



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Probabilidade de ocorrência de precipitações mensais e anuais na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires pela distribuição gama incompleta



Adilson Pacheco de Souza¹; Etson Henrique de Toni²; Eduardo Morgan Uliana³; Frederico Terra de Almeida⁴; Adriana AkiTanaka⁵

¹Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Adjunto II, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais - ICAA, UFMT, Campus de Sinop. E-mail: adilsonpacheco@ufmt.br

²Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT - Campus Universitário de Sinop, E-mail: henrique.toni@hotmail.com

³Mestre em Produção Vegetal, Prof. Assistente I, UFMT – Campus Universitário de Sinop, E-mail: morganuliana@gmail.com

⁴Doutor em Produção Vegetal, Prof. Associado I, UFMT – Campus Universitário de Sinop, E-mail: fredterr@gmail.com

⁵Doutora em Irrigação e Drenagem, Bolsista PNPd/Capes PPGAro, UFMT – Sinop, E-mail: dritanaka@yahoo.com.br

RESUMO: A análise do regime pluvial permite adequar o planejamento agropecuário quanto as demandas e disponibilidade dos recursos hídricos. Em geral, emprega-se no Brasil, a precipitação média no dimensionamento de projetos hidroagrícolas. Para minimização dos riscos aos sistemas produtivos, recomenda-se que não devem ser adotadas probabilidades de ocorrência de precipitações inferiores a 75 ou 80%, todavia, esses níveis podem ser variáveis em função de critérios econômicos. Objetivou-se analisar as distribuições das precipitações pluviométricas mensais e anuais em diferentes níveis de probabilidade, pelo modelo probabilístico da Distribuição Gama Incompleta, incidentes na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires (área de 142.000 km²), localizada no estado de Mato Grosso, Brasil. Foram avaliadas dezessete estações pluviométricas com dados mínimos de 15 anos (entre 1973 e 2007), disponíveis no Hidroweb/ANA. Para verificar o ajuste dos dados estimados aos observados, utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Na bacia hidrográfica são observadas duas estações bem definidas: seca (maio a setembro) e a chuvosa (outubro a abril), sendo que, independentemente da região da bacia hidrográfica, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro ocorrem acima de 70% dos totais anuais de precipitação. Em dezembro, janeiro, fevereiro e março ocorrem 90% de probabilidade de precipitações mensais superiores a 100 mm. As médias das precipitações nos meses chuvosos se mantiveram entre 40 e 50% de probabilidade de ocorrência, contudo, nos meses secos (maio a setembro), as precipitações médias mensais foram observadas entre 25 e 40% de probabilidade de ocorrência.

PALAVRAS-CHAVES: precipitação provável, séries temporais, Bacia Amazônica.

Probability occurrence of monthly and annual precipitation in Watershed of TelesPires River, Mato Grosso State, Brazil

ABSTRACT: The analysis of rainfall allows the agricultural planning in relation to the demands and availability of water resources. In general, in Brazil is employed the average rainfall in the design of hydro-agricultural projects. To minimize the risks of production systems, recommended that they should not be adopted probability of precipitation less than 75 or 80%, however, these levels range according to economic criteria. This study aimed to analyze the distributions of monthly and yearly rainfall totals, incidents in Watershed of TelesPires River (area 142,000 km²), located in Mato Grosso state, Brazil, at different probability levels with Gamma Distribution Incomplete probabilistic model and for adjustment between observed and estimated data to used the Kolmogorov- Smirnov test. Were evaluated 17 rainfall stations with minimum database of 15 years (between 1973 and 2007), available onHIDROWEB/ANA. Tocheck the fitofthe observeddataestimates, we used the Kolmogorov-Smirnov test.In the watershedare observedtwo distinct seasons: dry(May to September) andtherainy season (October to April), and regardless ofthe watershedregionin the months ofDecember, Januaryand Februaryoccurabove 70% of total annualprecipitation.InDecember, January, February and March occur90% probability of



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

monthlyrainfallabove 100mm. The averagerainfallin the rainy monthswere between40and 50% probability of occurrence,however,during the dry season(May to September), theaverage monthlyrainfallwere observed between25 and 40% probability of occurrence.

KEY WORDS: probable precipitation, temporal series, Amazon Watershed.

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento e distribuição das precipitações fornece informações para determinar períodos críticos predominantes numa certa localidade além de fornecer subsídios que visem reduzir as consequências causadas pelo regime pluviométrico por meio de suplementação hídrica (Pinto et al., 2013).

No Brasil, a maioria dos projetos de irrigação visa atender as necessidades hídricas da cultura, sem levar em consideração a contribuição da precipitação provável do período. Para que o planejamento agrícola seja feito de maneira correta, no que se refere ao melhor aproveitamento das variáveis climáticas, é fundamental o conhecimento das condições médias, da variabilidade e da frequência de ocorrência de determinados níveis práticos dos elementos meteorológicos de interesse agrícola por meio de séries históricas de longo período (Berlato, 1992).

Em geral, o nível de probabilidade a ser adotado deve considerar fatores econômicos, tomando como restrições a sustentabilidade da água e do solo, sendo que dependendo do valor comercial da cultura devem ser adotadas probabilidades de ocorrência entre 75 e 80% (Fietzet al., 1998). A maioria dos sistemas de irrigação são dimensionados considerando a irrigação total. Contudo, quando considerada, adota-se como precipitação efetiva a precipitação média, sendo que esta não está sujeita a mesma probabilidade de ocorrência para as diferentes localidades e com dependência da função de distribuição empregada (Pinto et al., 2013).

Especificamente para as precipitações pluviais, a caracterização da sua variabilidade é dada através da análise de distribuição, todavia, por se tratar de uma variável aleatória, são necessárias avaliações das funções de distribuição e testes estatísticos de aderência que permitam bons ajustes aos dados das séries históricas (Cargnelutti Filho et al., 2004). As distribuições probabilísticas mais usadas, para estudos ligados à precipitação provável em escala mensal são a Gama incompleta, Cadeia de Markov e Log-Normal (Lanna, 2001). Diferentes estudos indicam a Distribuição Gama, como o meio probabilístico mais confiável na determinação de totais mensais de precipitação (Pizzato et al., 2012), sendo estes estudos aplicados nas diversas áreas, com destaque para aplicações em modelagens agrometeorológicas no planejamento agrícola (Pinto et al., 2013).

Não somente é importante o conhecimento da precipitação pluvial, como também é primordial a elaboração e avaliação dos balanços hídricos, que indicam a disponibilidade de água no solo. Segundo Souza et al. (2013), o balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), é mais utilizado para fins de caracterização da disponibilidade hídrica de uma região em bases climatológicas e comparativas, perfazendo nas relações entre precipitação e evapotranspiração potencial, tendo como resultante as alterações, deficiências ou excedentes hídricos.

Nesse contexto, na região Centro-Oeste do Brasil é comum a ocorrência de períodos prolongados de estiagem, que causam déficit hídrico para as plantas em função da redução do conteúdo de água e do potencial hídrico, resultando em perda de turgescência, fechamento dos estômatos, redução do crescimento e conseqüentemente, redução da produção final. Assim, são fundamentais o conhecimento da variação temporal e espacial das precipitações pluviais com vistas ao fornecimento de subsídios ao planejamento da época de plantio e melhor adequação no uso da irrigação complementar. Este trabalho objetivou analisar as precipitações pluviais mensais e anuais e determinar as precipitações prováveis em diferentes níveis de probabilidade por meio da distribuição Gama Incompleta, em diferentes regiões da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires, no estado de Mato Grosso, para fins de aplicação em projetos e manejo de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Teles Pires, um dos formadores do rio Tapajós juntamente com o rio Juruena, está compreendida entre as latitudes 7°00' e 15°00'S e as longitudes 53°00' e 59°00'W, abrangendo uma área total de 141.770 km². Por ocupar um extenso espaço geográfico, a bacia do rio Teles Pires exhibe grandes variações climáticas, atravessa diferentes unidades de relevo e de solo e é ocupada pelo encontro do bioma Amazônico com o bioma Cerrado, o que determina um extenso mosaico de formações vegetais.

Na bacia hidrográfica do rio Teles Pires, o grau de antropização é mais elevado nos municípios de Terra Nova do Norte (79,1% da área líquida), Novo Horizonte (72,2%), Sinop (69,6%) Lucas do Rio Verde e Nova Guarita (64,4%), Sorriso (61,9%), Nova Mutum (61,4%) e Colíder (55,5%). Nos demais municípios, esse índice não atinge 50% (www.mt.gov.br). O alto índice de desmatamento na região norte de Mato Grosso e ao longo da BR-163 vem sendo tema de preocupação quanto à situação de degradação atual e futura das nascentes de rios importantes, como o Xingu, Araguaia e Teles Pires, por estarem localizados nas áreas de expansão do cultivo da soja e de outras monoculturas.

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram provenientes do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), da Agência Nacional de Águas (ANA), pertencentes a 17 estações localizadas na área de influência da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires (Bacia Amazônica), correspondentes a um período mínimo de 15 anos (1973 a 2007). As especificações das estações pluviométricas avaliadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 30. Códigos, nomes e localizações das estações pluviométricas avaliadas na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, MT, Brasil.

Ordem	Código	Estação	Município	Latitude	Longitude	Posição BH
01	857000	Santa Rosa	Apiacás	8,87°S	57,42°W	Baixo
02	957001	Novo Planeta	Apiacás	9,37°S	57,22°W	Baixo
03	1057001	Trivelato	Nova Monte	9,94°S	57,13°W	Baixo
04	956001	Jusante Foz Peixoto do Azevedo	Alta Floresta	9,64°S	56,00°W	Baixo
05*	1054000	Agropecuária Cajabi	Marcelândia	10,75°S	54,55°W	Baixo
06	1055001	Indeco	Carlinda	10,11°S	55,57°W	Baixo
07*	1154000	Rancho de Deus	Marcelândia	11,00°S	54,81°W	Médio
08*	1053001	Fazenda Santa Emília	Marcelândia	10,54°S	53,61°W	Médio
09	1154001	Santa Felicidade	Santa Carmen	11,93°S	55,00°W	Médio
10	1255001	Teles Pires	Sinop	12,67°S	55,79°W	Médio
11	1155000	Cachoeirão	Sinop	11,65°S	55,70°W	Médio
12*	1254001	Agrovensa	Nova Ubitatã	12,81°S	54,75°W	Médio
13	1255000	Vera	Vera	12,29°S	55,29°W	Médio
14*	1255002	Nucleo Colonial Rio Ferro	Feliz Natal	12,52°S	54,91°W	Alto
15	1454000	Paranatinga	Paranatinga	14,42°S	54,05°W	Alto
16	1453000	Primavera do Leste	Passagem br 309	14,61°S	54,00°W	Alto
17	1455004	Fazenda Corrente Verde	Nova	14,81°S	55,27°W	Alto

* Estações localizadas na bacia hidrográfica do Rio Xingu e na circunvizinhança da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires.

Avaliou-se as curvas de duplas massas das estações selecionadas e posteriormente, foram realizados os preenchimentos de falhas pelo método da ponderação regional, que estabelece valores estimados através de ponderação com base nos dados das outras estações vizinhas de mesma característica climatológica, conforme sugerido por Bertoni e Tucci (2002). Posteriormente, realizou-se a análise estatística descritiva dos dados (médias, desvio-padrão, máximos, mínimos, coeficientes de variação, dentre outros).

A determinação de diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizada utilizando-se o modelo probabilístico de Distribuição Gama incompleta (THOM, 1958). Sua função densidade de probabilidade é dada pela seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (01)$$

em que: α é o parâmetro de forma (adimensional); β é o parâmetro de escala (dimensional); e a base do logaritmo neperiano; x o total de precipitação (mm); Γ é o símbolo da função Gama, definida conforme a equação que se segue:

$$\Gamma(\alpha+1) = \sqrt{2\pi\alpha} \alpha^\alpha e^{-\alpha} \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} - \frac{139}{51840\alpha^3} \right) \quad (02)$$

Um dos métodos usualmente utilizados é o método dos momentos, que consiste em igualar a média (\bar{X}) e a variância (S^2) da amostra à média e à variância da população:

$$\alpha = \frac{X_m}{S^2} e \beta = \frac{S^2}{X_m} \quad (03)$$

em que: X_m é a precipitação média do período (mm); e $S^2 =$ variância (mm^2).

Para a análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos os dias em que a precipitação foi igual ou menor a 5,0 mm e chuvosos quando superior a 5,0 mm (SANS et al., 2001). Para estimativa dos valores de precipitação provável, utilizou-se a planilha eletrônica Excel, a qual retorna o inverso da distribuição acumulada gama, a partir dos valores de α , β e os níveis de probabilidade de 1, 510, 25, 40, 50, 60, 75 e 90%. Para a avaliação do ajuste entre a distribuição de frequência associada aos valores observados da precipitação, nos vários períodos temporais analisados e o efeito da distribuição Gama, foi realizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, com 5% de significância. Os valores da tabela da distribuição normal foram interpolados devido aos números de dados de precipitações mensais não serem homogêneos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os totais anuais médios variaram de 1499,2 mm (estação Fazenda Corrente Verde no município de Nova Brasilândia) a 2076,4 mm (estação Santa Rosa, situada no município de Apiacás). Para dados anuais, os valores do parâmetro β tiveram variações de 83,80 a 36,79, não excedendo a 100, em nenhuma das estações, possibilitando a utilização da distribuição Gama, para as estimativas das precipitações prováveis, uma vez que valores de β superiores a 100 indicam que a distribuição Gama Incompleta não pode ser utilizada. Verificou-se que nos meses de maiores precipitações (Tabela 2) as estimativas de α (parâmetro de forma) foram maiores quando comparado com os meses menos chuvosos (junho, julho e agosto). As estimativas de α variaram de 10,23 (fevereiro) a 0,24 (junho), perfazendo em uma certa assimetria nos meses mais chuvosos.

Analisando o β (parâmetro de escala), nota-se que na região do Médio Teles Pires (Tabela 4) ocorre divergência quando comparado com a região do baixo Teles Pires, visto que os maiores valores não se concentram nos meses de maiores precipitações. Essa falta de homogeneidade no comportamento ocorre dentro da própria região, visto que, as estações “AgropecuáriaCajabi” e “Fazenda Santa Emília” (ambas situadas nos municípios de Marcelândia) apresentaram maiores valores de β em agosto e as estações “Teles Pires” e “Vera” (situadas nos municípios de Sinop e Vera respectivamente), apresentaram picos deste mesmo parâmetro em junho. Na região do Alto Teles Pires verifica-se características semelhantes à região da foz da bacia hidrográfica.

A precipitação média está sujeita a um período de retorno variável, dependendo da distribuição de probabilidade utilizada. Segundo Pinto et al. (2013) o uso da precipitação média mensal pode proporcionar projetos com quase 10% a menos da capacidade de suprimento da demanda da cultura, considerando 75% de probabilidade, enquanto que para o período decendial esta diferença foi de aproximadamente 5%. Portanto, a demanda máxima calculada por meio da precipitação média decendial se aproxima mais da demanda provável, quando comparada com precipitação média mensal (Pinto et al., 2013). Todavia, em



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

regiões com escassez de informações meteorológicas disponíveis, as aplicações de agrupamentos de dados menores dependem do emprego de metodologias de correção de falhas, que em geral, necessitam ser avaliadas para cada região especificamente.

CONCLUSÕES

A distribuição Gama Incompleta possibilitou bons ajustes para totais anuais de precipitação pluvial em todas as regiões da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires, independentemente do nível de probabilidade. Essa distribuição não é recomendada para estimativas para os meses de junho, julho e agosto (estação seca) nas regiões do Baixo e Médio Teles Pires.

REFERÊNCIAS

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universitária UFRGS, 1992. cap.1,p.11-24.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, PP. 177- 241, 2002.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J.K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1157-1166, 2004.

CASTRO, R. **Distribuição probabilística de precipitação na região de Botucatu-SP**. 1996. 88 f. Dissertação(Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/20120224151106vol_14__n_2__artigo_02.pdf>. Acesso em 11 abr. 2012.

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A.; FRIZZONE, J.A.; FOLEGATTI, M.V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBA, 1997. v.1, p. 101-103.

LANNA, A.E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C.E.M. (Org) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2001. p 79-176.

PINTO, M.F.; ALVES, D.G.; PAULINO, J.; COELHO, R.D. Distribuição de frequência da precipitação e sua aplicação no dimensionamento de projetos de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, p. 303-313, 2013.

PIZZATO, J.A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R.C.; MODOLO, A.J.; CREMON, C.; MOREIRA, P.S.P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitações em Cáceres, MT. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.137-1472, 2012.

SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa – Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v.1, n.1, p.34-43, 2013.

Tabela 1. Precipitações pluviométricas médias mensais (mm) e anuais em diferentes estações pluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires, Mato Grosso.

	Estações pluviométricas*																
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Jan	341,	238,	320,	278,	317,	310,	272,	336,	300,	270,	266,	254,	275,	269,	310,	283,	239,
Fev	300,	244,	267,	278,	293,	281,	258,	254,	292,	246,	275,	253,	295,	275,	243,	238,	210,
Mar	310,	252,	287,	294,	250,	252,	246,	228,	252,	192,	220,	206,	237,	223,	229,	231,	220,
Abr	222,	159,	217,	224,	176,	186,	174,	152,	146,	115,	147,	119,	142,	105,	115,	123,	103,
Mai	79,6	69,2	61,1	61,1	49,6	54,9	36,3	42,2	35,3	47,3	39,5	25,9	39,1	38,0	44,5	42,6	50,7
Jun	9,5	6,2	5,1	8,4	7,5	13,9	5,0	3,7	4,9	5,8	3,9	2,2	6,4	3,7	6,7	8,7	5,0
Jul	7,8	8,9	8,4	4,1	2,8	8,8	2,3	2,8	0,9	0,8	2,2	4,7	1,7	3,2	5,6	4,1	2,7
Ago	28,6	15,1	20,5	20,2	11,4	17,5	4,6	10,8	2,9	3,6	4,9	5,0	5,8	3,9	12,7	14,8	12,7
Set	97,9	74,8	81,8	99,6	80,8	93,8	65,3	85,6	49,2	47,8	59,3	56,6	64,5	49,5	61,3	63,6	64,4
Out	174,	158,	182,	169,	179,	169,	147,	174,	143,	132,	142,	120,	156,	137,	158,	151,	143,
Nov	190,	170,	229,	198,	205,	199,	233,	194,	243,	209,	202,	193,	240,	208,	233,	207,	198,
Dez	314,	267,	330,	299,	278,	289,	266,	306,	257,	231,	254,	243,	317,	225,	293,	314,	247,
Anu	207	1777	201	193	185	187	171	179	172	150	161	148	178	154	171	168	149
DPA	366,	353,	358,	410,	346,	271,	304,	295,	304,	248,	312,	276,	271,	327,	256,	337,	284,

* Sequência em acordo com a Tabela 1; **DPA: desvio padrão anual (obtido com os totais anuais das séries históricas).

Tabela 3. Precipitação anual esperada, em diferentes níveis de probabilidade para dezessete estações pluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Teles Pires, estado de Mato Grosso.

Estação	Precipitação Provável (mm)					
	1%	5%	10%	25%	50%	75%
1	3023,2	2714,0	2558,0	2310,6	2054,9	1818,8
2	2701,7	2396,4	2243,3	2001,9	1754,6	1528,6
3	3072,2	2773,5	2622,4	2382,0	2132,6	1901,3
4	3099,0	2742,9	2564,4	2283,4	1996,0	1733,8
5	2849,1	2556,2	2408,5	2174,2	1932,2	1708,9
6	2644,4	2424,6	2312,5	2132,8	1944,4	1767,4
7	2549,7	2294,0	2164,7	1959,6	1747,3	1550,9
8	2909,3	2562,7	2389,5	2117,4	1840,0	1588,0
9	2583,6	2328,9	2200,1	1995,5	1783,4	1586,9
10	2183,8	1978,4	1874,2	1708,3	1535,7	1375,1
11	2501,2	2235,6	2101,9	1890,3	1672,3	1471,7
12	2257,7	2023,7	1905,7	1718,7	1525,7	1347,7
13	2475,4	2252,2	2138,7	1957,7	1768,7	1592,4
14	2454,0	2169,3	2026,7	1802,3	1573,0	1364,0
15	2430,4	2222,4	2116,4	1946,8	1769,2	1602,7
16	2616,8	2327,0	2181,4	1951,7	1715,9	1499,9
17	2251,6	2008,9	1886,7	1693,6	1495,0	1312,5