



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ELIANE DE CASTRO COUTINHO

CONTRIBUIÇÕES DAS SUB-BACIAS PARA VAZÃO DO RIO
AMAZONAS E RISCOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS A EVENTOS
HIDROLÓGICOS EXTREMOS

BELÉM-PARÁ

JULHO - 2016

ELIANE DE CASTRO COUTINHO

**CONTRIBUIÇÕES DAS SUB-BACIAS PARA VAZÃO DO RIO
AMAZONAS E RISCOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS A EVENTOS
HIDROLÓGICOS EXTREMOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Sócio Ambiental na Amazônia

Orientador: Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha

Coorientadora: Profa. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima.

BELÉM-PARÁ

JULHO - 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Coutinho, Eliane de Castro, 1971-

Contribuições das sub-bacias para vazão do Rio Amazonas e riscos socioambientais associados a eventos hidrológicos extremos / Eliane de Castro Coutinho. - 2016.

Orientador: Edson José Paulino da Rocha;
Coorientadora: Aline Maria Meiguins de Lima.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2016.

1. Hidrometeorologia - Amazonas, Rio, Bacia.
2. Amazonas, Rio, Bacia. 3. Impacto ambiental - Avaliação. I. Título.

CDD 22. ed. 551.5709811

ELIANE DE CASTRO COUTINHO

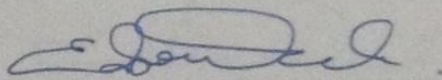
**CONTRIBUIÇÕES DAS SUB-BACIAS PARA VAZÃO DO RIO AMAZÔNAS E RISCOS
SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS A EVENTOS HIDROLÓGICOS E EXTREMOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais. Área em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

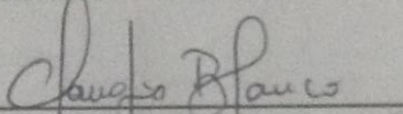
Data de aprovação: 01/07/2016

Conceito: APROVADA

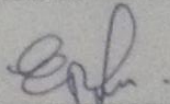
Banca examinadora:



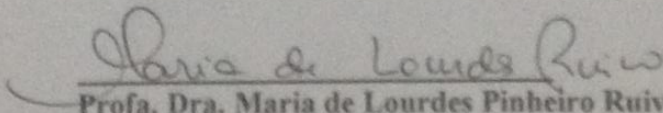
Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



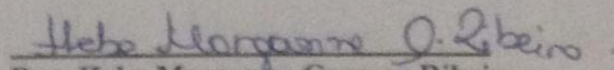
Prof. Dr. Claudio José Cavalcante Blanco
Doutor em Ciências da Água
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Profa. Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo
Doutora em Agronomia
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dra. Hebe Morganhe Campos Ribeiro
Doutora em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Pará

Dedico este trabalho aos meus pais, Ludsyl e Álvaro (em memória), pelo apoio em todos os momentos da minha vida, ao meu querido e amado filho Erik, pela paciência durante minha ausência no desenvolvimento desta tese, aos meus irmãos, Claudio e Mauro, cunhadas, Dalva e Neuza e sobrinhos/filhos, Brena, Fernando, Claudio, Francisco, Lais e a pequenina Ana Carla, por estarem sempre ao meu lado torcendo pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – PPGCA da Universidade Federal do Pará - UFPA em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG e EMBAPA - Amazônia Oriental.

À Universidade Federal do Pará - UFPA pelo aceite de minha posposta de tese

À Universidade do Estado do Pará - UEPA por todo apoio e liberação dada para o desenvolvimento desta tese.

À Agência Nacional de Água – ANA e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE pela disponibilização dos dados utilizados nesta tese.

Ao Professor Dr. **Edson José Paulino da Rocha**, agradeço por todo o aprendizado e dedicação durante todo o curso.

A Professora Dra. **Aline Maria Meiguins de Lima**, que também, aceitou o desafio de orientar esta tese, e por toda a ajuda e tempo dedicados.

Aos Professores membros da banca examinadora que aceitaram participar e por todas as contribuições pertinentes a melhoria da tese.

Além da dedicatória aos meus familiares também agradeço, por tudo, a eles, meus pais, Ludsyl e Álvaro (em memória), meu filho Erik, aos meus irmãos, Claudio e Mauro, cunhadas, Dalva e Neuza e sobrinhos/filhos, Brena, Fernando, Claudio, Francisco, Lais e Ana Carla.

Aos meus amigos de turma pelo apoio durante esses quase quatro anos de desenvolvimento deste curso.

Aos meus amigos da Universidade do Estado do Pará pelo incentivo e apoio durante o desenvolvimento dessa tese, que em especial estão sempre ao meu lado dentro e fora da UEPA, cito com muito carinho, Hebe, Lulu, Flor, Aninha, Leidinha e Engrodolfo.

Agradeço ao meu companheiro Antônio pela paciência devido aos milhares de finais de semanas enclausurada para concluir essa tese, e por entender a ausência que foi muito grande.

RESUMO

A Bacia Amazônica é constantemente afetada por episódios de secas e cheias durante fenômenos tais como El Niño e La Niña, além da Oscilação Multidecadal do Atlântico, Oscilação Decadal do Pacífico, a Zona de Convergência Intertropical e Zona de Convergência do Atlântico Sul. Esses extremos de precipitação causam mudanças severas no escoamento e precipitação dos rios de várias sub-bacias em escala temporal e espacial. No Oceano Pacífico os fenômenos do El Niño e La Niña são os principais mecanismos de oscilações interanuais e decadais, causando extremos hidrometeorológicos na Amazônia, tanto em escala temporal quanto espacial. As variações espaciais dos regimes hidrológicos dos afluentes do Amazonas mostram que durante a ocorrência de vazões máximas sazonais nos afluentes da margem esquerda são compensadas pela queda de vazão dos afluentes da margem direita. Assim, o período de chuvas da margem esquerda está defasado em dois meses do período chuvoso da margem direita. Além dessa variação os extremos hidrometeorológicos causam impactos ambientais, sociais e econômicos à população, principalmente àquelas com alta vulnerabilidade. Assim, o objetivo desse trabalho é estudar o regime hidrometeorológicos e o balanço hídrico da Bacia Amazônica, determinando o seu papel para a vazão de retorno do rio Amazonas ao Oceano Atlântico, Assim, como os riscos socioeconômicos e ambientais provocados pelos eventos hidrometeorológicos. Para isso foram utilizados dados mensais e anuais de vazão e precipitação no período de 1982 a 2012 (31 anos) ao longo da calha principal do rio Amazonas e em 8 sub-bacias, bem como, foi feita uma análise de riscos sociais e econômicos nos municípios da bacia Amazônica. As tendências de precipitação ao longo do período estudado foram negativas, na parte sudoeste (Purus) e central (Madeira) da Bacia Amazônica, e positivas na parte leste (Tapajós e Xingu). As sub-bacias do sudoeste da Amazônia apresentaram eventos extremos e muito extremos negativos (El Niño) em todo o período estudado. Conclui-se que a vazão na calha do rio principal da bacia Amazônica depende das variações nos afluentes da margem direita e esquerda. A sazonalidade é influenciada na época seca pelos afluentes da margem direita, pois coincidem na tendência negativa ao longo do período estudado, e na época chuvosa é influenciada pelos afluentes da margem esquerda. Todas essas variabilidades fluviométricas, causam riscos a população. Assim, pode-se afirmar que o risco socioeconômico ambiental é mais perigoso durante os eventos de cheia, principalmente nos Estados com escala espacial menor (Rondônia e Roraima), e a maior vulnerabilidade ocorre nos Estados com maior escala espacial (Pará e Amazonas), isto pode ser explicado pela falta de políticas públicas.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Seca. Cheia e Balanço de Água. Amazônia.

ABSTRACT

The Amazon Basin is constantly affected by episodes of drought and floods during phenomena such as El Niño and La Niña, in addition to Multidecadal Atlantic Oscillation, Pacific Decadal Oscillation, the Intertropical Convergence Zone and the South Atlantic Convergence Zone. These extremes precipitation cause severe changes in the flow and precipitation of the rivers of several sub-basins in temporal and spatial scale. In the Pacific Ocean the phenomena of El Niño and La Niña are the main mechanisms of interannual and decadal oscillations, causing extreme hydrometeorological in the Amazon, both temporal and spatial scale. Spatial variations of hydrological regimes of the Amazon tributaries show that during the occurrence of seasonal peak flows in the left margin of the tributaries are offset by the decrease of flow of the tributaries of the right bank. Thus, the length of the left bank of rainfall is behind two months of the rainy season on the right bank. In addition to this variation the hydrometeorological extremes cause environmental, social and economic to the population, especially those with high vulnerability. The objective of this work is to study the hydrometeorological regime and the water balance of the Amazon Basin, determining its role in the return flow of the Amazon River to the Atlantic Ocean, as well as the socioeconomic and environmental risks associated with hydrometeorological events. For this we used monthly and annual data flow and precipitation in the period 1982-2012 (31 years) along the main Amazon river channel and 8 sub-basins, as well as an analysis of social and economic risks was made in municipalities of the Amazon basin. The precipitation trends over the study period were negative, in the southwestern part (Purus) and central (Madeira) of the Amazon Basin, and positive on the east side (Tapajós and Xingu). The Amazon Southwest sub-basins were negative extremes and extreme events (El Niño) throughout the study period. It is concluded that the flow in the channel of the main river in the Amazon basin depends on variations in the tributaries of the right and left bank. Seasonality is influenced in the dry season by the tributaries of the right bank, for matching the negative trend over the period studied, and the rainy season is influenced by the tributaries of the left bank. All these fluviometric variabilities cause risks to the population. Thus, it can be said that the socioeconomic and environmental risk is more dangerous during flood events, particularly in states with smaller spatial scale (Rondônia and Roraima), and greater vulnerability occurs in states with higher spatial scale (Pará and Amazonas) this can be explained by the lack of public policy

Key word: Vulnerability. Dry. Flood and Water Balance. Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Ciclo hidrológico.....	22
Figura 02- Zona de Convergência Intertropical	23
Figura 03- Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	24
Figura 04- Esquema de ocorrência de Jatos em Baixos Níveis (JBNs)	25
Figura 05- (a) Seção vertical uma Linha de instabilidade e (b) Imagem de uma Linha de Instabilidade sobre o Oceano Atlântico.....	25
Figura 06- (a) Condições normais de TSM, (b) Representação do fenômeno El Niño e (c) Representação do fenômeno La Niña.	26
Figura 07- Índice de Desenvolvimento Humano dos Estado Brasileiros entre 1991 e 2010.....	27
Figura 08- Conjunto de dados utilizados.	37
Figura 09- Organograma da metodologia da variabilidade do regime hidrológico.	40
Figura 10- Localização dos postos fluviométricos utilizadas.	43
Figura 11- Organograma da metodologia da contribuição das sub-bacias na vazão no Rio Amazonas.	46
Figura 12- Vazão de referência por área.	47
Figura 13- Organograma da metodologia do Balanço Hídrico	48
Figura 14- Organograma das etapas da metodologia da pesquisa.	51
Quadro 01- Variáveis utilizadas para a construção do Índice de Vulnerabilidade Social.....	52
Quadro 02- Matriz risco socioeconômico ambiental.....	55
Figura 15- Variação Sazonal da Climatologia na Bacia Amazônica	56
Figura 16- Porcentagem Sazonal de Precipitação entre as Sub-bacias	57
Figura 17- Precipitação climatológica nas sub-bacias na Bacia Amazônica	58
Figura 18- Precipitação Total Anual na Bacia do Solimões, entre 1982-2012.....	59
Figura 19- Precipitação Total Anual nas Sub-bacias da Margem Direita da Bacia Amazônica, entre 1982-2012	60
Figura 20- Precipitação Total Anual nas Sub-bacias da Margem Esquerda da Bacia Amazônica, entre 1982-2012	61
Figura 21- Precipitação Normalizada na Bacia do Solimões, entre 1982-2012	62
Figura 22- Precipitação Normalizada nas Sub-bacias da Margem Direita, entre 1982- 2012	64
Figura 23- Precipitação Normalizada nas Sub-bacias da Margem Esquerda, entre 1982-2012.....	66

Figura 24- Variação Sazonal da precipitação na Bacia do Solimões.....	67
Figura 25- Amplitude sazonal no período de 1982-2012 na Bacia do Solimões.....	67
Figura 26- Variação Sazonal da precipitação nas Sub-bacias da margem direita da Rio Amazonas	68
Figura 27- Variação Sazonal da precipitação nas Sub-bacias da margem esquerda da Rio Amazonas	69
Figura 28- Variação Sazonal da precipitação na Bacia Amazônica	70
Figura 29- Variação Sazonal de amplitude da precipitação na Bacia Amazônica.....	70
Figura 30- Média climatológica da vazão das estações na calha do Rio Amazonas, no período de 1982-2012.....	71
Figura 31- Média climatológica da vazão das estações fluviométricas das sub-bacias do Rio Amazonas, no período de 1982-2012.	73
Figura 32- Distribuição sazonal das vazões das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982-2012.....	76
Figura 33- Distribuição sazonal das vazões dos postos fluviométricos das sub-bacias do Rio Amazonas no período de 1982-2012.	78
Figura 34- Vazões médias mensais das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982 a 2012	83
Figura 35- Vazão média mensal das estações fluviométricas no período de 1982-2012.....	84
Figura 36- Média anual da vazão das estações de controle do Rio Amazonas no período de 1982 a 2012.	90
Figura 37- Média anual da vazão das estações fluviométricas no período de 1982-2012.....	94
Figura 38- Amplitude das vazões das estações de controle no período de 1982-2012.....	98
Figura 39- Amplitude das vazões das estações fluviométricas no período de 1982-2012.	100
Figura 40- Curva de permanência das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982-2012.....	104
Figura 41- Média Climatológica da Vazão de referência nas sub-bacias da bacia amazônica, entre 1982-2012.....	107
Figura 42- Porcentagem de contribuição da Vazão de Referência das sub-bacias da bacia amazônica	108
Figura 43- Contribuição total da vazão das sub-bacias no Rio Amazonas	108
Figura 44- Contribuição da vazão das sub-bacias no Rio Amazonas, durante anos de El Niño e La Niña.....	109

Figura 45- Contribuição da Vazão da sub-bacia do Rio Solimões na Bacia Amazônica	110
Figura 46- Contribuição da Vazão das sub-bacias da margem direita na Bacia Amazônica.....	111
Figura 47- Contribuição da Vazão das sub-bacias da margem esquerda na Bacia Amazônica.....	112
Figura 48- Balanço Hídrico nas sub-bacia da Bacia Amazônica.	115
Figura 49- Correlação Linear entre: (a) Vazão e Precipitação; (b) Evaporação e Vazão e (c) Evaporação e Precipitação.	116
Figura 50- Balanço Hídrico anual na margem direita da bacia Amazônica.....	117
Figura 51- Balanço Hídrico anual na margem esquerda da bacia Amazônica.	118
Figura 52- Taxa de Evaporação em anos de El Niño e La Niña nas calhas norte e sul da Bacia Amazônica.	119
Figura 53- Taxa de Evaporação em anos de El Niño e La Niña na Bacia Amazônica.	119
Figura 54- Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVS) nos estados da bacia Amazônica (Populações: Urbana (PU); Feminina (PF), Criança (PC), Idosos (PI), Baixo Rendimento (PR) e Baixa Escolaridade (PE)).	122
Figura 55- Risco Socioeconômico e ambiental durante a estiagem e enchente.....	123
Figura 56- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Amazonas	125
Figura 57- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Pará.....	126
Figura 58- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado de Roraima.....	126
Figura 59- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Acre	127
Figura 60- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Mato Grosso.....	127
Figura 61- Evolução da porcentagem de umidade entre 1990 e 2012	128
Figura 62- Modelo de Regressão para a Vulnerabilidade e Ameaça de cada Estado da Amazônia.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 01-	Área de cada sub-bacia da Bacia Amazônica Brasileira.....	38
Tabela 02-	Anomalias trimestrais de temperatura da superfície do Oceano Pacífico.....	39
Tabela 03-	Períodos de Ocorrência dos Eventos de El Niño e La Niña de 1982-2012	39
Tabela 04-	Vulnerabilidade socioeconômica	52
Tabela 05-	Índices de ameaça de eventos meteorológicos extremos	54
Tabela 06-	Período das estações durante a seca e a enchente, a partir dos máximos e mínimos de vazão	75
Tabela 07-	Porcentagens acima da média das Vazões em anos de El Niño e La Niña no período de 1982 a 2012.....	93

LISTA DE SIGLAS

AMJ -	Abril-Maio-Junho
AMO -	Oscilação Multidecadal do Atlântico
ANA -	Agência Nacional de Água
ASO -	Agosto-Setembro-Outubro
CPRM -	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC -	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DJF -	Dezembro-Janeiro-Fevereiro
EN -	EL Niño
ENSO -	El Niño Oscilação Sul
E -	Evaporação
FMA -	Fevereiro-Março-Abril
GRACE -	Gravity Recovery and Climate Experiment
HS -	Hemisfério Sul
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH -	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCC -	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA -	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicadas
IVS -	Índice de Vulnerabilidade Social
JBNs -	Jatos de Baixos Níveis
JFM -	Janeiro-Fevereiro-Março
JAS -	Junho-Agosto-Setembro
JJA -	Junho-Julho-Agosto
LA -	La Niña
LANDSAT -	Land Remote Sensing Satellite
LI -	Linhas de Instabilidade
MAM -	Março-Abril-Maio
MJJ -	Maio-Junho-Julho
NCEP/NCAR -	National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research
NDJ -	Novembro-Dezembro-Janeiro
P -	Precipitação
PC -	População de Crianças
PE -	População com Escolaridade baixa (ensino fundamental incompleto)

PF -	População Feminina
PI -	População de Idosos
PNUD -	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PR -	População com Rendimento Baixo (menos de 2 salários mínimo)
PT -	População Total
PU -	População Urbana
Q -	Vazão
R^2 -	Coeficiente de correlação
SON -	Setembro-Outubro-Novembro
TSM -	Temperatura da Superfície do Mar
ZCA -	Zona de Confluência dos Alísios.
ZCAS -	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT -	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Conceitos básicos	21
2.1.1 Ciclo Hidrológico.....	21
2.1.2 Sistemas Precipitantes:.....	22
2.1.2.1 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	22
2.1.2.2 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	23
2.1.2.3 Jatos de Baixos Níveis (JBNs)	24
2.1.2.4 Linhas de Instabilidade (LI)	25
2.1.3 Mecanismos Oceânicos.....	25
2.1.3.1 Fenômenos El Niño (EN) e La Niña (LN)	26
2.1.4 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	26
2.2 Regime hidrológico.....	27
2.3 Balanço hídrico da bacia.....	32
2.4 Extremos hidrometeorológicos e risco socioeconômico e ambiental.....	33
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 Levantamento de dados:	37
3.2 Análise dos dados	39
3.2.1 Variabilidade do regime hidrológico:	40
3.2.1.1 Preenchimento das falhas de dados:.....	40
3.2.1.2 Regime hidrológico em cada sub-bacia:	40
3.2.1.3 Variabilidade da precipitação:	41
3.2.1.4 Variabilidade da vazão:.....	42
3.2.2 Análise da curva de permanência:	45
3.2.3 - Contribuição das sub-bacias na vazão no rio Amazonas.....	45
3.2.3.1 – Definição dos postos fluviométricos (Estação de referência):.....	46
3.2.3.2 Determinação das áreas das sub-bacias (km ²)	46
3.2.3.3 Determinação da vazão estendida de cada sub-bacia.....	46
3.2.3.4 Contribuição de vazão.....	48
3.2.4 Balanço Hídrico na Bacia Amazônica:	48
3.2.5 Extremos Hidrometeorológicos e Risco Socioeconômico e ambiental:	50
3.2.5.1 Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVS).....	50
3.2.5.2 - Ameaça ambiental	53

3.2.5.3 Risco socioeconômico e ambiental	54
4 VARIABILIDADE DO REGIME HIDROLÓGICO.....	56
4.1 Análise pluviométrica.....	56
4.2 Análise fluviométrica	70
5 CONTRIBUIÇÃO DAS SUB-BACIAS NA VAZÃO NO RIO AMAZONAS.....	106
6 BALANÇO HÍDRICO	114
7 EXTREMOS HIDROMETEOROLÓGICOS E RISCO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL.....	120
7 CONCLUSÃO.....	130
REFERÊNCIAS	134
APÊNDICES.....	141
APÊNDICE A- ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA AMAZÔNICA.....	142
APÊNDICE B - POSTOS FLUVIOMÉTRICAS NA BACIA AMAZÔNICA.	145
APÊNDICE C - MUNICÍPIOS BANHADOS PELOS AFLUENTES E CALHA PRINCIPAL DO AMAZONAS	146

1 INTRODUÇÃO

A superfície total da Terra é composta por 70% de água, principalmente devido aos oceanos, sendo o quantitativo de aproximadamente 581 milhões de km². Os oceanos são os grandes sumidouros de água dos continentes. Contudo, as florestas, principalmente a Floresta Tropical Amazônica, também contribui como sumidouro de vapor d'água para as regiões continentais tropicais desempenhando um papel importante no ciclo hidrológico destas regiões, conforme mostrado por Rocha (2004).

O continente Sul-Americano é a massa continental mais úmida do mundo, pois possui a maior floresta tropical, com chuvas abundantes desde o equador até os extra-trópicos, revelando o quanto as chuvas são fartas na América do Sul em comparação com a África e a Austrália (ROCHA, 2004; ARRAUT, 2008).

O Brasil detém 11,6% de toda água doce do mundo e a região Amazônica contribui com cerca de 70% (região com aproximadamente 8% da população brasileira), sendo que os 30% restantes são disponibilizados para 93% da população do restante do território brasileiro (IBGE, 2013). Marengo (2006) afirma que a disponibilidade de água no Brasil depende em grande parte do clima e do tipo de cobertura do solo, logo se for alterado o clima pode se modificar e consequentemente todo o balanço e disponibilidade de água da bacia hidrográfica. A grande disponibilidade de recursos hídricos no Brasil é justificada por seus rios, que possuem uma vazão média anual em torno de 180 mil m³s⁻¹ (SHIKLOMANOV et al., 2000).

A Bacia Amazônica Brasileira abrange os Estados do Amazonas, Roraima, Acre, Rondônia, parte do Mato Grosso, Pará e Amapá, entre as coordenadas 20°S a 5°N e 80°W a 55°W, fazendo parte também da hidrografia de vários outros países Latino Americanos, pois o Rio Amazonas nasce no alto rio *Apurimac-Ucayali*, nos Andes do Sul do Peru perpassando por pequena parte da Colômbia, atravessando toda a Amazônia brasileira e desaguando no Oceano Atlântico, após passar pelo Farol de Curuçá, no Pará, passa pela Ilha do Marajó até o norte do Arquipélago de Bailique. O rio Amazonas e seus afluentes compõe a maior bacia hidrográfica do mundo totalizando uma área de drenagem de aproximadamente 7,05 milhões de quilômetros quadrados, deste total, aproximadamente 4 milhões de km² estão em território brasileiro (Amazônia Legal). Ela também está presente nos territórios da Bolívia, Peru, Venezuela e Colômbia.

O grande volume de água drenada pela bacia Amazônica é resultado do balanço de água na Amazônia, derivado do vapor d'água oceânico que é transportado pelas correntes atmosféricas que precipita sobre a região, representando uma das regiões mais precipitantes do mundo. O excedente de precipitação após suprir as necessidades hídricas da floresta e do solo,

forma os canais e rios que compõem a grande rede de drenagem da bacia Amazônica, conforme Silva Dias et al. (2005) e Rocha (2004). A bacia engloba um total de 10 sub-bacias: (1) Solimões, Javari e Iracuai; (2) Solimões, Içá e Jandiatuba; (3) Solimões, Juruá e Japurá; (4) Solimões, Purus e Coari; (5) Negro; (6) Madeira; (7) Trombetas; (8) Tapajós; (9) Jari e (10) Xingu e 2.752 rios (ANA, 2015).

Segundo Figueroa e Nobre (1990) a Bacia Amazônica se comporta como um sumidouro de umidade atmosférica, com precipitação média anual de aproximadamente 2300 mm, variando de 1600 mm ano⁻¹ a 3000 mm ano⁻¹ no Oeste, noroeste e no litoral norte da Amazônia, apresentando duas estações bem distintas, a estação seca (inverno e primavera do HS), com precipitações inferiores a 100 mm mês⁻¹, e a estação chuvosa (verão e outono do HS) com precipitações superiores a 200 mm mês⁻¹. Marengo (2006), ainda completa que, a Bacia Amazônica contém 70% da disponibilidade mundial de água doce, sendo formada por mais de mil rios. Além disso, Rebouças e Braga (2002) concluíram que 56% da água da chuva, sobre o rio Amazonas, volta à atmosfera pela ação das florestas, ou seja, mais de 50% das precipitações são provenientes da recirculação do vapor d'água sobre a floresta amazônica.

Segundo Arraut et al. (2012) a floresta Amazônica, devido a seu sistema radicular, armazena as águas profundas do solo, particularmente na estação seca, para manter a fonte de umidade, assim, é possível que em um cenário de desmatamento na Amazônia, essa fonte de umidade não continue funcionando, pois, a troca de umidade entre a floresta e a atmosfera seria mais nitidamente sentida, de forma negativa. Além disso, os desastres naturais como enchentes e secas podem se tornar comuns na Região Amazônica, e não mais exceção, por isso a importância do estudo dos índices pluviométricos e do sumidouro de umidade comprovado também pelos estudos realizados por Leal e Souza (2011).

Callède et al. (2002) afirma que o rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime hidrológico anual, ou seja, as sub-bacias que se encontram no regime de estiagem de precipitação são compensadas por sub-bacias que se encontram na época de cheia, fazendo com que o regime hidrológico anual varie pouco de ano para ano, porém quando se trata da sazonalidade essa normalidade muda, pois segundo Satyamurty et al. (2013) a estação chuvosa, que vai de novembro à abril, comporta 70% da precipitação total anual e a estação seca, que vai de maio a outubro, comporta somente os 30% restantes.

Contudo, o regime de chuvas na Bacia Amazônia é diferente nos afluentes da margem esquerda e da margem direita, pois a margem esquerda é influenciada, principalmente, pelo deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a margem direita pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) durante o verão austral, ou seja, a precipitação máxima nos afluentes da margem direita ocorre dois meses antes, entre dezembro e

fevereiro, da precipitação máxima na calha principal, entre fevereiro e abril e 6 meses mais cedo do que sobre os afluentes da margem esquerda, entre junho e agosto. Já a precipitação mínima nos afluentes da margem direita ocorre em junho-julho-agosto, seis meses mais cedo do que o mínimo no extremo norte dos afluentes da margem esquerda, que são, em janeiro-fevereiro-março, segundo os estudos de Tomasella et al. (2011).

A preocupação com esses eventos hidrológicos, principalmente quando são extremos, vai desde a perda da subsistência pela população como as perdas intangíveis, com isso vários autores como Sherman, et al. (2015) e Pinho, Marengo, Smith (2015) estudaram a relevância dos efeitos dos eventos meteorológicos e concluíram que a mudança climática tem o potencial de exacerbar os aspectos socioeconômico e biofísicos, aumentando a vulnerabilidade do sistema, alterando a disponibilidade de recursos e as estratégias adaptativas, pois além da ocorrência desses eventos existem a frequência e a intensidade que não são previstas, dificultando ainda mais o poder de adaptação da população.

O balanço de umidade na Amazônia é um dos pontos importantes para o ciclo hidrológico da região. Entretanto, até hoje encontram-se dificuldades de se fechar o balanço hídrico na Amazônia, com os erros da ordem de 10 a 25% na precipitação, conforme identificado por Rocha (2004).

Segundo Fearnside (2009) as previsões futuras para o clima da Amazônia são incertas, porém mostram prováveis riscos. Assim, esses dois fatores, risco e incerteza, devem ser inseridos às políticas públicas, para a sobrevivência não somente da Amazônia, mas principalmente da população que nela vive. Contudo, existe a necessidade de análises detalhadas dos eventos extremos de precipitação na região, devido as secas e cheias.

O regime de precipitação da bacia amazônica e suas variabilidades já foram, e ainda são, bem estudadas, por Satyamurty et al., 2013; Guimberteau, et al. 2013; Marengo et al., 2013; Villar et al., 2009; Callède et al., 2002, entre outros. Entretanto, o regime hidrológico neste trabalho foi estudado tanto na bacia Amazônica, como um todo, como também nas sub-bacias do rio Solimões, Negro, Purus, Madeira, Tapajós, Trombetas, Xingu e Jari, isoladamente, apresentando, assim, uma análise mais completa na área, analisando como ocorre a contribuição, para o regime hidrológico do rio Amazonas e sua variabilidade sazonal, interanual e de como os extremos hidrológicos, seca e cheia, afetam os aspectos sociais e econômicos das comunidades que residem na região.

Os eventos extremos são problemas graves na Amazônia, principalmente em áreas onde a urbanização foi acelerada com pouca ou nenhuma infra-estrutura, conforme Marengo et al. (2008). Rolim, Santos, Rocha (2006) também estudaram os impactos gerados pela ação de fenômenos naturais na região Amazônica devido à urbanização desordenada e acelerada,

comprovando que o monitoramento desses impactos, em áreas de risco e vulneráveis é objeto de vários estudos científicos, pois preparar a população para enfrentar tais impactos tornou-se um grande desafio da sociedade e do Estado brasileiro. Contudo, poucos são os trabalhos que abordam a ameaça ambiental relacionada com os aspectos sociais e econômicos.

Sendo assim, esse trabalho tem uma grande importância científica por analisar de forma integrada todas as sub-bacias, fazendo o balanço de água simultaneamente, além das relações ambientais com a sociedade, o que ainda não foi abordado profundamente.

Portanto as grandes questões científicas discutidas neste trabalho são:

1) Qual o funcionamento espacial e temporal da bacia amazônica e seus afluentes?

2) E quais os impactos sociais e econômicos dos eventos extremos do regime hidrológico?

Assim, sendo o objetivo principal do trabalho é estudar o regime hidrometeorológico e o balanço hídrico da Bacia Amazônica, determinando o seu papel para a vazão de retorno do rio Amazonas ao oceano Atlântico, assim como, os riscos socioeconômicos e ambientais provocados pelos eventos hidrometeorológicos. Para tanto, os objetivos específicos são: a) analisar as variabilidades temporais e espaciais da vazão em cada sub-bacia e no rio principal da Bacia Amazônica Brasileira; b) analisar a contribuição das bacias afluentes para a vazão do principal rio da Bacia Amazônica, bem como seu comportamento perante as adversidades climáticas, temporais e espaciais; c) analisar as variabilidades temporais e espaciais de precipitação em cada sub-bacia e no rio Amazonas; d) determinar a vulnerabilidade, a ameaça por cheia e estiagem e o índice de risco socioeconômico e ambiental nos municípios que recebem influência da precipitação dos afluentes e da calha principal do rio Amazonas.

Os objetivos e questões científicas propostas serão discutidos e respondidos pelos seguintes tópicos: (a) **Revisão Bibliográfica**, na qual consta todas as referências analisadas nesse estudo sobre a Bacia Amazônica e sua população, especificando sua hidrologia e os riscos socioeconômicos e ambientais causados pelos eventos extremos comuns nesta região; (b) **Materiais e Métodos**, que apresentam os dados utilizados nesta tese e os procedimentos de manipulação dos mesmos; (c) **Resultados** dos temas objeto deste estudo, como, **Variabilidade do Regime Hidrológico e Pluviométrico, Contribuição das sub-bacias na vazão no Rio Amazonas, Balanço Hídrico da Bacia Amazônica e Extremos Hidrometeorológicos e Risco Socioeconômico e ambiental na Bacia Amazônica**; (d) **Conclusões**, que apresentam, de forma sintetizada o resultado dos objetivos desta tese; e (e) Para finalizar apresenta-se as **Referências Bibliográficas** utilizadas nesta tese.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos básicos

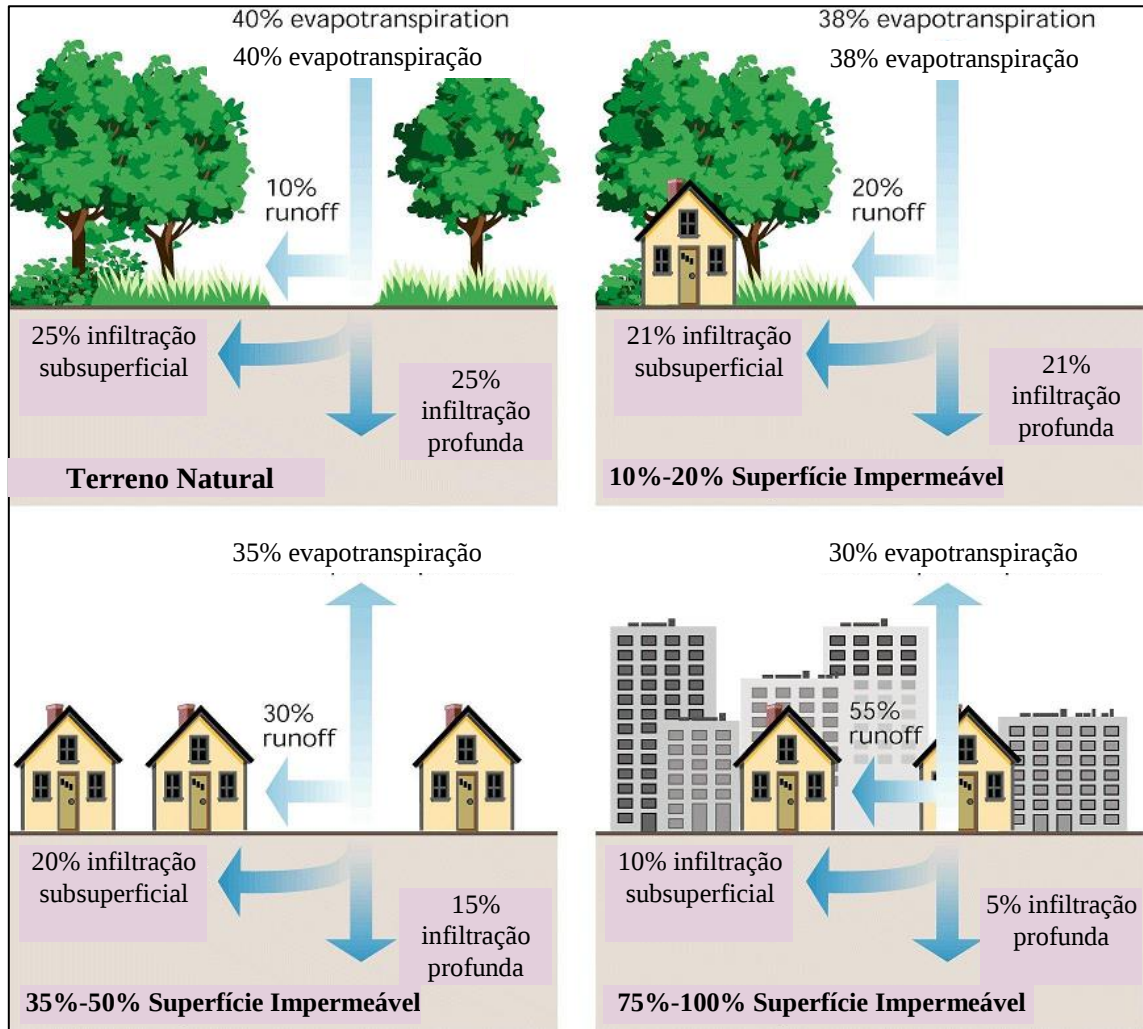
2.1.1 Ciclo Hidrológico

Segundo Tucci (1993) o ciclo hidrológico, conforme mostrado na Figura 01, é um fenômeno global de circulação da água, que ocorre no sistema Terra-Atmosfera, devido a incidência da energia solar associada com a gravidade e a rotação da Terra, ou seja, é um processo de renovação da água, e segundo o hidrogeólogo russo Igor Shiklomanov a quantidade de água existente no planeta é 1,4 bilhão de km³, pois o volume evaporado dos oceanos chega a 505 mil km³ e 458 mil km³, que equivale a 95% do total, retorna aos oceanos pelo processo de precipitação, e somente 5% (60 mil km³) vai para os continentes (PROJETO RIO VOADORES, 2016).

Marengo (2006) ainda afirma que; (a) a floresta intercepta a chuva fazendo o retorno do vapor d'água para a atmosfera, na ordem de 20-25% das precipitações, através da evapotranspiração; (b) as plantas constituintes das florestas transportam água do solo para a atmosfera. E a energia necessária (transpiração) para transformar água em vapor pode representar 50% das precipitações; (c) as florestas interferem o escoamento superficial, aumentando o tempo de resiliência da água no ecossistema, fazendo as plantas atuarem como sistemas transportadores de água do solo para a atmosfera, caso isso seja modificado pela remoção das florestas, o processo de infiltração aumenta ocorrendo uma grande mudança no balanço hídrico; e (d) a floresta também controla o balanço de energia do ecossistema. Cerca de 75% do balanço de energia de uma floresta densa, é utilizado na evaporação e evapotranspiração. Somente na floresta Amazônica esse valor é da ordem de 60%.

Tucci (1993) cita as fases do ciclo hidrológico, que são: evaporação, transpiração (evapotranspiração), condensação, precipitação, interceptação, escoamento superficial, infiltração, percolação e escoamento subterrâneo, que podem ser modificados temporariamente ou permanentemente devido as ações antrópicas, conforme mostrado na Figura 01, ou seja, quanto mais impermeável o solo for, maior o *runoff*, ou seja, mais água para escorrer superficialmente e consequentemente maior possibilidade de cheias e desastres hidrológicos.

Figura 01- Ciclo hidrológico



Fonte: Cardoso (2008)

2.1.2 Sistemas Precipitantes:

Os principais sistemas causadores da precipitação e sua variabilidade na bacia Amazônica são: a Zona de Convergências Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZACAS), Jatos de Baixo Nível (JBNS), Linhas de Instabilidade (LI),

2.1.2.1 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

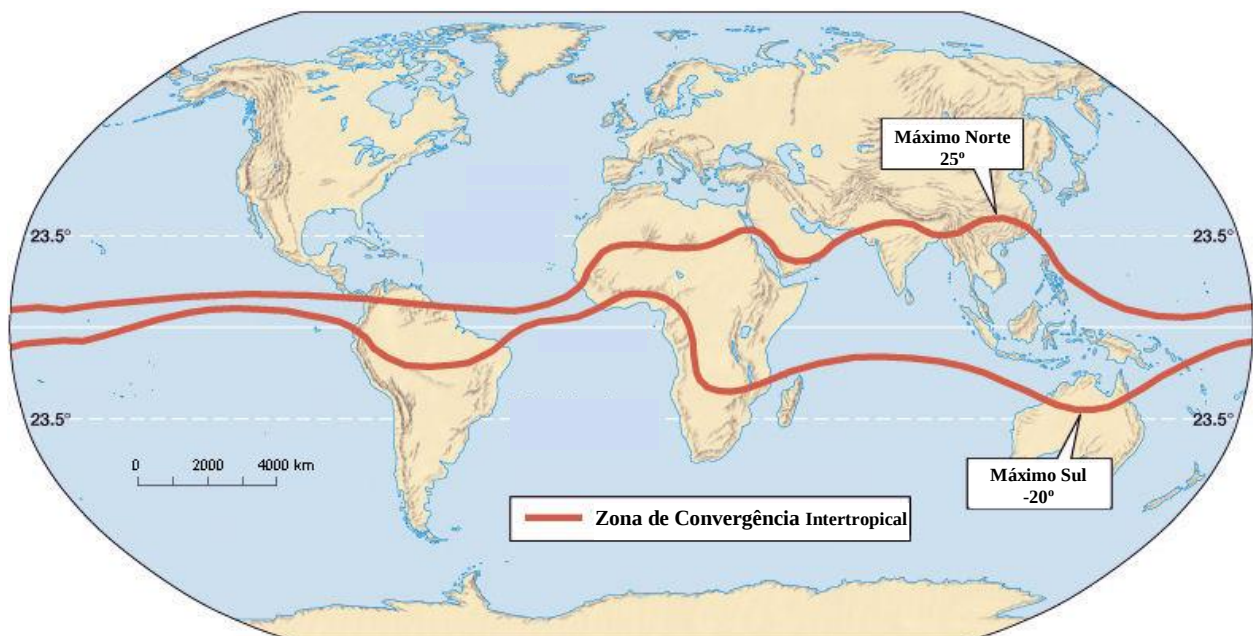
A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um sistema sinótico que ocorre nas proximidades da linha do equador, conforme mostrado na Figura 02 (CARVALHO E OYAMA, 2013), estando inserida numa região onde ocorre a interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas: a) zona de confluência dos Alísios (ZCA); b) zona do cavado equatorial; c) zona de máxima temperatura da superfície do mar (TSM); d) zona de máxima

convergência de massa; e) zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas, todas interagindo próximas à faixa equatorial, conforme os estudos de Ferreira (1996).

Na região onde a ZCIT age, mostrada entre as linhas alaranjadas, da Figura 02, existem aglomerados convectivos, que afetam os índices pluviométricos da região tropical na época chuvosa, conforme Molion e Bernardo (2002).

A posição média da ZCIT adentra mais no Hemisfério Norte do que no Hemisfério Sul, devido a maior continentalidade no HN, apresentando assim, grande variação sazonal e longitudinal. Além disso, vários estudos, como De Souza, Kayano, Ambrizzi (2005) e Gu e Adler (2009) mostram que anomalias da TSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico tropicais afetam o posicionamento latitudinal da ZCIT.

Figura 02- Zona de Convergência Intertropical



Fonte: UVED (2016)

2.1.2.2 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se forma nas áreas cobertas pela floresta Amazônica a partir da convergência da umidade do Oceano Atlântico com a evapotranspiração da floresta local. Assim, o encontro desses dois tipos de umidade forma nebulosidade que se direciona para o Atlântico Sul (CLIMATEMPO, 2016), pois se deslocam de Noroeste para Sudeste, trazendo muita chuva para o Sudeste e para o Centro-Oeste, conforme mostrado da Figura 03 (CLIMATEMPO, 2016), influenciando também os afluentes da margem direita do Rio Amazonas.

Figura 03- Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)



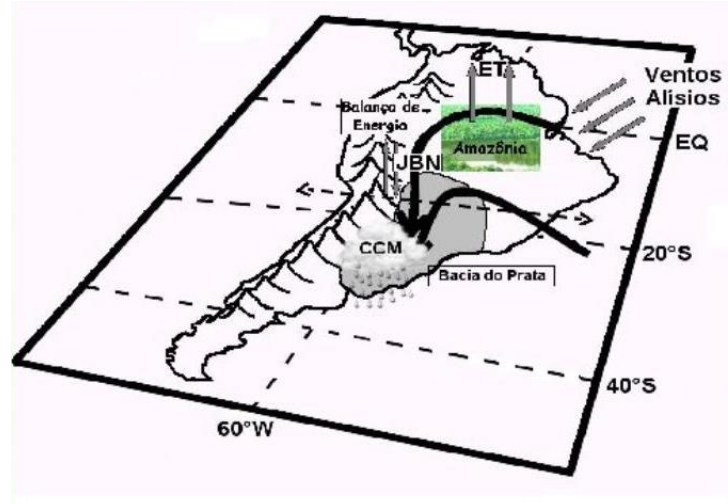
Fonte: CLIMATEMPO (2016)

2.1.2.3 Jatos de Baixos Níveis (JBNs)

Os Jatos de Baixos Níveis (JBN) são fortes escoamentos em baixos níveis com máxima magnitude em torno de 850 hPa, que ocorrem em vários continentes, como na América do Sul. Além disso, atuam fortemente no transporte atmosférico de massa e energia na região próxima à superfície entre as regiões tropicais e subtropicais. Na região de saída do jato há convergência de umidade, ascensão do ar úmido e em alguns casos, ocorrência de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), (PAEGLE, 1998), conforme mostrado na Figura 04.

Os Jatos de Baixos Níveis (JBNs), conforme vários autores, como Custódio e Herdies (1994), Cohen et al. (2006) e Corrêa et al. (2008), ocorrem em várias regiões da Amazônia, como Manaus, Leste e Nordeste do Estado Pará e na Floresta de Caxiuanã, os quais estão relacionados com aglomerados convectivos, consequentemente relacionados com a umidade da região. Além disso, Corrêa et al. (2008) afirmam que os JBNs caracterizam um processo dinâmico de intenso transporte de energia e massa, criando uma estrutura estratificada turbulenta muito eficiente na geração de convecção na região tropical, com isso demonstrando que esses jatos são importantes no estudo do balanço hídrico na Bacia Amazônica.

Figura 04- Esquema de ocorrência de Jatos em Baixos Níveis (JBNs)



Fonte: Sousa Jr. (2016).

2.1.2.4 Linhas de Instabilidade (LI)

Linhas de instabilidades são bandas estreitas de nuvens convectivas, que se formam em várias regiões do globo, conforme Hamilton e Archold (1945) e segundo Alcântara (2010), esse fenômeno é parte de um distúrbio de mesoescala, sendo a porção principal do sistema com vários cumulonimbus organizados, mostrados na Figura 05.

Figura 05- (a) Seção vertical uma Linha de instabilidade e (b) Imagem de uma Linha de Instabilidade sobre o Oceano Atlântico.

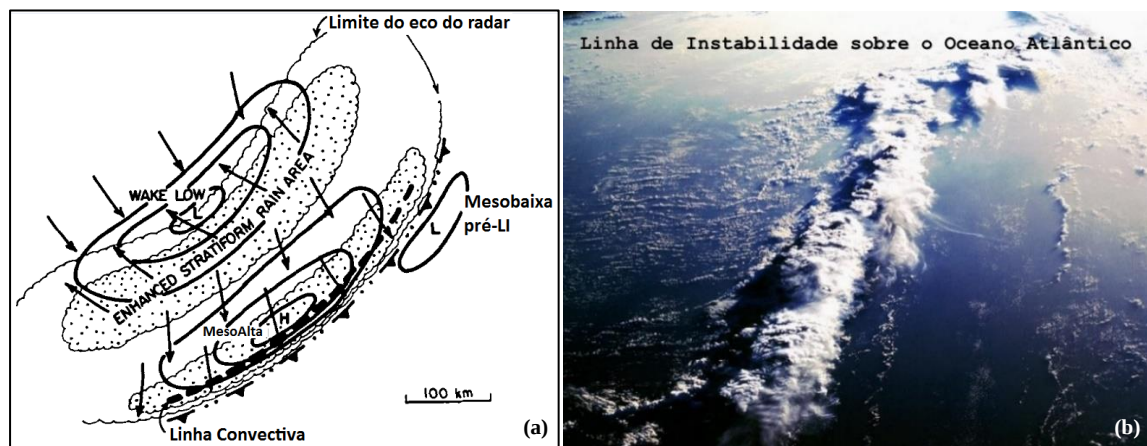


Figura: Alcântara (2010) e Pilotomaster (2016)

2.1.3 Mecanismos Oceânicos

Os mecanismos oceânicos que atuam para os extremos climáticos (intensificação de máximos e mínimos) são: Os eventos El Niño (EN) e La Niña (LN)

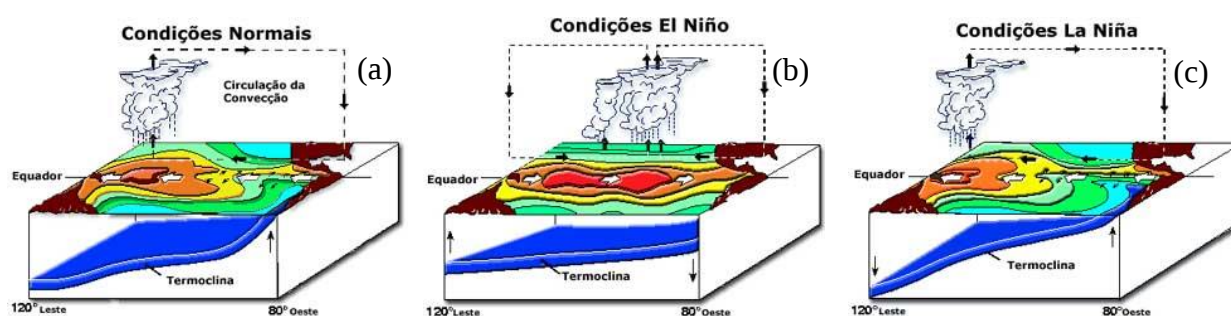
2.1.3.1 Fenômenos El Niño (EN) e La Niña (LN)

Os dois fenômenos, El Niño e La Niña, apresentam anomalias inversas de temperatura da superfície do Oceano Pacífico, causando índices pluviométricos extremos em todo o globo terrestre.

O fenômeno EN, segundo CPTEC (2016), é um fenômeno do sistema atmosfera-oceano, que provoca um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical Leste, mudando os padrões de vento a nível mundial da célula de Walker, e consequentemente os índices pluviométricos, conforme mostrado na Figura 06 (b). Já o fenômeno LN, produz nas águas do Oceano Pacífico Leste um resfriamento anormal, intensificando os ventos alísios, e não os modificando, conforme mostrado na Figura 06 (c).

Durante o fenômeno EN as correntes sobre a Amazônia passam a ser descendente causando pouca precipitação em várias regiões e durante a LN essas correntes continuam ascendentes, porém com maior intensidade, causando chuvas mais abundantes. Contudo, as regiões que recebem influência do EN, não necessariamente, receberão influência da LN.

Figura 06- (a) Condições normais de TSM, (b) Representação do fenômeno El Niño e (c) Representação do fenômeno La Niña.



Fonte: CPTEC (2016)

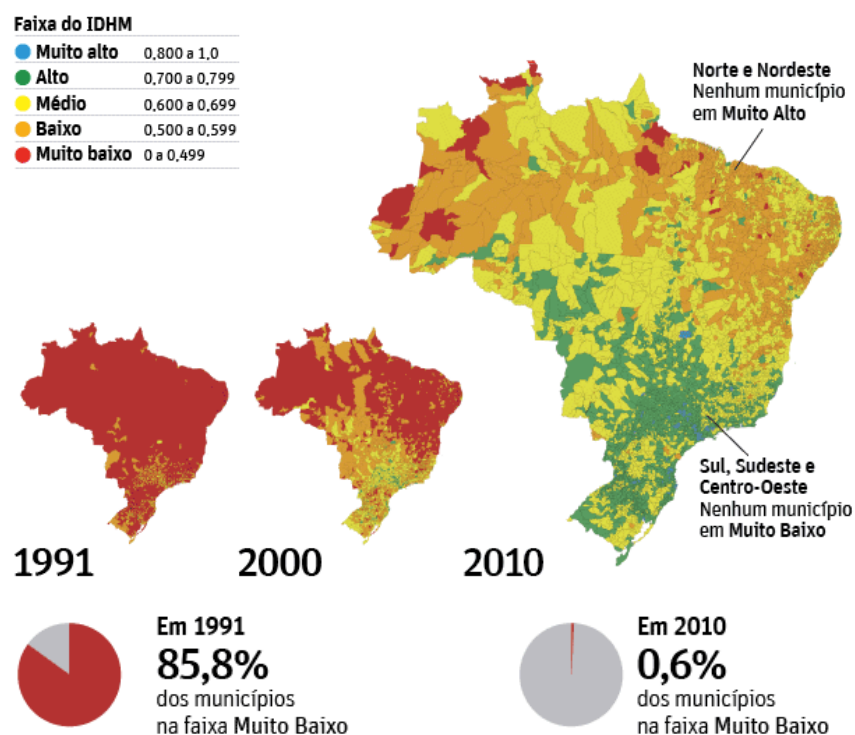
2.1.4 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida para ampliar a perspectiva sobre o desenvolvimento humano, não abrange nem esgota todos os aspectos de desenvolvimento, segundo PNUD (2016) e conforme IPEA (2016) o IDH compara os indicadores de países nos itens riqueza, alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade entre outros, com o intuito de avaliar o bem-estar de uma população, especialmente das crianças (Ver Figura 07).

Ainda conforme o IPEA (2016), o IDH, varia de zero a um, e é divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que em seu relatório anual, no ano de 2014, o Brasil estava na faixa dos países com alto desenvolvimento humano, em 75º lugar, com IDH igual a 0,755. Contudo, nem todos os estados brasileiros estão nessa faixa, conforme mostra a Figura 07.

Figura 07- Índice de Desenvolvimento Humano dos Estado Brasileiros entre 1991 e 2010

EVOLUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS



Fonte: PNUD (2016)

2.2 Regime hidroluviométrico

O rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime hidrológico anual, conforme Callède et al. (2002), ou seja, as sub-bacias que se encontram no regime de estiagem de precipitação são compensadas, como excesso de água, por sub-bacias que se encontram na época de cheia, fazendo com que o regime hidrológico anual varie pouco de ano para ano, porém quando se trata da sazonalidade essa normalidade muda.

Esse regime de chuvas influencia todo o ciclo hidrológico, Assim, Villar et al. (2009), que estudaram a vazão das sub-bacias da bacia Amazônica incluindo o Andes e o Peru durante o período 1974-2004, concluíram que existe uma estabilidade da vazão média no fluxo principal em Óbidos que é explicada por características regionais inversas às que envolvem os rios

andinos, ou seja, ocorre diminuição do “*runnoff*” na fase baixa na região sul, e o aumento na fase alta na região Noroeste. Ambas as características são observadas a partir do início dos anos 90. Além disso, mostraram que as mudanças nos extremos de vazão estão relacionadas com a variação regional plurianual de precipitação e a circulação atmosférica, bem como indicadores climáticos tropicais de grande escala. Em escala de tempo interanual e plurianual entre vazão média e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Norte tropical há uma boa relação. Contudo, Espinoza et al. (2009), de forma contrária ao estudo Krepper, Garcia, Jones (2008), na bacia do Prata, afirmam que tanto as chuvas como a variabilidade de vazão parecem ter pouca relação com as atividades humanas.

As bacias hidrográficas da América do Sul durante 31 anos (1968 a 1998) foram estudadas por Garcia e Mechoso (2005), verificando que as vazões dos rios principais tiveram uma tendência a aumentar desde o ano de 1970, podendo refletir em impactos de grande escala nas mudanças climáticas, além de periodicidades com eventos de El Niño (EN). Satyamurty et al. (2013) também obtiveram resultados que comprovam os estudos de Garcia e Mechoso (2005), pois detectaram que o nível das águas aumentou 10 cm ano^{-1} . Souza et al. (2000) e Marengo et al. (2001) estudaram que o ciclo anual da precipitação na região centro-sul da Amazônia mostra um máximo durante o verão austral que está relacionado com a ZCAS, enquanto a porção norte da Amazônia apresenta o máximo no outono austral devido o deslocamento da ZCIT mais ao sul, também confirmado por Tomasella et al. (2013). A ZCAS tem alta variabilidade convectiva a leste da Cordilheira dos Andes com orientação noroeste-sudeste, desde o sul e leste da Amazônia até o Atlântico Sul (ZHOU, LAU, 1998; Liebmann et al., 1999; CARVALHO, JONES, LIEBMANN, 2004), estando relacionada à circulação monçônica sobre a América do Sul (ZHOU e LAU, 1998; Marengo et al., 2001). Sua variabilidade espacial e temporal influencia os extremos de precipitação sobre a Amazônia (CARVALHO, JONES SILVA DIAS, 2002; CARVALHO e JONES, LIEBMANN, 2004).

As anomalias positivas de TSM tanto no Pacífico Leste, como no Atlântico Norte Tropical, associadas a ventos fortes, fazem com que as correntes de subsidência atmosférica estacionem sobre a Amazônia provando uma diminuição dos índices pluviométricos e consequentemente baixos valores de vazão, essa caracterização geralmente associa-se às secas. Contudo, Espinoza, et al. (2011), estudaram as secas de 1995, 1998, 2005 e 2010 no alto Solimões e detectaram que a seca mais grave das últimas décadas ocorreu em 2010 se comparada ao ano de 2005, pois a intensidade e a duração, foram explicadas pela formação de um EN e um episódio muito quente no Atlântico, os autores se basearam na TSM, no Atlântico Norte, acima do normal entre abril e agosto, com o enfraquecimento dos ventos alísios e o transporte de vapor de água reduzido para a bacia amazônica ocidental.

Tal como em 2005, a falta de água em 2010 foi mais intensa nos afluentes tropicais do sul do alto Solimões do que nos afluentes do norte. Entretanto, segundo Aragão et al. (2007) a seca de 2005 foi causada apenas devido as anomalias da TSM do Atlântico, chamada de Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO), e a seca de 1998 por um forte EN juntamente com a AMO positivo. Frappart et al. (2012) também estudaram a seca de 2005 na Amazônia, utilizando dados do Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) e chegaram à conclusão que a quantidade de água armazenada no rio foi 70% menor do que a média.

A seca de 2010, que foi mais forte que a de 2005, pois obteve maior intensidade e duração, devido ao aparecimento de um El Niño no verão austral e um episódio muito quente no Atlântico na primavera boreal e no verão. Contudo as duas secas tiveram o mesmo padrão, pois na Amazônia Central e Ocidental obteve-se TSM mais quente no Atlântico Norte induzindo um deslocamento para o norte da ZCIT (MARENGO et al., 2008; ZENG et al., 2008; MOLINIER et al., 2009; YOON E ZENG, 2010; ESPINOZA et al., 2011). Mudanças como essas na circulação geral da atmosfera mostram que a dinâmica do sistema oceano-terra-atmosfera na região interage com a variabilidade da TSM (LINAGE, FAMIGLIETTI, RANDERSON, 2014).

Na Amazônia os extremos pluviométricos não acontecem no mesmo espaço, no mesmo período e nem na mesma intensidade. Marengo et al. (2008) comprovam isso em seus estudos, pois em 2005, grandes partes da Amazonia ocidental experimentaram uma seca que afetou a população ao longo do canal principal do rio Amazonas e seus afluentes no oeste e sudoeste, o Solimões e o rio Madeira, respectivamente. Os níveis dos rios caíram para níveis baixos históricos e a navegação ao longo desses rios teve que ser suspensa. A seca não afetou o centro e leste da Amazônia, esse padrão foi diferente do padrão das secas relacionadas ao EN dos anos em 1926, 1983 e 1998, ou seja, a seca de 2005 não foi afetada pelo EN.

Vários estudos, como os de Zeng (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2012), entre outros, mostraram que a variabilidade das chuvas na Amazônia não é devida somente ao aquecimento e resfriamento da superfície do Pacífico Leste, ou seja, devido aos fenômenos de EN ou LN, mas também ao Oceano Atlântico Norte e Sul durante o período de transição entre a estação chuvosa e a seca. Aragão et al. (2007) indicam que as secas na Amazônia são causadas por vários fenômenos meteorológicos (EN e AMO), e além disso, encontraram resultados que essas secas causam impactos diferentes em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ou seja, as secas associadas ao El Niño Oscilação Sul (ENSO) causam anomalias pluviométricas, e consequentemente anomalias na vazão, no Norte, Centro e Leste da Amazônia e quando as secas estão associadas à AMO, as anomalias ocorrem principalmente no oeste da Amazônia. Zeng et al. (2008) também constatarem as diferentes influências, na Amazônia, das águas do Pacífico e do Atlântico, pois na estação úmida a influência do Pacífico é tipicamente bloqueada e na estação

seca o impacto é maior quando influenciado pelo Atlântico, como ocorreu em 2005, pois o ecossistema hídrico da Amazônia foi mais vulnerável, e com isso em 2005 as pequenas vazões bateram recorde.

Além das secas, a Amazônia também foi afetada por enchentes, a de 2009 a magnitude e duração foi a maior nas últimas décadas, com chuvas torrenciais no norte e leste da Amazônia durante o verão austral de 2008-2009, provocando cheias no rio principal e em seus afluentes. O Rio Negro chegou a uma cota nunca vista nos últimos 107 anos, as chuvas no norte e noroeste da Amazônia começaram prematuramente com um período mais longo que o normal. Para Marengo et al. (2012), foi devido a migração anômala da ZCIT durante maio e junho de 2009, pelo aquecimento mais do que o normal das águas da superfície do Atlântico Sul; e as enchentes registradas em 1989 e 1999 ocorreram mais cedo do que as inundações normais dos afluentes do norte da Amazônia, fazendo com que a vazão coincidisse com os picos de inundações dos afluentes do sul.

Em 2012 ocorreu uma das maiores enchentes na Bacia Amazônica, com águas frias no Atlântico Sul e ligeiramente quentes no Atlântico Norte, registrando uma convergência de umidade 38% acima dos valores da climatologia (SATYAMURTY et al., 2013). Marengo et al. (2013) estudaram a enchente de 2012 na Amazônia durante o verão austral, com mudanças na circulação atmosférica, precipitações consistentes e águas mais frias do que o normal no Pacífico equatorial. A circulação atmosférica e anomalias da umidade do solo na região contribuíram para o transporte de umidade do Atlântico intensificando-se na parte ocidental da Amazônia, em seguida, influenciando o sul da região Amazônica, onde o baixo Chaco foi ampliado. Este padrão observado em 2012 não foi encontrado durante outros anos chuvosos na Amazônia, tais como 1989, 1999 e 2009. Isto sugere LN como a principal causa da chuva abundante na Amazônia ocidental de outubro a dezembro, com condições de chuva começando mais cedo e permanecendo até março de 2012, principalmente no noroeste da Amazônia.

Entre 1903-1999, Callède et al. (2004) analisaram 97 anos de dados, e o escoamento do rio Amazonas em Óbidos teve um aumento de 9% nas vazões médias anuais, e de 10% nas enchentes, entre 1945 e 1998 ocorreu boa correlação entre a precipitação e escoamento superficial, devido à comparação entre a evolução das vazões médias anuais e a precipitação anual média da bacia. Por fim, a análise da evolução da descarga média anual e a precipitação média anual, demonstraram um aumento do fluxo em relação à precipitação, o que pode ser a consequência do desmatamento na Amazônia.

As contribuições interanuais do rio Amazonas para o Oceano, possuem um erro em torno de $\pm 6\%$, durante o período de estudo de 1972-2003, que é de $206.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, e que representam 17% do volume total de água que entra nos oceanos em todo o mundo, segundo

estudos feitos por Callède et al. (2010). Estudos sobre as variações de armazenamento de água de superfície no rio Negro, que é o maior afluente em termos de quitação ao rio Amazonas para o período 1993-2000, feitos por Frappart et al. (2008) utilizando os dados do GRACE, comprovaram que os volumes máximos e mínimos de água foram encontrados em junho e outubro, respectivamente.

O resfriamento do Atlântico Norte poderia induzir condições de chuva sobre a Bacia Amazônica, especialmente na estação seca, sendo a influência do Atlântico Norte a mais forte do que a do Atlântico Sul, conforme Yoon e Zeng (2010). Além disso, Gloor et al. (2013) relataram que desde 1990 os valores máximos de vazão ficaram maiores e os mínimos menores, ou seja, ocorre uma forte tendência ao aumento da amplitude anual da vazão ao longo dos anos.

As secas severas e inundações ocorreram com maior frequência nos últimos 40 anos, consequentemente aumentando a amplitude da vazão, conforme estudos de Satyamurty, et al. (2013) e Tomassela, et al. (2011) que encontraram evidências de que a bacia Amazônica tornou-se mais úmida a partir de 1990, com uma forte tendência a um aumento na amplitude anual de vazão do rio. Além desses autores, estudos mais antigos também relataram aumento tanto na precipitação como na vazão na Bacia Amazônica, como de Angelis e McGregor (2004), Fitzjarrald et al. (2008) e Curtis e Hastenrath (1999). Entretanto, vários outros autores também relatam tendências de seca para toda a bacia como os estudos de Costa e Forley (1999), Marengo, et al. (2004) e Buarque, Clarke, Mendes (2009). Assim, segundo Buarque, Clarke, Mendes (2009), as tendências temporais de precipitação sobre a Bacia Amazônica não são totalmente claras, pois existem muitos resultados aparentemente conflitantes.

Um dos cenários do IPCC (SRESA1B), analisados por Guimberteau et al. (2013), para o meio do século 21, não apresenta nenhuma mudança no fluxo da calha principal do rio Amazonas, na estação de Óbidos, porém na época seca apresentou uma diminuição de descarga em 10%. Contudo, na parte superior ocidental da bacia a precipitação foi elevada em 7% no meio do século 21 e em 12% no final do século, com precipitação diminuindo nas estações secas, na parte sul, leste e norte da bacia, diminuindo ainda mais no Rio Xingu, que atingiu 50%, associado a uma redução de 9% no coeficiente de escoamento e de 18% na vazão. Assim, os autores concluíram, através dessas simulações, que as variações de vazão e precipitação indicam que as sub-bacias do sul, que têm coeficientes de escoamento baixos, tornar-se-ão mais sensíveis às mudanças de precipitação (com um aumento de 5 a 35%) do que as sub-bacias ocidentais, enfrentando alto coeficiente de escoamento superficial e nenhuma mudança na vazão e precipitação.

Apesar da Amazônia abrigar uma pequena parte da população mundial (cerca de 8%), sua relevância global está na sua riqueza em termos de biodiversidade, influência na umidade

e nas chuvas de todo o continente Sul Americano; além da atenção devido às mudanças climáticas, pois sua hidrologia é fortemente afetada por eventos extremos, principalmente os associados à precipitação, como constatado por Guimberteau, et al. (2013).

2.3 Balanço hídrico da bacia

O Balanço hídrico da Bacia Amazônica é muito complexo não somente pela sua dimensão, mas também pela grande biodiversidade e dificuldade de dados reais, entretanto, o transporte de vapor do oceano contribui com aproximadamente três quartos da umidade que circula anualmente na região, o outro quarto é produzido pelo processo de evapotranspiração, segundo Correia et al. (2007).

Os índices pluviométricos na região amazônica, durante a estação chuvosa, são geralmente maiores que o dobro das taxas de evapotranspiração, indicando que a maior parte da umidade necessária para gerar as chuvas é transportada de fora da região pelos ventos alísios, a partir do Oceano Atlântico, sendo Assim, estudos como de Molion (1975), Letau (1979) e Salati (1976) mostraram que aproximadamente metade da precipitação na bacia amazônica é proveniente da evapotranspiração local, considerando que toda a evapotranspiração é transformada em precipitação na própria região. Entretanto, Correia et al. (2007) e Brubaker, Entekhabi, Eagleson (1993) consideraram também os transportes horizontais de umidade, estimando uma reciclagem média em torno de 20 a 35%, ou seja, de 20 a 35% das chuvas regionais são alimentadas pela evapotranspiração gerada na própria bacia, isso representa uma considerável porção do balanço de água regional, mesmo com pequena reciclagem, Contudo, os autores comprovaram que os desflorestamentos modificarão o balanço de água, com consequências desastrosas na Amazônia e nas regiões vizinhas. Assim, Arraut et al. (2012) afirma que durante a estação chuvosa a região Amazônica se comporta como sumidouro, mesmo que a atmosfera esteja saturada.

Estudo realizado por Viana et al. (2010), utilizando modelagem numérica com o modelo regional BRAMS 4.2, a reciclagem local de água representou uma porção significativa do balanço de umidade na Bacia Amazônica, comprovado também por Correia et al. (2007) e Brubaker, Entekhabi, Eagleson (1993). Contudo, as variabilidades naturais e mudanças no sistema climático podem contribuir para modificar a evapotranspiração, a precipitação e o transporte de umidade para a floresta Amazônica.

Segundo Rocha (2004) a evapotranspiração anual é reduzida, modificando a circulação atmosférica, com efeito local, quando a floresta Amazônica é substituída por pastagens. Entretanto, essas modificações variam conforme a área afetada, ou seja, um desflorestamento de pequenas proporções pode levar até a um aumento da precipitação sobre a área desmatada, porém

em grande escala traz modificações ainda maiores, tanto na circulação atmosférica quanto nos recursos hídricos, podendo ocasionar reduções e aumentos pluviométricos, não somente na bacia Amazônica, mas também em regiões vizinhas e remotas.

A reciclagem de vapor d'água é um importante sistema de alimentação de água à região onde acontece a evaporação, e esse sistema foi estudado por Nóbrega, Cavalcanti, Souza (2005) e revalidado pelo estudo feito por Marengo (2006), afirmando que a reciclagem de vapor d'água contribui na hipótese de que o aumento do desmatamento em algumas seções da Floresta Amazônica pode mudar drasticamente o ciclo da água, mas conforme Duarte (2005), ainda não se sabe como isso pode acontecer e com que intensidade.

No estudo de Nóbrega, Cavalcanti, Souza (2005), que analisou os campos do fluxo de vapor d'água, evapotranspiração e precipitação durante o verão (dezembro-fevereiro), outono (março-maio), inverno (junho-agosto) e primavera (setembro-novembro) durante 20 anos de “reanálises” do NCEP-NCAR, revelaram que as reciclagens de vapor d'água foram relativamente pequenas sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil e maiores na parte central da América do Sul, indicando ainda que, a contribuição advectiva é mais importante para a precipitação sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil. Esses resultados provam que a quantificação da reciclagem de vapor d'água é um importante indicador dos processos do sistema superfície-terra para o balanço hídrico.

Estimativas de precipitação em pântadas, sobre o centro-sul da Amazônia durante o verão austral, obtidas por satélite e estações de superfície entre os anos de 1979 e 2002 com resolução espacial 2,5°, foram feitas pelo estudo de Muza e Carvalho (2006), indicando que a característica espaço-tempo da precipitação na América do Sul é influenciada por mecanismos relacionados à variabilidade intrasazonal e interanual, os quais podem vir a afetar as características dos eventos extremos de precipitação ou estiagem sobre o centro-sul da Amazônia.

2.4 Extremos hidrometeorológicos e risco socioeconômico e ambiental

Hoje os estados brasileiros possuem uma taxa de ocupação urbana desordenada muito alta, em média 80%, se fossem aplicados as legislações urbanas e os planos diretores dos municípios, essa realidade seria diferente, pois com o planejamento urbano poder-se-ia propor ações adequadas para construir cidades mais sustentáveis, com justiça e qualidade de vida para todos. Além disso, Assad (2011) confirmou que 75% da população mundial, entre os anos de 1980 e 2000 sofreram com a ocorrência de fenômenos, como: ciclones, furacões e enchentes. Em todos os anos, segundo Braga et al. (2006), ocorrem diversos tipos de desastres naturais, em cidades, que afetam populações inteiras, com danos intangíveis e econômicos.

Desastres naturais, como as enchentes e inundações hoje são mais percebidas pela falta de planejamento e infraestrutura urbana, conforme mostrado por Leal e Souza (2011), que desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de mapear os desastres naturais associados às enchentes e inundações registradas na Amazônia, e comprovaram que tais problemáticas tornam diversas áreas vulneráveis a esses tipos de desastres, aumentando os riscos de danos e prejuízos à população, como desmoronamento de terras, proliferação de doenças hídricas, podendo até levá-las à morte. Esses desastres ainda podem ser piores com o surgimento de fenômenos como a ZCIT, ZCAS, LI, sistemas frontais e aglomerados convectivos bem como os fenômenos EN, LN, que foram analisados por vários estudos durante o ano de 2009. Os autores ainda mostraram, neste estudo, que 73% de todo o estado do Pará teve seus municípios atingidos por desastres naturais e o desastre natural mais frequente foram inundações. Assim, os autores Leal e Souza (2011), concluíram que 95% dos desastres naturais estão relacionados com os índices pluviométricos da região, que são comuns.

Os desastres naturais não são sentidos igualmente por todos, as mulheres, as crianças e os idosos são os mais afetados, além das pessoas mais pobres. Esses parâmetros são utilizados para determinar o risco de vulnerabilidade de uma região, que é segundo Brauch (2005), a suscetibilidade ao perigo ou dano, ou também, conforme O'Riordan (2002), a incapacidade de uma sociedade em evitar o perigo relacionado a catástrofes naturais.

As áreas de degradação ambiental e de risco normalmente são as áreas mais pobres e com privação social, pois crescem desordenadamente sem infraestrutura básica, além da população feminina, idosos e crianças. Assim, Alves (2006), em seu estudo para a metrópole paulistana, afirma que a vulnerabilidade ambiental é um fator relevante na distribuição espacial das situações de pobreza e privação social, pois em seus resultados a alta vulnerabilidade social estava relacionada com menor rendimento em locais com degradação ambiental. Gonçalves, et al. (2014) também comprovam em seu estudo que os grupos mais pobres são os mais vulneráveis, devido às condições ambientais e sociais mais precárias, além da falta de apoio do Estado ou de outras fontes externas, e dependendo da degradação, como a poluição do ar, que pode ser causada por incêndios decorrentes das secas, outros grupos mais vulneráveis são os idosos, mulheres e crianças.

Apesar da região Amazônica ser rica em recursos naturais e possuir uma biodiversidade enorme, possui o IDH mais baixo do país, ficando atrás de todo o resto do Brasil nos aspectos socioeconômicos, pois segundo Pinho, Marengo, Smith (2015), 42% da população na Amazônia é afetada pela pobreza, já a taxa de todo o Brasil é de 28,8% e o analfabetismo afeta 13% da população amazônica, contra 11% do total do país, além disso, tem-se o fator da

urbanização que hoje é de 80%, pois os habitantes vão em busca de melhores condições de vida e serviços nos centros urbanos (Parry et al. 2010; Araujo e Lena 2010).

A maioria dos habitantes da Amazônia, ou seja, os caboclos, têm tido sua identidade negligenciada nas tomadas de decisões da gestão pública, com isso a área urbanizada continua sendo a única opção para adquirir educação, saúde, produtos e serviços que não estão disponíveis em áreas rurais, principalmente as remotas. (Pinho et al. 2015).

Nos últimos 30 anos ocorreram 5 eventos de seca (estiagem), em 1983, estudado por Marengo et al. (2008), em 1998 por Marengo et al. (2008) e Espinoza et al. (2011), em 2005 e 2010 por Espinoza, et al. (2011) e 4 eventos de cheias (enchentes) em 1989, 1999, 2009 estudadas por Marengo et al. (2012) e em 2012 estudada por Satyamurty et al. (2013) e Marengo et al. (2013).

A seca de 2005, segundo Marengo et al. (2008), foi a maior ocorrida na Amazônia ocidental nos últimos cem anos, afetando a população ao longo do rio Amazonas e seus afluentes, oeste e sudoeste, o Solimões e o rio Madeira, porém não afetou o centro e leste da Amazônia, deixando o maior rio do mundo, quase sem água. Rolim, Santos, Rocha (2006) também estudaram os impactos gerados pela ação de fenômenos naturais na região Amazônica devido à urbanização, comprovando que o monitoramento desses impactos, em áreas de risco e vulneráveis é objeto de vários estudos científicos, pois preparar a população para enfrentar tais impactos tornou-se um grande desafio da sociedade e do Estado brasileiro, pois a população tem que adaptar-se ou preparar-se para as doenças respiratórias, as desidratações e os incêndios florestais, que levam às perdas agrícolas e morte dos animais, meios de subsistência da população, além da falta dos peixes que afetam a população ribeirinha.

Além das secas a Amazônia também foi afetada por enchentes, a de 2009 que teve magnitude e duração maior nas últimas décadas, porém não maior que a de 2012, com chuvas torrenciais no norte e leste da Amazônia durante o verão austral de 2008-2009, provocando cheias no rio principal e em seus afluentes. O Rio Negro chegou a uma cota nunca vista nos últimos 107 anos, as chuvas no norte e noroeste da Amazônia começaram prematuramente com um período mais longo que o normal. Filizola, et al. (2014) também estudaram a enchente de 2009, e afirmaram que esse evento mostrou uma nova forma de lidar com os riscos e desastres na bacia amazônica, pois mais de 238 mil moradores de 38 municípios foram afetados causando um efeito drástico na população local, desde as primeiras medições, em 1928 na cidade de Óbidos, gerando relações complexas de tempo e espaço entre o sistema água-terra-atmosfera, ou seja, rio principal e seus afluentes, as chuvas e o crescimento urbano das cidades ribeirinhas sem um planejamento adequado.

Assim, a vulnerabilidade, segundo Pinho, Marengo, Smith (2015) é um processo dinâmico devido às desigualdades no acesso e distribuição dos recursos, causando a

marginalização social. Com a governança adequada em diferentes escalas poderia reduzir a vulnerabilidade, melhorando, os meios de subsistência regional, a educação, diminuindo a pobreza, diminuindo o êxodo rural e com isso a diminuindo a urbanização acelerada e desordenada, a qual é um dos grandes culpados pelos riscos ambientais. Já segundo Alves (2006) e Sena, et al. (2012), vulnerabilidade socioambiental é uma parte da população fortemente carente e necessitada (vulnerabilidade social) juntamente com áreas sujeitas a risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). Assim, pode-se afirmar que existe uma relação direta entre riscos ambientais e precariedade no acesso aos serviços públicos (falta de infraestrutura urbana - água, saneamento, coleta de lixo, canalização de cursos de água, etc.). Sena et al. (2012) em seu estudo afirmam que as zonas mais vulneráveis utilizam a renda, densidade populacional e educação como indicador. Além disso os resultados desenvolvidos nos estudos desses autores, na bacia do rio Acre, revelaram que os eventos extremos, principalmente as inundações, que ocorrem nas regiões mais densamente urbanizadas, agravam a vulnerabilidade social, principalmente nas áreas mais pobres.

Risco é diferente de vulnerabilidade, como Esteves (2011) explica em seu artigo, pois está relacionado aos acidentes naturais, segurança pessoal, saúde, condições de habitação, trabalho, transporte, condição da criança e do adolescente, ou seja, pode ser encarado como uma situação de perigo

Apesar da Amazônia, abrigar uma pequena parte da população brasileira (cerca de 5%), sua relevância global está na sua riqueza em termos de biodiversidade, influência na umidade e nas chuvas de todo o continente Sul Americano, além da atenção devido às mudanças climáticas, pois sua hidrologia é fortemente afetada por eventos extremos, principalmente os associados à precipitação, e sua população, como constatado por Guimberteau, et al. (2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho foi realizado na Bacia Amazônica Brasileira, localizada nos estados do Amazonas, Roraima, Acre, Rondônia, Pará, Amapá e parte do Mato Grosso, utilizando dados de vazão e precipitação da Agência Nacional de Águas (ANA) e dados socioeconômicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 1982 e 2012, e os procedimentos metodológicos serão descritos detalhadamente a seguir, conforme os objetivos, geral e específicos.

3.1 Levantamento de dados:

A Região Amazônica, em sua grande extensão, possui uma considerável densidade de redes pluviométricas e fluviométricas, porém muitas séries de dados das referidas estações e postos possuem falhas e não operam no mesmo período de tempo. Assim, optou-se pelas estações e postos com menos falhas no conjunto de dados, conforme a Figura 08.

Figura 08- Conjunto de dados utilizados.

Precipitação	Vazão	Área	Censo	Eventos Extremos
•Dados mensais •224 estações pluviométricas •1982-2012 •ANA/CPRM	•Dados mensais •62 postos fluviométricos •1982-2012 •ANA/CPRM	•Dados parciais e totais das áreas das Bacias: Solimões, Negro, Trombetas, Jari, Madeira, Purus, Tapajós e Xingu.	•2010 •49 municípios •P. Total •P. Urbana •P. Feminina •P. de criança até 4 anos •P. Idosa acima de 60 anos •P. com ensino fundamental incompleto •P. com rendimento de até 2 salários	•El Niño •La Niña •1982-2012

Fonte: Da autora

Os dados citados na Figura 08 são demonstrados a seguir:

a) Dados mensais de precipitação (em mm) de 224 estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas/Serviço Geológico do Brasil (ANA/CPRM) no período de 1982 a 2012, totalizando 31 anos de dados, conforme mostrado no Apêndice A.

b) Dados mensais de vazão (em m^3s^{-1}) em 20 postos fluviométricos da ANA/CPRM no período de 1982 a 2012, perfazendo um total de 31 anos de dados, exceto os postos de Garganta e Caramujo, que possuem somente, 20 e 18 anos de dados, respectivamente, conforme mostrado no Apêndice B.

c) Dados anuais de vazão (m^3s^{-1}) em 62 postos pluviométricos da ANA/CPRM no período de 1982 a 2012, perfazendo um total de 31 anos de dados, exceto os postos de Garganta e Caramujo, que possuem somente, 20 e 18 anos de dados, respectivamente.

d) Dados da área (em Km^2) de cada sub-bacia, conforme mostrado na Tabela 01.

Tabela 01- Área de cada sub-bacia da Bacia Amazônica Brasileira

Sub-bacias	Área (m^2)	Área (km^2)	Estação de Referência	Área (m^2)	Área (km^2)
Jari	57698723869,5	57698,723870	São Francisco	52767657691,3	52767,658
Madeira	1449159904220,0	1449159,9040	Manicoré	1143965630760,0	1143965,631
Negro	760728681311,0	760728,6813	Serrinha	308016623355,0	308016,623
Purus	410471817510,0	410471,8175	Canutama	252132050209,0	252132,050
Solimões	210737178021470,0	2107371,7800	Itapéua	1814197999300,0	1814197,999
Tapajós	497166714538,0	497166,7145	Itaituba	461983899998,0	461983,900
Trombetas	129044202164,0	129044,2022	Garganta	76959611499,9	76959,611
Xingu	509545700462	509545,7005	Altamira	320767450947,0	453516510196

Fonte: Da autora

e) Dados censitários do ano de 2010 em 49 municípios, conforme mostrado no Apêndice C, dos seguintes aspectos socioeconômicos: população total (PT), população total urbana (PU), população feminina (PF), população de idosos com mais de 60 anos (PI), população de crianças com até 4 anos de idade (PC), total de pessoas com nível fundamental incompleto (PE) e total de pessoas com rendimento de até 2 salários mínimos (PR).

f) Histórico de eventos meteorológicos extremos, estiagem e inundações, EN e LN, que afetaram a Bacia Amazônica Brasileira, no período de 1982 a 2012, conforme mostrado nas Tabelas 02 e 03.

A Tabela 02 representa a média trimestral das anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), no Oceano Atlântico, e a Tabela 03 apresenta a intensidade dessas médias trimestrais que mostram o surgimento dos fenômenos El Niño e La Niña. A intensidade dos eventos é classificada da seguinte maneira: $0,5 < \text{TSM} < 1,0$ – evento fraco de EN; $1,1 < \text{TSM} < 1,5$ – evento moderado de EN; $\text{TSM} > 1,5$ – evento forte de EN; $-0,5 > \text{TSM} > -1,0$ – evento fraco de LN; $-1,1 > \text{TSM} > -1,5$ – evento moderado de LN; $\text{TSM} < -1,5$ – evento forte de LN.

Tabela 02- Anomalias trimestrais de temperatura da superfície do Oceano Pacífico.

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1982	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	1.0	1.5	1.9	2.1	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2
1995	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4

- As anomalias em vermelho estão relacionadas com eventos de El Niño

- As anomalias em azul estão relacionadas com eventos de La Niña

Fonte: NOAA, 2015

Tabela 03- Períodos de Ocorrência dos Eventos de El Niño e La Niña de 1982-2010

EL NIÑO			LA NIÑA		
FRACO	MODERADO	FORTE	FRACO	MODERADO	FORTE
2004-2005	1986-1987	1982-1983	1983-1984	1998-1999	1988-1989
2006-2007	1991-1992	1987-1988	1984-1985	2007-2008	1999-2000
	1994-1995	1997-1998	1995-1996		2010-2011
	2002-2003		2000-2001		
	2009-2010		2005-2006		
			2008-2009		
			2011-2012		

Fonte: Baseado no Oceanic Niño Index (ONNI) - NOAA, 2015.

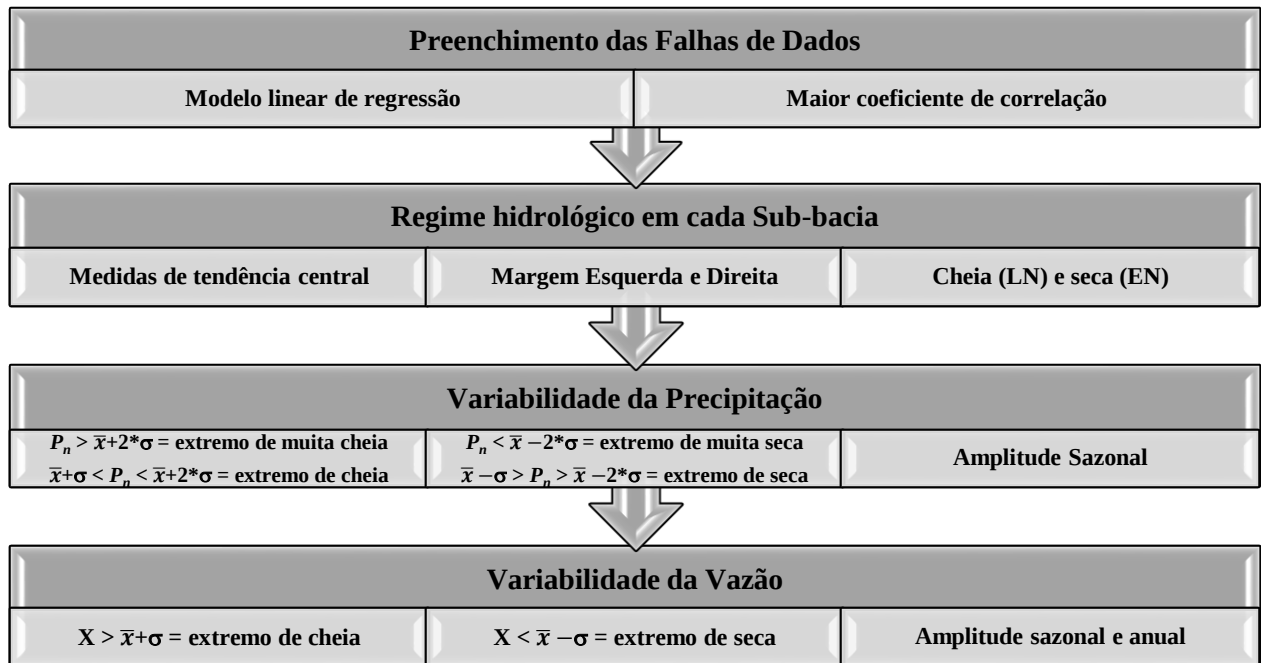
3.2 Análise dos dados

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas partes, a primeira que trata do regime hidrológico da Bacia Amazônica Brasileira, utilizando a precipitação e a vazão e a segunda parte trata dos aspectos socioeconômicos e ambientais, utilizando tanto os dados sociais como os dados de vazão, que apresentam os eventos extremos ocorridos na bacia.

3.2.1 Variabilidade do regime hidrológico:

Para a determinação da variabilidade do regime hidrológico na Bacia Amazônica são apresentados os procedimentos metodológicos na Figura 09. Após a apresentação da Figura 09 são mostrados detalhadamente tais procedimentos.

Figura 09- Organograma da metodologia da variabilidade do regime hidrológico.



Fonte: Da autora

3.2.1.1 Preenchimento das falhas de dados:

Alguns conjuntos de dados possuíam falhas, assim, no tratamento dessas falhas foi efetuado o seu preenchimento através de procedimento estatístico, ou seja, foi utilizado o modelo de regressão linear, demonstrado pela linha de tendência, adotando-se o maior coeficiente de correlação (R^2).

3.2.1.2 Regime hidrológico em cada sub-bacia:

Na avaliação do regime hidrológico de cada sub-bacia da Bacia Amazônica foram utilizadas medidas de tendência central, como média mensal, sazonal, anual e climatológica, conforme a eq. 1, além do desvio padrão, conforme a eq. 2. Além das sub-bacias foram analisadas as medidas de tendência central para a margem direita e a margem esquerda. A média climatológica foi usada na definição dos períodos de cheia e seca.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{eq. 1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}} \quad \text{eq. 2}$$

Em que,

$\bar{x}$ – média aritmética dos dados;

N – número de dados utilizados;

x_i – dados em cada período de tempo, de 1 a N .

σ – desvio padrão.

3.2.1.3 Variabilidade da precipitação:

Neste item foram utilizadas 224 estações pluviométricas com 31 anos de dados, após o preenchimento de falhas, conforme descritas na tabela do Apêndice A.

Na identificação dos anos de EN e LN tomou-se como base a Tabela 02, que representa as anomalias trimestrais da temperatura da superfície do Oceano Pacífico no período de estudo, disponibilizada pelo NOAA e a Tabela 03 que ilustra a intensidade do EN e LN, disponibilizada pelo CPTEC.

Com a média aritmética anual da precipitação foi feita a normalização dos dados, ou seja, para cada estação pluviométrica foi aplicada a equação 3, para identificar os valores de precipitação no período de seca e de cheia, variando de -2 a 2, os valores negativos referem-se aos eventos de seca e os valores positivos aos eventos de cheia.

$$P_n = \frac{P_i - \bar{x}}{\sigma} \quad \text{eq. 3}$$

Em que,

P_n é a precipitação normalizada

P_i é a precipitação observada

$\bar{x}$ é a média aritmética

σ é o desvio padrão

Após a determinação dos períodos de cheia e seca, pela normalização dos dados, foram encontrados os períodos dos eventos extremos, a partir da média aritmética da precipitação,

eq. 1, e do desvio padrão, eq. 2. Esses eventos extremos foram definidos através de 4 (quatro) condições, conforme os itens a seguir.

- (a) Para a determinação de **eventos de seca** utilizou-se a seguinte condição, $\bar{x} - \sigma > P_n > \bar{x} - 2*\sigma$, ou seja, quando P_n estiver entre a linha de $(\bar{x} - \sigma)$ e a linha de $(\bar{x} - 2*\sigma)$.
- (b) Para a determinação de **eventos extremos de seca** utilizou-se a seguinte condição, $P_n < \bar{x} - 2*\sigma$, ou seja, quando P_n for menor que a linha de $(\bar{x} - 2*\sigma)$.
- (c) Para a determinação de **eventos de cheia** utilizou-se a seguinte condição, $\bar{x} + \sigma > P_n > \bar{x} + 2*\sigma$, ou seja, quando P_n estiver entre a linha de $(\bar{x} + \sigma)$ e a linha de $(\bar{x} + 2*\sigma)$.
- (d) Para a determinação de **eventos extremos de cheia** utilizou-se a seguinte condição, $P_n > \bar{x} + 2*\sigma$, ou seja, quando P_n for maior que a linha de $(\bar{x} + 2*\sigma)$.

Após a determinação dos eventos extremos, fez-se a comparação com os anos de EN e LN, conforme a Tabela 02 e 03, e assim, poder encontrar a relação entre os extremos de precipitação e os mecanismos oceânicos.

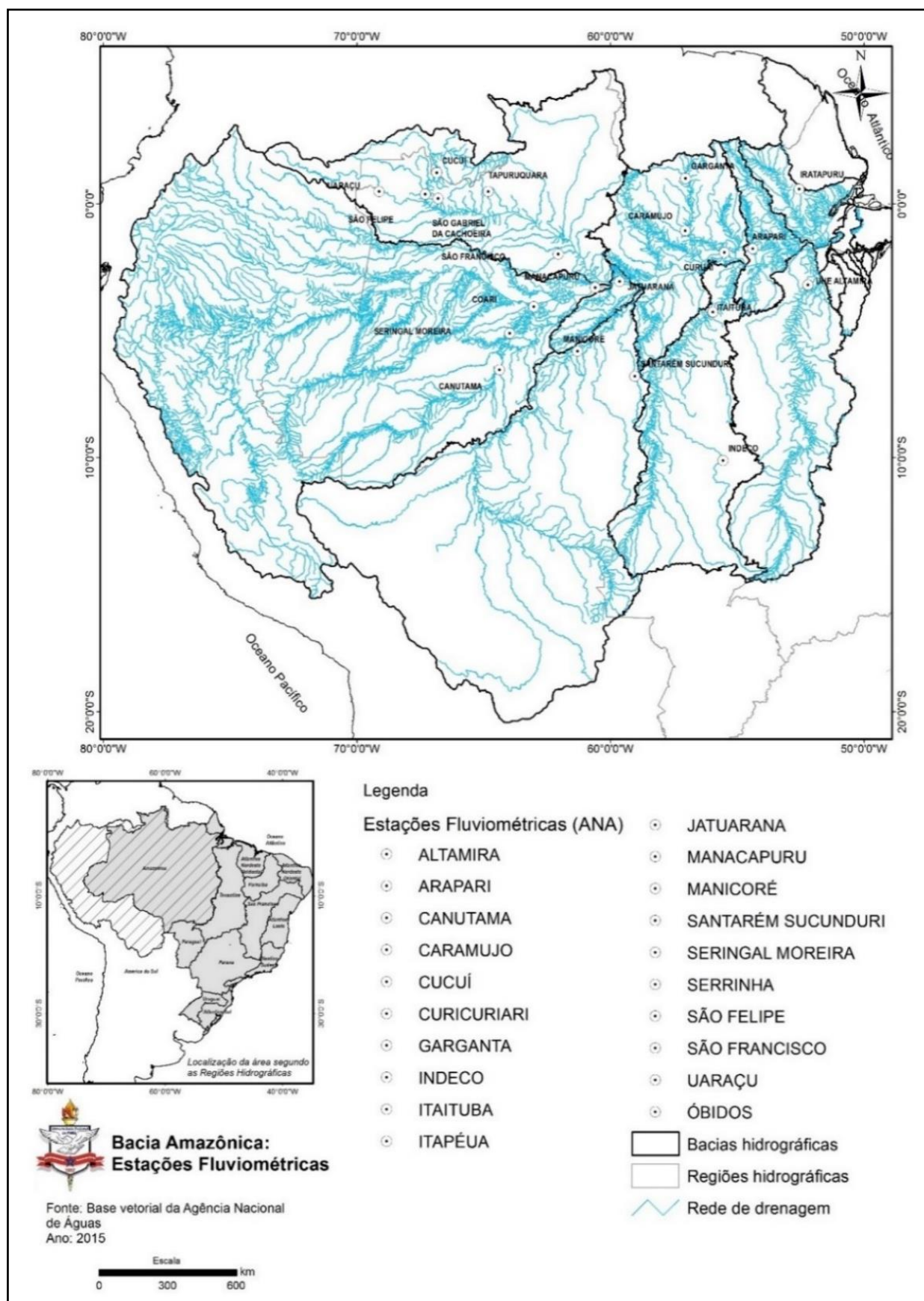
Além disso, foi analisada a amplitude sazonal e a tendência ao longo do período de 31 anos de dados. Essa análise foi realizada obtendo a média anual a partir da eq. 1, do período seco, entre maio e outubro, e período chuvoso, entre, novembro e abril, conforme metodologia de Marengo (2006). Após traçadas as curvas de precipitação da época seca e chuvosa foi plotada a reta de tendência linear, para definir o comportamento de cada época ao longo do período.

Com os dados de toda a Bacia Amazônica também foi plotada a diferença de precipitação entre as curvas da época seca e chuvosa e também definida a linha de tendência ao longo do período estudado.

3.2.1.4 Variabilidade da vazão:

No processo de análise da densidade da rede fluviométrica na Bacia Amazônica e consistência do período de dados de vazão (m^3s^{-1}) foram utilizados 20 postos fluviométricos, escolhidos por sua representatividade em cada sub-bacia, as quais ficam no leito de seus rios principais e mais próximos da calha do Rio Amazonas, além desses postos, foram utilizados o de Óbidos, Jatuarana, Manacapuru e Itapéua, que localizam na calha do rio principal, conforme mostradas na Figura 10 e Apêndice B.

Figura 10- Localização dos postos fluviométricos utilizadas.



Fonte: Da autora

Na identificação dos anos de EN e LN tomou-se como base a Tabela 02, que representa as anomalias trimestrais da temperatura da superfície do Oceano Pacífico no período de estudo, disponibilizada pelo NOAA e a Tabela 03 que ilustra a intensidade do EN e LN, disponibilizada pelo CPTEC.

Com a média aritmética anual da vazão foi feita a normalização dos dados, ou seja, para cada posto fluviométrico foi aplicada a equação 4, para identificar os valores de vazão no período de seca e de cheia, variando de -1 a 1, os valores negativos referem-se aos eventos de seca e os valores positivos aos eventos de cheia.

$$Q_n = \frac{Q_i - \bar{x}}{\sigma} \quad \text{eq. 4}$$

Em que,

Q_n é a precipitação normalizada

Q_i é a precipitação observada

$\bar{x}$ é a média aritmética

σ é o desvio padrão

Após a determinação dos períodos de cheia e seca, pela normalização dos dados, foram encontrados os períodos dos eventos extremos, a partir da média aritmética da vazão, eq. 1, e do desvio padrão, eq. 2. Esses eventos extremos foram definidos através de 2 (duas) condições, conforme os itens a seguir.

(a) Para a determinação de **eventos de seca** utilizou-se a seguinte condição, $Q_n < \bar{x} - \sigma$, ou seja, quando Q_n for menor que a linha de $(\bar{x} - \sigma)$.

(b) Para a determinação de **eventos de cheia** utilizou-se a seguinte condição, $Q_n > \bar{x} + \sigma$, ou seja, quando Q_n for maior que a linha de $(\bar{x} + \sigma)$.

Após a determinação dos eventos extremos, fez-se a comparação com os anos de EN e LN, conforme a Tabela 02 e 03, e assim, poder encontrar a relação entre os extremos de vazão e os mecanismos oceânicos.

Além disso, foi analisada a amplitude anual e sazonal, além da tendência ao longo do período de 31 anos de dados. Essa análise foi realizada obtendo a média anual a partir da eq. 1, do período seco, entre maio e outubro, e período chuvoso, entre, novembro e abril, conforme metodologia de Marengo (2006). Após traçadas as curvas de vazão da época seca e chuvosa foi

plotada a reta de tendência linear, para definir o comportamento de cada época ao longo do período.

3.2.2 Análise da curva de permanência:

Para a determinação da curva de permanência utilizou-se a vazão dos 4 postos fluviométricos localizados na calha do rio Amazonas, Óbidos, Manacapuru, Jatuarana e Itapéua, nos 31 anos de dados.

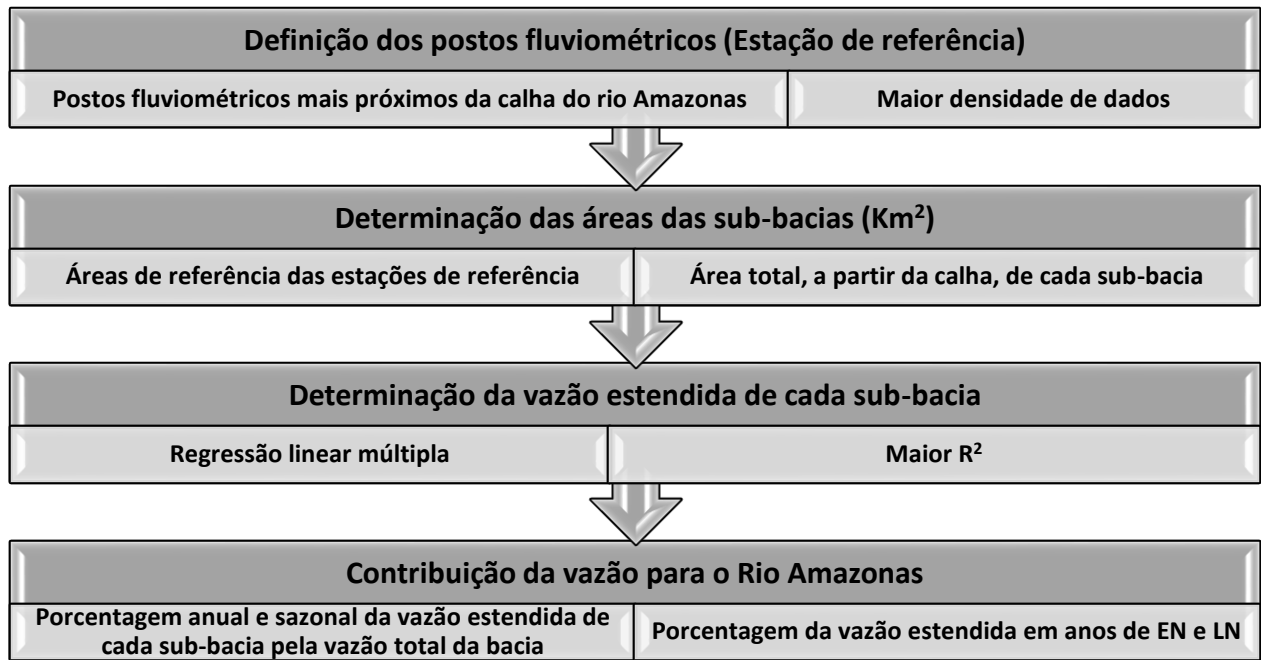
A curva de permanência ou curva de duração da vazão é uma técnica que indica a porcentagem de tempo que uma determinada vazão é igualada ou ultrapassada durante o período de observação. Para determinação da curva de permanência existem várias metodologias e neste estudo foi utilizada a de Tucci (1998) que consiste em estabelecer “ n ” intervalos de classe de acordo com a magnitude e, assim, obter as frequências “ f ”, a partir da contagem do número de vazões em cada intervalo, conforme sequência a seguir:

- a) Ordenamento dos valores mensais de vazão (1982 a 2012) em ordem crescente, retirando todos os meses com falta de dados;
- b) A cada valor ordenado associou-se um valor “ m ” a posição de plotagem, que equivale a ordem de excedência;
- c) Em paralelo foi definido um valor que representa a porcentagem de um determinado valor de vazão, dado por $m/(n+1)$, sendo “ n ” o total dos dados de vazão utilizados;
- d) Com os dados organizados na forma de uma curva de permanência calcularam-se a média aritmética da série e o $Q_{90\%}$ (adotado como referência a partir das recomendações do Plano Nacional de Recursos Hídricos).

3.2.3 - Contribuição das sub-bacias na vazão no rio Amazonas

Para a determinação da contribuição das sub-bacias na vazão no Rio Amazonas são apresentados os procedimentos metodológicos na Figura 11. Após a apresentação da Figura 11 são mostrados detalhadamente tais procedimentos.

Figura 11- Organograma da metodologia da contribuição das sub-bacias na vazão no Rio Amazonas.



Fonte: Da autora

3.2.3.1 – Definição dos postos fluviométricos (Estação de referência):

Para a determinação da contribuição de vazão de cada sub-bacia no rio Amazonas utilizou-se somente os postos fluviométricos localizados no leito dos rios principais das sub-bacias, e mais próximos da calha principal e com maior densidade de dados, durante o período de 1982 e 2012, como pode ser visto na Figura 12, totalizando assim, 8 postos fluviométricos.

3.2.3.2 Determinação das áreas das sub-bacias (km²)

Para a determinação das áreas de cada sub-bacia, primeiramente foi necessária a determinação da área referente aos postos fluviométricos de referência, ou seja, àqueles que estavam localizados nos rios principais, de cada sub-bacia, conforme a 4ª coluna da Tabela 02. Após essa determinação foi feita a vazão estendida até a calha e determinada a vazão total de cada sub-bacia, conforme a Figura 12, a qual apresenta cada sub-bacia com cores diferenciadas.

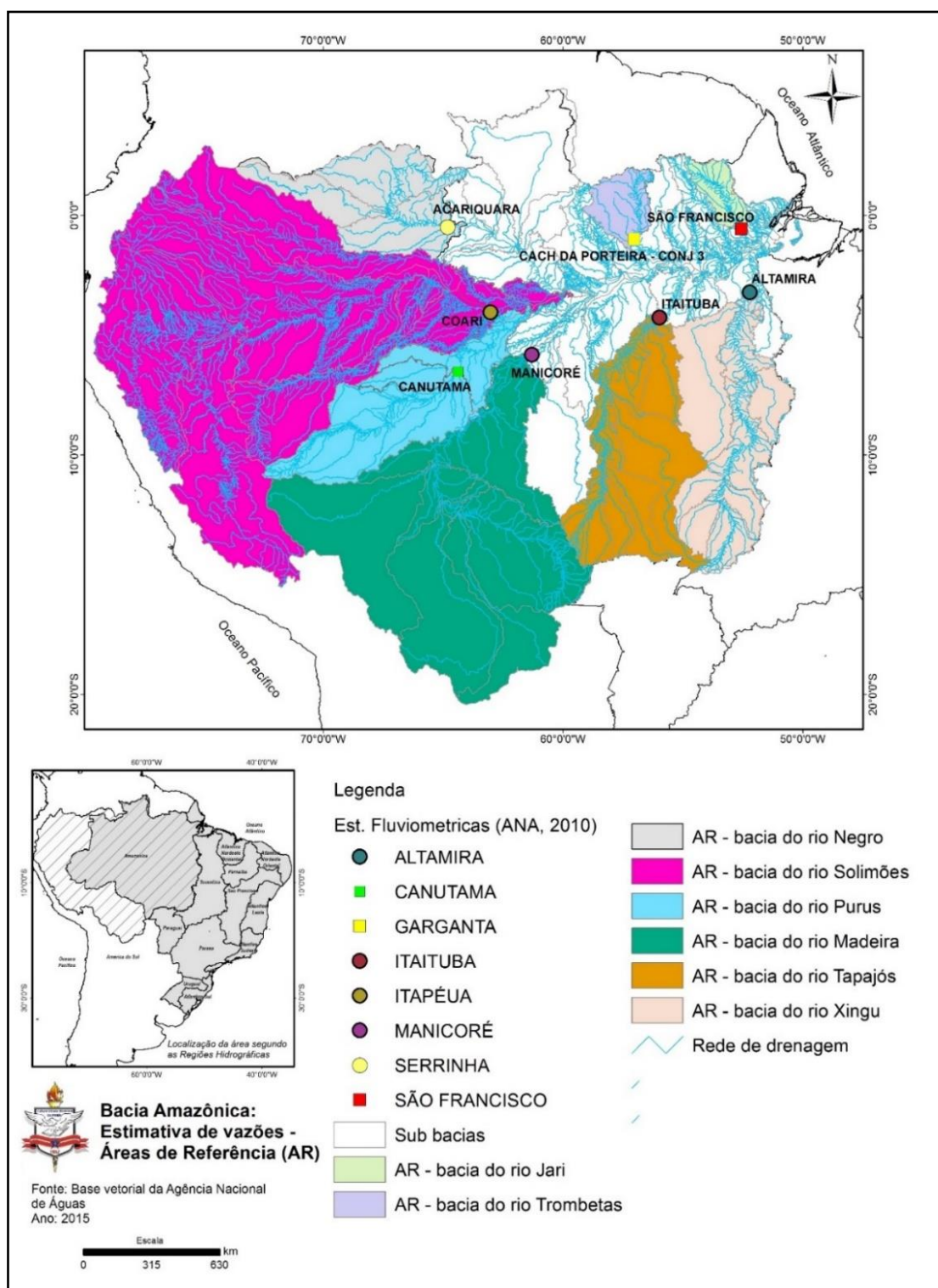
3.2.3.3 Determinação da vazão estendida de cada sub-bacia

A vazão dos postos fluviométricos localizados no leito dos rios principais das sub-bacias representam a vazão de referência por área (Tabela 01), diferenciadas pelas cores da Figura 15. Entretanto, as áreas totais das sub-bacias não foram preenchidas, então foi necessária a

determinação da vazão estendida até a calha principal do Rio Amazonas, para que a vazão fosse representativa da área total da sub-bacia, encontrada na Tabela 01.

Para a determinação das vazões estendidas na calha do rio Amazonas utilizou-se procedimento estatístico (regressão múltipla), adotando-se o maior coeficiente de correlação R^2 para determinar o melhor tipo de reta a ser usada

Figura 12- Vazão de referência por área.



Fonte: Da autora

3.2.3.4 Contribuição de vazão

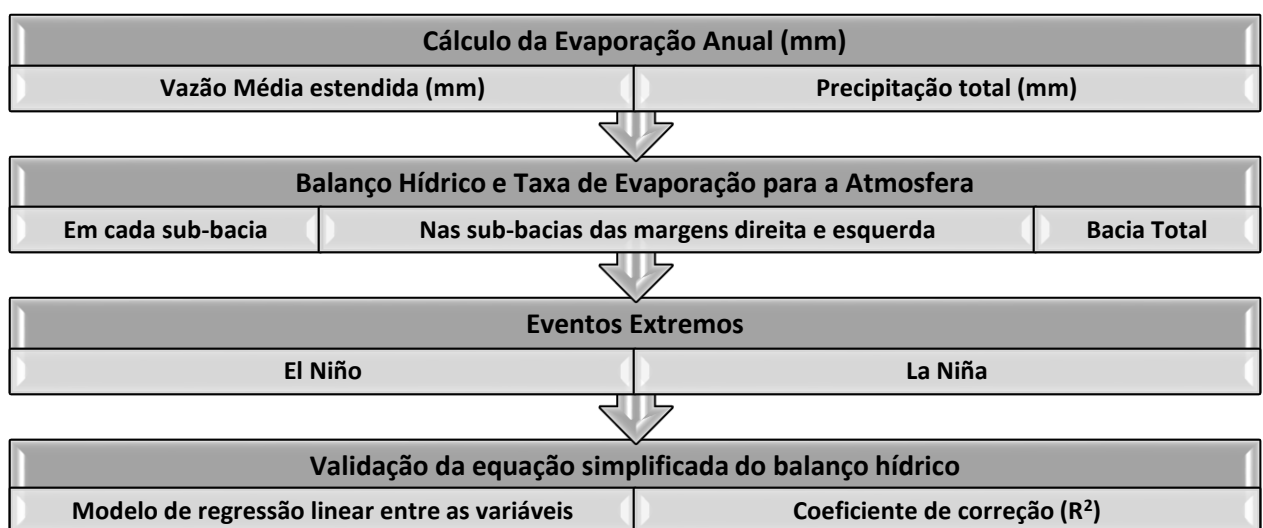
Para realizar os cálculos de determinação da contribuição de vazão, de cada sub-bacia, para o rio Amazonas, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Com as vazões anuais estendidas, na calha do rio Amazonas, representativas de cada sub-bacia, determinou-se a contribuição anual (em porcentagem) que cada sub-bacia faz ao Rio Amazonas, esse procedimento foi feito a partir das vazões calculadas pela vazão total da bacia;
- Com os valores anuais de contribuição em cada sub-bacia foi analisada a tendência ao longo do período estudado;
- Com os valores de contribuição total de cada sub-bacia, foi feita uma comparação com os anos de ocorrência de EN e LN, identificados nas Tabelas 02 e 03, para saber como as contribuições variam em anos de ocorrência desses mecanismos oceânicos;
- Com as médias mensais climatológicas foi feita a análise de contribuição de vazão em cada mês do período estudado.

3.2.4 Balanço Hídrico na Bacia Amazônica:

Para a determinação do balanço hídrico das sub-bacias da Bacia Amazônica foram realizados os procedimentos metodológicos da Figura 13. Após a apresentação da Figura 13 são mostrados detalhadamente tais procedimentos.

Figura 13- Organograma da metodologia do Balanço Hídrico



Fonte: Da autora

3.2.4.1 Cálculo da evaporação anual (mm)

Para o cálculo da evaporação foi utilizado o modelo de Balanço Hídrico proposto por Bolton (1980) e Iribarne e Godson (1973), conforme a eq. 5, que surgiu a partir da equação da continuidade, utilizando a vazão estendida (em mm) e a precipitação total (em mm).

$$Q = P - E \quad \text{eq. 5}$$

Em que,

Q é a vazão estendida (mm), fator de conversão: $31.549 \cdot Q(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) / \text{Área da sub-bacia (Km}^2\text{)}$.

P é a precipitação total (mm)

E é a evaporação (mm)

3.2.4.2 Balanço hídrico e taxa da evaporação para a atmosfera

A eq. 5 é um modelo simplificado do balanço de água, considerando que todos os outros termos são desprezíveis para períodos maiores de um mês, e com isso somente a vazão, precipitação e evaporação são importantes para grandes Bacias. Essa afirmação pode ser comprovada pela metodologia apresentada por Yanai et al. (1973).

A taxa de evaporação foi determinada a partir da precipitação, ou seja, é a taxa de evaporação (E/P) é a quantidade de evaporação que volta para a atmosfera a partir da água precipitável.

Tanto o Balanço de água como a taxa de evaporação (E/P) foi realizado para cada uma das sub-bacias, para posteriormente determinar a diferença entre as margens esquerda e direita, além do balanço total da Bacia Amazônica como um todo.

3.2.4.3 Eventos extremos

Os eventos extremos, EL Niño e La Niña, foram analisados juntamente com a taxa de evaporação (E/P), ou seja, para cada ano foram comparadas as taxas de evaporação com os anos de El Niño e La Niña.

3.2.4.4 Validação dos dados

Através do modelo de regressão linear fez-se a comparação, através do diagrama de dispersão e o coeficiente de correlação, entre as três variáveis do balanço hídrico, para determinar o grau de associação, entre a precipitação e a vazão, entre a precipitação e a evaporação e entre a evaporação e a vazão, e com isso validar a equação 5 para esse estudo.

3.2.5 Extremos Hidrometeorológicos e Risco Socioeconômico e ambiental:

Para determinação dos riscos socioeconômicos e ambientais nos municípios que recebem influência dos afluentes do rio Amazonas, bem como do próprio rio Amazonas, foi necessário fazer uma análise da vulnerabilidade socioeconômica e das ameaças ambientais, utilizando dados sociais e econômicos do IBGE (2010) de 49 municípios do ano de 2010 e dados de vazão total mensal de 49 postos fluviométricos, conforme mostrado na Tabela do Apêndice C, da Agência Nacional de Águas (ANA).

Após a determinação da vulnerabilidade e da ameaça, conforme metodologia que será descrita a seguir, foi estudado o comportamento do conjunto dessas duas variáveis independentes, para medir o grau de associação entre elas, ou seja, foi feita a correlação amostral, utilizando o diagrama de dispersão e o coeficiente de correlação, conforme estudos de Naguettini e Pinto (2007), e assim, podendo validar a metodologia para determinação dos riscos socioeconômicos e ambientais.

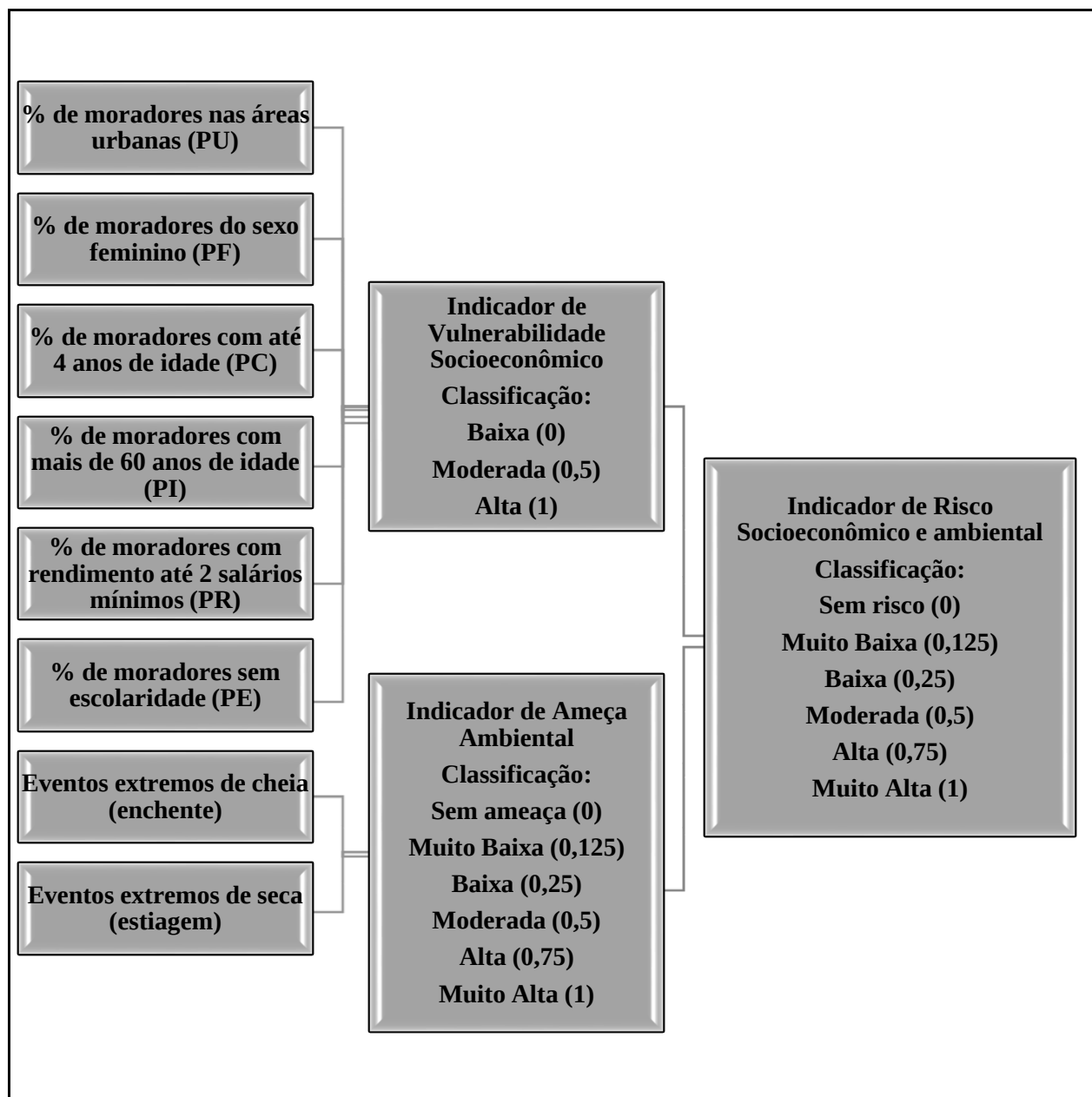
Assim, a metodologia desta parte da pesquisa está dividida em três etapas, a vulnerabilidade socioeconômica; a ameaça ambiental e o risco socioeconômico e ambiental, conforme organograma apresentado na Figura 14.

3.2.5.1 Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVS)

Na primeira etapa foi feita a construção do Índice de vulnerabilidade socioeconômica (IVS), para o ano 2010, necessário para determinar as variáveis sociais e econômicas que mais representam as vulnerabilidades da população, conforme as características e a importância da utilização de cada uma delas, definidos por Szlafstein, et al. (2010), mostradas na Quadro 01.

Após a determinação das variáveis e identificação da importância de cada uma delas, a classificação de vulnerabilidade, foi agrupada na Tabela 04, conforme Szlafstein et al. (2010).

Figura 14- Organograma das etapas da metodologia da pesquisa.



Fonte: Da autora

Variáveis	Sigla	Definição da Variável	Importância
População Urbana	PU	Proporção da população total Urbana do Município sobre a população total do Município	Katayama (1993) sugere que se uma região é inabitada, a vulnerabilidade social desta área pode ser nula. A decisão de localizar populações em áreas susceptíveis a ameaças incrementa a vulnerabilidade da sociedade.
População de Crianças	PC	Proporção da população total de crianças com menos 4 anos de idade sobre a população total do Município	Este grupo populacional estão usualmente entre as primeiras vítimas nos períodos de desastres, devido a alta dependência de seus familiares. Os efeitos dos desastres abarcam desde os físicos, até psicológicos causados pelo pânico e as incertezas associadas à evacuação (UNDRO, 1992).
População Idosa	PI	Proporção da população total de idosos com mais de 60 anos sobre a população total do Município.	A Organização Mundial da Saúde classifica cronologicamente como idosas pessoas com mais de 60 anos de idade em países em desenvolvimento. As pessoas idosas sofrem quando suas casas devem ser evacuadas e encontram dificuldade para recuperar-se da perda dos seus pertences e outras economias. (QUARENTELLI, 1994), além da dificuldade de locomoção com rapidez.
População Feminina	PF	Proporção da população total feminina sobre a população total do Município.	As mulheres representam em muitos casos o sustento emocional, biológico, e econômico das famílias (IKEDA, 1995), além de quase sempre estarem acompanhadas de crianças que são o grupo populacional mais vulnerável.
Nível de Escolaridade	PE	Proporção da população total de pessoas com o ensino fundamental incompleto sobre o total da população do Município.	Pessoas que ainda não cumpriram a primeira etapa do ensino fundamental no Brasil, têm dificuldades de entenderem a importância de evacuação dos locais com vulnerabilidade alta, preocupando-se mais com os bens materiais do que os bens intangíveis.
Nível de Pobreza	PR	Proporção da população total com rendimento de até 2 salários mínimos sobre a população total do Município.	A pobreza está relacionada à marginalização social e a carência de acesso a recursos, e às adaptações, transformando a este grupo populacional no alvo principal dos impactos dos desastres e das mudanças climáticas (SZLAFSZTEIN, 1995).

Quadro 01- Variáveis utilizadas para a construção do Índice de Vulnerabilidade Social.

Fonte: Szlafsztein et al. (2010).

Tabela 04. Vulnerabilidade socioeconômica

Vulnerabilidade	Classificação	População Urbana (PU)	População de Crianças (PC)	População de Idosos (PI)	População Feminina (PF)	Nível de Escolaridade (PE)	Nível de Rendimento (PR)
Baixa	0	Até 5%	Até 5%	Até 5%	Até 10%	Até 30%	Até 10%
Moderada	0,5	5 a 10%	5 a 10%	5 a 10%	10 a 20%	30 a 50%	10 a 20%
Alta	1	Mais 10%	Mais de 10%	Mais de 10%	Mais de 20%	Mais de 50%	Mais de 20%

Fonte: Szlafstein et al.(2010).

Após a identificação da vulnerabilidade socioeconômica para cada variável, foi utilizada a equação 6 para determinar o Índice de Vulnerabilidade Socioeconômico (IVS):

$$IVS = \frac{(PU+PC+PI+PF+PE+PR)}{6} \quad \text{eq. 6}$$

3.2.5.2 - Ameaça ambiental

Na segunda etapa foi determinada a ameaça ambiental entre 1982 e 2012, levando em consideração os períodos de seca e cheia. Os dados de vazão foram normalizados, ou seja, para cada estação foi aplicada a equação 4, para identificar os valores de vazão normalizados no período de seca e de cheia, variando de -1 a 1, os valores negativos referem-se aos eventos de seca, os valores positivos aos eventos de cheia e o zero refere-se a localidades sem risco ambiental por eventos extremos, conforme demonstrado a Tabela 05.

Os índices de ameaça apresentados na Tabela 05 foram definidos através de 11 (onze) condições, conforme os itens a seguir.

- (a) Para a determinação dos municípios **sem ameaça de seca e de cheia** utilizou-se a seguinte condição: $Q_n = \bar{x}$, ou seja, quando Q_n for exatamente igual a média aritmética dos dados de vazão normalizados $\bar{x}$;
- (b) Para a determinação dos municípios com **seca muito pequena** utilizou-se a seguinte condição: $\bar{x} > Q_n > \bar{x} - \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a média aritmética ($\bar{x}$) e a linha de ($\bar{x} - \sigma$), com valores entre -0,1 e -0,125.
- (c) Para a determinação dos municípios com **pouca seca** utilizou-se a seguinte condição: $\bar{x} > Q_n > \bar{x} - \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a média aritmética ($\bar{x}$) e a linha de ($\bar{x} - \sigma$), com valores entre -0,126 e -0,25;
- (d) Para a determinação dos municípios com **seca moderada** utilizou-se a seguinte condição: $Q_n = (\bar{x} - \sigma)$, ou seja, quando Q_n for exatamente igual a linha ($\bar{x} - \sigma$);
- (e) Para a determinação dos municípios com **seca extrema** utilizou-se a seguinte condição: $(\bar{x} - \sigma) > Q_n > \bar{x} - 2 * \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a linha ($\bar{x} - \sigma$) e a linha de ($\bar{x} - 2 * \sigma$);
- (f) Para a determinação dos municípios com **seca mais que extrema** utilizou-se a seguinte condição, $Q_n \leq \bar{x} - 2 * \sigma$, ou seja, quando Q_n for menor ou igual que a linha de ($\bar{x} - 2 * \sigma$);
- (g) Para a determinação dos municípios com **cheia muito pequena** utilizou-se a seguinte condição: $\bar{x} < Q_n < \bar{x} + \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a média aritmética ($\bar{x}$) e a linha de ($\bar{x} + \sigma$), com valores entre 0,1 e 0,125;
- (h) Para a determinação dos municípios com **pouca cheia** utilizou-se a seguinte condição: $\bar{x} < Q_n < \bar{x} + \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a média aritmética ($\bar{x}$) e a linha de ($\bar{x} + \sigma$), com valores entre 0,126 e 0,25;
- (i) Para a determinação dos municípios com **cheia moderada** utilizou-se a seguinte condição: $Q_n = (\bar{x} + \sigma)$, ou seja, quando Q_n for exatamente igual a linha ($\bar{x} + \sigma$);

- (j) Para a determinação dos municípios com **cheia extrema** utilizou-se a seguinte condição: $(\bar{x} + \sigma) < Q_n < \bar{x} + 2 * \sigma$, ou seja, quando Q_n estiver entre a linha $(\bar{x} + \sigma)$ e a linha de $(\bar{x} + 2 * \sigma)$.
- (k) Para a determinação dos municípios com **cheia mais que extrema** utilizou-se a seguinte condição, $Q_n \Rightarrow \bar{x} + 2 * \sigma$, ou seja, quando Q_n for maior ou igual que a linha de $(\bar{x} + 2 * \sigma)$.

Tabela 05- Índices de ameaça de eventos meteorológicos extremos.

Ameaça	Classificação	Seca	Enchentes
Sem Ameaça	0	Sem seca	Sem cheia
Muito Baixa	0,1 a 0,125 (-)	Seca muito pequena	Cheia muito pequena
Baixa	0,126 a 0,25 (-)	Pouca seca	Pouca cheia
Moderada	0,26 a 0,5 (-)	Seca moderada	Cheia moderada
Alta	0,55 a 0,75 (-)	Seca Extrema	Cheia Extrema
Muito Alta	0,76 a 1 (-)	Seca mais que extrema	Cheia mais que extrema

(-) refere-se a classificação para os eventos de estiagem

Fonte: Da autora

3.2.5.3 Risco socioeconômico e ambiental

A última etapa foi feita em função dos itens 2.2.5.1 e 2.2.5.2, para a elaboração de uma matriz de risco conforme os aspectos socioeconômicos e ambientais em cada município banhado pelos afluentes do Amazonas. A partir do IVS e da Ameaça ambiental encontrou-se o Risco socioeconômico e ambiental, conforme a equação 7.

$$\text{Risco} = \text{IVS} \times \text{Ameaça} \quad \text{eq. 7}$$

Após a determinação do Risco socioeconômico e ambiental, a partir da equação 7, utilizou-se o Quadro 02 para indicar a classificação do índice de Risco de cada município. Percebe-se que quando se tem ameaça ou vulnerabilidade 0 (zero) o risco também é 0 (zero), assim a cada realação linha (ameaça) x coluna (vulnerabilidade), obtém-se um risco socioeconômico e ambiental. Contudo, os itens a seguir apresentam os índices e a classificação dos riscos socioeconômicos e ambientais:

- (a) Os municípios que não possuem riscos são classificados como **Sem Risco** (0);
- (b) Os municípios que possuem riscos são classificados como:
- (b.1) **Risco Muito Baixo** ([0,125 à 0,25[);
- (b.2) **Risco Baixo** ([0,25 à 0,50[);
- (b.3) **Risco Moderado** ([0,5 à 0,75[);
- (b.4) **Risco Alto** ([0,75 à 1[); e
- (b.5) **Risco Muito Alto** ([1-∞).

Quando as variações forem negativas significa que o risco é de seca e quando forem positivas o risco é de cheia.

VULNERABILIDADE (IVS)				
AMEAÇA		0	0,5	1
	0	0	0	0
	0,25	0	0,125	0,25
	0,50	0	0,25	0,5
	0,75	0	0,375	0,75
	1	0	0,5	1

Legenda de Risco:

- Sem Risco
- Risco Muito Baixo
- Risco Baixo
- Risco Moderado
- Risco Alto
- Risco Muito Alto

Quadro 02- Matriz risco socioeconômico ambiental

Fonte: Da autora

Apesar dos dados censitários serem somente de 2010 e os dados fluviométricos serem de 1982 a 2012, como citados anteriormente, fez-se uma comparação de como seria o risco socioeconômico e ambiental para a atual população de cada município e os diversos eventos extremos de vazão ocorridos nos últimos 31 anos, que conforme diversos autores causam intensidades diversificadas em cada parte da Amazônia.

3.2.4.4 Validação dos dados

Como feito para o balanço hídrico, o modelo de regressão linear também foi utilizado para validar a relação entre as variáveis socioeconômicas e ambientais, a vulnerabilidade social e econômica e a ameaça ambiental, através do diagrama de dispersão e o coeficiente de correlação.

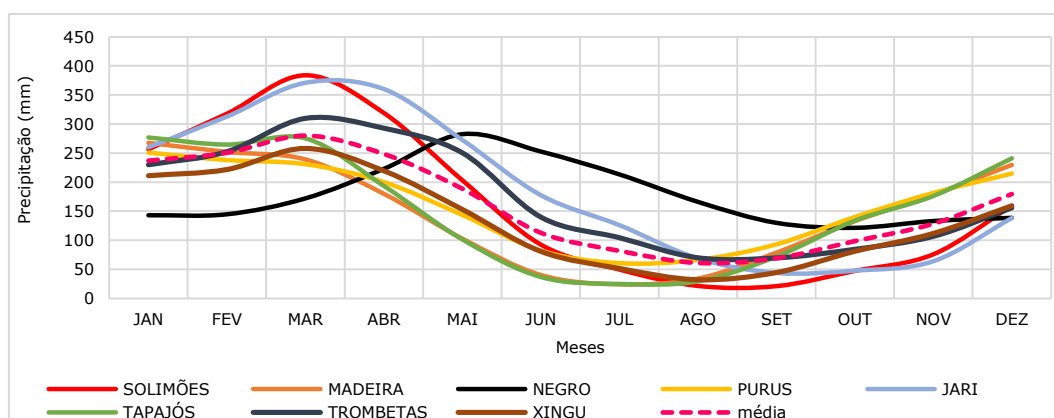
4 VARIABILIDADE DO REGIME HIDROLÓGICO

4.1 Análise pluviométrica

A precipitação na Bacia Amazônica é muito variável no tempo e no espaço, como verificado na Figura 15, pois percebe-se duas estações distintas e bem definidas, um período de altas precipitações que vai de novembro a abril (estação chuvosa) e um período mais seco, que vai de maio a outubro (estação seca), conforme Satyamurty et al. (2013) e Marengo (2006). Entretanto a bacia do rio Negro apresentou uma diferença entre os máximos e mínimos, pois o valor máximo foi 6 meses antes dos afluentes da margem esquerda, concordando com os estudos de Tomasella, et al. (2013).

A Figura 15 ainda mostra que as sub-bacias apresentam no período chuvoso, precipitações mensais variando entre 250 e 400 mm, e no período seco, precipitações abaixo de 100 mm, concordando com os estudos de Figueroa e Nobre (1990) que apresentaram precipitações inferiores a 140 mm/mês durante a estação seca e superiores a 200 mm/mês na estação chuvosa. As maiores variações sazonais da precipitação ocorreram na bacia do Solimões e na sub-bacia do Jari, na parte ocidental e nordeste da Bacia Amazônica, respectivamente, cujas amplitudes anuais são respectivamente 362,95 e 323,39 mm. Já a sub-bacia com menor variabilidade foi a do Negro com amplitude de 118,66 mm, com máximo em maio e mínimo em outubro, concordando parcialmente com os estudos de Frappart, et al. (2008), pois o máximo encontrado, por estes autores foi em junho e não em maio como este estudo

Figura 15- Variação Sazonal da Climatologia na Bacia Amazônica



Fonte: Da autora

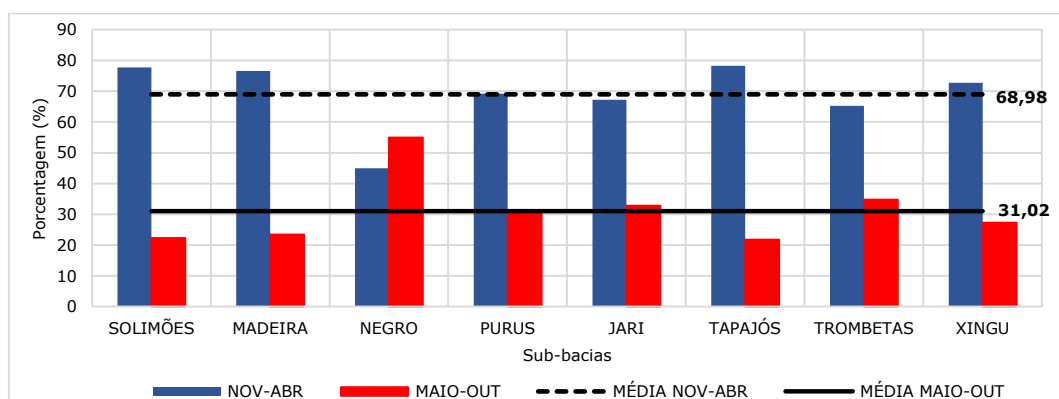
A partir da Figura 16, pode-se notar, que a porcentagem de precipitação conforme a sazonalidade, mostra que o regime pluviométrico não apresenta regularidade, pois no período chuvoso tem aproximadamente 69% de toda a precipitação e no período seco esse volume

de precipitação cai para em torno de 31%, concordando com os estudos de Satyamurty et al. (2013), o qual em seu estudo afirma que a estação chuvosa tem 70% da precipitação total anual e a estação seca tem somente os 30% restantes.

As porcentagens de precipitação das sub-bacias da margem direita (Purus, Madeira, Tapajós e Xingu), na Figura 16, apresentaram máximos acima da média, 68,98%, de novembro à abril e mínimos abaixo, 31,02%, da média de maio à outubro. Já as sub-bacias da margem esquerda, Negro, Jari e Trombetas, apresentaram máximos abaixo da média de 68,89% e mínimos acima da média de 31,02%. A bacia do Solimões apresentou o mesmo comportamento das sub-bacias da margem direita. Contudo, a amplitude sazonal é maior na margem direita, com 48,4%, já na margem esquerda a amplitude foi menor, com 24,3%, e na na bacia do Solimões a amplitude foi em torno de 55%. Contudo, pode-se afirmar que os máximos de precipitação entre novembro e abril (período chuvoso) são maiores nas sub-bacias da margem direita e ocidental e os mínimos de precipitação entre maio e outubro (período seco) são menores.

A sub-bacia do Negro foi a que apresentou a menor amplitude sazonal e os valores de porcentagem de precipitação foi maior na época de estiagem, mostrando assim, que as variabilidades sazonais são diferentes entre as sub-bacias da Bacia Amazônica, conforme colocado por Satyamurty et al. (2013), além disso, afirma-se que enquanto as bacias estão na sua época de estiagem a bacia no Negro ajuda a manter a umidade, sendo uma das mais importantes sub-bacias da Amazônia, coforme estudos Frappart, et al. (2008). E para finalizar a sub-bacia do Tapajós foi a que apresentou maior amplitude na precipitação.

Figura 16- Porcentagem Sazonal de Precipitação entre as Sub-bacias

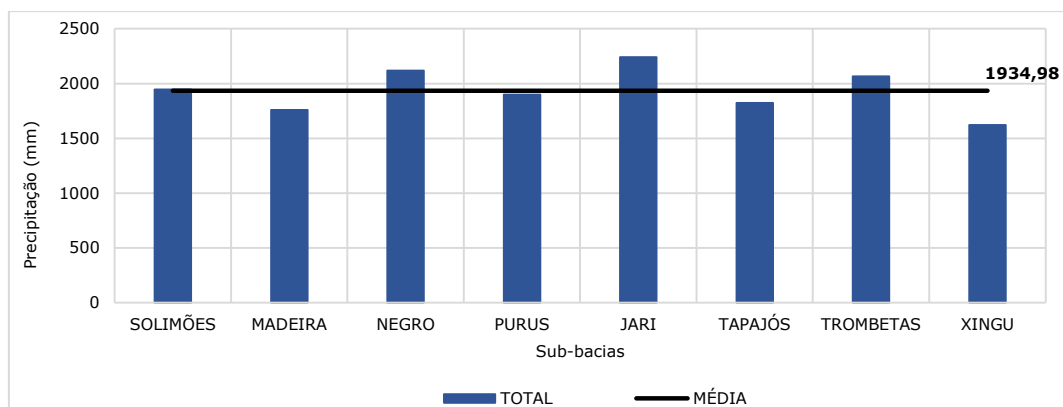


A Figura 17 apresenta a precipitação climatológica em cada sub-bacia, e percebe-se que as sub-bacias do Oeste (Solimões), noroeste (Negro) e litoral norte (Trombetas e Jari), ou seja, as sub-bacias da margem esquerda, ficaram acima do total médio, entre 2000 e 2500 mm ano⁻¹, concordando com os estudos de Figueroa e Nobre (1990) que encontraram variações

entre 1600 mm ano⁻¹ e 3000 mm ano⁻¹. Já nas sub-bacias da margem direita as precipitações ficaram abaixo da média de 1935 mm, além disso a variação de precipitação entre elas também foi menor, com mínimo de 1623 mm e máximo de 1900 mm ano⁻¹.

Além disso, a Figura 17, ainda mostra, que a menor precipitação climatológica ocorreu na bacia do Xingu com 1623 mm e a maior precipitação média ocorreu na bacia do Jari com 2241 mm. Assim, pode-se afirmar que as sub-bacias com maiores e menores precipitações anuais estão localizadas na parte leste da Amazônia, além da maior variação entre as sub-bacias, concordando parcialmente com os estudos de Figueroa e Nobre (1990).

Figura 17- Precipitação climatológica nas sub-bacias na Bacia Amazônica



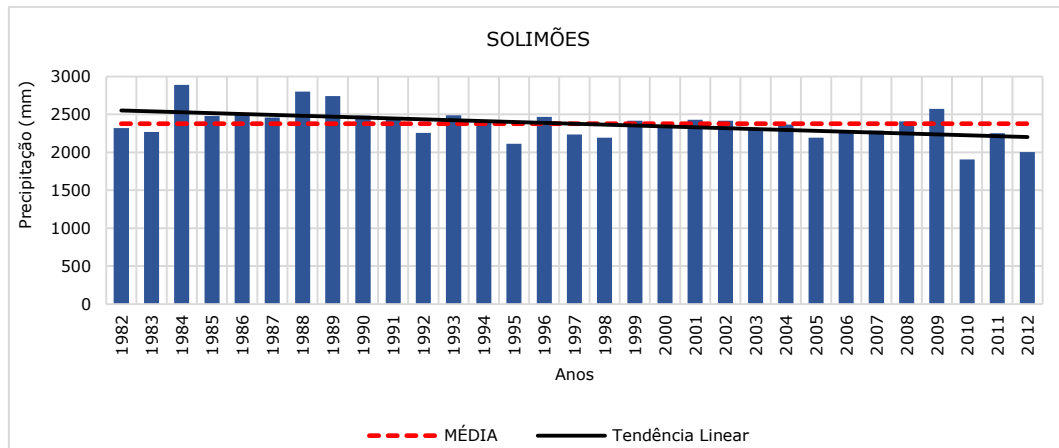
Fonte: Da autora

A Figura 18 apresenta a precipitação total anual da bacia do Solimões entre 1982 e 2012, com a tendência linear de precipitação negativa, em função das precipitações da década de 90, que foi 60% abaixo da média, já que ocorreram 2 dos 3 El Niños de forte intensidade (1990-1993 e 1997-1998) além de um El Niño moderado em 1994-1995. Nota-se ainda que as maiores precipitações nessa década ocorreram em anos de La Niña intensa 1998-1999. Já nas décadas de 80, 2000 e 2010 durante os eventos de El Niño de 1982-1983, 2009-2010 e a seca de 2005 as precipitações ficaram abaixo da média, concordando com os estudos de Espinoza, et al. (2011) que estudaram as secas de 1995, 1998, 2005 e 2010 no alto Solimões.

Além disso, a Figura 18, ainda mostra que o ano de 2010 foi o que apresentou menor precipitação, com aproximadamente 1962 mm, apesar de não ter sido um ano de evento El Niño de intensidade forte, conforme a Tabela 03, ocorreu um episódio muito quente no Atlântico, que juntos provocaram a maior seca já registrada, conforme Espinoza, et al. (2011) e outros autores como Marengo et al. (2008); Zeng et al. (2008); Molinier et al. (2009) e Yoon e Zeng (2010). Além disso em 2005 também ocorreu uma grande seca, conforme estudos de Frappart et al. (2012), Espinoza et al. (2011), Marengo et al. (2008) e Aragão et al. (2007). Entretanto, a precipitação

ficou próxima da média, pois somente o mês de janeiro, conforme Tabela 02, apresentou anomalia de TSM acima de 0,5.

Figura 18- Precipitação Total Anual na Bacia do Solimões, entre 1982-2012

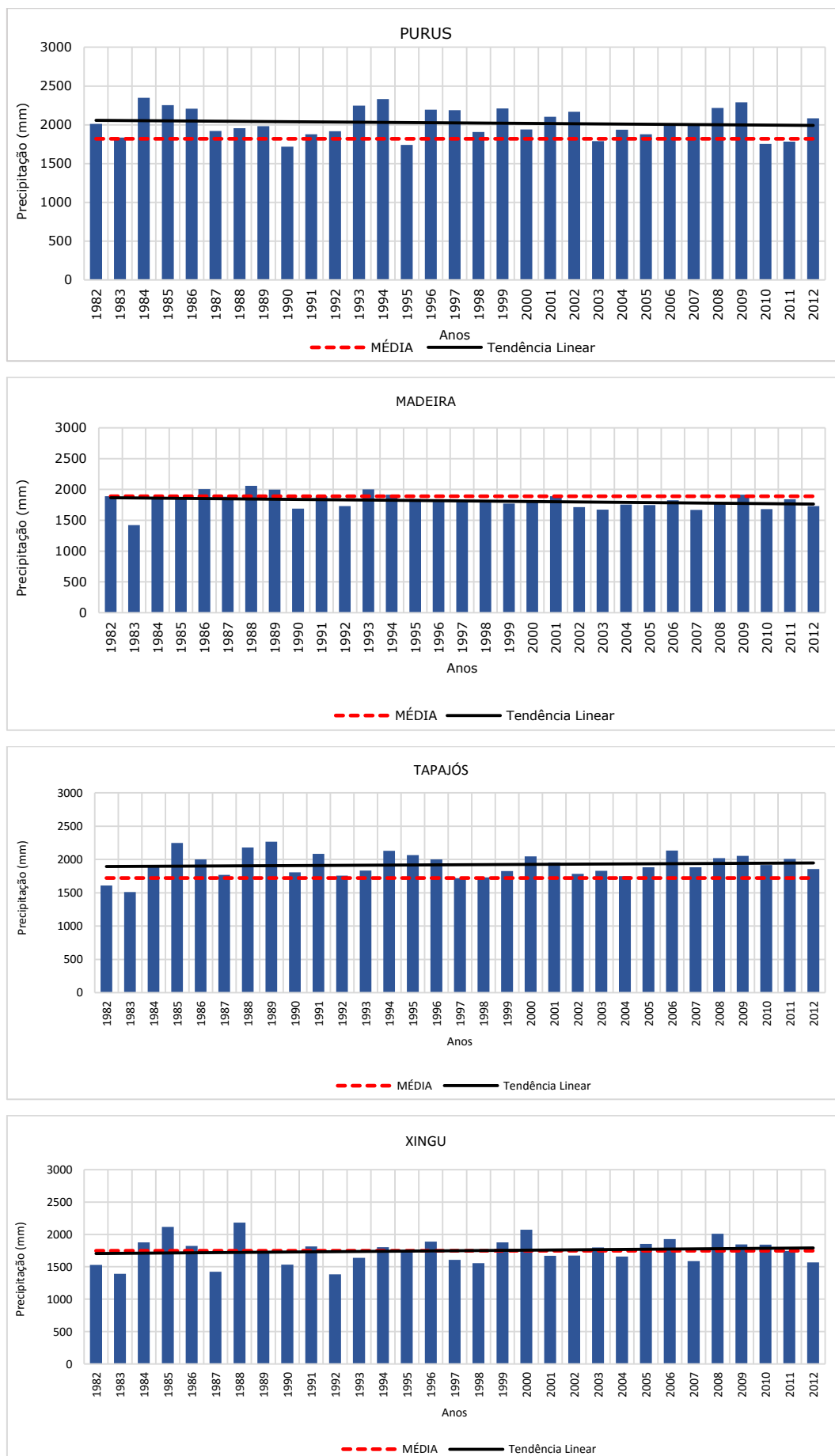


Fonte: Da autora

A Figura 19 apresenta a precipitação nas sub-bacias da margem direita, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu, mostrando que ocorreu uma diferença das tendências lineares, do modelo de regressão, ou seja, na parte sudoeste e central da Bacia Amazônica, Purus e Madeira, respectivamente, as tendências foram negativas e na parte leste (Tapajós e Xingu) foram positivas, porém com pequeno desvio em ambas. Na sub-bacia do Madeira somente 13% do período estudado, apresentou precipitação pouco acima da média, já a sub-bacia do Purus apresentou 74% dos anos com precipitação acima da média. A sub-bacia do Xingu e do Tapajós, como dito anteriormente, apresentaram tendências positivas na precipitação, ou seja, estão ficando mais úmidas do que as sub-bacias do sudoeste Amazônico, pois conforme o ano de 2010, que ocorreu um El Niño moderado, não foi um ano muito seco, já que a precipitação ficou um pouco acima da média da bacia, concordando com os estudos Marengo et al. (2008) e Espinoza, et al. (2011), sendo contrário ao acontecido nas sub-bacias do Purus e Madeira, que apresentaram precipitação, em 2010, abaixo da média.

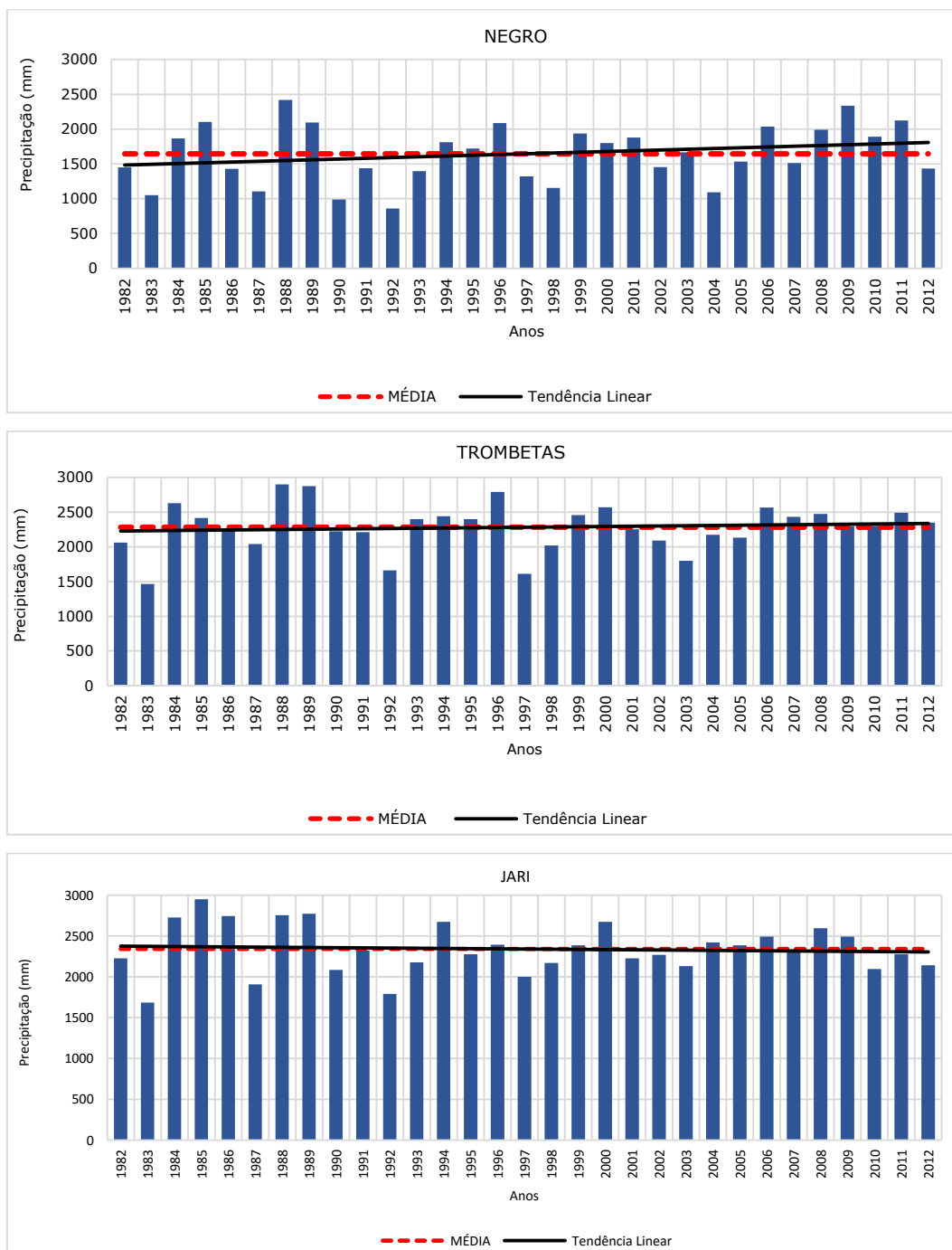
A Figura 20 apresenta a precipitação nas sub-bacias do rio Negro, Trombetas e Jari, com tendência positiva de precipitação nas sub-bacias da região central, Negro e Trombetas, e negativa no leste, Jari. Na bacia do rio Negro os anos de El Niño de forte intensidade deixaram-na mais seca. Entretanto, o ano de 2010 não modificou os índices pluviométricos, já que esse El Niño só afetou a parte ocidental e Sudoeste da Bacia Amazônica e não os afluentes do Norte, concordando com os estudos de Espinoza, et al. (2011), comprovado pelos índices da Figura 20 que ficaram 250 mm acima da média. Entretanto, a sub-bacia do rio Jari apresentou precipitações acima da média no ano de 2010, pois encontra-se mais a leste da Amazônia.

Figura 19- Precipitação Total Anual nas Sub-bacias da Margem Direita da Bacia Amazônica, entre 1982-2012



Fonte: Da autora

Figura 20- Precipitação Total Anual nas Sub-bacias da Margem Esquerda da Bacia Amazônica, entre 1982-2012



Fonte: Da autora

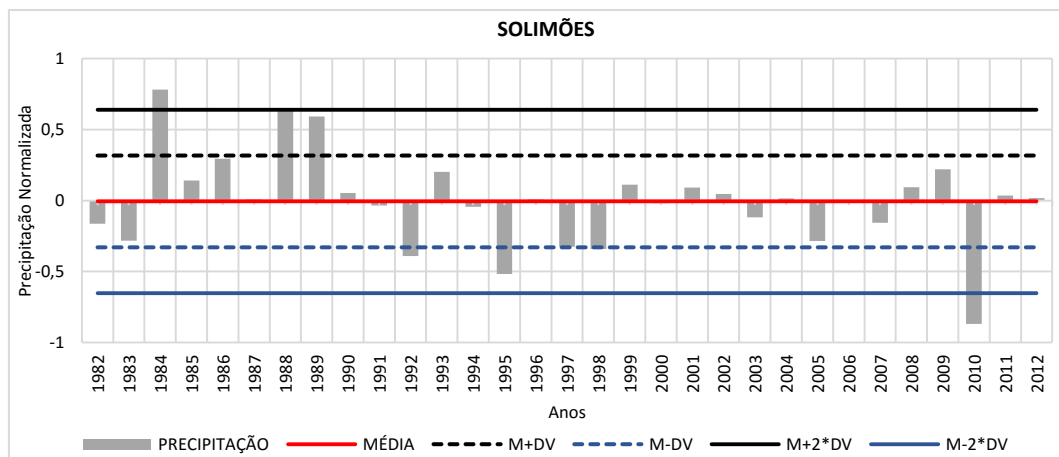
Após a análise individual de cada uma das 8 sub-bacias da Bacia Amazônica, pôde-se verificar, que existe um equilíbrio entre os afluentes da margem esquerda e da margem direita, pois quando uma sub-bacia apresenta estiagem, por anomalias de TSM, tanto no Atlântico como no Pacífico, outras sub-bacias apresentam cheias, havendo também, regularidade do regime hidrológico anual da Bacia como um todo, concordando assim, com os estudos de Callède et al. (2002).

A Figura 21 apresenta a precipitação normalizada na bacia do Solimões, mostrando que os maiores eventos extremos positivos ocorreram na década de 80, nos anos de 1984, 1988 e 1989, coincidindo com anos de La Niña. Já os eventos negativos foram presentes na década de 90, nos anos de 1992, 1995, 1997 e 1998 e no ano de 2010. Os anos de 1992 e 1995 apresentaram eventos negativos extremos já o ano de 2010 apresentou evento negativo muito extremo, ou seja, uma seca severa, coincidindo com os anos de El Niño e concordando com os estudos de Marengo et al. (2008) e Espinoza et al. (2011). Apesar do ano de 2005 ter sido um ano de seca extrema, conforme Zeng et al. (2008) a Figura 24 não expressou isso, porém a precipitação normalizada ficou abaixo da média próximo do ponto de seca extrema.

Contudo no ano de 2012, conforme a análise da Figura 21, não houveram eventos extremos positivos e nem negativos não coincidindo com os estudos de Marengo et al. (2013) e Satyamurty et al. (2013), pois esses autores detectaram um evento extremo positivo na parte ocidental sul da Amazônia, sendo diferente desse estudo, essa divergência pode ser devido a média feita para toda a bacia do Solimões.

Conclui-se assim, que a precipitação no Solimões foi afetada pelos eventos extremos e eventos muito extremos positivos na década de 80 e eventos negativos ao longo das décadas de 90, 2000 e 2010, essas variações decadais são moduladas pela Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO).

Figura 21- Precipitação Normalizada na Bacia do Solimões, entre 1982-2012



Fonte: Da autora

A Figura 22 apresenta a precipitação normalizada nas sub-bacias da margem direita da Bacia Amazônica e percebeu-se que a sub-bacia do Purus, juntamente com a do Xingu não apresentaram nenhum evento muito extremo durante o período estudado. Contudo, em anos de El Niño e La Niña, conforme a Tabela 02, todas as quatro sub-bacias (Purus, Madeira, Tapajós e Xingu) mostraram anomalias negativas e positivas diferenciadas.

Na sub-bacia do Purus os anos de 1983, 1990, 1995, 2003, 2010 e 2011 foram anos com extremos negativos de precipitação, entretanto somente os anos de 1983, 1995, 2003 e 2010, foram anos de ocorrência de El Niño, conforme Tabela 02, contudo 67% dos eventos extremos negativos coincidiram com a ocorrência de El Niño. Já os anos de 1984, 1985, 1986, 1993, 1994, 1999 e 2009 os extremos de precipitação foram positivos, coincidindo com os anos de ocorrência da La Niña, 1984, 1985, 1999 e 2009, ou seja, 67% dos eventos extremos positivos coincidiram com os eventos de La Niña, conforme mostra a Figura 22.

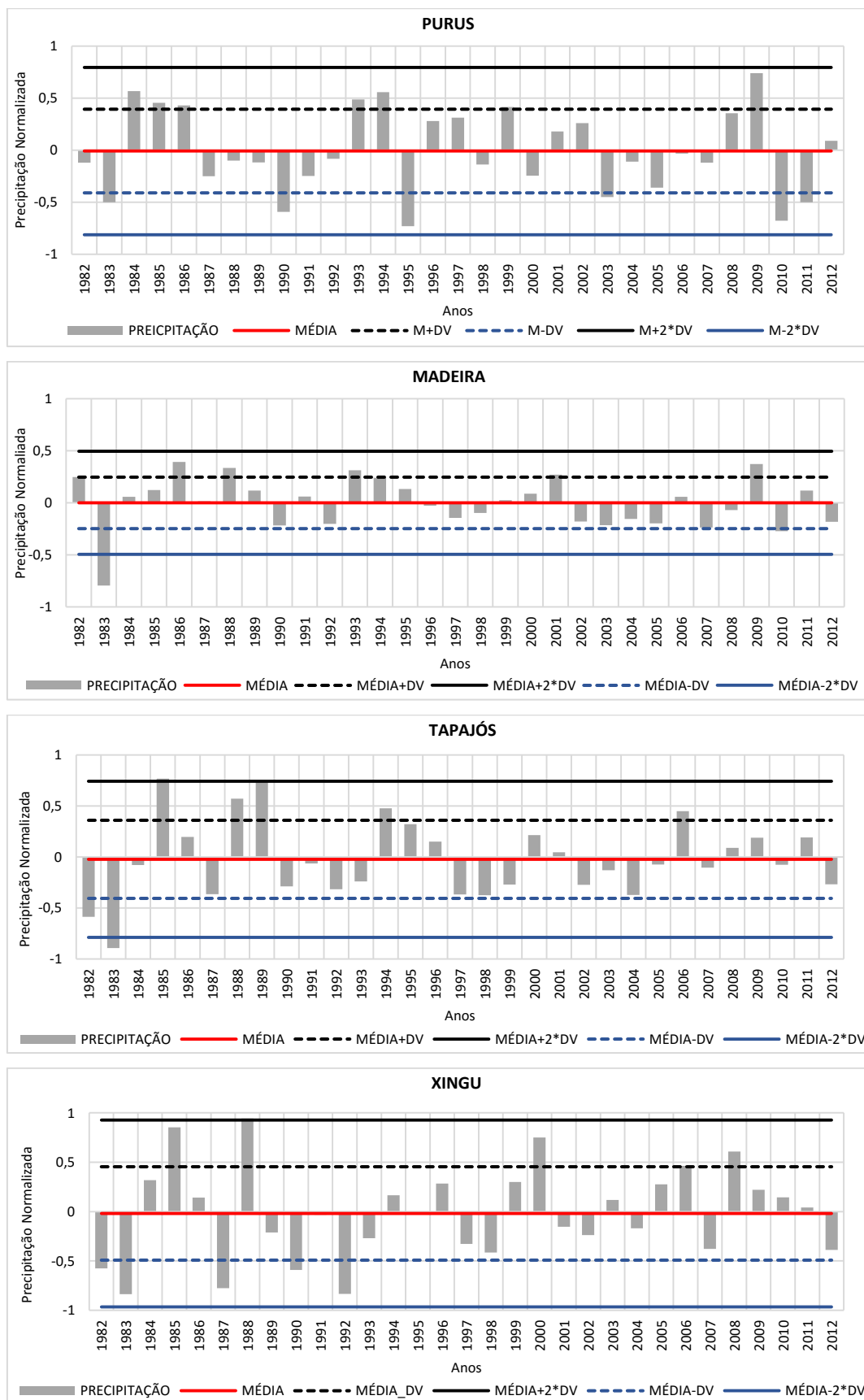
Na Figura 22, a sub-bacia do Madeira apresentou somente um evento muito extremo negativo no ano de 1983, e nos anos de 2007 e 2010 foram detectados eventos extremos negativos, coincidindo com anos de El Niño. Já as anomalias positivas não apresentaram eventos muito extremos, porém os anos de 1988, 2001 e 2009 foram eventos positivos extremos, coincidindo com anos de La Niña.

Na sub-bacia do Tapajós o ano de 1983 também foi um ano de anomalia negativa muito extrema, coincidindo com um dos anos de El Niño com intensidade forte. Já as anomalias positivas extremas ocorreram nos anos de 1985, 1988, 1989, 1994 e 2006, porém somente o ano de 1994 não foi um ano de La Niña, conforme a Figura 22.

Por fim, a sub-bacia do Xingu obteve um evento positivo muito extremo no ano de 1988, que foi um ano de La Niña de intensidade moderada, e eventos extremos nos anos de 1985, 2000 e 2008, também coincidindo com os anos de La Niña, conforme a Tabela 02. Já as anomalias negativas ocorreram nos anos de El Niño de 1982, 1983, 1987 e 1992.

Contudo, a Figura 22 mostra que as sub-bacias do sudoeste da Amazônia apresentaram eventos extremos e muito extremos negativos em todo o período estudado, porém nas sub-bacias da região central e leste apresentaram essas anomalias somente nas décadas de 80 e 90, mostrando a diferenciação de como os eventos extremos de precipitação afetam a bacia Amazônica. Quando se trata das anomalias positivas, os extremos de precipitação ocorreram em todos os períodos nas quatro sub-bacias da margem direita.

Figura 22- Precipitação Normalizada nas Sub-bacias da Margem Direita, entre 1982-2012



A Figura 23 apresenta a precipitação normalizada nas sub-bacias da margem esquerda da Bacia Amazônica e percebe-se que os eventos muito extremos estão presentes, principalmente nas sub-bacias da parte noroeste e central norte da Amazônia, ou seja, Negro e Trombetas, respectivamente, mostrando diferenças quando comparadas com as sub-bacias da margem direita, concordando com os estudos de Tomasella et al. (2013), Marengo et al. (2001) e Souza et al. (2000).

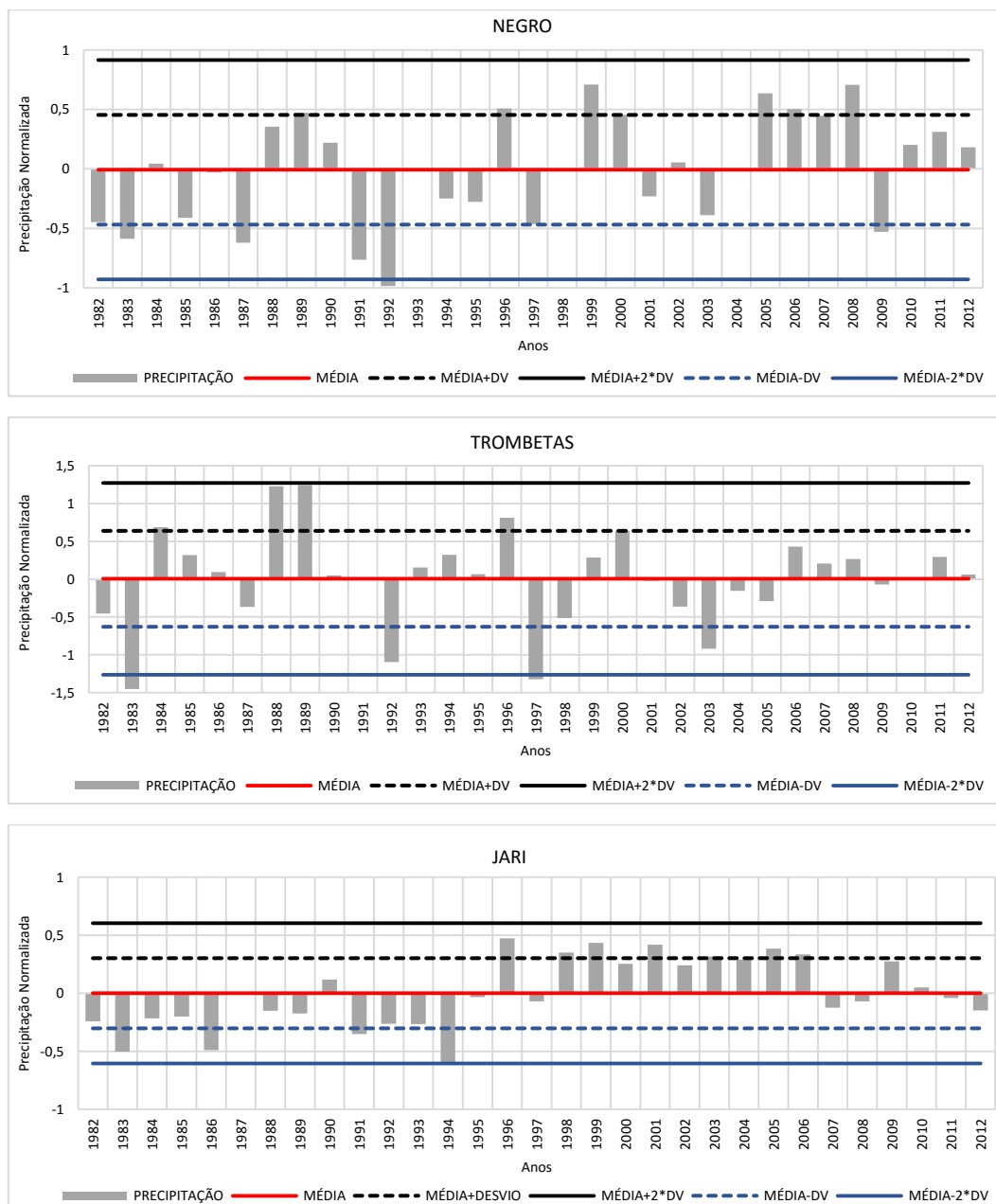
Na sub-bacia do Negro somente o ano de 1992 apresentou evento muito extremo de seca, e nenhum evento muito extremo de cheia. Contudo, os anos de 1983, 1987, 1991 e 2009 apresentaram eventos extremos de seca e os anos de 1989, 1996, 1999, 2000, 2005, 2006, 2007 e 2008 eventos extremos de cheia. Nos anos de 2005 e 2010, que foram os anos com maior seca, não foram eventos extremos negativos, pois o El Niño não afetou os afluentes da margem esquerda, conforme estudos de Aragão, et al. (2007), Espinoza, et al. (2008) e Marengo, et al. (2011). Contudo, os extremos positivos de 1989, 1999 e 2008, que foram eventos fortes de La Niña apresentam cheias, concordando com os estudos de Marengo, et al. (2012 e 2013).

Na sub-bacia do Trombetas os anos de 1983 e 1997, anos de forte El Niño, apresentou, na Figura 23, eventos muito extremos de seca. Contudo, ocorreram eventos extremos de seca nos anos de 1992, 1997 e 2003, coincidindo com anos de El Niño, mostrados na Tabela 03. Já os extremos de cheia ocorreram nos anos de La Niña de 1984, 1988, 1989 e 1996.

Na sub-bacia do Jari somente o ano de 1994 o evento foi muito extremo de seca, coincidindo com ano de El Niño, porém nos anos de 1983, 1986, 1991 e 1994 ocorreram eventos extremos, também coincidindo com anos de El Niño, exceto o ano de 1994. Já nos anos de La Niña foram encontrados eventos extremos em 1996, 1998, 1999, 2001, 2005 e 2006.

Quando se trata da seca de 2005 percebe-se que não houve influência no centro e leste da Amazônia, ou seja, não afetou as sub-bacias do Tapajós e Xingu, Figura 22, e na sub-bacia do Jari, Figura 23, já que os índices pluviométricos ficaram abaixo da média, concordando com os estudos de Marengo, et al. (2008). Além disso, o evento La Niña afetou as sub-bacias do Negro, Trombetas e Jari, com mais intensidade do que os eventos El Niño, como pode ser visto na Figura 23, concordando com os estudos de Marengo et al. (2012), que afirmaram que no ano de La Niña de 2008-2009 a parte oriental da Amazônia foi a mais afetada, e segundo Callède, et al. (2004), que estudou a precipitação em Óbidos nos últimos 97 anos, afirmando que a mesma aumentou em direção à foz, na margem esquerda, resultados semelhantes foram encontrados neste estudo, conforme as anomalias apresentadas na sub-bacia do Jari.

Figura 23- Precipitação Normalizada nas Sub-bacias da Margem Esquerda, entre 1982-2012

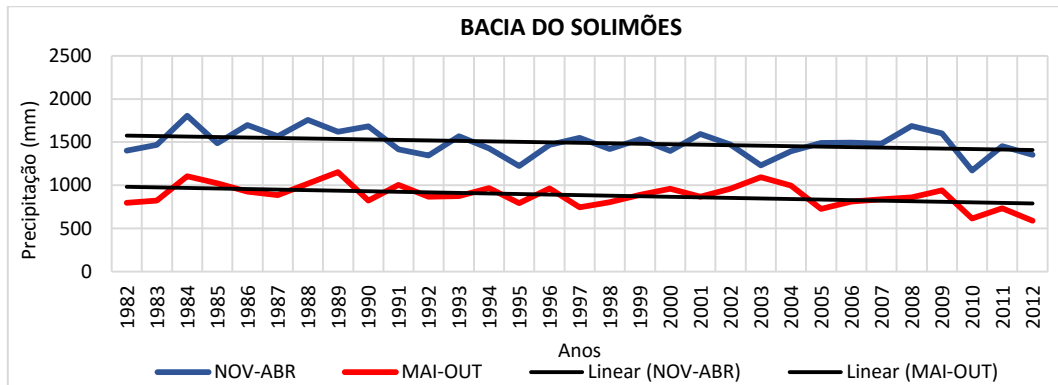


Fonte: Da autora

A Figura 24 trata da variação sazonal da precipitação na Bacia do Solimões com tendência ao longo do período estudado, e nota-se que tanto o período de seca (maio-outubro) como o período de cheia (novembro-abril) possui uma tendência negativa, ou seja, a precipitação média anual, nas duas estações, tende a diminuir, mostrando que os períodos

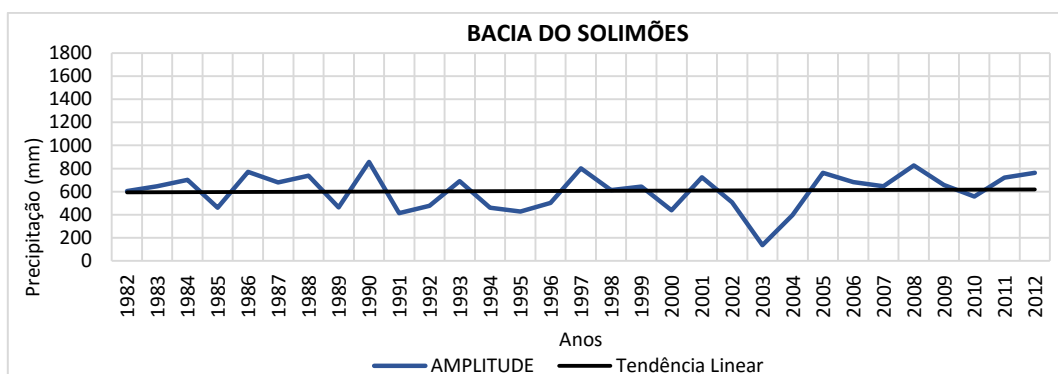
Juntamente com a Figura 24 pode-se notar que a Figura 25 apresenta a amplitude sazonal quase próximo de zero, sendo contrário aos estudos de Gloor et al. (2013), Tomassela, et al. (2011) e Satyamurty et al. (2013), com estudos para a toda a bacia, Entretanto, Guimbertau et al. (2013) afirmaram que a parte sul da Amazônia ficou mais seca.

Figura 24- Variação Sazonal da precipitação na Bacia do Solimões



Fonte: Da autora

Figura 25- Amplitude sazonal no período de 1982-2012 na Bacia do Solimões

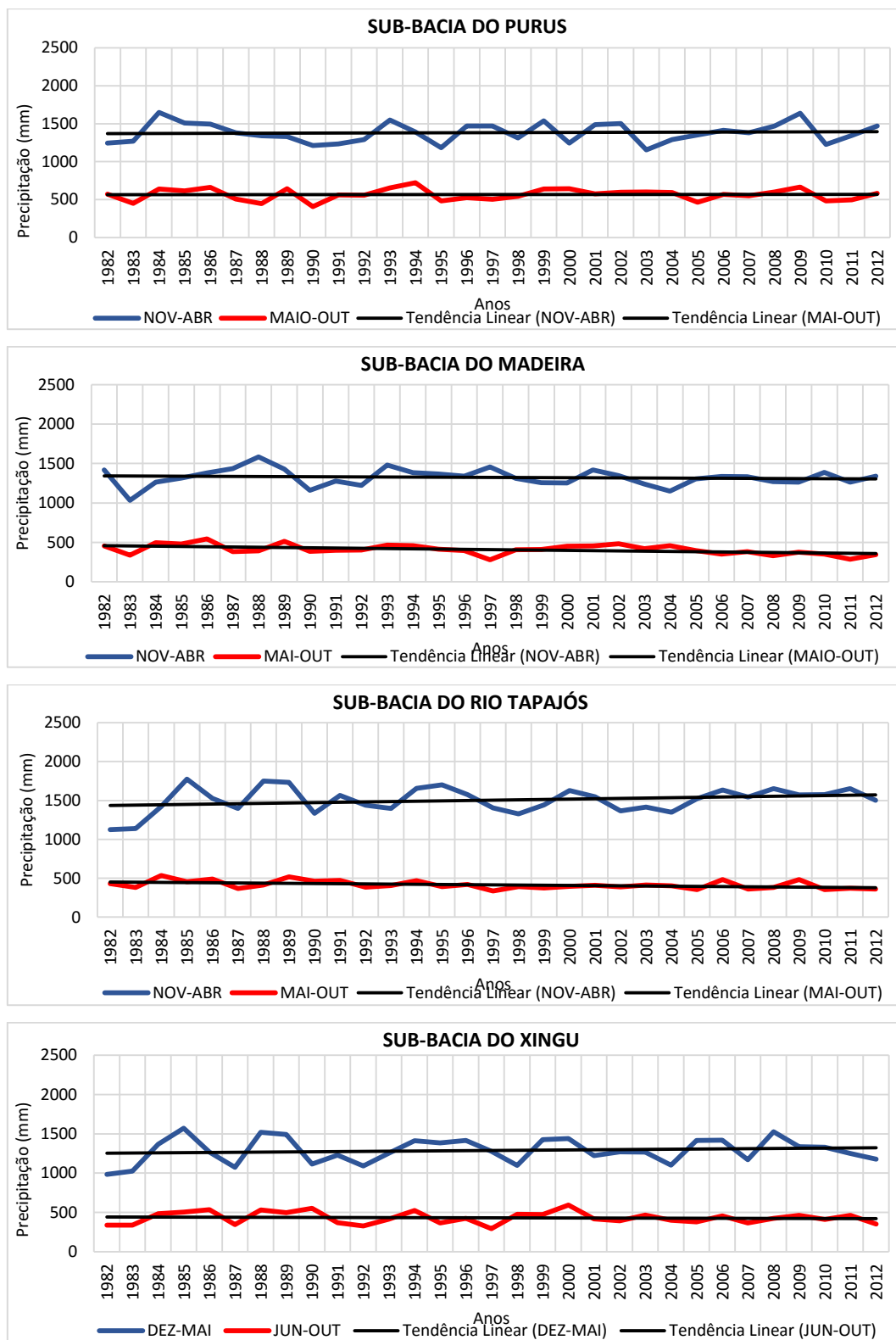


Fonte: Da autora

A Figura 26 mostra a variação sazonal da precipitação nas sub-bacias da margem direita com tendência ao longo do período estudado, e nota-se que no período seco, em todas as sub-bacias, a tendência foi negativa, mostrando que a época seca tem ficado ainda mais seca nos últimos 31 anos. Já na estação chuvosa, as sub-bacias da parte ocidental, Purus e Madeira, possuem tendência também negativa, mostrando que as amplitudes tendem a diminuir, isso foi comprovado também por Guimbertau, et al. (2013), pois afirmam que na parte sul da bacia Amazônica, ou seja, na margem direita, as precipitações diminuíram na estação seca.

Contudo, nas sub-bacias central e oriental sul (Tapajós e Xingu) da bacia Amazônica, a precipitação na estação chuvosa aumentou, fazendo com que a tendência da amplitude fosse positiva, porém como já foi dito anteriormente, na estação seca as precipitações diminuíram, concordando com Guimbertau, et al. (2013). Essa análise revela que as sub-bacias oriental da margem direita estão ficando mais secas durante o ano e as sub-bacias central e ocidental, também da margem direita, estão ficando mais secas na estação seca e mais úmidas na estação chuvosa, ou seja, os eventos extremos pluviométricos, tanto de seca com de cheia são mais frequentes na parte central e oriental da bacia Amazônica, fazendo com que a população sofra mais durante todo o ano.

Figura 26- Variação Sazonal da precipitação nas Sub-bacias da margem direita da Rio Amazonas

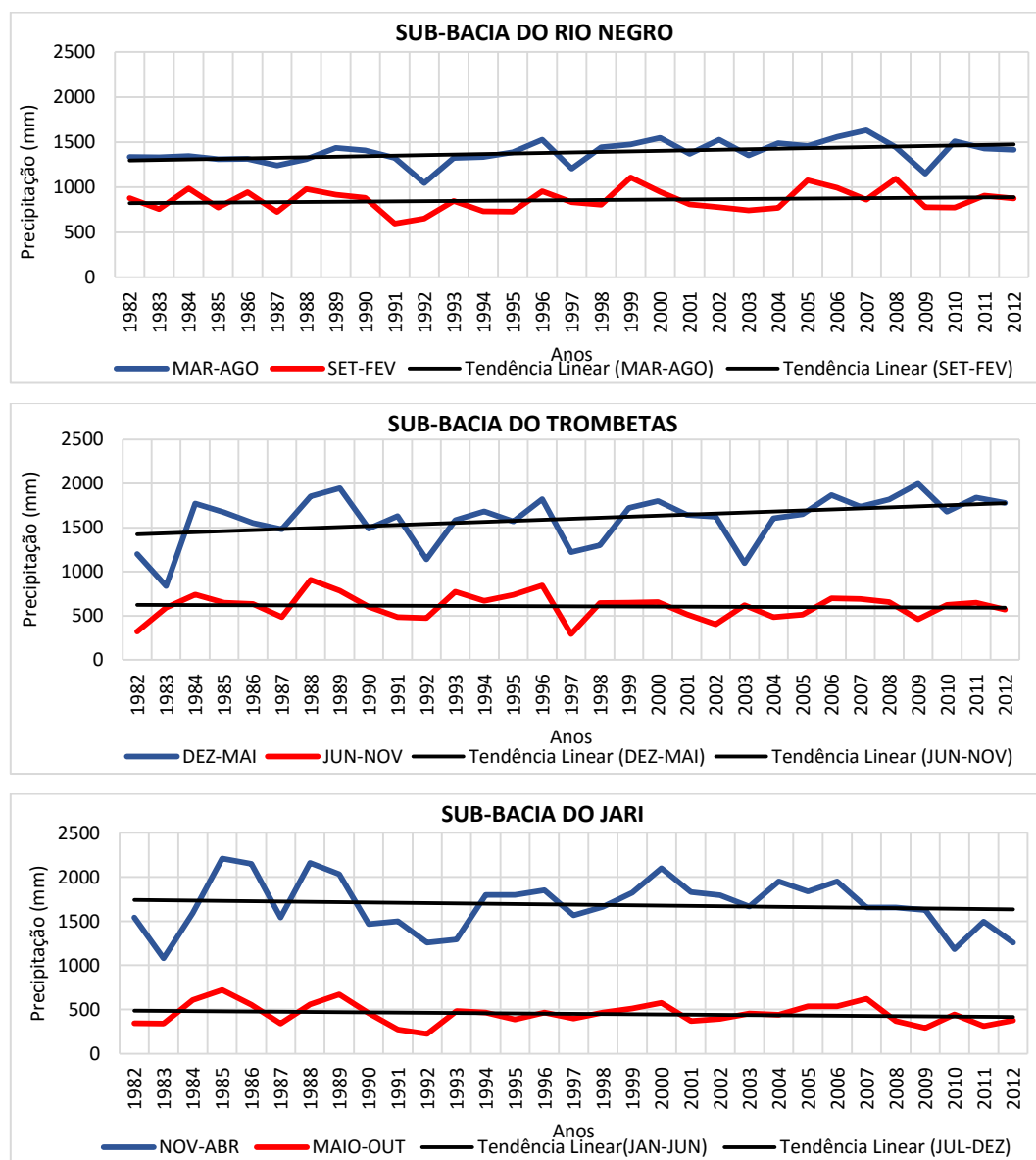


Fonte: Da autora

A Figura 27 mostra a variação sazonal da precipitação nas sub-bacias da margem esquerda com tendência ao longo do período estudado, e nota-se que a tendência e variação ao longo no período foi diferente nas três sub-bacias (Negro, Trombetas e Jari). A sub-bacia do Negro

tende a ficar mais úmida, pois a tendência tanto na estação chuvosa como na estação seca foi positiva e sua amplitude é quase imperceptível, conforme os estudos de Guimbertau, et al. (2013) que afirmam a elevação da precipitação de 12% no final do século 21. A sub-bacia do Trombetas está ficando mais úmida na estação chuvosa e mais seca na estação seca, fazendo com a amplitude entre os eventos positivos e negativos aumente ao longo dos 31 anos, coincidindo com os dados da sub-bacia do Tapajós, que também fica na parte central da bacia, porém na margem direita. E por fim, a sub-bacia do Xingu que apresenta tendência negativas nas duas estações e com amplitude sazonal também negativa. As precipitações das sub-bacias do Trombetas e Jari, na época seca, como já mencionado, diminuíram na estação seca, concordando também com os estudos de Guimbertau et al. (2013). Gloor et al. (2013) também afirmaram, em seus estudos que a amplitude da vazão e consequentemente da precipitação aumentou ao longo do período

Figura 27- Variação Sazonal da precipitação nas Sub-bacias da margem esquerda da Rio Amazonas



Fonte: Da autora

Após a análise individual de cada sub-bacia e da bacia do Solimões pode-se comprovar que as variabilidades pluviométricas ocorrem no tempo e principalmente no espaço. Assim, conforme mostrado na Figura 28, a Bacia Amazônica, como um todo, apresenta uma tendência negativa na estação seca e positiva na estação chuvosa, e a Figura 29, que apresenta a amplitude sazonal da precipitação, mostra que a Bacia Amazônica tem ficando mais úmida, ou seja, a precipitação aumentou ao longo dos últimos 31 anos, concordando com os estudos de Satyamurty et al. (2013), Tomasella et al. (2011), Fitzjarrald et al. (2008), Angelis e McGregor (2004) e Curtis e Hastenrath (1999), porém discordando dos autores Costa e Forley (1999), Marengo, et al. (2004) e Buarque, Clarke e Mendes (2009), que mostram a bacia mais seca.

Figura 28- Variação Sazonal da precipitação na Bacia Amazônica

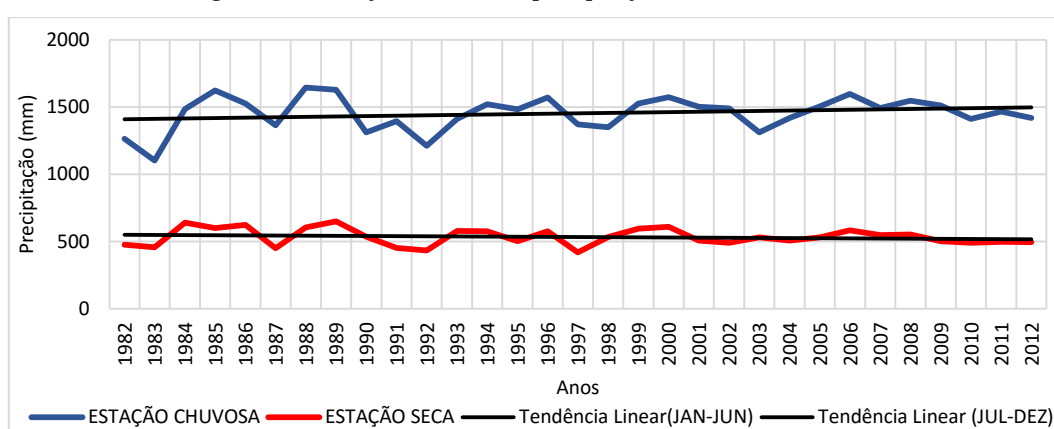
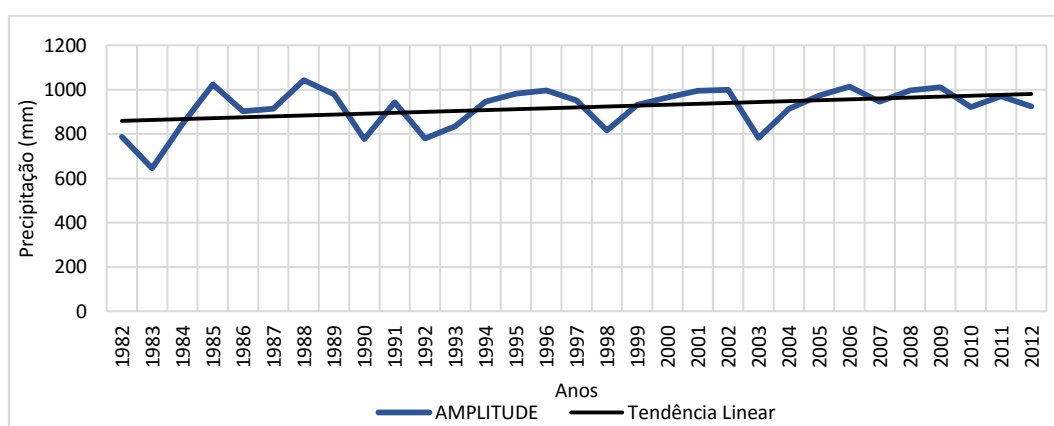


Figura 29- Variação Sazonal de amplitude da precipitação na Bacia Amazônica.



4.2 Análise fluviométrica

A Figura 30 ilustra a Média Climatológica da Vazão das estações fluviométricas, Óbidos, Jatuarana, Manacapuru e Itapéua, na calha do Rio Amazonas para o período de 1982 à 2012. Nesta ordem as estações vão da oz (Óbidos) até o início da bacia do Solimões (Itapéua).

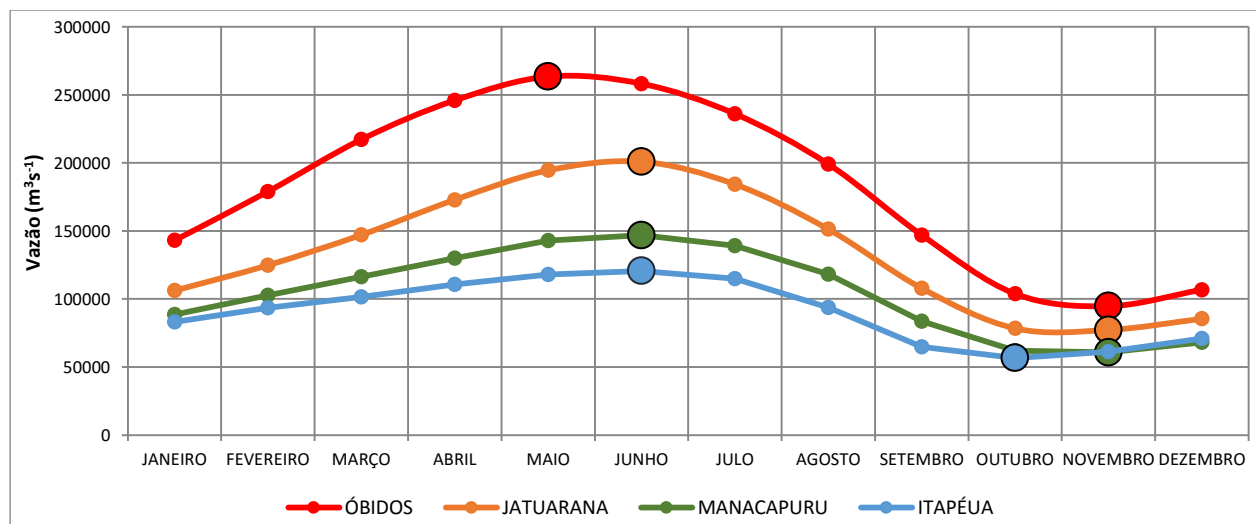
Assim, foi identificada que quanto mais próximo da foz maior é a vazão, com máximo de $260.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e mínimo de $95.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ nos meses de maio e novembro, respectivamente. Já nas outras estações o máximo ocorreu em junho, com $200.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em Jatuarana, $150.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em Manucaturu e $110.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em Itapéua ocorre em junho, já os pontos de mínima Média Climatológica da Vazão ocorreram em novembro, para as estações de Jatuarana com $75.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e Manacapuru com $60.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, porém a Média Climatológica da Vazão mínima em Itapéua ocorreu em outubro com $55.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

A diferença de vazão entre as estações é maior no período de cheia, principalmente nos picos de máxima vazão, com diferença aproximada de $150.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ entre Óbidos e Itapéua, e menor diferença de vazão no período de estiagem com aproximadamente $45.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de vazão, entre Óbidos e Itapéua. Os picos máximos e mínimos da estação de Óbidos estão bem distribuídos ao longo do ano com intervalos de cinco meses, já nas outras estações isso não ocorre, principalmente na estação de Itapéua que as diferenças entre os picos máximos e mínimos variam entre três e sete meses, ou seja, não são bem distribuídos ao longo no ano.

Os máximos e mínimos de vazão na estação Manacapuru, que ocorreram nos meses de junho e novembro, respectivamente, mostrados na Figura 30, coincidiram com os estudos de Frappart et al. (2008), utilizando os dados de GRACE.

Entretanto, em Óbidos ocorrem as maiores vazões da Bacia Amazônica, com vazões máximos em torno de $250.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, valores diferentes dos encontrados por Calléde et al. (2002), que foi em torno de $163.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ subestimando ao encontrado neste estudo. Esses valores foram maiores pois recebem influência direta do Rio Negro, que possui uma das maiores vazões da bacia, além disso, a defasagem encontrada em Óbidos também é devido a influência do Negro que antecipa o máximo em Óbidos, com relação aos outros postos fluviométricos.

Figura 30- Média climatológica da vazão das estações na calha do Rio Amazonas, no período de 1982-2012.



Fonte: Da autora

Na Figura 31 é observada a média climatológica da vazão dos postos fluviométricos das sub-bacias do Amazonas e nota-se que o regime anual da vazão é diferente em cada estação. Separando as sub-bacias em: margem esquerda, bacia do Rio Negro, bacia do Rio Trombetas e bacia do Rio Jari; e em margem direita, bacia do Rio Purus, bacia do Rio Madeira, bacia do Rio Tapajós e bacia do Rio Xingu; tem-se os seguintes resultados, todas as estações localizadas na margem esquerda possuem valores máximos de vazão entre maio e julho e mínimos entre novembro e fevereiro. Na margem direita, com exceção da bacia do rio Negro, que os valores máximos e mínimos coincidem com os das estações da margem esquerda, os máximos ocorrem entre fevereiro e abril e os meses com os valores mínimos variam de setembro a dezembro.

Quando se avalia os valores quantitativos de vazão dentro da mesma sub-bacia verificam-se muitas diferenças, como a estação Seringal Moreira e Canutama na bacia do Rio Purus, com valores máximos variando entre 500 e 12.000 m³s⁻¹, respectivamente e os mínimos entre 80 e 120 m³s⁻¹, as diferenças são mais acentuadas quando se comparam os valores máximos. Além disso, existe uma defasagem entre os valores mínimos, pois em Canutama ocorre no mês de outubro e em Seringal Moreira ocorre no mês de setembro, pois, conforme a Figura 10, Canutama localiza-se antes de Seringal Moreira.

Com relação aos dois postos fluviométricos localizados na bacia do Rio Madeira, Manicoré possui a maior vazão, com aproximadamente 40.000 m³s⁻¹, no mês de abril e a menor vazão é de aproximadamente 6.500 m³s⁻¹, no mês de outubro. Já na Estação Sucunduri, a maior vazão é de 1.100 m³s⁻¹, um mês antes que em Manicoré (em março), e vazão mínima de 40 m³s⁻¹, também um mês antes que em Manicoré (em setembro). Contudo os dois postos apresentam uma defasagem de ocorrência nos picos máximos e mínimos da vazão, pois conforme a Figura 10, o posto de Manicoré encontra-se mais distante da calha se comparado com ao da Estação Sucunduri.

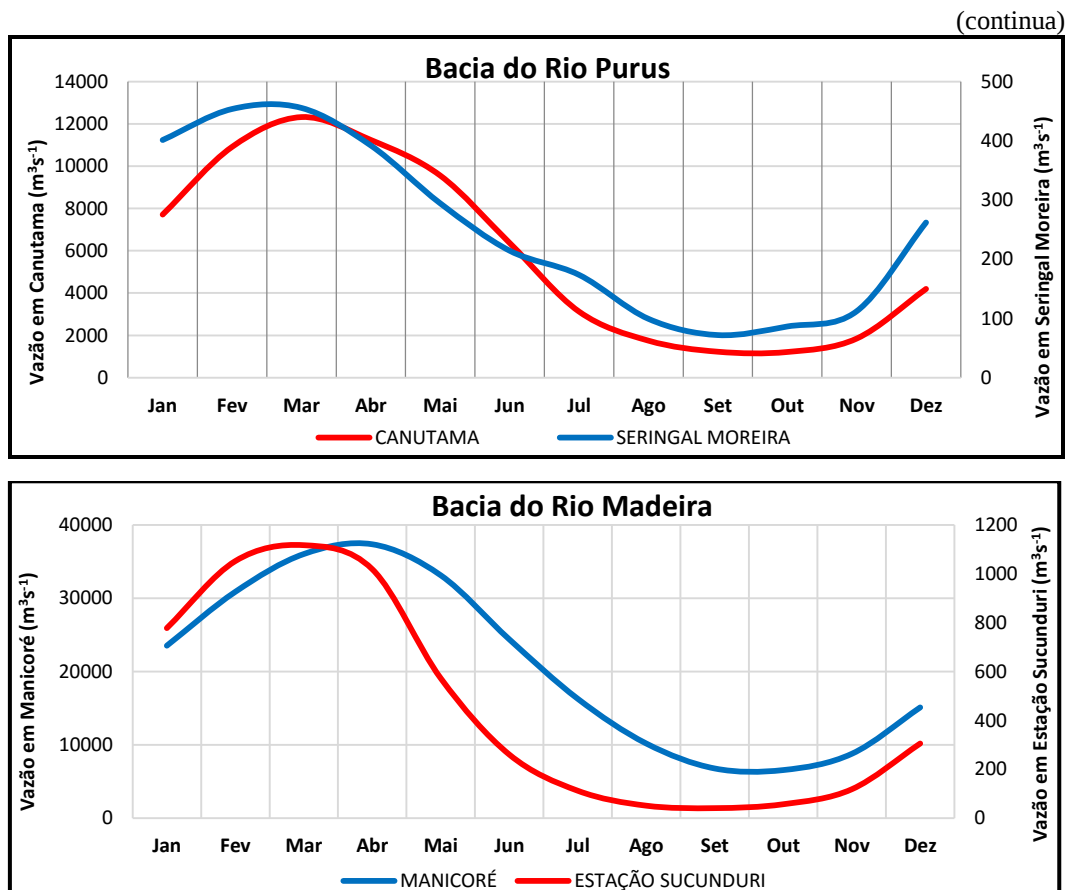
Quando se analisa os postos fluviométricos da bacia do Tapajós, na Figura 31, percebe-se que não houve defasagens entre os valores máximos e mínimos nos postos de Itaituba e Indeco, ou seja, tanto em Itaituba como em Indeco, os valores máximos foram em março e os mínimos em setembro. Os postos fluviométricos da sub-bacia do Xingu foram os que mais apresentaram defasagens, pois em Altamira existem dois máximos em fevereiro e abril e em Arapari o máximo foi em maio. Já, o valor mínimo em Altamira foi em setembro e em Arapari em novembro, conforme mostrado na Figura 31.

A vazão das cinco estações do Rio Negro possui o mesmo perfil anual, ou seja, valores máximos variando entre junho e julho e valores mínimos entre novembro e fevereiro. A estação de Uruaçu é a que possui menor vazão comparada às outras estações, com 4.000 m³s⁻¹ a menos que em Cucuí, 10.000 m³s⁻¹ a menos que em São Felipe, 16.000 m³s⁻¹ a menos que em Curicuari e 24.000 m³s⁻¹ a menos que em Serrinha (Figura 34 e Tabela 06). O posto de Uruaçu é

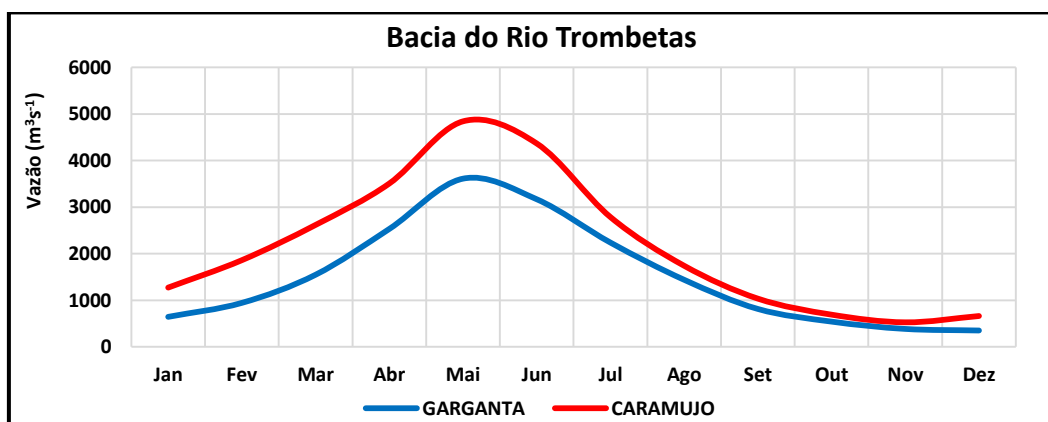
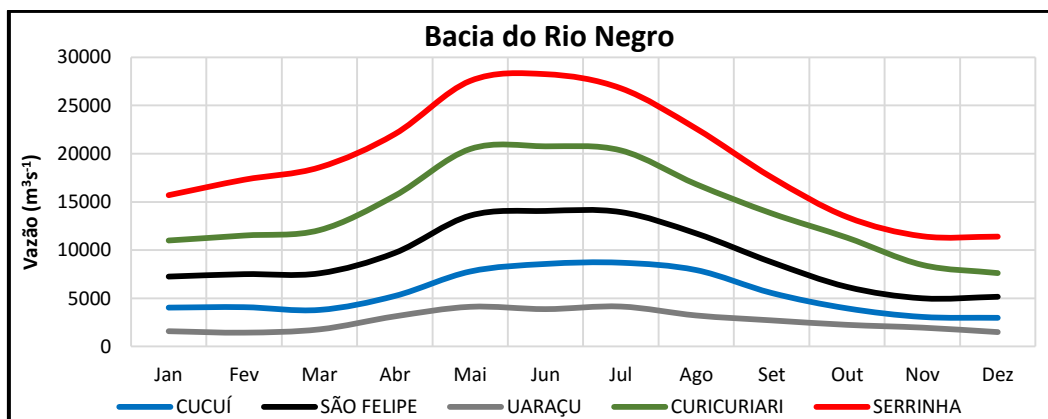
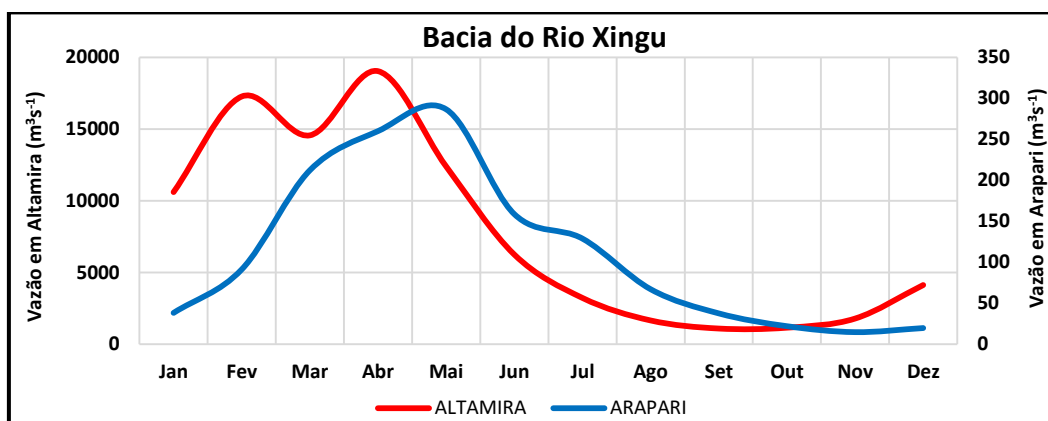
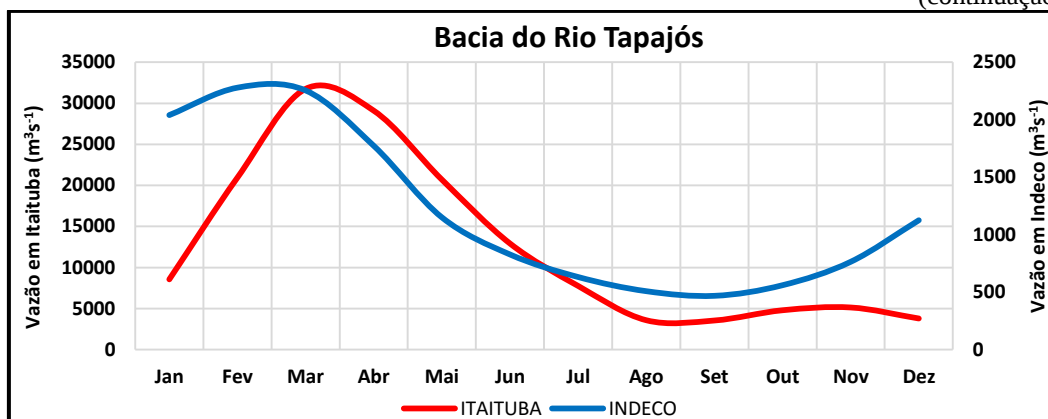
o que fica mais ao norte na sub-bacia do Negro, conforme a Figura 10, e foi o único posto que apresentou uma defasagem do valor mínimo, com relação aos outros postos, pois foi em fevereiro e não entre novembro e dezembro, como nos outros postos fluviométricos. Na sub-bacia do Trombetas os valores máximos e mínimos foram coincidentes, pois em Garganta foi o máximo em maio e o mínimo em novembro, o mesmo aconteceu no posto de Caramujo. A mesma configuração na sub-bacia do Trombetas ocorreu na sub-bacia do Jari.

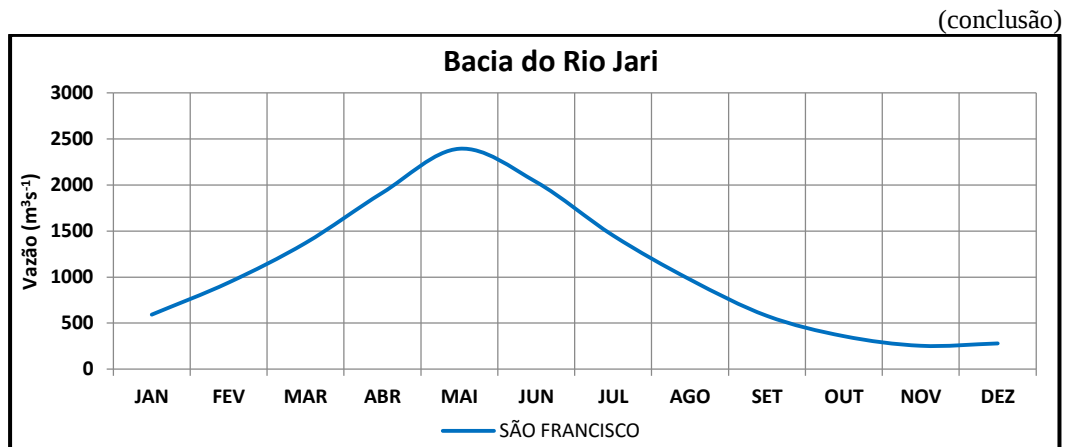
O regime da vazão dos afluentes da margem direita e esquerda do rio Amazonas ocorre de forma diferente, tanto no espaço, no tempo como também na intensidade. Na análise da Figura 31 comprova-se o que Tomasella et al. (2013) afirmam em seus estudos, para a precipitação, pois os máximos de vazão na margem direita acontecem entre dois e três meses antes da vazão máxima na calha, ou seja, entre fevereiro e março, a vazão máxima na margem esquerda ocorre 6 meses antes, entre os meses de julho a agosto, as vazões mínimas na margem direita ocorrem nos meses entre junho e agosto; discordando, porém quanto a margem esquerda, que ocorre entre abril e setembro. Além disso, os valores máximos e mínimos aconteceram mais tarde nos postos mais longe da calha.

Figura 31- Média climatológica da vazão das estações fluviométricas das sub-bacias do Rio Amazonas, no período de 1982-2012.



(continuação)





Fonte: Da autora

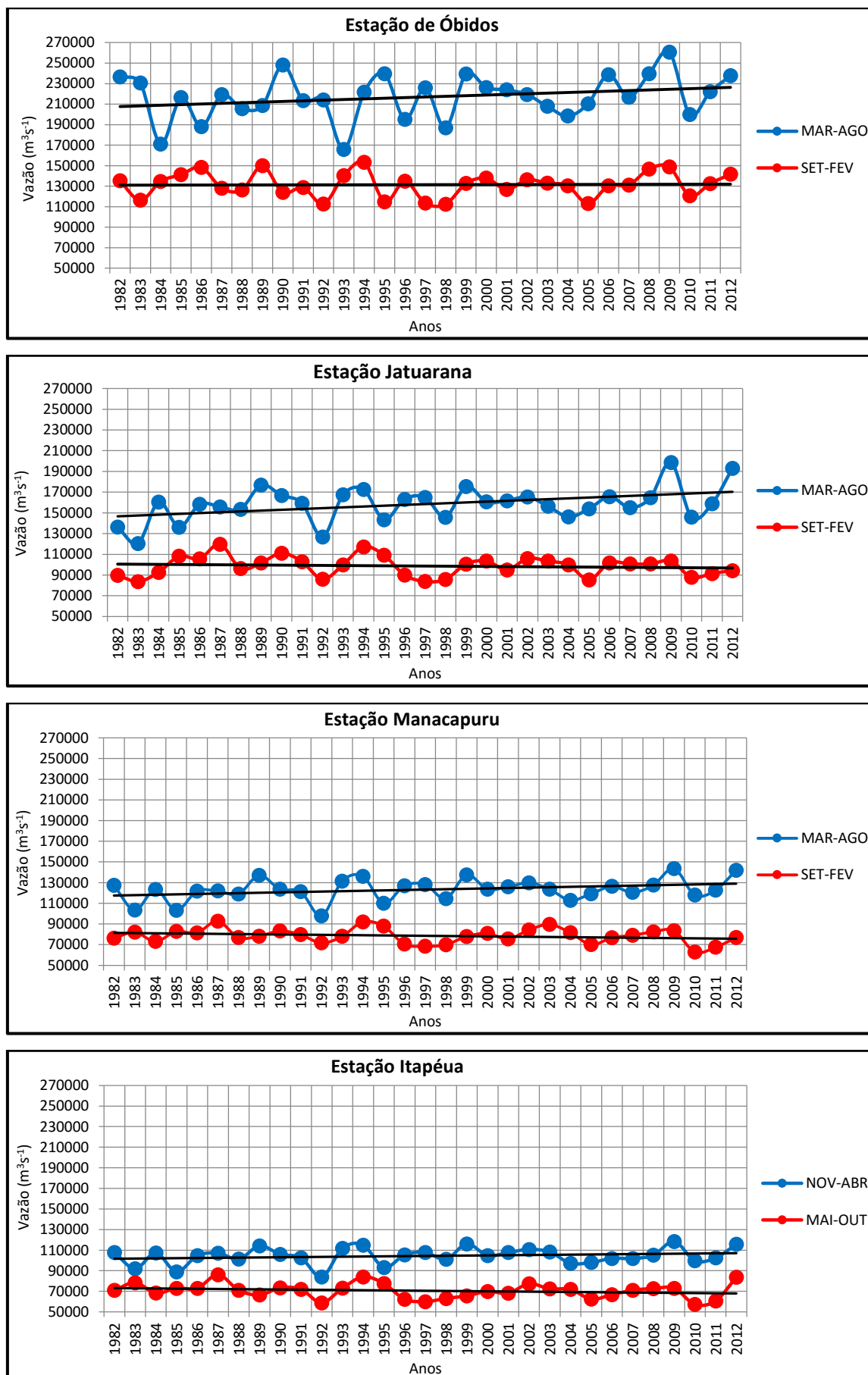
Tabela 06- Período das estações durante a seca e a enchente, a partir dos máximos e mínimos de vazão.

Margem	Estação	Época Seca	Época Chuvosa
Calha do rio principal	Óbidos	Set-Fev	Mai-Ago
	Jatuarana	Set-Fev	Mai-Ago
	Manacapuru	Set-Fev	Mai-Ago
	Itapéua	Mai-Out	Nov-Abr
Margem Direita	Rio Purus - Estação Seringal Moreira	Jul-Nov	Dez-Jun
	Rio Purus – Estação Canutama	Jul-Nov	Dez-Jun
	Rio Madeira – Estação Manicoré	Jul-Dez	Jan-Jun
	Rio Madeira – Estação Sucunduri	Jun-Nov	Dez-Mai
	Rio Tapajós – Estação Indeco	Jul-Dez	Jan-Jun
	Rio Tapajós – Estação Itaituba	Jul-Dez	Jan-Jun
	Rio Xingu – Estação Arapari	Jul-Jan	Fev-Jun
Margem Esquerda	Rio Xingu – Estação Altamira	Jul-Jan	Fev-Jun
	Rio Negro – Estação Cucuí	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Negro – Estação São Felipe	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Negro – Uruaçu	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Negro – Curicuari	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Negro – Serrinha	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Trombetas – Garganta	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Trombetas – Caramujo	Abr-Set	Out-Mar
	Rio Jari – São Francisco	Jan-Jun	Jul-Dez

Fonte: Da autora

A Figura 32 apresenta a sazonalidade das 4 estações que se localizam na calha do rio Amazonas, que é diferente ao longo do rio. Contudo, nota-se que em todas elas a tendência da vazão no período de 1982 à 2012, foi de aumento para a época de cheia, de março a agosto nas estações de Óbidos, Jatuarana e Manacapuru e de novembro a agosto na estação de Itapéua, e diminuição para a época de seca, de setembro a fevereiro nas estações de Óbidos, Jatuarana e Manacapuru e de maio a outubro na estação de Itapéua, com maiores variações na época de cheia, exceto na estação de Itapéua, pois a maior variação ocorreu durante a seca. Analisando Óbidos, observa-se que na época seca a variação da tendência foi imperceptível ao longo dos 31 anos de dados, diferente do que aconteceu na época cheia, já na estação de Itapéua as variações na tendência ocorreram de forma contrária, ou seja, na época chuvosa a variação foi menor que na época seca, porém coincidiram nos meses, já que a época seca em Óbidos coincide com a época chuvosa de Itapéua e a época chuvosa em Óbidos coincide com a época seca em Itapéua.

Figura 32- Distribuição sazonal das vazões das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982-2012.



Fonte: Da autora

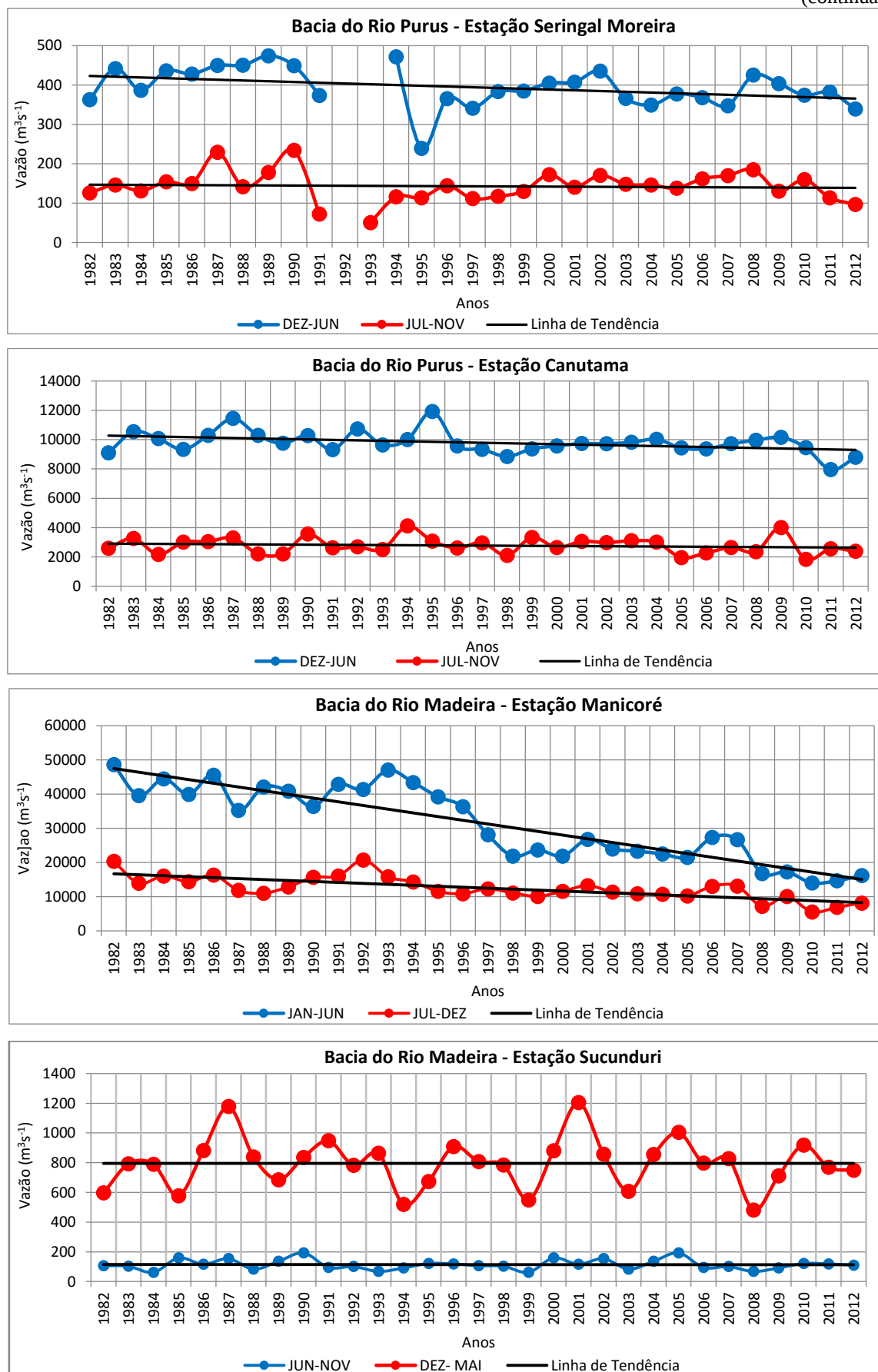
A Figura 33 trata da mesma variável da Figura 32 porém para as estações que se localizam nas sub-bacias do Rio Amazonas, com sazonalidade diferente entre elas, pois na bacia do rio Purus a época chuvosa ocorre entre dezembro e junho e a época seca entre julho e novembro, na bacia do rio Negro e do rio Trombetas a época chuvosa é de abril à setembro e a seca de outubro a março, na bacia do rio Tapajós e do rio Jari a época de cheia ocorre entre janeiro e junho e a época seca de julho à dezembro, na bacia do rio Xingu a época de cheia ocorre entre fevereiro e julho e a seca entre agosto e dezembro. Entretanto, as estações da bacia do rio Madeira não apresentaram a mesma continuidade entre as épocas de cheia e seca, pois na estação de Manicoré a cheia ocorreu de janeiro a julho e seca de agosto a dezembro e na estação de Sucunduri a época de cheia foi de junho à novembro e a época de seca foi de dezembro à maio.

A tendência da vazão apresentada na Figura 33 mostra que nas estações da bacia do rio Purus ocorreu uma diminuição, tanto na época seca como na época de chuvosa, já nas estações do rio Negro, do rio Tapajós e do rio Jari a tendência é contrária, ou seja, aumentou ao longo do período da época chuvosa e da época seca. Entretanto, nas bacias dos rios Madeira, Tapajós e Xingu a vazão das estações tiveram tendências diferenciadas entre as estações dentro da própria bacia, a estação Sucunduri na bacia do rio Madeira e a estação Uruaçu na bacia do rio Negro foram as únicas estações que apresentaram tendência de vazão constante ao longo dos anos tanto na época de cheia como de seca, porém em média, as tendências foram negativas, nas sub-bacias

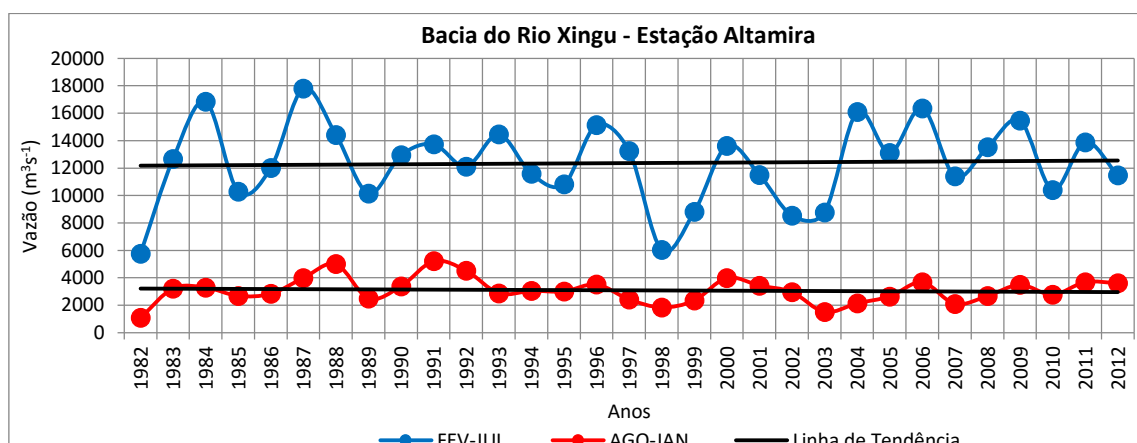
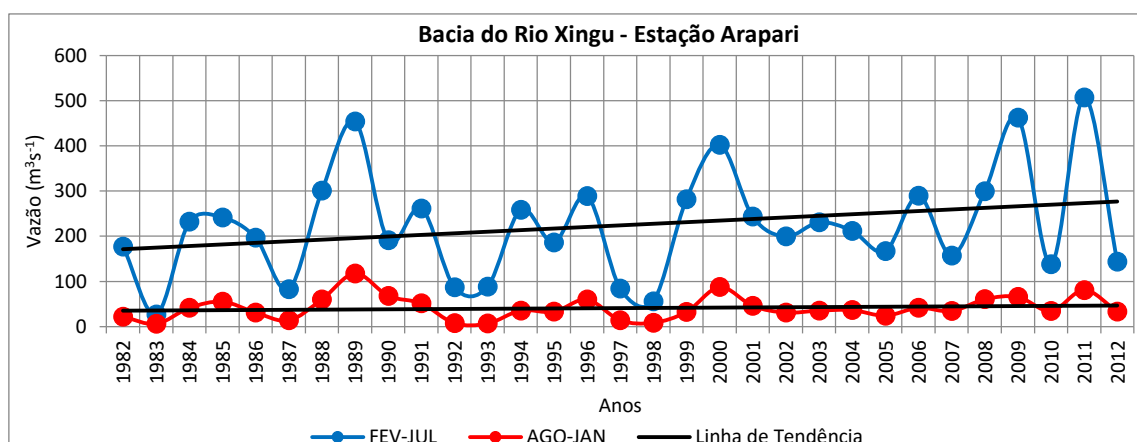
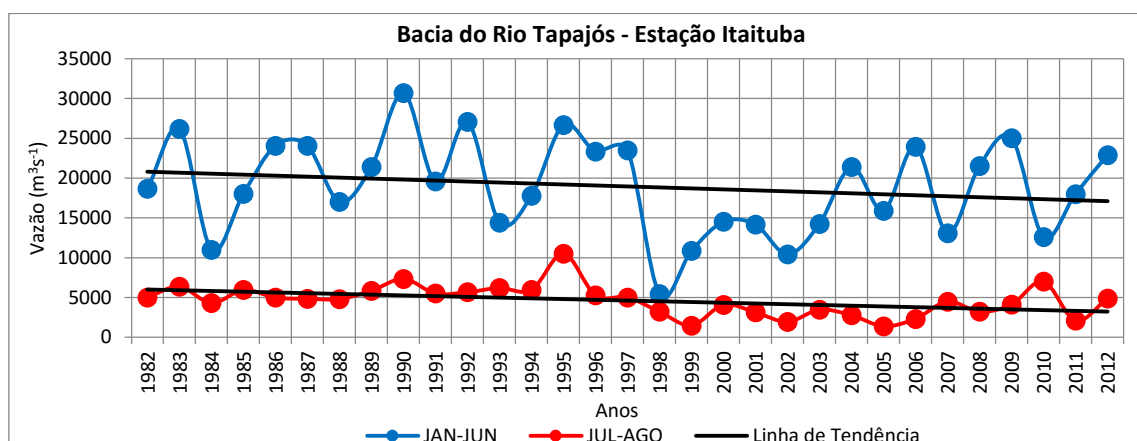
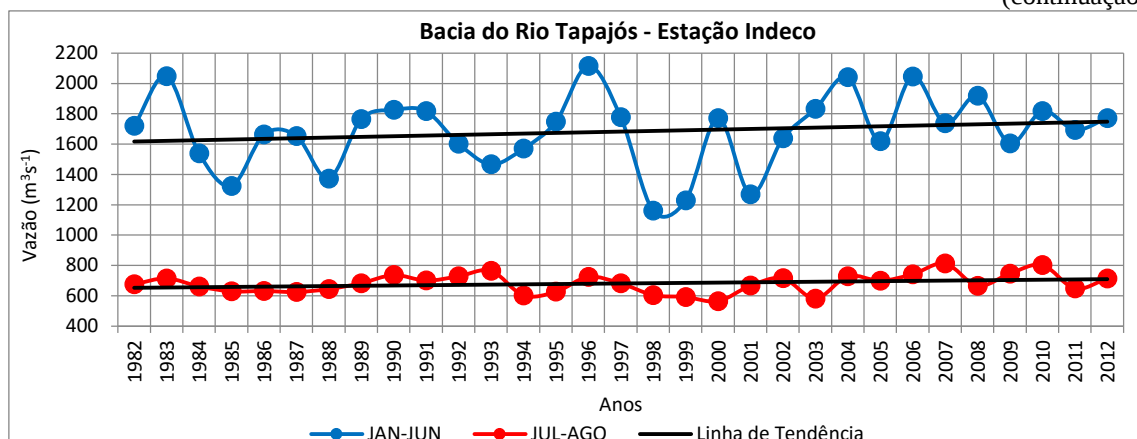
Contudo, pode-se afirmar que a sazonalidade na bacia Amazônica é diferente nas diferentes sub-bacias, pois apresenta vazão média na época cheia de aproximadamente 65% do total de vazão e na época seca 35%, concordando com os estudos de Satyamurty et al. (2013), pois a época chuvosa comporta 70% da precipitação e a estação seca somente os 30% restantes (Figura 33). Além disso, pode-se afirmar que a parte ocidental e central sul apresentam tendência negativa da vazão, e na parte leste e nas sub-bacias da margem esquerda a tendência é positiva. As tendências negativas, principalmente no Madeira são devido ao desmatamento, conforme estudos de Correia *et al.* (2007), com modelos de previsão. Além de Correia *et al.* (2007), Oliveira et al. (2007), também encontraram tendência negativa pois detectaram que 50% na área será desmatada. Contudo, esse efeito não foi encontrado pelos estudos de Satyamurty, et al. (2010).

Figura 33- Distribuição sazonal das vazões dos postos fluviométricos das sub-bacias do Rio Amazonas no período de 1982-2012.

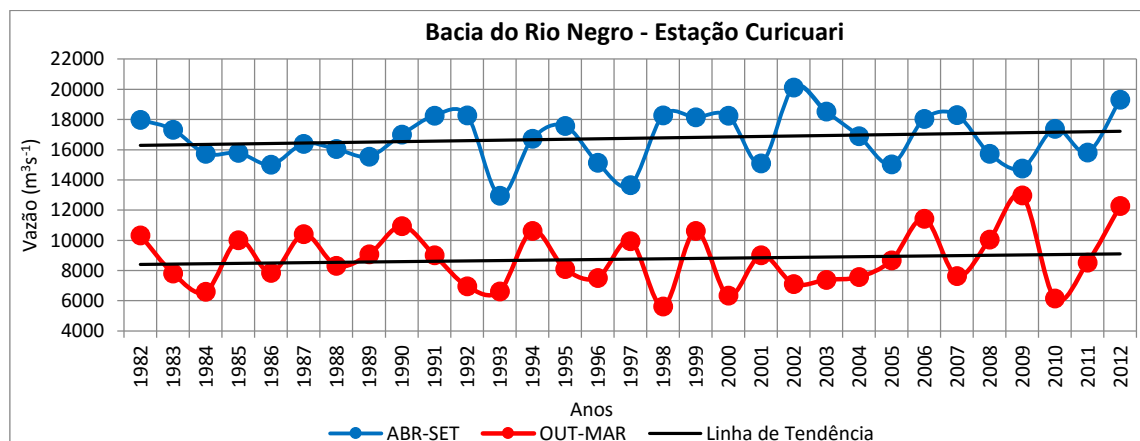
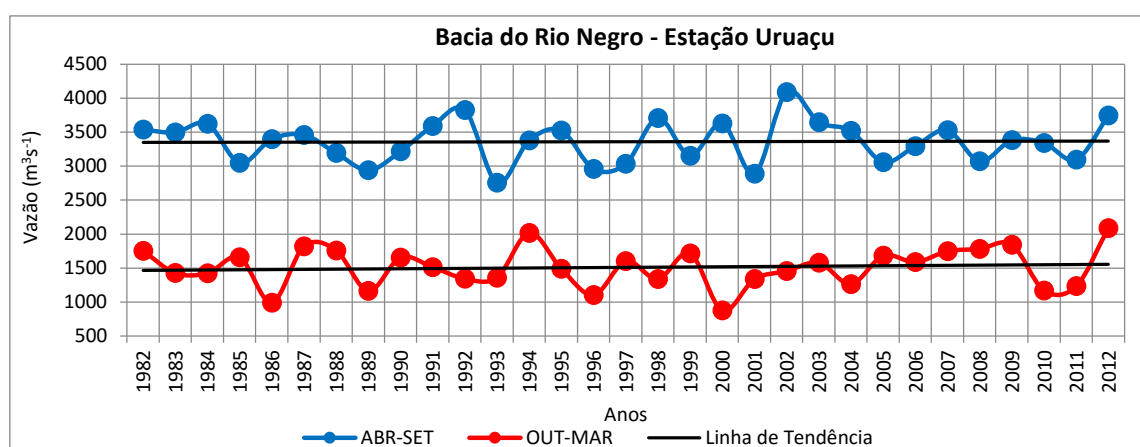
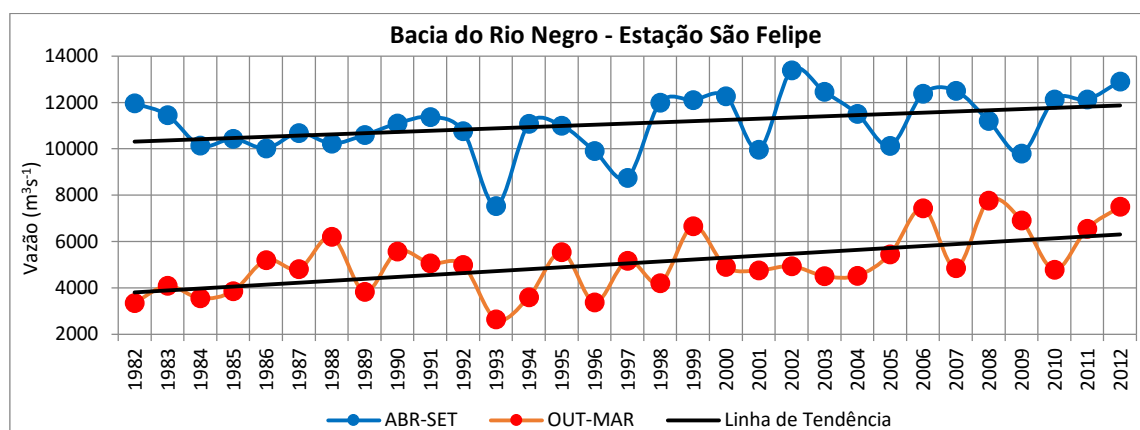
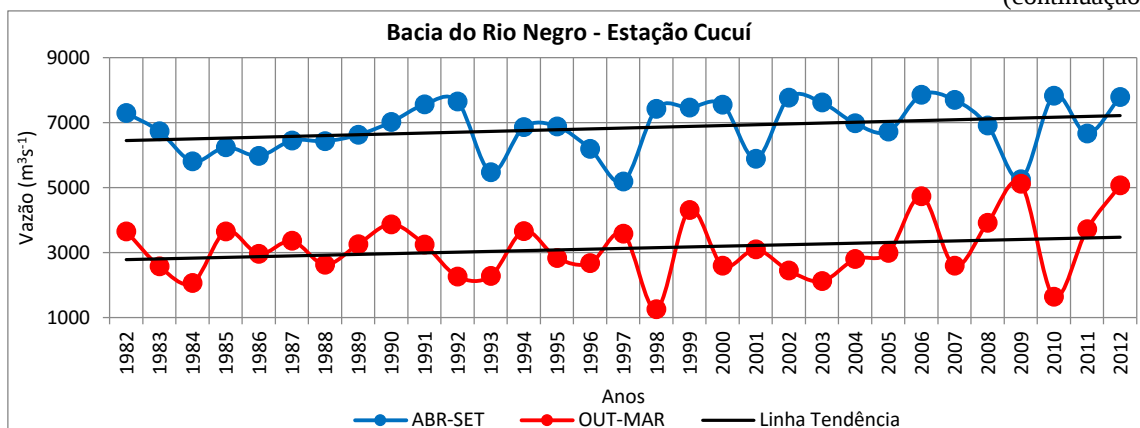
(continua)



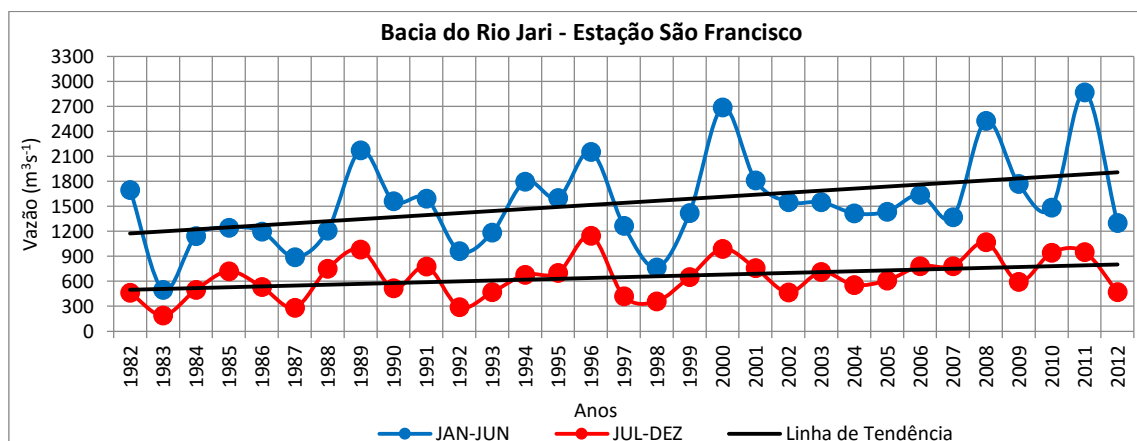
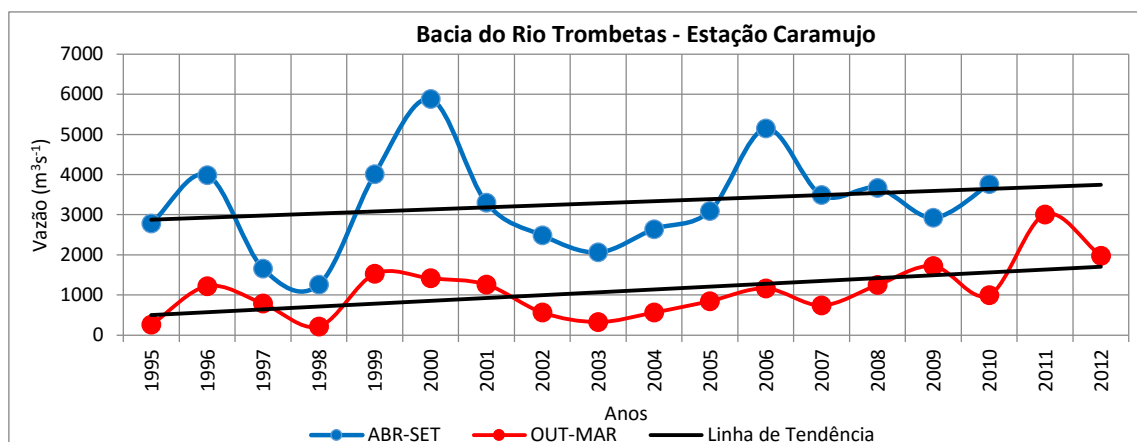
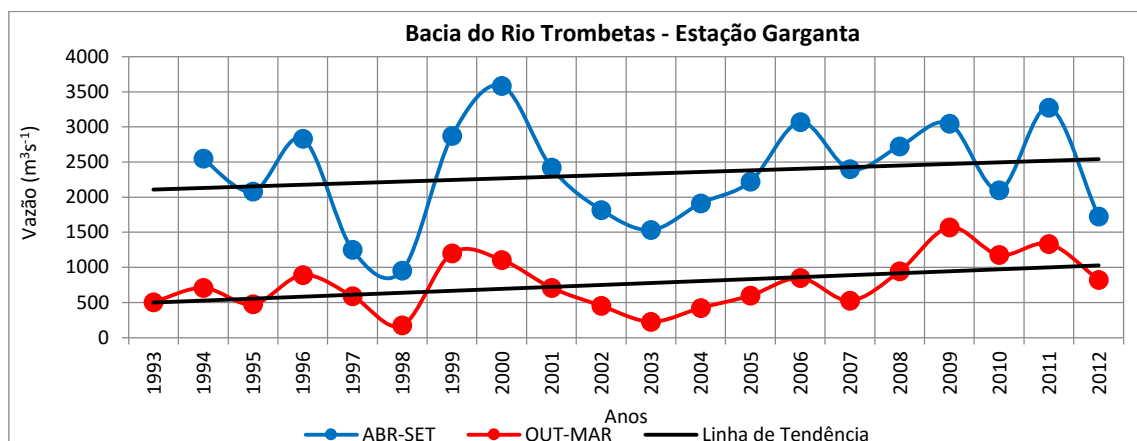
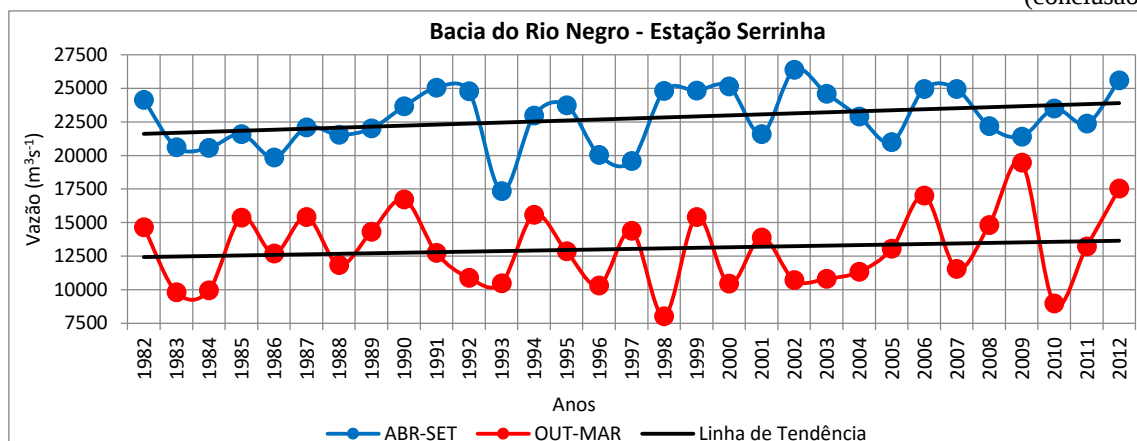
(continuação)



(continuação)



(conclusão)



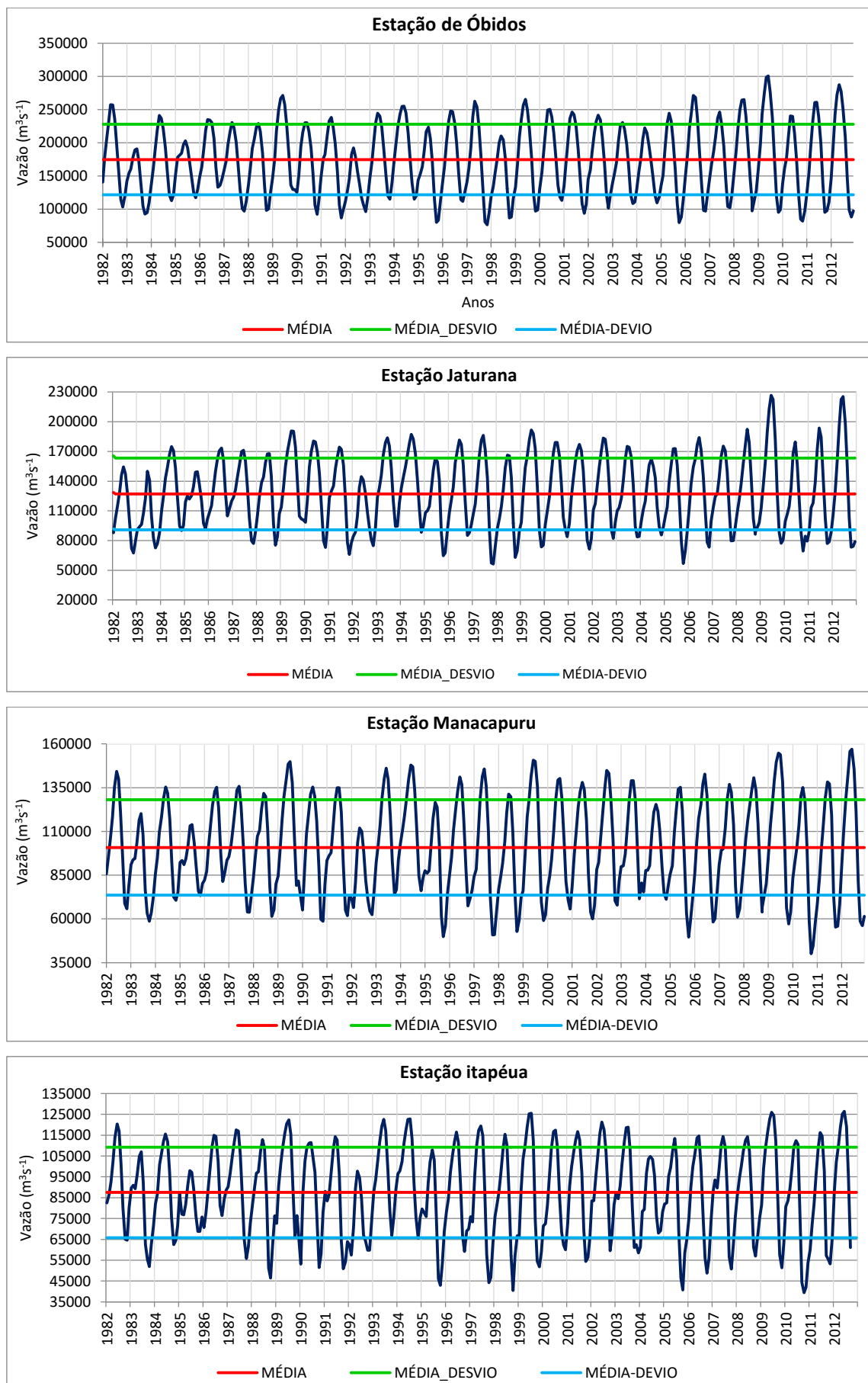
Fonte: Da autora

A Figura 34 apresenta as vazões médias mensais nas estações localizadas na calha do Rio Amazonas no período de 1982-2012, juntamente com a vazão média do período total, a $(\bar{x} + \sigma)$ - ponto de início de cheia e a $(\bar{x} - \sigma)$ - ponto de início de seca; observa-se que os perfis são semelhantes e com variações ao longo do período, pois as maiores flutuações da curva iniciaram somente a partir do ano de 1990, Entretanto, os desvios mais acentuados nos pontos de seca, ocorreram principalmente na estação de Itapéua.

A seca de 2010 só havia afetado o canal principal do rio Amazonas mais a oeste e não a leste e na parte central, os afluentes oeste e sudoeste do Solimões e o rio Madeira, com vazão abaixo da média tanto na estação de Manicoré como na estação Sucunduri, conforme a Figura 35, também foi detectado pelos estudos de Marengo et al. (2008). Os anos mais intensos de EN não refletiram na vazão das estações de controle na calha do Rio Amazonas (Marengo et al., 2008; Espinoza et al., 2011; Frappart et al., 2012; Marengo et al., 2012), pois tanto em Óbidos como em Jatuarana os anos de 2005 e 2010 não obtiveram valores significantes de desvio padrão, (Figura 37); já em Itapéua, a estação mais próxima da Bacia do Rio Solimões, em 2005 o déficit de água foi de 8% e em 2010 de 10%, chegando no máximo em torno de 15%, concordando com os estudos de Frappart et al. (2012) que encontraram uma queda, porém de precipitação, utilizando dados do GRACE para a seca de 2005, com uma magnitude muito maior, 70%.

Quando se analisa a curva da vazão média mensal das estações em cada sub-bacia do rio Amazonas (Figura 35) as variações são bem diferenciadas, Entretanto, percebe-se que em todas as 16 estações os maiores desvios aconteceram a partir do ponto de cheia, nota-se ainda que a estação Sucunduri, no rio Madeira, estações Garganta e Caramujo, no rio Trombetas, estações Indeco e Itaituba, no rio Tapajós, estações Arapari e Altamira, no rio Xingu e estação São Francisco, no rio Jari, não obtiveram variações a partir dos pontos de seca. As estações de Canutama e Uruaçu que ficam nas sub-bacias do Rio Purus e do Rio Negro, respectivamente, apresentaram flutuações constantes na vazão média durante todo o período estudado, se distanciando pouco dos pontos de cheia e de seca. A estação de Manicoré, no Rio Xingu apresentou uma queda acentuada na vazão a partir do ano de 2008, não apresentando desvios a partir do ponto de cheia e pouco desvio no ponto de seca. As estações do Rio Negro, com exceção de Uruaçu, foram as que apresentaram variações mais acentuadas, entre os pontos de cheia e seca ao longo do período estudado.

Figura 34- Vazões médias mensais das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982 a 2012



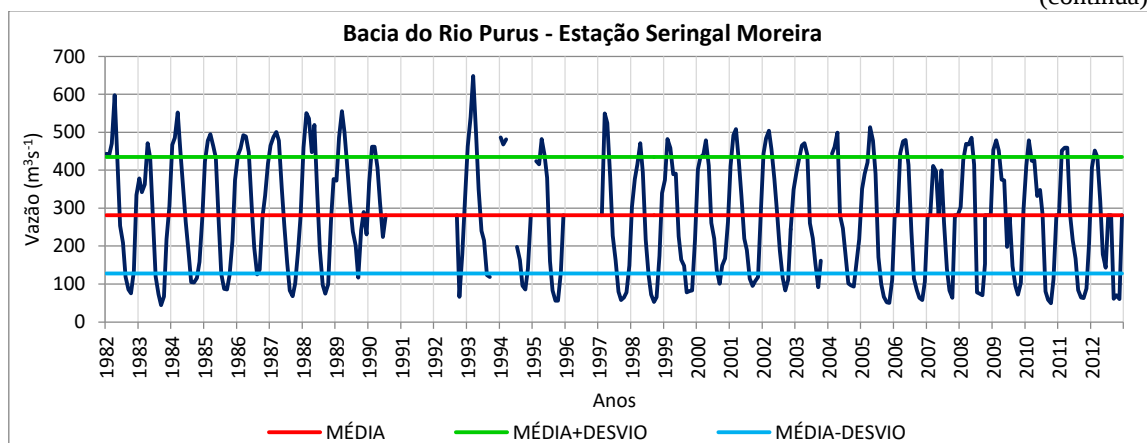
Fonte: Da autora

O total de 88% das estações apresentou vazão abaixo da média no ano de 2005 (Figura 35), somente a estação de Itaituba e Altamira ficaram com vazão acima da média, concordando, em parte, com a afirmação de Zeng et al. (2008), pois este encontrou valores recordes nas pequenas vazões em 2005. Analisando o evento LN (Figura 34) pôde-se observar que, nas 4 estações, a vazão foi acima do padrão somente durante os eventos de intensidade forte, anos de 1988-1989 e 2007-2009. Assim, pode-se afirmar que os eventos LN de intensidade forte influenciam a vazão da calha do Rio Amazonas, podendo assim, causar extremos de cheia, esse estudo também pode ser comprovado por Espinoza et al. (2014) que analisaram a relação da elevada vazão e eventos de LN para o rio Beni durante os eventos com intensidade forte e moderada.

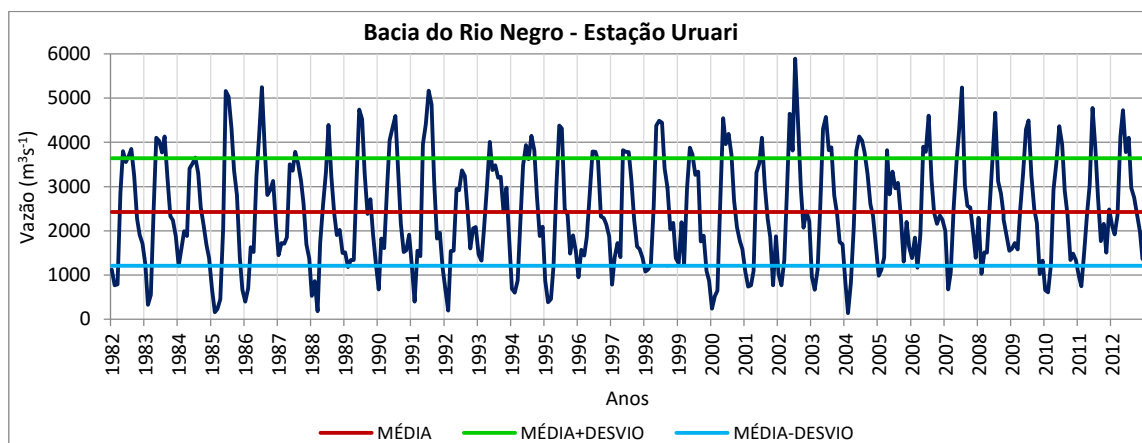
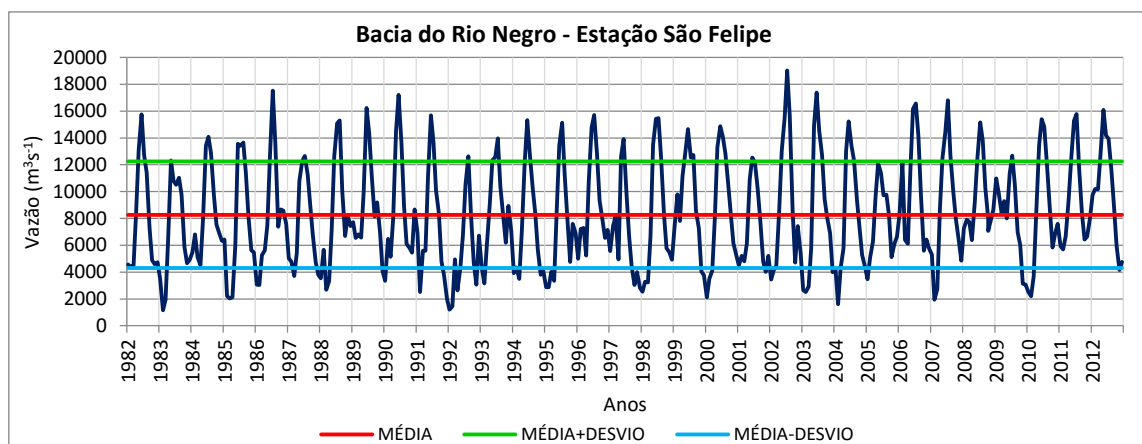
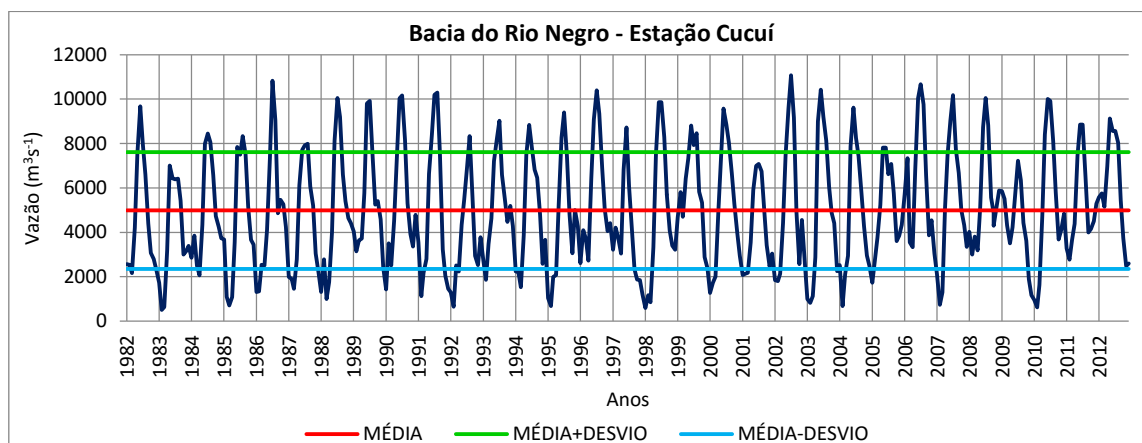
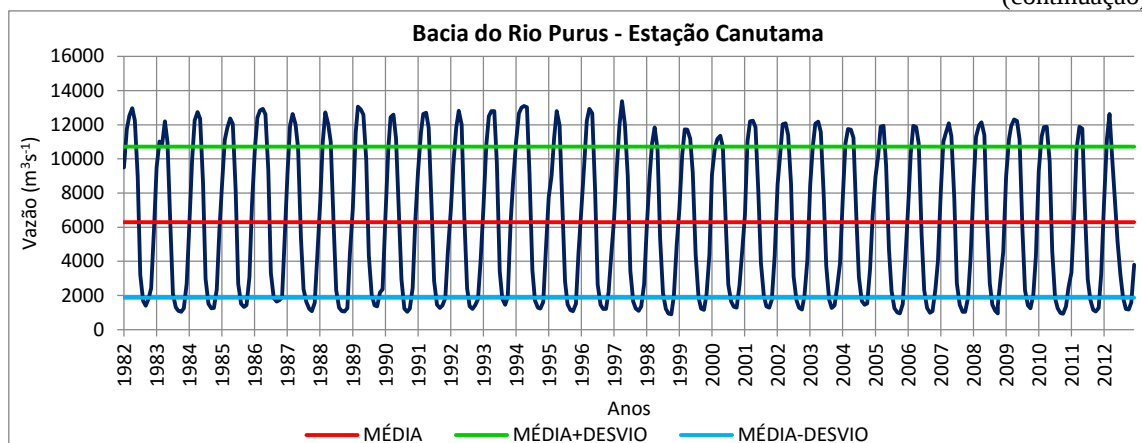
Além disso, Marengo et al. (2012) também detectaram grandes elevações tanto na precipitação como na vazão na calha leste do Rio Amazonas no ano de 2009, principalmente em Óbidos, registrando a maior enchente das últimas décadas. Entretanto, no ano de 1994 a vazão foi elevada nas 4 estações, porém pela TSM (Tabela 02) não foi detectado evento de La Niña e sim El Niño, então deveria ocorrer vazão baixa e não elevada, isso é comprovado pelos estudos de Zeng (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2012), entre outros, mostrando que a variabilidade das chuvas na Amazônia não é devido somente ao aquecimento e resfriamento da superfície do Pacífico Leste, mas também ao Oceano Atlântico Norte e Sul durante o período de transição entre a estação chuvosa e a seca.

Figura 35- Vazão média mensal das estações fluviométricas no período de 1982-2012.

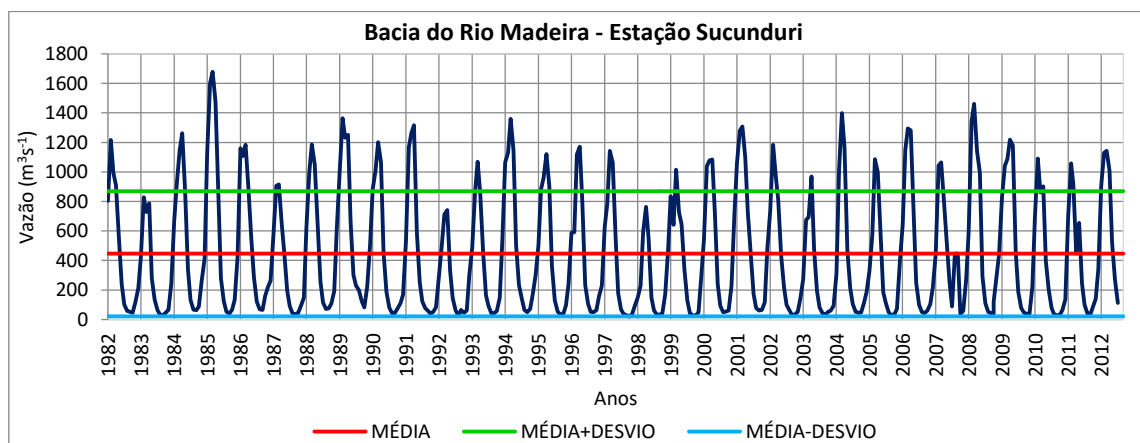
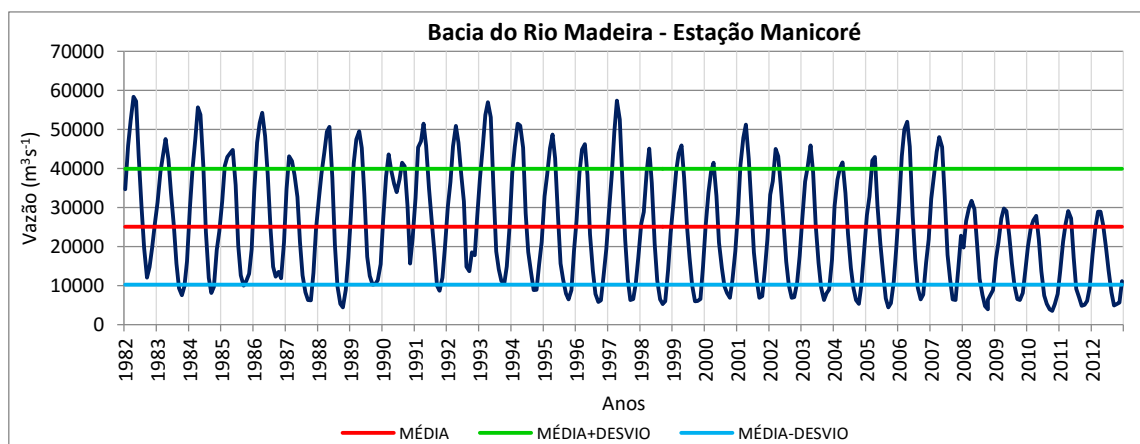
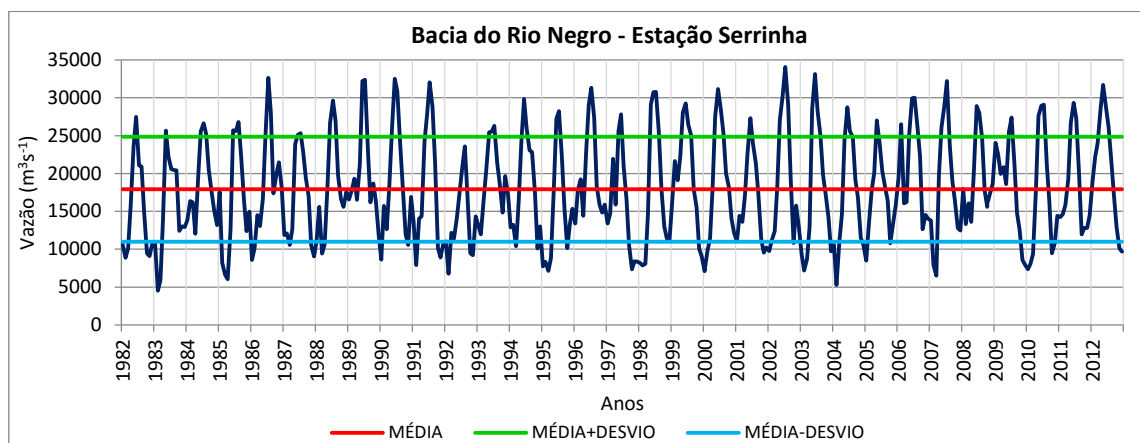
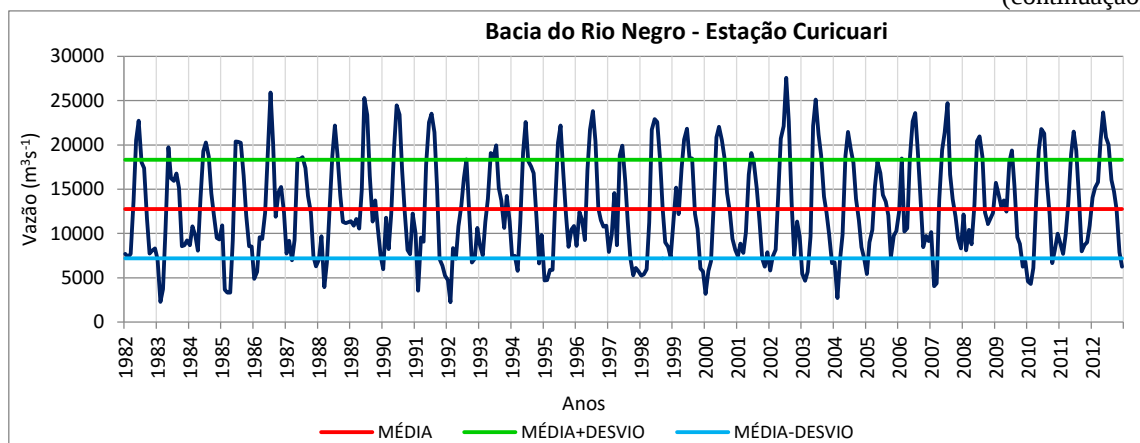
(continua)



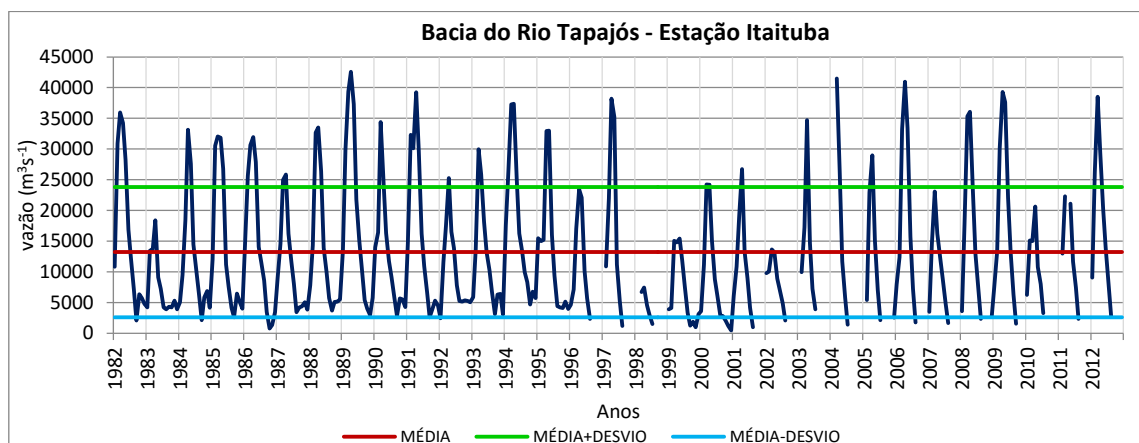
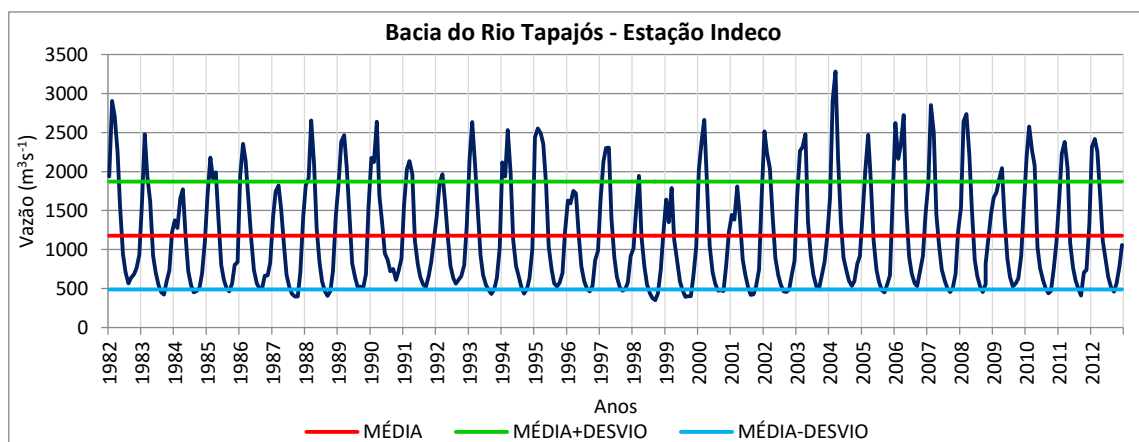
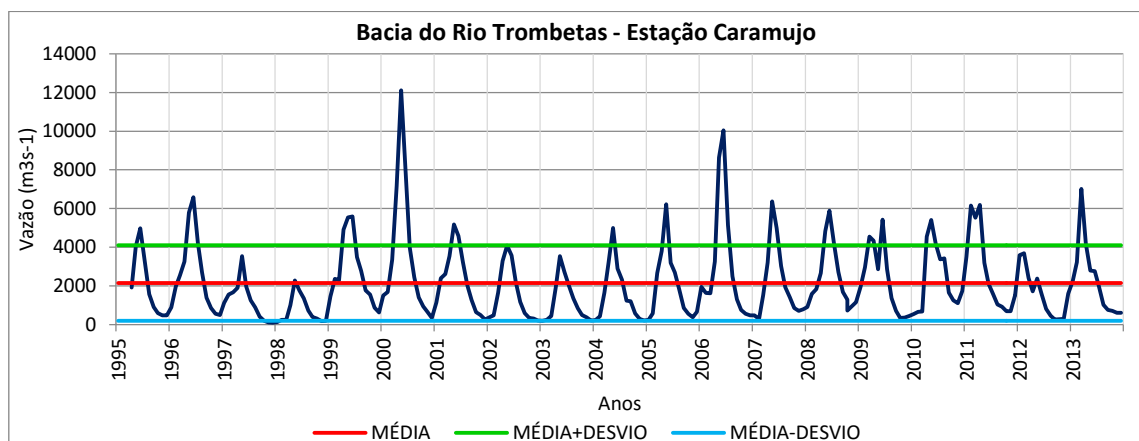
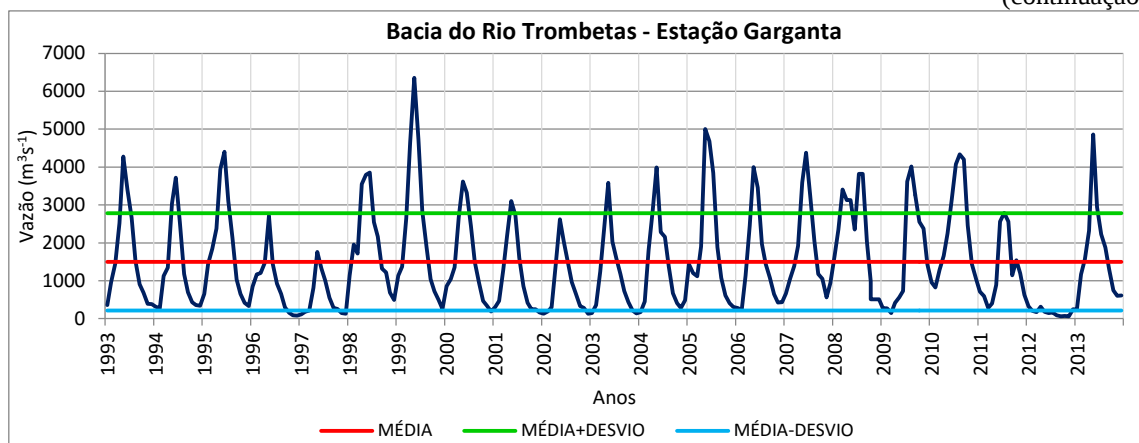
(continuação)



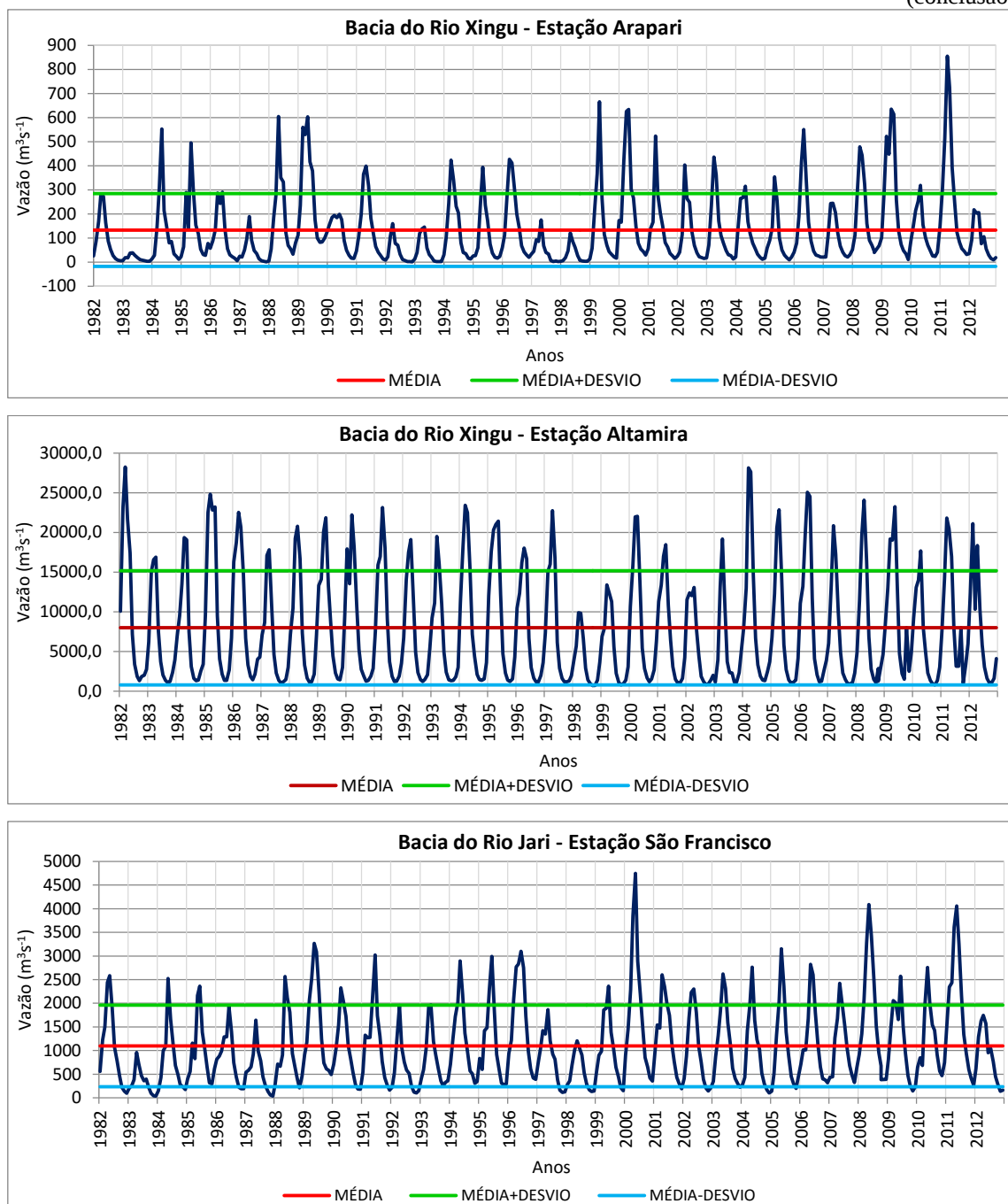
(continuação)



(continuação)



(conclusão)



Fonte: Da autora

A Figura 36 que apresenta as médias anuais de vazão das 4 estações localizadas na calha do Rio Amazonas, além do desvio padrão a partir do valor médio, representando os pontos de extrema cheia e seca, mostra que os anos de 1989, 2009 e 2012 foram de extrema cheia, ou seja, vazão acima do ponto de cheia em todas as quatro estações, coincidindo com os anos de La Niña de intensidade forte (1989 e 2009) e intensidade fraca (2012), conforme mostrado nas Tabelas 02 e 03. Já para os anos de El Niño de 1982, 1983, 1992, 1995, 1998, 2005 e 2010 existiram algumas diferenças, pois foram coincidentes entre as quatro estações somente os anos de 1983, 1992, 1995

e 1998. No ano de 1994, que foi um ano de El Niño, a vazão foi acima do ponto de cheia nas quatro estações. Além disso, pôde-se notar que entre 1999 e 2008 a vazão não ultrapassou os pontos de cheia (linha verde) nem de seca (linha azul), exceto na estação de Itapéua no ano de 2005, o mesmo aconteceu entre os anos de 1984 e 1988.

Outra informação importante, na Figura 36, é a linha de tendência ao longo do período, que aumentou nas 4 estações, porém com maior proporção nas estações de Óbidos e Jatuarana, com valores em torno de $10.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, que corresponde a 15% de aumento, do que em Manacapuru, que foi de aproximadamente $2.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, ou seja, 6,2% e em Itapéua com aumento quase imperceptível, em torno de 0,30%. Assim, pode-se afirmar que na calha do Rio Amazonas houve um aumento da vazão ao longo dos 31 anos estudados em direção à foz, resultados semelhantes foram encontrados por Callède, et al. (2004) em períodos diferentes para Óbidos, entre 1903-1999, detectaram um aumento de 9% nas vazões médias anuais, também por Garcia e Mechoso (2005) que verificaram que as vazões dos rios principais tiveram a tendência de aumentar desde o ano de 1970 e Satyamurty et al. (2013), pois detectaram que o nível das águas aumentou 10 cm/ano.

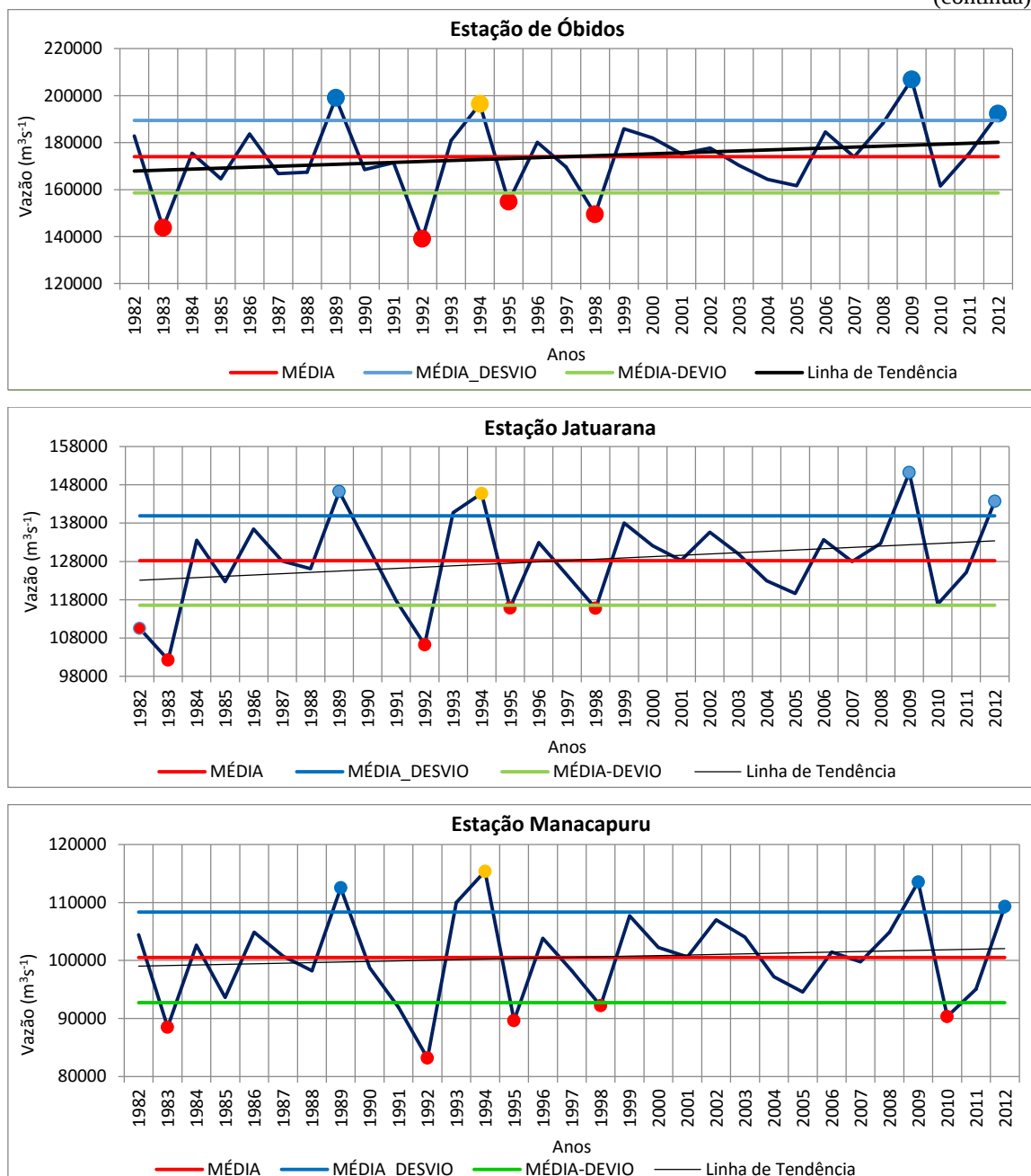
Ainda analisando a Figura 36, percebe-se que por uma década, no período de 1999 à 2008, a vazão das 4 estações da calha do Rio Amazonas, não apresentou anomalias, Entretanto, em 2005 ocorreu um evento de seca, a qual influenciou o alto Solimões, porém a seca mais grave das últimas décadas foi em 2010 se comparada ao ano de 2005, que não influenciou a vazão observada nas estações de Óbidos e Jatuarana, que ficam na calha leste, porém causou uma pequena influência na vazão das estações de Manacapuru e Itapéua que ficam mais próximas da Bacia do Solimões. Assim, pode-se afirmar que as secas mais severas ocorridas no período de estudo, 1982-2012, não influenciaram ou influenciam pouco a vazão das estações da calha central e leste do Rio Amazonas, porém influenciaram mais as estações dos afluentes da margem direita mais próximas do Solimões, que no caso desse estudo é a estação de Canutama no Rio Purus, que em 2005 apresentou 09% de vazão abaixo do normal e em 2010 10%, conforme mostrado na Tabela 09, sendo comprovado pelos estudos de Espinoza, et al. (2011).

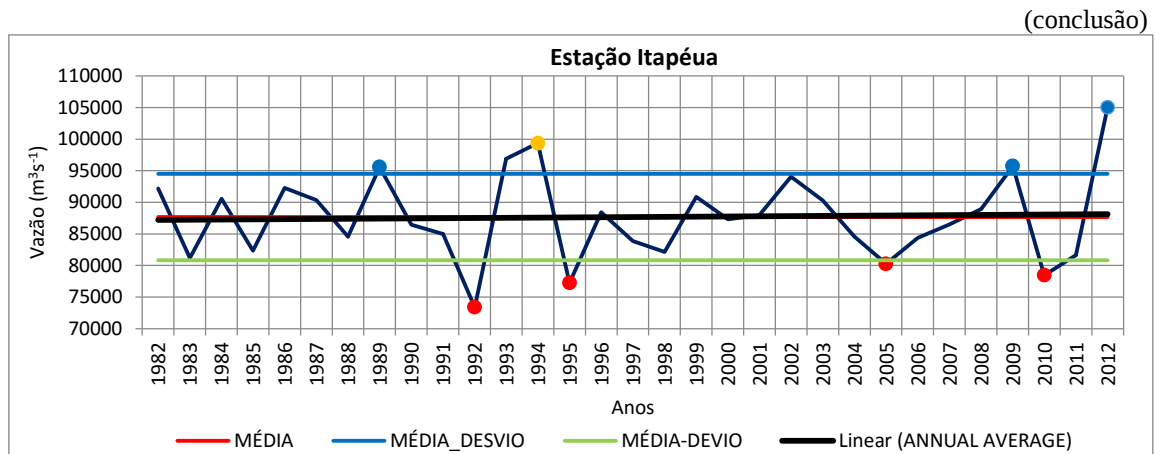
Para as estações de controle, na Tabela 07, nota-se que no ano de 1989 que foi um ano de La Niña todas as estações foram afetadas por cheias com 14% acima da média em Manacapuru, 13 em Óbidos, 12 em Jatuarana e 9 em Itapéua, em 2012 que também foi ano de La Niña Itapéua apresentou maior vazão, com 20% acima da média, 12 em Jatuarana, 10 em Óbidos e 09 em Manacapuru. Já em 1995 e 1998 parte no ano ocorreu La Niña e parte no ano El Niño, mas o que prevaleceu foram as secas, pois em 1992 a vazão foi abaixo da média em 20, 17, 17 e 16% nas estações de Óbidos, Jatuarana, Manacapuru e Itapéua, respectivamente, já em 1995 a vazão foi abaixo da média em 12, 11, 11 e 10% nas estações de Itapéua, Manacapuru, Óbidos e

Jatuarana, respectivamente. O ano de 2009 também apresentou parte La Niña e parte El Niño, porém ocorreu cheia e não seca, com vazão acima da média em 18, 18, 13 e 09% em Óbidos, Jatuarana, Manacapuru e Itapéua, respectivamente. Já o ano de 1994, que foi ano de El Niño provocou cheia em todas as 4 estações, diferente do que aconteceu nas estações das sub-bacias, pois somente as de Canutana apresentou cheia, com 14% de vazão acima da média. Por fim tem-se o ano de 1993 que não foi um ano que apresentou evento de El Niño nem La Niña, porém nas estações Jatuarana, Manacapuru e Itapéua a vazão ultrapassou a média em 10, 09 e 11%, respectivamente.

Figura 36- Média anual da vazão das estações de controle do Rio Amazonas no período de 1982 a 2012.

(continua)





(1) Pontos azuis são - eventos LN

(2) Pontos vermelhos - eventos EN

(3) Pontos amarelos – eventos de EN com cheia, influência do Oceano Atlântico.

Fonte: Da autora

Analisando a Tabela 07, as estações das sub-bacia da bacia Amazônica separadamente encontrou-se os seguintes resultados: a estação Arapari, na bacia do rio Xingu e São Francisco, na bacia do rio Jari foram as que tiveram vazões com maiores desvios a partir do valor médio, com máximos de 141% (ano 1988 –LN) e 79% (ano 2011-LN) acima do ponto de cheia, respectivamente e valores mínimos de 63% (ano de 1997 –EN) e 43% (ano de 1992 – EN); a estação Seringal Moreira recebeu influência dos eventos EN e LN somente entre 1986 e 1993, porém com valores significativos de 25% acima do ponto médio em 1990 e 43 e 27% abaixo do ponto meio em 1992 e 1993, respectivamente; na estação Manicoré o evento El Niño influenciou a vazão entre 2008 e 2012, a qual ficou abaixo do ponto médio com porcentagem de 33, 31, 44 41 e 35%, respectivamente, Contudo, entre os anos de 1982 a 1993, de forma intercalada e não contínua, com valores de cheia em 1982 (38%), 1984 (21%), 1986 (34%), 1990 (28%), 1992 (24%) e 1993 (26%), porém 1990 e 199 não foi evento EN.

Ainda através dos resultados da Tabela 07 nota-se que em alguns anos com evento de EN e LN a vazão não é influenciada, como em 1984 (LN) que provocou cheia (21%) somente em Manicoré e seca (17%) em Indeco, no ano de 1994 (EN) provocou enchente somente em Canutama, em 2004 (EN) ocorreu cheia (17%) em Indeco e em 2005 (EN e LN) ocorreu seca (9%) em Canutama e cheia (32%) em Itaituba. As estações da sub-bacia do Rio Negro apresentaram vazão menor durante o evento EN de 1992, com 22% a menos na Estação Cucuí, 32% na Estação São Felipe, 15% na Estação Uruaçu, 23% na Estação Curicuari e 22% na Estação Serrinha.

Nota-se, ainda da Tabela 07, que em alguns anos com evento de EN e LN a vazão não é influenciada, como em 1984 (LN) que provocou cheia (21%) somente em Manicoré e seca (17%) em Indeco, no ano de 1994 (EN) provocou enchente somente em Canutama, em 2004 (EN)

ocorreu cheia (17%) em Indeco e em 2005 (EN e LN) ocorreu seca (9%) em Canutama e cheia (32%) em Itaituba. As estações da sub-bacia do Rio Negro apresentaram vazão menor durante o evento EN de 1992, com 22% a menos na Estação Cucuí, 32% na Estação São Felipe, 15% na Estação Uruaçu, 23% na Estação Curicuari e 22% na Estação Serrinha.

Em alguns anos de EN e LN a vazão não é influenciada, como em 1984 (LN) que provocou cheia (21%) somente em Manicoré e seca (17%) em Indeco, em 1994 (EN) provocou enchente somente em Canutama, em 2004 (EN) ocorreu cheia (17%) em Indeco, e em 2005 (EN e LN) ocorreu seca (9%) em Canutama e cheia (32%) em Itaituba. Na sub-bacia do Negro a vazão menor foi no evento EN de 1992, com 22% a menos na Estação Cucuí, 32% na Estação São Felipe, 15% na Estação Uruaçu, 23% na Estação Curicuari e 22% na Estação Serrinha (Tabela 07).

Neste estudo foram encontrados valores mais elevados de vazão durante os eventos de LN, que provocam enchentes, já que em 1989 a vazão aumentou em 13%, em 2009, 18% e em 2012, 10%, concordando com Callède et al. (2004), entre 1945 e 1998, estudaram as vazões médias anuais e concluíram que houve um aumento de 10% da vazão durante as enchentes, para a estação de Óbidos. Analisando a Figura 37, percebeu-se que as estações Sucunduri, Garganta, Caramujo, Indeco, Itaituba e Altamira, localizadas na margem direita e as estações São Francisco e Arapari na margem esquerda não foram influenciadas pelas secas ocasionadas pela ocorrência do evento EN, porém durante os eventos LN as enchentes fizeram com que as vazões ultrapassassem os pontos de cheia. Já a estação de Manicoré, que fica na margem direita mostrou uma queda acentuada na vazão a partir do ano de 2008, mesmo que os eventos EN tenham sido de intensidade fraca. A enchente de 2012 afetou a Amazônia ocidental e parte do noroeste, conforme Satyamurty et al. (2013) e Marengo et al. (2013), podendo ser comprovado neste estudo, pois todas as estações da bacia do Rio Negro tiveram suas vazões médias anuais acima da média, já a enchente de 2009 influenciou mais as estações analisadas nesse estudo, pois segundo Marengo et al. (2012) a parte da Amazônia mais afetada foi a oriental.

Assim, analisando as estações nas sub-bacias, as tendências foram diferenciadas, pois a Figura 37 mostra que todas as estações localizadas na margem esquerda, estações das sub-bacias do Rio Negro, do Rio Trombetas e do Rio Jari, apresentaram uma tendência de aumento na vazão, já as estações da margem direita, estações das sub-bacias do Rio Purus, Rio Madeira, Rio Tapajós e Rio Xingu tiveram tendências diferenciadas, ou seja, no rio Purus e rio Madeira apresentaram tendência de diminuição da vazão ao longo do período, já as estações do rio Tapajós e do rio Xingu, exceto Altamira, que apresentou uma tendência de aumento da vazão. A tendência da vazão na estação Sucunduri no rio Madeira diminuiu, porém com pouca variação, diferentemente do que aconteceu na estação Manicoré que apresentou uma tendência de queda de vazão muito grande.

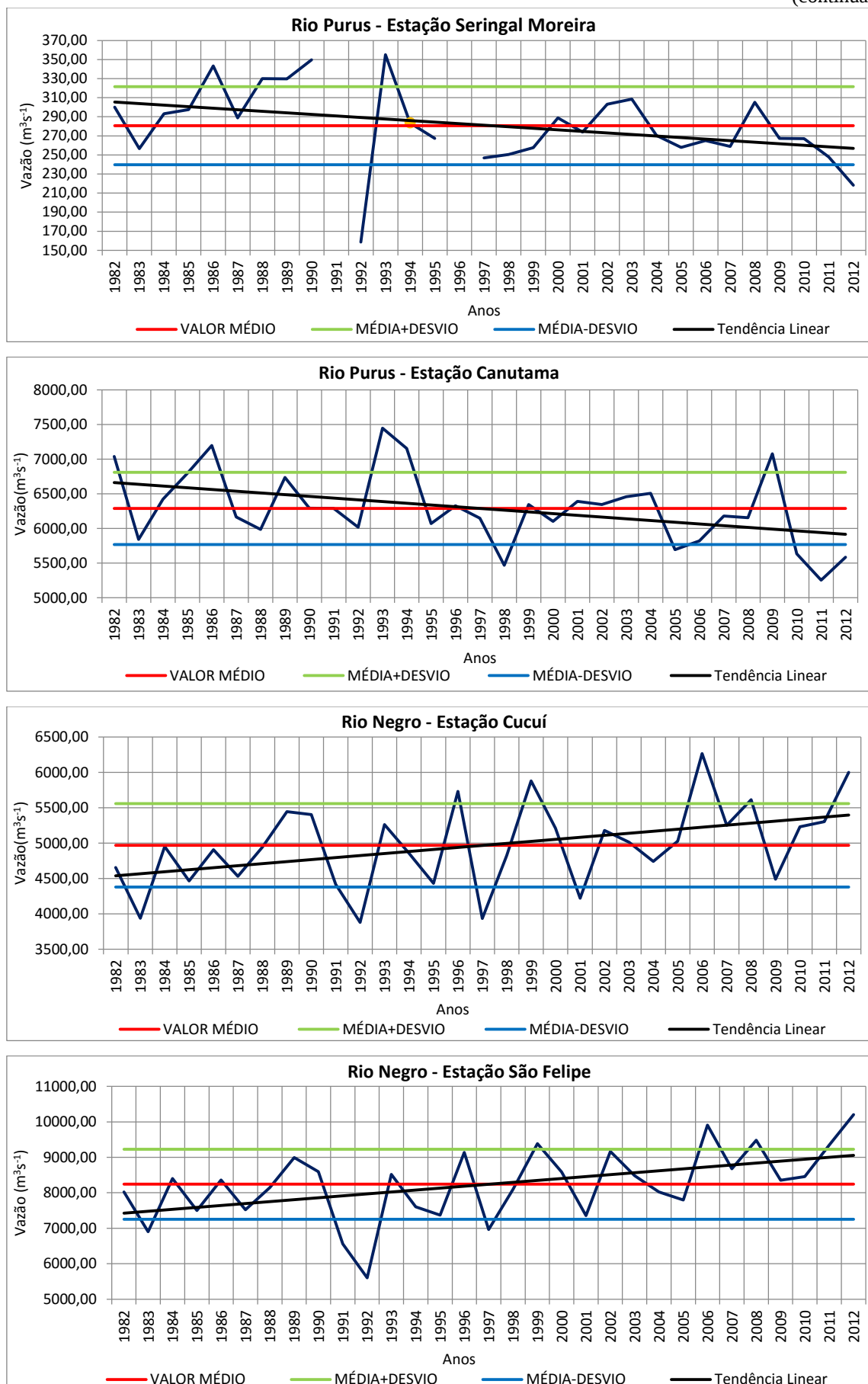
Tabela 07- Porcentagens acima da média das Vazões em anos de El Niño e La Niña no período de 1982 à 2012

Estações de Controle																															
ESTAÇÕES	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Óbidos		-17						+13		-10	-20		+15	-11			-14											+18			+10
Jatuarana	-14	-20						+14			-17	+10	+14	-10			-10											+18			+12
Manacapuru		+12						+12		-09	-17	+09	+15	-11			-18											+13	-10		+09
Itapéua								+09			-16	+11	+13	-12										-08				+09	-10		+20
Estações das sub-bacias																															
ESTAÇÕES	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Seringal Moreira					+22		+18	+17	+25	X	-43	+27			X																
Canutama	+12				+14							+18	+14				-13							-09				+13	-10	-16	-11
Cucuí	-21										-22				+15	-21		+18		-15					+26		+13				+21
São Felipe		-16								-20	-32					-16		+14							+20		+15		+13	+24	
Uruaçu				-09	-09		-15				-15	-12		-16						-12	+19									+19	
Curicuriari		-12		-10				+10		-12	-23			-11	+12	-14		+11		-11	+12				+16					+23	
Serrinha	-15	-15					-13		-11	-22			-15	+12	-11		+12								+18					+17	
Manicoré	+38		+21		+34				+28		+24	+26															-33	-31	-44	-41	-35
Estação Sucunduri		-31		+49		-22		+35			-38						-39			+30		-31				+25					
Garganta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-68				-39	-62		+56			-41						+54		+53	
Caramujo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			-43	-65		+71			-44				+48					
Indeco	+17		-17			-14								+21			-26	-24		-16		+17			+22		+13				
Itaituba		-41						+46									-49			-36			+32		+33	+34				+42	
Arapari		-88				-64		+			-69	-64				-63	-76		+85									+99		+83	
Altamira	+26			+38	+23		-20								+40			-50	-30		-27				+27						
São Francisco						-46		+44			-43				+51				+68							+64				+79	
Legenda:			El Niño				La Niña																								
			El Niño e La Niña																												

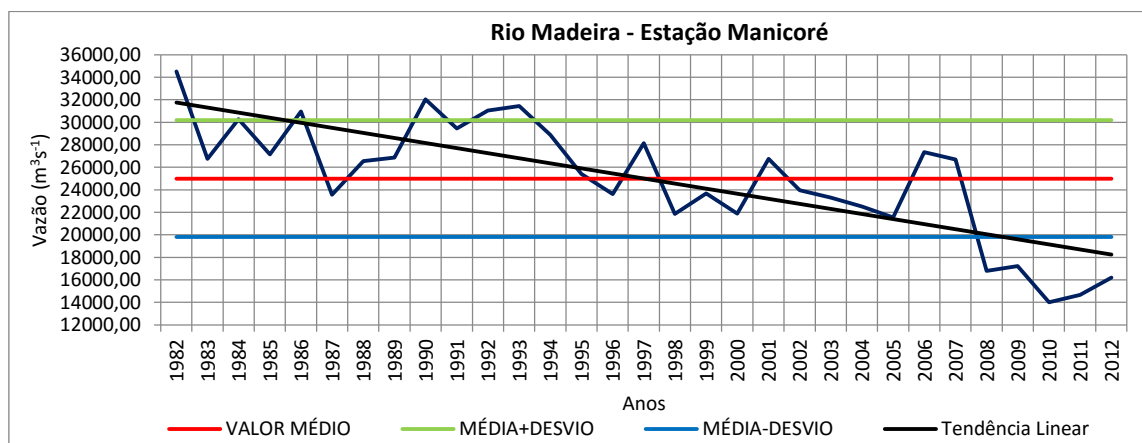
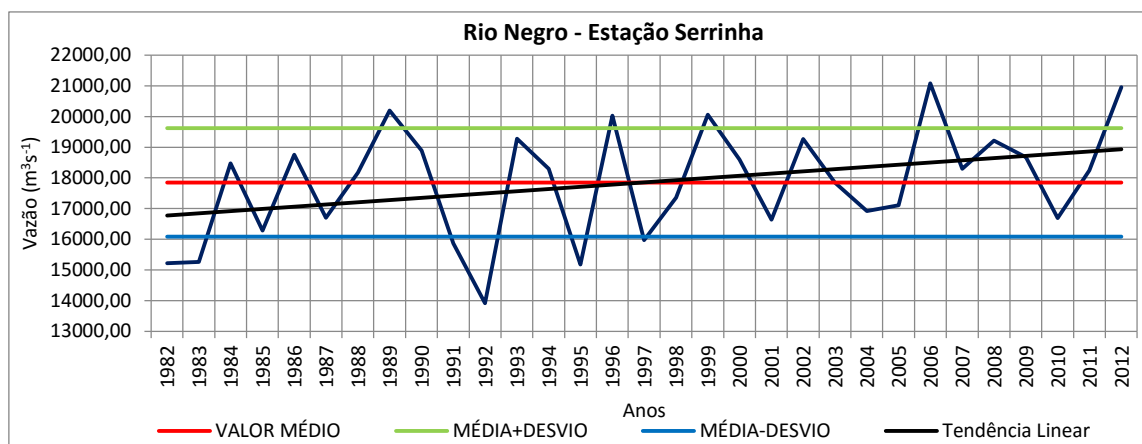
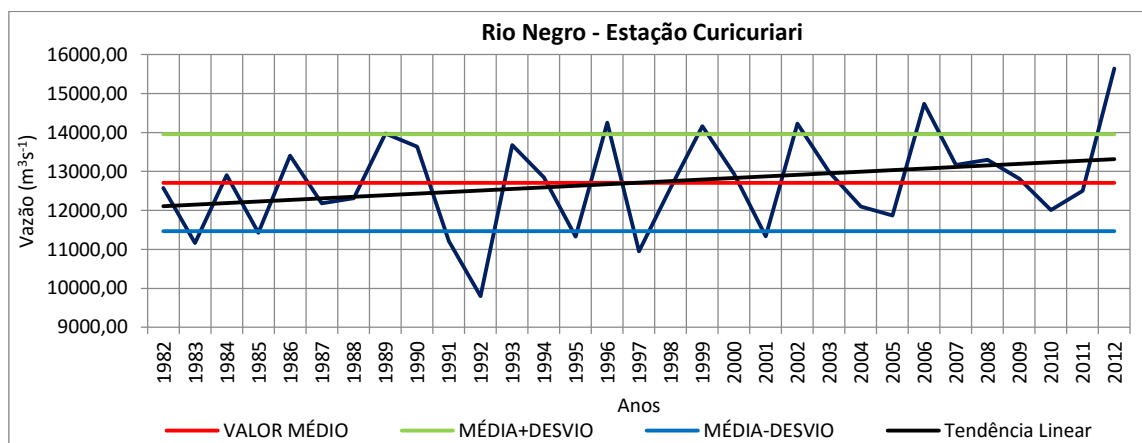
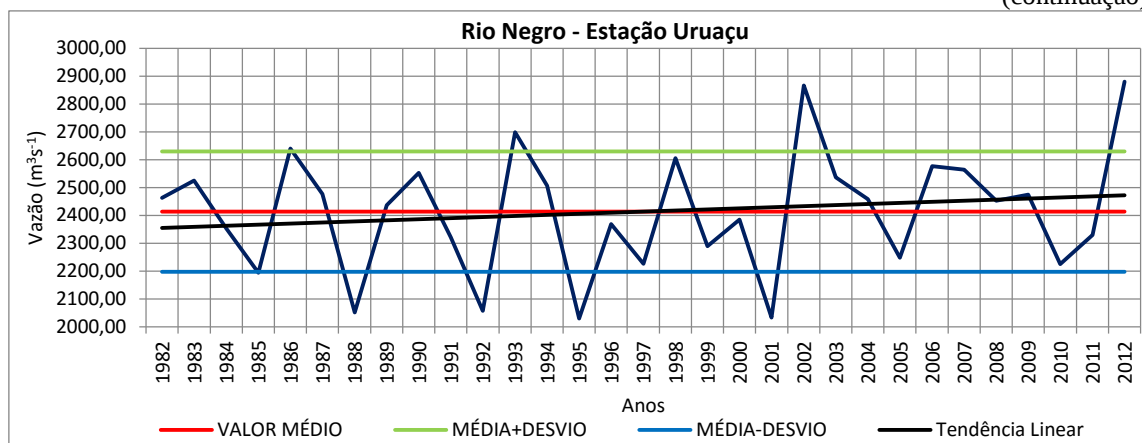
Fonte: Da autora

Figura 37- Média anual da vazão das estações fluviométricas no período de 1982-2012.

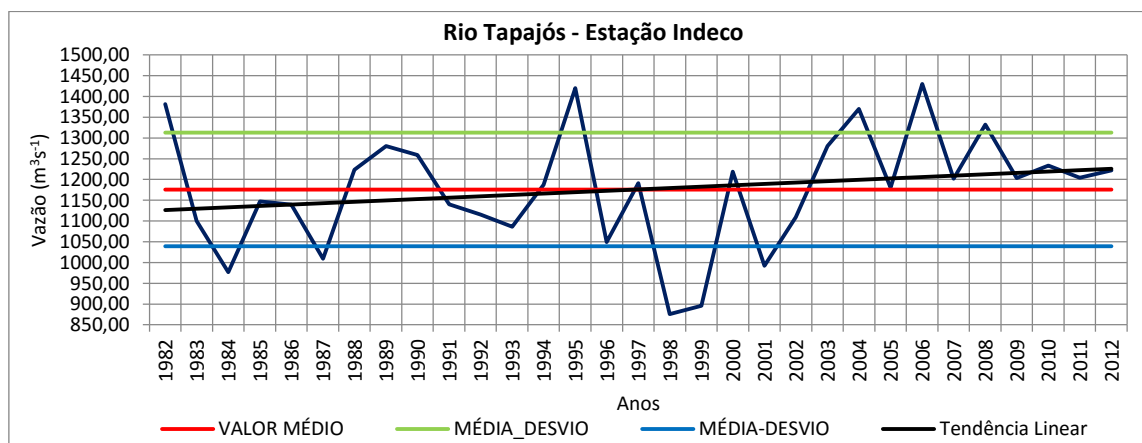
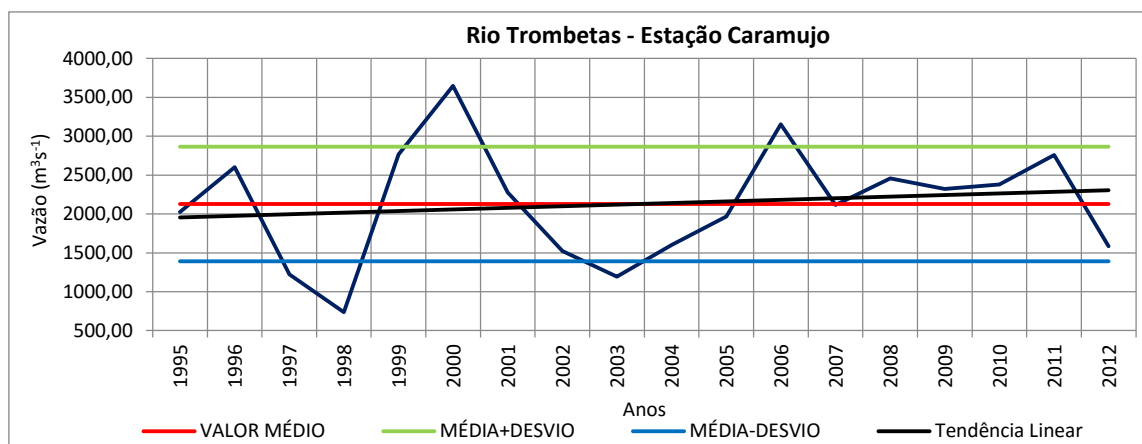
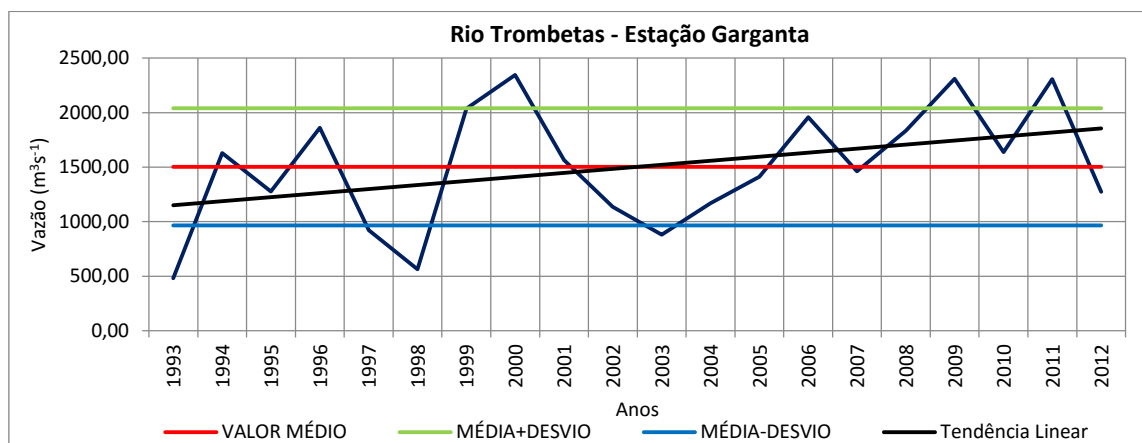
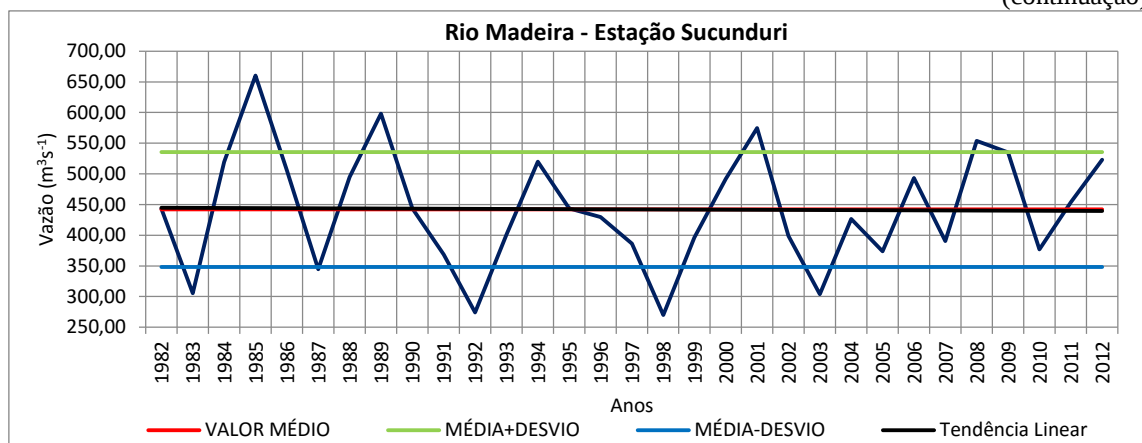
(continua)



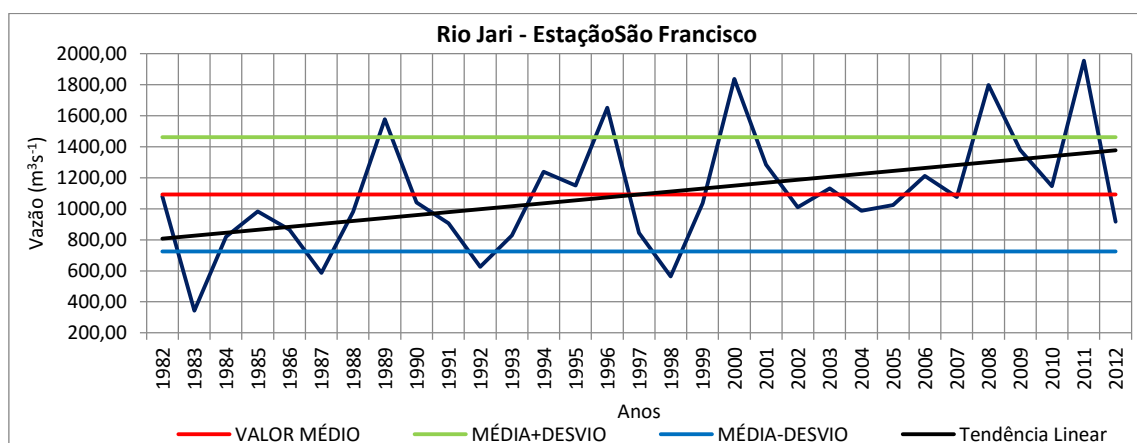
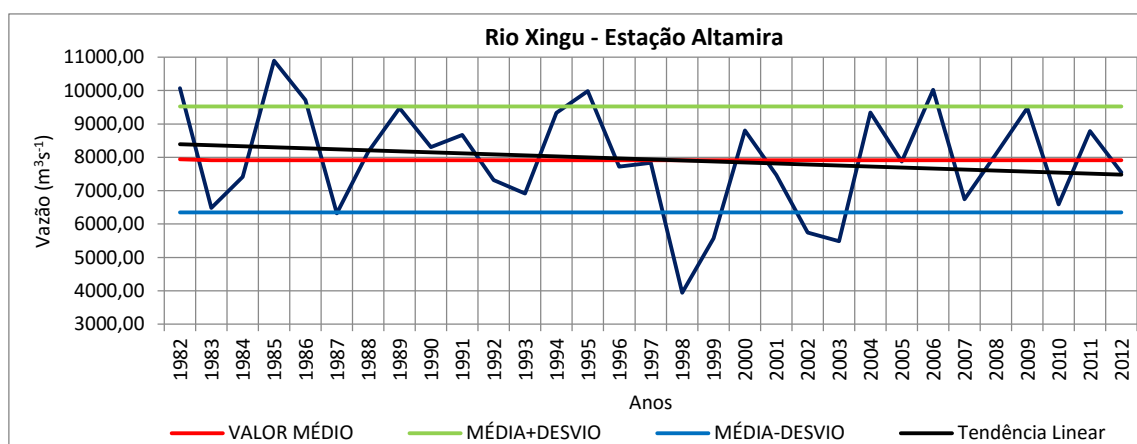
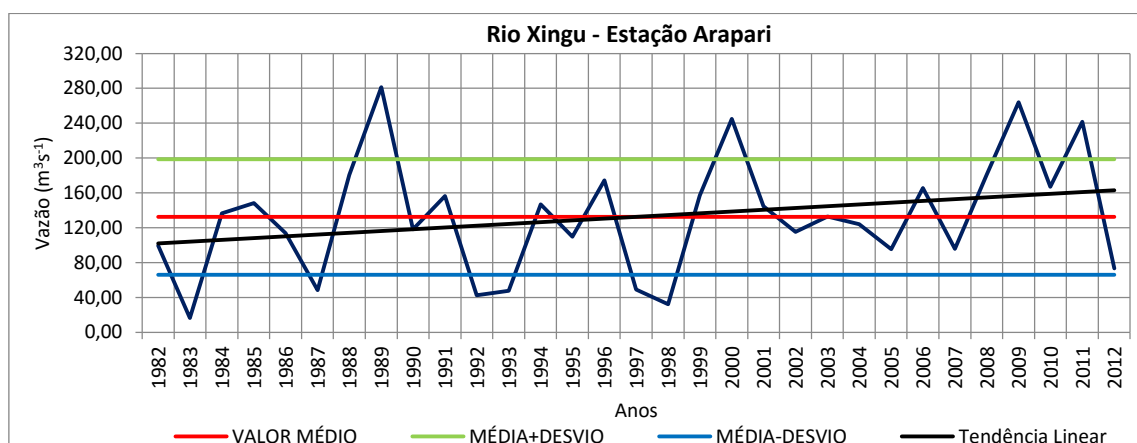
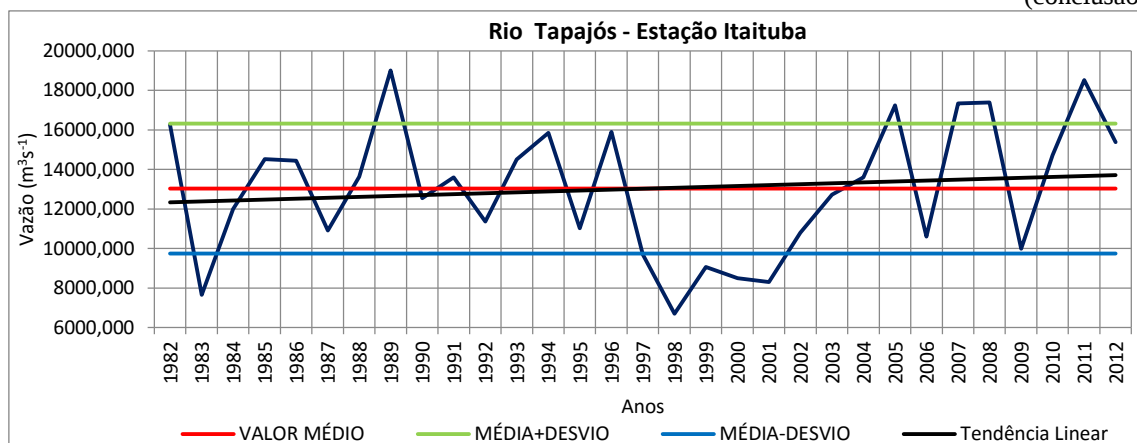
(continuação)



(continuação)



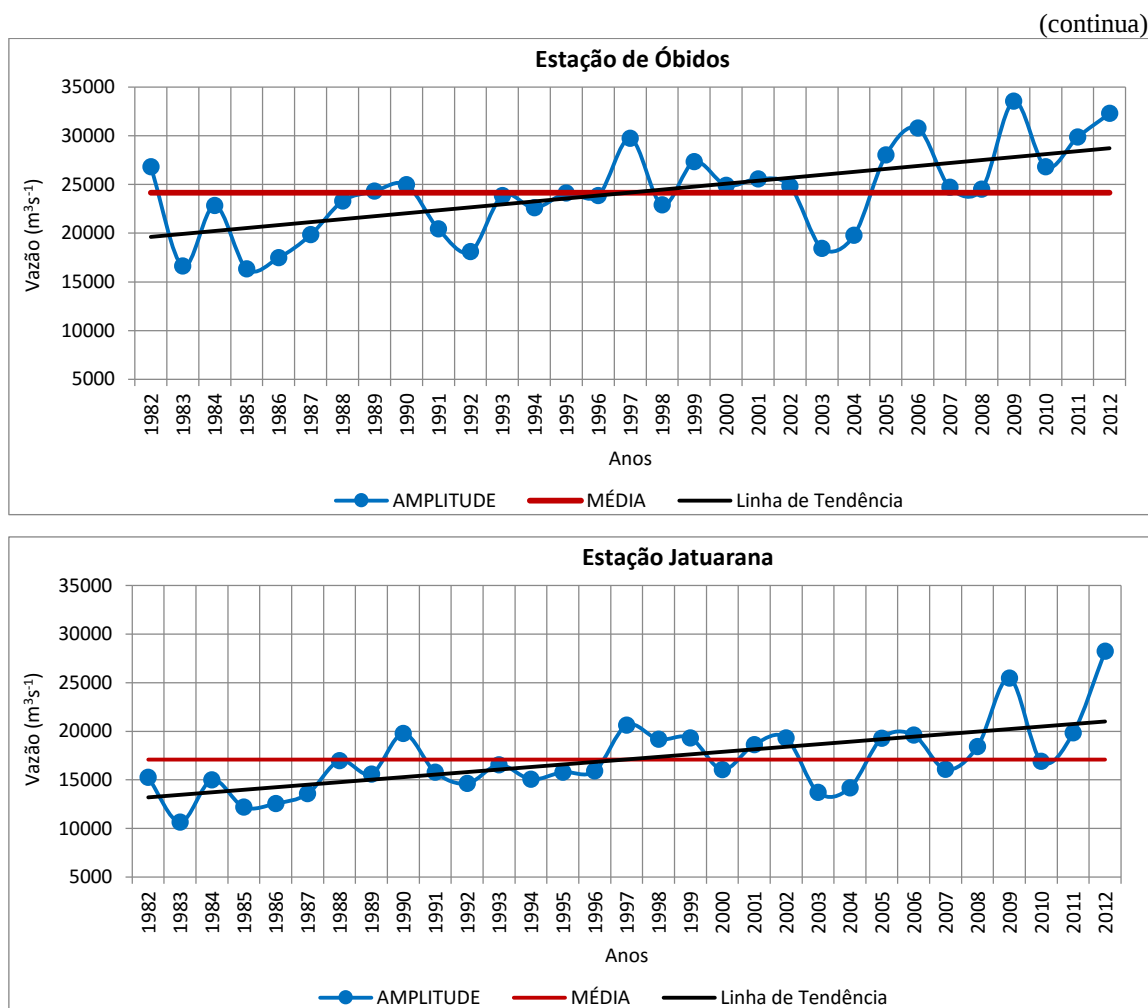
(conclusão)

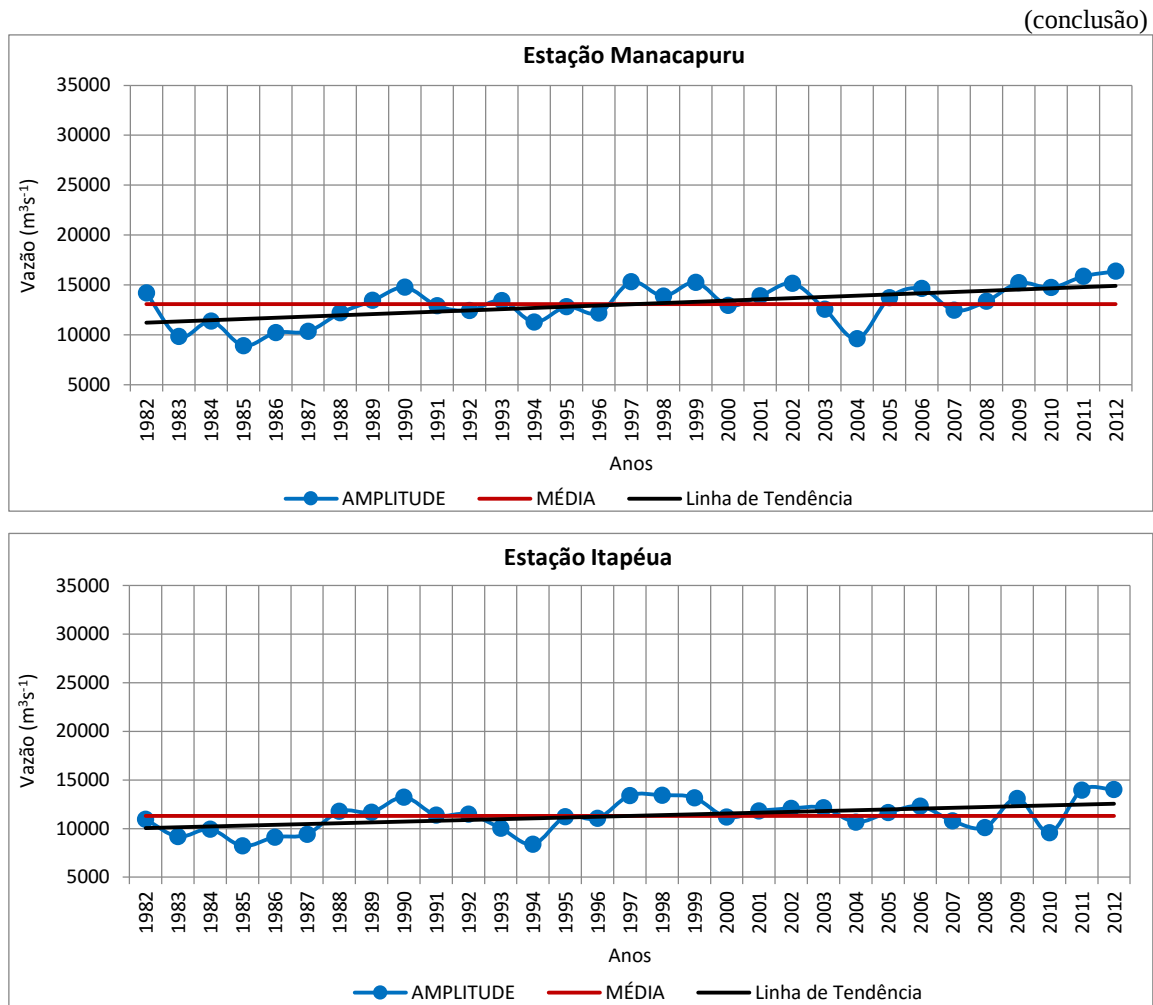


Fonte: Da autora

A Figura 38 apresenta as variações observadas entre os eventos extremos durante os 31 anos de dados estudados, onde as estações localizadas na calha do rio Amazonas demonstraram uma tendência de aumento da amplitude da vazão. Em Óbidos as maiores amplitudes acima da média ocorreram em 1982, 1997, 1999, 2005, 2006, 2009, 2011 e 2012, em Jatuarana os máximos valores ocorreram em 2010 e 2012, em Manacapuru os máximos ocorreram em 1982, 1990, 1997, 1999, 2002, 2009-2012 e em Itapéua os maiores valores ocorreram em 1990, 1997-1999, 2006, 2008, 2011 e 2012.

Figura 38- Amplitude das vazões das estações de controle no período de 1982-2012.





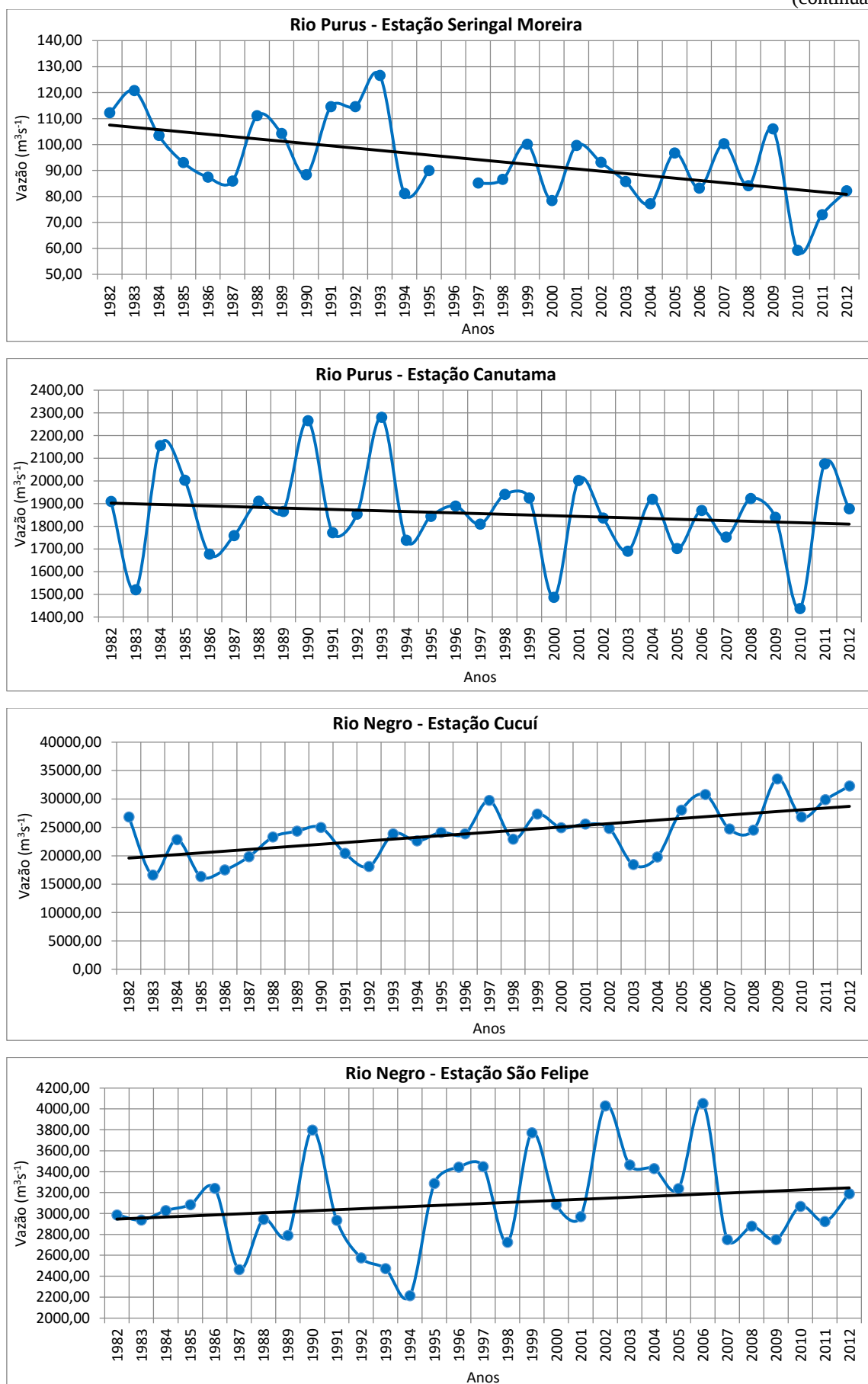
Fonte: Da autora

A Figura 39 mostra que as estações do rio Purus e a estação de Manicoré na bacia do rio Madeira, foram as únicas que apresentaram uma queda na amplitude da vazão entre eventos extremos de cheia e de seca ao longo do período estudado. Nas estações Uruaçu e Curicuari na sub-bacia do rio Negro, a estação Sucunduri na sub-bacia do rio Madeira e a de Altamira na sub-bacia do rio Xingu a amplitude entre períodos secos e chuvosos não variou no decorrer dos anos. Já as estações restantes apresentaram um aumento na amplitude.

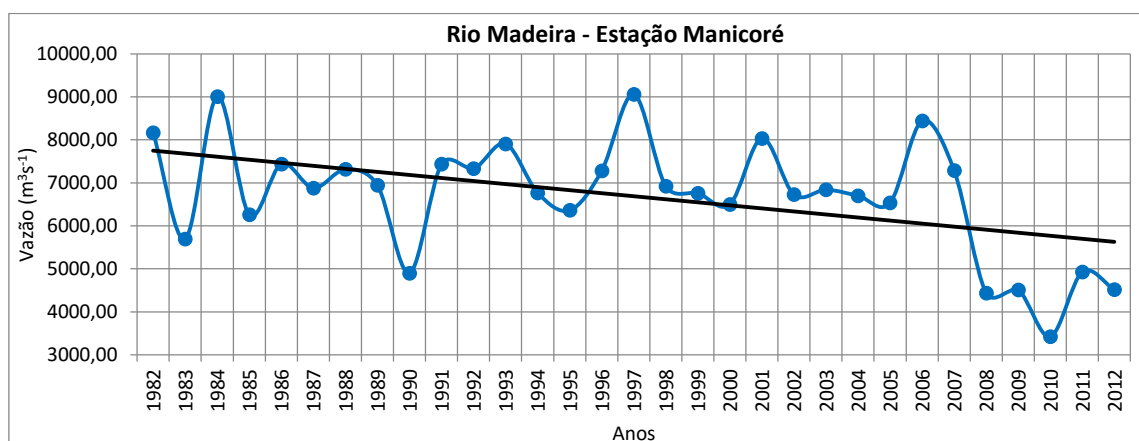
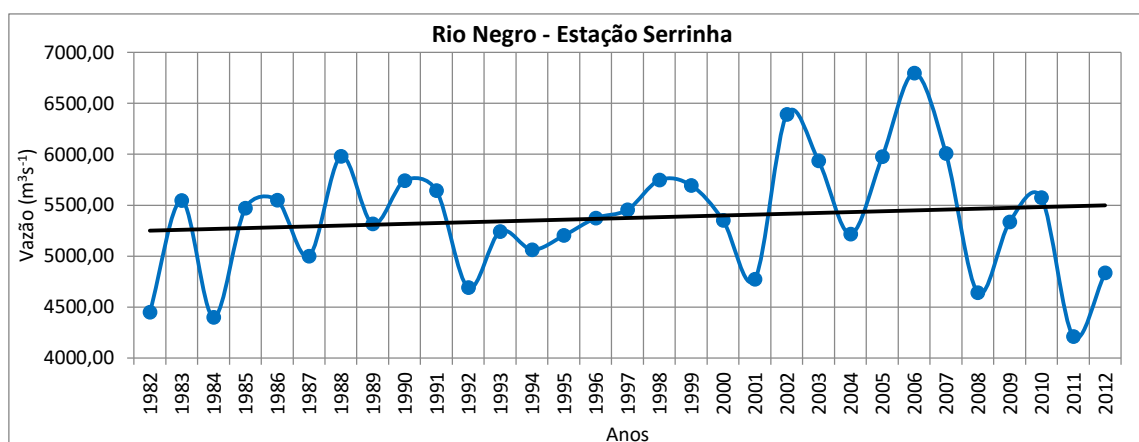
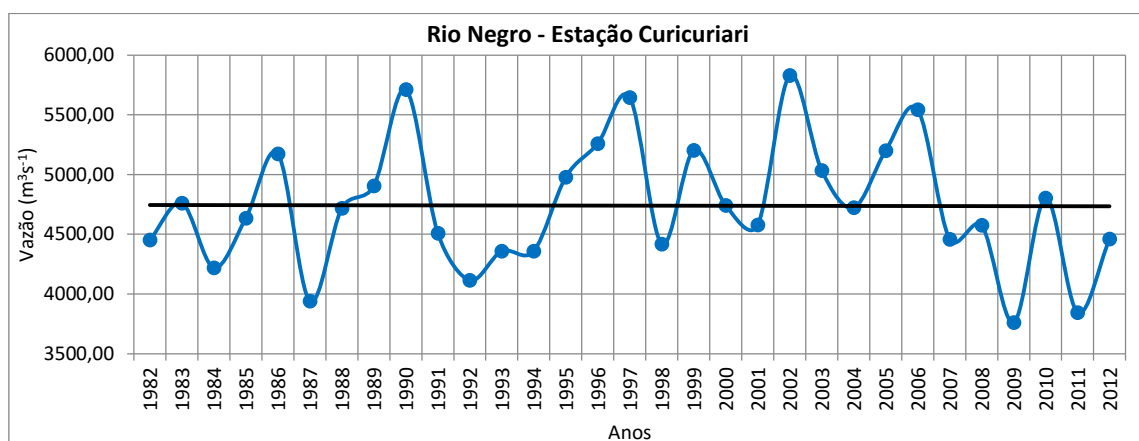
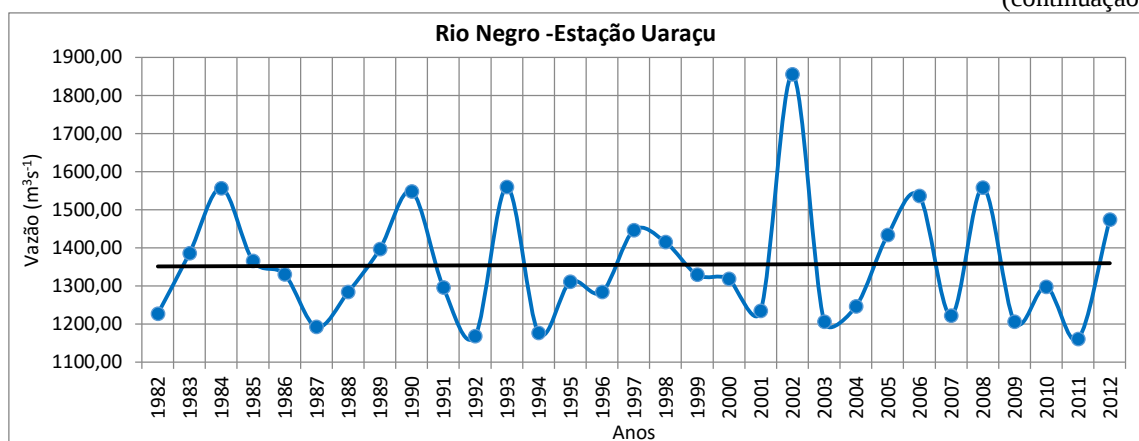
Foi detectado na Figura 39 aumentos na amplitude da vazão na bacia Amazônica nos últimos 30 anos, comprovando nos últimos 40 anos pelos estudos de Satyamurty, et al. (2013), Gloor et al. (2013) e Tomasella et al. (2011). Gloor, et al. (2013) ainda complementa que esse aumento na amplitude está deixando a bacia mais úmida, porém os afluentes da margem direita estão sofrendo com secas mais severas, que foi comprovado neste estudo, através da Figura 40, somente nas estações do rio Purus, nas estações do rio Madeira, na estação de Altamira do rio Xingu.

Figura 39- Amplitude das vazões das estações fluviométricas no período de 1982-2012.

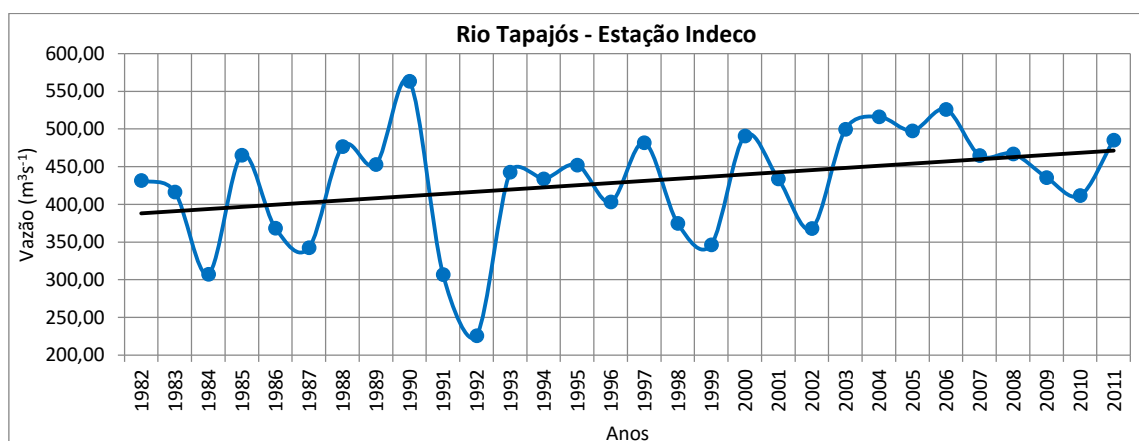
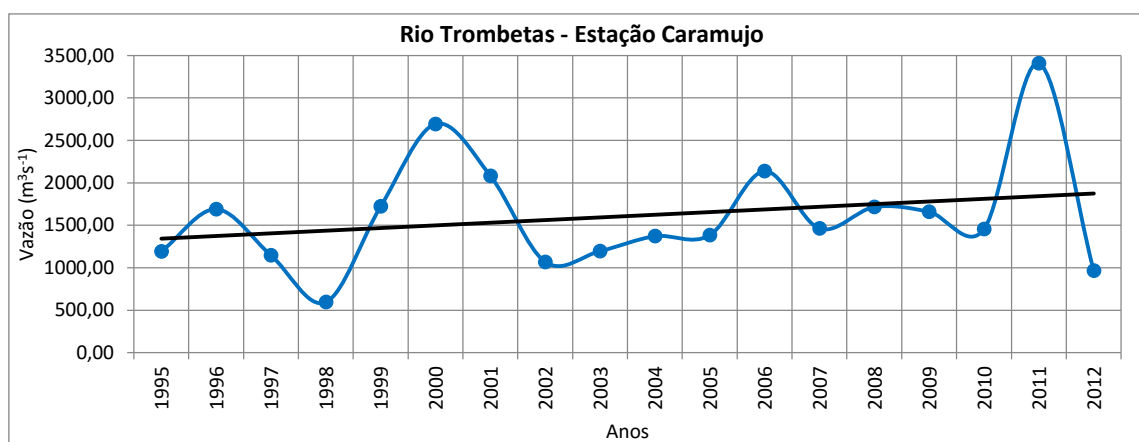
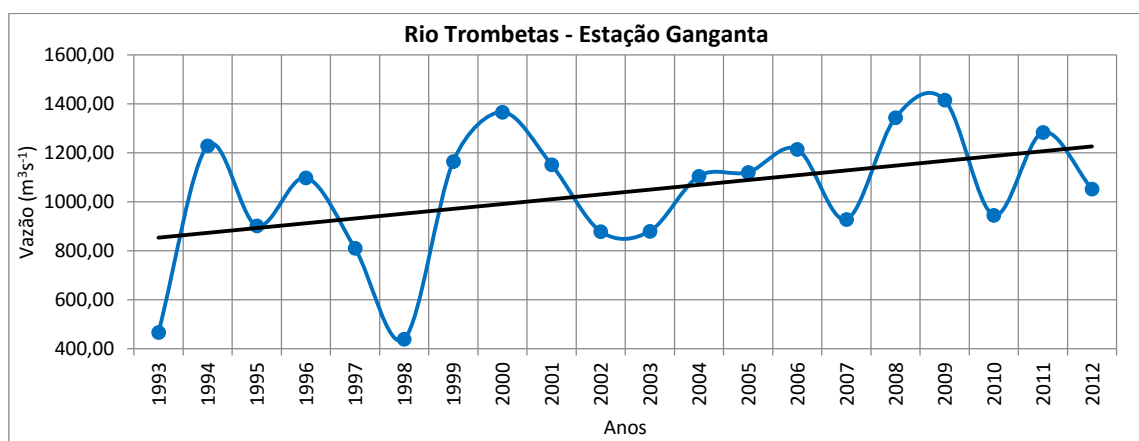
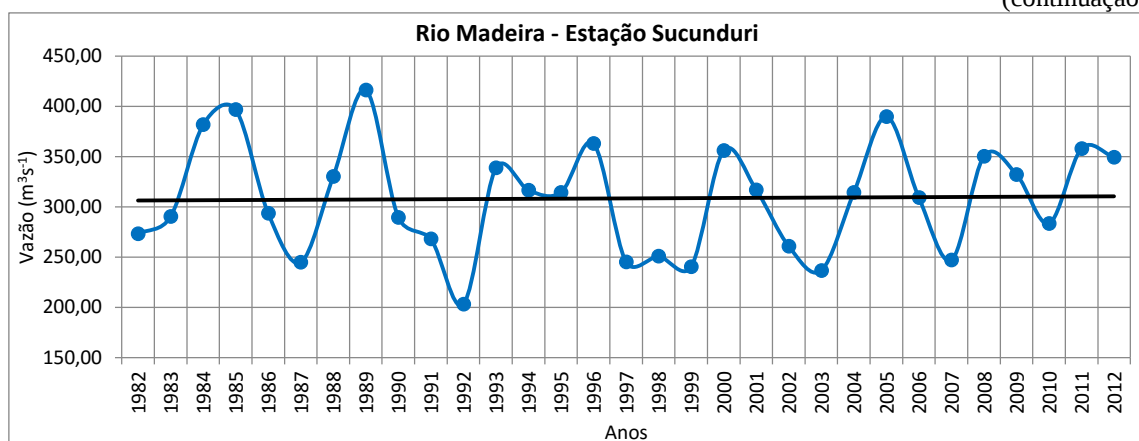
(continua)



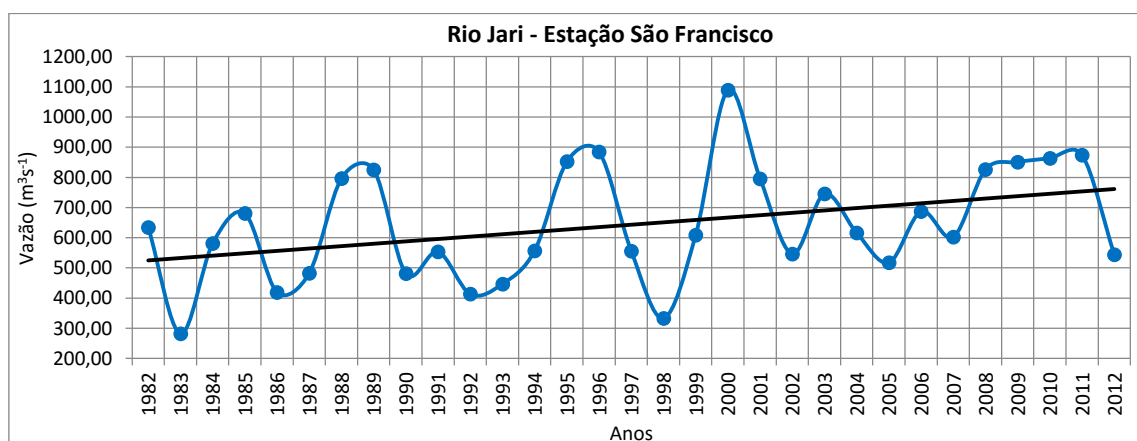
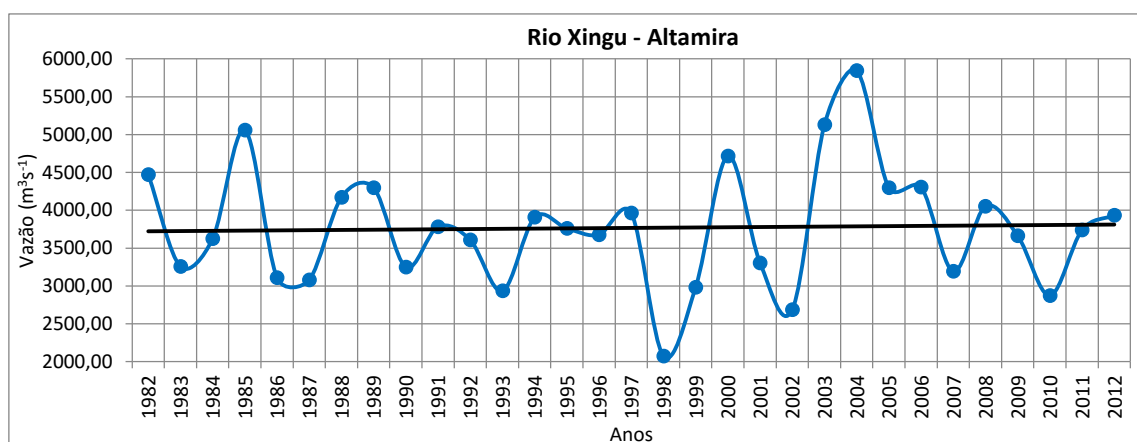
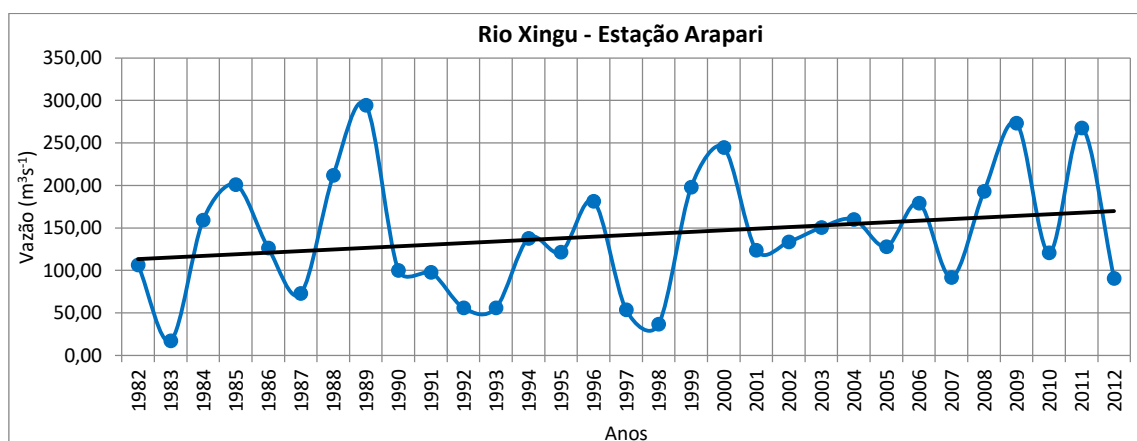
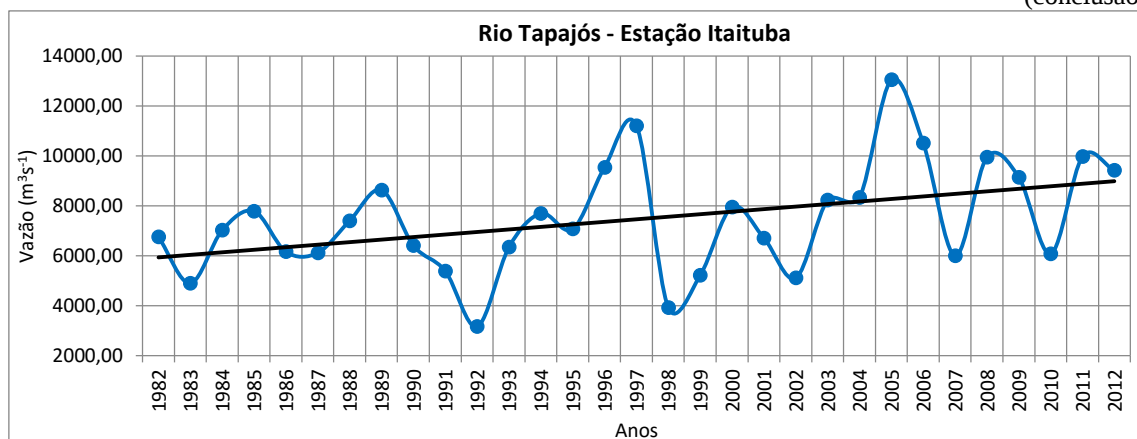
(continuação)



(continuação)



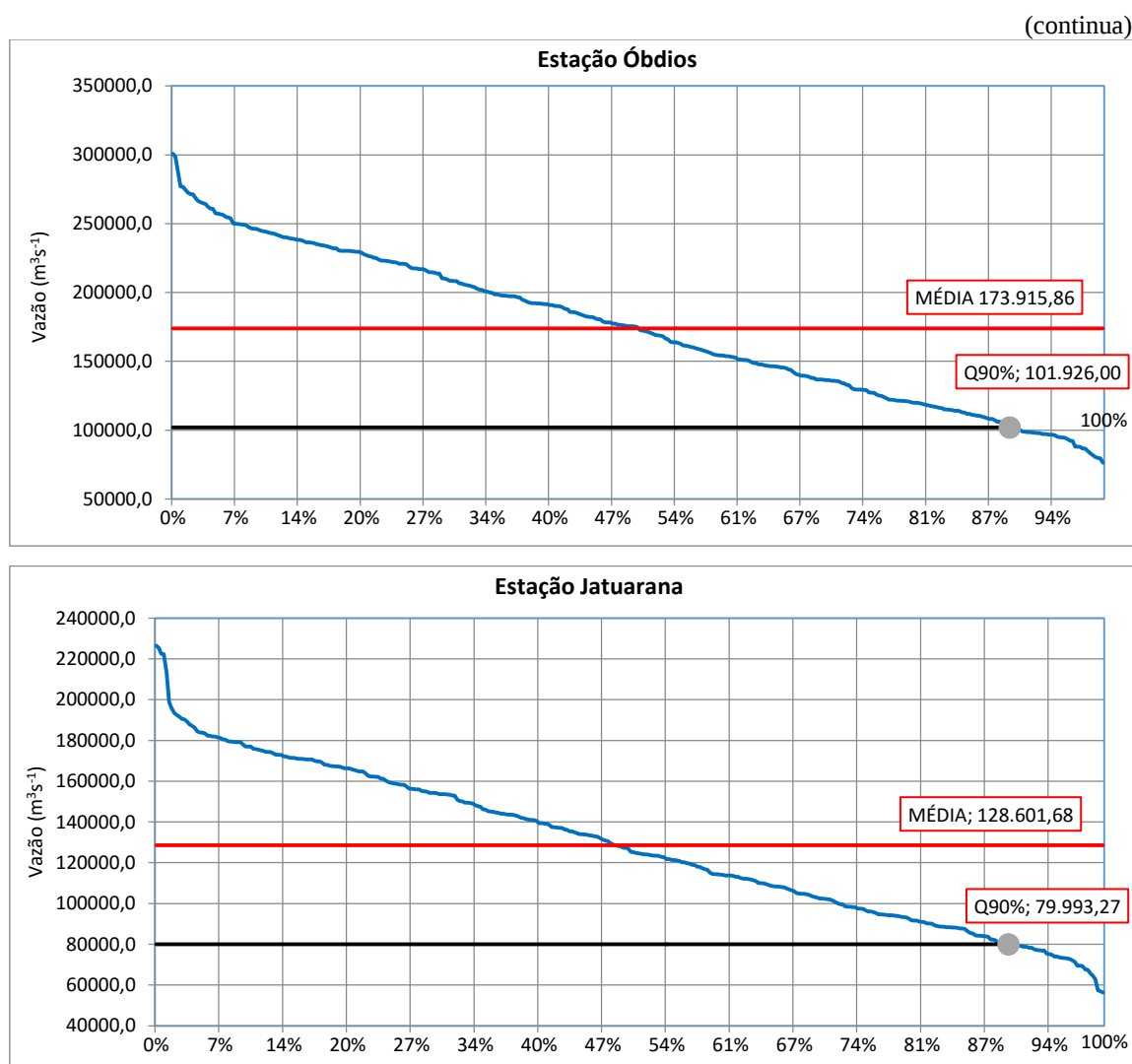
(conclusão)



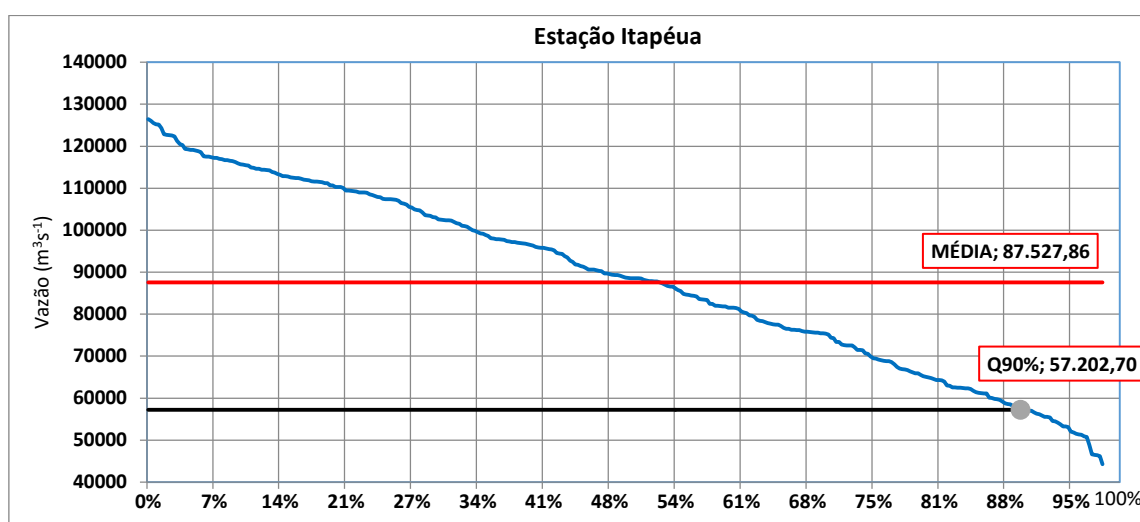
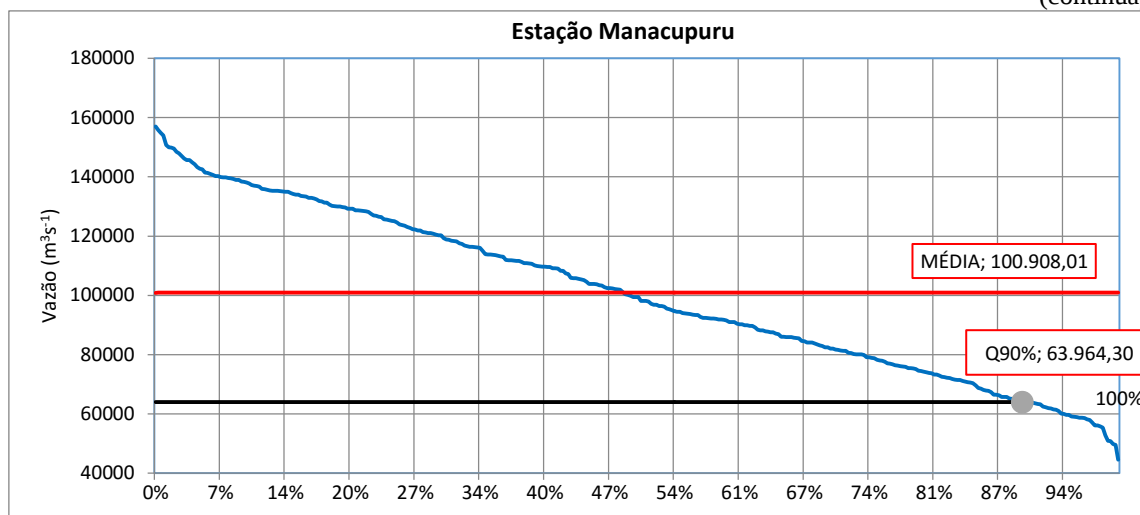
Fonte: Da autora

A Figura 40 mostra a curva de permanência das estações de Óbidos, Jatuarana, Manacapuru e Itapéua com a vazão $Q_{90\%}$ exigida como valor mínimo pelo plano nacional de recursos hídricos, que é respectivamente, $101.926,00 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $79.996,27 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $63.964,30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $57.202,70 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A Tabela 07 apresenta, em porcentagem, o quanto a vazão média anual, das 20 estações utilizadas nesse estudo, ultrapassou os pontos de cheia e seca, e qual a relação desses extremos com os fenômenos El Niño e La Niña. Contudo, pode-se notar que a influência desses dois fenômenos é bem diferente entre as sub-bacias da bacia Amazônica, tanto na frequência quanto na intensidade e no efeito, ou seja, o El Niño pode provocar tanto altas como baixas vazões, o mesmo acontece com o evento La Niña.

Figura 40- Curva de permanência das estações de Controle do Rio Amazonas no período de 1982-2012.



(continua)



Fonte: Da autora

5 CONTRIBUIÇÃO DAS SUB-BACIAS NA VAZÃO NO RIO AMAZONAS

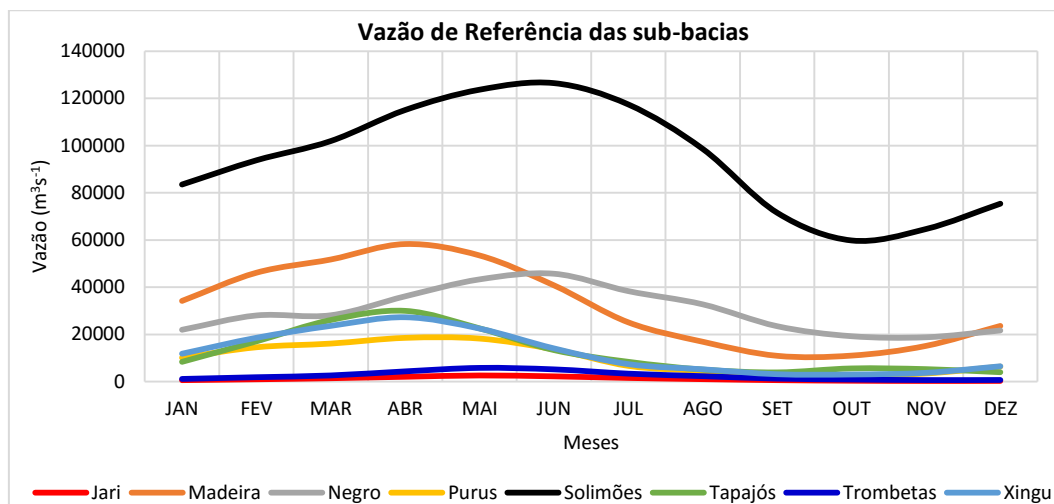
Para a contribuição de vazão, de cada sub-bacia, para o rio Amazonas, foram consideradas 8 sub-bacias, a do Negro, Trombetas, Jari, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu e também a do Solimões, entretanto o rio principal desta última, ou seja, o rio Solimões, é uma extensão que antecede o rio Amazonas, assim sendo a vazão da sub-bacia do Solimões também foi analisada como as outras sub-bacias, citadas acima.

Percebe-se na Figura 41 que os valores máximos e mínimos da vazão de referência são diferentes entre as sub-bacias, onde na bacia do rio Madeira, Purus, Tapajós e Xingu os máximos ocorrem no mês de abril e os mínimos nos meses de setembro, Madeira e Tapajós e em outubro, Purus e Xingu. Essa afirmação coincide com os valores observados nos postos fluviométricos, com dados observados, pois variam entre março e abril para valores máximos e de setembro a dezembro para os valores mínimos, conforme mostrado na Figura 31 e comprovado por Tomasella et al. (2013) que afirmam em seus estudos, para a precipitação, que os máximos de vazão na margem direita acontecem entre dois e três meses antes da vazão máxima na calha, ou seja, entre fevereiro e março, Entretanto, os valores mínimos não coincidiram, pois em Tomasella et al. (2013) as vazões mínimas na margem direita ocorrem nos meses entre junho e agosto.

As sub-bacias da margem esquerda, Jari, Negro e Trombetas, na Figura 41, possuem vazões máximas entre maio e junho, ou seja, Jari e Trombetas em maio, e a bacia do Negro em junho, coincidindo em média com vazões máximas observadas, pois variaram entre maio e julho. Já os mínimos foram todos em novembro, coincidindo com as vazões médias, observadas na Figura 31. Os valores de vazão das sub-bacias da margem esquerda comparados com resultados de Tomasella et al. (2013) coincidiram, pois, esses autores encontraram vazão máxima entre os meses de julho e agosto, já as vazões mínimas foram discordantes, pois ocorrem nos meses de janeiro a março e nesse estudo foram todos em novembro.

Ainda conforme mostrado na Figura 41 as sub-bacias da margem esquerda, ou seja, Jari e Trombetas obtiveram as menores variações interanuais, somente a bacia do Negro obteve uma variação maior, devido as vazões serem maiores, já as sub-bacias da margem direita, Madeira, Xingu e Tapajós, apresentaram as maiores variações, de 50.000, 25.000 e 30.000 m³s⁻¹, respectivamente, porém a bacia do rio Purus, obteve uma pequena variação isso pelo fato das vazões serem menores.

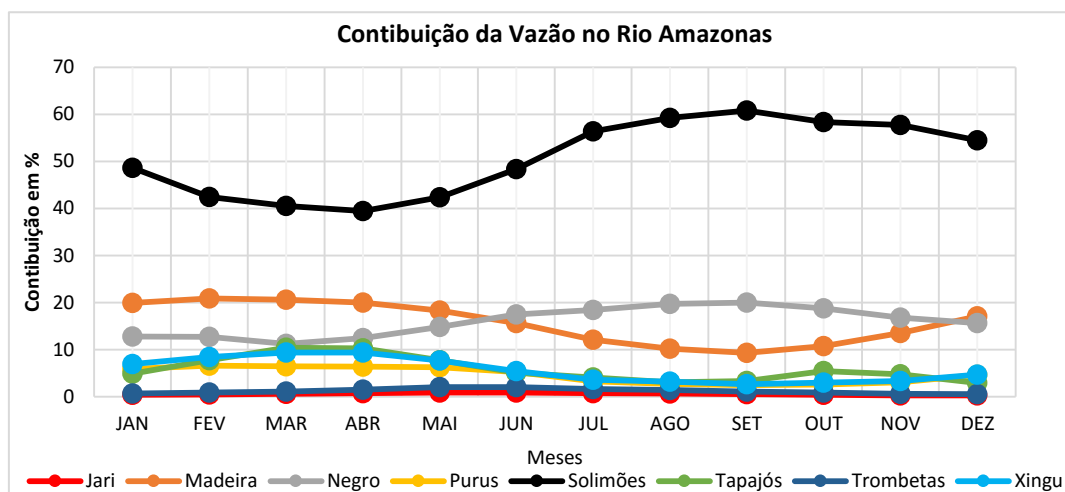
Figura 41- Média Climatológica da Vazão de referência nas sub-bacias da bacia amazônica, entre 1982-2012



Fonte: Da autora

A Figura 42 apresenta as contribuições de vazão de cada sub-bacia no rio Amazonas, utilizando a vazão de referência, com mesmo perfil das curvas de vazão observada na Figura 27, podemos, assim, considerar que as contribuições da vazão de referência são válidas. Como era esperado a bacia do rio Solimões é a que mais contribui com a vazão para o Rio Amazonas, porém a curva de contribuição foi contrária a curva de vazão de referência absoluta, apresentada na Figura 41, ou seja, as maiores contribuições da bacia do Solimões ocorrem na época de estiagem, entre julho e dezembro com 58% do total entre as sub-bacias, e na época de cheia contribuiu com 44%. A sub-bacia do Negro também obteve o mesmo comportamento, com maior contribuição em setembro, 19,95% e menor contribuição em março com 11,17%. A sub-bacia do Tapajós, mesmo estando na mesma margem do Negro, possui dois picos, março e abril, com 10,3% e mínimo em dezembro com 2,87%, porém a curva se comportou da mesma forma que as outras sub-bacias da margem direita, Madeira, Purus e Xingu. Na sub-bacia do Madeira a contribuição na época de cheia foi a maior, quando comparada com as outras sub-bacias, exceto a de Solimões, com aproximadamente 21% ficando acima da contribuição do Negro, 20%, e Tapajós, 10%. Entretanto, analisando a Figura 43, para total anual, a sub-bacia do Negro é a que mais contribui com o rio Amazonas com 15,9% e a segunda sub-bacia mais importante é o Madeira com 15,7%, nota-se que a diferença é muito pequena, aproximadamente 0,2%.

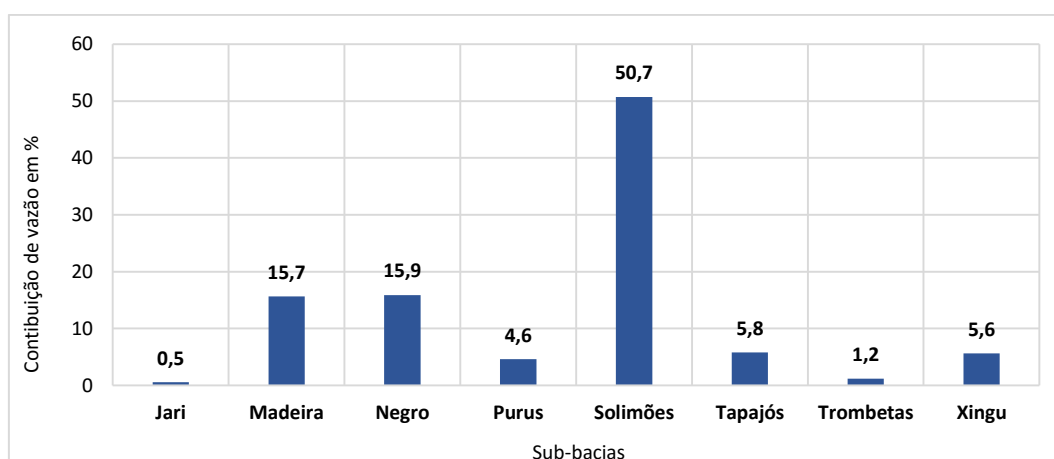
Figura 42- Porcentagem de contribuição da Vazão de Referência das sub-bacias da bacia amazônica



Fonte: Da autora

As sub-bacias da margem direita contribuem mais com a vazão do rio Amazonas do que as da margem esquerda, pois na margem direita a contribuição foi de 31,68% e na margem esquerda de 17,59%, e como esperado a bacia do rio Solimões contribuiu com a maior parte, ou seja, 50,73%. As duas sub-bacias, exceto a do Solimões, que mais contribuem com a vazão do Rio Amazonas é a do Madeira com 15,7% e a do Negro com 15,9%, e as que menos contribuem são a do Trombetas com 1,2% e a do Jari com 0,5%. Percebe-se, ainda, que as maiores contribuições vêm da parte ocidental da Bacia Amazônica e as menores na parte oriental. Concluindo que na época chuvosa a sub-bacia do Negro contribuiu mais com a vazão do Rio Amazonas e quando se trata da vazão total anual o maior contribuinte é a sub-bacia do Rio Madeira.

Figura 43- Contribuição total da vazão das sub-bacias no Rio Amazonas

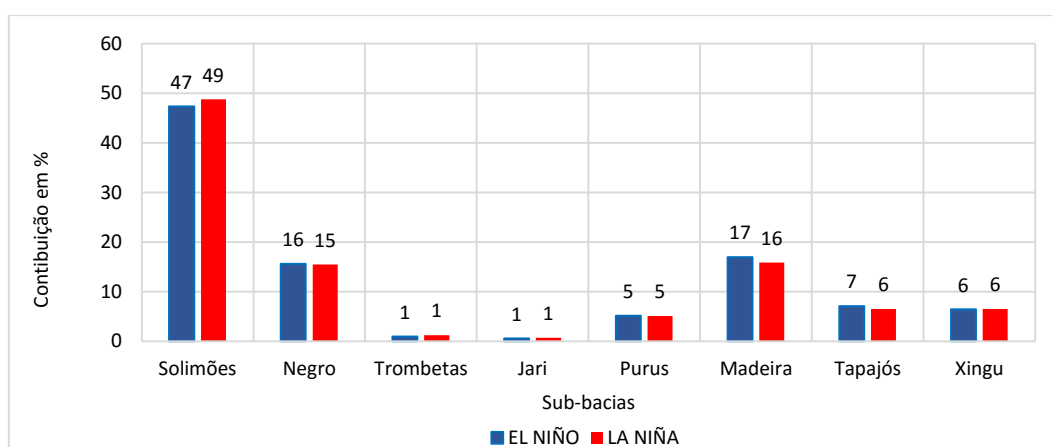


Fonte: Da autora

Através da Figura 44 pode-se notar que existem diferenças nas contribuições das vazões dos rios e bacias durante eventos extremos como El Niño e La Niña, porém com pouca

variação na média de todos os anos de ocorrência, essa afirmação é comprovado por Marengo et al. (2012), Yoon e Zeng (2010) e Zeng (2008), pois segundo esses autores as variabilidades hidrológicas na Amazônia não são devidas, somente aos fenômenos de El Niño ou La Niña, ou seja, elevados índices pluviométricos podem ou não serem afetados pela La Niña e baixos índices pelo El Niño. Na bacia do Solimões a contribuição foi maior durante eventos El Niño, com 49% em comparação aos 47% durante os eventos de La Niña, sendo semelhante à época de estiagem, com contribuição também maior no Solimões. Contudo, nas sub-bacias do Negro e Madeira a contribuição foi maior durante o evento de La Niña e nas outras sub-bacias a contribuição foi igual em ambos os eventos extremos.

Figura 44- Contribuição da vazão das sub-bacias no Rio Amazonas, durante anos de El Niño e La Niña

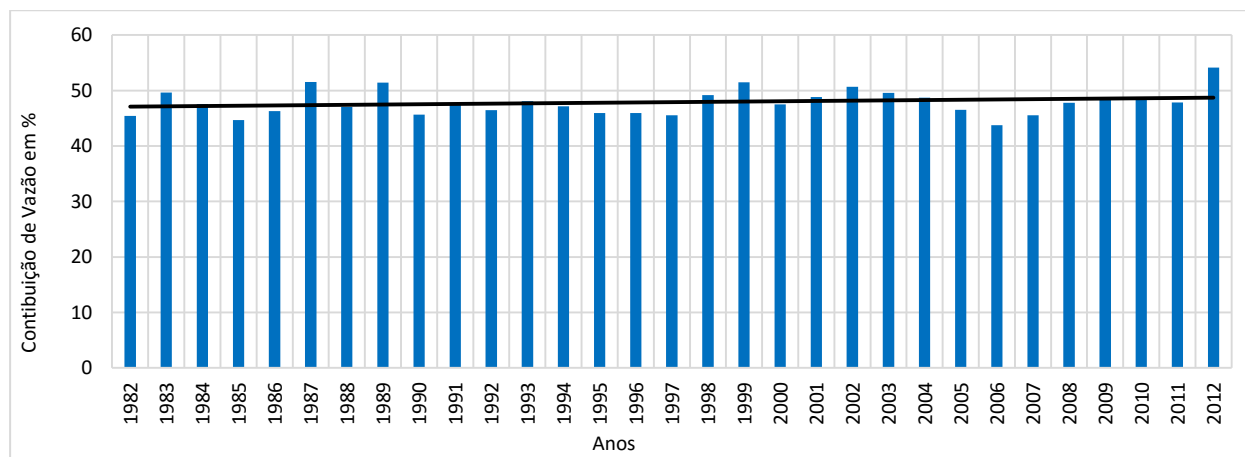


Fonte: Da autora

A Figura 45 apresenta as contribuições anuais de vazão de cada sub-bacia com suas respectivas linhas de tendência, e se notou que na bacia do Solimões a contribuição de vazão ao longo dos 31 anos de dados variou pouco, pois correu um aumento na tendência de somente 1%, isso significa que o quantitativo de contribuição, em porcentagem, da vazão não é influenciado significativamente, ao longo do período estudado.

O maior valor da contribuição da vazão foi de 49%, que ocorreu em 2012, o qual representa uma das maiores enchentes na Bacia Amazônica, e convergência de umidade acima da climatologia, conforme estudos de Satyamurty et al., 2013, além disso Marengo et al. (2013), comprovaram que com o transporte de umidade do Atlântico as chuvas foram intensificadas na parte ocidental da Amazônia, corroborando com os resultados de maior contribuição de vazão da bacia do Solimões ao Rio Amazonas. Os menores valores de contribuição de vazão foram, 43,8% em 2006, evento fraco de El Niño, conforme apresentado na Tabela 02, comprovando novamente as teorias de Zeng (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2012).

Figura 45- Contribuição da Vazão da sub-bacia do Rio Solimões na Bacia Amazônica



Fonte: Da autora

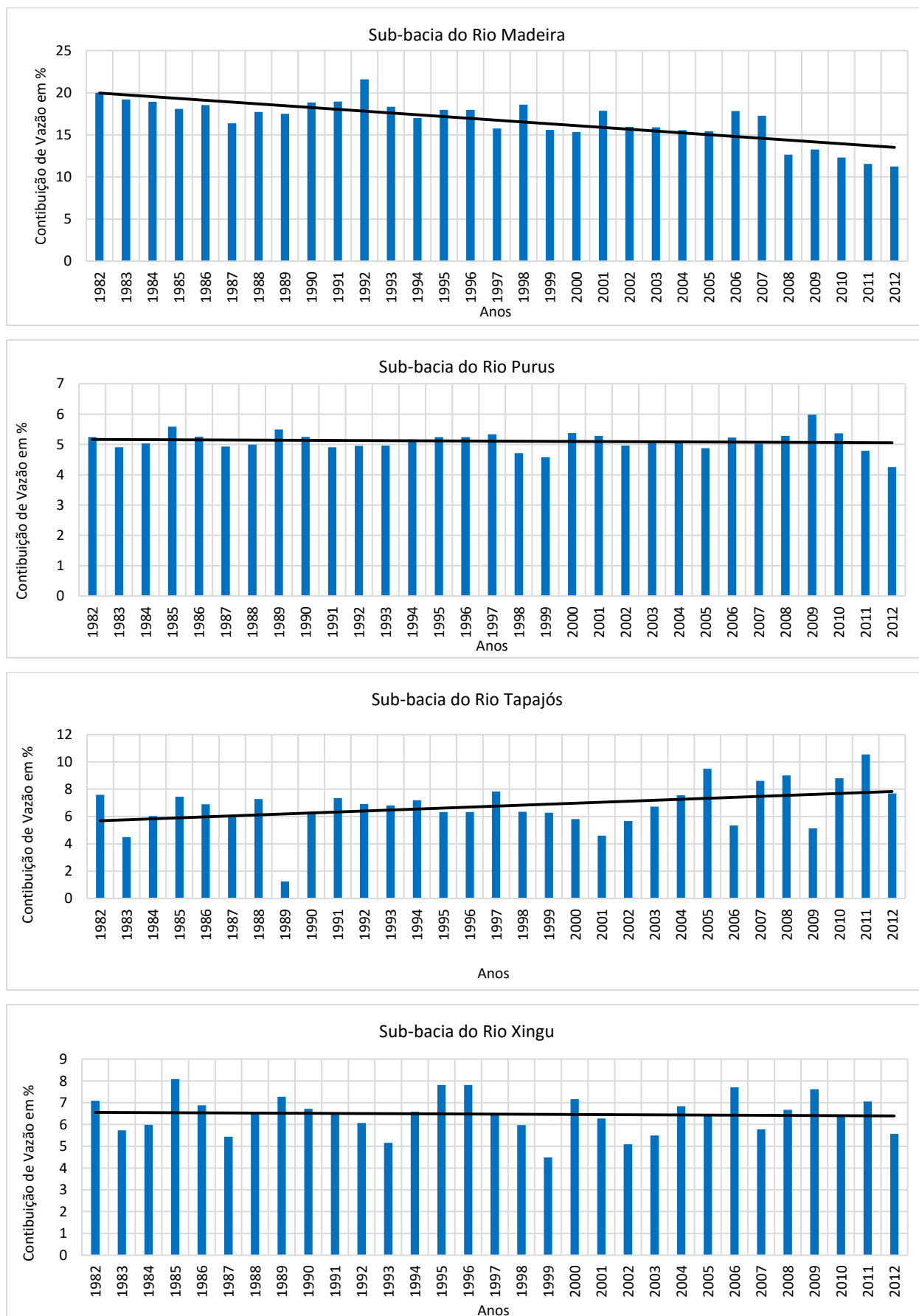
Percebe-se na Figura 46, que as contribuições de vazão das sub-bacias da margem direita, excetuando a do Tapajós, tiveram uma tendência negativa, pois diminuíram ao longo do período estudado. Na sub-bacia do Rio Madeira essa diminuição foi significativa, no valor de 6%, onde os menores valores foram entre os anos de 2008 e 2012, os quais englobam tanto eventos de El Niño (final de 2009-2010) como de La Niña (2008-início de 2009 e 2011-2012), como também anomalias negativas de TSM entre 2010-2011, ou seja, as contribuições anuais de vazão, devido aos eventos extremos, são indiferentes conforme o local da bacia amazônica analisada.

Entretanto, estudos como de Marengo, et al. (2008), afirmam que a vazão no rio Madeira, em 2010, ano de El Niño, foi pequena, corroborando os dados de 2010-2011 da Figura 46, pois foram encontrados os menores valores, com aproximadamente 10%, depois de 2012, que foi um pouco menor, 9%, entretanto, essa relação não ocorreu em outros anos de El Niño. Na sub-bacia do Purus, a tendência foi negativa, sendo menor do que na sub-bacia do Madeira, pois a contribuição de vazão diminuiu 0,7%, Entretanto, Espinoza, et al. (2011) afirmam que em 2005 e 2010 as vazões estiveram abaixo da média, concordando com os dados da Figura 46. Já na sub-bacia do Tapajós, que se localiza na parte leste da Bacia, as contribuições foram de aproximadamente 9 e 11%, em 2005 e 2010 respectivamente.

Ainda analisando a Figura 46, a sub-bacia do rio Xingu apresentou maior contribuição no ano de La Niña de 2009, igual aos estudos de Marengo et al. (2012). Já o evento de El Niño em 2005 e 2010 não afetaram os postos desta estação, concordando com os estudos Espinoza, et al. (2011).

Contudo, percebe-se que os eventos extremos de La Niña e El Niño influenciam de maneira diferente cada sub-bacia, mesmo elas estando na mesma margem, concordando com os estudos de Zeng (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2012).

Figura 46- Contribuição da Vazão das sub-bacias da margem direita na Bacia Amazônica



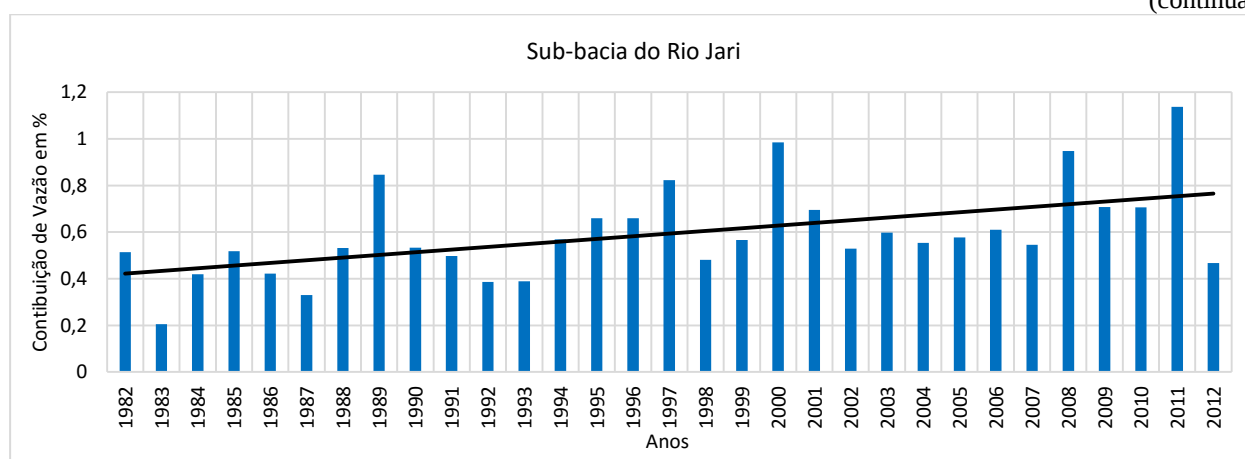
Fonte: Da autora

As contribuições de vazão das sub-bacias da margem esquerda, tiveram uma tendência positiva, pois aumentaram ao longo do período. Na sub-bacia do rio Jari, a tendência positiva foi quase imperceptível, com menos de 1% de variação. Na década de 80, o maior valor de contribuição de vazão ocorreu durante o evento La Niña de 1988-1989, já na década de 90 os maiores valores ocorreram tanto durante o El Niño de 1995-1996 como durante a La Niña de 1997-1998 e na década de 2000 as maiores contribuições ocorreram durante os eventos de La Niña de 2000-2001, 2008-2009 e 2010-2011. Contudo, pode-se comprovar que na sub-bacia do rio Jari, com o passar dos anos, de 1982 a 2012 a influência dos eventos El Niño e La Niña foram modificados, pois da década de 80 até o início da década de 90, o evento El Niño foi o que influenciou a contribuição de vazão, e a partir do final da década de 90 até o fim da década de 20 a influência foi do evento La Niña, concordando com o que foi demonstrado por Marengo et al. (2012). Já na sub-bacia do rio Trombetas, a tendência de contribuição de vazão para o Rio Amazonas, aumentou desde 1993 até 2012, com maior valor, 6%, em 2009, ano de maior enchente comprovada por Marengo et al. (2012).

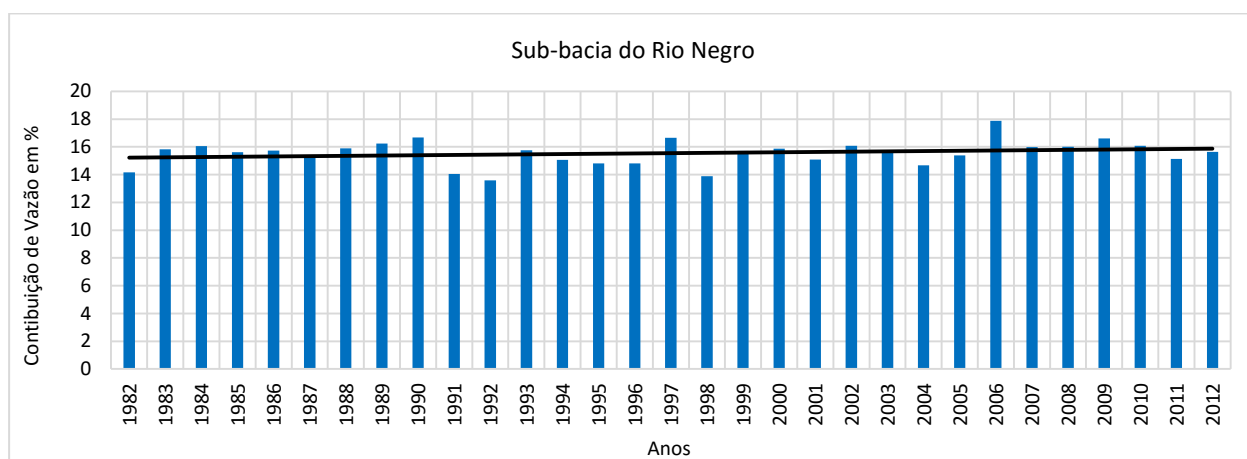
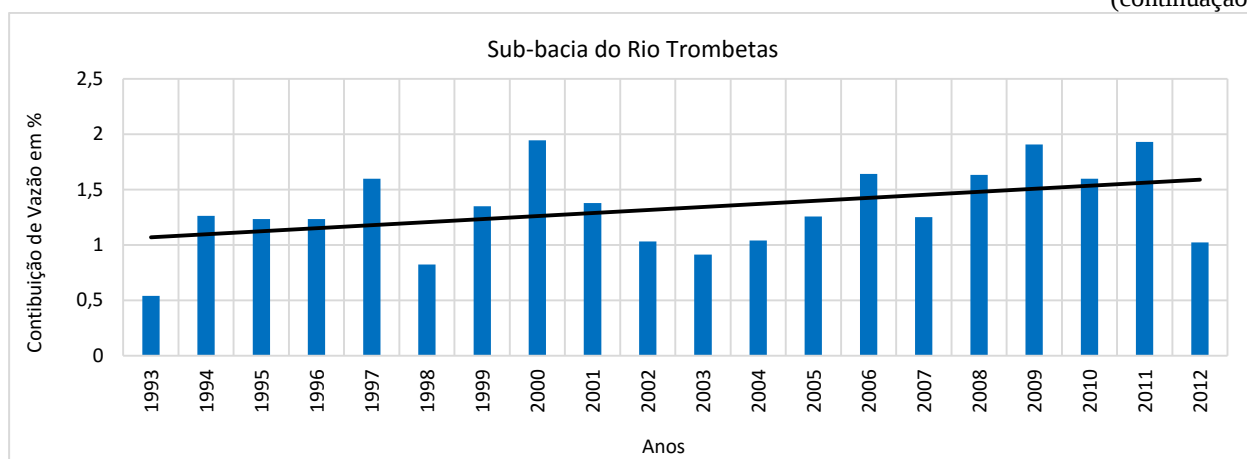
A tendência de contribuição de vazão da sub-bacia do rio Negro, conforme a Figura 47, foi a que menos variou dentre todos os postos fluviométricos, tanto da margem esquerda, como da direita, apresentando também poucas variações na amplitude entre os mínimos e os máximos. Os maiores valores de contribuição ocorreram em anos de La Niña 1988-1989 e anomalias negativas de TSM, com aproximadamente 17%. Já os menores valores ocorreram nos anos de El Niño de 1982-1983 e 1991-1992, com aproximadamente 14%.

Figura 47- Contribuição da Vazão das sub-bacias da margem esquerda na Bacia Amazônica

(continua)



(continuação)



Fonte: Da autora

6 BALANÇO HÍDRICO

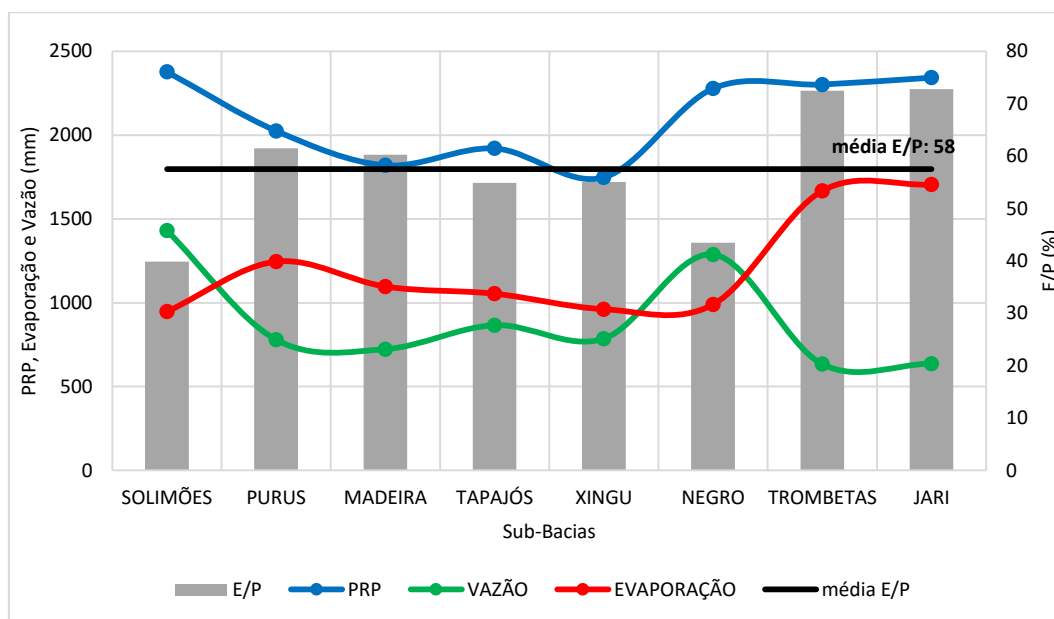
A Figura 48 apresenta o balanço hídrico na bacia do rio Amazonas, considerando as 8 sub-bacias, Solimões, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu, Negro, Trombetas e Jari, e foi verificado que na bacia do Solimões a precipitação e a vazão são as mais elevadas, com média climatológica, entre 1982 e 2012, de aproximadamente 2400 mm e 1400 mm, respectivamente.

Quando se trata das sub-bacias da margem direita, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu, percebe-se a mesma relação entre a precipitação e a vazão, porém em todas elas a evaporação foi mais elevada do que a vazão, variando de 960 a 1250 mm de evaporação e 720 a 870 mm de vazão. Já nas sub-bacias da margem esquerda, somente a sub-bacia do Negro apresentou vazão mais elevada, concordando com os estudos de Garcia e Mechoso (2005) e Satyamurty et al. (2013), que afirmaram um aumento de vazão ao longo dos anos.

A Figura 48 ainda mostra que a precipitação, na bacia do Rio Amazonas, excede a evaporação em torno de 42%, ou seja, 58% da precipitação volta para a atmosfera em forma de evaporação, concordando com vários estudos, como de Rebouças e Braga (2002) e Marengo, et al. (2001), onde afirmaram que 56% da água da chuva volta à atmosfera, de Rocha (2004), Ferreira (1987), Salati et al. (1979), Marques (1978) e Molion (1975), que 50% da precipitação se transforma em evaporação e de Nizhizawa e Loike (1992), afirmando que 53% da chuva retorna como evaporação para a atmosfera. Já Eltahir e Bras (1994) e Costa e Foley (1999) utilizando dados das reanálises do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), apresentaram valores um pouco mais elevados, em torno de 65%, porém dentro da margem de erro que é de 10 a 25%, pois segundo Rocha (2004) ainda se encontram dificuldades de se fechar o balanço hídrico na Amazônia, com os erros nesta ordem.

Analisando separadamente a porcentagem de evaporação em cada sub-bacia, na Figura 48, pode-se verificar que na bacia do Solimões a precipitação excede a evaporação em torno de 60%, menor de todas as outras sub-bacias. Os maiores valores foram encontrados nas sub-bacias do Trombetas e Jari, com 72 e 73%, respectivamente. Contudo, havendo concordância com vários estudos anteriores, como já citado. A bacia do Solimões e as sub-bacias do Tapajós, Xingu e Negro apresentaram (E/p) acima da média de 58% e o restante abaixo, mostrando que existe um equilíbrio entre elas, como mencionado por Callède et al. (2002) e Satyamurty et al. (2013), que afirmam que o rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime hidrológico anual, onde as sub-bacias na estiagem são compensadas pelas outras sub-bacias que estão na época de cheia.

Figura 48- Balanço Hídrico nas sub-bacia da Bacia Amazônica.

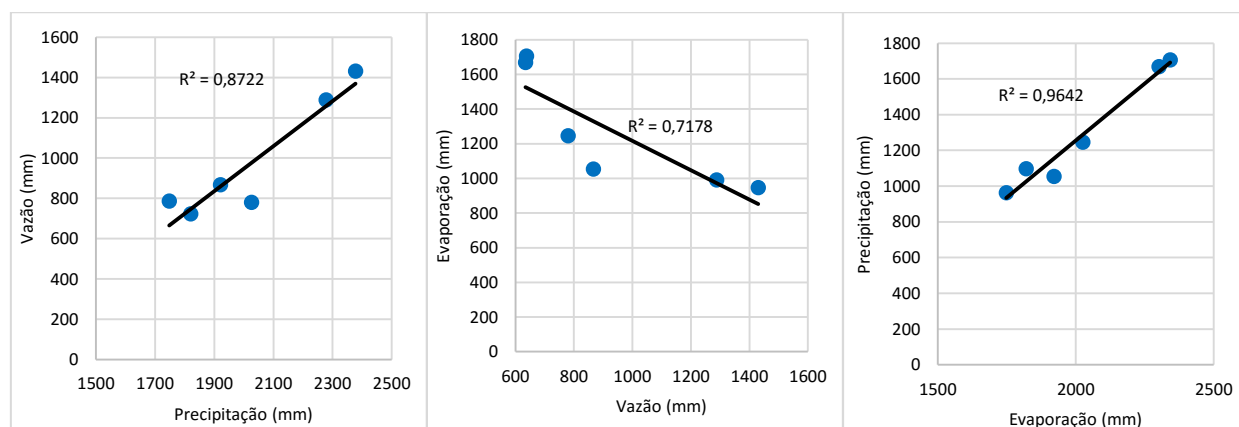


Fonte: Da autora

A evaporação é menor que a vazão e a precipitação, com 950 mm. Na área de ocorrência da precipitação, observa-se maior nebulosidade e, portanto, menos radiação direta necessária para a evaporação. Entretanto, a maior parte da precipitação na bacia do rio Amazonas são oriundas pelos sistemas meteorológicos de grande escala, e assim sendo, a umidade necessária para a formação da nuvem nestes sistemas meteorológicos é principalmente devida a convergência oceânica de umidade (Figura 49).

Apesar de haver diferenças entre as curvas de precipitação, vazão e evaporação da Figura 48, foi feita uma análise para identificar qual a relação entre essas variáveis. Contudo, a Figura 49 comprova a veracidade dos dados de precipitação, vazão e evaporação e também da relação entre eles, pois através das determinações das relações entre os três conjuntos de dados, os resultados mostram coeficientes de correlação (R^2) altos: (a) entre Precipitação e Vazão o R^2 foi de 0,8722 e (b) entre Evaporação e Vazão o R^2 foi de 0,7178 e (c) entre Precipitação e evaporação o R^2 , foi na ordem de 0,9642, indicando, como se esperava, que estas variáveis estão muito bem ajustadas entre si, o que comprova a dependência linear entre elas e a consistência da equação do balanço de água para esta discussão científica.

Figura 49- Correlação Linear entre: (a) Vazão e Precipitação; (b) Evaporação e Vazão e (c) Evaporação e Precipitação.

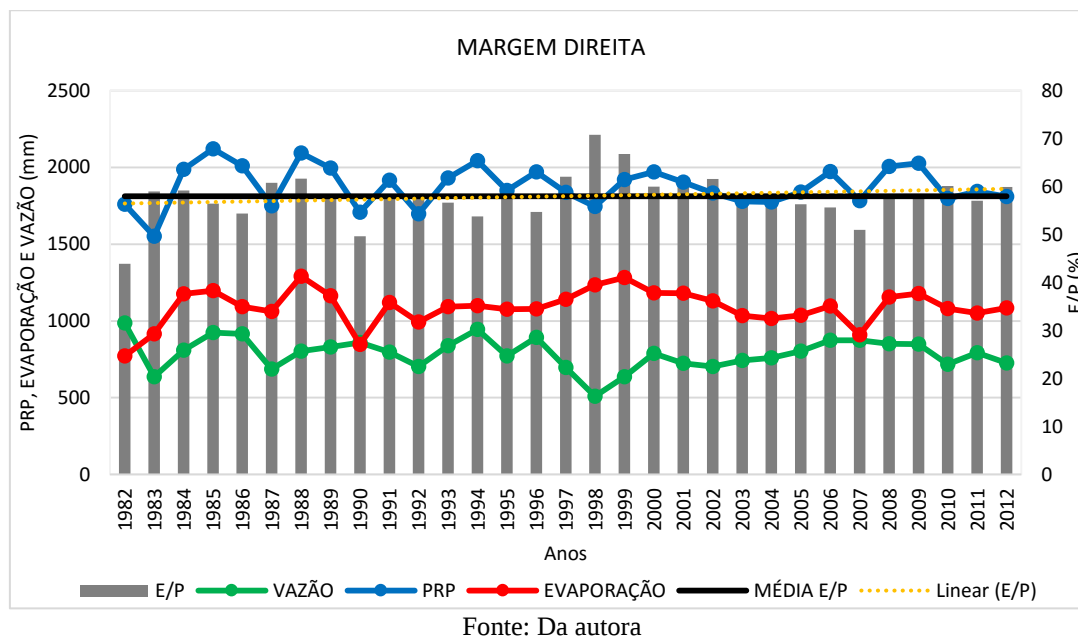


Fonte: Da autora

A Figura 50 apresenta o Balanço Hídrico anual nas sub-bacias da margem direita, as curvas de precipitação e vazão comportaram-se da mesma maneira, pois nos meses de maior precipitação também foi o mês de maior vazão e menor evaporação, pois quando ocorrem os picos de precipitação o índice (E/p) é menor, como nos anos de 1983, 1987, 1998, que foram anos de El Niño. Em todos os anos de El Niño os índices pluviométricos foram abaixo da média, onde a precipitação é inibida pelo aquecimento das águas do Pacífico, já durante os eventos de La Niña nos anos de 2010 à 2012 não apresentaram índices pluviométricos acima da média, como ocorreu nos outros eventos. Verificou-se ainda que a tendência linear teve um pequeno aumento, ou seja, a porcentagem de evaporação que ocorre a partir da precipitação teve um pequeno aumento ao longo dos 31 anos, concordando com os estudos de Case (2006), pois com o aumento de temperatura, confirmada pelos estudos de Marengo (2010), uma maior evaporação ocorrerá, levando a uma aceleração do ciclo hidrológico (Case, 2006).

Ainda analisando a Figura 50 em todos os anos com forte El Niño (forte La Niña) a evaporação, a partir da precipitação, foi aumentada (diminuída) principalmente na fase final desses eventos. Entretanto, durante outros eventos de ENs de 2006-2007 a evaporação diminuiu, e nas LNs de 2005-2006 e 2007-2008, a evaporação aumentou, isso pode ser explicado devido ao surgimento de eventos diferentes nos mesmos anos, interferindo no total anual de precipitação e consequentemente no balanço hídrico. O valor médio de (E/p) chegou a 58%, valor igual ao total da bacia, concordando com outros estudos, como Rebouças e Braga (2002) e Marengo, et al. (2001), Rocha (2004), Molion (1975), Marques (1978) e Ferreira (1987), Nizhizawa e Loike (1992) e Ethair (1994).

Figura 50- Balanço Hídrico anual na margem direita da bacia Amazônica.

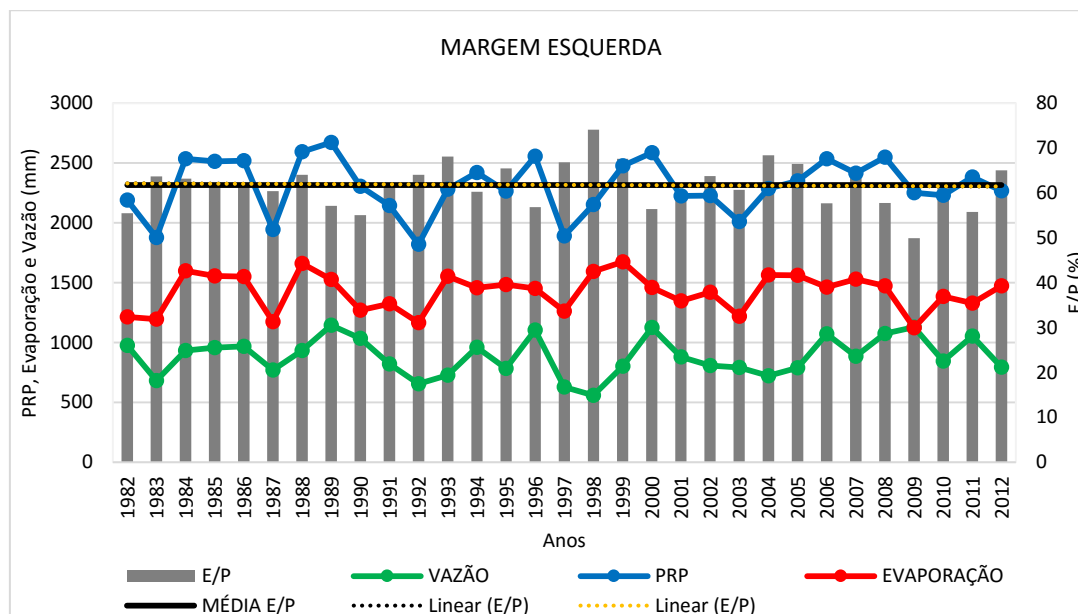


Fonte: Da autora

Na Figura 51 as curvas de precipitação e vazão comportaram-se da mesma maneira que na margem direita, pois nos meses de maior precipitação também foi o mês de maior vazão. A evaporação também é relacionada com a precipitação, ou seja, quando da ocorrência dos menores índices de precipitação o (E/p) foi maior, como comprovado nos anos de 1983, 1992, 1997 e 2012, que foram anos de El Niño. Em todos os anos em que ocorreram forte El Niño (La Niña) os índices pluviométricos ficaram abaixo (acima) da média. Entretanto, em ENs com menor intensidade, como os anos de, 1986, 1994, 2004-2005 e 2006-2007, os índices pluviométricos ficaram acima da média, isso devido às anomalias da TSM do Pacífico, modificando o total anual, da mesma forma que ocorreu na margem direita. Contudo, nos eventos de La Niña todos os índices pluviométricos foram acima da média.

O índice (E/p) na margem esquerda, conforme mostrado na Figura 51, foi de 62%, 04% acima do índice (E/p) na margem direita, e quando relacionado com os eventos extremos de precipitação detectou-se que em todos os anos com forte El Niño (forte La Niña) a evaporação, a partir da precipitação, aumentou (diminuiu) para a atmosfera.

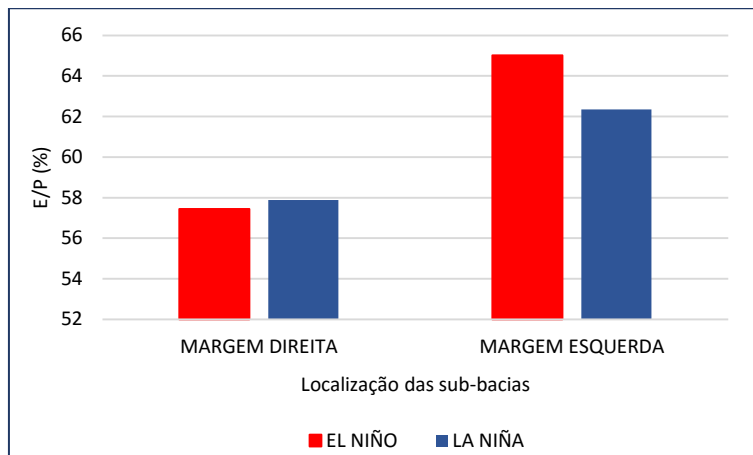
Figura 51- Balanço Hídrico anual na margem esquerda da bacia Amazônica.



Fonte: Da autora

A Figura 52 apresenta o (E/p) médio entre os eventos de El Niño e La Niña na margem esquerda e margem direita, e percebeu-se que o comportamento da taxa de evaporação a partir da água precipitável possui uma pequena diferença durante os eventos, pois na margem direita o (E/p) essa diferença é de somente 1%, pois é maior durante o evento La Niña, com 58%, e menor durante o evento El Niño, com 57%. Quando se avalia a margem esquerda percebe-se que o (E/p) age de forma inversa, ou seja, durante o evento El Niño, é maior com 65% e menor durante o evento La Niña, com 62%, gerando uma diferença também pequena, de somente 3%, concordando com os estudos de Callède et al. (2002) que afirmam que o rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime hidrológico anual, ou seja, as sub-bacias que se encontram no regime de estiagem são compensadas por sub-bacias que se encontram na época de cheia. Além disso, os eventos El Niño e La Niña afetam a Amazônia diferentemente, como afirmado por Zeng (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2012), Aragão et al. (2007).

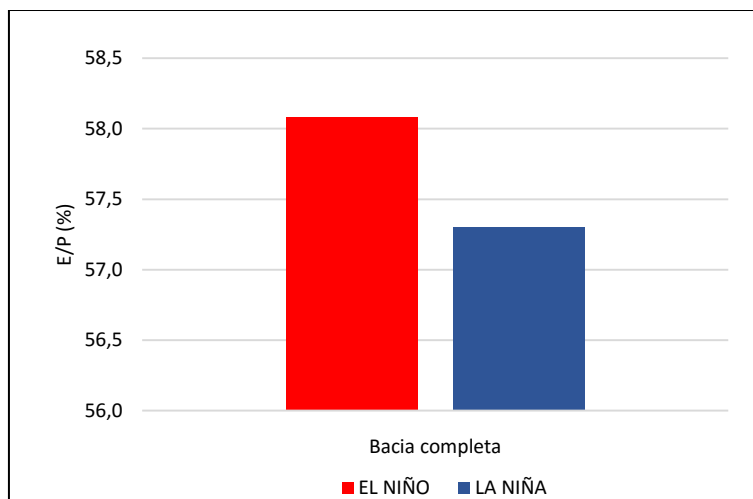
Figura 52- Taxa de Evaporação em anos de El Niño e La Niña nas calhas norte e sul da Bacia Amazônica.



Fonte: Da autora

Quando se analisa a Bacia Amazônica, visto na Figura 53, o (E/p) é maior durante os eventos El Niño, com uma taxa em torno de 58%, porém com pequena diferença em relação aos eventos La Niña, que é de 57%. Essa taxa maior durante os eventos El Niño, faz com que a umidade da região seja inibida, devido ao aquecimento das águas do pacífico, o que está de acordo com o esperado que durante anos de El Niño.

Figura 53- Taxa de Evaporação em anos de El Niño e La Niña na Bacia Amazônica.



Fonte: Da autora

7 EXTREMOS HIDROMETEOROLÓGICOS E RISCO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

A vulnerabilidade socioeconômica é um problema constante das áreas urbanizadas e vários indicadores, como a população urbana (PU), população feminina (PF), população de crianças (PC), população de idosos (PI), a população pobre (PR) e a população com ensino fundamental incompleto (PE) contribuem para o aumento dos problemas socioeconômicos nas cidades.

Na Figura 54 os indicadores que compõe o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) tiveram comportamento diferenciado nos estados, pois o diagnóstico foi semelhante somente nos estados do Amazonas e Pará, que são os mais densamente povoados, com índice moderado (0,5) somente no indicador PI. Nos estados com menor densidade demográfica, Roraima, Acre e parte do Mato Grosso o IVS também foi alto (1). Entretanto, alguns indicadores apresentaram índices entre baixo e moderado. O estado de Rondônia foi analisado somente através da estação pluviométrica localizada em Porto Velho, e o IVS apresentado foi moderado (0,5).

Nos 6 gráficos da Figura 54, o indicador escolaridade (PE), conforme a Tabela 04, apresentou classificação de vulnerabilidade entre 0 (baixo), nos estados de Rondônia e Roraima, e 0,5 (moderado), para os estados de Mato Grosso e Acre. Tal indicador é importante para diminuição da vulnerabilidade dos municípios, caminho ainda a ser alcançado pela maioria dos municípios da Amazônia. Entretanto, nas capitais a escolaridade não é o ponto mais crítico, como, essa necessidade da melhoria do indicador escolaridade é decisivo, comprovado também nos estudos de Sena et al. (2012), afirmando que a falta de escolaridade é um indicador de alta vulnerabilidade.

Com o planejamento territorial nas políticas públicas, somente alguns dos indicadores de vulnerabilidade podem ser modificados, como o de educação, já citado anteriormente, o número de pessoas que habitam as áreas urbanas e o rendimento das mesmas, ou seja, o índice de pobreza (PR), que quando possuem uma classificação elevada aumentam a vulnerabilidade, conforme mostrado na Tabela 04.

O indicador rendimento (PR), como indicador de vulnerabilidade, também foi identificado em vários estudos, como o de Alves (2006) que encontrou alta vulnerabilidade social em áreas com degradação ambiental. Gonçalves, et al. (2014) também encontraram que o grupo com menor rendimento é o que apresenta maior vulnerabilidade e Pinho, Marengo, Smith (2015) estudaram a relação dos eventos meteorológicos com os aspectos socioeconômicos e biofísicos, concluíram que eles exacerbam os riscos, aumentando a vulnerabilidade do sistema e a pobreza é

o que causa a mais alta vulnerabilidade, concordando com os dados encontrados na Figura 54, para a média dos estados, com o maior índice (1,0) de PR.

O indicador de urbanização apresentou índice alto (1,0) em todos os estados, ou seja, em média 90% da população vive em áreas urbanas e quando essas áreas estiverem suscetíveis a eventos extremos de precipitação a população fica mais vulnerável e com isso correm mais riscos, e tanto Silva Dias et al. (2005) como Marengo et al. (2008) afirmam que a vulnerabilidade da população urbana é maior com os índices pluviométricos mais elevados, ou seja, eventos extremos de cheia. Contudo, Sena et al. (2012), detectou que áreas urbanizadas com enchente possuem alta vulnerabilidade, ficando numa situação mais grave se a população tiver rendimento baixo.

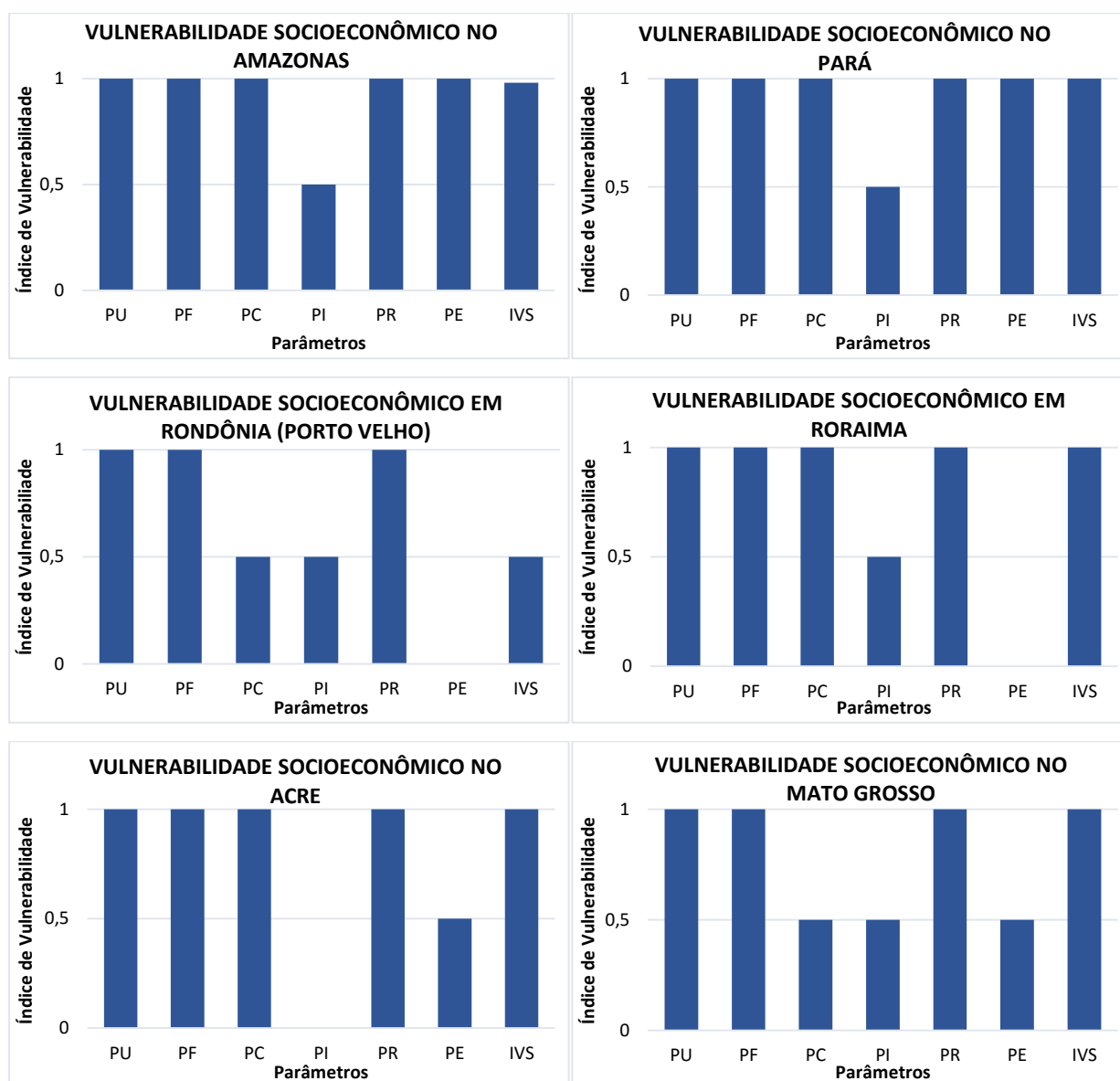
O indicador PC pode ser modificado, em menor escala, através do controle de natalidade e com isso melhorando o índice de vulnerabilidade, porém o PF e o PI são indicadores que não podem ser modificados por nenhum tipo de projeto ou políticas públicas. Assim, sempre serão indicadores preponderantes no aumento da vulnerabilidade da população.

O PI apresentou índices de baixo à moderado, conforme a Figura 54. Entretanto, as políticas para esse tipo de índice não é a diminuição, pois não existe uma forma de fazê-lo, como já mencionado, mas sim melhorar a forma de adaptação que esse grupo terá para que a ameaça ambiental diminua o risco socioeconômico e ambiental.

A Figura 55 representa o risco Socioeconômico e ambiental para cada estado nos anos de estiagem e de enchente, e conforme os estudos de Gonçalves, et al. (2014), Sena et al. (2012), Marengo et al. (2008) e Silva Dias et al. (2005), esses riscos são diferentes a cada evento extremo, devido não somente ao tipo do evento, mas também a sua frequência, intensidade, tempo e espaço de ocorrência.

Somente nos estados de Rondônia e Roraima a seca prevaleceu no período e municípios estudados, com 58% e 52%, respectivamente, além disso, pode-se notar que esses estados são os que estão mais em risco do que os demais, seja pelas cheias ou secas, pois somente em 6% dos 31 anos de estudo nos municípios, a população fica fora de risco. Já o estado do Pará, é mais afetado pelas cheias, com 62% dos eventos extremos de chuva entre 1982 e 2012, nos 5 municípios estudados, como mostra a Figura 59, seguido pelo estado do Acre com 56%, Amazonas com 54% e Mato Grosso com 49%, comprovado em estudos como Sena et al. (2012), Marengo et al. (2008) e Silva Dias et al. (2005). Os estados do Acre e Mato Grosso são os que apresentaram menor risco à população com 19% e 17% dos municípios, respectivamente, entre 1982 e 2012.

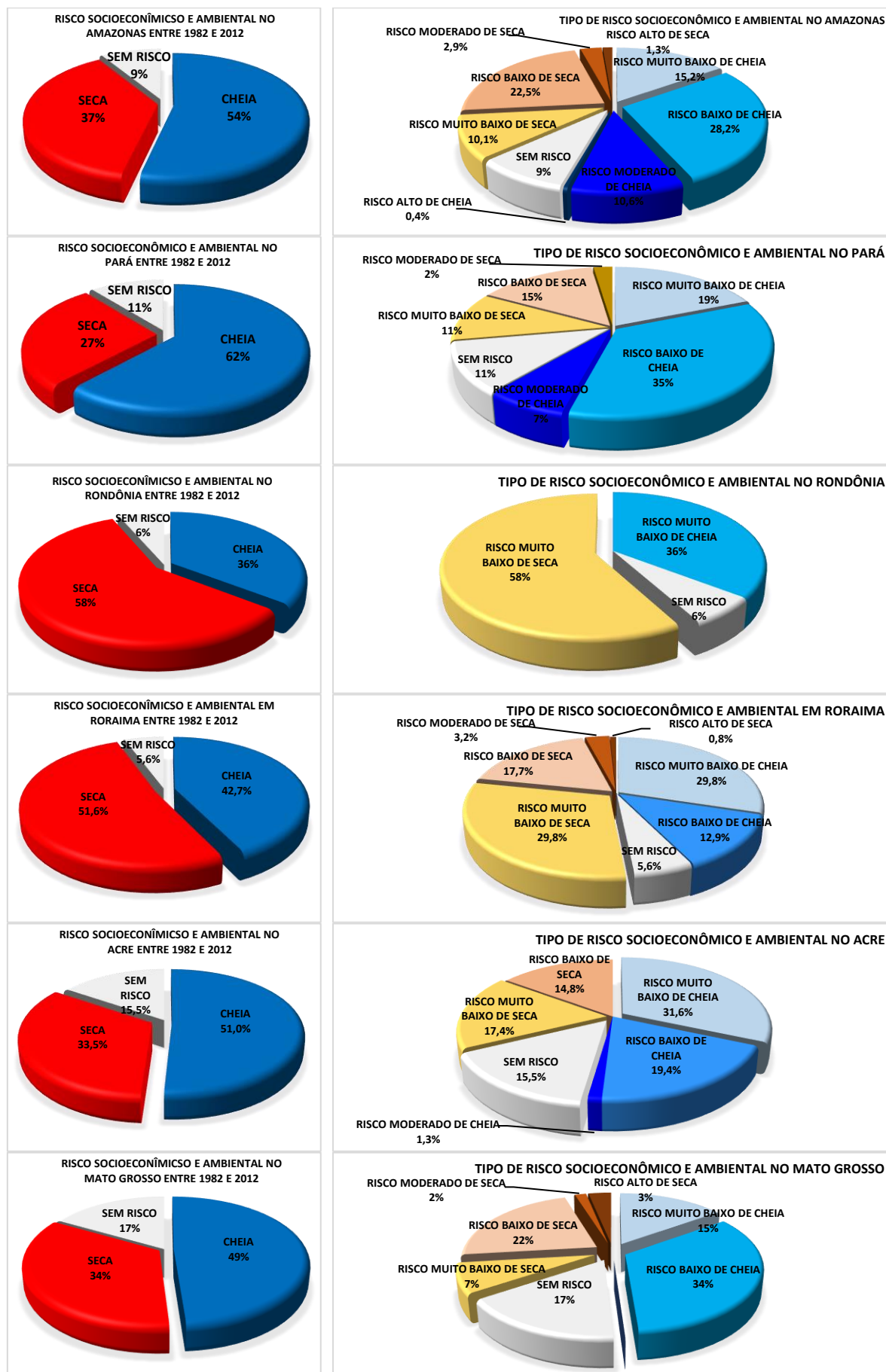
Figura 54- Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVS) nos estados da bacia Amazônica (Populações: Urbana (PU); Feminina (PF), Criança (PC), Idosos (PI), Baixo Rendimento (PR) e Baixa Escolaridade (PE)).



Fonte: Da autora

O risco socioeconômico e ambiental no Estado de Rondônia foi avaliado somente através do município de Porto Velho e pode-se notar, conforme a Figura 58, a frequência de risco foi a menor quando comparada com os outros estados, pois apresentou 58% de risco muito baixo de seca e 38% de risco muito baixo de cheia, a ameaça também se concentrou em ameaça muito baixa de seca e de cheia e que associado ao IVS moderado (0,5), na Figura 54, mostra que na capital os eventos extremos de precipitação afetam menos a população. Somente no Estado do Amazonas o risco de cheia chegou a intensidade elevada, ou seja, no índice de risco alto, porém quando se trata do risco alto de seca, ocorrendo também em mais estados como em Roraima e Mato Grosso. Contudo, os estados com maior densidade demográfica são os que possuem maior risco socioeconômico e ambiental.

Figura 55- Risco Socioeconômico e ambiental durante a estiagem e enchente.



Fonte: Da autora

Ainda com relação à Figura 55 nota-se que se somarmos os eventos extremos de cheia e seca, 73 a 94% dos anos estudados nos municípios de cada estado são afetados com riscos socioeconômicos e ambientais, com maior risco no município de Porto Velho e menor no estado do Mato Grosso, pois em Rondônia os eventos extremos ocorreram em 94% do período e em Mato Grosso em 73%. Se os riscos alto e moderado de cheia forem somados, em todos os estados, a população com maior risco encontra-se no Amazonas, com 11% do período e municípios estudados, isso deve-se ao fato que o Amazonas possui um excesso de água em seu balanço hídrico, então com aumento das chuvas as cheias são mais frequentes, indo ao encontro dos estudos de Sena et al. (2012) que afirmam que as zonas mais vulneráveis estão relacionadas principalmente com as inundações. O Estado do Pará apresenta 7% dos municípios com risco de cheia moderada, entre 1982 e 2012, que também apresenta um excesso de água em seu balanço hídrico.

Quando se analisa a época de seca, percebe-se que no Mato Grosso ocorre a maior intensidade de risco moderado de seca e risco alto de seca, com 5% dos municípios entre 1982 e 2012, isso deve-se muito ao tipo de clima da região que é árido consequentemente ocorrendo um déficit de água no balanço hídrico na região (Ver Figura 55)

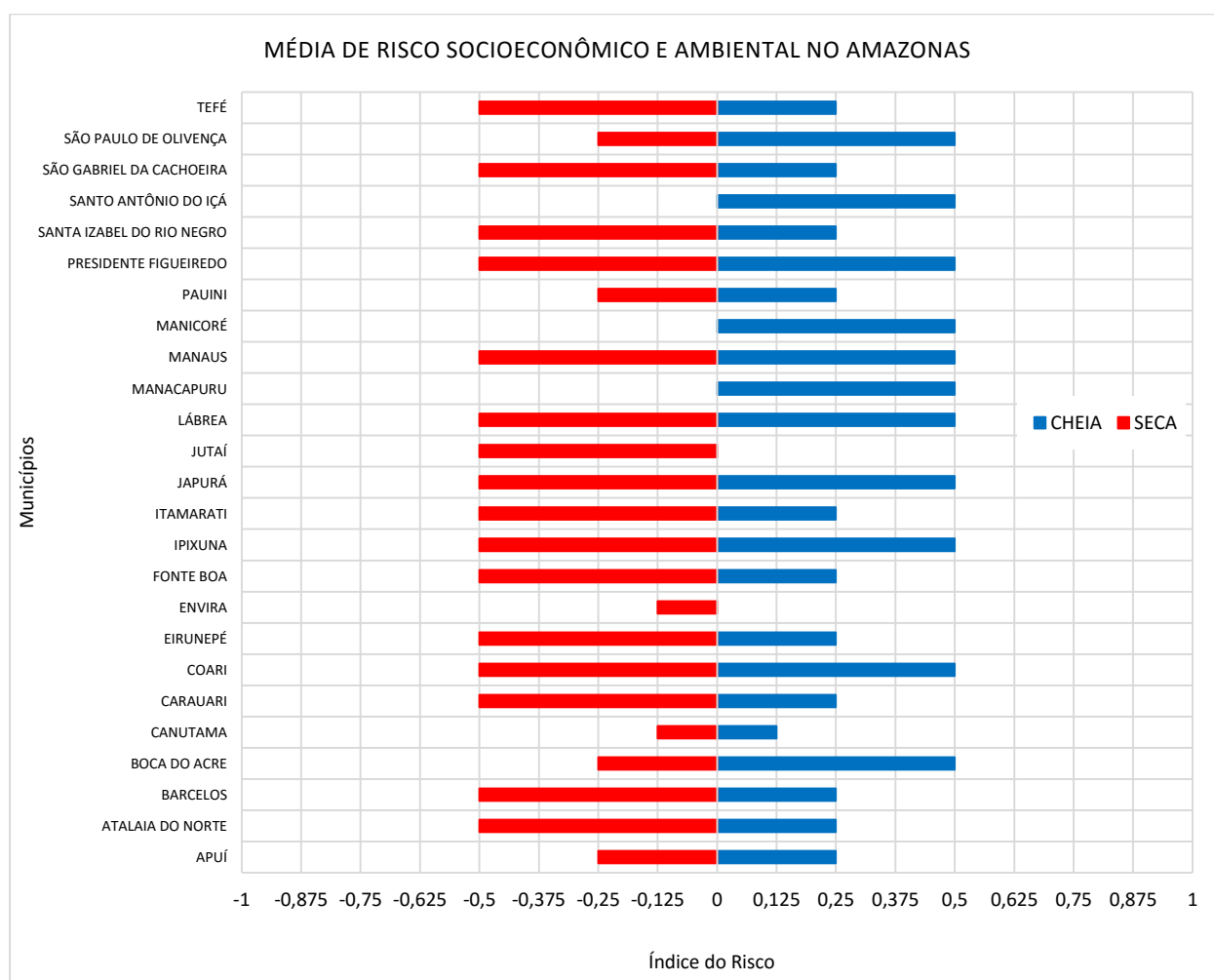
Analisando separadamente cada município das Figuras 56 a 60 percebe-se que nenhum dos 48 municípios dos 6 estados apresentaram risco Socioeconômico e ambiental maior que o índice moderado (0,5), tanto em eventos de seca como em eventos de cheia.

No Amazonas, conforme mostra a Figura 56, os municípios de Santo Antônio do Içá, Manicoré e Manacapuru, em média, a população não apresenta riscos relacionados aos eventos extremos de seca. Entretanto, apresentam risco moderado (0,5) de cheia, e nos municípios de Jutai e Envira a população não sofreu risco com relação aos eventos de cheia. Conforme a Figura 48, como já mencionado anteriormente, o estado do Amazonas é o mais influenciado pelas cheias, ou seja, os riscos socioeconômicos e ambientais à população são maiores durante os eventos de cheia. Entretanto, dos 25 municípios estudados no Amazonas, 64% foram mais afetados pelos riscos socioeconômicos e ambientais provocados pelas secas. Isso prova que existem variações muito grandes ao longo do Rio Amazonas com isso tornando-se foco de estudos de vários cientistas, não somente da Amazônia, mas também de outras localidades, como mostrado nos estudos de Gonçalves, et al. (2014), Filizola, et al. (2014), Sena et al. (2012) e Alves (2006), entre outros.

Na cidade de Manaus 99% da população vive em áreas urbanizadas, 35% na pobreza, conforme o CENSO (2010), porém a escolaridade índice moderado, com o IVS também moderado. A ameaça possui um índice baixo na cidade de Manaus, ou seja, os eventos extremos não afetam substancialmente, fazendo com que o risco Socioeconômico e ambiental não seja tão elevado afetando a população de forma moderada, isso vai ao encontro aos estudos de Pinho,

Marengo, Smith (2015) pois afirmam que são as regiões mais remotas e não as capitais, por apresentam infraestrutura básica eficaz, que são mais vulneráveis e com isso correm mais riscos socioeconômicos e ambientais, ocasionando melhor qualidade de vida. Analisando as capitais dos outros estados, como Porto Velho (RO), Boa Vista (RR) (Figura 61) e Rio Branco (AC) (Figura 59), o risco socioeconômico e ambiental foi menor variando entre muito baixo e baixo, tanto durante os períodos de estiagem como nos períodos de enchente, porém indo de encontro aos estudos de Sena et al. (2012), já que este autor afirma que as inundações causam mais riscos às populações, e os dados encontrados nessas capitais mostram o contrário com riscos maiores na estiagem.

Figura 56- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Amazonas



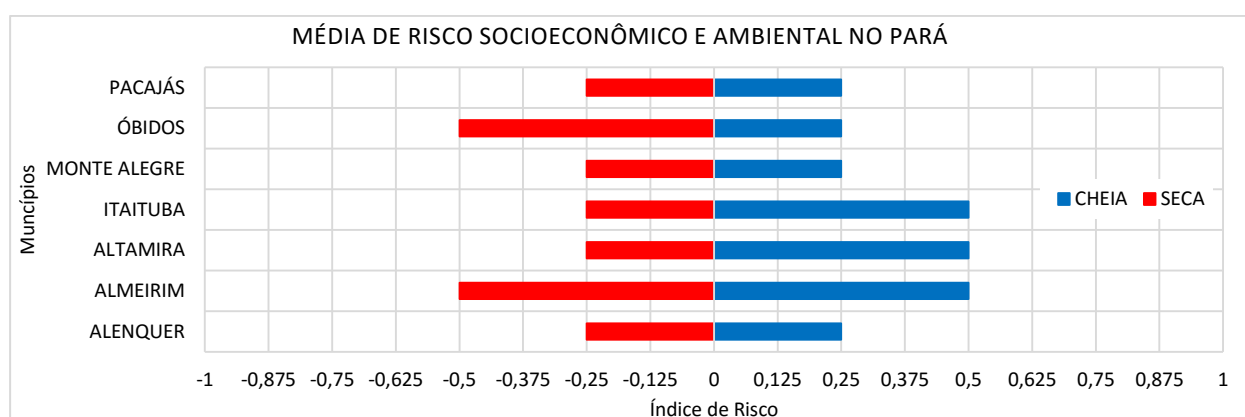
Fonte: Da autora

Fazendo as análises dos riscos socioeconômicos e ambientais para cada município, percebe-se que no estado do Pará (Figura 57), 43% dos municípios apresentaram risco moderado durante as cheias e somente 28% durante as secas, e 72% obteve risco baixo na época

seca e 57% de risco baixo na época cheia, perfil diferenciado de todos os outros estados, que apresentaram maior risco na época seca, resultado este indo de encontro ao de Sena et al. (2012).

Nos municípios do Estado do Pará os Índices dos indicadores de Vulnerabilidade Social apresentaram índices de moderado (0,5) a alto (1,0), 100% dos municípios estudados apresentaram índices altos de população urbana, de população feminina e de pobres, perfazendo um IVS alto (1,0), conforme mostrado na Figura 57. As ameaças em cada ano estudado para cada município em ambos os eventos extremos apresentaram índice moderado, o que minimizou os riscos socioeconômicos e ambientais apresentados na Figura 57.

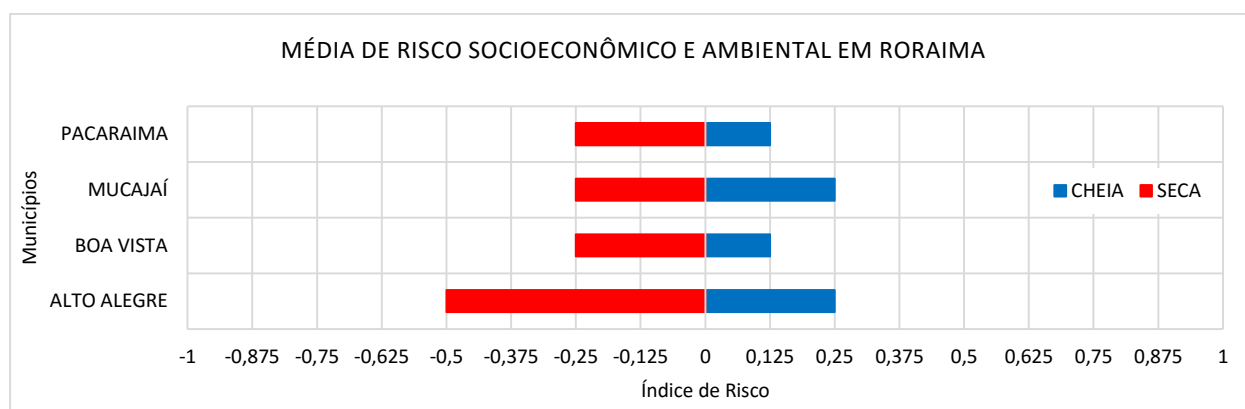
Figura 57- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Pará



Fonte: Da autora

Roraima, apresenta na Figura 58, índices muito baixos e baixos de risco socioeconômicos e ambientais na época cheia, ou seja, nos municípios apresentados nesta Figura esse tipo de evento extremo não afeta muito a região, porém o IVS possui índice alto (1,0). Assim, o responsável pelo baixo risco que a população sofrerá com a probabilidade de ocorrência de eventos extremos, principalmente de cheia, é devido à ameaça e não devido a vulnerabilidade.

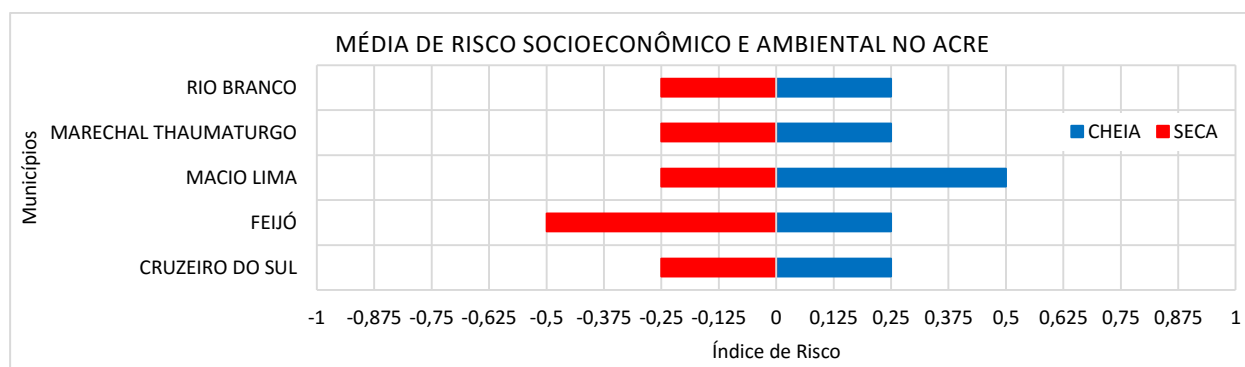
Figura 58- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado de Roraima



Fonte: Da autora

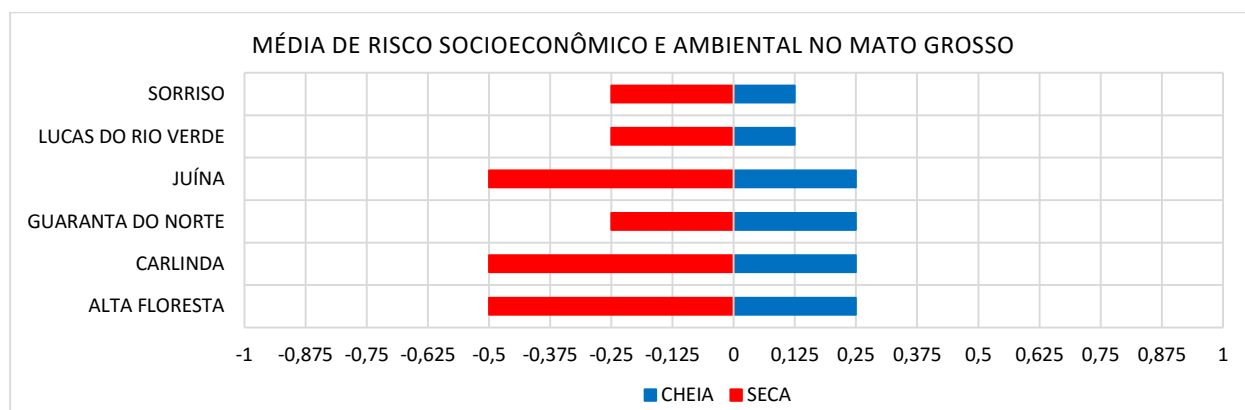
No Acre, Figura 59, os riscos socioeconômicos e ambientais apresentaram o mesmo perfil entre os eventos extremos de cheia e seca, pois somente 20% dos municípios obtiveram índice moderado e 80% de risco baixo em ambos os eventos extremos. Já nos estados de Roraima (Figura 58) e Mato Grosso (Figura 60), os maiores riscos socioeconômicos e ambientais ocorreram na época seca, indo de encontro aos resultados de Sena et al. (2012). Já no estado do Mato Grosso, o único município que apresentou o mesmo impacto de risco em ambos os eventos extremos foi o de Guarantã do Norte com índice baixo (0,25 para cheia e -0,25 para seca).

Figura 59- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Acre



Fonte: Da autora

Figura 60- Risco Socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Mato Grosso



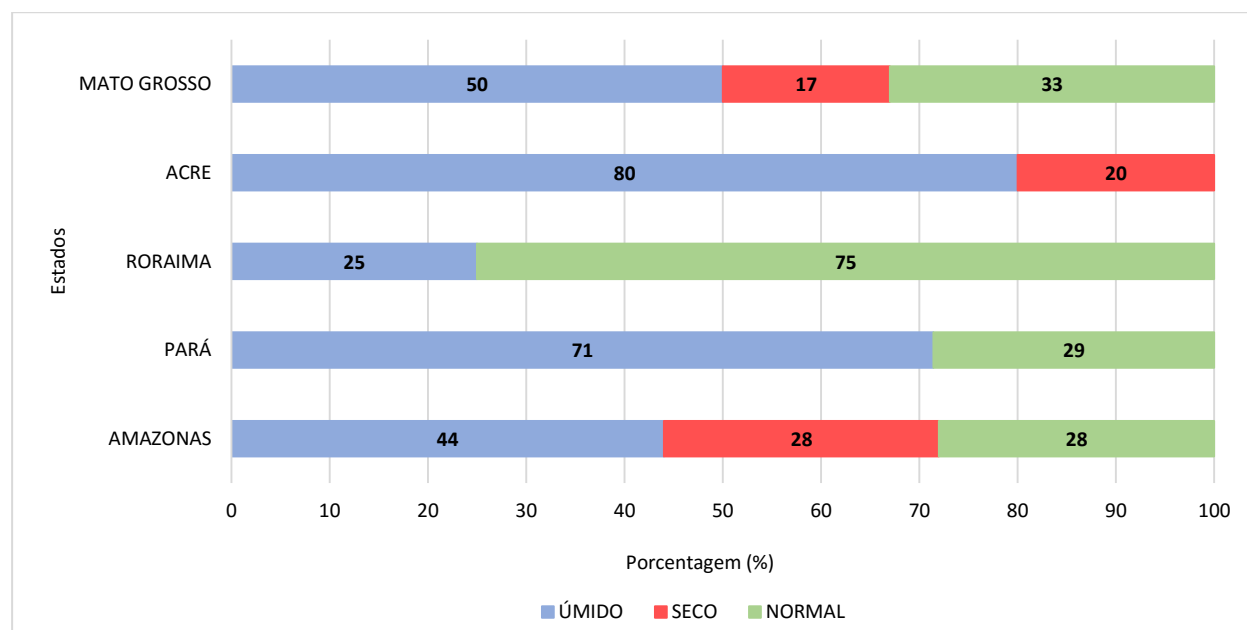
Fonte: Da autora

A Figura 61 apresenta as porcentagens de vazão em todos os municípios durante o período de 1990 e 2012 e percebe-se que, com exceção de Roraima, todos os outros estados, apresentaram um excesso de água, pois em 44% dos municípios do Amazonas ocorreram eventos úmidos e somente em 28% ocorreram eventos secos. No Mato Grosso, 50% de todos os municípios apresentaram eventos relacionados com eventos extremos de cheia e somente 17% foram afetados pela falta de água. No Pará essa relação ainda foi mais acentuada, pois 71% dos municípios foram mais úmidos e somente 29% apresentaram déficit de água, sendo igual aos valores encontrados

por Leal e Souza (2011), pois 73% dos municípios do estado do Pará foram atingidos mais frequentemente por inundações. O Acre se mostrou o mais úmido de todos os estados com 80% dos municípios sendo afetado pelos eventos de cheias e somente 20% desses com eventos de seca. Essa análise mostra que nas últimas três décadas, desde 1990, a Bacia Amazônica Brasileira tornou-se mais úmida, ou seja, os eventos extremos de cheia foram mais presentes nessa região como também foi provado por Satyamurty, et al. (2013) e Tomassela, et al. (2011), além de Fitzjarrald et al. (2008), Angelis e McGregor (2004) e Curtis e Hastenrath (1999), que relataram aumento tanto na precipitação como na vazão, consequentemente, deixando a bacia mais úmida, resultado comprovado na maior parte da área estudada.

Na sub-bacia do Rio Negro, em Roraima, todos os municípios estudados apresentaram, conforme a metodologia de normalização dos dados de vazão, ameaça de cheia no ano de 2009, quando ocorreu uma das maiores enchentes das últimas décadas. No Estado do Pará, esse cenário foi o mesmo, pois todos os municípios também apresentaram ameaça de cheias, indo ao encontro dos estudos de Marengo, et al. (2012) que afirmam que as enchentes em 2009 foram muito intensas no norte e leste da Bacia Amazônica. Já em 2012, outro ano de cheia intensa, os municípios da Amazônia ocidental não apresentaram resultados tão afirmativos, porém os do noroeste que ficam no rio Negro corroboraram com os estudos de Satyamurty et al. (2013) e Marengo et al. (2013).

Figura 61- Evolução da porcentagem de umidade entre 1990 e 2012



Fonte: Da autora

A metodologia utilizada para determinar o risco socioeconômico e ambiental foi validada através do modelo de regressão linear, pois conforme a Figura 62, a variável IVS (Índice de Vulnerabilidade Social) tem uma correlação linear positiva com as ameaças de seca e cheia, pois o coeficiente de correlação foi de 0,818. Assim, os resultados de risco socioeconômico e ambiental para os estados do Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Acre e Mato Grosso que foram encontrados utilizando a equação 7, são representados pela reta de regressão linear na equação 8.

$$y = 0,248 * x - 0,1964 \quad \text{eq. 8}$$

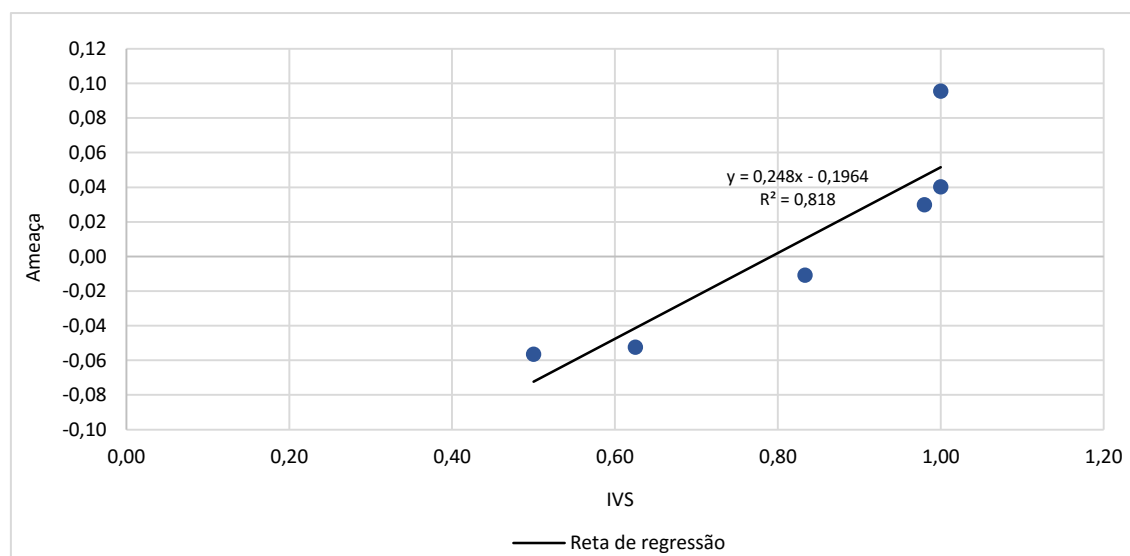
em que ,

y = representa a Ameaça de seca e cheia;

x = representa o IVS.

A equação 8 representa possibilidades de previsão de ameaça de seca e cheia a partir do IVS, com valores entre 0,5 a 1,0 (índices de IVS), pois devido ao coeficiente de correlação ser alto, de 0,818, as duas variáveis da Figura 62, são dependentes positivamente.

Figura 62- Modelo de Regressão para a Vulnerabilidade e Ameaça de cada Estado da Amazônia



Fonte: Da autora

7 CONCLUSÃO

Conforme os resultados expostos anteriormente, pode-se concluir que as maiores variações sazonais da precipitação ocorreram na parte ocidental (Solimões) e nordeste (Jari) da Bacia Amazônica. Entretanto, as maiores precipitações totais anuais foram nas sub-bacias da margem esquerda, ficando acima média. Já nas sub-bacias da margem direita as precipitações ficaram abaixo da média. Além disso, detectou-se que as sub-bacias com os máximos e mínimos de precipitação anual estão localizadas no leste da Amazônia.

As tendências de precipitação ao longo do período estudado foram negativas, na parte sudoeste (Purus) e central (Madeira) da Bacia Amazônica, e positivas na parte leste (Tapajós e Xingu). Assim, percebe-se que as variabilidades pluviométricas na Bacia Amazônica apresentam um equilíbrio entre os afluentes da margem esquerda e da margem direita, pois quando uma sub-bacia apresenta estiagem as outras sub-bacias apresentam cheias.

Em anos de El Niño e La Niña, todas as sub-bacias mostraram anomalias negativas e positivas diferenciadas. As sub-bacias do sudoeste da Amazônia apresentaram eventos extremos e muito extremos negativos em todo o período estudado, porém nas sub-bacias da região central e leste apresentaram essas anomalias somente nas décadas de 80 e 90, mostrando a diferenciação de como os eventos extremos de precipitação afetam a bacia Amazônica.

Além disso, os eventos muito extremos estão mais presentes nas sub-bacias da parte noroeste (Negro) e central (Trombetas) da Amazônia, mostrando diferenças quando comparadas com as sub-bacias da margem direita. Contudo, os eventos, tanto de seca como de cheia são mais frequentes na parte central e oriental da Bacia.

Em todas as sub-bacias da margem direita o período seco apresentou tendência negativa, o mesmo aconteceu nas sub-bacias da parte ocidental, Purus e Madeira, porém na estação chuvosa, mostrando que as amplitudes tendem a diminuir. Já as sub-bacias oriental da margem direita estão ficando mais secas durante o ano e as sub-bacias central e ocidental, também da margem direita, estão ficando mais secas na estação seca e mais úmidas na estação chuvosa.

A bacia Amazônica, como um todo, apresenta uma tendência negativa na estação seca e positiva na estação chuvosa, mostrando maior amplitude sazonal de precipitação, fazendo a Bacia Amazônica ficando mais úmida, ou seja, a precipitação aumentou ao longo dos últimos 31 anos.

A estação fluviométrica de Óbidos contribui significativamente para a manutenção da vazão do rio Amazonas, pois tem uma regularização natural alta durante o ano e sua climatologia nos últimos 31 anos não teve variações marcantes. As estações ao longo da calha principal possuem uma tendência de aumento na amplitude da vazão média anual conforme se

aproxima da foz, ou seja, quanto mais próximo da foz maior será a diferença de vazão entre as épocas chuvosa e seca. As maiores variações da vazão entre as estações da calha ocorreram nos períodos de cheia, já nos períodos de seca as vazões foram próximas umas das outras.

As tendências de vazão nas 16 estações fluviométricas ao longo dos rios da Bacia Amazônica brasileira nos últimos 31 anos estudados mostram tendências positivas nos rios da margem esquerda, Entretanto, nos rios da margem direita as tendências são variadas, pois das 8 estações 5 tiveram tendências negativas, como as estações da bacia do Rio Purus, do Rio Madeira e a estação de Altamira na bacia do Rio Xingu, e outras 3 (as estações da bacia rio Tapajós e a estação Arapari da bacia do rio Xingu) tiveram vazão com tendência positiva.

A sazonalidade da bacia Amazônica apresenta 65% do total da vazão na época cheia e 35% na época seca, porém a variação da sazonalidade também ocorre espacialmente, pois nos afluentes da margem esquerda a época chuvosa ocorre de outubro à março e a época seca de abril à setembro, já nos afluentes da margem direita isso ocorre de forma inversa, pois a época chuvosa vai de fevereiro à junho e a época seca de julho a janeiro, pois há uma compensação da vazão entre os afluentes. Através das análises feitas as secas mais severas ocorridas no período de estudo, 1982-2012, influenciaram pouco a vazão das estações da calha central e leste do Rio Amazonas, comparando com a parte ocidental, influenciando mais as estações dos afluentes mais próximos do Solimões, como a estação Canutama do Rio Purus, na margem direita, com 09% de vazão abaixo do normal em 2005 e 10% em 2010.

Em anos anteriores de EN, como 1992 todas as estações da bacia do rio Negro, na margem esquerda, apresentaram queda na vazão variando de 15 as 35%, em 1995 90% das estações tiveram sua vazão reduzida, além disso a seca de 2010 só afetou o oeste e a parte central do canal principal do rio Amazonas e também a vazão do rio Madeira e a média da vazão da estação de Manicoré como na estação Sucunduri.

Quando se analisou os períodos de enchentes pôde-se comprovar maior influência das anomalias do Pacífico nas vazões dos rios na parte central e oriental da bacia Amazônica, pois os eventos LN de intensidade forte aumentaram a vazão da calha do Rio Amazonas, principalmente em Óbidos, registrando a maior enchente das últimas décadas, no ano de 2009. Já a enchente de 2012 afetou a Amazônia ocidental e parte do noroeste, já que todas as estações da bacia do Rio Negro tiveram suas vazões médias anuais acima do normal. Já em 1989 o evento LN afetou principalmente os afluentes da margem direita da bacia Amazônica.

Verificou-se que a tendência de aumento da vazão média na calha coincidiu com os afluentes da margem esquerda, bacias do Rio Negro, Rio Trombetas e Rio Jari, já a magnitude da vazão depende dos afluentes da margem direita, bacias do Rio Purus, Rio Madeira, Rio Tapajós e Rio Xingu, pois são os que apresentam maiores vazões, já com relação a amplitude de vazão a

influência é ocasionada tanto pelos afluentes da margem esquerda como da margem direita, exceto, a bacia do Rio Purus.

A sazonalidade é influenciada na época seca pelos afluentes da margem direita, pois coincidem na tendência negativa ao longo do período estudado, por outro lado a época chuvosa é influenciada pelos afluentes da margem esquerda, pois a tendência é positiva em ambos.

Através da vazão de referência, percebeu-se que as sub-bacias da margem direita são as que contribuem mais com a vazão do rio Amazonas do que as da margem esquerda, com exceção da bacia do rio Solimões, que como esperado, contribuiu com a maior parte.

As sub-bacias do Negro e Madeira foram as que mais contribuíram para a vazão do Rio Amazonas, e as que menos contribuíram foram a do Trombetas e a do Jari. Além disso as maiores contribuições vêm da parte ocidental da Bacia Amazônica e as menores na parte oriental.

O balanço hídrico da Bacia Amazônica é diferente tanto em escala temporal como espacial, além de ser influenciado por eventos extremos como EN e LN e a partir disso constatou-se que nas sub-bacias da margem direita o (E/p) é maior durante o evento La Niña e na margem esquerda durante o El Niño, além disso, essa taxa é maior na margem esquerda durante eventos El Niño.

Quando se trata da média total da bacia o (E/p) é maior durante o evento El Niño, pois a taxa de evaporação a partir da precipitação é maior quando menor for a precipitação e isso ocorre durante o El Niño, que inibe a umidade da região, devido ao aquecimento das águas do pacífico.

Como foi constatado anteriormente, todas as variações das componentes do balanço hídrico, vazão, precipitação e evaporação ocorrem no tempo e no espaço, e quando associadas com eventos extremos pluviométricos ocasionam ameaças às populações que relacionada a vulnerabilidade causam riscos sócio econômicos e ambientais.

A área mal urbanizada no Brasil que é mais de 80%, quando associada com outros indicadores, principalmente ambientais, como eventos extremos de precipitação que podem causar danos irreversíveis a população, pois a vulnerabilidade por área de urbanização foi alta (3). Entretanto, outros fatores também são responsáveis pela vulnerabilidade, como a pobreza, que em todos os estados foi elevada com índice (3), sendo outro fator de suma importância no risco para a população.

Para que o risco seja baixo, seria necessário que a vulnerabilidade da população fosse mínima (risco 1), ou seja, a população urbana, a população infantil (crianças) e a de idosos fosse até 5% da população total do município, a população feminina e a pobreza até 10% e a falta de escolaridade até 30%.

Eliminar os eventos extremos na natureza é impossível, então tem-se que modificar o estilo de vida da população, porém as políticas públicas devem ser aplicadas pelo Estado.

Assim, concluiu-se que nos municípios que são banhados pelo Amazonas a população possui um risco socioeconômico e ambiental de moderado à muito forte, devido a todos os estados possuírem vulnerabilidade quanto a má urbanização e a pobreza alto (1) e ameaça quanto às enchentes e estiagens também variando de moderado a alta (0,5 e 1). Entretanto, as inundações são as que provocam maiores riscos às populações, e os estados com maior vulnerabilidade são os com maior área espacial, Amazonas e Pará, e os com maior ameaça foram os menores estados, Roraima e Acre.

Assim, para que o risco socioeconômico e ambiental seja diminuído na região estudada, as políticas públicas devem ser aplicadas em todas as regiões, independente da localidade, sejam em função da urbanização, rendimento, escolaridade ou mesmo acontecimento de eventos extremos, pois a associação entre eles provam riscos elevados.

Esta tese teve como resultados inovadores a contribuição, em porcentagens, de cada sub-bacia da bacia Amazônica no rio Amazonas, mostrando as diversidades sazonais e temporais, bem como durante os eventos El Niño e La Niña. Além dessa contribuição outro ponto importante foi a identificação dos riscos sócioeconômicos e ambientais nos municípios da Amazônia, ou seja, como a vulnerabilidade social e econômica da população está relacionada com as ameaças hidrológicas.

Contudo pode-se identificar claramente o contexto interdisciplinar das Ciências Ambientais na Amazônia, pois estudou-se e relacionou-se os aspectos sociais, econômicos e ambientais na Amazônia.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (ANA). Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Banco de dados SNIRH**. Disponível em: <<http://www.ana.com.br>>. Acesso em: 01 dez. 2013.
- ALCÂNTARA, C.R. **Um estudo da relação entre jato de baixos níveis e linhas de instabilidade da Amazônia**. 2010. 134f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Meteorologia, USP, São Paulo-SP, 2010.
- ALVES, H.P.F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sóciodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, Jan./Jun. 2006.
- ANGELIS, C. F.; MCGREGOR, G. R. Diurnal cycle of rainfall over the Brazilian Amazon, **Climate Research**, v. 26, p. 139–149, 2004. doi:10.3354/cr026139.
- ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R.M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L.O.; SHIMABUKURO, Y.E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts, **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. L07701, p.01-05, 2007. doi:10.1029/2006GL028946.
- ARAÚJO, R.; LÉNA, P. Da predação a sustentabilidade na Amazônia: a difícil metamorfose. In: ARAÚJO R, LÉNA P. (eds). **Desenvolvimento sustentável e sociedades na Amazônia**. Belém: MPEG; CNPQ; 2010. p. 7.
- ARRAUT, J. M.; SATYAMURTY, P. Precipitation and water vapor transport in the southern hemisphere with emphasis on the South American Region. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 48, p. 1902-1912, 2009. DOI: 10.1175/2009JAMC2030.1.
- ARRAUT, J.M.; NOBRE, C.; BARBOSA, H.M.J.; OBREGON, G. E MARENGO, J. Aerial rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical Rainfall in South America. **Journal of Climate**, v.25, p. 543-556, 2012.
- ASSAD, L. Um planeta que parece cada vez mais inquieto. **Ciência e Cultura**. v. 63, n. 1, p. 9-11, Jan. 2011.
- BRUBAKER, K.L.; ENTEKHABI, D.; EAGLESON, P.S. Estimation of continental precipitation recycling. **Journal of Climate**, v. 6, p. 1077-1089, 1993.
- BUARQUE, D.C.; CLARKE, R.T.; MENDES, C.A.B. Spatial correlation in precipitation trends in the Brazilian Amazon. **Journal of Geophysical Research**, v. 115, n. D12108, p. 01-14, 2009. doi:10.1029/2009JD013329.
- CALLÈDE, J.; COCHONNEAU, G.; ALVES, F.V.; GUYOT, J.L.; GUIMARÃES, V.S. e OLIVEIRA, E. Les apports en eau de l'amazone à l'océan atlantique: The River Amazon water contribution to the Atlantic Ocean. Revue des sciences de l'eau. **Journal of Water Science**, v. 23, n. 3, p. 247-273, 2010.

CALLÈDE, J.; GUYOT, J.L.; RONCHAIL, J.; L'HÔTE, Y.; NIEL, H.; E OLIVEIRA, E. Evolution du débit de l'Amazone à Óbidos de 1903 à 1999 / Evolution of the River Amazon's discharge at Óbidos from 1903 to 1999. **Hydrological Sciences Journal**, v. 49. n.1, p. 85-97, 2004. DOI: 10.1623/hysj.49.1.85.53992.

CALLÈDE, J.; GUYOT, J.L.; RONCHAIL, J.; MOLINIER, M. e OLIVEIRA, E. **L'Amazone à Óbidos (Brésil): étude statistique des débits et bilan hydrologique**. *Hydrological Sciences Journal* 47:2, 321-333, DOI: 10.1080/02626660209492933. 2002.

CARDOSO, A.S. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas**. 2016. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://cadastrorhidro.ana.gov.br/arquivos/dissertao.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2016.

CARVALHO, L.M.V.; JONES C.; SILVA DIAS, M. A. F. Intraseasonal large-scale circulations and mesoscale convective activity in Tropical South America during the TRMM-LBA campaign. **Journal of Geophysical Research**, v. 29, p. 1-20, Ago. 2002.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88-108, Jul. 2004.

CARVALHO, M.A.V.; OYAMA, M.D. Variabilidade da largura e intensidade da zona de convergência intertropical atlântica: aspectos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, 305 - 316, 2013.

CLIMATEMPO. **ZCAS se forma sobre o Brasil**. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

CENTRO DE PREVISÃO TEMPO E CLIMA/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). **El Niño e La Niña 2016**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/Fenomeno>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

COSTA, M. ; FOLEY, J. **Trends in the hydrological cycle of the Amazon basin**. *Geophysical Research Letters*., 104, 14,189–14,198. 1999.

COHEN, J.C.P.; SÁ, L.D.A.; NOGUEIRA, D.S.; GANDU, A.W. Jatos de baixos níveis acima da floresta Amazônica em Caxiuanã. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 271-282, dez. 2006.

CORRÊA, C.S., WIEGAND, F., DALLAROSA, R. e SENNA, R.C. Ocorrência dos Fluxos e Jatos de Nível Baixo no Perfil Vertical do Vento na Baixa Atmosfera em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, 327-333, 2008.

CORREIA, F.W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L.A.; SANTOS, R.M.N.; e PAULIQUEVIS, T. Balanço de Umidade na Amazônia e sua Sensibilidade às Mudanças na Cobertura Vegetal. **Ciência e Cultura**. ISSN 0009-6725. v. 59, n. 3. São Paulo July/Sept. 2007.

COX, P. M. et al. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. **Nature**, v. 453, p. 212–215, 2008. doi:10.1038/nature06960.

CUSTÓDIO, M.A.M. ; HERDIES, D.L. O jato dos baixos níveis a leste da cordilheira dos andes - um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 08, 1994, Belo Horizonte. **Anais 1980-2006**. Belo Horizonte: SBMET, 1994.

CURTIS, S.; HASTENRATH, S. Trends of upper-air circulation and water vapour over equatorial South America and adjacent oceans. **International Journal Climatology**, v. 19. p. 863–876, 1999. doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(19990630)19:8<863::AID-JOC394>3.0.CO;2-2

DE SOUZA, E. B.; KAYANO M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 177–191, 2005.

DUARTE, A.F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.1, 37-42, 2005.

ESPINOZA, J.C; MARENGO, J.A; RONCHAIL, J.; CARPIO, J.M.; FLORES, L.N. e GUYOT, J.L. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**. v. 9, n. 124007 (9p). 2014. doi:10.1088/1748-9326/9/12/124007.

ESPINOZA, J.C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J.L.; JUNQUAS, C.; DRAPEAU, G.; MARTINEZ, J.M.; SANTINI, W.; VAUCHEL, P.; LAVADO, W.; ORDOÑEZ, J. E ESPINOZA, R. From drought to flooding: understanding the abrupt 2010–11 hydrological annual cycle in the Amazonas River and tributaries. **Environmental Research Letters**, v. 7, n. 024008 (7p). 2012. doi:10.1088/1748-9326/7/2/024008.

ESPINOZA, J.C., RONCHAIL, J.; GUYOT, J.L.; JUNQUAS, C.; VAUCHEL, P.; LAVADO, W.; DRAPEAU, G. E POMBOSA R. Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. L13406, p. 01-06. 2011 doi:10.1029/2011GL047862.

ESTEVEZ, C.J.O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Cadernos IPARDES**, Curitiba, PR, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011. ISSN 2236-8248.

ELTAHIR E, BRAS R. Precipitation recycling in the Amazon Basin. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 120, p. 861–880. 1994.

FEARNSIDE, P.M. Global warming in Amazonia: Impacts and Mitigation. **Acta Amazônica**. v. 39, n. 4, p. 1003-1012. 2009.

FERREIRA, N. S. Zona de convergência intertropical. **Boletim do Climanálise Especial** - Comemoração dos 10 anos, São Paulo, 1996. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 28 fev. 2011.

FITZJARRALD, D.R.; SAKAI, R.K.; MORAES, O.L.L.; COSME, R.O; ACEVEDO, CZIKOWSKY, O.C.M.J.; BELDINI, T. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence, **Journal Geophysical Research**, v. 113, n. G00B11, p. 01-17, 2008. doi:10.1029/2007JG000596.

FRAPPART, F.; PAPA, F.; SILVA, J.S.; RAMILLIEN, G.; PRIGENT, C.; SEYLER, F.; CALMANT, S. Surface freshwater storage and dynamics in the Amazon basin during the 2005 exceptional drought. **Environmental Research Letters**. v. 7. n. 044010 (7p). 2012. doi:10.1088/17489326/7/4/ 044010.

FRAPPART, F.; PAPA, F.; FAMIGLIETTI, J. S.; PRIGENT, C.; ROSSOW, W. B. e SEYLER, F. Interannual variations of river water storage from a multiple satellite approach: A case study for the Rio Negro River basin. **Journal Geophysical Research**, v. 113, n. D21104, p. doi:10.1029/2007JD009438. 2008.

GARCÍA, N e MECHOSO, C.R. Variability in the discharge of South American rivers and in climate. **Journal des Sciences Hydrologiques**. V. 50, n. 3, p. 459-478. Jun 2005.

GLOOR, M., BRIENEN, R.J.W.; GALBRAITH, D.; FELDPAUSCH, T.R.; SCHÖNGART, J.; GUYOT, J.-L.; ESPINOZA, J.C.; LLOYD, J. e PHILLIPS, O.L. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1729–1733, 2013. doi:10.1002/grl.50377.

GONÇALVES, K.S.; SIQUEIRA, A.S.P.; de CASTRO, H.A. e HACON, S.S. Indicador de vulnerabilidade sociambiental da sociambiental na Amazônia Ambiental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3809-3817. 2014.

GU, G.; ADLER, R. F. Interannual variability of boreal summer rainfall in the equatorial Atlantic. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 175-184, 2009.

GUIMBERTEAU, M.; RONCHAIL, J.; ESPINOZA, J.C.; LENGAINNE, M.; SULTAN, B.; POLCHER, J.; DRAPEAU, G.; GUYOT, J.-L.; DUCHARNE, A. e CIAIS, P. Future changes in precipitation and impacts on extreme streamflow over Amazonian sub-basins. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 014035, 13p, 2013. doi:10.1088/1748-9326/8/1/014035.

HAMILTON, R. A., ARCHBOLD, J. W. ; DOUGLAS, C. K. M. Meteorology of Nigeria and adjacent territory. **Quarterly Journal Research Meteorological Society**, v. 71, p. 231–264, 1945. doi: 10.1002/qj.49707130905.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Contagem da população. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS (IPEA). **Índice de desenvolvimento humano**. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/>>. Acessado em 20.04.2016.

KREPPER, C., GARCIA, N.; JONES, P. Low-frequency response of the upper Parana basin. **International Journal of Climatology**, v. 28, p. 351–360, 2008.

LEAL, S.V.; SOUZA, E.B. Desastres naturais sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro associados às enchentes e inundações: o caso de 2009. In: ENCONTRO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4., 2011, Pelotas-RS. **Anais**. Pelotas-RS: SBMET, 2011.

LIEBMANN, B., KILADIS, G.N., MARENGO, J.A., AMBRIZZI, T., GLICK, J.D.. Sub monthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 12, p. 1877-1891, July 1999.

LINAGE, C., FAMIGLIETTI, C.J.S., RANDERSON, J.T. Statistical prediction of terrestrial water storage changes in the Amazon Basin using tropical Pacific and North Atlantic sea surface temperature anomalies. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 18, p. 2089–2102, 2014. doi:10.5194/hess-18-2089-2014.

MARENGO, J.A.; LINCOLN, M.; ALVES, W.; SOARES, R.; RODRIGUEZ, D.A.; CAMARGO, H.; R., M.P. & PABLO, A.D. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 26, p.9137-9154, 2013. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00642.1.

MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W.R.; ALVES, L.M. E NOBRE, C.A. Extreme climatic events in the Amazon basin. **Theoretical Applied Climatology**. V. 107, p. 73–85, 2012.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. & TOMASELLA, J.; OYAMA, M.D.; OLIVEIRA, G.V.S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L.M. & BROWN, F. The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 1, p. 495-516. Feb. 2008.

MARENGO, J.A. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p. 01-19, Dez. 2006.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin, **Theoretical Applied Climatology**, v. 78, p. 79–96, 2004. doi:10.1007/s00704-004-0045-8.

MARENGO J.A.; LIEBMANN, B., KOUSKY, V.E., FILIZOLA, N.P. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, p. 833-852, Mar. 2001.

MOLINIER, M., RONCHAIL, J., GUYOT, J.-L., COCHONNEAU, G., GUIMARÃES, V., & de OLIVEIRA, E.: Hydrological variability in the Amazon drainage basin and African tropical basins. **Hydrology Process**, v. 23, p. 3245–3252, 2009. doi:10.1002/hyp.7400.

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

MUZA, M.N.; CARVALHO, L.M.V. Variabilidade Intrazonal e Interanual de Extremos na Precipitação sobre o Centro-Sul da Amazônia durante o Verão Austral. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, 29-41, 2006.

NAGHETTI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte – MG: CPRM, 2007.

NÓBREGA, R.; CAVALCANTI, E.P.; SOUZA, E.P.S. Reciclagem de vapor d'água sobre a América do Sul utilizando reanálises do NCEP-NCAR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 253-262, Mar. 2005.

PAEGLE, J. A comparative review of South American low level jets. **Meteorológica**, v. 3, p. 73-82, 1998.

PARRY, L.; PERES, C.A.; DAY, B.; AMARAL, S. Rural–urban migration brings conservation threats and opportunities to Amazonian watersheds. **Conservation Letters**, v. 3, p. 251–259, 2010.

PINHO, P.F.; MARENGO, J.A. e SMITH, M.S. Complex socio-ecological dynamics driven by extreme events in the Amazon. **Regional Environmental Change**. v. 15, p. 643–655. DOI 10.1007/s10113-014-0659-z. 2015.

PROJETO RIO VOADORES. **Rios Voadores**. Disponível em: <<http://riosvoadores.com.br/>> Editora Horizonte, Acesso em: 10 abr. 2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Índice de Desenvolvimento Humano**. <http://www.pnud.org.br/>. Acessado em 01.05.2016.

ROCHA, E. J. P. **Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia**. 2004. 210f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 2004. (INPE-10243-TDI/904).

ROLIM, P.A.M.; SANTOS, D.M. e ROCHA, E.J.P. Variabilidade da precipitação na Amazônia: implicações socioeconômicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: SBMET, 2006.

SALATI, E.; SANTOS, A.A.; LOVEJOY, T.E.; e KABIN, I. **Porque salvar a floresta Amazônica**. <http://apatotadopitaco.blogspot.com.br/>. 2010. Acessado em 01.03.2012.

SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E. ; GAT, J. R. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. **Water Resource**, v. 15, p. 1250-1258, 1979.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. e CANDIDO, L.A. A quick look at the 2012 record flood in the Amazon Basin. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1396–1401, 2013. doi:10.1002/grl.50245.

SENA, J.A.; FREITAS, M.A.V.; BERRÊDO, D. E FERNANDES, L.C. Evaluation of Vulnerability to Extreme Climatic Events in the Brazilian Amazonia: Methodological Proposal to the Rio Acre Basin. **Water Resources Manage**. V. 26, p. 4553–4568. 2012.

SATYAMURTY, P.; DE CASTRO, A.A.; TOTA, J.; GULARTE, L.E.S; MANZI, A.O. Rainfall Trends in the Brazilian Amazon Basin in the Past eight Decades. **Theoretical Applied Climatology**. V. 99, p. 139–148. 2010.

SHERMAN, P.M; FORD, J.; LLANOS-CUENTAS, A.; VALDIVIA, M.J.; BUSSALLEU, A. Vulnerability and adaptive capacity of community food systems in the Peruvian Amazon: a case study from Panailllo. **Natural Hazards**. V. 77, p. 2049–2079. 2015. DOI 10.1007/s11069-015-1690-1.

SHIKLOMANOV, I.A.; SHIKLOMANOV, A.I.; LAMMERS, R.B.; PETERSON, B.J. & VÖRÖSMARTY, C.J. **The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean The Freshwater Budget of the Arctic Ocean**. ed E L Lewis et al. (Dordrecht: Kluwer Academic) p. 281–96. 2000.

SILVA DIAS, M.A.F.; COHEN, J.C.P. e GANDU, A.W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 215 – 222, 2005.

SOUZA, E. B. de; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the Influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian Rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30, p. 305-318. 2000.

SOUSA JR. W.C. **Serviços Macrosistêmicos da Amazônia e Questões de Escala**. VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. In: <http://slideplayer.com.br/slide/1756166/>. Acesso em 15 de abril de 2016.

TOMASELLA, J.; PINHO, P.F.; BORMA, L.S.; MARENGO, J.A. The droughts of 1997 and 2005 in Amazonia: floodplain hydrology and its potential ecological and human impacts. **Climatic Change**, v. 116, Issue 3-4, p. 723-746. February 2013.

TOMASELLA, J.; BORMA, L.S.; MARENGO, J.A.; RODRIGUEZ, D.A.; CUARTAS, L.A.; NOBRE, C.A. e PRADO, M.C.R. The droughts of 1996–1997 and 2004–2005 in Amazonia: hydrological response in the river main-stem. **Hydrology Process**, v. 25, n. 8, p. 1228–1242. Nov. 2010. DOI: 10.1002/hyp.7889.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre; UFRGS. 669 p. 1998.

TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciências e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH; EDUSP, 1993. 943p.

UNIVERSITÉ VIRTUELLE ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE (UVED). **Les causes de la circulation générale**. Disponível em: <<http://sup.ups-tlse.fr>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

VILLAR, J.C.E.; GUYOT, J.L.; RONCHAIL, J., COCHONNEAU, G.; FILIZOLA, N., FRAIZY, P.; LABAT, D.; OLIVEIRA, E.; ORDONEZ, J.J. ; VAUCHEL, P. Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004). **Journal of Hydrology**, v. 375, p. 297–311. 2009.

ZENG, N.; YOON, J-H.; MARENGO, J.A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A. e NEELIN, J.D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 014002, 9p, 2008. doi:10.1088/1748-9326/3/1/014002.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, p. 1020-1040, Jul. 1998.

YOON, J.-H. ; ZENG, N.: An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Journal Climate**, v. 34, p. 249–264, 2010. doi:10.1007/s00382-009-0551-6.

APÊNDICES

APÊNDICE A- ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA AMAZÔNICA.

(continua)

Sub-bacia	Nome	Coordenadas (Sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
SOLIMÕES	Maraã	01:51:40	65:35:26	Amazonas	Maraã	ANA	1977-2012	36
	Acanauí	-1:49:16	66:36:0	Amazonas	Japurá	COHIDRO	1982-2012	33
	Vila Bittencourt	01:23:41	69:25:42	Amazonas	Japurá	ANA	1977-2012	36
	São Pedro	02:21:00	65:07:00	Amazonas	Maraã	ANA	1982-2012	31
	Fonte Boa	03:12:00	66:10:00	Amazonas	Fonte Boa	INMET	1961-2012	52
	Barro Alto - São Raimundo Do	03:52:30	63:47:09	Amazonas	Coari	ANA	1980-2012	33
	Ipixuna							
	Tefé	03:22:00	64:42:00	Amazonas	Tefé	INMET	1970-2012	43
	Forte Das Graças	-3:38:29	66:6:11	Amazonas	Juruá	ANA	1982-2012	33
	Estirão Da Santa Cruz	04:17:32	65:12:06	Amazonas	Tefé	ANA	1981-2012	32
	Santa Rita do Weil	03:34:23	69:22:15	Amazonas	Santo Antônio do Içá	ANA	1973-2012	40
	Xibaua	05:53:37	67:51:25	Amazonas	Carauari	ANA	1978-2012	35
	Colocação Caxias Novo	05:22:51	68:59:54	Amazonas	Jutaí	ANA	1982-2012	33
	Santos Dumont	06:26:30	68:14:38	Amazonas	Carauari	ANA	1977-2012	36
	Soledade	06:37:00	69:08:00	Amazonas	Eirunepé	ANA	1983-2012	30
	Foz Do Gregório	06:48:00	70:39:00	Amazonas	Eirunepé	ANA	1983-2012	30
	Envira	07:25:41	70:01:21	Amazonas	Envira	ANA	1978-2012	35
	Ipixuna	07:03:03	71:41:03	Amazonas	Ipixuna	ANA	1982-2012	31
	Fazenda Paranacre	07:57:04	71:28:52	Acre	Tarauacá	ANA	1983-2012	30
	Cruzeiro Do Sul	-7:36:40	72:40:52	Acre	Cruzeiro Do Sul	INMET	1982-2012	33
	Seringal Boa Fé	-7:14:9	72:20:1	Amazonas	Ipixuna	ANA	1982-2012	33
	Serra Do Moa	07:26:08	73:39:08	Acre	Cruzeiro Do Sul	ANA	1977-2012	36
	Feijó	08:56:07	72:47:06	Acre	Feijó	ANA	1981-2012	32
	Taumaturgo	08:56:07	72:47:06	Acre	Marechal Thaumaturgo	ANA	1981-2012	32
	Porto Walter	08:16:03	72:44:04	Acre	Porto Walter	ANA	1982-2012(6)	31
	Foz Do Breu	09:24:06	72:42:09	Acre	Marechal Thaumaturgo	ANA	1983-2012(6)	30
	Boa União	02:52:50	68:47:55	Amazonas	Santo Antônio do Içá	ANA	1983-2012	30
	Santo Antônio Do Içá	03:06:06	67:56:08	Amazonas	Santo Antônio do Içá	ANA	1973-2012	40
	São Paulo De Olivença	03:28:00	68:48:00	Amazonas	São Paulo de Olivença	ANA	1972-2012	41
Sub-bacia	Nome	Coordenadas (sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
PURUS	Beruri	-3:53:52	61:22:29	Amazonas	Manacapuru	ANA	1982-2012	33
	Badajós	03:25:06	62:40:43	Amazonas	Codajás	ANA	1982-2012	31
	Arumã – Jusante	04:44:00	62:08:00	Amazonas	Beruri	ANA	1982-2012	31
	Seringal Moreira	05:06:33	63:59:05	Amazonas	Tefé	ANA	1982-2012	31
	Canutama	06:32:20	64:23:09	Amazonas	Canutama	ANA	1981-2012	32
	Lábrea	07:42:09	66:03:05	Amazonas	Lábrea	INMET	1977-2012	36
	Cachoeira	07:42:09	66:03:15	Amazonas	Lábrea	ANA	1978-2012	34
	São Bento	07:31:08	65:21:00	Amazonas	Lábrea	ANA	1983-2012	30
	Seringal Fortaleza	07:43:02	66:59:05	Amazonas	Pauini	ANA	1976-2012	36
	Fazenda Borangaba	-7:33:0	67:33:33	Amazonas	Pauini	ANA	1982-2012	33
	Fazenda Sheffer	08:20:04	65:43:10	Amazonas	Lábrea	ANA	1983-2012	30
	Boca Do Acre	08:44:08	67:24:01	Amazonas	Boca Do Acre	ANA	1973-2012	40
	Manoel Urbano	08:53:03	69:16:05	Acre	Manoel Urbano	ANA	1982-2012	31
	Rio Branco	09:58:33	67:48:00	Acre	Rio Branco	INMET	1970-2012	43
	Restaurante Porteira Do Amazonas	09:30:03	67:16:56	Amazonas	Lábrea	ANA	1981-2012	32
	Seringal Da Caridade	09:02:38	62:34:38	Amazonas	Boca Do Acre	ANA	1973-2012	40
	Seringal Guarany	09:06:37	68:59:36	Acre	Sena Madureira	ANA	1983-2012	30
	Xapuri	10:38:59	68:30:24	Acre	Xapuri	ANA	1978-2012	35
	Assis Brasil	10:56:37	69:33:56	Acre	Assis Brasil	ANA	1981-2012	32
	Brasileia	11:01:24	68:44:06	Acre	Brasileia	ANA	1981-2012	32
Sub-bacia	Nome	Coordenadas (sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
MADEIRA	Nova Olinda Do Norte	03:53:05	59:05:23	Amazonas	Nova Olinda Do Norte	ANA	1980-2012	33
	Manaus	03:07:00	59:57:00	Amazonas	Manaus	INMET	1961-2012	52
	Borba	04:23:29	59:35:54	Amazonas	Borba	ANA	1982-2012	31
	Novo Aripuanã	05:07:16	60:22:59	Amazonas	Novo Aripuanã	ANA	1973-2012	40
	Manicoré	05:49:00	61:18:00	Amazonas	Manicoré	INMET	1928-2012	83
	Santarém Sucunduri	06:47:43	59:02:27	Amazonas	Apui	ANA	1976-2012	37
	Seringal Jenipapo	06:00:01	60:11:16	Amazonas	Novo Aripuanã	ANA	1978-2012	35
	São Rafael	06:14:52	61:50:21	Amazonas	Humaitá	ANA	1978-2012	35
	Nova Esperança	- 6:21:38	61:46:0	Amazonas	Manicoré	ANA	1982-2012	33
	Vila Do Apui	07:12:18	60:38:37	Amazonas	Novo Aripuanã	ANA	1983-2012	30
	Praíinha Velha	07:30:55	63:01:43	Amazonas	Novo Aripuanã	ANA	1975-2012	38
	Boca Do Guariba	-7:42:19	60:34:42	Amazonas	Apui	ANA	1982-2012	33
	Humaitá	07:30:55	63:01:43	Amazonas	Humaitá	ANA	1983-2012	30
	Tabajara	08:55:56	62:03:20	Rondônia	Machadinho D'oeste	ANA	1978-2012	35
	Mineração Oriente Novo	-9:35:11	62:23:38	Rondônia	Machadinho D'oeste	ANA	1982-2012	33
	Mineração Jacundá	09:10:45	62:57:11	Rondônia	Porto Velho	ANA	1979-2012	34
	Santo Antônio Br-364	09:15:38	63:09:43	Rondônia	Porto Velho	ANA	1978-2012	35
	Fazenda Rio Branco	09:53:14	62:59:16	Rondônia	Ariquemes	ANA	1981-2012	32
	Abunã	09:42:11	65:21:53	Rondônia	Porto Velho	ANA	1976-2012	37
	Nova California	09:45:20	66:36:42	Rondônia	Porto Velho	ANA	1978-2012	35
	Pedreiras	09:41:25	65:59:35	Rondônia	Porto Velho	ANA	1983-2012	31
	Humboldt	10:10:31	59:27:06	Mato Grosso	Aripuanã	ANA	1979-2012	34
	Jaru	10:26:45	62:27:56	Rondônia	Jaru	ANA	1977-2012	36
	Seringal 70	10:14:11	62:37:38	Rondônia	Jaru	ANA	1979-2012	34
	Mirante Da Serra	11:00:13	62:39:22	Rondônia	Mirante Da Serra	ANA	1984-2012	29
	Escola Caramurú	10:30:18	63:38:46	Rondônia	Ariquemes	ANA	1979-2012	34

(continuação)

Sub-bacia	Nome	Coordenadas (Sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
MADEIRA	Mineração Ponte Massangana	09:45:39	63:17:15	Rondônia	Ariquemes	ANA	1981-2012	32
	Guajará-Mirim	10:47:33	65:20:52	Rondônia	Guajará-Mirim	ANA	1973-2012	40
	Marco Rondon	12:00:55	60:51:08	Rondônia	Pimenta Bueno	ANA	1978-2012	35
	Fazenda Flor Do Campo	11:44:56	60:52:04	Rondônia	Pimenta Bueno	ANA	1983-2012	30
	Pimenta Bueno	11:41:01	61:11:32	Rondônia	Pimenta Bueno	ANA	1980-2012	33
	Rolim De Moura	11:44:59	61:46:35	Rondônia	Rolim De Moura	ANA	1984-2012	29
	Pedras Negras	12:51:05	62:53:57	Rondônia	Costa Marques	ANA	1981-2012	32
	Príncipe Da Beira	-12:25:37	64:25:21	Rondônia	Costa Marques	ANA	1982-2012	33
	Colorado Do Oeste	13:06:51	60:32:54	Rondônia	Colorado Do Oeste	ANA	1984-2012	29
	Cerejeira	13:11:48	60:49:24	Rondônia	Cerejeiras	ANA	1984-2012	29
	Pimenteiras do Oeste	13:28:47	61:02:47	Rondônia	Pimenteiras Do Oeste	ANA	1984-2012	29
	Pontes E Lacerda	15:12:56	59:21:13	Mato Grosso	Pontes E Lacerda	ANA	1975-2012	38
	Mato Grosso	15:10:29	59:56:57	Mato Grosso	V. B. Santíssima Trindade	ANA	1966-2012	47
Sub-bacia	Nome	Coordenadas (sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
TAPAJÓS	Boca Do Inferno	01:30:00	54:52:17	Pará	Alenquer	ANA	1975-2012	38
	Óbidos	01:54:05	55:31:07	Pará	Óbidos	INMET	1928-2007	80
	Santarém	-2:26:35	54:42:27	Pará	Santarém	ANA	1982-2012	33
	Belterra	02:38:00	54:57:00	Pará	Santarém	INMET	1975-2012	38
	Itaituba	04:49:24	56:00:00	Pará	Itaituba	INMET	1961-2012	52
	Cupari	02:16:06	55:28:50	Pará	Aveiro	ANA	1977-2012	36
	Km 1385 Br-163	04:45:17	56:04:46	Pará	Itaituba	ANA	1980-2012	33
	Rurópolis Presidente Médici	04:05:22	54:54:10	Pará	Aveiro	ANA	1982-2012	31
	Km 1326 Br-163	05:10:57	56:30:28	Pará	Itaituba	ANA	1980-2012	33
	Jatobá	05:09:15	56:03:28	Pará	Itaituba	ANA	1972-2012	41
	Km 1027 Da Br-163	05:10:57	05:09:15	Pará	Itaituba	ANA	1982-2012	31
	Jacareacanga	06:14:09	57:46:32	Pará	Itaituba	ANA	1982-2012	31
	Barra Do São Miguel	07:20:20	58:09:18	Amazonas	Borba	ANA	1975-2012	38
	Km 947 Br-163	08:11:14	55:07:10	Pará	Itaituba	ANA	1977-2012	36
	Santa Rosa	08:52:13	57:24:59	Mato Grosso	Apiacás	ANA	1983-2012	30
	Cachimbo	-9:49:7	54:53:11	Mato Grosso	Guarantã Do Norte	ANA	1982-2012	33
	Alta Floresta	-9:52:13	56:06:08	Mato Grosso	Alta Floresta	ANA	1982-2012	33
	Indeco	10:06:45	55:34:12	Mato Grosso	Carlinda	ANA	1975-2012	38
	Colider	10:47:55	55:26:55	Mato Grosso	Colider	ANA	1983-2012	30
	Trivelato	09:56:30	57:07:59	Mato Grosso	Nova Monte Verde	ANA	1983-2012	30
	Núcleo Ariel	09:51:23	58:14:56	Mato Grosso	Cotriguaçu	ANA	1983-2012	30
	Juruena	-10:18:45	58:30:6	Mato Grosso	Juruena	ANA	1982-2012	33
	Cachoeirão	11:39:04	55:42:09	Mato Grosso	Sinop	ANA	1976-2012	37
	Fazenda Itauba	11:28:17	56:26:00	Mato Grosso	Tabaporã	ANA	1983-2012	30
	Juruá	-11:15:11	57:30:24	Mato Grosso	Juara	ANA	1982-2012	33
	Fontanilhas	11:20:30	58:20:18	Mato Grosso	Juina	ANA	1980-2012	33
	Juina	-11:24:29	58:43:7	Mato Grosso	Juina	ANA	1982-2012	33
	Fazenda Tombador	-11:43:4	58:2:50	Mato Grosso	Brasnorte	ANA	1982-2012	33
	Brasnorte	-12:6:59	58:0:1	Mato Grosso	Brasnorte	ANA	1982-2012	33
	Nova Mutum	-13:48:56	56:7:20	Mato Grosso	Nova Mutum	ANA	1982-2012	33
	Nova Maringá	13:03:58	57:06:48	Mato Grosso	Nova Maringá	ANA	1983-2012	30
	Bacaval	-13:38:29	58:17:21	Mato Grosso	Campo Novo Do Parecis	ANA	1982-2012	33
	Fazenda Tucunaré	-13:28:0	58:58:30	Mato Grosso	Sapezal	ANA	1982-2012	33
	Comodoro Padronal	13:10:59	59:52:37	Mato Grosso	Comodoro	ANA	1983(3)-2012	30
	Vila Alegre	-13:46:41	59:46:3	Mato Grosso	Comodoro	ANA	1982-2012	33
	Paranatinga	14:25:04	54:02:58	Mato Grosso	Paranatinga	ANA	1974-2012	39
	Nova Brasilândia	-14:55:34	54:58:22	Mato Grosso	Nova Brasilândia	ANA	1982-2012	33
	Deciolândia	14:11:00	57:30:25	Mato Grosso	Diamantino	ANA	1983-2012	30
	Serra Brasfor	14:23:30	58:14:04	Mato Grosso	Tangará Da Serra	ANA	1983-2012	30
Sub-bacia	Nome	Coordenadas (Sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
XINGU	Porto de Moz	01:44:00	52:14:00	Pará	Porto de Moz	INMET	1951-2012	62
	Almeirim	01:31:35	52:34:42	Pará	Almeirim	ANA	1982-2012	31
	Praíha	01:48:04	53:28:48	Pará	Praíha	ANA	1980-2012	33
	Arapari	01:46:25	53:23:50	Pará	Monte Alegre	ANA	1972-2012	41
	Santa Cruz	-1:10:44	53:35:58	Pará	Praíha	ANA	1982-2012	33
	Monte alegre	02:00:08	54:04:35	Pará	Monte Alegre	INMET	1974-2012	39
	Fazenda Cipaubá	03:43:23	51:34:05	Pará	Senador José Porfirio	ANA	1981-2012	32
	Altamira	03:12:51	52:12:47	Pará	Altamira	INMET	1928-2012	85
	Brasil Novo	03:18:28	52:31:31	Pará	Altamira	ANA	1982-2012	31
	Uruará	03:40:40	53:33:16	Pará	Praíha	ANA	1977-2012	36
	Sítio São Pedro	03:53:20	54:18:54	Pará	Santarém	ANA	1977-2012	36
	Monte Alegre do Xingu	04:39:56	52:43:13	Pará	Altamira	ANA	1976-2012	37
	Fazenda Marcondes	03:57:59	54:32:31	Pará	Itaituba	ANA	1982-2012	31
	Cajueiro	05:39:01	54:31:15	Pará	Altamira	ANA	1975-2012	38
	Boa Esperança	06:42:09	51:47:55	Pará	São Félix do Xingú	ANA	1976-2012	37
	Apalai	01:13:13	54:39:22	Pará	Almeirim	ANA	1980-2012	33
	Vila São José do Xingu	10:48:26	52:44:46	Mato Grosso	São José do Xingu	ANA	1976-2012	37
	Fazenda Santa Emília	10:32:21	53:36:32	Mato Grosso	Marcelândia	ANA	1977-2012	36
	Vera Agrovensa	12:48:47	54:45:06	Mato Grosso	Vera	ANA	1983-2012	30
	Araguaia Suia	11:43:48	51:59:20	Mato Grosso	São Félix do Araguaia	ANA	1983-2012	30
	Divínea	12:56:23	51:49:35	Mato Grosso	Ribeirãoascalheira	ANA	1983-2012	30
	Fazenda Sete de Setembro	-13:53:1	52:24:46	Mato Grosso	Água Boa	ANA	1982-2012	33
	Fazenda Agrochapada	- 13:26:54	54:16:52	Mato Grosso	Paranatinga	ANA	1982-2012	33
	Água Boa	14:04:35	52:09:01	Mato Grosso	Água Boa	ANA	1983-2012	30
	Núcleo Colonial Rio Ferro	12:31:04	54:54:45	MATO GROSSO	FELIZ NATAL	ANA	1977-2012	36

(conclusão)

Sub-bacia	Nome	Coordenadas		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
NEGRO	Base Alalaú	00:21:31	60:31:12	Roraima	Rorainópolis	ANA	1978-1982	25
							1991-2012	
	Santa Maria Do Boiaçu	-0:30:24	61:47:9	Roraima	Rorainópolis	ANA	1983-2012	30
	Barcelos	00:58:04	62:55:43	Amazonas	Barcelos	INMET	1961-2012	52
	Cumaru	00:35:54	63:23:52	Amazonas	Barcelos	ANA	1978-2012	35
	Tapuruquara	00:25:13	65:00:55	Amazonas	Santa Izabel Do Rio Negro	ANA	1983-2012	30
	Livramento	00:17:20	66:09:12	Amazonas	São Gabriel Da Cachoeira	ANA	1977-2012	36
	São Gabriel Da Cachoeira	00:07:00	67:00:00	Amazonas	São Gabriel Da Cachoeira	INMET	1961-2012	52
	Moura	01:27:00	61:38:00	Amazonas	Barcelos	ANA	1979-2012	34
	Carvoeiro	01:23:40	61:58:45	Amazonas	Barcelos	ANA	1974-2012	39
	Umanapana	01:53:14	62:26:12	Amazonas	Barcelos	ANA	1982-2012	31
	Novo Airão	02:37:12	60:56:52	Amazonas	Novo Airão	ANA	1982-2012	31
	Baruri	02:01:29	61:32:29	Amazonas	Novo Airão	ANA	1982-2012	31
	Manaus	03:07:00	59:57:00	Amazonas	Manaus	INMET	1961-2012	52
	Manacapuru	03:18:30	60:27:38	Amazonas	Manacapuru	ANA	1972-2012	41
	Caapiranga	-3:19:47	61:12:48	Amazonas	Codajás	ANA	1983-2012	30
	Fazenda São José	00:31:04	60:27:38	Roraima	Rorainópolis	ANA	1983-2012	30
	Posto Ajuricaba	00:53:03	62:37:20	Amazonas	Barcelos	ANA	1982-2012	31
	São Felipe	00:22:16	67:18:49	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	ANA	1978-2012	35
	Maloca São Tomé	00:10:33	67:56:45	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	ANA	1983-2012	30
	Taraquá	00:07:53	68:32:26	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	ANA	1961-2012	52
	Iauaretê	00:37:00	69:12:00	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	INMET	1961-2012	52
	Pari Cachoeira	0:15:6	69:47:4	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	ANA	1983-2012	30
	Fazenda Paraná	01:07:35	60:23:58	Roraima	Rorainópolis	ANA	1980-2012	33
	Caracarái	01:49:17	61:07:25	Roraima	Caracarái	ANA	1976-2012	37
	Cucuí	01:12:53	66:51:08	Amazonas	São Gabriel Da Cachoeira	ANA	1981-2012	32
	Missão Içana	01:04:27	67:35:36	Amazonas	São Gabriel Da Cachoeira	ANA	1981-2012	32
	Tunui	01:23:20	68:09:13	Amazonas	São Gabriel Da Cachoeira	ANA	1981-2012	32
	Fazenda Verdum	2:25:8	59:55:6	Roraima	Bonfim	ANA	1983-2012	30
	Boa Vista	02:49:00	60:39:00	Roraima	Boa Vista	INMET	1958-2012	55
	Fé E Esperança	02:52:15	61:26:26	Roraima	Mucajái	ANA	1966-2012	47
	Missão Surucucu	2:50:9	63:38:30	Roraima	Alto Alegre	ANA	1983-2012	30
	Bonfim	3:22:42	59:48:56	Roraima	Bonfim	ANA	1983-2012	30
	Maloca Do Contão	4:10:0	60:31:44	Roraima	Pacaraima	ANA	1983-2012	30
	Fazenda Passarão	3:12:28	60:34:16	Roraima	Boa Vista	ANA	1983-2012	30
	Fazenda São João	03:39:39	61:23:02	Roraima	Amajari	ANA	1980-2012	33
	Boqueirão	03:17:17	61:17:17	Roraima	Alto Alegre	ANA	1980-2012	33
	Vila Surumu	04:11:46	60:47:38	Roraima	Pacaraima	ANA	1984-2012	29
	Nova Esperança/Marco Bv-8	4:28:49	61:9:6	Roraima	Pacaraima	ANA	1983-2012	30
Sub-bacia	Nome	Coordenadas		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
TROMBETAS	Oriximiná	01:45:35	55:51:41	Pará	Oriximiná	ANA	1968-2012	45
	Vista Alegre - Conj.1	01:07:49	56:03:12	Pará	Oriximiná	ANA	1977-2012	36
	Cach Da Porteira - Conj 1	01:05:15	57:02:49	Pará	Oriximiná	ANA	1975-2012	38
	Posto Abonari - Funai	01:17:56	60:23:59	Amazonas	Presidente Figueiredo	ANA	1977-2012	36
	Parintins_1	02:38:00	56:44:00	Amazonas	Parintins	INMET	1961-2012	52
	Juruti	02:09:08	56:42:38	Pará	Juruti	ANA	1982-2012	31
	Nhamundá	02:11:23	56:45:06	Amazonas	Nhamundá	ANA	1982-2012	31
	Parintins	02:37:59	56:45:06	Amazonas	Parintins	ANA	1977-2012	36
	Urucara	02:32:16	57:45:49	Amazonas	Urucará	ANA	1977-2012	36
	Barreirinha	02:47:32	57:03:52	Amazonas	Barreirinha	ANA	1982-2012	31
	Cachoeira Morena	02:06:52	59:20:07	Amazonas	Presidente Figueiredo	ANA	1974-2012	39
	Presidente Figueiredo	-2:2:30	60:1:33	Amazonas	Presidente Figueiredo	ANA	1983-2012	30
	Itacoatiara	03:08:15	58:26:35	Amazonas	Itacoatiara	INMET	1961-2012	52
	Balsa Do Rio Urubú	02:54:47	59:02:36	Amazonas	Itacoatiara	ANA	1977-2012	36
	Osório Fonseca	03:49:00	58:17:10	Amazonas	Nova Olinda Do Norte	ANA	1982-2012	31
	Tírios	02:13:31	55:56:57	Pará	Almeirim	INMET	1972-2012	41
Sub-bacia	Nome	Coordenadas (Sul e oeste)		Estado	Município	Responsável	Período	Anos
		Latitude	Longitude					
JARI	Soure	04:44:00	48:31:00	Pará	Soure	INMET	1961-2012	52
	Navio	00:23:57	51:25:13	Amapá	Mazagão	ANA	1981-2012	32
	São Francisco	00:34:16	52:34:30	Amapá	Laranjal do Jari	ANA	1967-2012	46
	Oeiras do Pará	02:00:07	49:51:49	Pará	Oeiras do Pará	ANA	1982-2012	31
	Breves	01:40:48	50:28:41	Pará	Breves	INMET	1967-2012	46
	Jarilândia	01:07:24	51:59:47	Pará	Alenquer	ANA	1980-2012	33
	Acampamento IBDF	01:47:32	51:15:44	Pará	Portel	ANA	1981-2012	32
	Areias	01:12:47	51:15:44	Pará	Melgaço	ANA	1983-2012	30
	Cipoal	2:47:06	50:27:13	Pará	Portel	ANA	1978-2012	35
	Maracacuera Florestal	01:59:30	50:22:07	Pará	Portel	ANA	1978-2012	35
	Fazenda Estrela do Norte	03:52:14	50:27:46	Pará	Portel	ANA	1978-2012	35
	Granja Gazela	03:25:10	51:15:21	Pará	Portel	ANA	1978-2012	35
	Carmo	0:30:29	50:44:54	Amapá	Macapá	ANA	1983-2012	30
	Macapá	00:02:42	51:06:35	Amapá	Macapá	INMET	1958-2012	55
	Porto Iriri	0:18:12	51:7:36	Amapá	Macapá	ANA	1983-2012	30

Fonte: Da autora

APÊNDICE B - POSTOS FLUVIOMÉTRICAS NA BACIA AMAZÔNICA.

Nome	Bacia	Rio	Período de dados	Área de drenagem	Latitude	Longitude
São Francisco	Jari	Iratapuru	1982-2012	51.300	-00:34:04	52:34:09
Arapari	Xingu	Maicuru	1982-2012	12.400	-01:46:44	54:23:50
Altamira	Xingu	Xingu	1982-2012	448.000	-03:12:53	52:12:44
Óbidos	Tapajós	Solimões/ Amazonas	1982-2012	4.670.000	-01:55:09	55:30:47
Indeco	Tapajós	Teles pires	1982-2012	52.200	-10:06:48	55:34:14
Itaituba	Tapajós	Pajós	1982-2012	458.000	-04:16:32	55:58:56
Garganta	Trombetas	Tapajós	1993-2012	39.000	-00:59:52	57:02:35
Caramujo	Trombetas	Tapajós	1995-2012	51.700	-01:03:54	57:03:41
Jatuarana	Madeira	Solimões/ Amazonas	1982-2012	2.930.000	-03:03:48	59:38:52
Manicoré	Madeira	Madeira	1982-2012	1.150.000	-05:49:00	61:18:07
Santarém Sucunduri	Madeira	Sucunduri	1982-2012	12.700	-06:47:44	59:02:32
Manacapuru	Negro	Solimões/ Amazonas	1982-2012	2.200.000	-03:18:38	60:36:34
Cucuí	Negro	Negro	1982-2012	74.300	01:12:55	66:51:09
São Felipe	Negro	Negro	1982-2012	124.000	00:22:18	67:18:46
Uaraçu	Negro	Vaupés/Uaupés	1982-2012	40.200	00:28:37	69:07:41
Curicuriari	Negro	Negro	1982-2012	1.940.000	-00:12:02	66:48:08
Serrinha	Negro	Negro	1982-2012	293.000	-00:28:55	64:49:44
Seringal Moreira	Purus	Negro	1982-2012		-05:06:33	63:59:05
Itapéua	Purus	Solimões/ Amazonas	1982-2012	1.780.000	-04:03:28	63:01:40
Canutama	Purus	Purus	1982-2012	236.000	-06:32:52	64:14:36

Fonte: Da autora

APÊNDICE C - MUNICÍPIOS BANHADOS PELOS AFLUENTES E CALHA PRINCIPAL DO AMAZONAS

Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
AMAZONAS	Apuí	Madeira	06:47:43	59:02:27
	Atalaia do Norte	Solimões	-4:20:27	70:54:20
	Barcelos	Negro	00:58:04	62:55:43
	Boca do Acre	Purus	08:44:08	67:24:01
	Canutama	Purus	06:32:20	64:23:09
	Carauari	Solimões	05:53:37	67:51:25
	Coari	Purus	04:05:00	63:08:00
	Eirunepé	Solimões	06:40:00	69:52:00
	Envira	Solimões	07:25:41	70:01:21
	Fonte Boa	Solimões	03:12:00	66:10:00
	Ipixuna	Solimões	07:03:03	71:41:03
	Itamarati	Solimões	-6:26:25	68:14:46
	Japurá	Solimões	01:23:41	69:25:42
	Jutaí	Solimões	05:22:51	68:59:54
	Lábrea	Purus	07:42:09	66:03:05
	Manacapuru	Negro	03:18:30	60:27:38
	Manaus	Negro	03:07:00	59:57:00
	Manicoré	Madeira	05:49:00	61:18:00
	Pauni	Purus	07:43:02	66:59:05
	Presidente Figueiredo	Trombetas	02:06:52	59:20:07
	Santa Izabel Do Rio Negro	Negro	00:25:13	65:00:55
	Santo Antônio Do Içá	Solimões	03:06:06	67:56:08
	São Gabriel Da Cachoeira	Negro	00:07:00	67:00:00
	São Paulo de Olivença	Solimões	03:28:00	68:48:00
	Tefé	Solimões	03:22:00	64:42:00
Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
PARÁ	Alenquer	Solimões	01:07:24	51:59:47
	Almeirim	Xingu	01:31:35	52:34:42
	Altamira	Xingu	03:12:51	52:12:47
	Itaituba	Tapajós	04:49:24	56:00:00
	Monte Alegre	Xingu	02:00:08	54:04:35
	Óbidos	Tapajós	01:54:05	55:31:07
	Pacajá	Jari	-3:51:14	50:38:10
Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
RONDÔNIA	Porto Velho	Madeira	08:46:00	63:55:00
Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
RORAIMA	Alto Alegre	Negro	03:17:17	61:17:17
	Boa Vista	Negro	02:49:00	60:39:00
	Mucajai	Negro	02:52:15	61:26:26
	Rorainópolis	Negro	00:31:04	60:27:38
Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
ACRE	Assis Brasil	Purus	10:56:37	69:33:56
	Cruzeiro Do Sul	Solimões	07:26:08	73:39:08
	Feijó	Solimões	08:56:07	72:47:06
	Mancio Lima	Solimões	-7:26:48	73:39:52
	Marechal Thaumaturgo	Solimões	08:56:07	72:47:06
	Rio Branco	Purus	09:58:33	67:48:00
Estado	Município	Sub-Bacia	Lat.	Log.
MATO GROSSO	Alta Floresta	Tapajós	-9:38:26	56:01:10
	Carlinda	Tapajós	10:06:45	55:34:12
	Guarantã no Norte	Tapajós	10:47:55	55:26:55
	Juína	Tapajós	11:20:30	58:20:18
	Lucas Rio Verde	Tapajós	-13:03:07	55:54:18
	Sorriso	Tapajós	12:40:30	55:47:35

Fonte: Da autora