

MFN= 007375

01 SID/SCD

02 6014

03 INPE-6014-PRE/2129

04 MET

05 S

06 as

10 Molion, Luiz Carlos Baldacero

10 Dallarosa, Ricardo Luiz G.

12 Pluviometria da Amazonia: sao os dados confiaveis?

14 40-42

30 Climanalise

31 5

32 3

40 Pt

41 Pt

41 En

42 <E>

58 CPTC

61 <PN>

64 mar. <1990>

68 PRE

76 ESTUDOS DO TEMPO E DO CLIMA

82 <AMAZONIA>

83 Nos estudos de aproveitamento hidreletrico de bacias, uma pratica comum e fazer transposicao das precipitacoes pluviomentricas de uma bacia que possua series longas de dados para a bacia em estudo. Isso e muito comum na Amazonia, dada a escassez de dados na regio. Este trabalho mostra, atraves das analises dos totais pluviometricos em diferentes estacoes do ano, que nao e recomendavel utilizar series pluviomentricas coletadas as margens dos grandes rios para gerar series sinteticas no interior da bacia. Um mecanismo de circulacao de ar local conhecido como brisa fluvial pode estar reduzindo os totais pluviometricos das estacoes a beira do rio. Como a maior parte das estacoes da Amazonia foram preferencialmente colocadas as margens dos rios devido a facilidade de acesso, e provavel que o verdadeiro total pluviometrico da grande bacia esteja sendo subestimado, em outras palavras, chove mais do que se supoe.

87 CIRCULACAO ATMOSFERICA

87 BACIAS

90 b

91 FDB-19961016

92 FDB-MLR

# CONTRIBUIÇÃO REPRODUZIDA NA ÍNTEGRA

## PLUVIOMETRIA DA AMAZÔNIA: SÃO OS DADOS CONFIÁVEIS? (\*)

Luiz Carlos B. Molion  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
12201 - São José dos Campos - SP

Ricardo Luiz G. Dallarosa  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA  
69000 - Manaus - AM

### RESUMO

Nos estudos de aproveitamento hidrelétrico de bacias, uma prática comum é fazer transposição das precipitações pluviométricas de uma bacia que possua séries longas de dados para a bacia em estudo. Isso é muito comum na Amazônia, dada a escassez de dados na região. Este trabalho mostra, através das análises dos totais pluviométricos em diferentes estações do ano, que não é recomendável utilizar séries pluviométricas coletadas às margens dos grandes rios para gerar séries sintéticas no interior da bacia. Um mecanismo de circulação de ar local conhecido como brisa fluvial pode estar reduzindo os totais pluviométricos das estações à beira do rio. Como a maior parte das estações da Amazônica foram preferencialmente colocadas às margens dos rios devido à facilidade de acesso, é provável que o verdadeiro total pluviométrico da grande bacia esteja sendo subestimado, em outras palavras, chove mais do que se supõe.

### ABSTRACT

*A usual practice in the calculation of a basin's hydroelectric potential is to make use of long rainfall series from one sub-basin as proxy rainfall series for the sub-basin of interest. This is quite common a practice in the Amazon basin given the scarcity of rainfall data. This work shows, through rainfall data analysis for different seasons, that it is less than ideal to utilize only rainfall data collected by raingauges on the banks of the large rivers in order to construct syntetic series for basin's interior. It is likely that a local riverbreeze circulation is reducing rainfall totals measured in raingauges near the main channel of big rivers. It is a fact that most raingauges in Amazonia are located on the banks of large river given their easier access. Therefore, it is likely that measured rainfall in the basin is an underestimate of the true rainfall total.*

### INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é a variável climatológica mais importante na região tropical. Embora não aparente, é também uma das variáveis mais difíceis de ser medidas com acurácia. Erros envolvidos podem ser de natureza instrumental, de exposição ou mesmo de localização geográfica do pluviômetro. Erros de instrumental e de exposição podem ser responsáveis por reduções de até 80% na coleta da chuva, dependendo do tipo de chuva e das condições meteorológicas, vento principalmente, associadas a ela (Molion e Engel, 1981). Erros devidos à localização geográfica são resultantes de circulações de pequena escala ou escala local que, na maioria das vezes, não são tão conspícuas. Entre essas circulações a mais conhecida é a que resulta no efeito que ocorre a sotavento de montanhas, chamado de *pluviumbra* ("rainshadow"), pelo qual os pluviômetros a barlavento da montanha apresentam

totais pluviométricos muito superiores aos de sotavento, i.é., literalmente a circulação de montanha provoca uma "sombra" na precipitação pluvial das localidades a sotavento. Aqui procura-se chamar a atenção para uma outra possível circulação atmosférica local que pode estar causando tendência ou viés nas precipitações pluviais medidas às margens de grandes rios, como é o caso da Amazônia - a circulação de brisa fluvial. Essa circulação local é claramente notada nas imagens de satélite no canal visível, onde se verifica que na Amazônica, na ausência de fenômenos de escala sinótica, as nuvens preferencialmente formam-se sobre a terra durante o dia, deixando o leito do rio nitidamente delineado. Como na Amazônia boa parte da precipitação provém de nuvens cumulonimbos resultantes da convecção local, organizadas ou não pelas circulações atmosféricas de escala sinótica, é possível que os mais longos registros pluviométricos existentes na região sejam tendenciosos. Tais registros, na sua maioria, são provenientes de pluviômetros localizados às margens de rios largos por facilidade de acesso. Consequentemente, as precipitações coletadas

(\*) Uma versão deste trabalho aparece nos ANAIS, Vol. I, do VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu, 26-30 de novembro de 1989.

às margens de grandes rios poderiam ser sistematicamente inferiores às registradas distante das margens. Este artigo simples procura alertar os hidrólogos para tal fato, pois como o potencial hidrelétrico da Amazônia é inegável, e deve ser amplamente aproveitado no futuro próximo, muitos estudos com essa finalidade estarão se baseando em registros pluviométricos de localidades ribeirinhas.

## METODOLOGIA

A descrição física da formação da circulação da brisa atmosférica, quer seja marinha, fluvial ou lacustre, é bem conhecida e pode assim ser resumida. Durante as primeiras horas da manhã, o aquecimento da superfície terrestre, vegetada ou não, é mais rápido que o de corpos d'água devido às diferenças de condutividade e capacidade térmicas dos submeios. Esse aquecimento diferencial provoca movimentos ascendentes e formação de nuvens sobre a terra, e o ar próximo à superfície do corpo d'água se desloca horizontalmente para a região de movimento ascendente; por questão de continuidade de massa, forma-se, então, uma célula de circulação com ar retornando nos níveis acima da superfície e descendo sobre o corpo d'água. Tal movimento subsidente provoca a redução de nuvens e precipitação sobre o corpo d'água, conforme mostra esquematicamente a Figura 1.

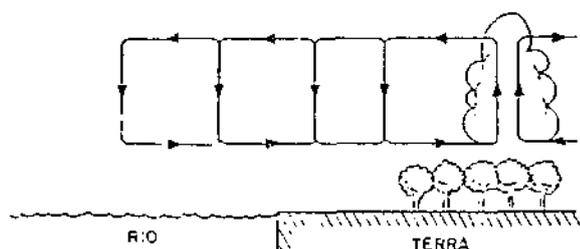


FIGURA 1 - Representação esquemática da circulação da brisa fluvial.

Para analisar os efeitos da brisa fluvial na pluviometria da Amazônia, tomaram-se os registros das estações localizadas ao longo de uma linha, aproximadamente na direção norte a partir de Manaus (longitude  $60^{\circ}W$ ): Ilha do Careiro, em frente a Manaus; INEMET, em Manaus; Reserva Florestal Ducke do INPA e UEPAE da EMBRAPA, localizadas respectivamente nos quilômetros 25 e 30 da rodovia AM-10, ao norte de Manaus; e a UHE Balbina, a cerca de 100 km ao norte de Manaus. O período estudado nessas cinco estações esteve limitado pelos registros do Careiro, cujo início foi julho de 1978. Para este estudo, então, tomaram-se dez anos de dados, julho de 1978 a junho de 1988. Executaram-se, também, análises estatísticas convencionais que não serão discutidas aqui. Para complementar este estudo e, de uma certa forma, comprovar a existência dessa circulação local, analisaram-se, também, dados das estações de Oriximiná, Porto Trombetas, Cachoeira Porteira e

Vista Alegre na região do Rio Trombetas, localizadas aproximadamente ao longo do meridiano  $56^{\circ}W$ . As duas primeiras estão próximas dos grandes rios. Para este grupo de estações, o período de estudo foi limitado pela disponibilidade de dados de Vista Alegre, cujos registros iniciaram-se em outubro de 1977. Tomaram-se, então, onze anos de dados.

## RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as médias mensais para as estações localizadas próximas ao meridiano  $60^{\circ}W$ . Nessa tabela também têm-se os totais médios acumulados para o trimestre mais seco (TS = julho a setembro), para o semestre seco (SS = junho a outubro) e para o semestre chuvoso (SC = dezembro a maio). Observe-se que os totais anuais entre as estações afastadas do rio (Ducke, EMBRAPA e Balbina) diferem em menos de 7% entre si, enquanto as diferenças entre a EMBRAPA e a Ilha do Careiro e entre INEMET e a Ilha do Careiro são 33% e 22%, respectivamente. Quando se comparam os totais do semestre chuvoso entre as estações observa-se que, entre as estações afastadas do rio e a do INEMET, a diferença é inferior a 5%, porém é cerca de 38% entre o Careiro e EMBRAPA, por exemplo. Já o semestre seco apresenta uma diferença de 35% entre a do INEMET e a da EMBRAPA, enquanto a diferença entre a do Careiro e da EMBRAPA é inferior a 9%. Uma inspeção mais detalhada dos dados, porém, revela que os registros do Careiro apresentaram falhas principalmente nos meses de julho (3 falhas) e agosto (4 falhas) durante o período de dez anos. Analisando os totais pluviométricos da estação do INEMET para os meses em que o Careiro apresentou falhas, verificou-se que os três totais correspondentes ao mês de julho estiveram bem abaixo da média de longo prazo daquele mês e, em agosto, dois dos quatro totais estiveram muito abaixo da média mensal, enquanto os outros dois estiveram cerca de um desvio-padrão acima. Isso sugere que os totais médios mensais de julho e agosto do Careiro seriam inferiores aos da Tabela 1, caso não tivesse havido falhas nos registros, pois aparentemente as falhas, na sua maioria, coincidiram com meses muito secos na região.

Comportamento semelhante é observado na Tabela 2 ao longo do meridiano  $56^{\circ}W$ . Tomando os totais pluviométricos anuais, verifica-se que a maior diferença é entre Cachoeira Porteira e Porto Trombetas, esta última às margens do rio, e corresponde a 21%. Ainda para estas duas estações, o trimestre e o semestre secos apresentam, respectivamente, 96% e 55% de diferença, enquanto o semestre chuvoso apresenta uma diferença inferior a 11%. Para estas quatro estações pluviométricas não aconteceram falhas nos dados e claramente percebe-se que, para as estações próximas dos grandes rios (Oriximiná e Porto Trombetas), os totais pluviométricos dos meses secos são evidentemente inferiores aos das

TABELA 1

Precipitação média mensal (mm/mês) para estações localizadas ao longo do meridiano 60°W, no período julho 1978-junho 1988.

	CAREIRO	INEMET	DUCKE	EMBRAPA	BALBINA
jan	186	254	273	268	223
fev	240	262	275	264	218
mar	181	305	267	248	283
abr	207	266	253	282	349
mai	181	230	279	297	236
jun	81	111	145	145	135
jul	125	86	102	109	134
ago	102	73	103	119	101
set	98	103	127	125	115
out	122	142	156	150	154
nov	132	169	192	180	148
dez	188	240	266	272	206
TOTAL ABUAL	1843	224	2438	2459	2303
TS	325	262	323	353	350
SS	660	684	816	828	787
SC	1183	1557	1622	1631	1516

TS - Trimestre mais seco; SS - Semestre seco; SC - Semestre chuvoso.

TABELA 2

Precipitação média mensal (mm/mês) para estações localizadas ao longo do meridiano 56°W, no período outubro 1977 a setembro 1988.

	ERRADIMINÁ	P TROMBETAS	C PORTEIRA	V.ALEGRE
jan	293	291	251	207
fev	287	249	214	230
mar	343	319	353	346
abr	322	291	363	399
mai	255	254	327	331
jun	148	116	170	187
jul	85	69	124	121
ago	74	57	101	127
set	80	59	137	116
out	75	83	129	131
nov	64	120	123	106
dez	230	185	249	168
TOTAL ANUAL	2276	2093	2541	2469
TS	239	185	362	364
SS	516	504	784	788
SC	1730	1589	1757	1681

TS - Trimestre mais seco; SS - Semestre seco; SC - Semestre chuvoso.

duas estações afastadas dos rios. Já os totais dos meses chuvosos não apresentam diferenças significativas.

Durante os meses chuvosos, os mecanismos de precipitação são essencialmente de grande escala (Molion, 1987) e, em princípio, os totais pluviométricos não devem diferir muito entre as estações. Porém, no período seco, a análise desse dois grupos de estações amazônicas sugere que existe um mecanismo dinâmico, de escala local, supressor de precipitação. Durante esse período, as regiões centro e leste da Amazônia estão sob o domínio de um fraco sistema de alta pressão atmosférica que suprime a atuação dos mecanismo de escala sinótica e favorece o estabelecimento de circulações locais de brisa.

## CONCLUSÃO

Uma das questões mais frequentes quando se fazem estudos preliminares para o aproveitamento hidrelétrico de bacias é a transposição da chuva de uma estação da região, que possui uma série longa de dados

– algumas vezes até localizada fora da bacia em estudo  
 – para uma ou mais estações da bacia com série curtas, com a finalidade de elaborar séries sintéticas longas para estas. Este trabalho procurou demonstrar, ou pelo menos alertar, para a existência de circulações atmosféricas locais que podem interferir significativamente na distribuição temporal e espacial da precipitação. No caso particular, foram estudados dois grupos de estações amazônicas localizadas aproximadamente ao longo dos meridianos 56°W e 60°W, umas próximas dos grandes rios e outras afastadas dos mesmos. Verificou-se que as estações próximas das margens apresentaram totais inferiores de precipitação àquelas situadas distantes da calha dos grandes rios. Sugere-se que estas estações nas margens dos grandes rios podem estar sofrendo influência de uma circulação local de brisa fluvial, e mormente quando as circulações de escalas planetária e sinótica não estão atuando. Para a Amazônia isso acontece frequentemente durante a estação seca, quando a Amazônia central e oriental estão sob o domínio de um sistema de alta pressão fraco. Comparando Cachoeira Porteira com Porto Trombetas, por exemplo, verificou-se que esta última apresenta um total pluviométrico médio anual 21% inferior à primeira e o total do trimestre mais seco é 96% menor. Já em Manaus, a estação do INEMET, comparada com a da EMBRAPA, 30 km afastada do rio, apresenta um total anual inferior a 10% enquanto o trimestre seco é 35% inferior.

Para comprovar as hipóteses aqui lançadas, quanto à influência de circulação locais nos registros pluviométricos de estações localizadas às margens de grandes rios, seria necessário conduzir, numa destas localidades, um experimento de camada limite atmosférica que é bastante complexo.

Em resumo, como a maior parte das estações pluviométricas da Amazônia que possuem registros longos de dados estão localizadas às margens de grandes rios, por questões de facilidade de acesso, é provável que não se conheça bem a pluviometria dessa grande bacia, isto é, nem seu total pluviométrico nem sua distribuições temporal e espacial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETRONORTE, à EMBRAPA, à ENGERIO e ao INEMET pela cessão dos dados pluviométricos das estações utilizadas nestes trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Molion, L.C.B.(1987), climatologia dinâmica da região amazônica: mecanismos de precipitação, Rev. Bras. de Meteor., 2 (1): 107-117.
- Molion, L.C.B. e Engel, E (1981), Previsão quantitativa de precipitação (OPF) Rev. Bras. de Hidrol. e Rec. Hidr., 3(2).