

Função Distribuição de Probabilidade e Decomposição de Séries Temporais de Precipitação para a Região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná

Daniela Jerszurki⁽¹⁾; Jorge Luiz Moretti de Souza⁽²⁾; Adão Wagner Pêgo Evangelista⁽³⁾

⁽¹⁾Professora; Universidade Federal do Paraná; Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba-Paraná, CEP 80035-050; djerszurki@ufpr.br;

⁽²⁾Professor; Universidade Federal do Paraná; ⁽³⁾Professor; Universidade Federal de Goiás.

RESUMO – Teve-se por objetivo no presente trabalho determinar os parâmetros estatísticos de cinco funções densidade de probabilidade (*fdp*) ajustadas aos valores decendiais observados de precipitação (*P*) determinando seus valores prováveis a 75% de probabilidade, bem como realizar a decomposição temporal das séries, observando as possíveis influências das oscilações da variável sobre o plantio de *Pinus taeda*, no município de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. As séries temporais foram decompostas pelos métodos das médias móveis, mínimos quadrados, razão para a média móvel e remoção da componente tendência, para obtenção dos padrões de tendência, ciclicidade, sazonalidade e irregularidade, respectivamente. Para a verificação do ajustamento das *fdp*'s às séries de dados foi aplicado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov a 5% probabilidade. Aproximadamente 48% dos valores decendiais da *P* ajustaram-se à distribuição Gama, sendo que as séries não apresentaram tendência significativa de acréscimo ou decréscimo ao longo dos anos para o município de Telêmaco Borba, mas foram influenciadas pelos movimentos sazonais, cíclicos e irregulares, sendo que a sazonalidade teve pouca influência sobre a variável

Palavras-chave: relações hídricas, componentes hídricas, valores prováveis, tendência.

INTRODUÇÃO – O município de Telêmaco Borba apresenta grande importância na região Centro-Sul do Paraná devido ao crescimento da silvicultura (Rosa et al., 2006), especialmente da cultura do *Pinus* (*Pinus taeda*). Dessa forma, o estudo da tendência e distribuição da precipitação (*P*) é relevante no planejamento e manejo racional da produção silvícola para a condição de deficiência ou excedente hídrico (Ávila et al., 2009). Nesse contexto, o estudo da *P* provável, conforme realizado por Ávila et al. (2009), evidenciaram a utilidade, aplicação e abrangência que o ajustamento e obtenção de parâmetros estatísticos referente à variável têm para a atividade agrícola como um todo, sendo que a estimativa dos valores prováveis é realizado após a identificação da distribuição de probabilidade de melhor ajuste à série histórica de dados. Para Junqueira Júnior et al. (2007) as funções densidade de probabilidade que mais se destacam-se para o estudo da precipitação são a Normal, Log-Normal, Gama, Beta e Gumbel. Com a escolha da distribuição de probabilidade mais adequada, devem ser determinados os níveis de probabilidade a serem utilizados. Para que haja minimização dos riscos, não se deve trabalhar com probabilidades inferiores a 75% ou 80% (Doorenbos & Pruitt, 1977). A precipitação

provável a 75% corresponde a um valor de chuva que poderá ser igualada ou superada pelo menos uma vez em 1,33 anos, no período decendial considerado. Além do estudo da distribuição de probabilidade de melhor ajuste para *P*, a análise das séries temporais dessa variável é de grande utilidade, principalmente quando se encontra algum tipo de tendência na decomposição das séries ao longo das estações e dos anos, obtendo-se padrões de movimento (Moraes et al., 2005). Assim, a decomposição de séries temporais é utilizada para a determinação dos movimentos de tendência, ciclicidade e sazonalidade dentro da série.

Teve-se por objetivo no presente trabalho determinar os parâmetros estatísticos de cinco função densidade de probabilidade (*fdp*) ajustadas aos valores decendiais de *P*, bem como calcular seus valores prováveis decendial à 75% de probabilidade, com a *fdp* de melhor ajuste, e realizar a decomposição das séries de *P*, observando as possíveis influências das oscilações da variável sobre o plantio de *Pinus taeda* no município de Telêmaco Borba, Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS – As análises do presente trabalho foram realizadas para o município de Telêmaco Borba, Estado do Paraná, localizado no Segundo Planalto Paranaense e que, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tipo Cfa/Cfb (IAPAR, 2000). Foram utilizados dados históricos diários de precipitação pluviométrica (mm), de janeiro de 1981 a dezembro de 2010, provenientes de uma estação climatológica pertencente à empresa Klabin Florestal, localizada no município de Telêmaco Borba, com altitude média de 885 m, nas coordenadas 24°13' de latitude Sul e 50°32' de longitude Oeste. Os procedimentos necessários para o cálculo da *P* decendial provável foram organizados e realizados com o auxílio de em uma planilha eletrônica, contendo rotinas desenvolvidas especialmente para essa finalidade, seguindo as recomendações propostas por Assis et al. (1996). Os procedimentos foram: tabulação dos dados diários de *P*, desconsiderando os decêndios contendo ausência de precipitação (P_0 , precipitação decendial menor que 1 mm decêndio⁻¹); estabelecimento das distribuições de frequência com os dados das séries de *P*; cálculo dos parâmetros estatísticos das cinco *fdp* testadas (Gama, Normal, Exponencial, Triangular e Uniforme) adotando-se o conceito de distribuição mista; realização dos testes de aderência seguindo a metodologia de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de probabilidade; escolha da *fdp* de melhor ajuste; e, estimativa da *P* provável (com a *fdp* de melhor ajuste), para os 37 decêndios dos anos analisados. Assim, para a precipitação (*P*), encontrou-se

um valor com 75% de probabilidade de ser igualado ou superado: $P_{75\%} = P(P_{75\%} \in P \mid p_i \geq P_{75\%}) = 75\%$, encontrando-se valores com período de retorno (T) igual 1,33 anos para a P . As séries temporais foram decompostas nos padrões de tendência, ciclicidade, sazonalidade e irregularidade. Para a obtenção da tendência foi utilizado o método das médias móveis e dos mínimos quadrados, utilizando-se médias de ordem 3, 5 e 7, bem como as médias móveis centradas de ordem 3 e ponderada de ordem 7, para obter maior alisamento das séries analisadas e melhorar a visualização da tendência. Os movimentos sazonais, cíclicos e irregulares foram obtidos pelo modelo multiplicativo de decomposição de séries temporais. A sazonalidade foi representada pelos índices sazonais (IS) obtidos com o método da razão para a média móvel, também conhecido como método da média móvel percentual. As variações irregulares (I) e cíclicas (C), representadas pelos índices cíclicos e irregulares (ICI) foram avaliadas em conjunto e obtidas pela remoção da componente tendência (T).

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Dentre as distribuições de probabilidade testadas, observou-se que 48% dos valores decendiais de precipitação tiveram melhor ajustamento com a distribuição Gama, concordando com os resultados obtidos por Soccol et al. (2010). Cerca de 35% dos decêndios adequaram-se à distribuição Exponencial. Segundo Araújo et al. (2001), em trabalho similar para o município de Boa Vista – RR, a distribuição Gama foi a que melhor se ajustou aos dados de precipitação na região. Também foi possível perceber variação dos parâmetros estimados para cada decêndio (Tabela 1) o que se deve, provavelmente, à aleatoriedade da P . O valor médio de precipitação foi de 14,7 mm decêndio⁻¹, o qual segundo Junqueira Júnior et al. (2007) é considerado satisfatório, proporcionando menores problemas relacionados à seca para a cultura do Pinus na região (Booth & Jovanovic, 2000). As maiores probabilidades de ausência de precipitação ocorreram entre os decêndios 19 e 27, correspondendo aos meses de julho a setembro, ou seja, os períodos de menor precipitação concentraram-se no período de inverno. A precipitação provável correspondeu, em média, a 28,4% da precipitação média decendial. Assim, para o município, a utilização da precipitação média em projetos de irrigação não é adequada, pois não pode ser considerada representativa, podendo levar ao subdimensionamento de projetos (Oliveira & Carvalho, 2003). Pôde-se observar que a distribuição de frequência não seguiu qualquer padrão de distribuição, tanto para o período diário quanto para o período decendial, provavelmente devido à característica de aleatoriedade da variável (Sampaio et al., 2007). Analisando a série de precipitação obtida para o período de 30 anos não foi possível observar tendência significativa para os totais de chuva ($R^2 = 0,0169$) (Figura 1).

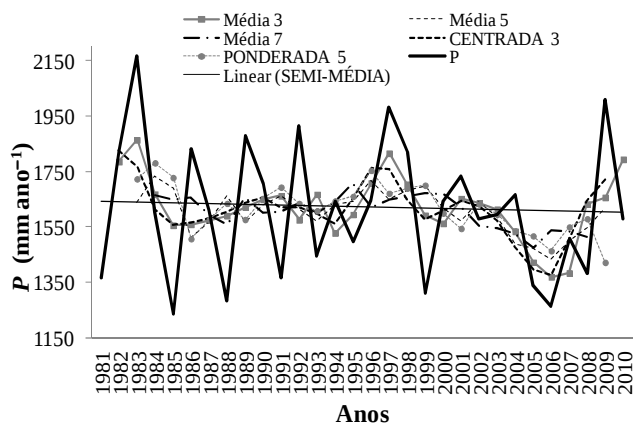


Figura 1 – Precipitação (P) anual no município de Telêmaco Borba – PR: médias móveis de 3, 5 e 7 períodos, centrada de 3 períodos e ponderada de 5 períodos, para uma série de 30 anos.

O ano mais chuvoso da série foi 1983 (2166,3 mm ano⁻¹), enquanto que o menos chuvoso foi 1985 (1.235,3 mm ano⁻¹). Conforme relatado por Silva & Guetter (2003) para alguns municípios do Estado do Paraná, pôde-se verificar, nos últimos anos, o aumento da frequência de chuvas intensas e a ocorrência de secas de maior duração. Em trabalho semelhante, Bieras & Santos (2006) encontraram tendência decrescente da precipitação para a região de São Paulo, associada, provavelmente, às variações ou mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos. Paralelamente ao que foi constatado na Região Sul do país, alguns autores demonstram para Região Norte que as precipitações estão apresentando tendência de crescimento nos últimos anos (Santos et al., 2009, Albuquerque et al., 2010). Dessa forma, percebeu-se que a tendência de crescimento ou decréscimo da P oscila entre as regiões brasileiras, devido ao mecanismo de compensação, tomada em escala regional ou local, ou seja, as oscilações da pluviosidade são compensadas de uma região para outra. Observou-se, ao longo de 30 anos, um decréscimo de 8,61 mm mês⁻¹ para a precipitação. Em termos absolutos a precipitação caiu de 1.665,4 mm ano⁻¹ para 1.562 mm ano⁻¹. O decréscimo anual da P não causa interferência sobre o cultivo de *P. taeda* na região de Telêmaco Borba, pois devido a sua grande plasticidade, a espécie é adaptada a regiões com precipitações anuais variando de 900 mm a 2.200 mm, tendo estações secas com duração de até seis meses no ano (Booth & Jovanovic, 2000).

Com a remoção dos movimentos sazonais da série de dados (Figura 2) observou-se que a sazonalidade teve pouca influência sobre a P , provavelmente devido sua aleatoriedade. Mas, apesar disso, os índices sazonais demonstraram que a sazonalidade ocorreu quando a P começou a decrescer (entre maio e junho), até atingir o valor mínimo em agosto, voltando a aumentar em setembro, com maior concentração entre os meses de novembro a março.

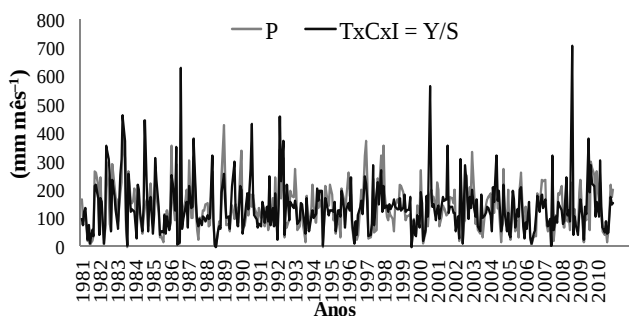


Figura 2 – Série de P removendo-se os movimentos sazonais, para uma série de 30 anos, no município de Telêmaco Borba – PR

Com relação à ciclicidade, os índices cíclicos e irregulares (ICI) se aproximaram de 1, ocorrendo menor influência desses movimentos sobre as séries de P (Figura 3).

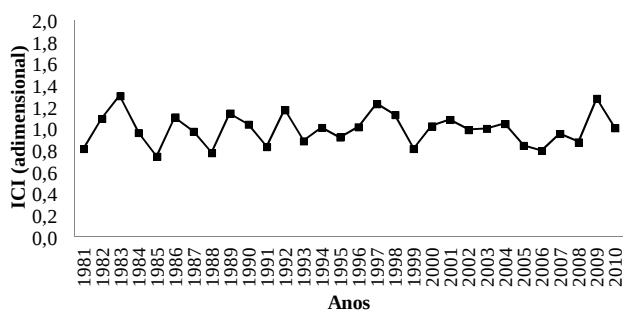


Figura 3 – Variações cíclicas e irregulares (ICI) para uma série de P de 30 anos, no município de Telêmaco Borba – PR.

Observou-se maior oscilação dos ICI ao longo dos anos analisados, o que segundo Tardy (1997) deve-se às frequentes variações cíclicas desta variável. As variações irregulares resultam de eventos de periodicidade inexplicável, como a ocorrência de catástrofes naturais de curta duração, estando associadas aos movimentos cíclicos. Dessa forma, as variações das séries de P que não foram explicadas pela tendência, sazonalidade ou ciclicidade, são atribuídas aos movimentos irregulares ou aleatórios.

CONCLUSÕES – A *fdp* Gama foi a que apresentou melhor ajuste aos dados de P decendial.

As séries não apresentaram tendência significativa de acréscimo ou decréscimo, sendo influenciadas pelos movimentos cíclicos e irregulares, mas pouco influenciadas pela sazonalidade.

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*, 6, 2010.
- ARAÚJO, W.F.; ANDRADE JUNIOR, 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*, 5:563-567, 2001.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V. DE & PERREIRA, A.R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 1996. 161p.

ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R. & VIOLA, M.R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:906-915, 2009.

BIERAS, A.R. & SANTOS, M.J.Z. Variabilidade e tendência da precipitação pluviométrica anual e mensal do município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, 1:63-75, 2006.

BOOTH, T.H. & JOVANOVIC, T. Improving descriptions of climatic requirements in the CABI Forestry Compendium. A report for the Australian Centre for International Agricultural Research. CSIRO Forestry and Forest Products, Client Report, 758, 2000.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Crop water requirements. FAO – Irrigation and Drainage Paper, 24, Roma, 1977. 144p

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cartas Climáticas do Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. 1v. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em 03 de setembro de 2012.

JUNQUEIRA JUNIOR, J.A.; GOMES, N.M.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos. *Ciência e Agrotecnologia*, 31:842-850, 2007.

MORAES BC, COSTA JMN & COSTA ACL. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*, 35: 207-214, 2005.

OLIVEIRA, L.F.C. & CARVALHO, D.F. Regionalization of the supplementary irrigation depth and planting time of a brean crop in the State of Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:106-110, 2003.

ROSA, H.; MARTINS, S.S. & SILVA, O.H. Atividade florestal nos municípios de Telêmaco Borba, Ortigueira, Reserva, Imbaú e Tibagi: caracterização e perspectivas do setor. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28:41-45, 2006.

SAMPAIO, S.C.; QUEIROZ, M.M.F.; FRIGO, E.P.; LONGO, A.J.; SUSZEK, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o Estado do Paraná. *Irriga*, 12:38-53, 2007.

SANTOS, C.A.C.; BRITO, J.I.B.; RAO, T.V.R.; MENEZES, H.E.A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24:39-47, 2009.

SILVA, M.E.S.; GUETTER, A.K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. *Revista Terra Livre*, São Paulo-SP, 1:111-126, 2003.

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*, 14: 569-574, 2010.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos de cinco *fdp* (N - Normal, T - Triangular, G - Gama, E - Exponencial e U - Uniforme) e estimativa de valores prováveis decendiais da *P*, para os 37 decêndios do ano, em um período de 31 anos, para o município de Telêmaco Borba – PR

----- Série -----		----- Parâmetros das <i>fdp</i> -----								P_o ***	$P(P_o = 0)$	$P_{75\%}$ ****
Decêndios	Anos	Menor Valor	Maior Valor	μ^*	σ^*	Moda	Alfa	Beta	<i>fdp</i> **	(decêndios)	(%)	(mm decêndio ⁻¹)
1 (01/01 a 10/01)	31	5,7	204,8	57,4	44,4	25,6	1,8	32,3	G	0	0,0	25,8
2 (11/01 a 20/01)	31	6,2	154,1	70,2	43,8	80,2	1,8	38,4	N	1	3,1	37,2
3 (21/01 a 30/01)	31	1,0	263,0	70,0	58,9	79,6	1,4	51,8	G	0	0,0	26,3
4 (31/02 a 09/02)	30	3,7	182,9	70,3	49,8	21,6	1,7	41,6	T	0	0,0	35,7
5 (10/02 a 19/02)	30	3,4	146,6	62,7	40,3	46,4	1,8	34,6	N	0	0,0	35,5
6 (20/02 a 01/03)	30	4,2	115,1	53,4	28,5	59,7	2,8	18,9	G	0	0,0	30,1
7 (02/03 a 11/03)	30	1,9	108,4	32,7	29,5	12,6	1,2	26,9	G	1	3,2	10,2
8 (12/03 a 21/03)	30	4,0	141,2	42,4	36,3	17,7	1,6	25,9	G	1	3,2	16,7
9 (22/03 a 31/03)	30	2,9	179,3	50,8	42,3	20,5	2,4	21,2	E	4	12,9	7,6
10 (01/04 a 10/04)	30	1,1	121,7	29,9	26,8	13,2	1,3	23,2	G	4	12,9	6,3
11 (11/04 a 20/04)	30	1,0	113,3	39,8	34,1	12,2	1,1	34,8	E	4	12,9	6,0
12 (21/04 a 30/04)	30	1,6	126,1	38,7	33,8	14,1	1,0	38,5	E	4	12,9	5,8
13 (01/05 a 10/05)	30	1,4	131,5	43,3	35,4	14,4	1,3	32,4	G	5	16,1	7,6
14 (11/05 a 20/05)	30	1,1	182,0	57,6	55,4	19,2	0,9	61,0	G	6	19,4	3,7
15 (21/05 a 30/05)	30	1,2	224,6	47,9	54,3	23,5	0,7	65,0	E	1	3,2	12,2
16 (31/05 a 09/06)	30	1,2	162,8	36,8	33,5	17,4	1,2	30,0	G	2	6,5	10,2
17 (10/06 a 19/06)	30	1,0	141,3	46,0	38,2	15,0	1,1	41,5	G	4	12,9	8,0
18 (20/06 a 29/06)	30	1,1	155,2	39,0	36,4	16,5	1,0	40,3	E	3	9,7	7,3
19 (30/06 a 09/07)	30	1,0	126,9	34,1	36,5	13,6	0,8	43,0	E	3	9,7	6,3
20 (10/07 a 19/07)	30	1,1	125,0	42,1	36,4	13,5	0,9	45,3	E	8	25,8	0,0
21 (20/07 a 29/07)	30	1,1	130,7	38,8	37,0	14,1	1,0	39,1	E	6	19,4	2,8
22 (30/07 a 08/08)	30	1,0	73,3	24,4	21,8	8,2	1,1	22,3	E	8	25,8	0,0
23 (09/08 a 18/08)	30	2,7	154,1	36,8	45,7	17,8	1,1	33,8	E	14	45,2	0,0
24 (19/08 a 28/08)	30	3,3	105,3	36,7	33,9	13,5	1,2	30,2	E	12	38,7	0,0
25 (29/08 a 07/09)	30	1,9	121,8	41,3	39,0	13,9	1,0	40,7	E	5	16,1	4,6
26 (08/09 a 17/09)	30	1,2	156,4	52,7	38,7	47,8	1,4	37,2	N	5	16,1	4,4
27 (18/09 a 27/09)	30	1,5	201,0	56,2	45,5	21,5	1,5	37,9	G	1	3,2	20,6
28 (28/09 a 07/10)	30	2,3	161,6	54,7	38,7	18,2	1,5	35,7	T	0	0,0	30,7
29 (08/10 a 17/10)	30	2,6	147,4	52,7	35,8	17,1	1,6	32,7	G	0	0,0	22,4
30 (18/10 a 27/10)	30	4,0	194,9	54,8	42,5	23,1	1,7	31,8	E	0	0,0	15,8
31 (28/10 a 06/11)	30	1,4	109,8	51,3	29,4	55,6	2,2	23,3	N	0	0,0	31,4
32 (07/11 a 16/11)	30	3,5	141,5	50,4	34,1	44,9	1,6	32,5	G	1	3,2	19,1
33 (17/11 a 26/11)	30	1,0	128,0	42,6	30,4	13,7	1,7	25,0	G	0	0,0	18,7
34 (27/11 a 06/12)	31	4,0	195,3	54,1	45,9	23,1	1,5	35,5	G	0	0,0	22,1
35 (07/12 a 16/12)	31	7,5	129,8	45,5	30,2	44,2	2,1	21,7	G	1	3,1	20,9
36 (17/12 a 26/12)	31	6,0	157,5	53,1	37,5	21,1	1,9	27,8	G	0	0,0	24,9
37 (27/12 a 31/12)	31	1,2	199,1	41,7	46,5	21,0	1,0	40,5	G	4	12,5	6,7

* média (μ) e desvio padrão (σ) dos valores decendiais da série; ** função densidade de probabilidade que melhor se ajustou aos dados decendiais da série; *** decêndios contendo ausência de precipitação (P_o); **** $P_{75\%} = P(P_{75\%} \in P | p_i \geq P_{75\%}) = 75\%$