

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS PLUVIOMÉTRICOS, TÉRMICOS DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E DESMATAMENTO DE PORTO VELHO - RO

Ricardo Braz Bezerra¹
Avenildson Gomes Trindade²

RESUMO: A presente pesquisa teve como objetivo o estudo da caracterização dos parâmetros climáticos: precipitação e temperatura, desmatamento e balanço hídrico climatológico do município de Porto Velho-RO. Utilizou-se como base metodológica o modelo de Thornthwaite e Mather (1955), tendo como referência a capacidade máxima de retenção de água no solo de 125 mm, baseando-se em vários trabalhos já realizados para algumas localidades da região norte. Os dados de precipitação e temperatura média do ar foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). No balanço hídrico do município de Porto Velho-RO trabalhou-se com a série histórica de 1945 a 2003, dividida em dois períodos de 1945 a 1973 e 1974 a 2003. Os resultados obtidos mostraram que no município de Porto Velho não se encontrou nenhuma evidência de tendência na diminuição do regime de precipitação; entretanto, a deficiência hídrica apresentou maior discrepância de um período para outro, chegando a uma redução de 51,5%. A variabilidade interanual da temperatura média do ar dos anos atípicos indicou correlação com os eventos de El Niño e La Niña. Nos balanços hídricos de 1945 a 1973 e 1974 a 2003, no período de junho a agosto, a temperatura média do ar teve uma redução que variou de 0,7°C a 1,2°C de um período para outro, ocasionado pelo excesso de fumaça, em consequência do desmatamento e queimada praticada por pecuaristas e agricultores que utilizam técnicas primitivas no preparo da terra para as atividades econômicas primárias. Seus subprodutos são emitidos na interface superfície-atmosférica e interferem indiretamente na temperatura média do ar durante o período de estiagem.

Palavras-chave: deficiência hídrica, evapotranspiração, variabilidade da precipitação e temperatura, balanço hídrico.

CHARACTERIZATION OF THE CLIMATIC PARAMETERS PRECIPITATION, TEMPERATURE, DEVASTATE AND WATER BALANCE CLIMATOLOGICAL IN PORTO VELHO - RO

ABSTRACT: The current research has had the following aim: the study of the characterization of the climatic parameters – precipitation, temperature, devastate and water balance climatological in Porto Velho-RO. Actually deforestation has been causing some impact in the parameters of precipitation, in the average temperature of the air, and in the precipitation parameters, medium temperature of the air and water balance climatological. By, Thornthwaite and Mather model has been used as methodological base (1955). Some precipitation data and the average temperature of the air hare been supplied by National Institute of Meteorology (INMET). Concerning a maximum capacity of retention of water the soil about 125 mm, considering other projects carried out in the north. With reference to water balance in Porto Velho – there been two distinct periods such as: from 1945/1973 and 1974/2003. Of all studies under consideration there has not been any evidence of tendency of decrease of precipitation regime and in the parameters of water balance however, water deficiency has had the greatest discrepancy between periods and reaching 51,5 %. Then the interannual variability of the average temperature of the air has had an important correlation

¹ Geógrafo. Mestre em Meteorologia. Professor da Faculdade Interamericana de Porto Velho. Endereço: Av. Mamoré, nº 1520. Cascalheira, Cep.: 78919-541 - Porto Velho-RO, Telefone: (69) 32195000. E-mail: rcabrazz@pop.com.br

² Geógrafo. Mestre em Geociências e Meio Ambiente. Professor da Faculdade Interamericana de Porto Velho, Porto Velho-RO. E-mail: avenildson@gmail.com

with the action of El Niño and La Niña. And between June and August the average temperature of the air related to water balance 1945/1973 and 1974/2003 reached a reduction of 0,7 and 1,2 °C. In short, of a period for other, caused by the excess of smoke, in consequence of the deforestation and burned, practiced by cattle farmers and farmers that use primitive techniques in the preparation of the earth for the primary economical activities, where your by-products emitted in the surface-atmospheric interface that interfere indirectly in the medium temperature of the air in the winter.

Keywords: water deficiency; evapotranspiration; variability of the precipitation and temperature; water balance.

INTRODUÇÃO

As variações climáticas, em particular sobre os principais municípios da Região Norte, tem sido objeto de estudo de diversas áreas do conhecimento, desde as ciências sociais, econômicas, biológicas, agrônômicas, geográficas até as ciências exatas, principalmente através das ciências atmosféricas. A meteorologia é a ciência que procura, entre outros aspectos, entender as flutuações sazonais e interanuais do clima.

No caso específico da Região Norte do Brasil, muitos estudos já foram realizados para entendê-la, entre eles, Franken *et al.* (1982); Leopoldo *et al.* (1982); Marques Filho *et al.* (1983); Nimer (1989 e 1991); Souza *et al.* (2000), pesquisaram a climatologia local e a relação da evapotranspiração da floresta com a dinâmica da troposfera Amazônica.

Tais estudos baseiam-se em dados de determinadas localidades fornecidos por estações meteorológicas de superfícies ou torres montadas na reserva florestal Ducke em Manaus-AM; na reserva biológica de Jarú e sítios experimentais montados na faixa nordeste do estado, na área de influência dos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto D'Oeste, ambas em Rondônia.

Um outro tipo de investigação está voltado à análise das possíveis mudanças micro ou macro-climáticas pela alteração da cobertura superficial por sítios de pastagem ou pela formação de reservatórios das hidrelétricas, no qual citamos, como exemplos, os estudos de Fisch *et al.* (1990); Alves *et al.* (1999); Ferreira da Costa *et al.* (1998); Nobre e Gash (1997); Marengo (2001). A análise de vários anos destas observações climatológicas, conjuntamente com a observação e análise desses mesmos dados em tempo quase real, permite uma extrapolação futura do clima, quer seja numérica, estatística ou conceitual.

A comunidade científica, em consenso, constata que a Floresta Amazônica é reconhecida amplamente como importante fonte de energia e umidade para os processos que ocorrem na atmosfera tropical; entretanto, a região vem sofrendo com o desmatamento de grandes áreas de floresta tropical densa para a extração de madeira, pastagem e

agricultura. Esta substituição da cobertura vegetal de floresta por atividades econômicas primárias modifica as interações entre o sistema solo-planta-atmosfera. Se grandes extensões são desmatadas, pode-se esperar mudanças afetando os sistemas atmosféricos causadores das variações no tempo, os quais, integrados por um longo período, formarão um novo clima.

METODOLOGIA

No presente estudo utilizou-se dados meteorológicos referentes à temperatura média mensal do ar e precipitação média mensal da estação meteorológica de superfícies do município de Porto Velho-RO, pertencente à rede de observação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 1945 a 2003.

Na verificação da variabilidade anual do município de Porto Velho, tanto para precipitação anual como para a temperatura média anual do ar, calcularam-se a normal climatológica, os desvios padrões positivos e negativos do período de 1945 a 2003, possibilitando a elaboração de gráficos. E para os anos que se encontraram acima e abaixo do desvio padrão, comparou-se com as ocorrências dos fenômenos oceânico-atmosférico El Niño e La Niña, disponível em <<http://www.Cptec.inpe.br/enos>> em tabelas.

O cálculo do balanço hídrico foi realizado com a utilização de um “software” do método de Thornthwaite e Mather (1955) elaborado por Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas do Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP (1998).

O armazenamento tem como hipótese básica que a perda de água pelo solo é função da água armazenada pelo mesmo; ou seja, à medida que o solo vai secando, a perda de água vai diminuindo proporcionalmente. O tratamento matemático dessa hipótese resulta em que o [ARM] é estimado por:

$$ARM = CAD * EXP[NEG/CAD];$$

sendo que o negativo acumulado (NEG) é dado pela equação:

$$NEG = Ln [ARM/CAD] * CAD$$

CAD = capacidade de água disponível;

ARM = armazenamento de água no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Precipitação

O município de Porto Velho encontra-se localizado a sudoeste da Região Norte do Brasil e ao norte do Estado de Rondônia. Segundo o IBGE (2001), compreende uma área de 34.082 Km² e possui uma população de 353.961 habitantes. De acordo com a classificação de Köppen seu clima é do tipo Am, tropical chuvoso, quente e úmido com regime pluviométrico superior a 1600 mm/ano, distribuído irregularmente em moderado período de estiagem de junho a agosto que raramente ultrapassa 60 mm/mês.

Na Figura 1 encontra-se a variabilidade da precipitação de Porto Velho-RO no período de 1945 a 2003, evidenciando os desvios positivos e negativos.

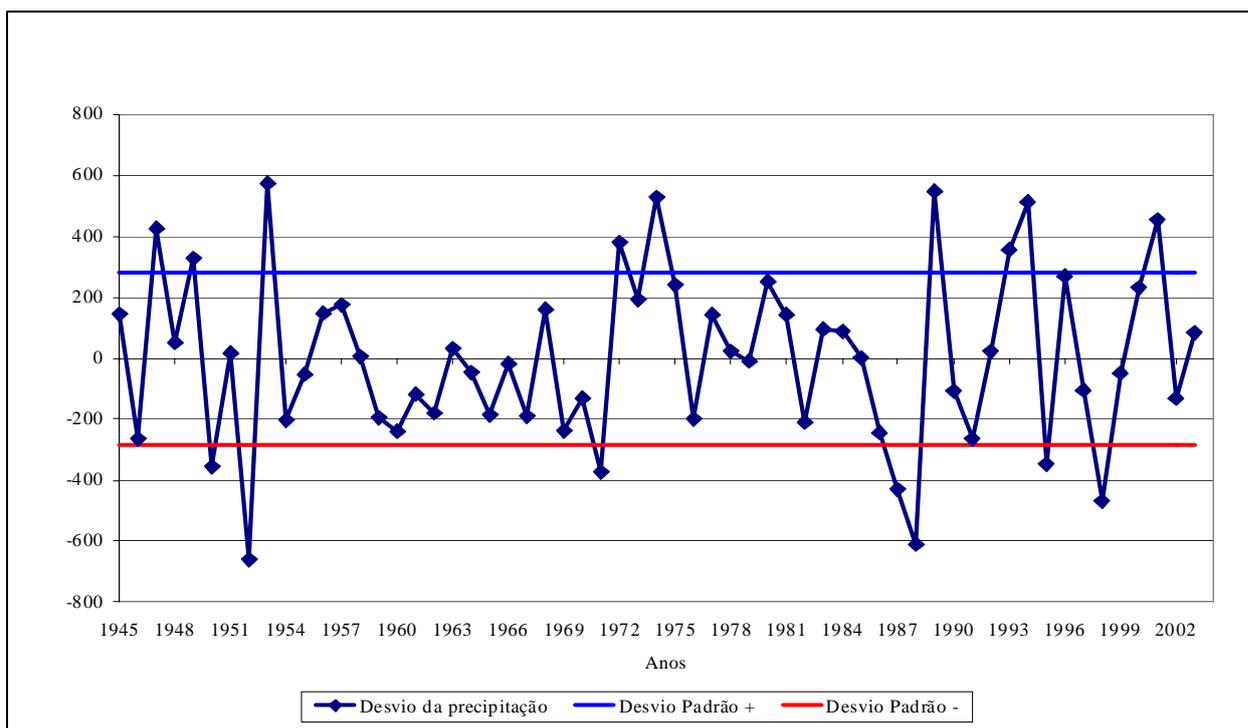


Figura 1 - Variabilidade da Precipitação anual de Porto Velho-RO no período de 1945 a 2003.

Nos anos de 1947, 1949, 1953, 1972, 1974, 1989, 1993, 1994 e 2001 a precipitação com desvio positivo variou de 328 mm/ano a 573 mm/ano, sendo que a média do período foi de 2287 mm, o que corresponde a uma oscilação entre 14,3% a 25%. Os

anos de precipitação com desvios negativos foram de 1950, 1952, 1971, 1987, 1988, 1995 e 1998, na base de 346 mm/ano a 661 mm/ano que corresponde a uma oscilação entre 15,1% a 28,9%.

Conforme a Tabela 1 os desvios da precipitação anual de Porto Velho não evidenciam uma correlação predominante entre a precipitação anual e a ocorrência de El Niño e La Niña, pois os casos de desvios positivos e negativos ocorreram nas três situações descritas na referida Tabela.

Tabela 1 - Desvios positivos e negativos de precipitação mais significativo do período de 1945 a 2003 com a ocorrência de El Niño/La Niña do Município de Porto Velho-RO. (F = forte, M = moderado, Fr = fraco, DP = desvio positivo e DN = desvio negativo).

Ano	Desvio positivo (mm)	Fenômenos	Ano	Desvio negativo (mm)	Fenômenos
1947	426	El Niño - M	1950	356	La Niña - M
1949	328	La Niña - F	1952	661	Normal
1953	573	El Niño - Fr	1971	374	La Niña - Fr
1972	380	El Niño - F	1987	429	El Niño - M
1974	528	La Niña - F	1988	610	La Niña - F
1989	548	La Niña - F	1995	346	La Niña - Fr
1993	357	El Niño - F	1998	468	El Niño - F
1994	514	El Niño - M	-	-	-
2001	453	Normal	-	-	-

Fonte: CEPETEC

Entre os desvios de precipitação negativa e positiva, nos biênios de 87/88 e 93/94, ocorreu (em magnitude de decréscimo e acréscimo) uma precipitação de 1.039 mm e 971 mm, em relação à média dos 59 anos que foi de 2.287 mm; sendo que no biênio de 87/88 e 93/94, o total de precipitação anual foi 1.857,3 mm/1987 e 1.676,6 mm/1988 e 2.643,5 mm/1993 e 2.800,2 mm/1994, com destaque para o ano de 1988 que obteve desvio positivo de precipitação acima da média mensal nos meses de fevereiro e março, totalizando 70,6 mm. Nos demais meses do ano ocorreu uma oscilação abaixo da média mensal entre 24,6 mm a 219,7 mm.

Do total de 134.908,9 mm de precipitação acumulada no período de 1945 a 2003, 4.107 mm foram para desvios positivos e 3.244 mm para desvios negativos,

distribuídos conforme pode ser observado na Tabela 1. Nos anos de 1950, 1952, 1971, 1987, 1988, 1995 e 1998 onde a precipitação anual ficou abaixo de 2.000 mm, oscilando entre 1.676,6 mm a 1.940,3 mm, o regime de precipitação anual do município de Porto Velho foi distribuído em um período chuvoso e outro de estiagem. O período de chuva acima de 150 mm mensal estende-se de outubro a abril e o de estiagem com precipitação abaixo de 60 mm mensal, de junho a agosto, tendo os meses de maio e setembro como meses de transição entre um período e outro.

De acordo com os resultados obtidos por Coelho e Ambrizzi (1998), para os episódios de El Niño de 82/83 e 86/87, há grande variabilidade entre os mesmos quanto aos padrões de circulação e de precipitação sobre a América do Sul no verão do Hemisfério Sul. Também os trabalhos de Chagas e Assis (2003), Diniz *et al.* (1998), Marengo e Oliveira (1998), Fedorova *et al.* (2002), Campos e Acosta (2003), e Minuzzi *et al.* (2003), ainda não apresentam uma idéia concreta de como os fenômenos El Niño e La Niña podem afetar a precipitação na América do Sul e, em particular, na Região Norte do Brasil, pois, segundo Grimm e Ferraz (1998), as anomalias poderão deslocar-se para norte ou para sul de um evento para outro, podendo com isto, alterar o sinal em relação ao evento anterior.

Na Tabela 1 os anos de 49/50, 52/53, 71/72, 87/88, 88/89, 93/94 e 94/95, destacam-se também pela ocorrência de desvios interanuais opostos e semelhantes nas três situações (El Niño, La Niña e Normal), com amplitude variando entre 754 mm e 1234 mm. Nos referidos pares de anos ocorreram, em ordem cronológica, os seguintes agrupamentos: (La Niña/La Niña, DP/DN), (Normal/El Niño, DN/DP), (La Niña/El Niño, DN/DP), (El Niño/La Niña, DN/DN), (La Niña/La Niña, DN/DP), (Niño/Niño, DP/DP e (El Niño/La Niña, DP/DN). Observa-se, então, sete situações distintas que ocorreram no município de Porto Velho na qual podemos afirmar que não existe nenhum correlacionamento predominante só para aumento ou diminuição no desvio da precipitação anual ocasionado pelo fenômeno oceânico-atmosférico El Niño ou La Niña que dentro dessa série histórica de 59 anos, os dezesseis desvios em destaque poderão ocorrer em anos de El Niño, La Niña e Normal.

Temperatura Média do Ar

A temperatura do ar é, das componentes meteorológicas, a mais vulnerável e de resposta mais imediata a qualquer alteração do sistema biofísico, por ser uma variável contínua e de registro permanente. Ela está sujeita à constante variabilidade, no tempo e no espaço, diretamente relacionada com a energia solar e o conseqüente aquecimento do solo.

A heterogeneidade natural do aquecimento e da temperatura do ar de cada ponto da superfície está correlacionada com os movimentos de rotação e translação, com a inclinação da Terra e com os sistemas atmosféricos que atuam em cada localidade. No município de Porto Velho, por se encontrar na zona intertropical, variação anual da temperatura do ar determinada basicamente pelo regime anual da radiação solar global e por outros fatores locais são: a altitude, continentalidade e características da cobertura do solo.

A temperatura média do ar do município de Porto Velho no período estudado teve a normal climatológica de 25,5 °C; sendo, setembro, o mês mais quente, com média de 26,2 °C e julho, o mês menos quente, com média de 24,6 °C. As maiores e as menores temperaturas médias anuais do período ocorreram em 1970 (26,5 °C), 1975 (24,8 °C) e 1976 (24,8 °C), computando-se nesses anos de menores temperaturas médias anuais, onze eventos abaixo da normal climatológica e só um acima, durante cada ano, sendo os de maiores ocorrências no mês de julho, com desvio negativo de 2,7 °C em 1975 e 1,6 °C em 1976.

Dos cinquenta e nove anos de análise, as décadas consideradas mais frias em relação a normal climatológica foram: 45/54, com média de 0,3 °C, oscilação entre 0,1 °C a 0,5 °C; 75/84, com média de 0,4 °C, oscilando entre 0,1 °C a 0,7 °C; e 85/94, com média de 0,1 °C, oscilando entre 0,1 °C a 0,3 °C. As décadas consideradas mais quentes foram: 55/64, com média 0,1 °C, oscilando entre 0,1 °C a 0,6 °C; 65/74, com média de 0,4, oscilando entre 0,3 °C a 0,9 °C; e 95/03, com média de 0,3 °C, oscilando entre 0,2 °C a 0,7 °C.

Na Figura 2 destacam-se os anos de 1961, 1967, 1969, 1970, 1998, 2002 e 2003 com valores de temperaturas do ar médias anuais superiores a 26,0 °C. Fica, então, evidenciado que nestes anos, principalmente nos anos de 1969, 1970 e 1973 houve influência do fenômeno oceânico-atmosférico *El Niño* nesse aquecimento, de acordo com a Tabela 2, considerando a intensidade deste fenômeno. Outro destaque importante são os anos de 1975 e 1976 por registrarem as menores temperaturas do ar médias anuais; evidenciando, assim, uma grande influência do fenômeno oceânico-atmosférico *La Nina* (Figura 2 e Tabela 2).

É perceptível na análise das temperaturas médias anuais que as mesmas apresentam dois períodos bastante distintos com relação à superação da variabilidade anual acima do desvio padrão: o primeiro com dezessete anos 1945/1961 e o segundo com vinte e cinco anos 1974/1998, para que a temperatura média anual atingisse valor superior a 25,9 °C.

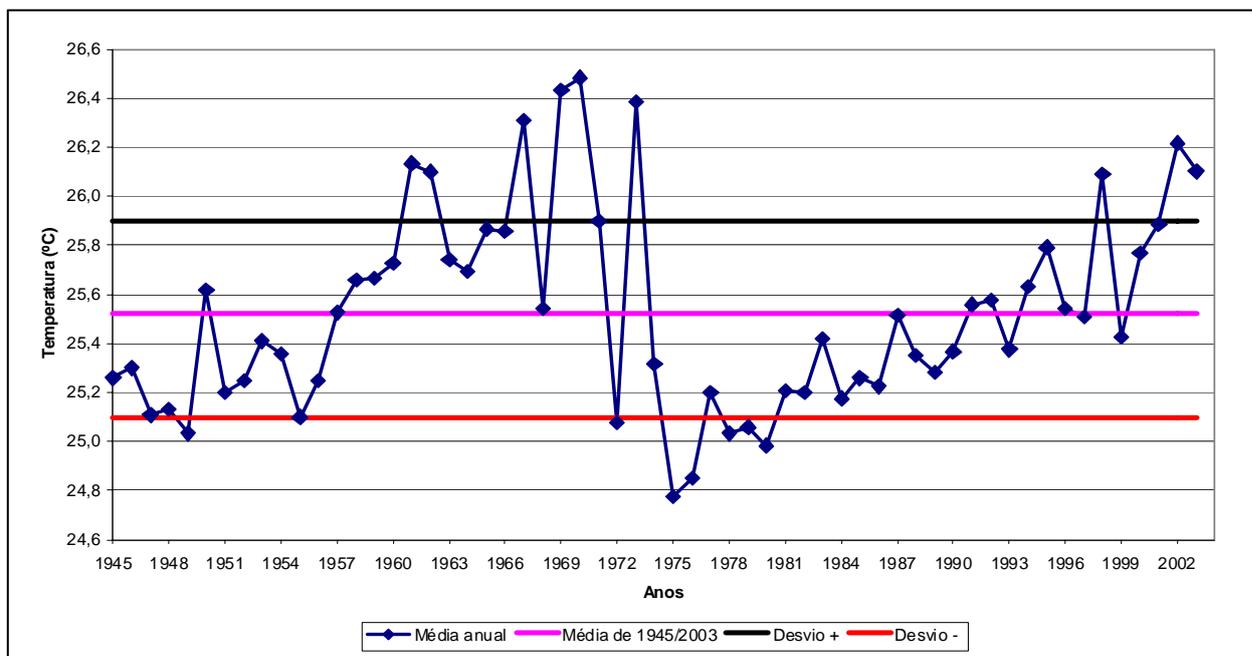


Figura 2 - Variabilidade da temperatura média anual de Porto Velho-RO no período de 1945 a 2003.

Tabela 2 - Desvios positivos e negativos de temperatura média anual mais significativa do período de 1945 a 2003 com a ocorrência de El Niño/La Niña de Porto Velho-RO. (F = forte, M = moderado, Fr = fraco).

Ano	Desvio positivo (°C)	Fenômenos	Ano	Desvio negativo (°C)	Fenômenos
1961	0,6	Normal	1949	0,5	La Niña - F
1962	0,6	Normal	1975	0,7	La Niña - F
1967	0,8	Normal	1976	0,7	La Niña - F
1969	0,9	El Niño - M	1978	0,5	El Niño - Fr
1970	1,0	El Niño - M	1980	0,5	Normal
1973	0,9	El Niño - F	-	-	-
1998	0,6	El Niño - F	-	-	-
2002	0,7	El Niño - M	-	-	-
2003	0,6	Normal	-	-	-

Fonte: (*) disponível em < <http://www.Cptec.inpe.br/enos> > acesso em 21/01/04

Não se pode afirmar que o processo é cíclico, por falta de uma série temporal mais longa, com dados referentes às temperaturas médias do ar da localidade de no mínimo 100 (cem) anos. Por outro lado, busca-se uma explicação baseada na interação superfície-atmosfera e na relação de impactos ocasionados na temperatura média anual do ar pela

ação dos fenômenos oceânico-atmosféricos El Niño e La Niña que estão relacionados, também, com os desvios positivos e negativos das temperaturas.

De maneira geral, as distribuições espaciais das queimadas na Amazônia têm seguido a evolução dos desmatamentos, refletindo a utilização de derrubadas e o fogo para o estabelecimento de atividades agropecuárias e outros fins, inclusive a grilagem de terras públicas, com a utilização do fogo, de forma repetida, para a “limpeza” da vegetação secundária em extensas áreas de pastagens mal-manejadas que resultam em impactos ambientais significativos (solos, recursos hídricos, liberação de gases de efeito estufa e ente outros desequilíbrios ambientais, MAPA, 2004, p. 14).

Nos trabalhos de Nobre (1992 e 1989) e Fisch *et al.* (1997), sobre possíveis impactos climáticos ocasionados por desmatamentos, há indicadores (através de simulações climáticas) de que o desmatamento completo da Floresta Amazônica provocaria, na região, um aumento de 0,6 °C a 2,0 °C na temperatura do ar, e uma diminuição de 20 a 30% nas taxas de precipitação e de evapotranspiração, e estações secas mais prolongadas.

Em outros trabalhos, como de Alves *et al.* (1999), Ferreira da Costa *et al.* (1998) e Feitosa *et al.* (1998) é possível comparar elementos climáticos registrados em áreas desmatadas (pastagem) e de floresta ombrófila (região de Ji-Paraná-RO), demonstrando de que forma o desmatamento afeta o microclima; onde a temperatura média do ar, de janeiro de 1992 a outubro de 1993, foi de 24,6 °C na floresta e 24,1 °C na pastagem. O maior valor registrado para a floresta está associado a uma menor amplitude térmica diária nesse sítio, caracterizado por temperaturas diurnas menores e temperaturas noturnas maiores.

No período seco, a temperatura média do ar foi de 23,9 °C na floresta e 23,0 °C na pastagem; e no período chuvoso, de 24,5 °C na floresta e 24,3 °C na pastagem. Houve uma redução no valor médio da temperatura do ar no período seco em ambos os sítios. Este resultado é influenciado pela ocorrência de frente fria na região (denominado localmente de friagem).

Durante a ocorrência de friagem, a temperatura máxima diária pode ser 10 °C mais baixa que a máxima temperatura no dia anterior ao evento (Fisch *et al.* 1997). De acordo com o mesmo autor, a temperatura pode demorar de 2 a 3 dias para retornar aos valores registrados antes da passagem da frente.

Desmatamento

O acesso por rodovias ao município de Porto Velho ocorreu, de forma mais intensa, a partir de 1968, com a consolidação da BR-364 que permitiu nas décadas

subseqüentes, principalmente as de 1970 e 1980, uma ocupação desenfreada, levando o Estado de Rondônia a um crescimento populacional de 69.792 habitantes, na década de 1960, para 111.064 habitantes, na década de 1970, e para 491.069 habitantes, na década de 1980. No município de Porto Velho o crescimento populacional passou de 50.996 habitantes, na década e 1960, para 84.048 habitantes, na década de 1970, e 134.621 habitantes, na década de 1980. De acordo com o censo 2000, o Estado de Rondônia possuía uma população de 1.377.792 e Porto Velho 334.585 habitantes (IBGE, 2003).

Ocorreu um crescimento de 164% na população de Porto Velho, entre as décadas de 1960 e 1980; e decorrente deste aumento demográfico, surgiram os desmatamentos e queimadas que, até hoje, são práticas comuns entre agricultores e pecuaristas de pequeno e grande porte, tornando a atmosfera local receptora de grande quantidade de partículas que contribuem para a interferência na temperatura média do ar.

Apesar de a ação antropogênica ser bastante intensa no município de Porto Velho, devido ao desmatamento para o uso da terra em atividades agropecuárias, e pelo próprio processo de urbanização que levou o desmatamento aos índices apresentados na Tabela 3, não houve evidências que pudessem sustentar esses impactos na precipitação anual e na temperatura média anual do ar, pois, como se observa nas Tabelas 1 e 2, os anos de desvios positivos e negativos, na sua maioria, ocorreram em anos de El Niño e La Niña.

Tabela 3 - Desmatamento do Município de Porto Velho-RO em Km²

Ano	Até 1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Área Km ²	3396,95	199,63	85,47	122,68	228,67	222,50	206,65	455,87

Fonte: SEDAM/NUSER (1996/1997); IBAMA (1998 a 2000); INPE (2001 a 2003).

No caso da precipitação anual, conforme a Tabela 1, evidenciam-se dois eventos normais em relação ao fenômeno oceânico-atmosférico ocorridos nos anos de 1952 com desvio negativo e 2001 com desvio positivo. Para a temperatura média anual do ar, mesmo tendo registrado cinco eventos em anos normais, três foram no período de 1961, 1962 e 1967, anos em que a densidade demográfica no município era de apenas 0,67 habitantes por km². Isso evidencia que os desvios positivos da temperatura média anual do ar

ocorreram pelo próprio processo natural de dinâmica da circulação atmosférica, nesse curto período.

Fica claro que em Porto Velho, mesmo tendo um percentual de 14,2% de área desmatada em relação à área do município (34.082,0 Km²), ainda não se encontrou nenhuma evidência que sustente a interferência da ação antropogênica nos desvios da precipitação e da temperatura média anual do ar, pois os mesmos ocorreram associados por fatores de caráter oceânico-atmosféricos.

Balanço Hídrico de Porto Velho

O balanço hídrico de uma localidade está diretamente relacionado com o comportamento temporal e sazonal do clima, pois na interação superfície-atmosfera o ganho de água da superfície implica na perda de água da atmosfera pelos processos de entrada e saída de água, através da precipitação pluviométrica e evapotranspiração. O equacionamento do balanço hídrico, seja climatológico ou seqüencial, é uma ferramenta que caracteriza mensalmente o armazenamento de água no solo em um determinado período. Apesar de existir vários trabalhos em balanço hídrico, recentemente tenta-se observar o seu comportamento influenciado por fenômenos El Niño e La Niña e também pelo desmatamento, entre eles, os trabalhos de Chagas e Assis (2003), Galina *et al.* (2003), Salati (2000) e Zepka (2002).

Segundo Marengo (2001) observa-se, na Amazônia, algumas mudanças sistemáticas de chuvas dos componentes do balanço hidrológicos desde 1975/1976, mas isto pode associar-se às mudanças decenais com período de 20-30 anos de clima, mais que uma tendência sistemática unidirecional de queda ou aumento de longo prazo. As Tabelas 4 (a) e 4 (b) caracterizam o comportamento do balanço hídrico de Porto Velho nos períodos 1945-1973 e 1974-2003.

Estudando as modificações do microclima, devido ao desmatamento na Amazônia (região de Jí-Paraná-RO), Alves (1999, p. 401) obteve para a evapotranspiração média os valores de 4,1 mm.dia⁻¹ em sítio de floresta e 3,1 mm.dia⁻¹ em sítio de pastagem. No período seco, 4,5 mm.dia⁻¹ em sítio de floresta e 3,4 mm.dia⁻¹ em sítio de pastagem e no período chuvoso, 3,6 mm.dia⁻¹ em sítio de floresta e 2,7 mm.dia⁻¹ em sítio de pastagem. Os maiores valores da evapotranspiração no sítio de floresta foi influenciado pela maior energia disponível para os processos evaporativos.

No primeiro período do balanço hídrico climatológico Tabela 4 (a) a média diária da evapotranspiração potencial na estiagem de junho a setembro, oscilaram entre 3,7

mm.dia⁻¹ e 4,5 mm.dia⁻¹, sendo seus extremos ocorridos nos meses de junho a setembro. No segundo período conforme Tabela 4 (b) a média diária da evapotranspiração potencial oscilaram entre 3,3 mm.dia⁻¹ e 4,3 mm.dia⁻¹, sendo que, seus extremos ocorreram nos meses de junho e outubro. Como a evapotranspiração potencial está diretamente relacionada com a forçante energética, os 56,4 mm a mais encontrada de junho a setembro na Tabela 4 (a) em relação à Tabela 4 (b) é explicado pelas maiores médias mensais de temperaturas encontrados na Tabela 4 (a) em relação à Tabela 4 (b).

A componente do balanço hídrico que teve a maior discrepância entre os dois períodos de análise conforme as Tabelas 4 (a e b) foi a deficiência hídrica, registrada no primeiro período o valor de 189,2 mm, e no segundo período o valor de 97,5 mm, apresentando uma diferença de 91,7 mm. Essa discrepância, de 51,5% entre os períodos, pode ser melhor explicada pela forçante de saída (evapotranspiração potencial) do segundo período do balanço hídrico, conforme mostra a Tabela 4 (b), com registros menores que a do primeiro período nos meses de estiagem, refletindo nos valores da deficiência hídrica mensal entre os períodos.

Os menores registros de evapotranspiração potencial dos meses de junho a setembro do segundo período, em relação ao primeiro período, é consequência dos registros das menores temperaturas médias do ar, cuja diferença entre os referidos meses, em ambos os períodos, oscilaram de 0,7 °C a 1,2 °C. Levando-se em consideração que a ocupação acelerada da cidade de Porto Velho deu-se a partir da década de 70 e até as duas últimas décadas do século XX; e que, trouxe como consequência o desmatamento, conforme a Tabela 3, e ainda, como subproduto, a emissão de fumaça para a atmosfera local, principalmente no período de inverno é possível considerar que neste período está havendo uma interferência na temperatura do ar que reflete na diminuição da evapotranspiração potencial mostrada nas Tabelas 4 (a e b).

Através das Tabelas 4 a e 4 b, verifica-se que existiu retirada de água do solo nos períodos de junho a setembro, respectivamente. Isso evidencia que o mês de maio já pode ser considerado crítico do ponto de vista agropecuário para Porto Velho, embora a retirada de água do solo nos meses de maio a setembro do período de 1974 a 2003 tenha sido um pouco inferior a 100 mm, quando comparado aos meses de junho a setembro do período 1945 a 1973, cujo valor foi de 113,9 mm. Considerando os valores médios anuais, verifica-se que houve saldo positivo no período 1974 a 2003 da ordem de 975,2 mm; enquanto que o saldo foi de 979,5 mm para o período anterior, evidenciando que o aumento de 55,9 mm na precipitação contribuiu para um pequeno aumento da evapotranspiração real de 60 mm, no segundo período.

Tabela 4 (a) - Balanço hídrico climatológico de Porto Velho – RO do período de 1945 a 1973, com CAD de 125 mm.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P – ETP (mm)	NEG AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,2	311,1	118,5	192,6	0,0	125,0	0,0	118,5	0,0	192,6
Fev	25,1	311,3	108,9	202,4	0,0	125,0	0,0	108,9	0,0	202,4
Mar	25,3	314,2	121,1	193,1	0,0	125,0	0,0	121,1	0,0	193,1
Abr	25,4	241,8	117,1	124,7	0,0	125,0	0,0	117,1	0,0	124,7
Mai	25,3	134,4	116,7	17,6	0,0	125,0	0,0	116,7	0,0	17,6
Jun	25,2	35,5	109,5	- 73,9	- 73,9	69,2	- 55,8	91,3	18,1	0,0
Jul	25,1	17,7	111,6	- 93,9	- 167,8	32,6	- 36,5	54,2	57,4	0,0
Ago	26,4	30,0	134,7	- 104,7	- 272,5	14,1	- 18,5	48,5	86,2	0,0
Set	26,6	105,2	135,8	- 30,6	- 303,2	11,1	- 3,1	108,2	27,6	0,0
Out	26,2	209,5	135,1	74,4	- 47,5	85,5	74,4	135,1	0,0	0,0
Nov	26,0	240,7	130,0	110,7	0,0	125,0	39,5	130,0	0,0	71,2
Dez	25,6	306,9	129,1	177,8	0,0	125,0	0,0	129,1	0,0	177,8
Totais	307,5	2258,2	1468,0	790,2	-	1087,5	0,0	1278,7	189,2	979,4
Médias	25,6	188,2	122,3	65,8	-	90,6	-	106,6	15,8	81,6

Tabela 4 (b) Balanço hídrico climatológico de Porto Velho – RO do período de 1974 a 2003, com CAD de 125 mm.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P – ETP (mm)	NEG AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,5	347,6	124,6	223,0	0,0	125,0	0,0	124,6	0,0	223,0
Fev	25,6	327,0	116,3	210,7	0,0	125,0	0,0	116,3	0,0	210,7
Mar	25,6	298,3	126,8	171,4	0,0	125,0	0,0	126,8	0,0	171,4
Abr	25,7	244,0	121,9	122,1	0,0	125,0	0,0	121,9	0,0	122,1
Mai	25,3	113,8	117,1	- 3,3	3,3	121,8	- 3,2	117,0	0,0	0,0
Jun	24,5	41,9	99,4	- 57,6	- 60,8	76,8	- 44,9	86,8	12,6	0,0
Jul	24,2	31,2	98,2	- 67,0	- 127,9	44,9	- 31,9	63,1	35,1	0,0
Ago	25,2	58,7	115,2	- 56,5	- 184,4	28,6	- 16,3	75,0	40,2	0,0
Set	25,8	110,2	122,4	- 12,2	- 196,6	25,9	- 2,7	112,9	9,5	0,0
Out	26,1	181,5	134,4	47,1	- 67,2	73,0	47,1	134,4	0,0	0,0
Nov	25,9	217,5	129,3	88,2	0,0	125,0	52,0	129,3	0,0	36,2
Dez	25,7	342,5	130,7	211,7	0,0	125,0	0,0	130,7	0,0	211,7
Totais	305,1	2314,1	1436,4	877,7	-	1121,1	0,0	1338,9	97,5	975,2
Médias	25,4	192,8	119,7	73,1	-	93,4	-	111,6	8,1	81,3

Os outros componentes do balanço hídrico tiveram os seus valores totais influenciados mais pela forçante de entrada do que a forçante de saída. O mesmo teve uma variação muito pequena, considerada insignificante de um período para outro, na qual refletiu os resultados dos mesmos. Portanto, os índices de desmatamento mostrado na Tabela 3, ainda não estão interferindo no aumento ou na diminuição da precipitação em Porto Velho, pois a normal climatológica dos 59 anos é de 2286,6 mm, e os desvios positivos e negativos em relação aos períodos de 1945 a 1973 e 1974 a 2003, não ultrapassaram 28 mm.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os objetivos propostos nesse estudo e, diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- 1) Em Porto Velho, os desvios positivos e negativos de precipitação tiveram ocorrência em eventos tanto de El Niño e La Niña e em anos considerados normais, mostrando que não existe uma predominância para aumento ou diminuição da precipitação, em nenhum dos três casos, podendo ocorrer nas três situações. Com relação à temperatura média do ar os desvios positivos e negativos estão em consonância com os fenômenos oceânico-atmosféricos El Niño (predominância de desvio positivo) e La Niña (predominância de desvio negativo).
- 2) No município de Porto Velho, mesmo passando por um processo acelerado de desmatamento, não foi evidenciada alguma influência significativa no regime pluviométrico; sendo que houve aumento na temperatura média anual do ar no período de 1977-2001, embora o inverno no período de 1974-2003 tenha contribuído em sentido contrário.
- 3) Os balanços hídricos em Porto Velho mostraram sazonalidade entre as componentes de excedente e deficiência hídrica no seu ciclo, sendo a componente deficiência hídrica mais representativa quanto à discordância de valores entre os balanços hídricos, ocasionada pela redução da temperatura média do ar no período de inverno, considerado seco ou de pouca precipitação pluviométrica.

Finalmente, sugerimos a realização de trabalhos semelhantes para outros municípios da região que tenham passado pelo processo de ocupação acelerada, analisando a temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, durante e depois dos efeitos causados por desmatamento e queimadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. S. M.; FISCH, G. I.; VENDRAME, I. F. Modificação do Microclima e Regime Hidrológico Devido ao Desmatamento na Amazônia: Estudo de um caso em Rondônia (RO), Brasil. **Acta Amazonica**. n. 29, v. 3, p. 395 – 409, 1999.
- CAMPOS, C. R. J.; ACOSTA, J. F. Comportamento Sazonal da Temperatura Mínima Média e Máxima na região de Pelotas em anos de La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003. CD-ROM.
- CHAGAS, A. N.; ASSIS, S. V. A influência do fenômeno El Niño no balanço hídrico climatológico de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003. CD-ROM.
- COELHO, C. A. das S.; AMBRIZZI, T. Estudos climatológicos das influências dos extremos negativos da oscilação sul durante dezembro, janeiro e fevereiro de 1982/83 e 1986/87 sobre a precipitação na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, 1998. CD-ROM.
- CENTRO DE PESQUISA TECNOLÓGICA - **Dados de ocorrência de El Niño e La Niña** disponível em: <<http://www.Cptec.inpe.br/enos>> Acesso em 21/01/2004.
- DINIZ, G. B.; SANSIGOLO, C.; SALDANHA, R. L. Influência do evento El Niño no regime de precipitação da cidade de Pelotas-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, 1998. CD-ROM
- FEDOROVA, N.; GOMES, R. G.; PEDROTTI, C. B. M. Climatologia das geadas ocorridas em pelotas associadas aos fenômenos El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. CD-ROM
- FEITOSA, J. R. P.; FERREIRA DA COSTA, R.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. Radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, p. 1-7, 1998.
- FERREIRA DA COSTA, R.; FEITOSA, J. R. P.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. Variabilidade diária da precipitação em região de floresta e de pastagem na Amazônia. **Acta Amazonica**. v. 28. n. 4, p. 395-408, 1998.
- FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHI, J. R.; NOBRE, C. A. Simulação climática do efeito do desmatamento na região amazônica: estudo de um caso em Rondônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12. n. 1, p. 33-48, 1997.
- GALINA, M. H.; SANTOS, M. J. Z. dos S.; SENTELHAS, P. C. Mudanças climáticas de curto prazo: tendência do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente – SP no período de 1969 – 2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003. CD-ROM.
- FISCH, G. F.; JANURIO, M.; SENNA, R. C. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia. **Acta Amazonica**, v. ?, p. 49-59, 1990.
- FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P. R.; MATSUI, E.; RIBEIRO, M. N. G. Interceptações das precipitações em floresta amazônica de terra firme. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 3, p. 15-22, 1982.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos da oscilação sul. Parte I: El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, 1998. CD-ROM
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro. IBGE, 2001.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. **Estatística do Século XX do Brasil**. Rio de Janeiro. IBGE, 2003, CD-ROM.

LEOPOLDO, P. R.; FRANKEM, W.; MATSUI, E.; SALATI, E. Estimativa da evapotranspiração da floresta amazônica de terra firme. **Acta Amazonica**. v. 12, n. 3, p. 23-28. 1982.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Avaliação preliminar da evolução do desmatamento da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Preliminar**. 2004. Disponível em: <<http://www.mapa.gov.br>> Acesso em 13 de dezembro de 2004.

MARQUES FILHO, A. de O.; RIBEIRO, M. de N. G.; SALATI, E. Evapotranspiração de floresta da região amazônica. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 3-4, p. 519-529. 1983.

MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, 1998. CD-ROM

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 1, 01-18, 2001.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; RIBEIRO, A. Anomalias de precipitação durante o período chuvoso no Estado de Minas Gerais em eventos El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003. CD-ROM.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço Hídrico da Região dos Cerrados**. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 166 p.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Norte**, v. 3, Rio de Janeiro: IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, p. 46-54, 1991.

NOBRE, C. A.; SHUKLA, J. SELLERS, P. J. Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia. Clima análise. **Boletim de Monitoramento e Análise climática**, v. 4, n. 9, p. 44-55. 1989.

NOBRE, C. A. Alterações climáticas globais e suas implicações para o Brasil. **Revista Brasileira de Energia**. 1992. 36 p. (Especial).

NOBRE, C. A.; GASH, J. Desmatamento muda clima da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 22, p. 32-41, 1997.

SALATI, E. Desmatamento e Alteração do Balanço Hídrico da Bacia Amazônica. In: **Atlas Nacional do Brasil**, 3ª. Ed. Rio de Janeiro, 2000. 172 p.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. A. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960 - 1998. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 305-318. 2000.

ZEPKA, G.S. Análise do Balanço Hídrico para a Cidade de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. CD – ROM.