeitar por medida de segurança, a distância mínima de 15 metros, entre o poço e qualquer tipo de fossa e de 45 metros dos demais focos de contaminação, com, chiqueiros, estábulos, valões de esgotos, galeria de infiltração e outros que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço (BRASIL, 2014).

Figura 37 - Gráfico dos domicílios com poços amazonas ativos e inativos



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

5.5.3 Interferência do período de estiagem no nível de água dos poços amazonas

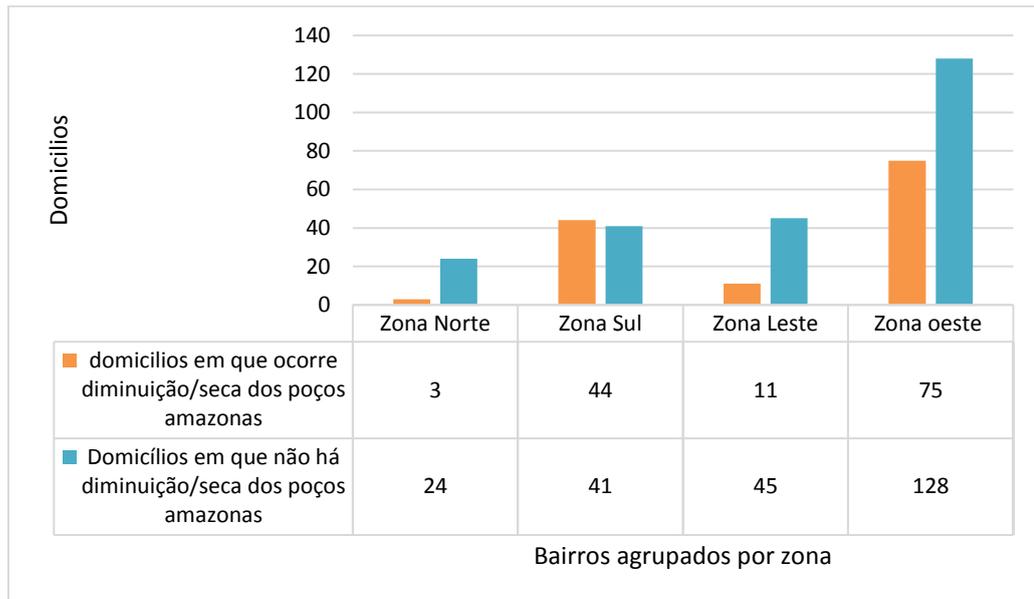
Na análise da Figura 41 que trata da diminuição do nível da água ou seca total dos poços amazonas ativos nos bairros da cidade de Rorainópolis, foi notado que os moradores que fazem uso de poços amazonas enfrentam dificuldades no fornecimento de águas oriundas desses poços.

Segundo a pesquisa, o período do ano informado pelos moradores em que essas dificuldades ocorrem, coincidiu com o período de estiagem da área de estudo (outubro –março), período esse conhecido popularmente por “verão” (expressão verbalizada por grande parte das pessoas quando há diminuição das precipitações na região).

Quando esse fato ocorre, os moradores aprofundam o poço por meio de escavação manual. Dessa forma, pode-se observar que nas quatro zonas há registros de poços amazonas que secam durante o período de estiagem da região em estudo,

porém esse índice é maior na zona leste. Da mesma forma, nas zonas de localização dos bairros, há poços que se mantêm com água, porém os moradores notaram diminuição nos níveis de água destes.

Figura 38 - Gráfico de poços amazonas com registro de diminuição de águas /seca durante o período de estiagem



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017).

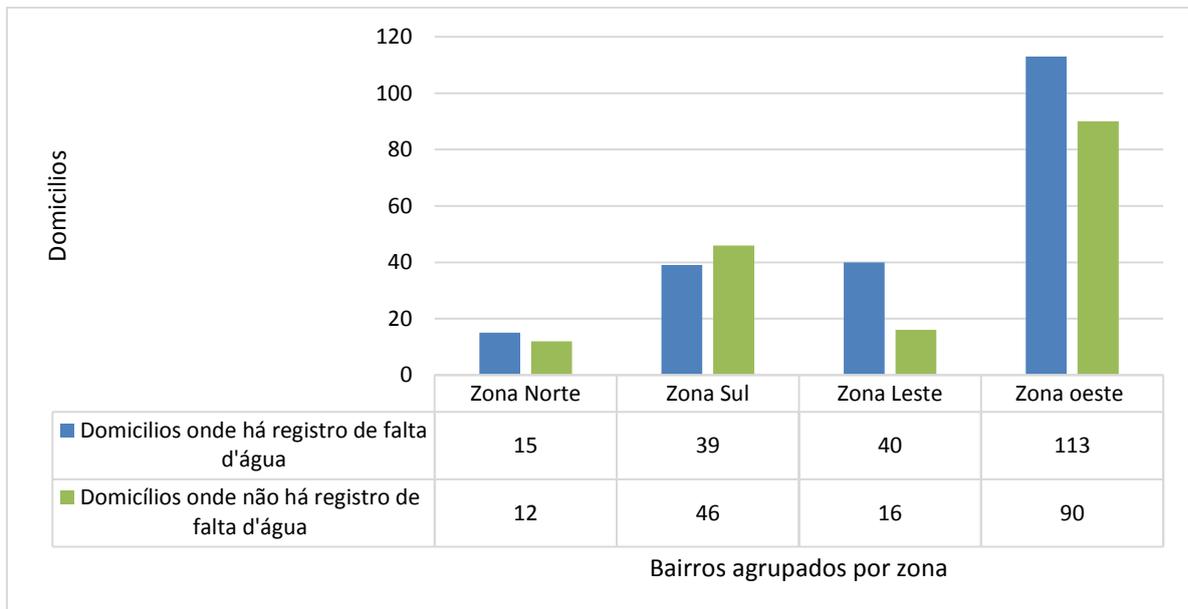
Uma característica que pode ser observada no estudo é a grande variação no nível freático dessa região, o que interfere diretamente no sistema de abastecimento de água da cidade, pois a população adota, como fonte alternativa de abastecimento, o uso de poços amazonas, que costumam secar durante o período de estiagem, por serem pouco profundos, é comum os igarapés intermitentes secarem suas águas total ou parcialmente.

5.5.4 Domicílios com registro e sem registro de falta d'água da rede pública

Quanto à interrupção no fornecimento de água pela rede de distribuição pública nos bairros da cidade, os moradores participantes da pesquisa afirmaram ser recorrentes a interrupção, ou seja, ocorre sempre no mesmo horário (das 11:00h às 17:00 h) e que o problema se agrava quando se aproxima o período de estiagem.

. Na Figura 42 podemos observar o quantitativo de domicílios que salientaram a ausência de água pela rede distribuidora, bem como os que não perceberam a falta da mesma. Nesse sentido, observou-se que os moradores que usam poço Amazonas, com os poços secos ou com nível de água reduzido, utilizam apenas a água distribuída pela CAER, o que sobrecarrega todo o sistema, ocasionando grandes períodos com falta d'água.

Figura 39 - Gráfico dos domicílios com registro e sem registro de falta d'água da rede pública



Elaboração: Edna Januária de Moraes da Silva, (2017)

Com o estudo foi possível notar que em todos os bairros, há registro de falta de água, porém nos bairros Gentil Carneiro, Novo Brasil e Pantanal, houve maior número de afirmativas quanto à questão em pauta.

Quanto aos moradores que afirmaram não haver interrupção no fornecimento de água, disseram que utilizam formas alternativas de armazenamento de água como caixas d'água. Assim, não notam a ausência no fornecimento. Dessa forma, observou-se que os problemas relacionados à falta de abastecimento de água tratada à população não atendida pela CAERR são de ordem Instalada, pois com o crescimento

populacional ao longo das décadas houve impacto no fornecimento de água.

Notou-se também que os problemas de ordem hídrica foram percebidos nos períodos de estiagem que interferem na dinâmica pluviométrica da cidade e ocorrem na área de estudo nos meses de outubro a março com a queda nos volumes precipitados.

Esse fato também foi confirmado pelo técnico da CAERR, quando indagado em relação ao fornecimento de água em períodos críticos de estiagem. Assim, como são eventos recorrentes, ou seja, ocorrem todo ano, no mesmo período, não foram apresentadas pela CAERR medidas mitigadoras para corrigir o problema como: projeto, plano ou algo semelhante para minimizar os problemas de interrupção no fornecimento de água para a população nesses meses do ano.

Outro fator que ocasionou forte influência no abastecimento hídrico da cidade foi a atuação do fenômeno climático El Niño de forte intensidade ocorrido em novembro de 2014, estendeu-se durante o ano de 2015 a maio de 2016. Além de ocasionar problemas de ordem de abastecimento de água pela CAERR, tal condição maximizou os problemas de focos de queimadas na região (BARNI et al., 2015).

5.6 CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE HÍDRICA DE RORAINÓPOLIS-RR

A caracterização da vulnerabilidade hídrica da área de estudo foi realizada considerando a metodologia usada por Carvalho (2010), por ser adequada à extensão da pesquisa (limitada à área urbana da cidade de Rorainópolis- RR) e devido aos dados disponíveis no município.

Carvalho (2010) diz que as condições climáticas, a cobertura vegetal, o embasamento geológico e a ação antrópica são exemplos de elementos que podem repercutir nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Desta forma, para caracterizar a vulnerabilidade hídrica da área de estudo, foi utilizado os indicadores conforme Quadro 6 relativos ao tipo de aquífero, precipitação pluviométrica, tipo de solo e utilização das terras, considerados como um retrato (parcial) das condições naturais e das pressões antrópicas acerca dos recursos hídricos.

Assim, o tipo de aquífero predominante na região de estudo é o fraturado/fissural esses domínios foram criados a partir de zonas vinculadas à porosidade secundária em gnaisses e granodioritos, em função da tectônica rúptil ao qual o conjunto foi submetido. Assim, em virtude das características geológicas dos

granitóides o grau de fraturamento é muito baixo, o que dificulta a exploração do potencial hídrico relativo a esses aquíferos (CAMPOS, no prelo).

Quadro 6 - Indicadores para diagnóstico de Vulnerabilidade Hídrica na área de estudo

GRAU DE VULNERABILIDADE HÍDRICA				
Indicadores	Base dos dados	Fraca (0)	Média (0,5)	Alta (1)
Tipo de Aquífero	Campos et al. (no prelo)	-	-	Fraturado/Fissural
Precipitação Pluviométrica	ANA/INMET(2016)	1900 a 2400 mm anuais	-	-
Tipo de solo associados ao grau de susceptibilidade à erosão	Radam Brasil (1975)	Latossolo e argiloso	-	-
Utilização das terras	IBGE (2014)	Vegetação Florestal 80%	-	-
Fonte: Adaptado de CARVALHO (2010).				

Nas regiões onde predomina esse tipo de aquífero, o grau de vulnerabilidade é alto (1) pois apresentam reservatórios aleatórios, descontínuos, de pequena extensão e vazão, muitas vezes salinizados devido às condições geológicas dominantes, sendo pouco utilizados como fonte alternativa predominante para abastecimento humano.

No que tange à pluviosidade, o total de chuvas precipitado anualmente na área de estudo é de 1900 -2400 mm, sendo considerado de fraca vulnerabilidade, pois são característicos de clima úmido com pluviosidade bem distribuída ao longo do ano, ou seja, a precipitação compensaria qualquer fragilidade nos aquíferos.

Quanto ao tipo de solo, adota-se a classificação proposta por Franco et al. (1975) como Latossolo e argiloso, de modo que foi considerado no estudo como de fraca vulnerabilidade (0), pois esses solos são férteis, apresentando maior eficiência quando sobre os mesmos são estabelecidos cultivos de espécies perenes que não necessitam de revolvimento anual contribuindo para reduzir as perdas por erosão, uma vez que reduz o impacto das gotículas de chuva diretamente sobre o solo.

Dessa forma, de acordo com o IBGE (2014) e Barni et.al, (2016) o solo é utilizado em sua grande maioria por vegetação florestal, apresentando-se de acordo com o estudo como de Fraca (0) vulnerabilidade. A articulação destes indicadores apresenta o perfil de Rorainópolis em termos de Vulnerabilidade Hídrica. A avaliação final determinou o Índice de Vulnerabilidade constituído por valores entre 0 e 1, obtido a partir da divisão da soma total da unidade de planejamento pelo valor máximo que poderia obter, no caso 4 pontos, obedecendo a seguinte escala: Vulnerabilidade Alta - valores acima de 0,8, que retrata elevada pressão tanto natural quanto antrópica sobre os recursos hídricos; Vulnerabilidade Média entre 0,4 a 0,79, que aponta a necessidade de gestão integrada das águas com o uso do solo; e Vulnerabilidade Baixa – abaixo de 0,39, nas quais a associação dos componentes naturais e antrópicos ainda não repercutem negativamente sobre os recursos hídricos.

Desta forma quanto maior o valor obtido maior a Vulnerabilidade Hídrica na unidade de planejamento. Assim, nesse estudo os resultados obtidos constam na Tabela 10:

Tabela 9 - Vulnerabilidade hídrica de Rorainópolis – RR

Tipo de Aquífero	Precipitação	Erodibilidade do solo	Uso da terra	Total	Índice
1	0	0	0	0,25	Baixa

Fonte: Adaptado de CARVALHO, (2010).

Considerando os indicadores escolhidos e o total obtido desses indicadores (0,25), a região foi classificada como de baixa vulnerabilidade hídrica. Nesse sentido, fatores como saldo hídrico, índices de qualidade das águas, percentual de degradação das matas ciliares, atuação das políticas públicas, dentre outros, poderiam ser utilizados para diagnóstico de vulnerabilidade, conforme sugere Carvalho (2010), porém, em termos desses dados, o município de Rorainópolis–RR precisa avançar, pois a ausência de dados dificulta uma análise mais completa em relação à temática estudada.

5.7 DINÂMICA HÍDRICA NA CIDADE DE RORAINÓPOLIS-RR

Na realização desse estudo foi constatado que os eventos climáticos El Niño e La Niña influenciam consideravelmente o comportamento pluviométrico do município de Rorainópolis no que tange aos volumes de chuvas precipitados e às

anomalias ocasionadas pela influência desses eventos na dinâmica hídrica da área estudada.

O estudo mostrou que a população urbana de Rorainópolis que recebe serviços de água tratada pela concessionária atuante na cidade, mostrou-se insatisfeita quanto ao fornecimento de água tratada, pois há interrupções recorrentes no fornecimento de água. Verificou-se que esse problema, relacionado à falta de fornecimento de água na cidade, é estrutural por parte da concessionária que administra a sua distribuição. Nesse sentido, a problemática se intensifica nos períodos de estiagens da área de estudo e em anos de influência dos ENOS.

O estudo sobre a demanda hídrica da cidade constatou que os volumes de água potencial produzido pela CAERR na sua totalidade, 4.224.000 l /d, são suficientes para atender a população urbana de Rorainópolis de Rorainópolis 10.673 (IBGE, 2010), pois há um excedente de água produzida de 2.089.400 l/d.

Foi constatado ainda que há bairros pertencente à zona urbana que a população não é atendida pela rede pública de distribuição de água e recorrem a fontes alternativas como os poços amazonas, correndo risco de contaminação pelo uso da água sem o devido tratamento e são diretamente afetadas com os períodos de estiagens da área estudo que ocorrem nos meses de outubro a março na região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalidade de contribuir para o planejamento de forma preventiva nas políticas públicas, associadas aos eventos do El Niño e La Niña, no estudo da Dinâmica hídrica a partir do comportamento pluviométrico da cidade de Rorainópolis-RR, a presente pesquisa destaca, quanto aos resultados, as acepções propostas a seguir.

No que tange aos períodos de El Niño de forte intensidade, foi observado o decréscimo da pluviosidade para toda a região, sendo que as maiores reduções ocorreram no setor norte da área de estudo, setor em que está localizado à sede do município de Rorainópolis. Esse evento ocasionou diminuição no nível das águas dos cursos hídricos, incluindo os poços tubulares e amazonas que são responsáveis pela retirada das águas subterrâneas, bem como a diminuição no nível da água dos principais rios da região.

De igual modo, os eventos de La Niña de forte intensidade ocasionaram, na pluviosidade local, um ganho nas precipitações, com alterações no comportamento pluviométrico da região que resultou em situação de vulnerabilidade hídrica devido ao aumento no volume hídrico dos cursos d'água da região, cheias prolongadas e alagamentos na área urbana da cidade e nas áreas de ocupação irregular próximas à Igarapés.

Foram definidos dois tipos climáticos na área de estudo: Unidade I e Unidade II. A Unidade I foi caracterizada por chuvas em anos normais < 2.350 mm, anos de El Niño < 2.250 mm e anos de La Niña < 2.500 e recebem influência do clima Am (tropical de monção), segundo a classificação de Köppen. Nessa unidade climática estão localizadas as estações pluviométricas Fazenda Paraná e Fazenda São Lucas, onde a estação pluviométrica Fazenda Paraná foi a que apresentou pluviosidade média anual inferior às demais estações da área estudada. Ainda na Unidade I está localizada a sede do município de Rorainópolis-RR e nessa região ocorreu um incêndio com perda florestal de $1.504,8$ km² no ano de 2016, devido à influência do fenômeno climático El Niño na região estudada.

A Unidade II é caracterizada por chuvas em anos normais > 2.350 mm, anos de El Niño > 2.250 mm e anos de La Niña > 2.500 mm. Essa unidade é influenciada pelo clima Af (tropical úmido) de acordo com a classificação de Köppen e onde estão localizadas as estações pluviométricas Base Alalaú e Santa Maria do Boiaçu,

estações estas que apresentaram pluviosidade média anual superior às demais estações pluviométricas da área estudada e a linha do Equador.

Desse modo, a partir da definição das unidades climáticas, pretende-se auxiliar os gestores públicos quanto aos locais que necessitam de maior atenção em relação às áreas onde acontecem os eventos naturais como os que ocorreram em anos de El Niño e La Niña na região e também antrópicos como o desmatamento para ocupação irregular e extração de madeiras.

Assim, notou-se que a região estudada considerando os indicadores escolhidos e o total obtido desses indicadores obedecendo a seguinte escala: Vulnerabilidade Alta - valores acima de 0,8, que retrata elevada pressão tanto natural quanto antrópica sobre os recursos hídricos; Vulnerabilidade Média entre 0,4 a 0,79, que aponta a necessidade de gestão integrada das águas com o uso do solo; e Vulnerabilidade Baixa – abaixo de 0,39, nas quais a associação dos componentes naturais e antrópicos, o resultado para a área de estudo foi (0,25), sendo classificada como de baixa vulnerabilidade hídrica.

Quanto à Demanda hídrica, o sistema de abastecimento de água gerenciado pela CAERR em Rorainópolis apresentou saldo hídrico diário positivo, no entanto, mostrou problemas de ordem instalada porque uma parcela significativa dos moradores não são beneficiados com água da rede pública e utilizam o poço amazonas como principal fonte de abastecimento de água;

Constatou-se que no período de estiagem a interrupção do fornecimento de água encanada pela CAERR se torna mais frequente e, em função dos poços amazonas ficarem secos ou com nível de água reduzido, a população passa a utilizar a água distribuída pela CAER, o que sobrecarrega todo o sistema, ocasionando períodos (de até 3 dias) com falta d'água.

Concluindo, a população de Rorainópolis especialmente a que não é atendida pela CAERR, apresenta Vulnerabilidade Hídrica, na medida em que tem de recorrer a fontes de captação de água alternativa da rede pública, como poços amazonas, correndo sérios riscos de contaminação e sem garantia de consumir água com padrões de potabilidade e ainda está sujeita a ciclos de falta de água e inundações por não haver um planejamento que considere as variações de precipitação ocasionadas pelo efeito do ENOS na área de estudo.

Deste modo, o estudo sobre o uso dos sistemas no abastecimento de água domiciliar nos bairros da cidade de Rorainópolis auxiliará os gestores públicos quanto

às áreas/regiões da cidade que necessitam de um olhar mais aguçado em relação à oferta dos serviços de distribuição pública de água, uma vez que na pesquisa foram mapeadas as zonas em que os serviços da CAERR não alcançam o consumidor.

Quanto ao quantitativo de poços amazonas existentes nos domicílios usados como fonte alternativa ou única fonte de água, auxiliará os gestores públicos em projetos de ampliação do sistema de distribuição de água e prevenção em relação ao uso adequado da água subterrânea e os riscos de contaminação que estas podem oferecer se não houver um tratamento adequado e periódico das águas.

Como recomendação para estudos futuros, sugere-se a inclusão de picos de temperatura máximos e mínimos a fim de encontrar correlações mais fortes na análise estatística e estimar a demanda hídrica futura para a área de estudo, bem como a realização de avaliação socioeconômica em outros setores dos municípios para a inserção em políticas públicas de economia no uso da água.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.E; MACAMBIRA, M.J.B.; FARIA M.S.G. de. (2002) – **A Granitogênese Paleoproterozóica do sul de Roraima**. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 41, João Pessoa, PB, Anais, 434.

ÁLVARES, C.A; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES, GONÇALVES. J.L, SPAROVEK, G.; **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift.2013, 22 (6), 711-728.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base Hidrográfica Ottocodificada - BHO** multiescalas 2011 Versão 1.3 de 22.07.2014. Disponível em: <. Acesso em: 13 mai. 2017.

ANA, **Águas subterrâneas 2005**.Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan.2018.

ANA, **Bacias hidrográficas 2011**.Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 set.2017.

ANA, **Séries históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 15 dez.2016.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M. T. **A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil**. Rev. Brasil. de Meteorologia, v. 22, n.1, p. 63-74, 2007.

ARAÚJO, R.G.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. **A influência do evento El Niño: oscilação sul e atlântico equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul**. Acta Amazônica, v.43, n.4, p. 469-480, 2013

AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**.14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BARBOSA, R. I. **Distribuição das chuvas em Roraima**. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E.G. Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Manaus: INPA, 1997. p.267-293. Disponível em:<http://agroeco.inpa.gov.br/reinaldo/RIBarbosa_ProdCient_Usu_Visitantes/1997_Distr_Chuv%20RR_Livro.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2016.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. **Incêndios na Amazônia brasileira**: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño” (1997/98). Acta Amazônica, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999.

BARNI, P. E. et.al. **Distribuição espacial da biomassa florestal em Roraima, norte da Amazônia brasileira**, 2016. Disponível em <<http://philip.inpa.gov.br>> Acesso em 25 de julho de 2017.

BARNI, P. E. et al. **Avaliação socioambiental da cidade de Rorainópolis, região sul de Roraima**. Disponível em: <<http://uerr.edu.br/bolmirr/wp-content/uploads/2015/10/BOLMIRR-v92-Barni-et-al.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

BARNI, P. E. SILVA, E. B. R. **Extração seletiva de madeira em Rorainópolis**: a floresta em perigo 2016. XI Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no Estado de Roraima – SNCT-RR. Ciência alimentando o Brasil, At Boa Vista – Brasil. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308204271_Extracao_seletiva_de_madeira_em_Rorainopolis_a_floresta_em_perigo> Acesso em: 05 mar.2017.

BARNI, P. E.; CHAGAS, F. **Mortalidade de árvores no mega incêndio do sul do estado de Roraima na passagem do evento El Niño de 2015/2016**. In: Semana florestal 2017, Manaus - AM. Anais da semana florestal 2017. Manaus - Am: eco & companhia, 2017. v. 1. p. 22-23. (PDF Download) Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/322354633_mortalidade_de_arvores_no_mega_incendio_do_sul_do_estado_de_roraima_na_passagem_do_evento_el_nino_de_20152016>. Acesso em 23 jan. 2017.

BARROS, L. A. R.; SOUZA, J. O. P. **O comportamento dos eventos de precipitação extrema e dos períodos de seca em São João do Tigre – PB**. Disponível em:<

<http://www.periodicos.ufrn.br/revistadoregn>> Acesso em 8 abr.2016.

BARROS, N. C.C. **Roraima paisagens e tempo na Amazônia setentrional**. Recife: Ed. Universidade Federal de Pernambuco, 1995. 269p.

BERLATO, M. A; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: Impactos no Clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões Climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-04X2005000500001>. Acesso em: 15 Jul. 2016.

BERTONI JC. TUCCI CEM. **Precipitação**. In: Tucci CEM. Hidrologia: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: ABRH UFRGS; 2001. p.177-231.

BESERRA NETA.L.C.; TAVARES, JR.S.S. **Geomorfologia do estado de Roraima por imagens de sensores remotos**. In: (Org.) SILVA, P. R. de F.; OLIVEIRA, R. da S. COSTA, J.A.V. Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado; Boa Vista: Ed. UFRR. 2008, p.162- 192.

BIGARELLA, J.J. (Org.). **Estrutura e Origem das Paisagens tropicais e subtropicais**. Vol. 01, 2ª ed. Florianópolis: ed. Da UFSC,2007a/b.

BOBSIN, D. **Estudo de Demanda Hídrica em Sistema de Abastecimento de água na cidade de São Lourenço – MG-** 2014. 112p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Programa de Pós – Graduação em Meio Ambiente Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, de Itajubá, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/743>. Acesso em :25 mar. 2016.

BRANCO, O.E.A.; **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**.2006. Disponível em <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental>>. Acesso em: 25 jun.2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Águas. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Avaliações e Diretrizes para Adaptação**. Brasília: ANA, GGES, 2016. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 23 mai.2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Constituição Federativa do Brasil**. Brasília. 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares Funasa / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Lei n. 9.433** de 08/01/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. 1997.

CAERR – **Companhia de Águas e Esgotos de Roraima**. Disponível em: <<http://www.caer.com.br/static/ete.jsp>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CALBETE, N. O. et al. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil, 1996**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 29abr. 2017.

CAMPOS, J.E. et al. – **Estudo Hidrogeológico e Geofísico (Eletrorresistividade) da Cidade de Rorainópolis – RR**. Brasília – DF. Inédito (no prelo).

CARVALHO, M. E. S. **A questão hídrica na bacia sergipana do rio Vaza Barris**. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós- Graduação em Geografia, Pró - Reitoria de Pós- Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

CARVALHO, M. E. S. **Vulnerabilidade Hídrica na Bacia Sergipana do Vaza Barris**. RAEGA 2012, p 186 -217. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. Disponível em: <<http://www.geografia.ufpr.br/raega>> Acesso em: 28 abr.2018.

CARVALHO, T. M. **Sistemas e Ambientes Denudacionais e Agradacionais, uma primeira aproximação para o Estado de Roraima, Norte da Amazônia**. Revista Acta Geográfica, v.8, n.16, p.77-98, 2014.

CASTRO, A.S. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano**. 2011. 142p. Tese (Doutorado programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento 57 Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

CHIERICE, R. A. F.; LANDIM, P. M. B. **Variabilidade Espacial e Temporal de Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 1, p.157-171, 2014. Disponível em:<http://www.revistageociencias.com.br/33/volume33_1_files/33-1-artigo-12.pdf>.

Acesso em: 15 de maio. 2018.

CLIMATE PREDICTION CENTER. Disponível em: <<http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/>>. Acesso em 15 de julho de 2017.

COBB, K. M.; CHARLES, C. D.; CHENG, H.; EDWARDS, R. L. **El Niño/Southern Oscillation and tropical Pacific climate during the last millennium**, *Nature*, n. 424, p. 271–276, 2003.

COLLINS, M.; A. N, S.; CAI, W.; GANACHAUD, A.; GUILYARDI, E.; JIN, F.; JOCHUM, M.; LENGAINNE, M.; POWER, P.; TIMMERMANN, A.; VECCHI, G.; WITTENBERG, A. **The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño**. *Nature Geosciences*. n. 3, p. 391–397, 2010.

CORREA, M. G. G. **Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri-PR**. Dissertação (Mestre em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

DINIZ, A. M. A.; SANTOS, R. O. 2005. **O vertiginoso crescimento populacional de Roraima e seus impactos socioambientais**. *Caderno de Geografia* 15:23-44. Disponível em:<http://www.academia.edu/11171375/o_vertiginoso_crescimento_populacional_de_roraima_e_seus_impactos_socioambientais>. Acesso em:12 ago. 2016.

DIVERSIDADE SOCIOAMBIENTAL DE RORAIMA. **Subsídios para debater o futuro sustentável da região** / [organização Ciro Campos]. -- São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011. 2ª Edição Revisada. Disponível em:<<http://www.socioambiental.org>>.

ESTEVES, C. J. **O Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: aspectos conceituais**. *Cadernol PARDES*, v.1, p.62- 79,2011. Disponível em:<

www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/cadernoipardes/article/download/421/353>

Acesso em: 27 jun. 2017

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. **Estudo preliminar da Distribuição Pluviométrica e do Regime Fluvial da Bacia do rio Branco, Estado de Roraima**. In: SILVA, P. R. de F. Editora da UFRR, Boa Vista RR, 2008.

EZAKI, S.; ODA, G. H.; IRITANI, M. A.; VEIGA, C.; STRADIOTO, M. R. **Hidroquímica dos aquíferos Tubarão e Cristalino na região de Indaiatuba-Rafard, Estado de São Paulo**. Pesquisas em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre - RS, 2014.

FEARNSIDE, Philip. M. **A vazante na Amazônia e o aquecimento global**. Ciência Hoje, v. 38, n.231, p.76-78,2006.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, p. 15-26, 2005.

FERRER, J. T. V. **Mudança do Clima 2007: Impactos Adaptação e Vulnerabilidade**. INTERFACEHS ©INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.2, n.5, **Resenha 2**, dez 2007 Disponível em:<<http://www.interfacehs.sp.senac.br>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

FISH, G.; MARENGO, J; NOBRE, C.A. Clima da Amazônia, In: MCT/INPE/CPTEC. **Climanálise Especial**. Cachoeira Paulista, São Paulo, p. 24-41, 1996.

FRANCO, E. M. S.; DEL´ARCO, J. O., RIVETTI, M. **Geomorfologia da folha N.A. 20 Boa Vista**. In. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1975.p.139-180. Disponível em:<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualização/livros/liv24025.pdf>> Acesso: 02 jun. 2017.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde. Brasília, 2007.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde. Brasília, 2013

GAN, M. A.; KOUSKY V. E.; ROPELEWSKI C. F.; **The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil**. Journal of Climate. v. 17, p. 47 – 66, 2004.

GERARDI, L.H.de O.; SILVA, B.C.N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: Difel, 1981.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. **Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events**. Journal of Climate, v.13, p.35-58, 2000.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. **Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events**. Journal of Climate, v.11, p.2863-2880, 1998.

GUIGUER, N.; KOHNKE, M. W. **Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos (2002)**. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:z2WXVx_GqQgJ:https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22314+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 01 out. 2016.

HAMADA, E. **Mudanças climáticas globais e recursos hídricos com enfoque para as bacias hidrográficas 2008**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna – SP. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/16090>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

HOERLING, M. P.; KUMAR, A.; ZHONG, M. **El Niño, La Niña, and the nonlinearity of their teleconnections**. J. Climate nº 10, vol. 1, 1769-1786, 1997.

HOGAN, D. J., et al. **Urbanização e Vulnerabilidade socioambiental: o caso de Campinas**. In: HOGAN, Daniel Joseph, et. al. Migração e Ambiente nas Aglomerações Urbanas. Campinas: UNICAMP, 2001. p. 397-418. Disponível em: <<http://www.nepo.unicamp.br/>>. Acesso em: 25julh.2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1991 - **Censo Demográfico**. Disponível em:<[http://www.Censo demográfico cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/](http://www.Censo%20demogr%C3%A1fico%20cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/)>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1997- **Clima**. Disponível em:<<http://www.clima.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2000- **Censo Demográfico**. Disponível em:<<http://www.censodemografico2000.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/rorainopolis/panorama>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2000- **Solos de Roraima**. Disponível em:<<http://www.solos.ibge.gov.br/v4/brasil/>>. Acesso em: 10 jan.2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2005- **Clima**. Disponível em:<<http://www.clima.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010- **Censo Demográfico**. Disponível em:<<http://www.censodemograficocidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/rorainopolis/panorama>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2012- **Vegetação do Brasil**. Disponível em:<[http://www.vegetaçãodobrasil. ibge.gov.br/v4/brasil/](http://www.vegeta%C3%A7%C3%A3oDoBrasil.ibge.gov.br/v4/brasil/)>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2015- Estimativa **Demográfica**. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/rorainopolis/panorama>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2017- **Estimativa Demográfica**. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rr/rorainopolis/panorama>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Sistema Nacional de Informações Hidro Meteorológicas - **Médias mensais de precipitação período 1961 a 2016** – 1º Distrito

de Meteorologia. Manaus – 2016.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Frequência dos fenômenos de El Niño e La Niña**. Disponível em: [http://www. http://enos.cptec.inpe.br/](http://www.enos.cptec.inpe.br/). Acesso out. 2017.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: **impacts, adaptation, and vulnerability**. MCCARTHY, J.J. et al. contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml >. Acesso em: 12 out. 2016.

IPCC PBMC, 2014: **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas** Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp.

IPCC. The SRES emissions scenarios 2007: **the IPCC Data Distribution Centre**. Disponível em: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/sres/index.html>>. Acesso em 20 fev. 2017.

JAKOB, A. A. E. **A krigagem como método de análise de dados demográficos**. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, realizado em Ouro Preto, MG. 4 a 8 de novembro de 2002. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf > Acesso em: 21 jun.2018.

KANAI, J. M.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, P. R. F. 2012. **Pavimentando Roraima: a BR-174 como exemplo das lógicas neoliberais de transnacionalização do território na Amazônia Ocidental**. Sociedade & Natureza 1: 67-82.

KATINSKY, M. **Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems**. (Tese de doutorado) University of Wisconsin-Madsin, EUA, 1994.

KUHNEN, A. **Meio ambiente e vulnerabilidade a percepção ambiental de risco e o comportamento humano**. Geografia (Londrina), v. 18, p. 37-52, 2009. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/3287/3233> > Acesso em: 30 jun. 2016

LAMOGLIA, H. A., **Estudo da correlação entre perdas de água e energia para setores do sistema de abastecimento de água da cidade de São Lourenço – MG. 2013**, 218 f. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

LIMA, R. S de. **Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na praia da Caponga –Cascavel, Ceará**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: < <http://www.repositoriobib.ufc.br/000017/00001797.pdf> > Acesso em: 3 jul. 2016.

LUCENA, D. B.; GOMES FILHO, M. F.; SERVAIN, J. **Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

MAGALHÃES, J.; PEREIRA, A. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Paulo: EDUSP, 1978.

MARANDOLA JR. E.; HOGAN, D. J. **Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia**. 2005. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/rev_inf/vol22_n1_2005/vol22_n1_2005_4artigo_p29a54.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a06.pdf>>. Estudos avançados 2008. Acesso em: 14 out. 2016.

MARENGO, J. A.; DIAS, P. S. **Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Instituto de Estudos

Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências, 2006. p.63-1.

MARENGO, J.; OLIVEIRA, G. S. **Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação de La Niña de 1998 e 1999**. Anais VIII CBMet. EN98007. 15 p. 1998.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3300>, v. 4, n. 1 e 2, 2008>. Acesso em: 02 set. 2016.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: Noções básicas e clima do Brasil**. São Paulo, Oficina de textos,206p.2007.

MEYERS, G.; MCINTOSH, P.; PIGOT, L.; POOK, M. **The years of El Niño, La Niña and interactions with the tropical Indian Ocean**. J Clim; n. 20, p. 2872-80, 2007.

MORAN, Emílio. F. et al.**Human strategies for coping with. El Niño related drought in Amazônia**. Climatic Change, v77, n 3-4, p.343-361, 2006.

MOSER, R. **The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies**. Word Development, New York, v.26, n1, 1998. Disponível em: <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/1998_Moser. > Acesso em: 05 ab. 2016.

MUDANÇA CLIMÁTICA E SEGURANÇA HÍDRICA-REDE MOBILIZADORES. Disponível em: <<https://mobilizadores.org.br>> Acesso em: 5 jul. 2017.

NICHOLSON, S. E.; SOME, B.; KONE, B. **An Analysis of Recent Rainfall Conditions in West Africa, Including the Rainy Seasons of the 1997 El Niño and the 1998 La Niña Years**. J. Climate, n. 13, p 2628–2640, 2000.

NICOLODI, J. L&PETERMANN, R. M. **Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos**. Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 10, p. 3-29, 2010. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-206_Nicolodi.pdf > Acesso em: 5 jul. 2016

NÓBREGA, R.S; SANTIAGO, G. A. C. F. **Tendência de temperatura na superfície**

do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e a variabilidade de precipitação em Pernambuco. Revista Mercator (Fortaleza. Online), v. 13, p. 107-118, 2014.

OLIVEIRA, G. S. **El Niño e Você – o fenômeno climático.** São José dos Campos, SP: Transtec, 2014.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. 1998. **O El Niño de 1997/98:** evolução e impactos no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, realizado de 26 a 30 de outubro de 1998, Brasília, DF. Resumos expandidos. Brasília-DF. 1998, CD-OM.

OLIVEIRA, L.F.C.; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS; A.M.M.; SILVA, M.A.S. **Comparação de Metodologias de preenchimento de falhas em séries históricas de precipitação pluvial anual.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2010, 14 (11), 1186-1192.

OLIVEIRA, R.V. **O Papel do Migrante como Sujeito da Genealogia e Dinâmica Urbana do Município de Rorainópolis – Roraima - 2014.** 148p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós – Graduação em Geografia, Universidade Federal de Roraima, 2014.

ONU- Organização das Nações Unidas. **Água - Brasil** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> Acesso em 8 jun.2017.

PEREIRA, A.R; ANGELOCCI, L.R; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Editora Agropecuária; 2002.487p.

PINTO, N. L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica.** 15 ed. São Paulo: Edgard Blücher; 2014.

PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL: **Propostas de Políticas Públicas Para o Território Sul De Roraima.** Rorainópolis/RR: MDA, 2010. P. 120 f.: il.; 30 cm.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2007/2008 – Combater as mudanças climáticas: solidariedade humana em um mundo dividido.** Nova York: PNUD, 2007. Disponível em: http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_pt_complete.pdf. Acesso em: 15 jul. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RORAINÓPOLIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico 2016.** (no prelo).

PROJETO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI. **Determinação de Perímetros de Proteção de Poços e Vulnerabilidade e Risco de Contaminação de Aquíferos, 2009.** Disponível em: https://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Projeto-de-Protecao-Ambiental-e-Desenvolvimento-Sustentavel-do-Sistema-Aquifero-Guarani---PSAG-938.html?from_info_index=2591 Acesso em 25 mai. 2018.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M. B; **Geologic and tectonic Framework of Roraima State - Guiana** Shield. In: Int. Geol. Congr, 31, Rio de Janeiro, Expanded Abstract, 2000.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G.; ALMEIDA, M. E. **Geologia do Estado de Roraima, Brasil.** In: Geology Of France and Surrounding Areas – Special Guiana Shield. No. 2-3-4, BRGM, 2003, p. 121-134.

ROCHA, L.A.S; AZUAGA, D., ANDRADE, R., et.al, **Perfuração Direcional.** Editora Interciência, 2011, 3a Edição. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005730.pdf>> Acesso em: 25 mai.2016.

ROCHA, V. B.; **O Significado do “Novo” Urbano na Última Fronteira Amazônica.** 2013. 143p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós- Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2013.

RODRIGUES, D. D.; TAVARES, J. R. S. S.; BESERRA NETA, L. C.; Inselbergs e Bolders Granítico no Contexto da Paisagem do Município de Rorainópolis-RR. In (Org.) BETHÔNICO, M. M. **Rorainópolis: um olhar Geográfico.** Editora da UFRR, Boa Vista:2014.

ROSSATO. M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia.** 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

SANDER, C.; GASPARETTO, N. V. L.; SANTOS, M. L. dos; WANKLER, F. L.; ALMEIDA, D. A. de; MORAGA, C. H. **Fenômenos de cheias e eventos de inundação na cidade de Boa Vista**. In: WANKLER, F. L.; HOLANDA, E. C.; VASQUEZ, M. L. Contribuição à Geologia da Amazônia. Belém: SBG – Núcleo Norte. Vol. 8, p. 221– 234. 2013.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; CARVALHO, T. M. **Uma análise primária sobre a variação espaço-temporal de chuvas e a atuação de episódios de El Niño e La Niña no estado de Roraima**. In: CÂMARA, B. Neta; HOLANDA, E. C. (Org.). Geociências de Roraima. 1ed.Boa Vista: Editora da UFRR, 2018, v., p. 191-216

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; **Dinâmica pluviométrica de Alto Alegre**, RR. In: VERAS, A. T. R.; SANDER, C. Alto Alegre: um olhar Geográfico. Boa Vista, RR: Editora da UFRR, 2016.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. de O.; MORAGA, C. H.; TEIXEIRA, J. F. dos S. **Cheias do rio Branco e eventos de inundação na cidade de Boa Vista, Roraima**. Acta Geográfica, v. 6, n. 12, p. 41-57, 2012.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. de O.; MORAGA, C. H.; TEIXEIRA, J. F. dos S. **Geomorfologia da planície aluvial do alto rio Branco em Roraima: Dinâmica e processos evolutivos**. 230 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, 2015.

SANTOS, G. E. O.; Cálculo amostral: **calculadora on-line**. Disponível em: <<http://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral>>. Acesso em: 15 dez. 2017

SEPLAN- Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima - **Informações Socioeconômicas do Município de Rorainópolis** - RR 2014, 4ª edição. Elaboração: DIEP. Boa Vista – RR, 2014. 79 pag.

SILVA, D. A.; SANDER C.; WANKLER, F. L. **Análise dos Ciclos de Precipitação na Região de Boa vista-RR nos de 1910 a 2014**. Revista Geográfica Acadêmica. v. 9, n. 2, p. 35-49, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/3145- 12569-1-PB%20(7).pdf.>. Acesso em: 15 ab. 2016.

SILVA, F. G. B. **Estudos de calibração de redes de distribuição de água através de algoritmos genéticos**, Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, P.R. F. **Dinâmica Territorial Urbana do Estado de Roraima – Brasil**. 2007. 327p. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. 2015. **Caracterização e espacialização da precipitação em bacia hidrográfica com relevo complexo: sertão central pernambucano – Bacia do Riacho do Saco**, Revista de Geografia (UFPE) V. 32, No. 2, 2015 .

TRENBERTH, K. E. **Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 71, n. 7, p. 988-993, 1990.

TRINDAD, L. L. **Gestão integrada de recursos hídricos: papel, potencialidades e limitações dos comitês de bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina 2016.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

UNCHS. **Cities in a Globalizing World: Global Report on Human Settlements**. London: Earthscan 2001. Disponível em http://www.un.org/en/events/pastevents/pdfs/Cities_in_a_globalizing_world_2001.pdf >. Acesso em: 05 mai. 2016.

VASCONCELOS, M. B. **O que são poços?** um panorama das terminologias utilizadas para captações de águas subterrâneas 2017. Disponível em www.abas.org Acesso em 6 abr 2018.

VERAS, A. T. R.; ANJOS, J. N. S. dos; SANTOS, A. F. P.; PAIXÃO, S. U. A.I.;

OLIVEIRA, R. V. **Dinâmica sócioespacial da cidade de Rorainópolis-RR**. Anais do XV Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em **Planejamento Urbano e Regional (ANPUR)**, 2013 v. 1. Disponível em: <<http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/viewFile/4597/4466>>. Acesso em: 28 jun.2016

ZANDONADI, L; PASCOALINO, ALINE. **Distribuição temporo-espacial das chuvas nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ)**.2012 Disponível em: <<http://periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2175>>. Acesso em: 29 mai.2018.

APÊNDICE B

Questionário aplicado ao responsável técnico que trabalha na CAER em Rorainópolis-RR.



Prezado colaborador, sou mestranda do Programa de Pós – Graduação em Geografia da UFRR Universidade Federal de Roraima e com o objetivo de realizar um levantamento sobre a demanda hídrica do município de Rorainópolis solicitamos que responda os questionamentos abaixo:

Nome Função

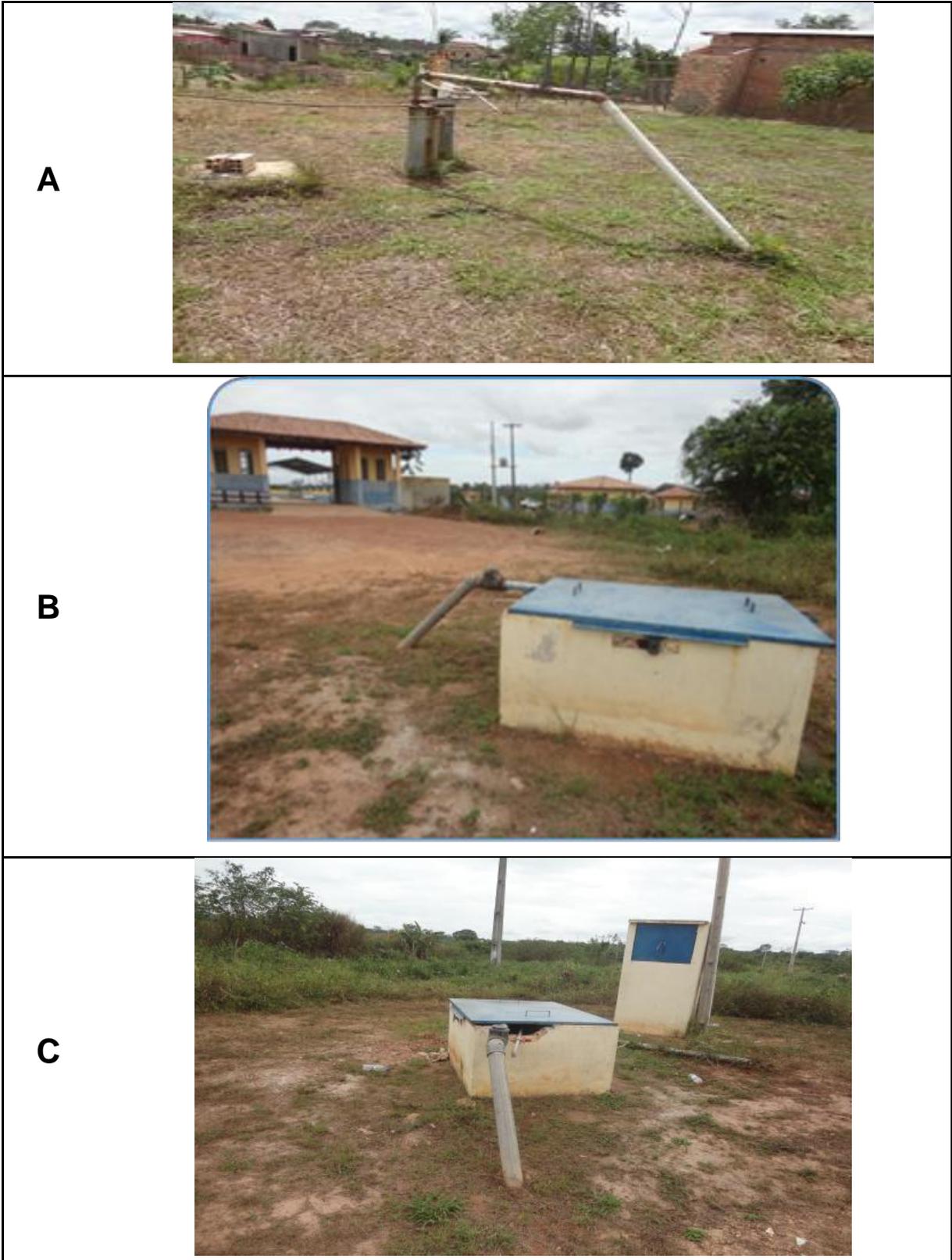
Questionário CAER

Data

- 1) Qual seria o consumo médio e máximo por ano e quais os dados de consumo de água no município?
- 2) Quais bairros da cidade de Rorainópolis são abastecidos pela rede pública?
- 3) Domicílios que utilizam água do Sistema CAER
- 4) Existe um controle de captação de água do rio Anauá? Qual o valor médio captado no rio?
- 5) Quantos poços artesianos a CAER utiliza no abastecimento de água da cidade?
- 6) Qual a localização desses poços?
- 7) A água distribuída atende à demanda populacional em períodos críticos (estação seca, estiagem). Com que frequência ocorre isso anualmente, dois em dois anos, dez em dez anos?
- 8) Existe outra fonte de água, controlada pela CAER, de abastecimento de água (bica, captação em olho de água, caminhão pipa)

Obrigado pela colaboração.

Apêndice C - Poços tubulares que abastecem a cidade de Rorainópolis-RR.



D



E



F



G



H



I



J**K**

(a) Poço tubular 1 - Bairro Gentil Carneiro, (b) Poço tubular 2 - Bairro Centro, (c) Poço tubular 3 - Bairro Centro, (d) Poço tubular 4 - Bairro Campolandia, (e) Poço tubular 5 - Bairro Suelandia, (f) Poço Tubular 6 - Bairro Novo Horizonte, (g) Poço tubular 7 - Bairro Centro, (h) Poço tubular 8 - Bairro Pantanal, (i) Poço tubular 9 - Bairro Novo Horizonte, (j) Poço tubular 10 - Bairro Parque Amazônia, (k) Poço tubular 11 – Gentil Carneiro (Próximo ao Posto Mocapel).

Fotografias: arquivo pessoal. Autora da pesquisa. (2017)

APÊNDICE D Vista panorâmica do rio Anauá

Vista panorâmica do rio Anauá, local de instalação do Sistema de Captação de água pelas adutoras por meio de conjuntos moto bombas sobre flutuantes, localizado na vicinal 02, a 13 km da sede do município. Imagem realizada no mês de outubro de 2016 (início do período de estiagem na área de estudo).



Fonte: Fotografias. Arquivo pessoal. Edna Januária de Moraes da Silva (2016).

APÊNDICE E

Tabela dos índices de El Niño e La Niña (Climate Prediction Center- CPC)

Período analisado de 1986-2016

1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6

Fonte: Climate Prediction Center/ NOAA (2016).

Legenda:



Anos normais



Anos de El Niño



Anos de La Niña

Apêndice F

Séries históricas das estações pluviométricas da área de estudo

Estação Pluviométrica Fazenda Paraná

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Janeiro	65,9	38,4	67,5	80,8	61,9	20,6	2,4	94,7	25,1	22,7	117,3	69,30	1,4	158,2	127,4	25,6	23,6	50	7,3	152,7	222,2	18,8	30,6	138,7	47,1	82,7	129,3	5	34,3	50	11,9	
Fevereiro	65,1	49	53,9	61,1	48,1	19,3	30,2	57,7	22,6	0,8	60,3	66,61	18,9	128	37,5	10,8	4	3,6	28,5	160,2	39,5	5,6	84,8	74,9	48,4	142,6	85,8	131,3	120,3	51,5	89,5	
Março	82,5	76	32,4	428	157,2	150	58,3	111,1	49,7	136,2	106,3	87,3	77,5	183,9	135,4	82,6	157,7	62,3	11	86,2	66,6	210,3	72,1	174,3	79,4	234,4	134,2	74,8	41,1	34,6	32,7	
Abril	77,3	229	38,4	108,4	245,6	189,9	95	172,3	101,3	119,8	173,8	128,8	280,7	269,2	217,8	149,8	187,9	188,9	179,2	472	262,5	180,6	90,4	137,8	482,7	239,3	348,5	255,3	262,3	275,6	285,2	
Mai	321,6	317,2	504,2	442	533,3	196,9	79,6	220,4	657,6	178,7	406,6	433,6	406,5	247,2	543	481	389	413,9	426,8	400,1	489,4	550,6	614,4	58,9	373,9	443,5	492	361,9	424,8	231,7	256,1	
Junho	747	272	431,9	364,3	522,4	282,5	82	443,4	372,4	508,3	506,4	136,5	476,2	461,3	385,8	280,8	317,1	356,1	413,5	257	415,6	453,8	379,2	390,9	489,2	263,5	212,8	178,5	503,1	167,3	220,9	
Julho	292,6	251	537,4	330,6	347,1	408,6	338,7	181	231,7	225,1	260	246,7	303,8	310,1	342,5	123,8	178,1	259,5	329,5	335,2	428,1	216	448,5	269	343,3	182,3	292,1	379	214,2	249,4	265,3	
Agosto	98,8	165	345,9	175,9	276,8	288,7	209,8	113,8	160,1	171,7	210	164,1	110,6	307,1	169,5	141,8	139	123,9	193,6	159,8	162,3	351,4	260,1	90,1	186,3	108,5	163,1	368,7	172,9	96,7	82,9	
Setembro	163,2	155,2	221,6	101,2	178,4	48,1	63,3	182,8	99,8	15,8	140,1	34,6	124,9	149,5	161,2	156,6	114,4	263,8	242	76,1	93,1	223,6	129,5	189,4	50,8	133,9	318,7	236	105,3	45,3	95,5	
Outubro	148,6	67,9	133	104,2	88,6	32,1	25,3	64,9	158,6	34,2	114,6	39,7	106,1	99,5	247,2	77,3	22,5	34,3	268,2	66,1	91	280,4	160,4	61,3	67,3	126,2	107,6	111,1	239,9	27,6	59,7	
Novembro	122,4	50,2	97,5	290,6	105,8	0	59,1	101,1	129,5	69,4	108,4	40,8	67,4	109,9	190	32,4	152,1	113,3	7,9	109,2	171,7	44,1	118,3	65,7	256,3	138,1	141,7	81,1	43,3	36,5	101,82	
Dezembro	49,6	46,7	131	2,3	99,4	0	0	53,1	45,3	64,568	62,2	32,9	64,1	17,7	11	120,4	15,4	3,7	21,3	127,3	35,8	149,5	145,5	0	136,6	121,9	163,5	53,1	16,3	16,4	60,22	
SOMA	2234,	1718	2594,	2489,	2664,	1636,	1043,	1796,	2053,	1547,	2266,	1480,	2038,	2441,	2569	1682,	1700,	1873,	2128,	2401,	2477,	2684,	2533,	1651	2561,	2216,	2589,	2235,	2177,	1282,	1561,	
DP	452,4																															
Média Anual	2075																															

Fonte: ANA/INMET, (2016).

Estação Pluviométrica Base Alalaú

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
JAN	139,3	58,2	141,73	100,9	75,2	97,8	12	158,9	116	23,4	150,6	171,5	43,2	349	296,1	235,8	99,3	21,5	81,5	263,4	289,8	166,1	256,7	271,8	167	154,3	269,7	173,4	146	348,1	19,6		
FEV	106,4	132,1	102,57	161,4	83,7	49,4	10,9	158,2	235,8	149,2	156,2	272,3	33,9	202,8	186	110,4	133,3	180,5	166,4	233,5	197,7	79,3	241	228,2	410,2	167,5	173,5	396	188,4	63,3	188,4		
MAR	175,2	99,1	87,83	336,7	149,7	159,7	35,5	425,1	670	194,2	18,2	202,5	61,2	292	278,1	326,9	277,3	147,8	216,4	358,6	189,2	315,1	311,3	371,1	124,7	239,5	319,4	259,8	434,6	179,8	248,1		
ABR	168,6	309,6	207,33	219,6	267,2	160	24,5	425,5	328	222,7	300,3	230,2	285	351,2	603,9	360,7	550,7	328	349,9	418	254	404,5	339,4	294	326,5	327,7	293,9	478,9	460,8	467,7	365		
MAI	333,9	292,7	410,3	493,3	453,3	182,1	24,7	175,2	214	571	374,4	357,1	224,3	427,4	385,3	329,4	352,7	315,5	427	238,5	572,9	478	739,2	266,5	369,6	365	498,8	457,1	435,2	395,3	292,9		
JUN	458,5	284,5	318,37	291,1	390,9	293,9	75,6	212,2	139	248,4	316	161,8	215,7	177,2	286,4	287,1	297,9	129,6	200,9	196	314	359,7	456,8	354,5	323,1	202,4	264,2	233,5	374	202,5	157		
JUL	238	229	433,57	302,4	255,4	297,5	74,4	156,8	184	232,1	146,6	57,8	206,6	134,9	257,6	62,9	205,2	181,2	81,9	254,2	218,5	224,7	139,3	158,9	499	212,1	289	218,8	223	156	222,1		
AGO	82,9	191,2	269,73	122,7	178	221,4	221,6	199,5	84	119,5	297,8	155,3	76,9	104,7	102,1	68,7	96,2	115,3	244,9	146,8	76,3	212	247,4	79,4	561,9	225,9	163,1	195,2	137,7	67,6	193,7		
SET	189,5	133,1	148,07	146,7	119,9	54,8	59	109,4	302	180,4	111,1	35,3	83,8	155	135,2	98,5	79,3	256,4	200,9	85,4	61	270,1	188,7	86,5	134,9	101,7	205,9	134,5	81,3	33,3	167,1		
OUT	181,4	80,8	122,4	219,5	78,5	94,8	126,4	191,4	55	100,7	180,1	88,5	88,6	186,6	155,1	113,4	97,8	54,8	128,8	113,1	222,6	171,4	201,8	45,3	131,5	132,7	99,9	176	264,3	99,8	73,6		
NOV	155,2	107	206,47	177,3	139,2	10	142,9	154	291	219,8	205,3	115,1	194,6	44,1	156,9	85,4	157,2	146,6	50	212,6	95,5	109,2	235,2	31	148,2	99,2	107,4	252,5	124,2	222,8	145,4		
DEZ	72,5	69,8	188,67	15,1	158,5	9,6	127,7	98,2	26	171	205,3	15,4	316	61,3	35,2	78,7	75,7	42,1	48,1	383,6	222,85	249,8	309,6	150,1	125,3	230	150,7	215	50,4	58,5	134,4		
SOMA	2301,4	1987	2637	2586,6	2349,4	1631,1	935,3	2464,4	2644,8	2432,4	2461,9	1862,8	1829,8	2486,2	2877,9	2157,9	2422,6	1919,3	2196,7	2903,7	2714,4	3039,9	3666,4	2337,3	3321,8	2457,9	2835,5	3190,7	2919,9	2294,7	2207,4		
DP	533,11																																
MEDIA																																	
ANUAL	2454																																

Fonte: ANA/INMET, (2016).

