

PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL MENSAL E ANUAL PARA O ESTADO DO PARÁ

RODRIGO OTÁVIO RODRIGUES DE MELO SOUZA¹; EDUARDO FELIPE NUNES COSTA²; ADRIANO KAZUHIRO SHINOMIYA³; JOAQUIM ALVES LIMA JÚNIOR⁴ E JOANNE MORAES DE MELO SOUZA⁵

¹ Professor Associado, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Pres. Tancredo Neves nº 2501, Belém-PA, rodrigo.souza@ufra.edu.br

² Discente de graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Pres. Tancredo Neves nº 2501, Belém-PA, nunesedu19@hotmail.com

³ Discente de graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Pres. Tancredo Neves nº 2501, Belém-PA, adrianoshinomiya@hotmail.com

⁴ Professor Adjunto, Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Capanema, Rua João Pessoa nº 121, Capanema-PA, joaquim.junior@ufra.edu.br

⁵ Professora Adjunta, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Pres. Tancredo Neves nº 2501, Belém-PA, joanne.souza@ufra.edu.br

1 RESUMO

Em função da carência na literatura de informações hidrológicas que possam contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Pará e considerando a hipótese de que seja possível representar a distribuição de frequência das precipitações através da função Gama, o presente trabalho teve o objetivo de ajustar as distribuições de frequência das precipitações de localidades do estado do Pará e a partir destas determinar e espacializar as precipitações mensais e anuais prováveis, a um nível de 75% de probabilidade ($P_{75\%}$). As precipitações diárias foram obtidas no banco de dados da Agência Nacional de Águas (153 estações pluviométricas). Foram elaboradas 1.836 séries históricas de precipitações mensais e 153 séries de precipitações anuais. A determinação da precipitação provável foi realizada por meio da distribuição Gama, aprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em 98,1% das séries históricas. Somente séries mensais foram reprovadas no teste. As $P_{75\%}$ foram devidamente espacializadas no estado do Pará e as maiores precipitações concentraram-se na região nordeste com destaque para o litoral do estado e a região próxima ao município de Portel. Na região sudeste do Pará pôde-se observar que as localidades próximas às divisas com Tocantins e Mato-Grosso permanecem durante cinco meses com predominância de $P_{75\%}$ menores do que 50 mm. As precipitações prováveis do estado do Pará foram devidamente estimadas e espacializadas, e considerando que a maioria das séries analisadas foram aprovadas no teste de aderência, pode-se afirmar que a função Gama pode ser utilizada para representar a distribuição de frequência das precipitações do estado do Pará.

Palavras-chave: chuva, probabilidade, função Gama

SOUZA, R. O. R. DE M.; COSTA, E. F. N.; SHINOMIYA, A. K.; LIMA JÚNIOR, J. A. E SOUZA, J. M. DE M.
PROBABLE MONTHLY AND ANNUAL RAINFALL FOR THE STATE OF PARÁ, BRAZIL

2 ABSTRACT

Considering the scarcity of hydrological information in the literature that may contribute to the development of sustainable irrigated agriculture in Pará and considering the hypothesis that it is possible to represent rainfall frequency distribution through the Gamma function, the present study aimed at adjusting rainfall frequency distributions of localities in Pará state (Brazil) and, based on them, determine and spatialize probable monthly and annual rainfall, with 75% probability. Daily rainfall data were obtained in National Water Agency (ANA) database (153 pluviometric stations). 1,836 historical series of monthly rainfall and 153 annual rainfall series were made. The estimate of probable precipitation was made by Gamma function and this model was approved by the Kolmogorov-Smirnov test in 98.1% of the historical series. Only monthly series failed in the test. The $P_{75\%}$ were adequately specialized in Pará state, and the highest rainfall are concentrated in the northeast region with emphasis on the coast of the state and the region near the city of Portel. In the southeast of Pará it was observed that the areas close to Tocantins and Mato Grosso states stayed during five months with predominance of $P_{75\%}$ smaller than 50 mm. The probable rainfall of Pará state were adequately estimated and spatialized and the Gamma function can be used to represent the rainfall frequency distribution in Pará State, considering that most of the historical series were approved in adherence test.

Keywords: rain, probability, Gamma function

3 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica provável de uma localidade é a precipitação que possui uma probabilidade de ocorrência, fundamentada em uma série histórica de dados. Ter o conhecimento das precipitações prováveis é de suma importância para que seja possível realizar com eficiência o dimensionamento de projetos hidroagrícolas (dimensionamento de vertedouros, canais, galerias pluviais, bueiros, barragens e sistemas de irrigação). Segundo Mello et al. (2001) o conhecimento da precipitação provável, pode proporcionar o uso eficiente dos recursos hídricos em função de uma maior segurança no planejamento da irrigação e da expansão agrícola.

A precipitação provável deve ser estimada através de uma distribuição de probabilidade obtida a partir dos dados históricos de precipitação. Segundo Araújo et al. (2001) a função Gama é a mais utilizada para ajustar as chuvas mensais e anuais em função da aproximação do ajuste,

o que pode ser confirmado em diversos outros estudos de precipitações prováveis. De acordo com Soccol et al. (2010) obteve-se bons resultados com a utilização da distribuição Gama para o ajuste de precipitações mensais, para o município de Lages, SC. No trabalho realizado por Uliana et al. (2013) no Espírito Santo, todos os dados de precipitação mensal foram ajustados por meio da distribuição Gama e Segundo Silva et al. (2013) as distribuições Exponencial e Gama foram as que melhor se ajustaram à chuva mensal do município de Pesqueira-PE.

Com a distribuição de frequência da precipitação local é possível selecionar uma chuva pela probabilidade de ocorrência. Conforme Bernardo et al. (2006), para projetos de irrigação recomenda-se a probabilidade de 75 ou 80%. Segundo Pellegrin et al. (2014) tem sido indicado como critério para dimensionamento de projetos agrícolas a utilização da precipitação com probabilidade de 75%.

Na região norte do Brasil, em função da necessidade eminente de reversão do

processo de degradação dos recursos naturais, nota-se cada vez mais a importância dos projetos hidroagrícolas no processo de modernização das atividades rurais. Porém, o processo desordenado de tecnificação pode representar um risco ao equilíbrio do ecossistema. O consumo excessivo de água, o desmatamento das matas e sistemas ineficientes de drenagem são os principais fatores que provocam a deterioração dos rios e o risco de falhas nas obras civis.

Na região norte, o Pará destaca-se no cenário agrícola. O que potencializa o crescimento dos projetos hidroagrícolas, que são importantes para o processo de drenagem durante o “inverno amazônico” (rigoroso período chuvoso), para captação de água e para projetos de irrigação durante o “verão amazônico” (período precipitações reduzidas e déficit hídrico).

A importância desses projetos para o estado do Pará foi relatada por Souza et al. (2012a). Segundo esses autores, a área irrigada do estado do Pará cresceu 611% entre os anos de 1996 e 2006. Entretanto, os mesmos autores relatam também a necessidade de um monitoramento deste crescimento e da utilização dos recursos hídricos, em função de uma concentração das áreas irrigadas em regiões com problemas de uso da terra, a utilização de sistemas de irrigação com baixa eficiência e a insatisfatória assistência técnica para a maioria dos produtores.

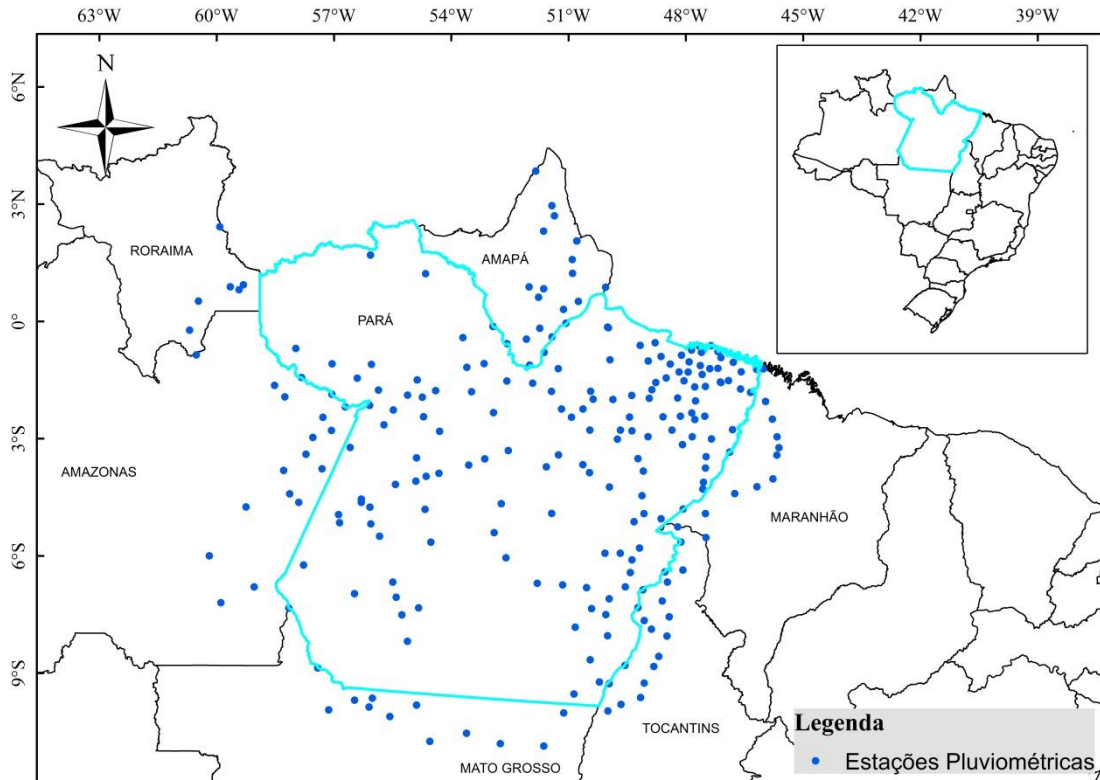
Desta forma, em função da carência na literatura de informações hidrológicas

que possam contribuir para uma agricultura sustentável no Pará e considerando a hipótese de que seja possível representar a distribuição de frequência das precipitações mensais e anuais através da função Gama, o presente trabalho teve o objetivo de ajustar as distribuições de frequência das precipitações de localidades do estado do Pará e a partir destas determinar e espacializar as precipitações mensais e anuais prováveis, com um nível de 75% de probabilidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizados dados pluviométricos das estações localizadas no estado do Pará e estados vizinhos (Figura 1). No total foram 153 estações paraenses que possuíam registros de dados com períodos entre: 10 e 19 anos (32,0%); 20 e 29 anos (41,2%); 30 e 39 anos (23,5%); 40 e 49 anos (3,3%). Dos estados vizinhos foram utilizadas 88 estações (Amapá – 21, Amazonas - 17, Maranhão – 11, Mato Grosso – 12, Roraima – 7 e Tocantins – 20). Séries com menos de dez anos de dados pluviométricos foram descartadas. Conforme recomendado por Lyra et al. (2006), como foi utilizada a função logarítmica na determinação dos parâmetros da distribuição Gama, nos meses com zero de precipitação, o valor foi substituído por 0,1 mm.

Figura 1. Estações pluviométricas do estado do Pará e estados vizinhos utilizadas no presente trabalho.



As precipitações foram obtidas no banco de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA utiliza informações do Instituto Nacional de Meteorologia, Serviço Geológico do Brasil e Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará.

Para as estações pluviométricas foram elaboradas as séries históricas das precipitações mensais e anual. Todas as séries históricas foram devidamente

avaliadas e os erros e inconsistências eliminados. O coeficiente de variação e a média de cada mês, assim como as precipitações totais anuais foram utilizados como ferramentas de identificação dos erros e das inconsistências.

Com base nas séries históricas foram ajustadas as distribuições de frequência. A distribuição utilizada para a representação dos dados foi a função Gama, conforme sugerido por Araújo et al. (2001) (Equação 1).

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} d(x) \quad (1)$$

Em que:

α - parâmetro de forma (adimensional);

β - parâmetro de escala (mm);

Γ - função Gama;

x - precipitação (mm).

A estimativa dos parâmetros α e β foi efetuada através método da máxima verossimilhança, procedimento sugerido por Assis et al. (1996) (Equações 2, 3 e 4):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (3)$$

$$A = \ln \bar{X} - X_g \quad (4)$$

Em que:

\bar{X} - média aritmética;

X_g - média geométrica;

N - número de observações.

O estudo de aderência da função Gama foi realizada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Cada série mensal e anual de precipitação foi classificada em ordem crescente. Para cada dado de

precipitação da série foi atribuído um número de ordem m . Com o valor de m e o tamanho da série (N), foi determinada a frequência observada utilizando-se a equação de Kimbal (Equação 5).

$$F_{\text{obs}} = \frac{m}{N+1} \quad (5)$$

Em que:

F_{obs} - frequência observada;

m - número de ordem;

N - tamanho da série;

A frequência estimada foi determinada com o valor da precipitação e os parâmetros α e β da função Gama. Para cada dado da série foi calculada a diferença absoluta entre a frequência observada e a estimada. A maior diferença da série foi comparada com o valor crítico da tabela de

Kolmogorov-Smirnov para um nível de probabilidade de 5%.

Para a continuidade do trabalho, as séries reprovadas no teste de aderência, que não puderam ser representadas pela distribuição Gama, foram representadas por meio do modelo de distribuição de frequência da Equação 6.

$$F(x) = (a + b \cdot \ln x)^2 \quad (6)$$

Em que:

a e b - constantes;

x - precipitação (mm).

O modelo da Equação 6 foi selecionado através do software Table Curve 2D®.

Levando-se em consideração o coeficiente de determinação, o erro absoluto, o número

de constantes do modelo e a adaptação a todas as séries.

As equações ajustadas foram utilizadas para as estimativas das precipitações para uma probabilidade de 75% ($P_{75\%}$). As $P_{75\%}$ foram distribuídas no mapa do Pará com o software ArcGis®, através do método do inverso do quadrado da distância. Para redução dos erros na espacialização foram utilizados pontos, que foram estimados com base nos dados das estações dos estados vizinhos.

Para uma melhor interpretação e avaliação dos resultados obtidos, a partir das frequências observadas nas séries históricas, utilizando-se as funções ajustadas de probabilidade, foram estimadas as precipitações prováveis. Os valores estimados de precipitação foram comparados com as precipitações observadas nas séries históricas. A partir da diferença absoluta entre o valor estimado e observado foi determinado para cada série, mensal e anual, o Erro Médio Absoluto (EMA) (Equação 7).

$$EMA(mm) = \left(\frac{\sum_{i=1}^N |P_{obs_i} - P_{est_i}|}{N} \right) \quad (7)$$

Em que:

EMA – Erro médio absoluto (mm);

Pobs – Precipitação observada (mm);

Pest – Precipitação estimada (mm);

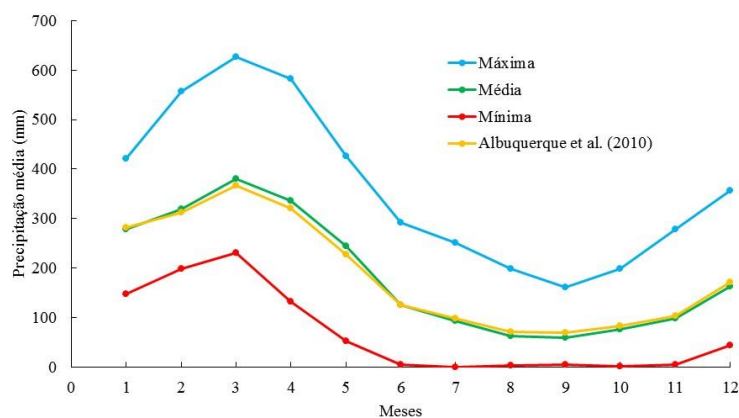
N – Número de anos da série.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as precipitações das 153 estações pluviométricas, as maiores chuvas mensais registradas em cada ano ocorreram entre os meses de fevereiro e maio. Em contraponto, os meses entre julho e

novembro foram os que apresentaram as menores chuvas mensais durante o ano. As precipitações médias anuais variam entre 1.148,4 e 3.305,6 mm. Na Figura 2 pode-se observar as precipitações mensais máximas, mínimas e médias utilizadas no presente trabalho.

Figura 2. Precipitações mensais máximas, mínimas e médias das estações pluviométricas do Estado do Pará.



As precipitações utilizadas no presente trabalho estão próximas dos

valores obtidos no trabalho de Albuquerque et al. (2010), conforme pode ser observado

na Figura 2. Albuquerque et al. (2010) utilizou 150 estações pluviométricas.

Com base nas precipitações obtidas a partir do SNIRH/ANA foram elaboradas 1.836 séries históricas de precipitações mensais e 153 séries de precipitações anuais. Para as 1.989 séries (mensais e anuais) foram realizados os ajustes dos parâmetros da distribuição Gama (α e β).

Dentre todas as séries históricas, a distribuição Gama foi aprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em 1.951. No total foram reprovadas no teste de aderência 38 séries mensais. Todas as séries anuais foram aprovadas. A adequação da distribuição Gama aos dados de precipitação também foi observada por Ramos et al. (2015) em Diamantino-MT, Pinto et al. (2015) na região de Lambari-MG, Husak et al. (2007) no continente

africano e Mooley (1973) com os dados do verão asiático.

Pôde-se identificar que as séries mensais não ajustadas pela equação Gama apresentaram um número representativo de anos com ausência de precipitação mensal e todas estas séries representavam as precipitações entre os meses de junho e novembro. Para a continuidade do trabalho e representação das distribuições de frequência das precipitações, nestas séries foram realizados os ajustes dos parâmetros da Equação 6 (“a” e “b”). Posteriormente, o procedimento do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov foi repetido e todas as distribuições foram aprovadas.

Na Tabela 1 pode-se observar as médias e os extremos do EMA das funções de probabilidade ajustadas para as séries mensais e anuais.

Tabela 1. Médias e os extremos do EMA das funções de probabilidade ajustadas para as séries de precipitações mensais e anuais do estado do Pará.

Período	EMA (mm)		
	Média	Máx.	Mín.
Janeiro	19,2	52,7	7,2
Fevereiro	20,0	52,3	8,3
Março	22,2	97,2	8,8
Abril	20,0	79,7	7,8
Maio	17,4	48,9	4,4
Junho	11,2	36,2	2,5
Julho	8,9	43,3	0,2
Agosto	8,2	80,0	1,2
Setembro	7,6	29,9	1,4
Outubro	8,2	23,9	1,0
Novembro	11,0	33,9	1,4
Dezembro	15,0	35,1	7,6
Anual	72,6	332,9	32,5

Entre os meses de janeiro e maio observa-se que a média do erro foi superior aos demais meses em função dos maiores índices pluviométricos, característicos da época denominada de “inverno amazônico”. Nas estimativas das precipitações anuais obteve-se um erro médio de 72,6 mm. Os erros

observados no presente trabalho estão próximos dos erros obtidos por Vieira et al. (2010) e Ribeiro e Avanzi (2010). Vieira et al. (2010) trabalharam com os dados de precipitação de Diamantina-MG e a função de distribuição Weibull, e obtiveram erros mensais entre 13,8 e 35,6 mm. Ribeiro e

Avanzi (2010) realizaram um estudo com os dados de precipitação de Machado-MG e a distribuição Gama, e obtiveram erros mensais entre 5 e 19 mm.

A partir das equações ajustadas de distribuição de frequência foram realizadas

as estimativas das precipitações prováveis mensais e anuais para a probabilidade de 75% ($P_{75\%}$). Os valores máximos e mínimos mensais e anual podem ser observados nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Precipitações mensais máximas e mínimas estimadas para uma probabilidade de ocorrência de 75% para o estado do Pará e porcentagem de ocorrência conforme as faixas de precipitação.

Mês	$P_{75\%}$ (mm)		Porcentagem de ocorrência das $P_{75\%}$ (%)			
	Máx.	Mín.	>150 mm	150-300 mm	300-450 mm	<450 mm
Janeiro	329,3	82,3	17,0	81,7	1,3	-
Fevereiro	416,5	139,5	2,0	90,8	7,2	-
Março	509,8	157,0	-	58,8	39,2	2
Abril	426,9	73,4	9,2	64,7	26,1	-
Mai	313,0	12,3	41,8	56,2	2,0	-
Junho	223,8	0,0	88,9	11,1	-	-
Julho	196,0	0,0	92,2	7,8	-	-
Agosto	142,5	0,0	97,4	2,6	-	-
Setembro	125,9	0,0	99,3	0,7	-	-
Outubro	142,3	0,0	100,0	-	-	-
Novembro	234,3	0,0	94,8	5,2	-	-
Dezembro	252,6	3,5	84,3	15,7	-	-

Tabela 3. Precipitação anual máxima e mínima estimadas para uma probabilidade de ocorrência de 75% para o estado do Pará e porcentagem de ocorrência conforme as faixas de precipitação.

Período	$P_{75\%}$ (mm)		Porcentagem de ocorrência das $P_{75\%}$ (%)			
	Máx.	Mín.	<1500 mm	1500-2000 mm	2000-2500 mm	>2500 mm
Anual	2963,1	1204,0	9,8	46,4	38,6	5,2

Em função da reconhecida variabilidade espacial e temporal da distribuição pluviométrica no estado do Pará, o que é perfeitamente justificável em função da sua extensa dimensão territorial, observa-se na Tabela 2 uma variação das $P_{75\%}$ ao longo dos meses e as diferenças representativas entre as máximas e mínimas.

Entre os meses de janeiro e maio as $P_{75\%}$ estimadas concentraram-se na faixa de 150 – 300 mm. Entre os meses de junho e dezembro predominaram $P_{75\%}$ menores do que 150 mm. No mês de março não houve ocorrência de $P_{75\%}$ menores do que 150 mm

e este mês foi o único com registro de $P_{75\%}$ maiores do que 450 mm.

As $P_{75\%}$ anuais concentraram-se em sua maioria (85%) entre as precipitações de 1500 e 2500 mm. As precipitações médias anuais para o estado do Pará, obtidas no trabalho de Moraes et al. (2005), variaram entre 1349 e 3330 mm. Foram utilizadas séries históricas com vinte e três anos de dados diários de trinta e uma localidades, obtidas através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Justamente para a visualização da variabilidade espacial e temporal da

precipitação, as $P_{75\%}$ foram espacializadas no mapa do estado do Pará, com o auxílio de pontos obtidos nos estados vizinhos (Figuras 3 e 4).

Com base nas $P_{75\%}$ estimadas e como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, confirma-se a variabilidade espacial e temporal das precipitações prováveis. As precipitações mensais apresentaram perfis sazonais diferenciados nas diferentes regiões do estado.

No presente trabalho para facilitar a discussão e a visualização dos resultados considerou-se para uma determinada região os seguintes perfis sazonais baseados nas $P_{75\%}$: chuvoso – predominância de precipitações maiores do que 150 mm; transição - predominância de precipitações entre 50 e 150 mm; precipitações reduzidas - predominância de precipitações menores do que 50 mm.

Figura 3. Precipitação mensal em mm para a probabilidade de 75% no estado do Pará, entre os meses de janeiro e junho.

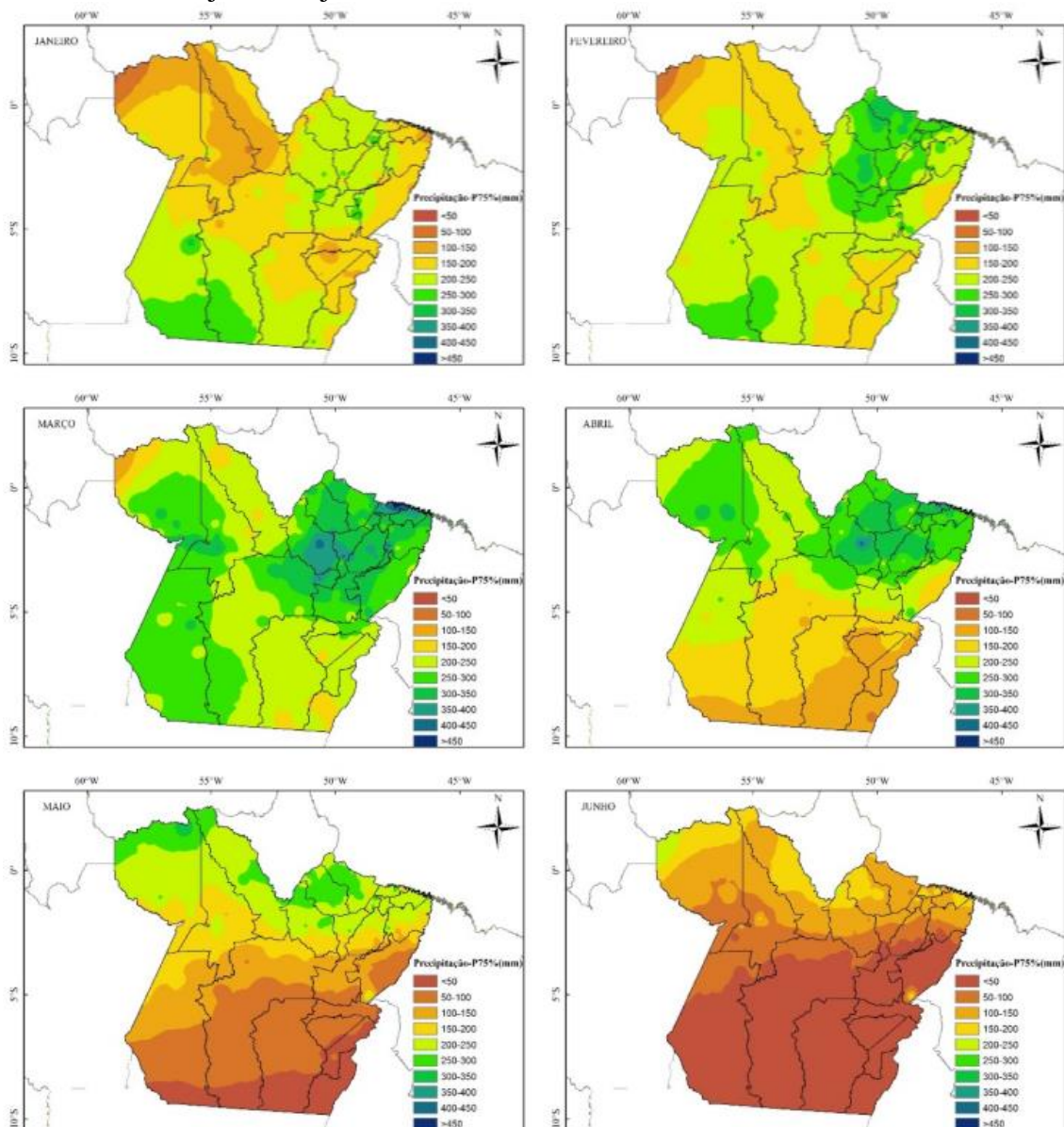
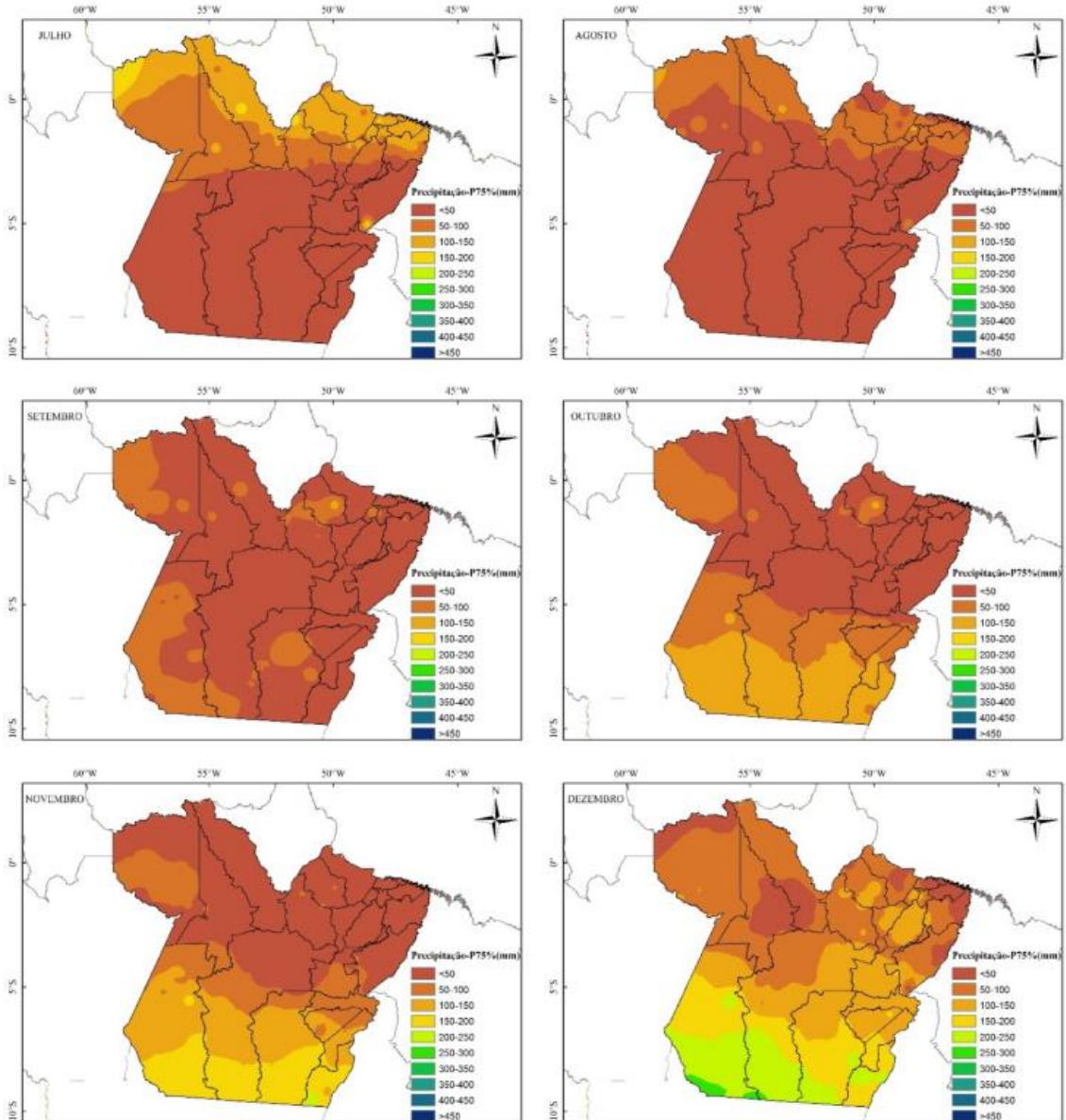


Figura 4. Precipitação mensal em mm para a probabilidade de 75% no estado do Pará, entre os meses de julho e dezembro.



Considera-se que seja adequada a seleção do limite de 150 mm para a diferenciação do período chuvoso tendo em vista que no trabalho de Sentelhas et al. (2003) foram estimadas as evapotranspirações potenciais para 15 municípios do estado do Pará e 90% das evapotranspirações mensais estimadas foram menores do que 150 mm.

Considerando as precipitações com 75% de probabilidade de ocorrência e a divisão do estado em quatro regiões (noroeste, nordeste, sudoeste e sudeste), a distribuição dos períodos “chuvoso”, “transição” e “precipitação reduzida” pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4. Distribuição dos períodos “chuvoso (C)”, “transição (T)” e “precipitação reduzida (PR)” para o estado do Pará, dividido em quatro regiões e considerando as precipitações com 75% de probabilidade de ocorrência.

Regiões	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Noroeste	T		C			T			PR			T
Nordeste			C			T			PR			
Sudoeste			C				PR			T		C
Sudeste		C		T			PR			T		C

Nas regiões noroeste e nordeste o período chuvoso inicia em janeiro e fevereiro, respectivamente. Nas regiões sudoeste e sudeste o período chuvoso começa em dezembro. No norte do estado (noroeste e nordeste) a estação de “precipitação reduzida” ocorre no segundo semestre do ano e no sul do estado (sudoeste e sudeste) este período ocorre no meio do ano, entre os meses de maio e setembro.

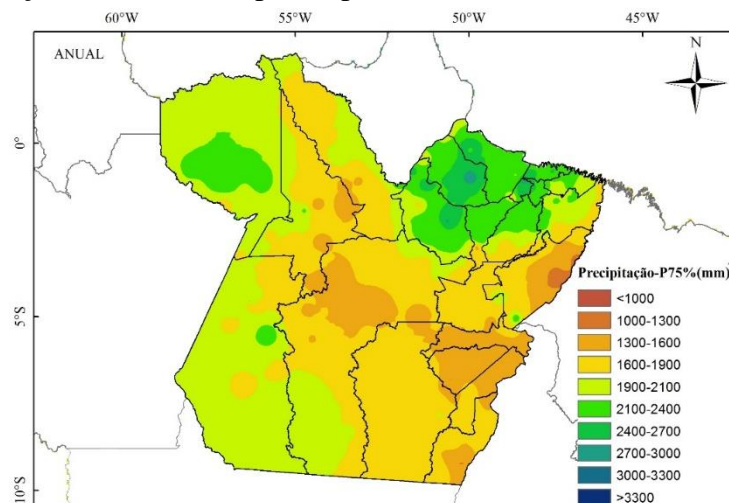
Com relação à distribuição espacial dos extremos das $P_{75\%}$ mensais, pode-se observar que as maiores $P_{75\%}$ concentram-se na região nordeste com destaque para o litoral do estado e a região próxima ao

município de Portel. Segundo Souza et al. (2012b) os ventos alísios transportam umidade das zonas tropicais para a zona equatorial ocasionando maiores precipitações nessa região.

Na região sudeste do Pará pode-se observar que as localidades próximas às divisas com Tocantins e Mato-Grosso permanecem durante cinco meses com predominância de $P_{75\%}$ menores do que 50 mm, o que ocorre em função do efeito da continentalidade e do relevo.

A espacialização das $P_{75\%}$ anuais pode ser observada na Figura 5.

Figura 5. Precipitação anual em mm para a probabilidade de 75% no estado do Pará.



A distribuição espacial das $P_{75\%}$ anuais é um reflexo do que já foi observado com relação à distribuição espacial das chuvas mensais. As maiores $P_{75\%}$ estão

concentradas na região nordeste, conforme já justificado anteriormente. Nas demais regiões do estado existe uma tendência de diminuição das $P_{75\%}$ com as menores

precipitações localizadas nas proximidades dos estados de Tocantins e Maranhão.

estimadas e distribuídas no espaço. Considerando que a maioria das séries analisadas foram aprovadas no teste de aderência, pode-se afirmar que a função Gama pode ser utilizada para representar a distribuição de frequência das precipitações mensais e anuais do estado do Pará.

6 CONCLUSÕES

As precipitações prováveis do estado do Pará foram devidamente

7 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.F.; SOUZA, E.B.; OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA JÚNIOR, J.A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, jun, p. 151-168, 2010.
- ARAÚJO, W.F.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; MEDEIROS, R.D.; SAMPAIO, R.A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.
- ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PERREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas**: Ed. Universitária UFPel, 1996. 161p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Editora UFV, Viçosa-MG, 625 p. 2006.
- HUSAK, G.J.; MICHAELSEN, J.; FUNK, CHRIS. Use of the Gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 7, p. 935-944, 2007.
- LYRA, G.B.; GARCIA, B.I.L.; PIEDADE, S.M.S.; SEDIYAMA, G.C.; SENTELHAS, P.C. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 205-215, 2006.
- MELLO, C.R.; FERREIRA, D.F.; SILVA, A.M.; LIMA, J.M. Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, n. 3, p. 693-698, 2001.
- MONLEY, D.A. Gamma Distribution Probability Model for Asian Summer Monsoon Monthly Rainfall. **Monthly Weather Review**, v. 101, n. 2, p. 160-176, 1973.
- MORAES, B.C.; COSTA, J.M.N.; COSTA, A.C.L.; COSTA, M.H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 2, p. 207-214, 2005.
- PELLEGRIN, C.B.; BACK, A.J.; BONETTI, A.V. Precipitação mensal e anual provável no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, jul/dez, p. 122-142, 2014.

PINTO, L.C.; LIMA, P.L.T.; SILVEIRA, S.C.; MUNIZ, J.A.; SOUZA, Z.R.; MELLO, C.R. Probable rainfall in Lambari region, Southern Minas Gerais State. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 27-37, 2015.

RAMOS, H.C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; SEABRA JÚNIOR, S.; QUEIROZ, T.M. Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2015.

RIBEIRO, B.T.; AVANZI, J.C.; Probable monthly rainfall for Machado county, South Minas Gerais state. **Revista Agrogeoambiental**, abril, p. 117-122, 2010.

SENTELHAS, P. C.; MARIN, F.R.; FERREIRA, A.S. SÁ, E.J.S. BHBRASIL – **Balancos hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. Disponível em <http://bdclima.cnpm.embrapa.br/index.php>. Acesso em: 24/06/2016.

SOCCOL, O.J.; CARDOSO, C.O.; MIQUELLUTI, D.J. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 569-574, 2010.

SOUZA, R.O.R.M.; PANTOJA, A.V.; AMARAL, M.A.C.M.; PEREIRA NETO, J.A. Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage – Irriga**, v. 17, n. 2, p. 177-188, 2012 (a).

SOUZA, R.O.R.M.; SCARAMUSSA, P.H.M.; AMARAL, M.A.C.M.; PEREIRA NETO, J.A.; PANTOJA, A.V.; SADECK, L.W.R. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012 (b).

SILVA, A.P.N.; MONTENEHRO, A.A.A.; MOURA, G.B.A.; SILVA, J.J.N.; SOUZA, L.R. Chuva mensal provável para o Agreste de Pernambuco. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 02, p. 287-296, 2013.

ULIANA, E.M.; REIS, E.F.; SILVA, J.G.F.; XAVIER, A.C. Precipitação mensal e anual provável para o estado do Espírito Santo. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage – Irriga**, v. 18, n. 1, p. 139-147, 2013.

VIEIRA, J.P.G.; SOUZA, M.J.H.; TEIXEIRA, J.M.; CARVALHO, F.P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 762-767, 2010.