

VARIABILIDADE DO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA AMAZÔNICA

Variability of the Hydrological Regime of the Amazon Basin

Eliane de Castro Coutinho*
Edson José Paulino da Rocha**
Aline Maria Meiguins Lima***
Hebe Morganne Campos Ribeiro****

***Universidade do Estado do Pará - UEPA / Belém, Pará**
elianerik@gmail.com

****Universidade do Federal do Pará - UEPA / Belém, Pará**
eprocha@ufpa.br

*****Universidade do Federal do Pará - UEPA / Belém, Pará**
alinemeiguins@gmail.com

******Universidade do Estado do Pará - UEPA / Belém, Pará**
hebemcr@gmail.com

RESUMO

A Bacia Amazônica é afetada por episódios de secas e enchentes, como El Niño (EN), La Niña (LN), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), causando graves alterações nos fluxos dos rios. Assim, o objetivo deste estudo é analisar como os recursos hídricos em nossa bacia hidrográfica contribuem para o fluxo do rio principal da bacia amazônica, bem como o seu comportamento em face de adversidades climáticas, temporais e espaciais, no período de 1982 a 2012, a partir de 16 postos fluviométricos ao longo do principal canal da Bacia, esse fluxo depende das variações de seus afluentes, na margem direita e na margem esquerda, e foi verificado que a tendência de aumento da vazão média no canal coincidiu com os afluentes da margem esquerda, ou seja, nas bacias do Rio Negro, Trombetas e Jari. Quanto à magnitude do fluxo, isso depende dos afluentes da margem direita, a bacia do rio Purus, Madeira, Tapajós e Xingu. A sazonalidade da bacia amazônica mostra 65% do fluxo total na época das cheias e 35% na seca e os postos ao longo do canal têm uma tendência crescente na amplitude do fluxo médio anual, medida que se aproxima da entrada. A tendência de crescimento 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, já com relação a amplitude de vazão a influência é ocasionada tanto pelos afluentes da margem esquerda como direita, exceto, a bacia do Rio Purus.

Palavras-chave: Vazão. Eventos Extremos. Seca. Cheia.

ABSTRACT

The Amazon Basin is affected by episodes of droughts and floods, such as El Niño (EN), La Niña (LN), Intertropical Convergence Zone (ZCIT) and South Atlantic Convergence Zone (SACZ), causing serious changes in river flows. Thus, the objective of this study is to analyze how the water resources in our basin contribute to the flow of the main river of the Amazon basin, as well as its behavior in the face of climatic, temporal and spatial adversities, from 1982 to 2012, to From 16 fluviometric stations along the main channel of the Basin, this flow depends on the variations of its tributaries, in the right margin and the left margin, and it was verified that the tendency of increase of the average flow in the channel coincided with the tributaries of the left margin, That is, in the Rio Negro, Trombetas and Jari basins. As for the magnitude of the flow, this depends on the tributaries of the right bank, the Purus river basin, Madeira, Tapajós and Xingu. The seasonality of the Amazon basin shows 65% of the total flow in the flood season and 35% in the drought and the stations along the channel have an increasing tendency in the amplitude of the average annual flow, as it approaches the entrance.

The trend of average flow in the channel coincided with the tributaries of the left margin, the Rio Negro, Rio Trombetas and Rio Jari basins, and the magnitude of the flow depends on the tributaries of the right margin, the Purus River, the Madeira River, the Rio Tapajós and the Xingu River, with respect to the flow range the influence is caused by both the left and right river tributaries, except for the Purus River basin.

Keywords: Flow rate. Extreme Events. Dry. Full.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém 11,6% de toda água doce do mundo e a região Amazônica contribui com cerca de 70% (ROCHA, 2004). 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 é alterado o uso do solo 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 possuírem uma vazão média anual em torno de $180 \text{ mil m}^3\text{s}^{-1}$ (SHIKLOMANOV et al., 2000). Contudo a variabilidade da precipitação e da vazão na bacia Amazônica são aspectos de grande preocupação, em função do desmatamento, das queimadas, dos eventos extremos e dos fenômenos meteorológicos, como o EN, que provocam a seca e incêndios florestais (FEARNSIDE, 2009) e LN, que ao contrário eleva os índices pluviométricos, causando enchentes.

A Bacia Amazônica abrange os Estados do Amazonas, Roraima, Acre, Rondônia, Amapá, Pará e parte do Mato Grosso, 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, englobando um total de 10 sub-bacias e 2.752 rios (ANA, 2015).

A parte Nordeste da bacia Amazônica é relacionada com a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região tropical, a estação chuvosa é observada quando o Pacífico equatorial e no norte (sul) Atlântico tropical são anormalmente frios (quentes). As anomalias negativas de precipitação no nordeste da Amazônia estão intimamente relacionados com El Niño Oscilação Sul (ENOS) durante todo o ano, porém durante o outono as anomalias de precipitação passam a ser influenciadas pela TSM do Atlântico tropical, no entanto nem todas as anomalias de precipitação no Nordeste da Amazônia estão associadas com anomalias de TSM tropicais, conforme Ronchail et al. (2002). Richey, Nobre e Deser (1989) também encontraram relações entre o ENOS e a variabilidade do fluxo de vazão na Bacia Amazônia, entre 1903 e 1985.

Os eventos extremos são problemas graves na Amazônia, principalmente em áreas onde a urbanização foi acelerada e desordenada com pouca ou nenhuma infra-estrutura. Marengo et al. (2008) estudou a maior seca que ocorreu na Amazônia ocidental nos últimos cem anos. Na seca de 2005 afetou 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. Xavier et al. (2012), também identificou na Bacia Amazônica, entre 2003-2008, a seca no final de 2005 que afetou a parte ocidental e central da bacia e condições muito úmidas em meados de 2006, no leste, norte e sul regiões da bacia, afirmando que a mudança espaço-temporal da hidrologia da bacia Amazônica é pelo menos parcialmente impulsionado pelo fenômeno ENOS.

Sendo assim, esse trabalho tem uma grande importância científica por analisar de forma integrada todas as sub-bacias da Bacia Amazônica, o que ainda não foi abordado profundamente por outros autores. Portanto a grande questão científica discutida neste trabalho foi: Qual o funcionamento espacial e temporal da Bacia Amazônica e seus afluentes? Assim sendo, o objetivo principal do trabalho é estudar o regime hidrometeorológico da Bacia Amazônica, determinando as variabilidades temporais e espaciais da vazão em cada sub-bacia da Bacia Amazônica Brasileira.

2. BACIA AMAZÔNICA BRASILEIRA

2.1. Regime hidrológico

Callède et al. (2002) e Molinier et al. (1996) afirmam que o rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime hidrológico anual, quando as sub-bacias estão no regime de estiagem são compensadas pelas sub-bacias na época de cheia, assim o regime hidrológico anual varia 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, com 70% da precipitação total anual e a estação seca, que vai de maio a outubro, somente os 30%, e segundo Latrubesse, Stevauxb, e Sinha (2005) alguns rios tropicais mostram dois picos de cheias durante o ano.

O regime de chuvas na Bacia Amazônia é diferente nos afluentes da margem esquerda e da direita, pois a margem esquerda é influenciada pelo deslocamento da ZCIT e a margem direita pela ZCAS, pois a precipitação máxima nos afluentes da margem direita ocorre dois meses antes (dezembro-janeiro-fevereiro) da precipitação máxima na calha principal (fevereiro-março-abril) e 6 meses mais cedo do que sobre os afluentes da margem esquerda (junho-julho-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 afluentes da margem esquerda, que são, em janeiro-fevereiro-março, segundo os estudos de Tomasella et al. (2013).

Segundo Marcuzzo, Cardoso, Faria (2011) existe uma tendência na diminuição da precipitação no Mato Grosso entre junho e julho com índices pluviométricos médios, entre 1977 e 2006 diminuindo na ordem de 12,25% e segundo Marcuzzo, Rocha, Melo (2010) o extremo noroeste e norte têm os maiores volumes de chuvas e ao sul os menores.

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, ocorrendo diminuição do “*runoff*” na fase baixa na região sul, e o aumento na fase alta na região Noroeste, a partir dos anos noventa. Mostraram também que as mudanças nos extremos de vazão estão relacionadas com a variação regional plurianual de precipitação e a circulação atmosférica.

García e Merchoso (2005) estudaram bacias hidrográficas da América do Sul durante 30 anos (1968 a 1980) e verificaram 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 EN. Satyamurty et al. (2013) também obtiveram resultados que comprovam os estudos de García e Merchoso (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 a ZCIT mais ao sul, também confirmado por Tomasella et al. (2013).

2.2. Eventos extremos de precipitação

2.2.1. Extremos de seca

As anomalias positivas de TSM tanto no Pacífico Leste, como no Atlântico Norte Tropical, associadas a ventos fortes, a célula de Walker se desloca meridionalmente de Oeste para Leste, 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 as secas. Contudo Espinoza et al. (2011) estudaram as secas de 1995, 1998, 2005 e 2010 no alto Solimões e detectaram que em 2010 foi a mais grave das últimas

décadas se comparada a de 2005, pois a intensidade e a duração foi explicada pela formação de um EN e um episódio muito quente no Atlântico. Já Fisch, Marengo e Nobre (1998), mostram que o EN de 1982-1983 provocou um período muito seco de Janeiro e Fevereiro na Amazônia Central, sendo de até -70% na área de Manaus (AM) e de -20 % em Belém.

Tal como em 2005, a falta de água em 2010 foi mais importante 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 a 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 teve 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 et al., 2014).

Na Amazônia os extremos pluvio e fluviométricos não acontecem no mesmo espaço, no mesmo período e nem na mesma intensidade, sendo comprovado por Marengo et al. (2008), pois em 2005, grandes partes da Amazônia ocidental experimentaram uma seca que afetou a população ao longo do Rio Amazonas, do Solimões e do Madeira, porém 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.

Vários estudos, como 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, mas também ao Oceano Atlântico Norte e Sul durante o período de transição entre a estação chuvosa e a seca. Aragão et al. (2007) e Richey, Nobre e Deser (1989) 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 ENOS causam anomalias pluviométricas, e consequentemente anomalias na vazão, no Norte, Centro e Leste da Amazônia e quando as secas estão associadas a AMO as anomalias ocorrem principalmente no oeste da Amazônia. Zeng et al. (2008) também constaram 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.

2.2.2. Extremos de chuva

Ronchail et al. (2005) afirmam que, na bacia do Mamoré são observadas inundações consecutivas, o armazenamento de água do solo contribui para a ocorrência do segundo ou do terceiro evento de inundação e com isso a anomalia pluviométrica geralmente é mais fraca. Dois terços dos 22 eventos de inundação ocorridos de 1945 a 1999 foi associado com as Anomalias de Temperatura da Superfície do Oceano Atlântico Sul.

Além das secas a Amazônia também é afetada por enchentes, a de 2009, a magnitude e duração foi a maior das 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 entre 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, onde 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, influenciando também o sul da região Amazônica (SATYAMURTY et al., 2013 e MARENGO et al., 2013). Este padrão observado em 2012 não foi encontrado durante outros anos chuvosos na Amazônia, tais como 1989, 1999 e 2009, sugerindo a La Niña como a principal causa dessa chuva na Amazônia ocidental de outubro a dezembro, iniciando mais cedo e permanecendo até março de 2012, principalmente no noroeste da Amazônia.

Callède et al. (2004) analisaram 97 anos de dados do escoamento do rio Amazonas em Óbidos, entre 1903-1999, com um aumento de 9% nas vazões médias anuais, e de 10% para as enchentes, entre 1945 e 1998 ocorreu boa correlação entre a precipitação e escoamento superficial, devido a comparação entre a evolução das vazões médias anuais e a precipitação anual média da bacia. 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.

Dantas et al. (2012) indicam que as teleconexões AMO e Oscilação Decadal do Pacífico (PDO) influenciam a precipitação total anual e consequentemente a vazão da Amazônia Ocidental, no período de 1961 a 2001. Yoon e Zeng (2010) afirmam que o resfriamento do Atlântico Norte poderia induzir condições de chuva sobre a Bacia Amazônica, especialmente na estação seca, sendo a influência do Atlântico Norte é mais forte do que a do Atlântico Sul. Além disso, Gloor et al. (2013) relataram que desde 1990 os valores máximos de vazão ficaram maiores e os mínimos menores e Satyamurty et al. (2013) indicaram que as secas severas e inundações ocorreram com maior frequência nos últimos 40 anos, aumentando a amplitude da vazão, assim, Tomassela et al. (2011) encontraram evidências de que a bacia Amazônica se tornou mais úmida a partir de 1990. Angelis e McGregor (2004), Fitzjarrald et al. (2008) e Curtis e Hastenrath (1999) também relataram aumento na precipitação e na vazão na Bacia Amazônica. Entretanto Costa e Forley (1999), Marengo (2004) e Buarque et al. (2009) relatam tendências de secagem para toda a bacia. Assim, segundo Buarque et al. (2009), as tendências temporais de precipitação sobre a bacia amazônica não são totalmente claras, pois existem muitos resultados aparentemente conflitantes.

Guimberteau et al. (2013) analisaram um dos cenários do IPCC (SRESA1B) para o meio do século e nenhuma mudança foi detectada no fluxo Rio Amazonas, porém em Óbidos ocorreu uma diminuição de descarga em 10% na época seca. Na parte superior ocidental da bacia a precipitação foi elevada em 7% no meio do século 21 e 12% no final do século. Contudo a precipitação diminuiu nas estações secas, na parte sul, leste e norte bacia, diminuindo ainda mais no Rio Xingu, onde atinge 50%, associado a uma redução de 9% no coeficiente de escoamento e de 18% na vazão. Assim os autores concluíram, que as variações de vazão e precipitação indicam que sub-bacias do sul se tornarão mais sensíveis às mudanças de precipitação (com um aumento de 5 à 35%) do que as sub-bacias ocidentais.

Apesar da Amazônia, abrigar uma pequena parte da população mundial 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 como constado por Guimberteau et al. (2013).

Vale ressaltar, conforme CPRM (2006), em suas análises entre o período de 1977 e 2006, que a parte oeste e norte da região Amazônica são as que mais chovem, com uma média entre 2700 e 3000 mm/anuais e na parte centro-sul a que menos chove, com média entre 800 e 1500mm anuais.

3. MATERIAL 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.

Foram utilizados 16 postos fluviométricos dentre 62 avaliados, com 31 anos de dados de vazão (m^3s^{-1}), no período de 1982 a 2012, exceto nos postos de Caramujo e Garganta, que o período foi de 1992 a 2012, da Agência Nacional de Águas (ANA). Os referidos postos localizam-se na bacia do Solimões e nas sub-bacias do Purus, Negro, Madeira, Tapajós, Trombetas, Xingu e Jari, dentro da Bacia Amazônica, entre as latitudes de 05°N e 20°S e longitudes de 50 e 80°W, diferenciando-se da localização da Região Amazônica que encontra-se entre 06°N e 18°S de latitude e entre 46 e 74°W de longitude, conforme mostrado na Figura 1. A Tabela 1 apresenta a localização de cada posto fluviométrico com identificação das operadoras.

Figura 1 – Localização dos postos fluviométricos utilizadas

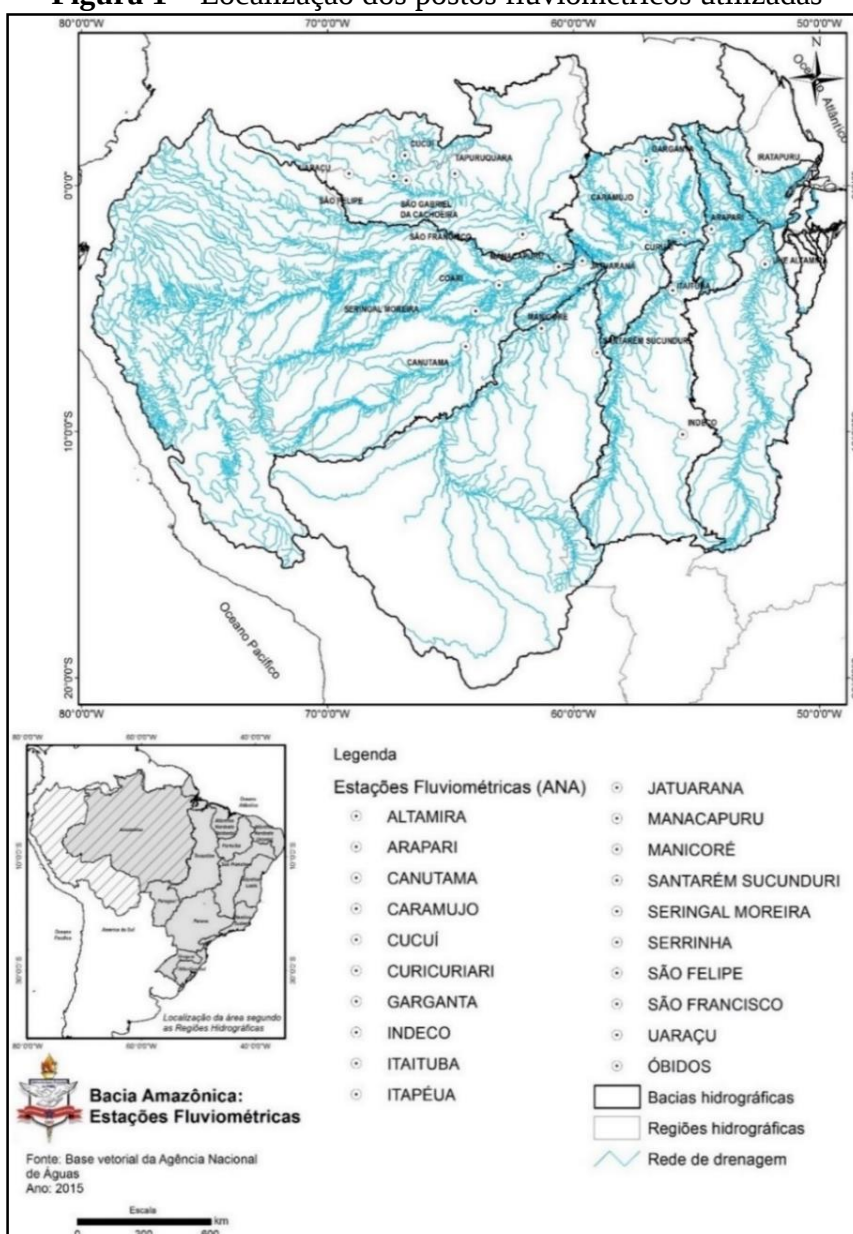


Tabela 1 – Postos Fluviométricos na Bacia Amazônica

Posto (Operadora)	Bacia/Rio	Período de dados	Área de drenagem	Lat.	Long.	Posto (Operadora)	Bacia/Rio	Período de dados	Área de drenagem	Lat.	Long.
São Francisco (ANA)	Jari/ Iratapuru	1982-2012	51 300	-00:34:04	-52:34:09	Santarém Sucunduri (ANA)	Madeira/ Sucunduri	1982-2012	12 700	-06:47:44	-59:02:32
Arapari (ANA)	Xingu/ Maicuru	1982-2012	12 400	-01:46:44	-54:23:50	Cucui (ANA)	Negro	1982-2012	74 300	01:12:55	-66:51:09
Altamira (INMET)	Xingu	1982-2012	448 000	-03:12:53	-52:12:44	São Felipe (ANA)	Negro	1982-2012	124 000	00:22:18	-67:18:46
Indeco (ANA)	Tapajós/ Teles pires	1982-2012	52 200	-10:06:48	-55:34:14	Uaraçu (ANA)	Negro/ Uaupés	1982-2012	40 200	00:28:37	-69:07:41
Itaituba (INMET)	Tapajós/ Pajós	1982-2012	458 000	-04:16:32	-55:58:56	Curicuriari (ANA)	Negro	1982-2012	1 940 000	-00:12:02	-66:48:08
Garganta (ANA)	Trombetas	1993-2012	39000	-00:59:52	-57:02:35	Serrinha (ANA)	Negro	1982-2012	293 000	-00:28:55	-64:49:44
Caramujo (ANA)	Trombetas	1995-2012	51700	-01:03:54	-57:03:41	Seringal Moreira (ANA)	Purus/Coari	1982-2012	8200	-05:06:33	-63:59:05
Manicoré (INMET)	Madeira	1982-2012	1 150 000	-05:49:00	-61:18:07	Canutama (ANA)	Purus	1982-2012	236 000	-06:32:52	-64:14:36

Fonte: ANA (2015), adaptada pelos Autores, 2015.

Para análise e consistência das falhas de dados na rede fluviométrica foi feito o preenchimento, através de procedimento estatístico (linha de tendência), adotando-se o coeficiente de correlação R^2 , mais próximo de 1. Na avaliação temporal da vazão foram utilizadas medidas de tendência central, para as variabilidades mensal, sazonal, interanual e climatológica, conforme a equação (1) e desvio padrão, conforme a equação (2).

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

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

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 e σ – desvio padrão.

A média climatológica foi usada para definir os períodos de estiagem e cheia, e também para identificar a variabilidade temporal da vazão dos afluentes da margem direita e os da margem esquerda relacionados com a ocorrência dos fenômenos EN e LN, que foi baseada na Tabela 2, que representa as anomalias das médias trimestrais da temperatura da superfície do Oceano Pacífico no período de estudo, disponibilizada por NOAA (2015), e na Tabela 3 que ilustra a intensidade do EN e LN, disponibilizada por CPTEC (2015).

Tabela 2 – 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.

Para determinar a relação da variabilidade temporal da vazão com os eventos extremos meteorológicos foi feita a normalização dos dados de vazão, conforme a equação (3).

$$Q_n = \frac{Q_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (3)$$

Em que, Q_n é a vazão normalizada; Q_i é a vazão observada; $\bar{x}$ é a média aritmética e σ é o desvio padrão.

Após utilizar a equação (3), foram utilizadas as equações (1) e equação (2) para definir os pontos de determinação dos eventos de cheia ($\bar{x} + \sigma$) e evento de seca ($\bar{x} - \sigma$). Os valores que estiverem fora dessas faixas serão considerados anomalias e consequentemente extremos de cheia ou seca, respectivamente.

Já os valores máximos e mínimos anuais e mensais foram empregados para a avaliação da amplitude da vazão. Além disso, a análise de tendência foi adotada na caracterização do comportamento da vazão ao longo faixa temporal de estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 o regime anual da vazão é diferente em cada posto fluviométrico, assim, 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, na margem esquerda os valores máximos de vazão ocorrem entre maio e julho e os mínimos entre novembro e fevereiro, já na margem direita,

com exceção da bacia do rio Negro, que os valores máximos e mínimos coincidem com os dos postos da margem esquerda, os máximos ocorrem entre fevereiro e abril e os meses com os valores mínimos variam de setembro a dezembro.

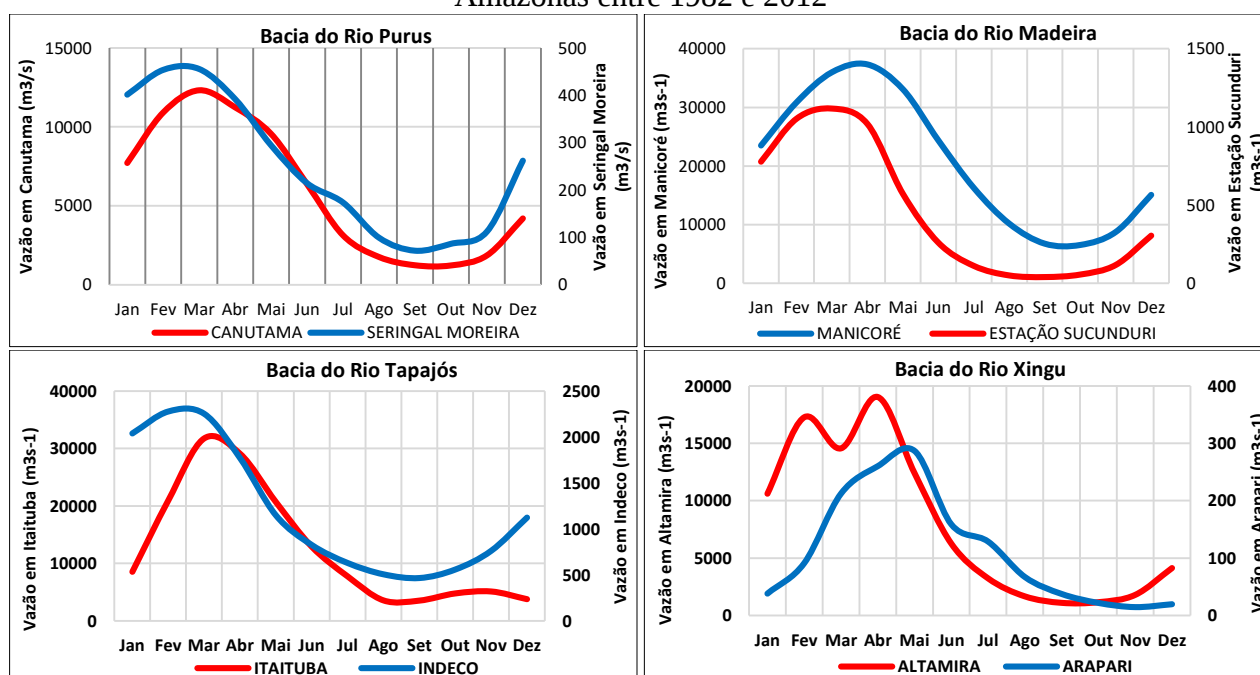
Quando se avalia os valores quantitativos de vazão dentro da mesma sub-bacia verificam-se muitas diferenças, em Seringal Moreira e Canutama na bacia do Rio Purus, com máximos variando entre 500 e 12.000 m³s⁻¹, respectivamente e mínimos entre 80 e 120 m³s⁻¹, as diferenças são mais acentuadas quando se 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.

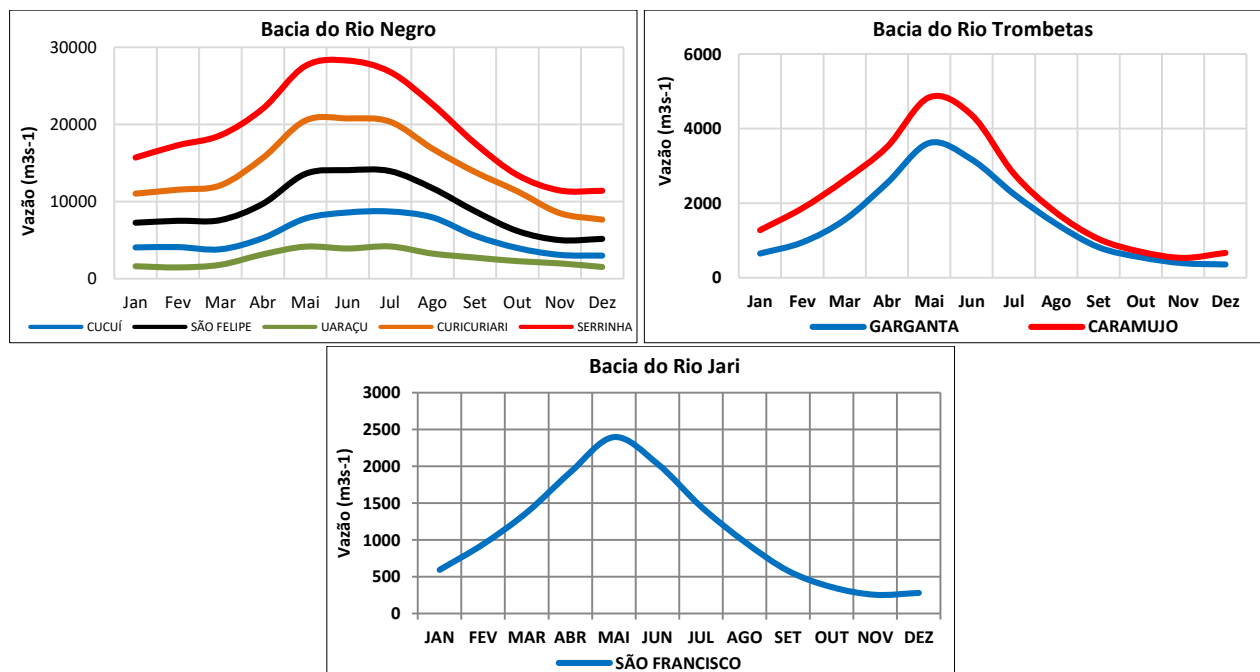
Com relação a bacia do Rio Madeira, Manicoré possui a maior vazão, com aproximadamente 40.000 m³s⁻¹, no mês de abril e a menor vazão é de aproximadamente 6.500 m³s⁻¹, no mês de outubro. Já em Sucunduri, a maior vazão é de 1.100 m³s⁻¹, um mês antes que em Manicoré (em março), e vazão mínima de 40 m³s⁻¹, também um mês antes que em Manicoré (em setembro). Contudo, Manicoré e Estação Sucunduri apresentam uma defasagem de ocorrência nos máximos e mínimos de, já que Manicoré encontra-se mais distante da calha do que a Estação Sucunduri.

Analizando a bacia do Tapajós, na Figura 2, percebe-se que não houve defasagens entre os máximos e mínimos nos postos de Itaituba e Indeco, onde os 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.

A vazão dos cinco postos do Rio Negro possui o mesmo perfil anual, ou seja, máximos variando entre junho e julho e mínimos entre novembro e fevereiro. Em Uruaçu ocorreu a menor vazão, 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. Contudo Uruaçu fica mais ao norte na sub-bacia do Negro e apresentando uma defasagem do valor mínimo, com relação aos outros postos, pois foi em fevereiro e não entre novembro e dezembro, como nos outros postos. Na sub-bacia do Trombetas os máximos e mínimos foram coincidentes, pois em Garganta o máximo foi em maio e o mínimo em novembro, o mesmo aconteceu em Caramujo. A mesma configuração na sub-bacia do Trombetas ocorreu na sub-bacia do Jari.

Figura 2 – Média climatológica da vazão dos postos fluviométricos das sub-bacias do Rio Amazonas entre 1982 e 2012





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, pois a Figura 2 mostra o mesmo que Tomasella et al. (2013), que afirmaram 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, 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 distante da calha.

A Figura 3 mostra que a sazonalidade é diferente entre as sub-bacias, 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 a 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, e por fim, na bacia do rio Xingu a época de cheia ocorre entre fevereiro e julho e a seca entre agosto e dezembro. Entretanto, na bacia do rio Madeira as épocas de cheia e seca não apresentaram a mesma continuidade, pois em Manicoré a cheia ocorreu de janeiro a julho e seca de agosto a dezembro e em Sucunduri a época de cheia foi de junho a novembro e a época de seca foi de dezembro a maio.

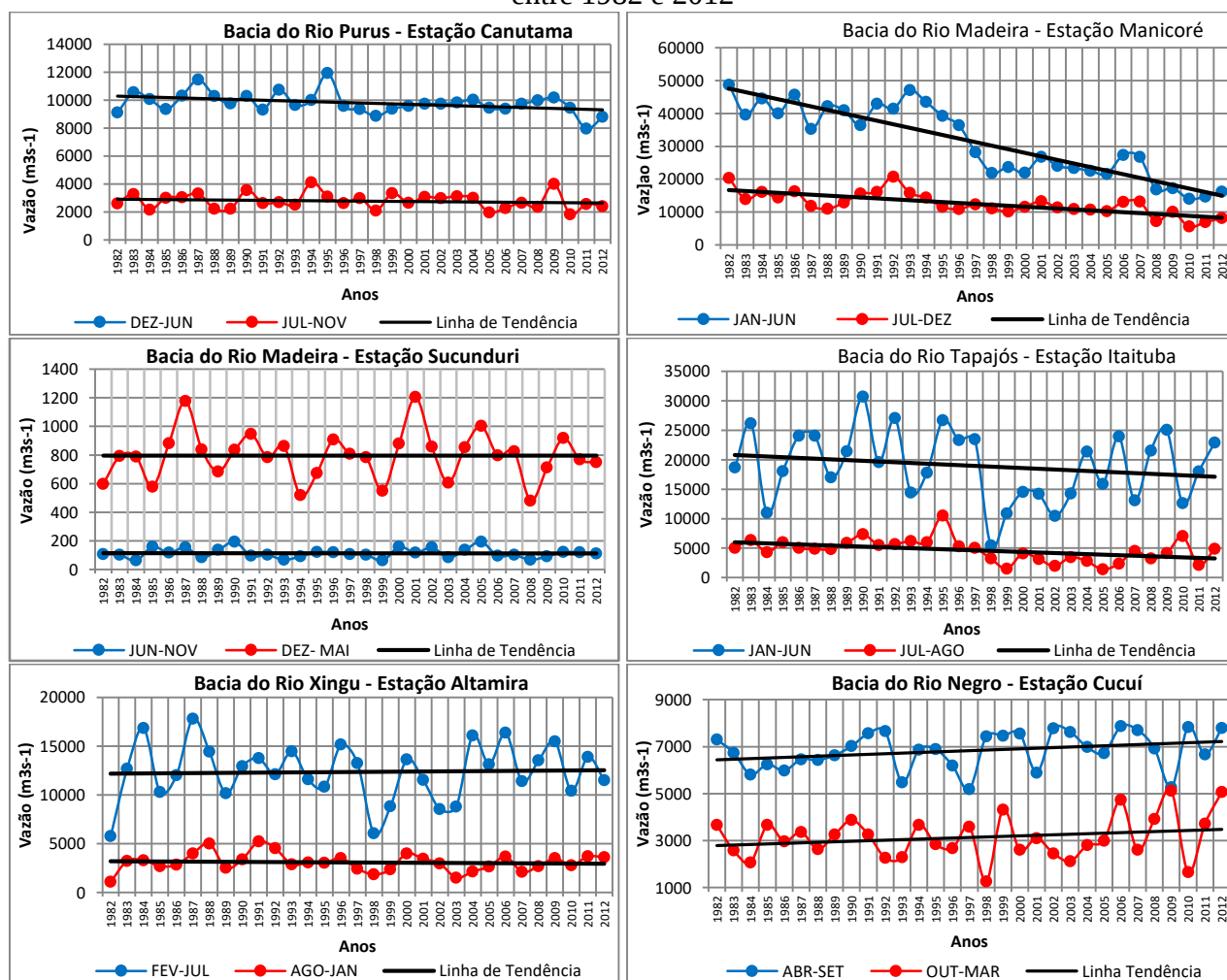
A tendência da vazão, apresentada na Figura 3, diminuiu na sub-bacia do rio Purus, tanto na época seca como na chuvosa, já na sub-bacia do rio Negro, do rio Tapajós e do rio Jari a tendência aumentou. Entretanto, nas sub-bacias dos rios Madeira, Tapajós e Xingu a tendência da vazão foi diferenciada dentro da própria bacia, já em Sucunduri na bacia do rio Madeira e em Uruaçu na bacia do rio Negro foram as únicas 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.

A Figura 3 ainda mostra 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. 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 Oliveira et al. (2007), utilizando 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). A Tabela 4 mostra que em Arapari, na bacia do rio Xingu e São Francisco, na bacia do rio Jari foram os postos que apresentaram 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); em Seringal Moreira os eventos EN e LN influenciaram somente nos anos de 1986 e 1993 com valores significativos de 25% acima do ponto médio e 43 e 27% abaixo do ponto meio em 1992 e 1993, respectivamente; em Manicoré o evento EN 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, os valores de cheia em 1982 (38%), 1984 (21%), 1986 (34%), 1990 (28%), 1992 (24%) e 1993 (26%), porém 1990 e 199 não foi EN.

A Tabela 04, ainda mostra que, em alguns anos de EN e LN a vazão não é influenciada, como em 1984 (ano de LN) que provocou cheia de 21% somente em Manicoré e seca de 17% em Indeco, no ano de 1994 (ano de EN) provocou enchente somente em Canutama, em 2004 (ano de EN) ocorreu cheia de 17% em Indeco e em 2005 (anos de EN e LN) ocorreu seca de 9% em Canutama e cheia de 32% em Itaituba. Na sub-bacia do Rio Negro a vazão foi menor durante o EN de 1992, com 22% a menos em Cucuí, 32% em São Felipe, 15% em Uruaçu, 23% em Curicuari e 22% em Serrinha.

Figura 3 – Sazonalidade das vazões dos postos fluviométricos das sub-bacias do Rio Amazonas entre 1982 e 2012



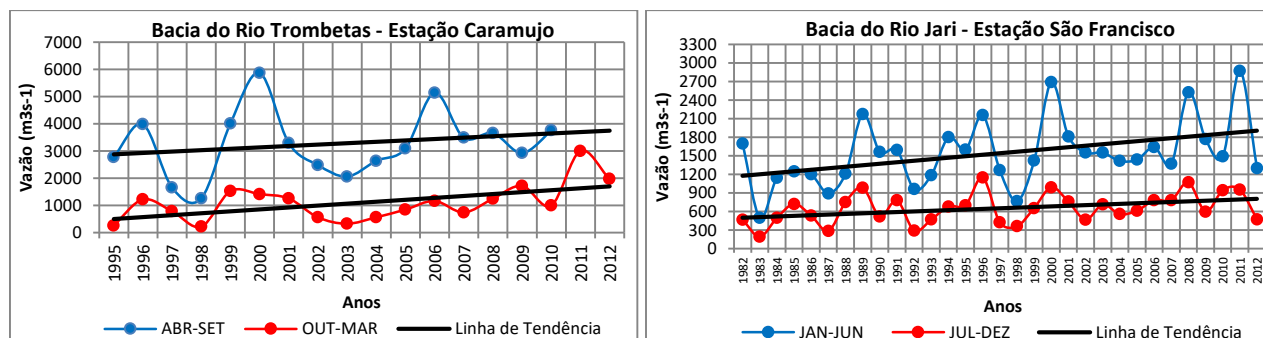


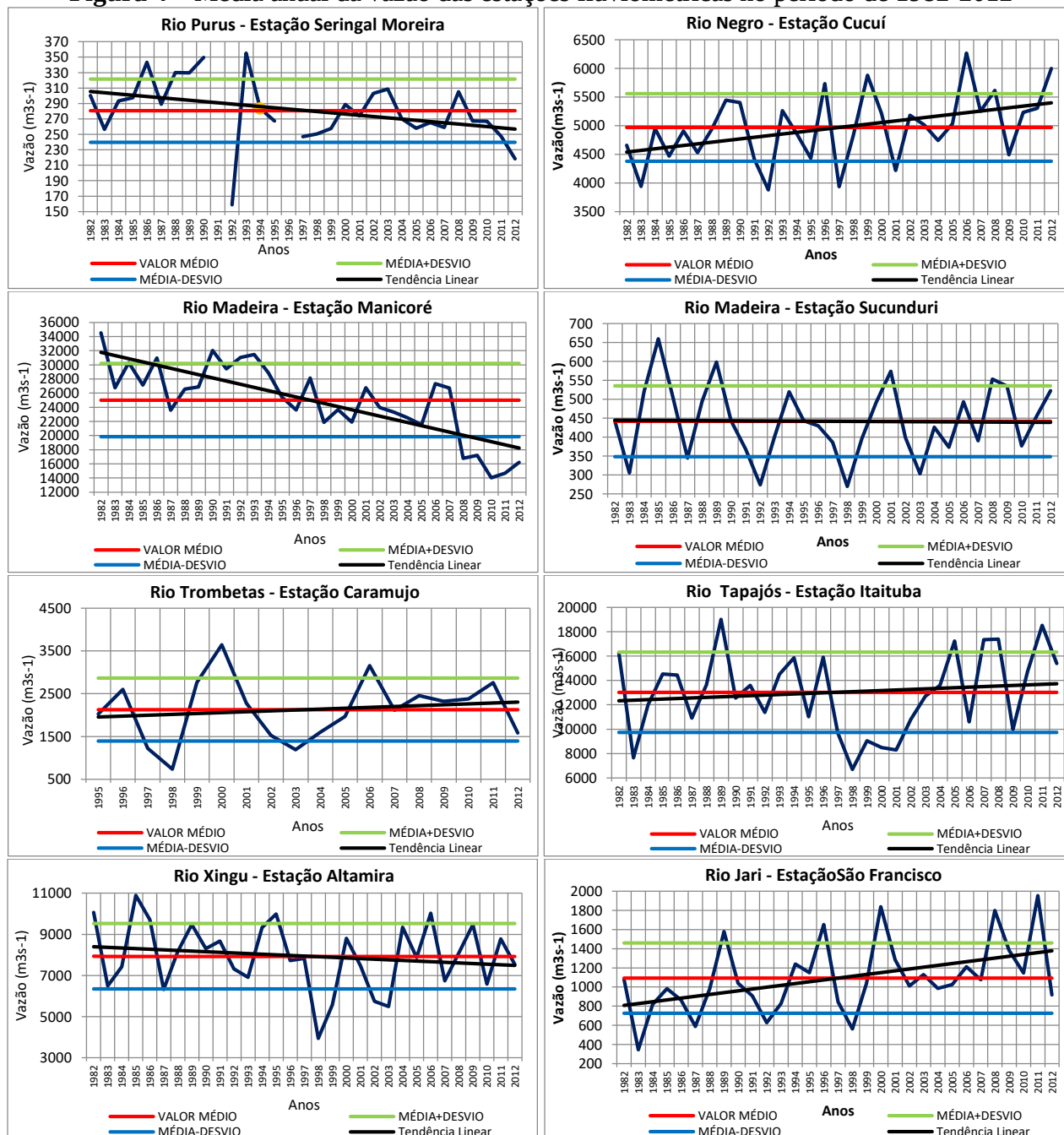
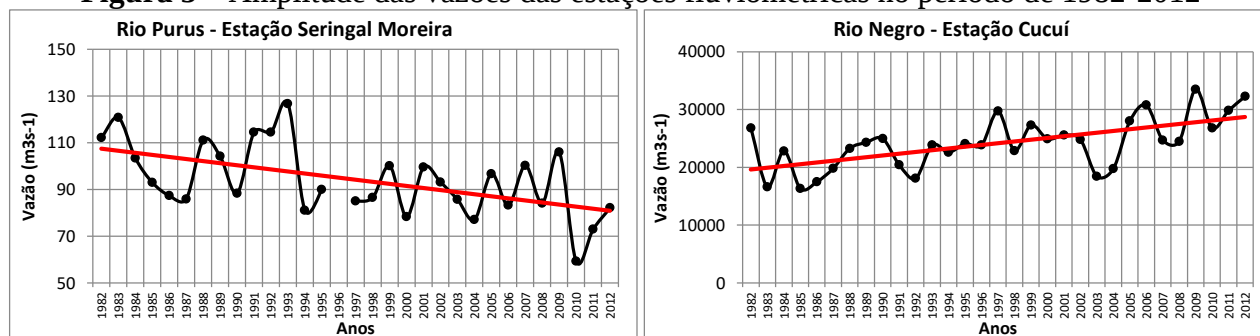
Tabela 4 – Porcentagens acima da média das Vazões em anos de El Niño e La Niña no período de 1982 a 2012

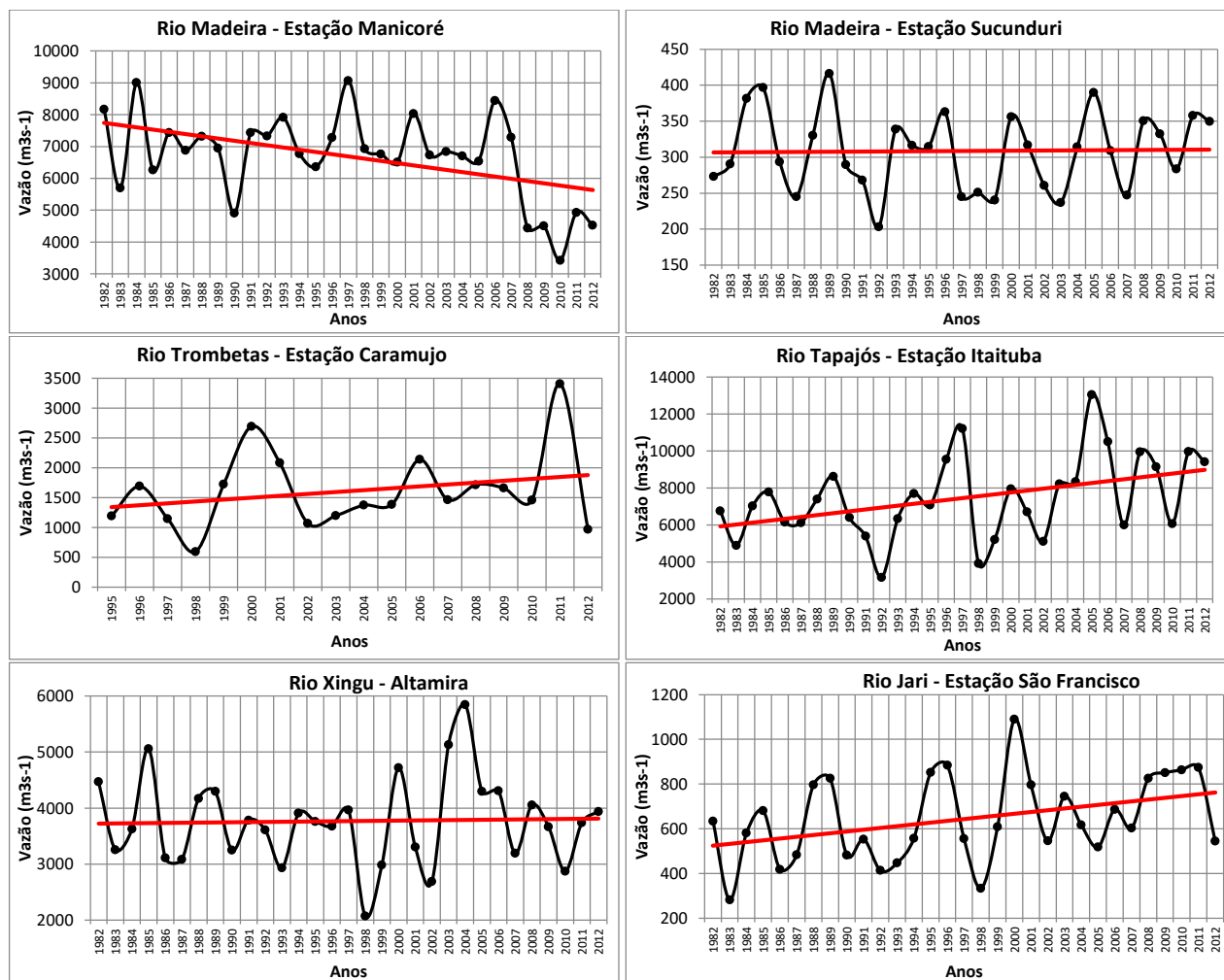
Postos das Sub-bacias	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Seringal Moreira					+22		+18	+17	+25	X	-43	+27			X																	
Canutama	+12				+14						-22	+18	+14				-13								-09			+13	-10	-16	-11	
Cucuí	-21										-20	-32			+15	-21		+18		-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	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		+71		-16		+17		+22		+13				
Itaituba		-41						+46									-49								+32		+33	+34		+42		
Arapari		-88			-64		+141				-69	-64				-63	-76		+85		-36							+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				Déficit de água (-)				Excesso de água (+)															

Analisando a Figura 4, percebeu-se que em Sucunduri, Garganta, Caramujo, Indeco, Itaituba e Altamira, localizados na margem direita e em 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 em 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, também conforme Satyamurty et al. (2013) e Marengo et al. (2013) pois na sub-bacia do Rio Negro as vazões médias anuais foram acima da média, já a enchente de 2009 influenciou mais as sub-bacias desse estudo, pois segundo Marengo et al. (2012) a parte da Amazônia mais afetada foi a oriental.

A Figura 4 ainda mostra que as tendências de vazão nas sub-bacias foram diferenciadas e que todos os postos localizados na margem esquerda, apresentaram uma tendência de aumento na vazão, já os postos da margem direita, tiveram tendências diferenciadas, ou seja, no rio Purus e rio Madeira a tendência de vazão diminuiu, já nas sub-bacias do rio Tapajós e do rio Xingu, exceto Altamira, apresentou uma tendência de aumento da vazão. A tendência da vazão em Sucunduri, sub-bacia do Madeira diminuiu, porém com pouca variação, diferentemente do que aconteceu em Manicoré que apresentou uma tendência de queda de vazão muito grande.

A Figura 5 mostra que na sub-bacia rio Purus e em Manicoré na sub-bacia do 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. Em Uruaçu e Curicuriari na sub-bacia do Negro, em Sucunduri na sub-bacia do Madeira e em Altamira na sub-bacia do Xingu a amplitude entre períodos secos e chuvosos não variou no decorrer dos anos. Já nas outras localidades a amplitude aumentou. A amplitude da vazão na bacia Amazônica nos últimos 31 anos, conforme também os estudos de Satyamurty et al. (2013), Gloor et al. (2013) e Tomasella et al. (2011). Gloor et al. (2013) ainda complementa que esse aumento da amplitude está deixando a bacia mais úmida, porém os afluentes da margem direita estão sofrendo com secas mais severas, somente na sub-bacia do Purus, do Madeira e em Altamira na sub-bacia do Xingu.

Figura 4 – Média anual da vazão das estações fluviométricas no período de 1982-2012**Figura 5 – Amplitude das vazões das estações fluviométricas no período de 1982-2012**



5. CONCLUSÕES

As tendências de vazão nos 16 postos fluviométricos das sub-bacias da Amazônia mostraram tendências positivas nos rios da margem esquerda e variadas nos rios da margem, pois dos 8 postos, 5 tiveram tendências negativas, no Rio Purus, Rio Madeira e o posto de Altamira na bacia do Rio Xingu, e outras 3 (os postos da bacia rio Tapajós e o posto 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 na época chuvosa ocorre de outubro a março e na época seca de abril a setembro, já nos afluentes da margem direita a época chuvosa vai de fevereiro a 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 influenciaram pouco a vazão dos postos da calha central e leste do Rio Amazonas, comparando com a parte ocidental, influenciando mais os postos dos afluentes mais próximos do Solimões, como em Canutama do Rio Purus, na margem direita, com 09% de vazão abaixo do normal em 2005 e 10% em 2010. A sazonalidade é influenciada na época seca pelos afluentes da margem direita, pois coincidem com a 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, comprovado também por Ronchail et al. (2005).

Em 1992 todos os postos da bacia do rio Negro apresentaram queda na vazão, variando de 15 a 35%, em 1995 90% dos postos 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. Analisando 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 principal, 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 os postos da bacia do Rio Negro tiveram suas vazões médias anuais acima do normal. 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 direita, exceto, a bacia do Rio Purus.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio para a realização desse artigo do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIS, C. F.; MCGREGOR, G. R. Diurnal cycle of rainfall over the Brazilian Amazon. **Climate Research**, v. 26, p. 139–149, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238451615_Diurnal_cycle_of_rainfall_over_the_Amazon_Basin>. Acesso em: 30 maio 2016.

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. 2015.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**. v. 34, n. L07701, p.01-05, 2007. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL028946>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

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. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2009JD013329>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

CALLÈDE, J.; GUYOT, J. L.; RONCHAIL, J. et al. L'Amazone à Óbidos (Brésil): étude statistique des débits et bilan hydrologique. **Hydrological Sciences Journal** 47:2, 321-333, 2002. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626660209492933>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

CALLÈDE, J.; GUYOT, J. L.; RONCHAIL, J. et al. 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. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1623/hysj.49.1.85.53992>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

COMPANHIA DE PEQUISA E RECURSOS NATURAIS (CPRM) – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. 2006. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/>>

Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: 30 set. 2018.

CORREIA, F. W. S. et al. 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.

COSTA, M.; FOLEY, J. Trends in the hydrological cycle of the Amazon basin. **Geophysical Research Letters**. v. 104, n. 14, p. 189–198. 1999. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/1998JD200126>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CPTEC - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **El Niño e La Niña. Últimas ocorrências**. 2015. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 07 set. de 2019.

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.

DANTAS, L. G. et al. Oscilação Decadal do Pacífico e Multidecadal do Atlântico no Clima da Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.3, p. 600-611, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232856>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L. et al. 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. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2011GL047862>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

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

FISCH, G. F.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**. v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v28n2/1809-4392-aa-28-2-0101.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

FITZJARRALD, D. R. et al. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. **Journal Geophysical Research**, v. 113, n. G00B11, p. 1-17, 2008. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2007JG000596>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

FRAPPART, F. et al. 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. 1-12. 2008. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2007JD009438>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

FRAPPART, F. et al. Surface freshwater storage and dynamics in the Amazon basin during the 2005 exceptional drought. **Environmental Research Letters**. v. 7. n. 044010, p. 1-7. 2012. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/044010/meta>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

GARCÍA, N; 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. Disponível em: <<https://doi.org/10.1623/hysj.50.3.459.65030>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

GLOOR, M. et al. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1729–1733, 2013. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/grl.50377>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

GUIMBERTEAU, M. et al. Future changes in precipitation and impacts on extreme streamflow over Amazonian sub-basins. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2013. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/1/014035/meta>>. Acesso em: em 15 ago. 2015.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; SINHA, R. Tropical rivers. **Geomorfological**. n. 70, p. 187–206. 2005.

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. Disponível em: <<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/2089/2014/hess-18-2089-2014.html>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MARCUZZO, F. F. N; ROCHA, H. M; MELO, D. C. R. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma da Amazônia do estado do Mato Grosso. X SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2010, Fortaleza-CE, **Anais....** Disponível em: <<http://www.acquacon.com.br/xsrhn/>>. Acesso: em 15 out. 2018.

MARCUZZO, F. F. N; CARDOSO, M. R. D; FARIA, T. G. Chuvas na Amazônia Mato-grossense: análise histórica e tendência futura. **Caminhos da Geografia**. v. 12, n. 39, p. 65-75, 2011. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso: em 15 out. 2018.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical Applied Climatology**, v. 78, p. 79–96, 2004. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-004-0045-8>>. Acesso em: 07 set. 2015.

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. et al. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, p. 833-852, mar. 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

MARENGO, J. A. et al. The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 1, p. 495-516, feb. 2008. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/2007JCLI1600.1>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MARENGO, J. A. et al. Extreme climatic events in the Amazon basin. **Theoretical Applied Climatology**. v. 107, p. 73–85, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0465-1>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MARENGO, J. A. et al. 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. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-12-00642.1>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MOLINIER, M. et al. Les régimes hydrologiques de l'Amazonie et de ses affluents. **L'hydrology Tropical: géoscience et outil pour le développement**. n. 238, p. 209-222, 1996.

MOLINIER, M. et al. Hydrological variability in the Amazon drainage basin and African tropical basins. **Hydrology Process**, v. 23, p. 3245-3252, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.7400>>. Acesso em: 07 set. 2015.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center. **Cold & Warm Episodes by Season**. 2015. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 07 set. de 2015.

RICHEY, J. E.; NOBRE, C.; DESER, C. Amazon river discharge and Climate variability: 1903 to 1985. **Science**. v. 246. p. 101-103. 1989. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/246/4926/101>>. Acesso em: 01 mar. 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).

RONCHAIL, J. et al. Interannual rainfall variability in the Amazon Basin and sea-surface temperatures in the Equatorial Pacific and the Tropical Atlantic Oceans. **Int. Journal Climatology**. v. 22, n. 13, p. 1663-1686, nov. 2002. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.815>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

RONCHAIL, J. et al. Inundations in the Mamoré basin (south-western Amazon—Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Hydrology**. v. 302, n. 1-4, p. 223-238, feb. 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169404003816>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

SATYAMURTY, P. et al. A quick look at the 2012 record flood in the Amazon Basin. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1396-1401, 2013. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/grl.50245>>. Acesso em: 07 set. 2015.

SHIKLOMANOV, I. A. et al. **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.

SOUZA, E. B. de et al. 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. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672000000200305>. Acesso em: 07 nov. 2014.

TOMASELLA, J. et al. 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. 2011. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.7889>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

TOMASELLA, J. et al. 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, feb. 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-012-0508-3>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

VILLAR, J. C. E. et al. Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004). **Journal of Hydrology**, v. 375, p. 297–311. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216940900153X>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

XAVIER, L. et al. Interannual variability in water storage over 2003–2008 in the Amazon Basin from GRACE space gravimetry, in situ river level and precipitation data. **Remote Sensing of Environment, Elsevier**. v. 114, p. 1629–1637, 2012. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00708050>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

ZENG, N. et al. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 014002, 9p, 2008. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/3/1/014002/meta>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

YOON, J.-H. ; ZENG, N.: An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Journal Climate**, v. 34, p. 249–264, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-009-0551-6>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Data de submissão: 30.07.2017

Data de aceite: 25.03.2019

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.