

CARACTERÍSTICAS DA CLIMATOLOGIA DE MACAPÁ-AP

João Paulo Nardin Tavares

Mestre em Ciências Ambientais, Faculdade de Macapá – FAMA
jpnt25@gmail.com

RESUMO

A falta de publicações científicas sobre os aspectos do clima do município de Macapá, capital do Estado do Amapá, tem sido um problema enfrentado pelos mais diversos setores produtivos, como a economia, a agricultura, a geração de energia, o planejamento urbano, a construção civil, etc. Pensando nessa demanda é que se elaborou este trabalho. Foi encontrado que a climatologia de base para Macapá, período 1961-1990, revela um clima bastante sazonal, com grandes volumes de precipitação no primeiro semestre do ano, diminuindo gradativamente até formar uma curta estação seca. Foi feita a análise da sazonalidade das variáveis meteorológicas, além do cálculo do Balanço Hídrico Climatológico e da Classificação Climática de Macapá, segundo diferentes metodologias, e os resultados mostram que a cidade de Macapá possui clima equatorial, com o período chuvoso estendendo-se de dezembro a julho, quando ocorre 90% do total anual de precipitação, principalmente devido a influência da Zona de Convergência Intertropical. Além disso, nos meses secos (agosto a novembro) ocorre déficit de umidade no solo e ocorre a temperatura máxima média do mês mais quente em outubro, atingindo 32,6°C.

Palavras-chave: Amapá. Aspectos climáticos. Tempo de retorno. Sazonalidade. Classificação climática.

CLIMATOLOGICAL FEATURES OF THE MACAPÁ-AP (BRAZIL) CITY

ABSTRACT

The lack of scientific papers about the climate of Macapá region, Amapá state, has been found as a problem to several productive sectors, such as economy, agriculture, power generation, urban planning, buildings etc. This study was conducted thinking about this demand. It was found that the baseline climatology for Macapá (1961-1990) reveals a high seasonal climate, wich brings high amounts of precipitation in the first half of the year, decreasing gradually until it makes a short dry season. Analysis of the seasonal variability of the meteorological variables, the calculation of the Hydric Budget and the Climate Classification for Macapá was developed and the results show that the city of Macapa have an equatorial climate, with the rainy season lasting from December to july, when 90% of the total amount of the annual rain occurs, due to the Intertropical Convergence Zone. Furthermore, in the dry season (august to november) there is a deficit of moisture in the soil and the maximum temperature of the hottest month (october) reaches 32,6°C.

Key words: Amapa state. Climatological features. Period of return. Sazonality, Climate classification.

INTRODUÇÃO

O estado do Amapá, situado na região conhecida como Escudo das Guianas, na região Norte do Brasil, possui uma área de 142.814,585 km², inserida no bioma amazônico. É uma região grande e diversificada de ecossistemas e formas de relevo.

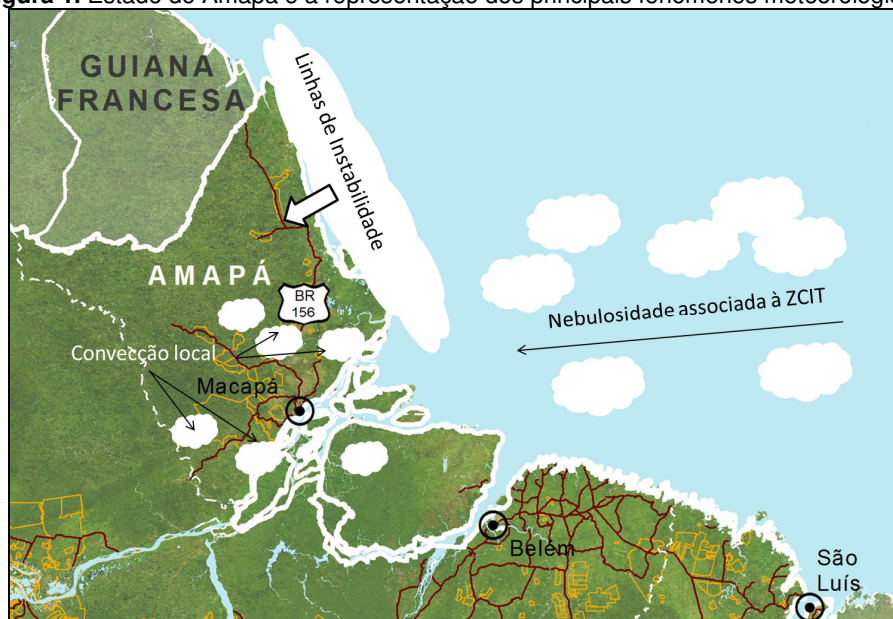
Recebido em 30/03/2014

Aprovado para publicação em 08/05/2014

Por se situar na região tropical, em torno da Linha do Equador, o estado do Amapá recebe durante todo o ano uma grande quantidade de energia solar, que vai lhe dar um clima quente e úmido, que se caracteriza principalmente pelo regime de precipitação, sujeito a grandes variações sazonais no regime de precipitação, devido à migração anual da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que consiste numa banda de nebulosidade convectiva que dá a volta no globo, associada à confluência dos ventos alísios, à baixa pressão atmosférica à superfície na região do equador, às áreas de máxima temperatura da superfície do mar e à máxima convergência de umidade em baixos níveis da atmosfera (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009). Segundo De Souza e Cunha (2010), observa-se próximo à costa do estado do Amapá condições oceânicas e atmosféricas que favorecem a formação de nuvens convectivas sobre o Oceano Atlântico Equatorial, as quais podem se propagar em direção à Amazônia pelo escoamento de leste, ou seja, os ventos alísios. A região sofre muitas vezes anomalias nas médias climatológicas devido a eventos climáticos extremos, resultantes das variabilidades de larga escala, como por exemplo, os fenômenos El Niño e La Niña, entre outros (De SOUZA et al. 2000, 2004, 2009; FEDOROVA e CARVALHO, 2006).

Então, os fenômenos meteorológicos que causam precipitação na região do estado durante a estação chuvosa são, principalmente, a atividade convectiva da Zona de Convergência Intertropical (grande escala), e a interação entre as atividades convectivas locais e a da grande escala. Durante qualquer época do ano, podem ocorrer chuvas formadas pelas linhas de instabilidade formadas pela brisa, distúrbios ondulatórios na atmosfera e convecção úmida profunda local (MOLION, 1987; COHEN et al., 1989). Um maior aprofundamento a respeito da climatologia do estado do Amapá pode ser consultado em De Souza e Cunha (2010). A Figura 1 apresenta a região do estado do Amapá, a localização de sua capital, Macapá, e a representação dos principais fenômenos descritos.

Figura 1. Estado do Amapá e a representação dos principais fenômenos meteorológicos.



Fonte: Autoria Própria

A capital do estado, Macapá, está atraindo imigrantes de várias regiões do Brasil, sobretudo de outros estados da região Norte e Nordeste. A maioria dessas pessoas procura oportunidades na capital, o que causou um aumento da população de 50% em relação a 2001 (IBGE, 2011). Isso requer por parte do poder público e empresas privadas a tomada de decisões nas mais diversas áreas, dentre as quais se destacam os investimentos em infraestrutura (construção civil, obras de saneamento, pavimentação, etc.), defesa civil, planejamento urbano, entre outras. Todas essas atividades sofrem influência direta e indireta do clima, ainda mais se levar em conta a topografia da cidade de Macapá, composta por uma complexa rede de drenagem,

onde as áreas úmidas, conhecidas localmente como “áreas de ressaca”, exercem um importante papel no microclima e na drenagem de águas pluviais.

Por outro lado, a atuação de eventos climáticos extremos como enchentes e períodos prolongados de estiagem, entre outros, em alguns anos, são cada vez mais corriqueiros (corroborando as hipóteses do 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, de 2007, que prediz que na região tropical, é muito provável que os eventos extremos sejam cada vez mais intensos e mais frequentes) e acabam interferindo significativamente na qualidade de vida da população.

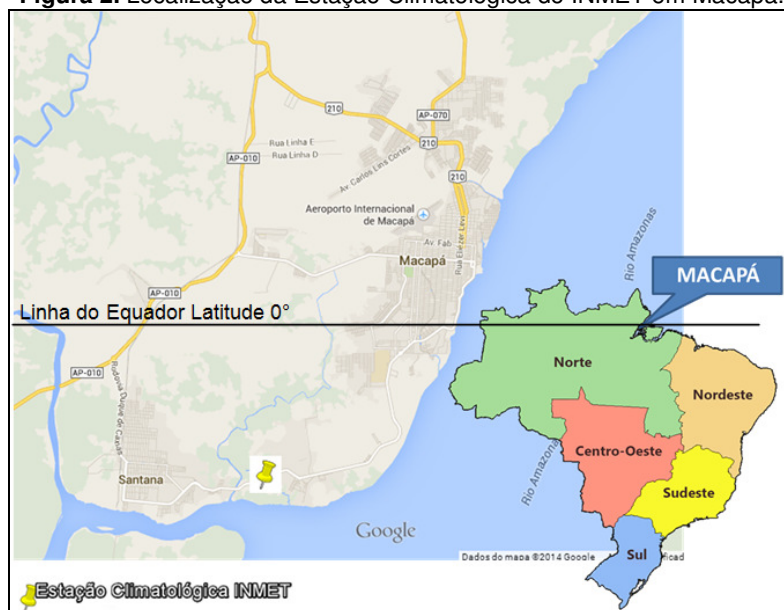
Mesmo sabendo da importância do clima nos mais variados ramos das atividades humanas, ainda percebe-se uma escassez muito grande de publicações científicas que tratem do assunto. Dentro desta realidade o presente trabalho buscou apresentar a climatologia de alguns elementos climáticos (precipitação, insolação, temperatura, vento e umidade relativa do ar), para a cidade de Macapá, tendo por base as normais climatológicas (1961 – 1990) do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados

Para a realização do estudo se consideraram as normais climatológicas para o período 1961-1990 registradas na estação meteorológica 82098 do INMET, localizada no Bairro da Fazendinha, a 10 km do centro da cidade, Latitude $0^{\circ} 02' S$; Longitude $50^{\circ} 30' W$; Altitude 15 m (Figura 2).

Figura 2. Localização da Estação Climatológica do INMET em Macapá.



Fonte: Autoria Própria

Os elementos climáticos analisados foram: média mensal da precipitação pluviométrica (milímetros - mm), insolação (horas), temperatura do ar (graus Celsius - °C), umidade relativa do ar (em porcentagem - %), velocidade do vento (metros por segundo – m/s). Com os dados climatológicos será feita a análise para classificação climática.

Sazonalidade e Balanço Hídrico Climatológico

Para avaliar a sazonalidade dos elementos climáticos, foram calculadas as médias e desvios-padrão para cada mês, evidenciando o comportamento que diferencia a estação seca da estação chuvosa e a distribuição dos valores de chuvas por trimestre.

Para definir a classificação climática para a cidade de Macapá utilizou-se os métodos de classificação climática de Köppen (1928), Thorntwaite (1948), Strahler (1978) e o mapa de climas do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2002). Para tanto, foi

calculado o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) utilizando-se a planilha BHNorm, disponível no *site* <http://lce.esalq.usp.br>.

A análise dos dados de vento para Macapá consistiu na identificação da direção predominante, a variação da velocidade e a ocorrência de rajadas e outros fenômenos mais adversos, como trombas d'água e períodos do ano em que o vento é mais intenso.

Tempo de Retorno

O período de retorno ou tempo de recorrência (T) é o tempo médio em anos que um evento é igualado ou superado pelo menos uma vez. Existe a seguinte relação entre o período de retorno e probabilidade de ocorrência (P):

$$T = 1/P. \quad (1)$$

Por exemplo, se uma cheia é igualada ou excedida em média a cada 20 anos terá um período de retorno $T = 20$ anos. Em outras palavras, diz-se que esta cheia tem 5% de probabilidade de ser igualada ou excedida em qualquer ano. A fixação do período de retorno para uma obra hidráulica depende de vários fatores, como vida útil da obra; tipo de estrutura; facilidade de reparação e ampliação; perigo de perda de vida. Assim, para barragens de terra, $T = 1000$ anos; para barragem de concreto, $T = 500$ anos; Galeria de águas pluviais, $T = 5$ a 20 anos; e Pequena barragem de concreto para fins de abastecimento de água, $T = 5$ a 100 anos. Outro critério para a escolha de T é a fixação, a priori, do risco que se deseja correr, no caso de a obra falhar dentro do seu tempo de vida (GARCEZ e ALVAREZ, 1988). O risco (em %) de a obra falhar uma ou mais vezes ao longo da sua vida útil pode ser deduzido dos conceitos fundamentais da teoria da probabilidade e é igual a:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2)$$

onde T é o período de retorno em anos, n é a vida útil da obra em anos e R é o risco permissível.

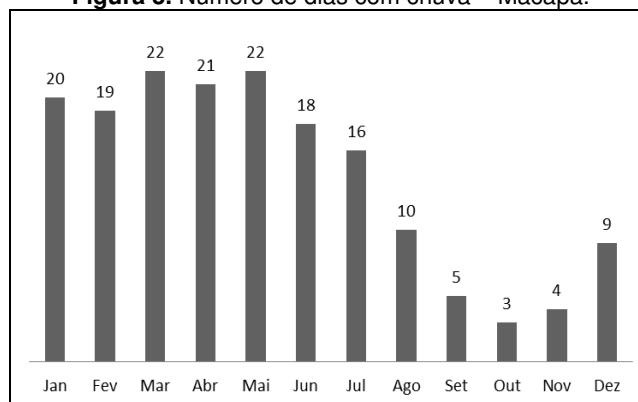
Em geral, aplica-se a fórmula de Ven Te Chow (1962 apud GARCEZ e ALVAREZ, 1988) para a distribuição de chuva para se estimar o tempo de retorno das precipitações máximas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade de precipitação e temperatura do ar

Durante o ano, em média, Macapá tem 169 dias com chuva, durante a estação chuvosa (dezembro a julho) e 196 dias sem chuva, durante a estação seca (agosto a novembro), como pode ser observado na Figura 3:

Figura 3. Número de dias com chuva – Macapá.



Fonte: INMET (2000)

A Figura 4 apresenta o Climatograma para Macapá. Observa-se que o mês mais seco é outubro (35,5 mm/mês) e o mais chuvoso, março (407,2 mm/mês). A estação chuvosa se

estende de dezembro a julho; julho é o mês de transição entre a estação chuvosa e a seca; a estação seca se estende de agosto a novembro.

O início do período chuvoso no Amapá ocorre durante os meses do verão (DJF), com o aumento significativo nos volumes de precipitação, entre 500 e 1.000 mm, em praticamente todo o Estado. As regiões contendo máximos de chuva no verão, acima de 900 mm, situam-se preferencialmente ao longo da faixa litorânea do estado, incluindo ainda a região de Oiapoque no norte Amapaense.

O aumento de precipitação na região litorânea e norte do Amapá é causado primariamente pela migração sazonal da banda de nebulosidade da ZCIT sobre o Atlântico Equatorial. Neste período, muito embora do ponto de vista climatológico a ZCIT ainda não se encontre na sua posição atlântica mais austral, sua proximidade favorece o aumento da formação de aglomerados convectivos atingindo a faixa leste do Amapá, concorrendo para a elevação dos níveis pluviométricos em Macapá (De SOUZA e CUNHA, 2010).

A estação de outono (MAM) é sem dúvida o período mais chuvoso do ano no Estado do Amapá. Neste período, observa-se a intensificação e generalização do volume de precipitação em todo o território amapaense, com valores oscilando entre 900 e 1.200 mm. Essa intensificação da precipitação deve-se à atuação direta da ZCIT atingindo sua posição climatológica mais austral em março sendo, portanto, o principal sistema meteorológico indutor de chuva na Amazônia Oriental durante o pico da estação chuvosa (De SOUZA e ROCHA, 2006).

O eixo da ZCIT situa-se em torno da faixa equatorial entre 0° e 2,5°S, coincidentemente sobre as regiões oceânicas contendo águas quentes, TSM entre 27° e 28°C e confluência dos ventos alísios de nordeste e sudeste em baixos níveis sobre o Oceano Atlântico Equatorial e o nordeste da Amazônia Oriental, atingindo a região de Macapá (De SOUZA e CUNHA, 2010).

Subsequentemente, os meses do inverno (JJA) caracterizam-se pela diminuição abrupta do volume de chuva no Estado. Essa diminuição nos volumes pluviométricos associa-se à migração sazonal da ZCIT de volta ao Atlântico norte, seguindo o movimento aparente do sol em direção ao Hemisfério Norte, a qual se posiciona em torno de 10°N sobre as regiões contendo convergência dos alísios em superfície e TSM mais quentes (De SOUZA e CUNHA, 2010).

A primavera (SON) é a estação que apresenta os mínimos de chuva climatológica no Amapá, ou seja, é o período mais seco do ano, com valores pluviométricos oscilando entre 100 e 200 mm. Neste período, SON, a banda de nebulosidade associada à ZCIT encontra-se em sua posição mais ao norte sobre o Oceano Atlântico, em torno de 10°N, cuja posição é coincidente com a presença de TSM acima de 27°C e convergência dos ventos alísios. Na ausência de sistemas meteorológicos de grande escala, o Amapá está sujeito basicamente à ação única de forçantes termodinâmicas, que provocam apenas pancadas de chuva de curta duração e não proporcionam grandes volumes de precipitação (De SOUZA e CUNHA, 2010).

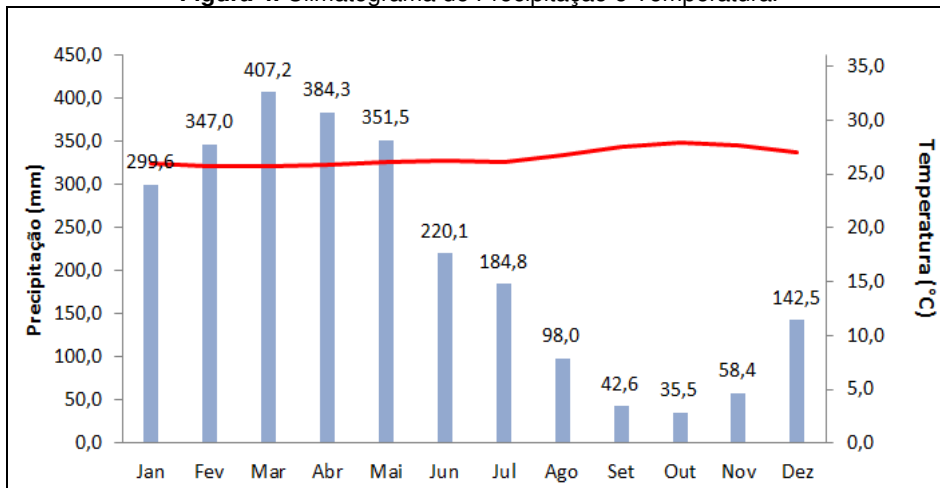
Observa-se, ainda, que a temperatura média do ar não possui grande amplitude térmica, oscilando em torno de 27°C. A temperatura média do ar é um pouco mais baixa nos meses chuvosos, já que a densa cobertura de nuvens reflete a radiação solar e a radiação que chega à superfície é radiação difusa.

A distribuição das chuvas por trimestre expressa que o acumulado de janeiro a março (JFM) é 41% do total anual; de abril a junho (AMJ), 37,2%; de julho a setembro (JAS), 12,7%; e de outubro a dezembro (OND), apenas 9% (Figura 5). Conclui-se que nos meses de dezembro a julho, época das chuvas, acontece aproximadamente 90% do volume das precipitações anuais.

A influência da Zona de Convergência Intertropical na precipitação sobre a cidade de Macapá também foi estudada por Tavares (2009).

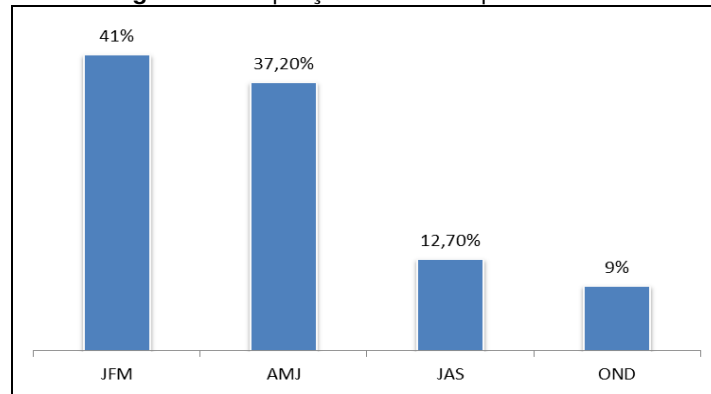
Entretanto, em alguns anos, as chuvas em Macapá, podem ficar acima ou abaixo do normal, dependendo das condições climáticas de grande escala. Condições que provocam chuvas acima (abaixo) da média incluem a ocorrência de La Niña (El Niño) no Oceano Pacífico Equatorial, concomitantes com Temperaturas da superfície do mar acima (abaixo) da média (27°C) no Oceano Atlântico Equatorial, que afetam a posição, a duração e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (De SOUZA e CUNHA, 2010).

Figura 4. Climatograma de Precipitação e Temperatura.



Fonte: INMET (2000)

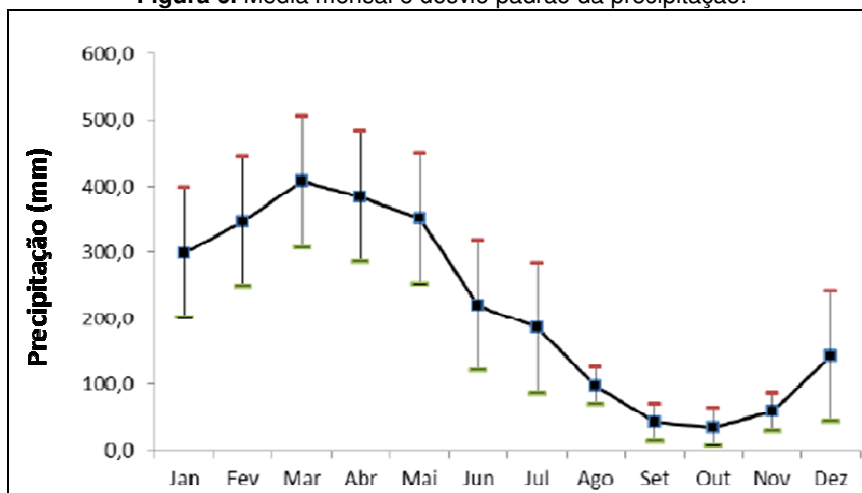
Figura 5. Precipitação acumulada por trimestre.



Fonte: INMET (2000)

A Figura 6 mostra que a maior variabilidade interanual da precipitação em Macapá ocorre nos meses chuvosos, com desvio padrão (σ) de até 98,14 mm, enquanto nos meses secos, $\sigma = 27,94$ mm.

Figura 6. Média mensal e desvio padrão da precipitação.



As barras acima do valor médio indicam o quanto pode chover acima da média, e as barras abaixo da média indicam o quanto pode chover abaixo da média.

Fonte: INMET (2000)

Precipitações extremas

Os maiores volumes de precipitação ocorrida em 24 horas ocorrem nos meses chuvosos, onde o maior valor registrado de precipitação máxima acumulada em 24 horas ocorre em maio (175 mm/dia). Ressalta-se, entretanto, que os problemas de inundação só se tornam críticos quando a precipitação extrema, formada pela interação do efeito local (aquecimento) com a grande escala (convergência de umidade e instabilidade da troposfera) ocorre concomitantemente com a maré de sizígia, ou seja, a maré alta durante lua cheia ou lua nova, quando o nível da água está elevado.

Vários autores estudaram a ocorrência de precipitações extremas na Amazônia e foi concluído que as precipitações extremas ocorrem, em sua maioria, na estação chuvosa, quando as condições climáticas de grande escala estão favoráveis (MARENGO e HASTENRATH, 1993; MARENGO et al., 2003; TAVARES e MOTA, 2011; entre outros). O INMET elaborou um estudo para precipitações extremas em Macapá para o período 1968-2009, por trimestre, com probabilidade de ocorrência de 5% e período de retorno de 20 anos, as quais são sumarizadas na tabela 1.

Tabela 1. Volumes de precipitações extremas por trimestre com período de retorno de 20 anos.

Trimestre	Precipitação (mm)
DJF	≥1170,8
JFM	≥1414,4
FMA	≥1548,6
MAM	≥1509,4
AMJ	≥1257,0
MJJ	≥981,6

Fonte: INMET (2013)

Em relação a precipitações intensas diárias, em um estudo sobre a precipitação extrema e tempo de retorno para o estado do Amapá, Queiroz Júnior et al.(2013) calcularam a Intensidade de precipitação (I) para uma duração de 30 min e um tempo de retorno de 15 anos para Macapá e encontraram o valor de **25 mm/h** para precipitações intensas em Macapá.

Figura 8. Consequências das precipitações extremas associadas à maré alta.



Enchente na orla do Balneário da Fazendinha, em Macapá, AP em maio de 2011.

Fonte: Domínio Público (Google imagens)

Variabilidade diurna da precipitação

Nechet (1994) estudou a variabilidade diurna da precipitação em Macapá, para o período 1975-1993 e a partir de seus resultados,

existem as características do modelo continental (chuvas a tarde e início da noite na forma de pancadas) e do modelo marítimo (chuvas durante a noite e de madrugada) numa época e em outra época, sem uma definição exata dos modelos citados acima. Na época chuvosa(Dez-Jul), a maior ocorrência de precipitação vai das 0500 às 1800 horas local, basicamente com a mesma porcentagem e no final desse período chuvoso apresenta dois valores máximos, um de madrugada e outro à tarde. Na época seca (Ago-Nov), a porcentagem cai, drasticamente,

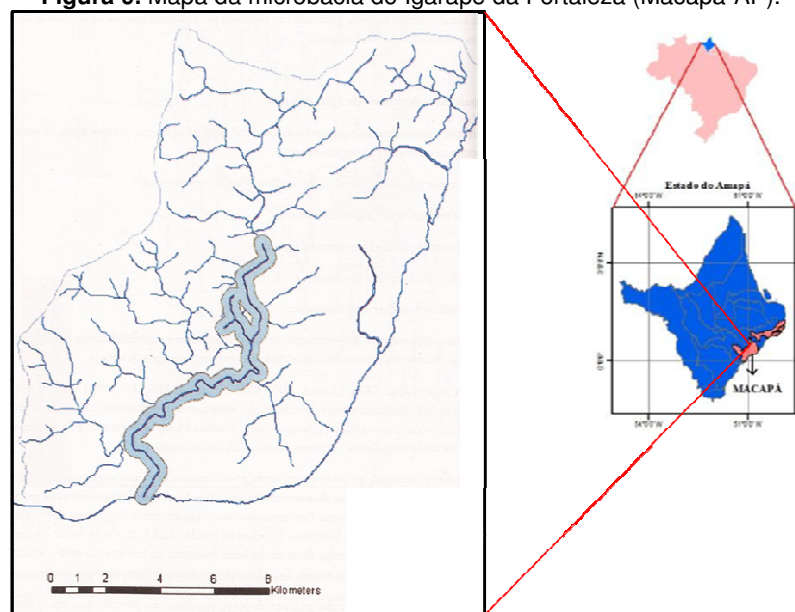
mas continua a apresentar as características de maior ocorrência de madrugada e à tarde.

Com relação às trovoadas, ocorre um fato interessante nessa área. A média anual de dias de trovoada em Macapá é muito inferior do que em de Belém, distante em linha reta 330 km, estando a ilha do Marajó, entre essas duas cidades. Enquanto Belém apresenta um valor médio anual de 163 dias, Macapá apresenta apenas 41 dias (NECHET, 1994).

Essa pequena atividade de trovoadas, faz com que a variação diurna apresente uma porcentagem pequena de eventos de trovoadas. A maior porcentagem de ocorrência de trovoadas se dá no período seco (Ago-Nov), mas permanece o modelo idêntico ao da precipitação, ou seja, maior ocorrência de madrugada e à tarde, mostrando os dois picos durante as 24 horas. Na época chuvosa, a porcentagem de trovoadas é pequena e só começa a aumentar no final do período chuvoso.

É importante ressaltar que as áreas úmidas da cidade (chamadas localmente de áreas de ressaca) exercem um importante papel no microclima local, fornecendo umidade para a atmosfera, e servindo como um sumidouro das águas pluviais, por estarem em depressões ligadas ao rio Amazonas (Figura 9). O rio Amazonas sofre a variação diurna da maré, em decorrência das fases da lua. Assim, o nível da lâmina d' água nessas áreas de ressaca depende da fase da maré, e apresenta uma vazão positiva e uma negativa. Quando a maré é alta, o nível do rio Amazonas está alto e há um fluxo do rio Amazonas através dos canais de drenagem em direção aos lagos das áreas de ressaca. A vazão se inverte, e fica positiva, quando a maré baixa permite que o nível do rio Amazonas abaixe, e os lagos e canais de drenagem podem drenar a água para o rio Amazonas (SILVA et al., 2003). Portanto, na época chuvosa, chuvas fortes durante a preamar, particularmente nas marés de lua cheia ou lua nova, podem provocar grandes alagamentos.

Figura 9. Mapa da microbacia do Igarapé da Fortaleza (Macapá-AP).



Fonte: Autoria Própria

Umidade relativa do ar

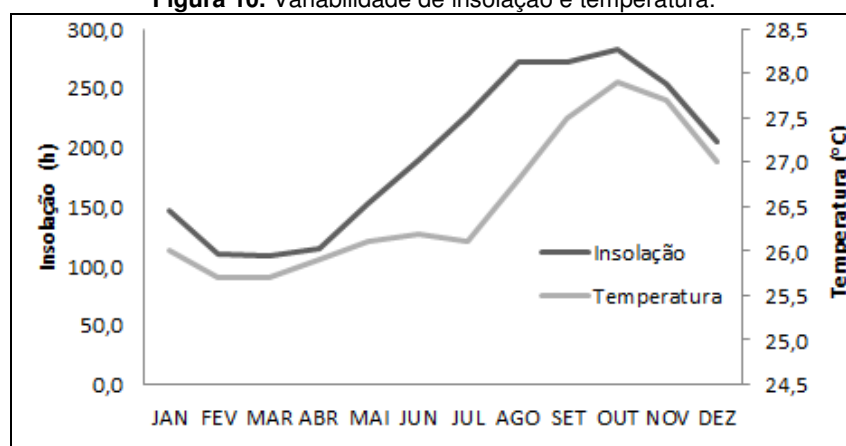
A estação chuvosa tem umidade relativa maior que na estação seca, devido à convergência de umidade em grande escala que ocorre sobre a região amazônica nessa época do ano (FIGUEROA e NOBRE, 1990). Do ponto de vista do conforto térmico, os meses com maior umidade relativa são menos confortáveis, porque a saturação de umidade inibe a evaporação do suor do corpo, além de dar a sensação de “tempo abafado”. A umidade relativa média mensal também apresenta variabilidade sazonal, variando entre 60 e 100%, com desvio padrão $\sigma = 5,2$.

Insolação e temperatura

Como se sabe, a incidência de radiação solar é maior na região tropical que em outras regiões da Terra. A elevação do sol ao meio-dia, medida em Macapá, varia pouco em torno de 90° , já que a cidade é atravessada pela Linha do Equador. Assim, a quantidade de energia que atinge a superfície, por dia, varia entre 34 e 36 MJ/m², dependendo da época do ano (VAREJÃO-SILVA, 2001). Os maiores valores ocorrem nos meses de equinócios, quando o sol passa na vertical da Linha do Equador, em março e setembro. Essa grande quantidade de energia que chega à superfície contribui para manter as temperaturas sempre altas em Macapá. E devido à alta umidade durante todo o ano, a amplitude térmica é muito pequena, não excedendo 10°C.

As temperaturas médias mensais são divididas em três grupos: as máximas, as médias e as mínimas. As máximas temperaturas estão entre 31°C e 33 °C. Mas a temperatura máxima durante um dia pode chegar a 40°C. Entre agosto e outubro acontecem as mais altas temperaturas do ano. As temperaturas médias mais baixas acontecem em março entre 25 e 26°C. A temperatura máxima média do mês mais quente ocorre em outubro, atingindo 32,6 °C; enquanto a temperatura mínima média do mês mais frio ocorre em julho, com 22,9 °C. Essa temperatura mínima, que ocorre por volta de 06:00 HL (hora local), está relacionada à ausência de nebulosidade e baixa umidade relativa nessa época do ano, permitindo que a radiação infravermelha emitida pela superfície não seja absorvida e reemitida pelas nuvens ou umidade (efeito estufa). A temperatura mais alta registrada nesse período foi de 39,6 °C, e ocorreu em 10 de novembro de 1987. A figura 10 apresenta a variabilidade da insolação (horas) e temperatura média. As duas variáveis apresentaram correlação de 0,87, ou seja, a insolação é responsável por 87% do comportamento da temperatura. Isso fica evidenciado na figura 10.

Figura 10. Variabilidade de insolação e temperatura.



Fonte: INMET (2000)

A tabela 2 sumariza as variáveis bioclimáticas de interesse para estudos de ecologia e conforto térmico humano.

Tabela 2. Variáveis bioclimáticas de temperatura e umidade relativa do ar.

Variável	Mês de ocorrência	Valor
Temperatura média (°C)	Média anual	26,5 °C
Temperatura máxima do mês mais quente (°C)	Outubro	27,9°C
Temperatura mínima do mês mais frio (°C)	Fevereiro e março	25,7°C
Umidade relativa (%)	Média anual	83%

Fonte: INMET (2000)

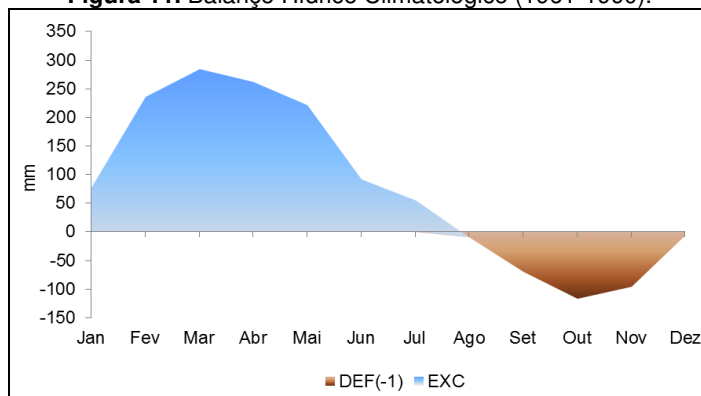
Santos et al. (2012) estudaram a variabilidade da temperatura do ar em Macapá e os resultados de seu estudo mostram que houve uma tendência positiva de aumento da temperatura máxima durante o período de 1968 a 2010, a qual aumentou até 1,5°C. Observou-

se um acentuado crescimento desta variável a partir da década de 80, ocasionado provavelmente por um dos fatores que influenciam na formação de ilha de calor: a diminuição de áreas arborizadas. Em consequência do aumento da temperatura máxima, verificou-se também tendências positivas no aumento da frequência de noites quentes, onde foi constatado um aumento da temperatura mínima de até 1,0°C.

Balanço Hídrico Climatológico

O conhecimento do balanço de água (balanço hídrico) no sistema terra-atmosfera é essencial para se promover a agricultura e obter o melhor proveito possível das colheitas. Se a precipitação natural for muito alta e exceder a quantidade de umidade que o solo pode absorver – chamada de capacidade de campo, o solo fica encharcado – e isso é chamado de excedente hídrico. Por outro lado, se a precipitação for insuficiente para manter a umidade do solo em níveis satisfatórios, dada a perda por evapotranspiração ocorre o déficit hídrico. Como o regime pluviométrico de Macapá é bastante sazonal, tem-se na estação chuvosa um grande volume de chuva, que encharca o solo, e na estação seca ocorre o ressecamento. Do ponto de vista agroclimático, os meses chuvosos apresentam excedente hídrico, enquanto os meses secos apresentam déficit. Nos meses de agosto a outubro ocorre retirada, enquanto no mês de janeiro ocorre reposição, mas o volume de chuva é tão grande que excede a reposição. A figura 11 apresenta o Balanço Hídrico Climatológico para Macapá.

Figura 11. Balanço Hídrico Climatológico (1961-1990).

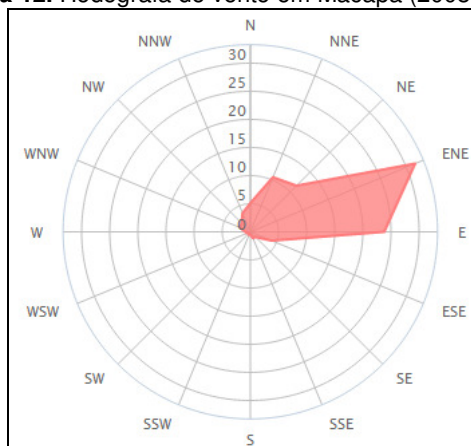


Fonte: INMET (2000)

O vento

O vento predominante em Macapá é de Nordeste (NE), com variações entre leste-nordeste (ENE) e Leste (E). A intensidade também varia durante o ano, mas de forma geral a cidade é ventilada, com vento fraco a moderado (0 a 25 m/s) (Figura 12).

Figura 12. Hodógrafa de vento em Macapá (2008-2014).



Fonte: Windfinder

Oscilações podem ocorrer devido à pressão atmosférica, à cobertura de nuvens, ao deslocamento de massas de ar, entre inúmeros outros fatores. Os meses em que o vento é mais forte, e podem ocorrer rajadas de vento com mais frequência, são os meses de setembro, outubro e novembro, os meses mais quentes do ano, que fazem aumentar a diferença de pressão atmosférica entre continente e o rio que banha a cidade, o rio Amazonas, intensificando a brisa. A ausência de dados de vento nas normais climatológicas de Macapá, e a importância deste elemento climático, fez com que a pesquisa se baseasse em dados obtidos e fornecidos pelo Aeroporto Internacional de Macapá, através da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. O site *Windfinder* (www.windfinder.com) utiliza esses dados para elaborar previsão de vento e hodógrafas.

Eventualmente, tornados e trombas d'água podem se formar, quando a pressão atmosférica está muito baixa e ocorre uma interação entre fenômenos meteorológicos de diferentes escalas, mas tais eventos são raros. (Figura 13).

Figura 13 - Tromba d'água em Macapá.



Tromba d'água que se formou no Rio Amazonas, em frente à orla do bairro Perpétuo Socorro, zona norte de Macapá, em 25 de dezembro de 2013.

Fonte: Domínio público (Google imagens)

Feitosa et al (2006) publicaram um estudo de caso observacional de um possível tornado ocorrido na cidade de Macapá-AP,

especificamente em uma localidade afastada do centro urbano conhecida como bairro do Marabaixo. A data da ocorrência foi 27 de fevereiro de 2006. Verificou-se que o fenômeno estava associado a uma ocorrência de tornado cuja provável fonte de umidade, resultante de áreas alagadas sob efeito periódico de marés do rio Amazonas, o qual potencializou-se nessa área úmida adjacente. O evento ocorreu às 10:15HL sobre o qual foi observado formação de super células convectivas, as quais se moveram no sentido rio-continente. Houve a influência destas sobre as variáveis de superfície observadas, principalmente os de pressão atmosférica. A energia potencial disponível convectiva foi calculada e comparada a casos similares da literatura especializada. Concluiu-se que o ambiente do caso em questão poderia ter produzido um número maior de tornados fracos.

Classificação Climática

Devido às características do clima de Macapá, com temperaturas sempre altas (nunca menores que 18 °C) e uma estação seca muito acentuada (o mês mais seco, outubro, tem precipitação inferior a 50 mm), porém curta, de apenas 4 meses (agosto a novembro), a classificação climática segundo a metodologia de Köppen (1928 apud MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007) é Am, *Megatérmico úmido com curta estação seca*.

Para a classificação climática de Strahler (1978 apud MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), baseada nos controles climáticos, a região de Macapá é classificada com o tipo *Equatorial úmido*, clima das latitudes baixas, controlado pelas massas de ar equatoriais e tropicais, continentais e marítimas.

O modelo de classificação climática de Thorntwaite (1948) tem sido largamente difundido no Brasil e é considerado útil em muitos setores como a agricultura, a ecologia e a gestão dos recursos hídricos. Baseado no balanço hídrico climatológico, a classificação de Thorntwaite para o tipo de clima de Macapá é Úmido B3, com índice de umidade de 60 a 80.

Finalmente, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002) propôs uma classificação climática do Brasil e Macapá fica na região de clima denominado simplesmente de Equatorial 1b, com subseca (1 a 2 meses secos), influenciado principalmente pela ação da massa de ar tropical atlântica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tabela 2. Classificação climática de Macapá-AP segundo diferentes metodologias.

Classificação climática	Referência
Megatérmico úmido com curta estação seca	Köppen (1928)
Equatorial úmido	Strahler (1978)
Úmido B3	Thorntwaite (1948)
Equatorial 1b	IBGE (2002)

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007

CONCLUSÃO

Macapá é uma cidade que possui clima equatorial, com duas estações muito distintas: uma muito chuvosa, de dezembro a julho, com tempo de vários dias seguidos de chuva, com ocorrência de muitos eventos de chuvas fortes, que deixam vários bairros da cidade vulneráveis a alagamentos, além de outros problemas; a estação chuvosa é causada pela influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuando na região. Durante os meses de agosto a novembro, ocorre a estação menos chuvosa, com um a dois meses secos (outubro e novembro), onde podem ocorrer períodos muito longos de estiagem, agravados pela alta temperatura e baixa umidade relativa.

Do ponto de vista agroclimático, os meses chuvosos apresentam excedente hídrico, enquanto os meses secos apresentam déficit. Nos meses de agosto a outubro ocorre retirada, enquanto no mês de janeiro ocorre reposição, mas o volume de chuva é tão grande que excede a reposição. A cidade de Macapá apresenta 169 dias com chuva e 196 dias sem chuva, marcados pela sazonalidade; não existe um modelo (continental ou marítimo) que possa descrever a variabilidade diurna da precipitação em Macapá, mas grande parte das precipitações ocorre pelo período da madrugada e manhã, e outras, em menor quantidade, no período da tarde.

A orla do Rio Amazonas que fica na frente de toda a cidade, favorece a ventilação do tipo brisa, arrefecendo a cidade, e age como uma fonte de umidade para a atmosfera, deixando elevada umidade relativa do ar (83%, em média anual). Nos meses mais quentes ocorre também um aumento da intensidade do vento, devido ao maior contraste de temperatura e pressão entre a área continental e a área coberta pelo rio Amazonas.

Em relação à classificação climática, Macapá tem um clima equatorial com curta estação seca, nos meses de outubro e novembro, recebendo a classificação Am (Köppen), Equatorial úmido (Strahler), B3 (Thorntwaite) e Equatorial 1b (IBGE).

As áreas úmidas da cidade (chamadas localmente de áreas de ressaca) exercem um importante papel no microclima local, fornecendo umidade para a atmosfera, e servindo como um sumidouro das águas pluviais, por estarem em depressões ligadas ao Rio Amazonas. Ressalta-se que o nível da lâmina d' água no rio Amazonas e, conseqüentemente, nas áreas úmidas, sofre uma variação diurna da maré (preamar e baixamar), influência das fases da lua. Então, na época chuvosa, chuvas fortes durante a preamar, particularmente nas marés de lua cheia ou lua nova, podem provocar grandes alagamentos.

Com o aumento da população e da expansão das áreas urbanas, a cidade tende a ficar cada vez mais quente, conforme mostram alguns estudos, aumentando a sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, como chuvas fortes, rajadas de vento, tornados, enchentes, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COEHN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.4, n.11, p.34 - 40, 1989.

De SOUZA, E. B.; ROCHA, E. J. P. Diurnal variation of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristic and extremes events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.142-152, 2006.

De SOUZA, E.B.; et.al. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v.30, p.305-318, 2000.

De SOUZA; E.B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.2, p.113-122, 2004.

De SOUZA, E.B. et.al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no Período Chuvoso: Observações e Simulações Regionais com o REGCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p.111-124, 2009.

De SOUZA, E.B.; CUNHA, A.C. Climatologia de Precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. In: CUNHA, Alan Cavalcanti da; De SOUZA, Everaldo Barreiros, CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque (coord.). **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do projeto REMETAP no estado do Amapá**. Macapá: IEPA, 2010. p.177-195.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M.H. Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño: nebulosidade convectiva nas regiões equatoriais e tropicais da América do Sul e oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.1, p.1-14, 2006.

FEITOSA, J.R.P.; JESUS, E.S.; CUNHA, A.C.; D'ÁVILA, J.E.; COSTA, W.A.N. Ocorrência de tornado em Macapá-AP no dia 27 de fevereiro de 2006: Estudo de Caso. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis-SC, dezembro de 2006. Anais. Disponível em: www.cbmet.com/ Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006.

FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, n.6, p. 36 - 45, 1990.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. 2.ed. rev. atual. São Paulo: Edgard Blücher, 1988

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2011**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 04 mai. 2014.

_____. **Mapa de Climas do Brasil**. 2002. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf. Acesso em: 04 maio 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990**. Brasília: MAPA, 2000.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Distribuição de Probabilidade Climatológica da Precipitação**. 2013. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/distribuicoesProbabilidade>. Acesso em: 04 maio 2014.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

MARENGO, J. A., HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. **Journal of Climate**, v.6, n.1, p.617-617, 1993.

- MARENGO, J. A., BUSTAMANTE, J.F., ROJAS, M.I., SOARES, W.R. Avaliação dos eventos extremos de chuvas no norte da Venezuela de 13-17 de dezembro de 1999. Estudos Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.18, n.1, p.43-60, 2003.
- MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.F. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, Iracema F.A. et al.(orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.25-42.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia – noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.2, p.107-117, 1987.
- NECHET, D. Variabilidade diurna de precipitação e de trovoadas em Macapá-AP. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Belo Horizonte, 1994. Anais. Disponível em: www.cbmet.com/ Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994.
- NECHET, D. Dias de Trovoadas na Amazônia. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Belo Horizonte, 1994. Anais. Disponível em: www.cbmet.com/ Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). IPCC AR4/SPM, 2007. **Contribution of Working Group I for the Fourth Assessment Report (AR4), Summary for Policy Makers (SPM)**. WMO/UNEP, Genebra, Suíça, 2007.
- QUEIROZ JÚNIOR, A.C.; ENCARNAÇÃO, V.M.B.; SCARAMUSSA, P.H.M. Equações de chuvas intensas para o estado do Amapá. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Belém, 02 a 06 de Setembro de 2013. Anais. Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2013.
- SANTOS, K.P.C., CUNHA, A.C., COSTA, A.C.L., SOUZA, E.B. Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.23, p.1-16, 2012.
- SILVA, M.S.; MARTINS, M.H.A.; OLIVEIRA, D.M. Hidrodinâmica do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú e Morfologia de Fundo (Batimetria) do Igarapé da Fortaleza In: TAKIYAMA, L.R. ; SILVA, A.Q. da (orgs.). **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú**. Macapá-AP, CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, 2003, p.137-154.
- STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A.H. **Modern physical geography**. Nova York: John Wiley & Sons Inc., 1978.
- TAVARES, J.P.N. Influência da zona de convergência intertropical na variabilidade da precipitação em Macapá-AP, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v.9, n.29, p.58-70, 2009.
- TAVARES, J.P.N.; MOTA, M.A.S. Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p.207-218, 2012.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: MAPA, 2001.