Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

VARIABILIDADE CLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA AMAZÔNICA BRASILEIRA ENTRE 1982 E 2012

COUTINHO, Eliane de Castro - elianerik@gmail.com
Universidade Federal do Pará / UFPA

ROCHA, Edson José Paulino da – eprocha@ufpa.br
Universidade Federal do Pará / UFPA

LIMA, Aline Maria Meiguins – alinemeiguins@gmail.com
Universidade Federal do Pará / UFPA

RIBEIRO, Hebe Morganne Campos– hebemcr@gmail.com
Universidade do Estado do Pará / UEPA

GUTIERREZ, Lucy Anne Cardoso Lobão– lucyannegutierrez@gmail.com
Universidade do Estado do Pará / UEPA

BARBOSA, Ana Júlia Soares– ajsbarbosa@gmail.com
Universidade do Estado do Pará / UEPA

PAES, Gleicy Karen Abdon Alves – gleicykaren@yahoo.com.br
Universidade do Estado do Pará / UEPA

BISPO, Carlos José Capela – capela.uepa@gmail.com
Universidade do Estado do Pará / UEPA

TAVARES, Paulo Amador – ptavares_20@hotmail.com
Universidade do Estado do Pará / UEPA

RESUMO: O objetivo geral deste estudo é avaliar a variabilidade temporal e espacial da precipitação na Bacia Amazônica brasileira, analisando a relação com eventos extremos, El Niño e La Niña, e sua influência ao longo do período de 1982-2012. A importância desse estudo deve-se ao fato que esses eventos de precipitação têm causado muitos prejuízos socioeconômicos e ambientais a população Amazônica, principalmente a ribeirinha, modificando o regime de precipitação. Nesse estudo foram utilizadas 224 estações pluviométricas em 8 sub-bacias, a do rio Solimões, Negro, Trombetas, Jari, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu. Os resultados mostram o período mais chuvoso, entre novembro e abril, com aproximadamente 69% de toda a precipitação anual e, o período mais seco, entre maio a outubro, com apenas 31% da precipitação anual, o que indica estações bem distintas. Entretanto, há variações do regime de precipitação entre as sub-bacias, sendo que as maiores variações pluviométricas ocorrem na bacia do Solimões e na sub-bacia do Jari, cujas amplitudes anuais são respectivamente 362,95 e 323,39 mm. Os eventos extremos de precipitação, provocados pelos fenômenos El Niño e La Niña, afetam a bacia Amazônica de forma diferenciada, como observado no evento de El Niño de forte intensidade do ano de 1983, em que 90% das sub-bacias (Purus, Madeira, Tapajós, Xingu, Negro, Trombetas e Jari), apresentaram elevadas anomalias negativas extremas, isto é, precipitações muito abaixo do normal e a do Solimões não apresentou extremos, porém apresentou precipitação normalizada abaixo da média.

PALAVRAS-CHAVES: impacto de eventos extremos, variabilidade climática da precipitação e El Niño e La Niña.

CLIMATE VARIABILITY OF PRECIPITATION IN THE BRAZILIAN AMAZON BASIN BETWEEN 1982 AND 2012

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ABSTRACT: The general objective of this study is to evaluate the temporal and spatial variability of precipitation in the Brazilian Amazon Basin, analyzing the relationship with extreme events, El Niño and La Niña, and their influence over the 1982-2012 period. The importance of this study is due to the fact that these precipitation events have caused many socioeconomic and environmental damages to the Amazon population, mainly the riverside, modifying the precipitation regime. In this study, 224 rainfall stations were used in 8 sub-basins, the Solimões, Negro, Trombetas, Jari, Purus, Madeira, Tapajós and Xingu basins. The results show the rainiest period between November and April, with approximately 69% of all annual precipitation and the driest period between May and October, with only 31% of annual rainfall, indicating very different seasons. However, there are variations in the precipitation regime between the sub-basins, with the largest rainfall occurring in the Solimões basin and in the Jari sub-basin, whose annual amplitudes are respectively 362.95 and 323.39 mm. The extreme precipitation events caused by the El Niño and La Niña phenomena affect the Amazon basin in a differentiated way, as observed in the El Niño event of strong intensity of 1983, when 90% of the sub-basins (Purus, Madeira , Tapajós, Xingu, Negro, Trombetas and Jari), presented high extreme negative anomalies, that is to say, precipitations far below normal and that of Solimões did not present extremes, but presented normalized precipitation below the mean.

KEYWORDS: impact of extreme events, climatic variability of precipitation and El Niño and La Niña.

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 mil m^3s^{-1} (Shiklomanov et al., 2000), assim a variabilidade tanto da vazão como da precipitação na bacia Amazônica são aspectos de grande preocupação, em função do desmatamento, das queimadas, dos eventos extremos (secas e cheias) e dos fenômenos meteorológicos, como o El Niño, que provocam a seca e incêndios florestais (Fearnside, 2009) e La Niña, que ao contrário eleva os índices pluviométricos, causando enchentes e deixando populações ribeirinhas inteiras desabrigadas.

Na Bacia Amazônica encontra-se a maior área contínua de floresta tropical do mundo, com índices elevados de precipitação, com grandes variações no tempo e no espaço, sustentando extensa diversidade biológica (Silva Dias et al., 2005). Entretanto segundo estudos de Nobre et al. (1991) esses índices poderiam ser modificados caso a Floresta Amazônica fosse substituída, completamente, por pastagens, já que o balanço local de vapor d´água é mantido aproximadamente por 50% da evapotranspiração local.

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 a 3000 mm/ano no oeste, noroeste e no litoral norte da Amazônia, com duas estações bem distintas, a estação seca (inverno e primavera do HS), com precipitações inferiores a 100 mm/mês, e a estação chuvosa (verão e outono do HS) com precipitações superiores a 200 mm/mês.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Reboita, et al (2010) também estudaram as precipitações na Amazônia e concluíram que na parte norte do norte do Brasil os máximos pluviométricos ocorrem no primeiro semestre do ano com precipitação superior a 2000 mm/ano, aproximando-se dos estudos encontrados por Figueroa e Nobre (1990), e esses máximos são devido à migração da ZCIT para o Hemisfério Sul.

Se ocorrer a substituição da floresta Amazônica por outro tipo de cobertura, que tenha evapotranspiração menor, acarretará em uma diminuição na quantidade de vapor d'água na atmosfera, reduzindo a precipitação, principalmente nos períodos mais secos, deixando-os mais longos, com déficit de água no solo, maiores oscilações da temperatura, afirma Marengo (2006).

O cenário de desmatamento, ocasionado pela modificação da floresta Amazônica, descrita acima, foi analisado por Salati et al. (2010) através de imagens LANDSAT TM, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no período de 1978 a 1996, que serviram para demonstrar a grande destruição das florestas tropicais presentes na Amazônia Legal e a perda da diversidade biológica, impactos no ciclo hidrológico e mudança no transporte de umidade atmosférica da Amazônia para o Sul do Brasil, e consequentemente nos eventos extremos na região, pois em 2005 uma forte estiagem, a maior dos últimos 103 anos, atingiu o Leste do Amazonas, quando alguns rios chegaram a baixar seus níveis em mais de 6 cm/dia, aumentando, assim, a possibilidade de ocorrer outros períodos de intensa seca na região Amazônica, podendo ainda aumentar para 50%, em 2030, e até 90%, em 2010 (Cox et al., 2008).

A floresta Amazônica, devido ao seu sistema radicular, armazena as águas profundas do solo, particularmente na estação seca, para manter a fonte de umidade, com isso é possível que em um cenário de desmatamento na Amazônia, essa fonte de umidade deixe de funcionar, pois, a troca de umidade entre a floresta e a atmosfera diminuiria, segundo Arraut et. al. (2012). Além disso, os desastres naturais como enchentes e secas poderiam se tornar comuns na Região Amazônica, e não mais exceção, conforme os estudos realizados por Leal e Souza (2011), por isso a importância do estudo da variabilidade da pluviometria.

Callède et al. (2002) afirma que o rio Amazonas apresenta grande regularidade no regime pluviométrico anual, ou seja, as sub-bacias que se encontram no período de estiagem são compensadas pela precipitação das sub-bacias 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 pelo deslocamente da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a margem direita pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), ou seja, a precipitação máxima nos afluentes da margem direita ocorre dois meses antes, em dezembro-janeiro-fevereiro, da precipitação máxima na calha principal, que ocorre em fevereiro-março-abril e 6 meses mais cedo do que sobre os afluentes da margem esquerda, em 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 dos afluentes da margem esquerda,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

que é em janeiro-fevereiro-março, segundo os estudos de Tomasella et al. (2013).

Souza et al. (2000), Marengo et al. (2001) e Tomasella et al. (2013) 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. Além da preocupação com o desmatamento e as queimadas na Amazônia tem-se os eventos extremos, os fenômenos meteorológicos, como o El Niño, que provocam a seca e incêndios florestais (FEARNSIDE, 2009), na maior parte da Amazônia.

As anomalias positivas de TSM tanto no Pacífico Leste, como no Atlântico Norte Tropical, associadas aos ventos fortes e à célcula de Walker, se deslocam de Oeste para Leste, fazendo com que ocorra movimentos atmosféricos subsidentes sobre a Amazônia provando, assim, uma diminuição dos índices pluviométricos e consequentemente baixos valores de Vazão, essa caracterização geralmente associa-se as secas.

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 foi explicada pela formação de um El Niño e um episódio muito quente no Atlântico.

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, conforme Espinoza, et al. (2011). Entretanto segundo Aragão et al. (2007) a seca de 2005 foi causada apenas devido as anomalias da TSM do Atlantico, chamada de Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO); e a seca de 1998 por um forte EN juntamente com a AMO positivo. A seca de 2010, que já foi comprovada como mais forte que a de 2005, 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 pluviométricos não acontecem no mesmo espaço, no mesmo período e nem na mesma intensidade, comprovado por Marengo et al. (2008), pois em 2005, grandes partes da Amazônia 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. Além disso, os níveis dos rios caíram para níveis baixos históricos e a navegação ao longo desses rios teve que ser suspensa. A seca de 2005 não afetou o centro e leste da Amazônia, pois o padrão foi diferente do ocorrido nos anos de 1926,1983 e 1998, ou seja, a seca de 2005 não foi afetada pelo EN.

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

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

transição entre a estação chuvosa e a seca. Aragão et al. (2007) indicam que as secas na Amazônia são causadas por vários fenômenos meteorológicos, e além disso, encontraram que essas secas causaram 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 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 as pequenas vazões bateram récorde.

Além das secas, a Amazônia, também foi afetada por enchentes, a cheia de 2009 teve magnitude e duração 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), essa forte cheia, foi devida 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.

Em 2012 ocorreu uma forte enchente 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 grande enchente de 2012 na Amazônia durante o verão austral, e detectaram mudanças na circulação atmosférica, precipitações consistentes e águas mais frias do que o normal no Pacífico equatorial. Este padrão observado em 2012 não foi encontrado durante outros anos chuvosos na Amazônia, como 1989, 1999 e 2009. Isto sugere que a La Niña foi a principal causa da chuva abundante na Amazônia ocidental de outubro a dezembro, começando mais cedo e permanecendo até março de 2012, principalmente no noroeste da Amazônia.

Entre 1903 e 1999, Callède et al. (2004) analisaram 97 anos de dados, do escoamento do rio Amazonas em Óbidos, 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. 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 ± 6%, que equivale 206.000 m^3s^{-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. (2004), entre 1972 e 2003, e 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, no período de estudo entre 1993 e 2000 e com dados do GRACE, feito por Frappart

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

et al. (2008) comprovaram que os volumes máximos e mínimos de água foram encontratos em junho e outubro, respectivamente.

As secas severas e inundações ocorreram com maior frequência nos últimos 40 anos, consequentemente aumentando a amplitude anual 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 em 1990. 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 relataram tendências de seca para toda a bacia como Costa e Forley (1999), Marengo, et al. (2004) e Buarque, et al. (2009). Contudo, as tendências temporais de precipitação sobre a bacia amazônica causam muitos resultados aparentemente conflitantes.

Sendo assim, a importância desse estudo deve-se ao fato que, os eventos extremos que causam cheias ou secas têm trazido muitos prejuízos socioeconômicos e ambientais a população Amazônica, principalmente a população ribeirinha, contudo, deve-se avaliar a variabilidade temporal e espacial da precipitação na Bacia Amazônica brasileira, analisando a relação com eventos extremos de ENOS e ao longo do período de 1982 a 2012.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

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 5oN 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, a mais de 5.500m de altitude e deságua no Oceano Atlântico, após passar pelo Farol de Curuçá, no Pará e pela Ilha do Marajó chegando ao norte do Arquipélago de Bailique, além disso, a bacia engloba um total de 10 sub-bacias e 2752 rios (ANA, 2015).

2.1- MATERIAS

A Região Amazônica, em sua grande extensão, possui uma considerável densidade de redes pluviométricas, a qual deu suporte ao desenvolvimento desse estudo.

Os materiais utilizados neste estudo estão descritos a seguir:

a) Dados mensais de precipitação (em mm) de 224 estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas/Serviço Geológico do Brasil (2013) (ANA/CPRM) no período de 1982 a 2012, totalizando 31 anos de dados, localizadas no mapa apresentado na Figura 01.

b) Histórico de eventos meteorológicos extremos, estiagem e inundações, El Niño e La Niña (NOAA, 2015), que afetaram a Bacia Amazônica Brasileira, no período de 1982 a 2012, conforme mostrado nas Tabelas 01 e 02.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

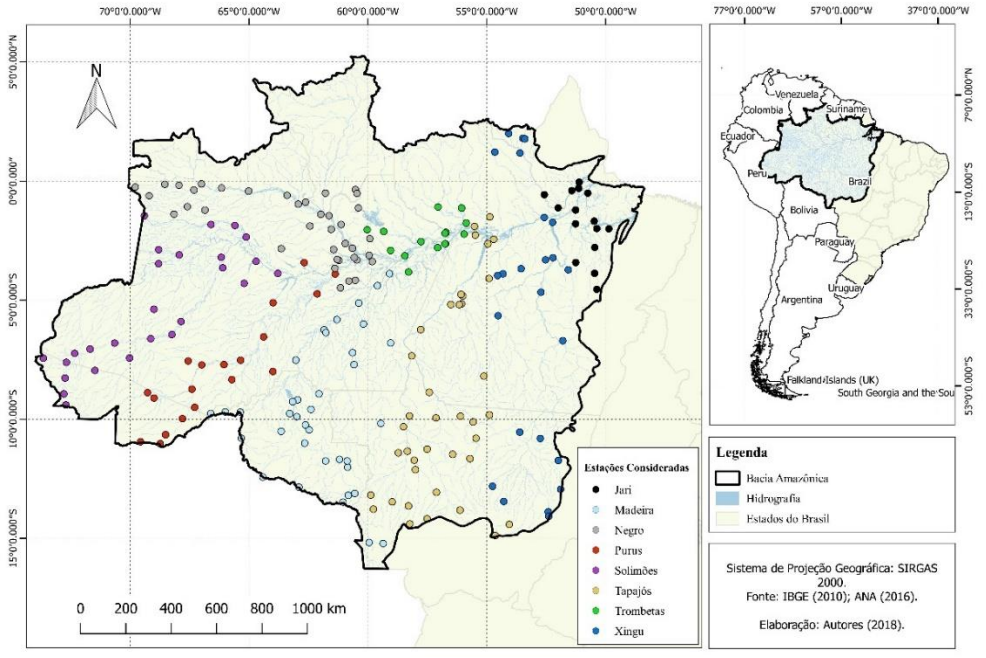


Figura 1 - Mapa com as estações pluviométricas utilizadas nesse estudo na Bacia Amazônica brasileira.

2.2. MÉTODOS

Na avaliação da variabilidade temporal da precipitação, em cada sub-bacia da região, foram utilizadas medidas de tendência central, para análise mensal, sazonal, interanual e climática.

A média climatológica foi adotada na definição dos períodos de seca e cheia, assim como para a análise da variabilidade temporal da vazão dos afluentes da margem direita e os da margem esquerda, e quais os fenômenos, como, El Niño (EN) e La Niña (LN), estão relacionados com tal variabilidade.

Na identificação dos anos de EN e LN tomou-se como base a Tabela 01, que representa as anomalias trimestrais da temperatura da superfície do Oceano Pacífico (TSM) no período de estudo e a Tabela 02 que ilustra a intensidade do EN e LN, ambas disponibilizadas pelo NOAA (2015).

Com a análise da variabilidade temporal da precipitação com relação aos eventos extremos de precipitação que ocorreram na Amazônia, foi adotada a normalização dos dados, ou seja, para cada sub-bacia foi aplicada a equação 1, para identificar os valores de precipitação no período de estiagem e de enchente, onde os valores negativos e positivos referem-se respectivamente a anos com chuva abaixo e acima da média climatológica.

$$P_n = \frac{P_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

onde,

P_n , é a precipitação normalizada
P_i , é a precipitação observada

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

As anomalias positivas e negativas de precipitação foram encontradas a partir da média mais desvio padrão, para cheia, média mais 2*desvio padrão, para cheia extrema, média menos desvio padrão, para seca, e média menos 2*desvio padrão, para seca extrema.

Tabela 1 - Anomalias trimestrais da temperatura da superfície do Pacífico (TSM) (ºC).

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

Preto: anomalias relacionadas com La Niña (LN);
Cinza: anomalias relacionadas com El Niño (EN).
Fonte: NOAA, 2015

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 2 - Anos de Ocorrência de Eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) entre 1982 e 2012

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. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação na Bacia Amazônica possui uma variabilidade sazonal bem marcante, como verificado na Figura 02, com duas estações distintas e bem definidas, um período de altas precipitações que vai de novembro a abril (estação chuvosa) e um período mais seco compreendendo os meses de maio a outubro (estação seca), e a partir da Figura 03, pode-se notar que, o regime pluviométrico sazonal não apresenta regularidade, pois o período chuvoso comporta 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), pois a estação chuvosa (novembro a abril) comporta 70% da precipitação total anual e a estação seca (maio a outubro), comporta somente os 30% restantes. Contudo, os máximos e mínimos de precipitação na sub-bacia do rio Negro ocorrem dois meses depois das demais sub-bacias.

A Figura 01 ainda mostra que as sub-bacias apresentam, no período chuvoso, precipitações mensais que variam entre 200 e 400 mm e, no período seco, as precipitações ficam abaixo de 150 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 (parte ocidental da Bacia Amazônica) e na sub-bacia do Jari (nordeste da Bacia Amazônica), cujas amplitudes anuais são respectivamente 362,95 e 323,39 mm e 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 esses autores, para a vazão, foi em junho, um mês depois do encontrado por esse estudo.

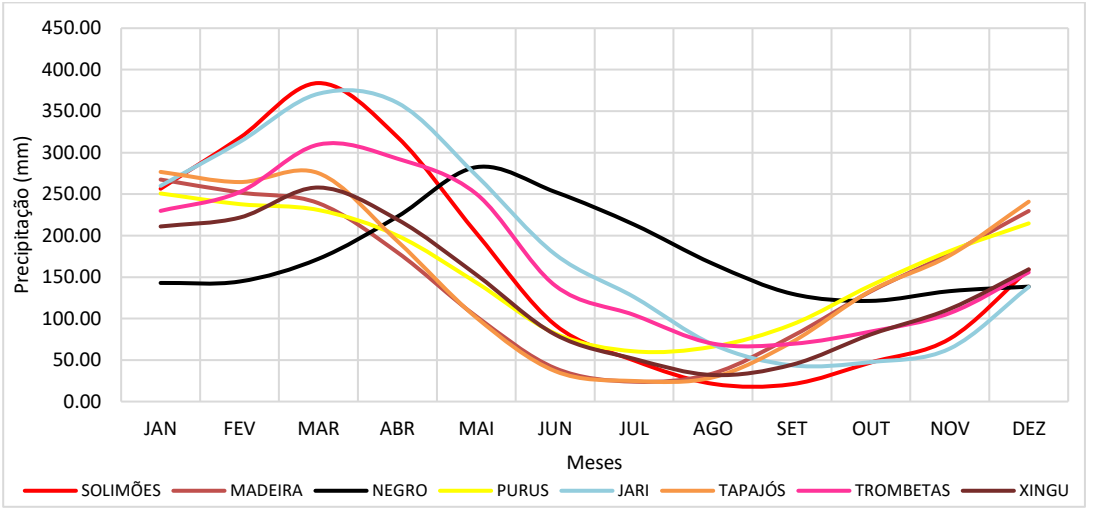


Figura 2 - Precipitação Média Mensal das sub-bacias do Solimões, Negro, Purus, Madeira, Trombetas, Tapajós, Xingu e Jari entre 1982 e 2012.

A Figura 03 apresenta a média sazonal (entre novembro e abril e entre maio e outubro) de precipitação (em porcentagem) das sub-bacias da Bacia Amazônica, e percebe-se uma diferença, marcante, dessa porcentagem entre as sub-bacias da margem direita e da margem esquerda. Na margem direita os valores máximos estão acima da média de novembro à abril (68,98%) e os mínimos estão abaixo da média de maio à outubro (31,02%), com isso a amplitude sazonal da precipitação é maior na margem direita, com 48,4% de diferença entre o período chuvoso e o período seco. Na margem esquerda os valores máximos ficaram abaixo da média de novembro à abril e os mínimos acima da média de maio a outubro, ocasionando menor amplitude sazonal de precipitação, com 24,3% de diferença entre o período chuvoso e o período seco.

Contudo pode-se afirmar que as máximas precipitações entre novembro e abril (semestre chuvoso) e mínimas precipitações entre maio e outubro (semestre seco) são maiores e menores, respectivamente, nas sub-bacias da margem direita. Além disso, as precipitações da bacia do Solimões se comportaram da mesma forma que as sub-bacias da margem direita.

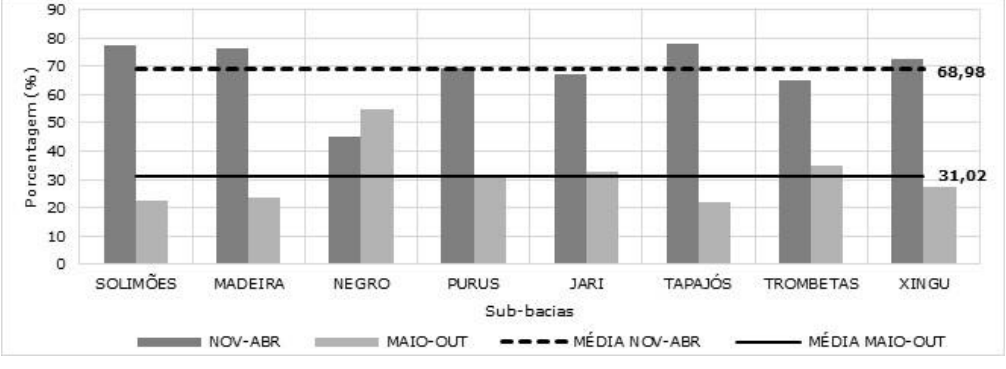


Figura 3 - Média sazonal da Precipitação (em porcentagem) no período chuvoso e seco das Sub-bacias do Solimões, Madeira, Negro, Purus, Jari, Tapajós, Trombetas e Xingu, no período de 1982 e 2012

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A Figura 04 apresenta a precipitação média anual 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, concordando com os estudos de Figueroa e Nobre (1990) que encontraram variações entre 1600 e 3000 mm/ano, ou seja, maiores variações entre as sub-bacias. 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.

A Figura 04, ainda mostra, que a menor precipitação média anual ocorreu na bacia do Xingu com 1623 mm e a maior precipitação média ocorreu na bacia do Jari com 2241, assim pode-se afirmar que as sub-bacias com maiores e menores precipitações anuais estão localizadas no leste da Amazônia, além da maior variação entre as sub-bacias, concordando parcialmente com os estudos de Figueroa e Nobre (1990).

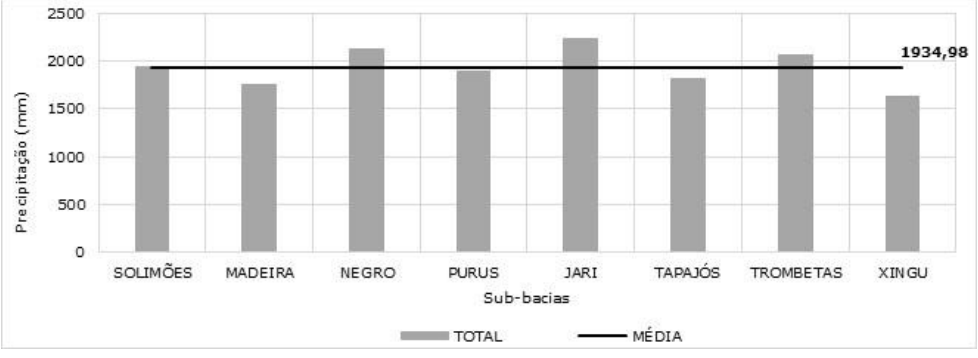


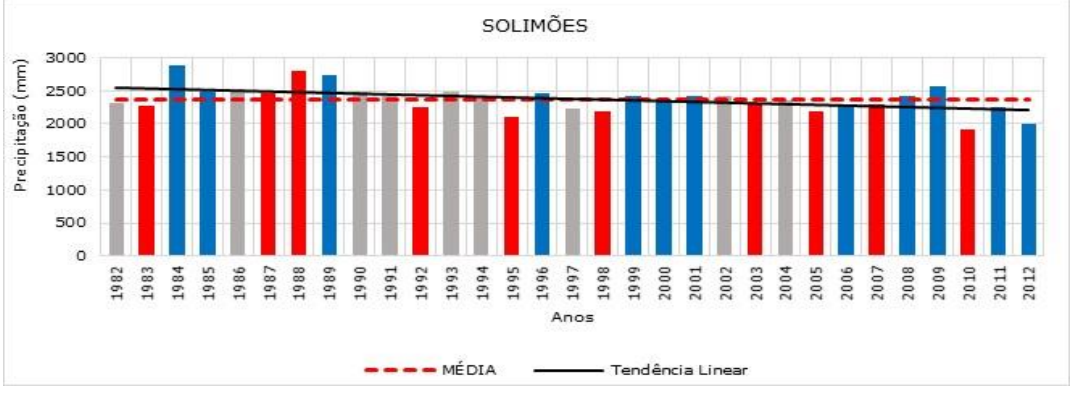
Figura 4 - Precipitação média anual nas sub-bacias da Bacia Amazônica, entre 1982 e 2012.

A Figura 05 apresenta a variação anual da precipitação na bacia do Solimões entre 1982 e 2012, sendo a tendência linear negativa, em função das precipitações da década de 90, que apresentaram 60% das precipitações abaixo da média, e a ocorrência de 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 no ano de La Niña intensa entre 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 05, ainda mostra que o ano de 2010 foi o que apresentou menor precipitação, com aproximadamente 1962 mm, apesar de não ter sido um evento El Niño de intensidade forte, conforme a Tabela 02, ocorreu um episódio muito quente no Atlântico, que juntos provocaram a maior seca já registrada, conforme Espinoza, et al. (2011) e Yoon e Zeng (2010). Outros autores como Marengo et al. (2008); Zeng et al. (2008) e Molinier et al. (2009), também registraram em seus estudos que mesmo em anos de El Niño de fraca intensidade, as secas ocorreram devido a um episódio quente no

Atlântico. 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 a Tabela 01, apresentou anomalia de TSM acima de 0,5ºC.

Na Bacia do Solimões (Figura 05) os eventos EN afetaram os índices pluviométricos com mais intensidade do que os eventos LN, pois em 58,3% dos anos de ocorrência de LN a precipitação ficou acima da média, e em 80% dos anos de EN a precipitação ficou abaixo da média, ou seja, a secas foram mais constantes do que as cheias, tais relações também foram encontradas em diversos estudos como de Frappart et al. (2012); Espinoza, et al. (2011) e Yoon e Zeng (2010); Molinier et al. (2009); Marengo et al. (2008) e Zeng et al. (2008), entre outros.



Barras cinzas: precipitação em anos normais; barras vermelhas: precipitação em anos de EN e barras azuis: precipitação em anos de LN.

Figura 5 - Precipitação Anual na Bacia do Solimões, entre 1982-2012

A Figura 06 apresenta a precipitação nas sub-bacias da margem direita do Rio Amazonas, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu, mostrando que ocorreu uma diferença nas tendências. Na parte sudoeste (Purus) e central (Madeira) da Bacia Amazônica, as tendências foram negativas e na parte leste (Tapajós e Xingu) foram positivas, porém as tendência tiveram uma pequena variabilidade ao longo do período.

A sub-bacia do Xingu e do Tapajós, como dito anteriormente, apresentaram tendências positivas na precipitação ao longo do período, significando que tais sub-bacias estão ficando mais úmidas do que as do sudoeste Amazônico, pois mesmo que em 2010 tenha ocorrido um El Niño moderado, a precipitação ficou um pouco acima da média, concordando com os estudos de Yoon e Zeng (2010) e Espinoza, et al. (2011), porém nas sub-bacias do Purus e Madeira, a precipitação foi abaixo da média.

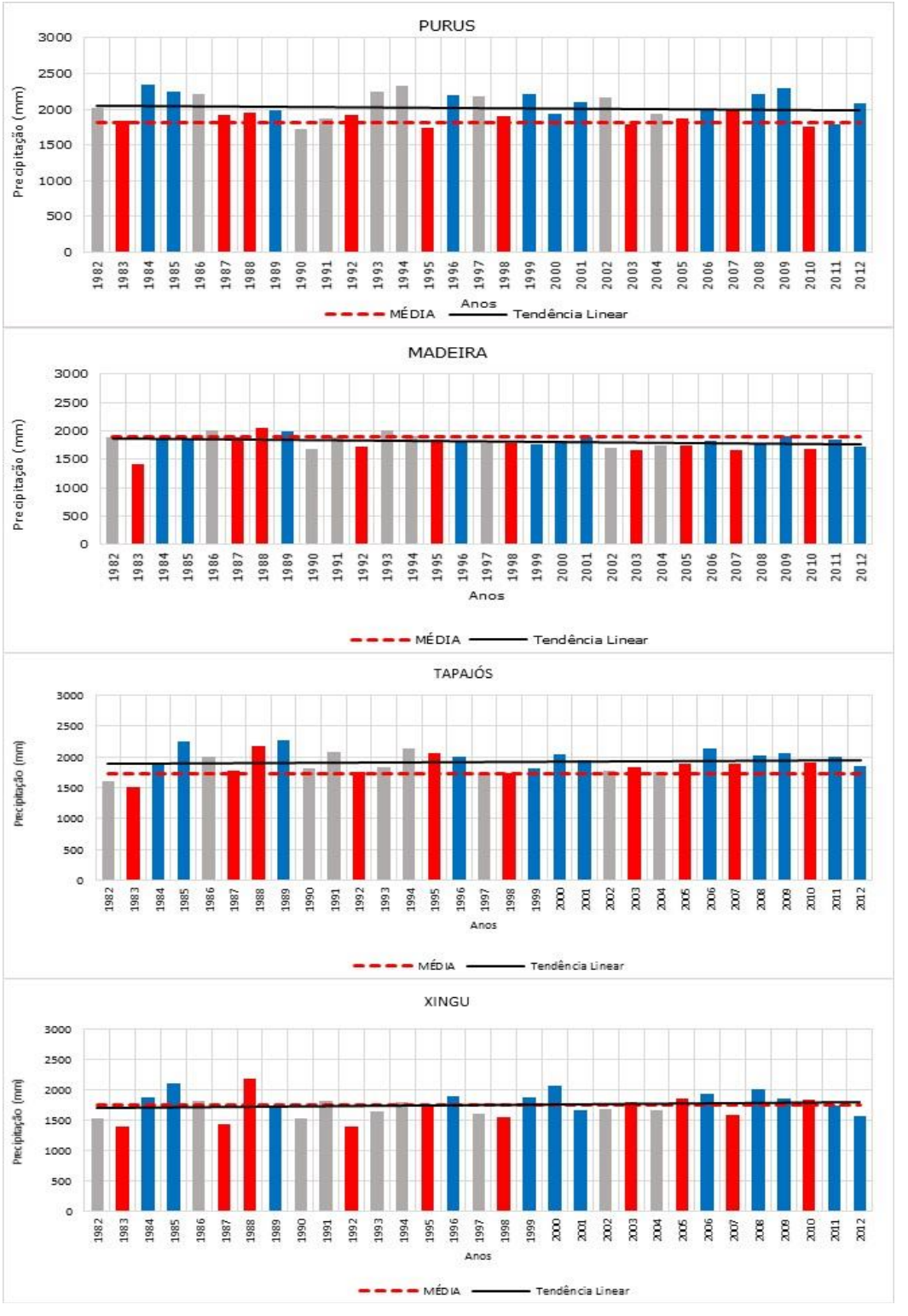
Ainda analisando a Figura 06, percebeu-se que a sub-bacia do Madeira foi a que apresentou a menor variabilidade de precipitação acima da média, ao logo do período, com somente 13%, seguida da sub-bacia do Xingu, com 45% dos anos com precipitação acima da média, vindo depois a sub-bacia do Purus com 74%, e com maior variabilidade acima da média a sub-bacia do Tapajós com 84% dos anos estudados. Contudo, a variabilidade da precipitação na sub-bacia

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

do Madeira ao longo do período foi pequena comparada com as outras sub-bacias da Margem direita.

Relacionando a precipitação com os anos de EN e LN, pôde-se verificar na Figura 06 que, na sub-bacia do Purus, 91,7% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN somente 30% da precipitação ficou abaixo da média, ou seja, a sub-bacia do Purus foi mais afetada pelas cheias. Na sub-bacia do Madeira somente em 8,33% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN 90% da precipitação ficou abaixo da média, valores opostos às outras sub-bacias da margem direita, assim pode-se afirmar que a sub-bacia do Madeira foi mais afetada pelas secas do que pelas cheias. Na sub-bacia do Tapajós 100% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN somente 10% da precipitação ficou abaixo da média. Contudo na sub-bacia do rio Xingu as relações de seca e cheias, foram similares, pois 66,6% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EM, 60% da precipitação ficou abaixo da média.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

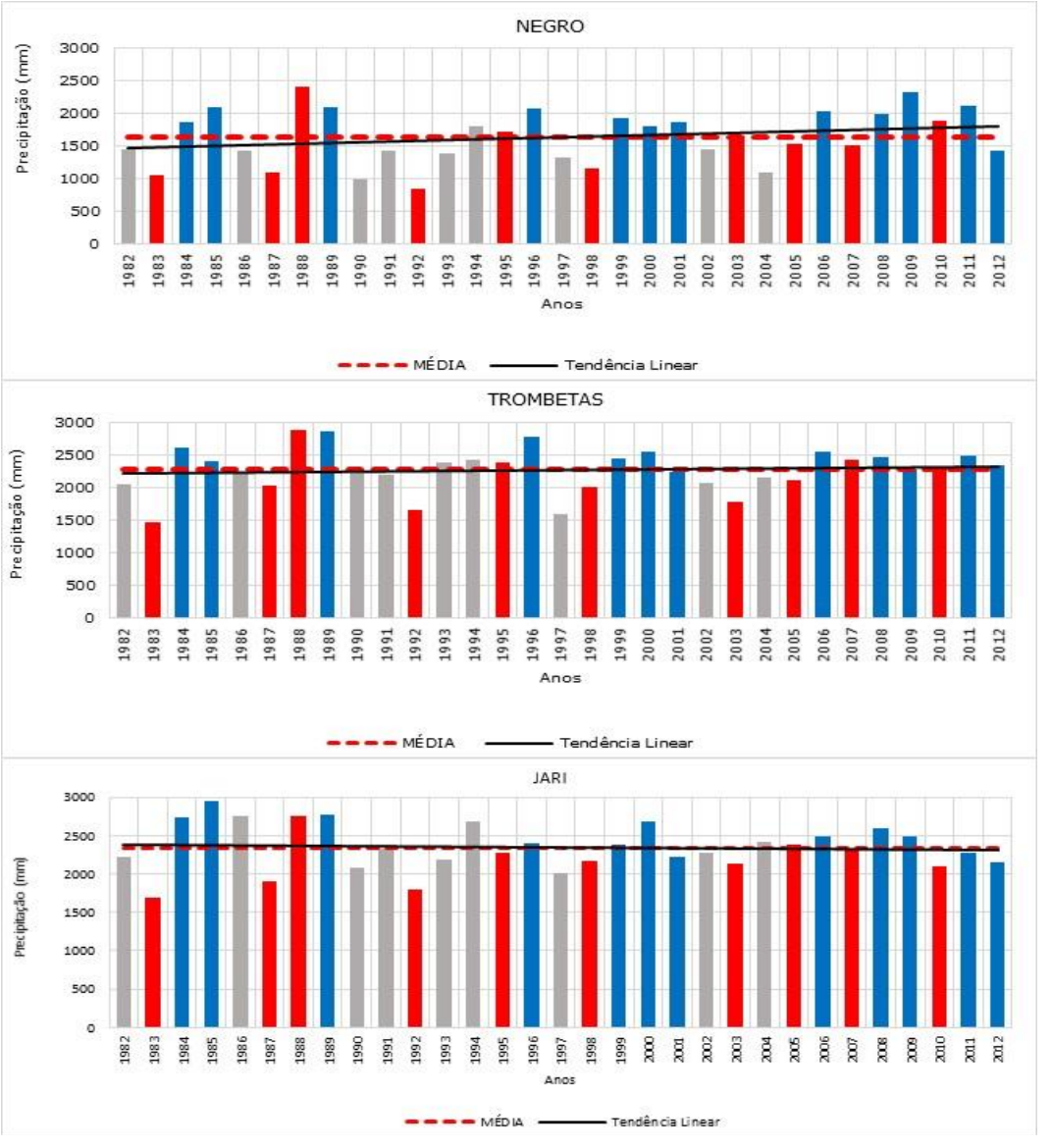


Barras cinzas: precipitação em anos normais; barras vermelhas: precipitação em anos de EN e barras azuis: precipitação em anos de LN.

Figura 6 - Precipitação Anual (mm) nas sub-bacias da margem direita do Amazonas (Purus, Madeira, Tapajós e Xingu), entre 1982 e 2012.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A Figura 07 mostra a precipitação nas sub-bacias do rio Negro, Trombetas e Jari, que se localizam na margem esquerda do rio Amazonas, com tendência positiva nas sub-bacias do Negro e Trombetas (região central), e negativa no leste, Jari. No rio Negro, o EN de forte intensidade, está associado a menores totais pluviométricos. Entretanto, no ano de 2010 o posto do rio Negro não apresentou baixos índices pluviométricos (com anomalia positiva de 250 mm). Segundo Espinoza et al. (2011), o El Niño de 2010 influenciou mais o clima da parte ocidental e sudoeste da Bacia Amazônica e não os afluentes do norte. Por outro lado, a sub-bacia do rio Jari, localizada a leste da região Amazônica, apresentou precipitações acima da média no ano de 2010,



Barras cinzas: precipitação em anos normais; barras vermelhas: precipitação em anos de EN e barras azuis: precipitação em anos de LN.

Figura 7 - Precipitação Anual nas sub-bacias da margem esquerda do rio Amazonas (Negro, Trombetas e Jari), entre 1982 e 2012.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Ainda com relação a Figura 07, na sub-bacia do Negro em 91,7% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN 60% da precipitação ficou abaixo da média, ou seja, tal sub-bacia é afetada pelos dois eventos, porém as cheias ocorridas em anos de LN são mais constantes. Na sub-bacia do Trombetas em 75% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN 60% da precipitação ficou abaixo da média. Na sub-bacia do Jari em 75% dos anos de LN a precipitação ficou acima da média e em anos de EN 70% da precipitação ficou abaixo da média, valores similares às outras sub-bacias da margem esquerda.

As precipitações das 8 sub-bacias durante a ocorrência dos eventos EN e LN possuem tanto varibilidade temporal como espacial, pois na sub-bacia da parte ocidental da Amazônica (Solimões) e da parte ocidental norte (Negro), o EN influenciou mais do que a LN, causando mais secas do que cheias, porém na parte ocidental sul (Purus) o evento EN influenciou pouco os índices pluviométricos.

Na parte norte da bacia Amazônica (Negro, Trombetas e Jari) a influência dos eventos EN e LN se diferem conforme se aproxima da parte oriental, pois na parte ocidental e central a LN tem influência mais nas cheias e na parte oriental o que mais influencia é o evento EN provocando as secas. Contudo, na parte sul da bacia Amazônica (Purus, Madeira, Tapajpós e Xingu) existem diferenças entre as sub-bacias, pois somente na sub-bacia do Madeira (parte central sul) ocorreram baixas precipitações, mesmo em anos de LN, porém conforme se aproxima da parte oriental sul (Tapajós e Xingu) a LN se fortalece provocando cheias.

A Figura 08 apresenta a precipitação normalizada na bacia do Solimões, mostrando que os maiores eventos extremos positivos ocorreram nas décadas de 1980 e 1990, coincidindo com anos de La Niña de 1984, 1988 e 1989. Os eventos negativos estiveram presentes na segunda parte da década de 1990 e nas décadas de 2000 e 2010, coincidindo com os anos de El Niño de 1995, 1997-1998 e 2010. Em 2012, ano de La Niña, não foram registradas anomalias positivas de precipitação na bacia do Solimoes, porém na Figura 05 percebeu-se que as precipitações ficaram abaixo da média, mostrando que o evento LN, para o ano de 2012, não causou precipitações elevadas.

A seca de 2010, a mais severa, conforme Espinoza, et al. (2011), foi registrada nos afluentes ao sul do Solimões, concordando com a Figura 08, que apresentou uma anomalia negativa muito extrema, pois a precipitação normalizada foi maior que a média menos 2*desvio padrão. Já no ano de 2012 a análise desta figura não coincidiu com os estudos de Marengo 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.

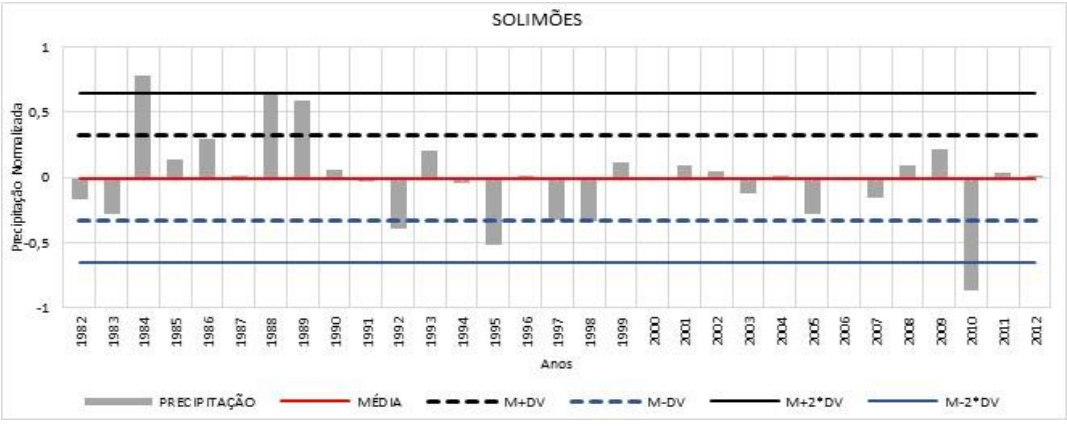


Figura 8 - Precipitação anual normalizada na bacia do Solimões, entre 1982 e 2012.

A Figura 09 apresenta a precipitação normalizada nas sub-bacias da margem direita da Bacia Amazônica e percebeu-se que as sub-bacias do Purus e do Xingu não apresentaram nenhum evento muito extremo durante o período estudado. Além disso, em anos de El Niño e La Niña, 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, 1995 e 2010 foram anos com extremos negativos de precipitação e os anos de 1984, 1985, 1999 e 2009 os extremos foram positivos. Na sub-bacia do Madeira somente um evento muito extremo negativo foi detectado no ano de 1983, e nos anos de 2007 e 2010 foram eventos extremos, já as anomalias positivas não apresentaram eventos muito extremos. Na sub-bacia do Tapajós o ano de 1983 também foi um ano de anomalia negativa muito extrema, sendo o único nessa bacia, já as anomalias positivas extremas ocorreram nos anos de 1985, 1988, 1989 e 2006, anos de La Niña e por fim, a sub-bacia do Xingu, que obteve o 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, já as anomalias negativas ocorreram nos anos de El Niño de 1982, 1983, 1987 e 1992.

A Figura 10 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 todo o período nas quatro sub-bacias da margem direita.

Percebe-se que os eventos muito extremos de precipitação estão mais presentes, principalmente nas sub-bacias da parte noroeste e central 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), Souza et al. (2000) e Marengo et al. (2001).

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

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

eventos extremos negativos, pois o El Niño não afetou os afluentes da margem esquerda, conforme estudo 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 forte intensidade 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 10, eventos muito extremos de seca e nenhum evento muito extremo de cheia.

Contudo, ocorreram eventos extremos de seca nos anos de 1992, 1997 e 2003, coincidindo com anos de El Niño, mostrados na Tabela 02. Já os extremos de cheia ocorreram nos anos de La Niña de 1984, 1988, 1989 e 1996. E na sub-bacia do Jari somente no ano de 1994, o evento foi muito extremo de seca, coincidindo com ano de El Niño, porém nos anos de 1983, 1986 e 1991 ocorreram eventos extremos, também coincidindo com anos de El Niño, já nos anos de La Niña foram encontrados eventos extremos em 1996, 1998, 1999, 2001, 2005 e 2006.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

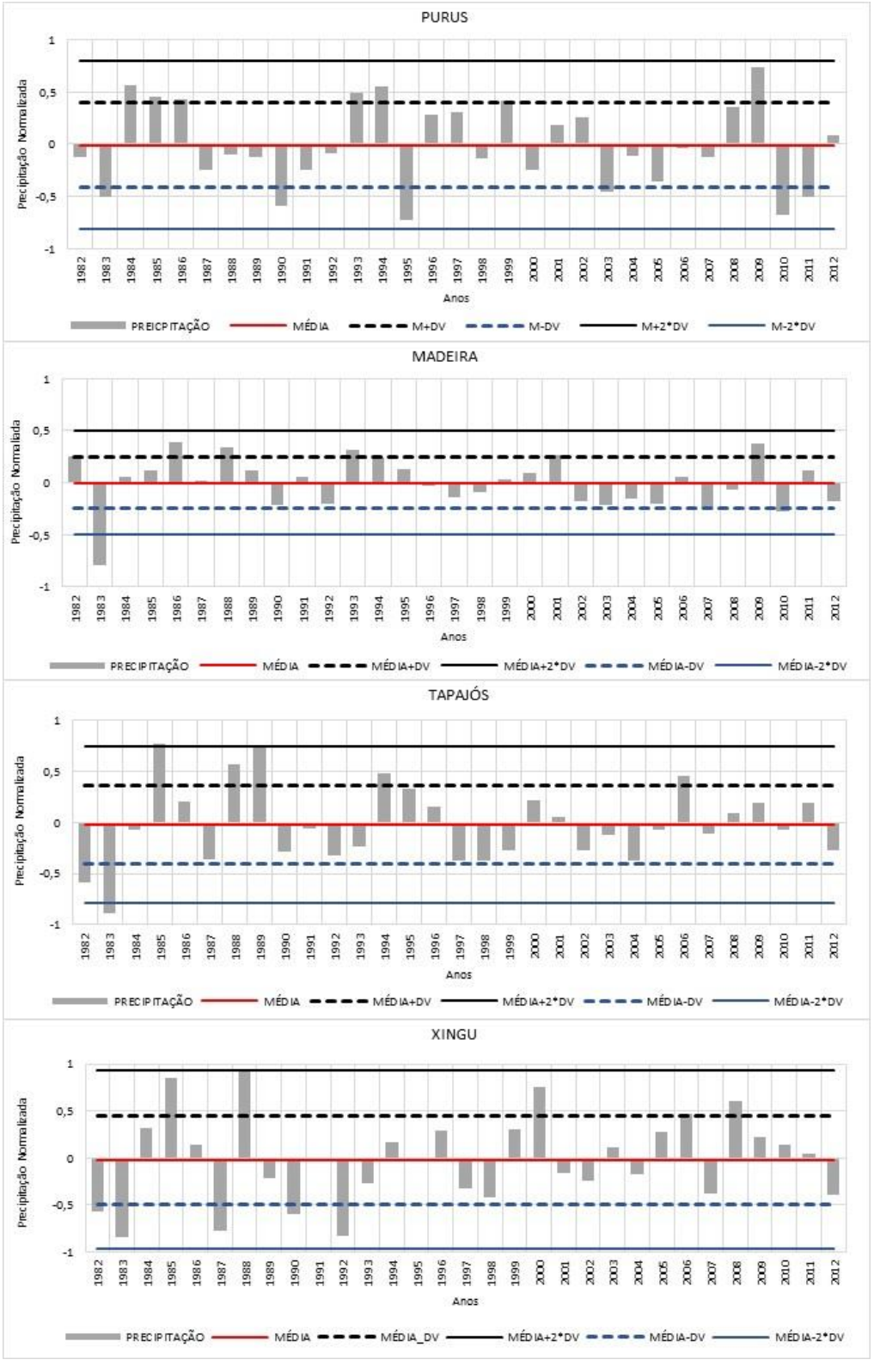


Figura 9 - Precipitação normalizada nas sub-bacias da margem direita do rio Amazonas(Purus, Madeira, Tapajós e Xingu), entre 1982 e 2012.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

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 08 e na sub-bacia do Jari, Figura 09, já que os índices pluviométricos ficaram abaixo da média, concordando com os estudos de Marengo, e tal. (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 10, concordando com os estudos de Marengo et al. (2012), pois 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, afirmaram 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.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

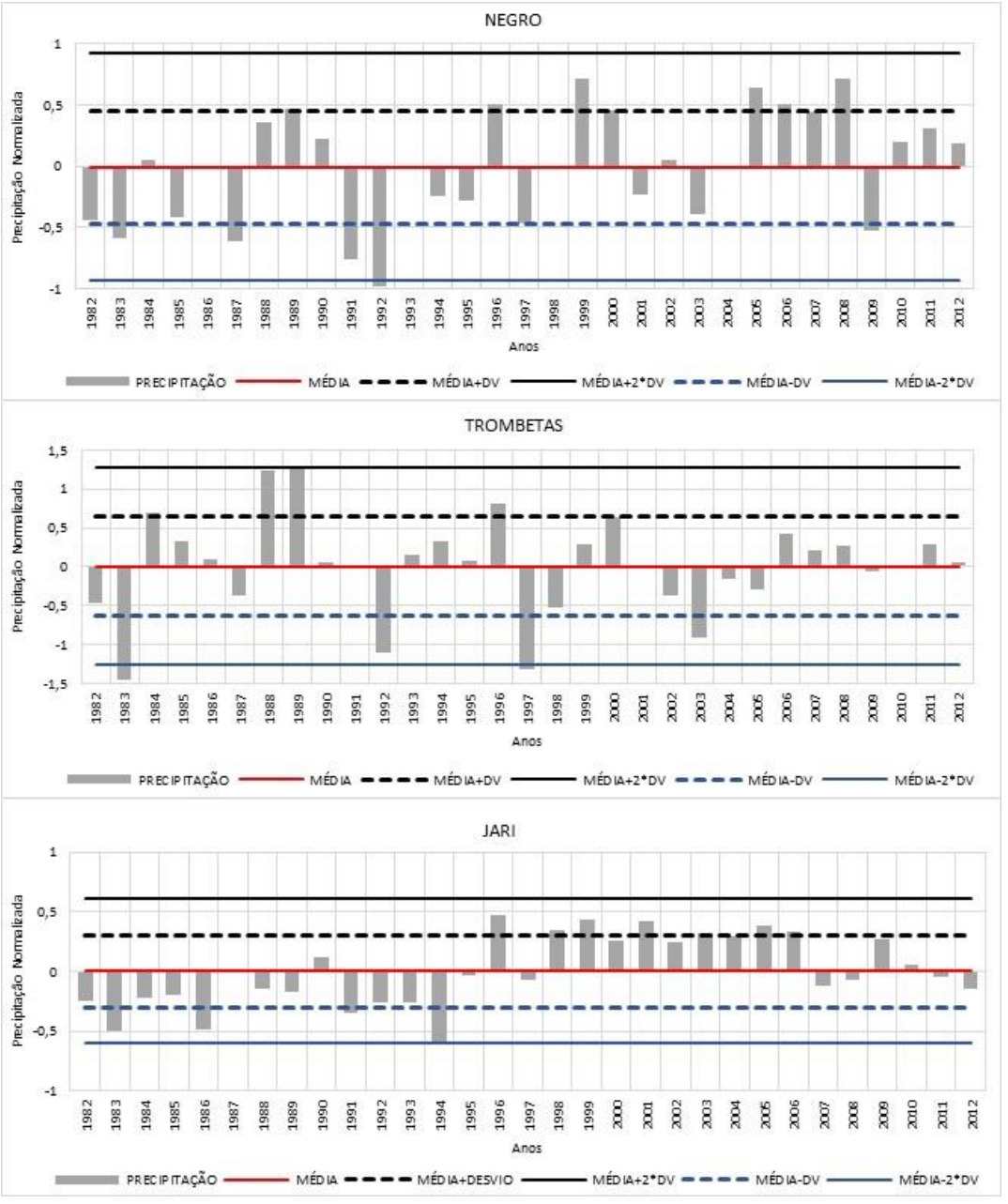


Figura 10 - Precipitação Normalizada nas Sub-bacias da Margem Esquerda (Negro, Trombetas e Jari), entre 1982-2012

4. CONCLUSÕES

A Bacia Amazônica possui uma grande variabilidade na precipitação, tanto no tempo como no espaço, pois em cada sub-bacia a precipitação comporta-se diferentemente, entretanto existe um equilíbrio entre os afluentes da margem esquerda e da margem direita, havendo uma regularidade do regime hidrológico anual da Bacia como um todo. Contudo, quando se trata do regime pluviométrico sazonal não há tal regularidade, pois no período chuvoso

comporta, aproximadamente, 69% de toda a precipitação e no período seco esse total de precipitação cai para em torno de 31%

As maiores variações sazonais da precipitação ocorrem na bacia do Solimões e na sub-bacia do Jari, na parte ocidental e nordeste da Bacia Amazônica, respectivamente.

Quando se trata dos eventos extremos percebeu-se que a La Niña afetou as sub-bacias do Negro, Trombetas e Jari, com mais intensidade do que os eventos El Niño, onde a precipitação aumenta em direção à foz e na margem esquerda. Já na seca de 2005 percebe-se que não houve influência no centro e leste da Amazônia, não afetando as sub-bacias do Tapajós, Xingu e Jari, com índices pluviométricos abaixo da média

Conclui-se assim que os eventos extremos e muito extremos, de seca e de cheia, apresentados na bacia do Solimões e nas sub-bacias, coincidem com os anos de ocorrência de El Niño e La Niña, respectivamente. As sub-bacias do sudoeste da Amazônia, Purus e Madeira, apresentaram eventos extremos de seca nos anos de 2005 e 2010 e extremo de cheia em 2009, o que não ocorreu nas sub-bacias da margem esquerda.

Durante os eventos EN, na bacia Amazônica, mais da metade, 57,5%, dos anos ocorreram secas e 31,25% ocorreram cheias e somente 11,29% dos anos de EN as precipitações ocorreram conforme o padrão da região. Já se tratando dos eventos de LN, 68,75% dos anos ocorreram cheias, 20,83% ocorreram secas, e somente 10,42% dos anos de LN não sofreram de cheias e secas. Contudo, pode-se concluir que o evento LN afetou mais as precipitações da região, ou seja, as cheias foram mais comuns do que as secas.

Comprovou-se também que no ano de 1983, o vento El Niño de forte intensidade afetou 90% das sub-bacias, variando entre eventos extremos, no Purus, Xingu, Negro e Jari, e muito extremos, no Madeira, Trombetas e Tapajós, ou seja, nas sub-bacias mais centrais da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

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.

ANGELIS, C. F. E MC GREGOR, G. R. Diurnal cycle of rainfall over the Brazilian Amazon, Climate Research, 26, 139–149, 2004.

ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R.M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L.O. E SHIMABUKURO, Y.E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. Geophysical Research Letters. V.34, 2007

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. pp. 543-556. 2012.

BUARQUE, D.C.; CLARKE, R.T. E MENDES, C.A.B. Spatial correlation in precipitation trends in the Brazilian Amazon. Journal of Geophysical Research, v. 115, 2009.

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.

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, v.47, n.2, p.321-333, 2002.

COSTA, M. E FOLEY, J. Trends in the hydrological cycle of the Amazon basin. Geophysical Research Letters, v.104, n.14, p.189-198, 1999.

COX, P. M., et al. (2008), Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol. Pollution Nature, v.453, p.212–215. 2008.

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, 2011.

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

FIGUEROA, S.N. E NOBRE, C. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v.5, n.6, p.36-48, 1990.

FRAPPART, F.; PAPA, F.; SILVA, J.S.; RAMILLIEN, G.; PRIGENT, C.; SEYLER, F. E CALMANT, S. Surface freshwater storage and dynamics in the Amazon basin during the 2005 exceptional drought. Environmental Research Letters. v.7, 2012.

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, 2008.

LEAL, S.V. E SOUZA, E.B. Desastres Naturais sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro Associados às Enchentes e Inundações: o caso de 2009. Anais do IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, 2011.

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

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

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. E BROWN., F. The Drought of Amazonia in 2005. Journal of Climate, v.21, 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, 2006.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin, Theoretical Applied Climatological. v.78, p.79–96, 2004.

MARENGO J.A.; Co-authors. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. Journal of Climate. v.14, p.833-852, 2001.

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

NOAA. Cold and a Warn Episodes by Season. Adaptado de Oceanic Niño Index (ONNI) in: www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ ensostuff/ensoyears.shtml. Acessado em 2015.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J. E SHUKLA, J. Amazonian Deforestation and regional Climate Change. Journal of Climate. v.4, p.957-987. 1991.

ROCHA, E. J. P. Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia. 210p. – (INPE-10243-TDI/904). São José dos Campos: INPE, 2004.

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

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.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. E CANDIDO, L.A. A quick look at he 2012 record flood in the Amazon Basin. Geophysical Research Letters, v.40, p.1396–1401, 2013.

SHIKLOMANOV, I.A.; SHIKLOMANOV, A.I.; LAMMERS, R.B.; PETERSON, B.J. E 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) pp 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.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

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

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, 2008.

YOON, J.-H. & ZENG, N.: An Atlantic influence on Amazon rainfall, Journal Climate, v.34, p.249–264, 2010.