

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS CONSECUTIVOS DE CHUVA EM URUSSANGA, SC

Álvaro José Back (1), Luísa Back (2)

(1) Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Universidade do Extremo Sul Catarinense. E-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: luisasmback@gmail.com

RESUMO

Eventos de dias chuvosos consecutivos podem trazer transtornos a atividades realizadas em ambientes abertos e implicar em atrasos no cronograma de execução de obras, causando prejuízos na engenharia e agricultura. Este artigo teve como objetivo avaliar a aplicação da distribuição Geométrica e da Distribuição Binomial Negativa Truncada na estimativa das probabilidades de ocorrência de dias chuvosos seguidos. Foram usados os dados de precipitação diária de 1970 a 2013 da estação meteorológica de Urussanga, SC. Com as frequências observadas foram ajustados os parâmetros da distribuição Geométrica usando o método dos momentos, e da distribuição Binomial Negativa Truncada usando o método dos momentos e da máxima verossimilhança. A avaliação da aderência das distribuições foi realizada baseada no teste Kolmogorov-Smirnov e teste Qui-Quadrado ao nível de significância de 5%. A distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método da máxima verossimilhança apresentou desempenho inferior às demais. O melhor ajuste para a maioria dos meses analisados foi obtido com a distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método dos momentos. A distribuição geométrica, embora tenha um desempenho ligeiramente inferior em alguns meses, também se mostrou adequada para a estimativa da probabilidade de dias chuvosos consecutivos. Os valores calculados de risco de ocorrências de períodos consecutivos chuvosos calculados podem ser usados no planejamento das atividades realizadas em campo.

Palavras-chave: Precipitação; distribuição geométrica; modelagem estocástica, risco.

ABSTRACT

Events of consecutive rainy days can disrupt activities performed in open environments and imply delays in the schedule of works execution, causing damage in engineering and agriculture. This paper aimed to evaluate the application of the Geometric Distribution and the Truncated Negative Binomial Distribution in the estimation of the probability of occurrence of consecutive rainy days. The daily precipitation data from 1970 to 2013 from Urussanga meteorological station were used, in the state of Santa Catarina, Brazil. With the frequencies observed, the parameters of the Geometric distribution were adjusted using the method of moments and of the Truncated Negative Binomial Distribution using the method of moments and the method of maximum likelihood. The distribution adherence assessment was performed based on the Kolmogorov-Smirnov test and Chi-square

test at a significance level of 5%. The Truncated Negative Binomial distribution with parameters estimated by the maximum likelihood method presented a performance inferior to the others. The best fit for most of the analyzed months was obtained with the Truncated Negative Binomial distribution with parameters estimated by the method of moments. The geometric distribution, although having a slightly lower performance in a few months, was also adequate for the estimation of the probability of consecutive rainy days. The calculated values for the risk of occurrences of consecutive rainfall periods can be used in planning field activities.

Keywords: Precipitation; geometric distribution; stochastic modeling, risk

1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas de um determinado local ou região irão determinar o número de dias do ano em que se pode trabalhar em condições externas, como construções, serviços de manutenção de obras, trabalhos em rodovias, barragens ou operação com máquinas agrícolas. Eventos de chuvas intensas e também chuvas prolongadas impõe dificuldades para os trabalhos ao ar livre, principalmente uso de máquinas, contribuindo com aumento dos custos e atrasos no cronograma das obras (ATAÍDE et al., 2012).

Na agricultura a sequência de dias chuvosos pode dificultar a realização de tratos culturais e impedir colheita de muitas culturas, implicando em prejuízos econômicos (MINUZZI et al., 2010; SMIDERLE; DIAS, 2011). Cunha et al. (1998) relacionam a queda da produtividade do trigo com a chuva excessiva, destacando a importância do conhecimento dos riscos de ocorrência de chuva excessiva na colheita para o planejamento da época de plantio.

Arai et al. (2010) destacam a importância do estudo da distribuição das chuvas no planejamento de atividades agrícolas, permitindo previsões com melhores aproximações e decisões mais confiáveis. Vários trabalhos descrevem a associação de períodos chuvosos com ocorrência de eventos de erosão ou escorregamento de solo, destacando a necessidade do conhecimento de variação espacial e sazonal da chuva para a implantação de medidas preventivas (HAZBAVI; SADEGHI, 2016; DAVUDIRAD et al., 2016).

Como foi constatado que diversos eventos climatológicos interferem nas atividades humanas, na economia e nas obras de engenharia, é importante conhecer as frequências e variabilidades destes eventos, bem como estimar probabilidades ou os

riscos de ocorrências futuras destes eventos. Quando se dispõe de longas séries climáticas observadas pode-se realizar as análises estatísticas, determinar a probabilidade de ocorrência dos eventos críticos, e dessa forma, planejar melhor as atividades. Isto permite elaborar um cronograma de execução da obra mais adequado, e estimar os custos considerando os dias efetivamente trabalhados.

A análise de frequência de eventos climatológicos tem por objetivo relacionar a magnitude dos eventos históricos e, por meio de uma distribuição de probabilidade, estimar as probabilidades de ocorrências futuras destes eventos (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Além da quantidade de precipitação, é importante conhecer o comprimento do período chuvoso, dado pelo número de dias consecutivos de chuva. Um dia é considerado chuvoso se a precipitação acumulada em 24 horas for superior a algum limiar fixado. Vários autores consideram limiares de 0,1; 1,0; 3,0; 5 ou 10 mm (SHAW et al., 2010; CINDRIC et al., 2010, LANA et al., 2006; LARROCHA et al., 2006).

Existem várias funções de distribuição de probabilidade que podem ser usadas na estimativa da duração do período chuvoso ou período seco, como a distribuição geométrica, distribuição binomial negativa, distribuição binomial negativa truncada, distribuição logarítmica (ASSIS et al., 1996; DENI; JEMAIN, 2009). A distribuição Binomial Negativa é indicada quando a variância é superior a sua média, no entanto não pode ser usada na descrição da duração de períodos de chuva por que estes sempre tem comprimento igual ou superior a um dia. Nestes casos é indicado a utilização da distribuição Binomial Negativa Truncada, que corresponde à distribuição Binomial Negativa sem a classe zero (ASSIS et al., 1996).

Alcantara et al. (1999) utilizaram a distribuição Binomial Negativa Truncada (BNT) na estimativa do período sem chuva de quatro regiões do estado de São Paulo. Os autores concluíram que a distribuição se mostrou extremamente eficaz e prática de ser aplicada aos dados estudados. Destacaram que a ocorrência de dias consecutivos sem chuva os meses úmidos apresentou curva em “J” invertido para todas as localidades.

A distribuição Geométrica é um caso especial da distribuição binomial negativa. Representa a distribuição de probabilidade do tempo até a primeira ocorrência de um evento do tipo binomial. Cavalcante e Silans (2012) testaram a distribuição

geométrica na modelagem da Precipitação. Wilks (2006) destaca a aplicação da distribuição geométrica na descrição das sequências de períodos secos e chuvosos, em que a dependência do tempo de um determinado evento segue a cadeia de Markov de primeira ordem. Back et al. (2013) e Back e Miguel (2017) usaram a distribuição geométrica com parâmetros estimados baseados na cadeia de Markov para estimar o número de dias secos e dias chuvosos para algumas localidades de Santa Catarina.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da distribuição Geométrica e da Distribuição Binomial Negativa Truncada na estimativa as probabilidades de ocorrência de dias chuvosos seguidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados os dados de precipitação diária de Urussanga do período de 1970 a 2013, da estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (latitude 28°31'S, longitude 49°19'W, altitude 40 m). O clima da região, segundo classificação climática de Köppen, é classificado como clima subtropical húmido, sem estação seca definida com verão quente (Cfa) (ALVARES et al., 20014). A precipitação média anual varia de 1220 a 1660 mm, com dias de chuva variando de 102 a 150 (DUFLOTH et al., 2005).

Foram determinadas as sequências de dias consecutivos de chuva para cada mês, considerando o mês de início da sequência de dias chuvosos. Como dias chuvosos foram considerados os dias com precipitação igual ou superior a 0,1 mm.

Para a modelagem da probabilidade de dias consecutivos de chuva foram testadas a distribuição Geométrica, a distribuição Binomial Negativa Truncada. De acordo com a distribuição Geométrica, a probabilidade de ocorrer uma sequência de r dias chuvoso pode ser estimada por:

$$P[x = r] = (1 - \rho)\rho^{(r-1)} \quad (1)$$

Em que: r é a duração do período chuvoso ($r \geq 1$);

ρ é o parâmetro da distribuição, que pode ser estimado pelo método dos momentos por:

$$\rho = 1 - 1/\mu \quad (2)$$

Em que μ é a média observada.

A distribuição Binomial Negativa Truncada tem a seguinte função de distribuição de probabilidade.

$$P[X = r] = \frac{w^k \Gamma(r+k)(1-w)^r}{\Gamma(r+1)\Gamma(k)(1-w^r)} \quad (3)$$

Em que: r é a sequência de dias chuvosos ($r \geq 1$);

$\Gamma(\cdot)$ é a função gama;

w e k são os parâmetros da distribuição ($w > 0$ e $k > 0$).

As estimativas dos parâmetros w e k pelo método dos momentos são obtidas por:

$$w = \frac{\bar{x}}{s^2} (1 - p_1) \quad (4)$$

$$k = \frac{w\bar{x} - p_1}{1 - w} \quad (5)$$

Em que: \bar{x} é a média observada;

s^2 é a variância observada;

p_1 é a probabilidade observada na primeira classe.

As estimativas dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança foram obtidas aplicando cálculo iterativo descrito em Assis et al.(1996).

Para avaliar a aderência dos dados a distribuição de probabilidades ajustadas foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Qui-quadrado ao nível de significância de 5%. No teste de Kolmogorov-Smirnov calcula-se as distâncias máxima (D_{max}) entre as frequências observadas (F_o) e as frequências estimadas (F_e) pela distribuição em teste, conforme:

$$D_{max} = \text{Máximo} |F_{o_i} - F_{e_i}| \quad (6)$$

A hipótese nula (H_0) de que a amostra representa a distribuição é rejeitada se o valor D_{max} for maior que o valor crítico (D_{crit}) ao nível de significância α ($\alpha = 0,05$ para este estudo).

A estatística Qui-quadrado foi calculada por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_{o_i} - F_{e_i})^2}{F_{e_i}} \quad (7)$$

Em que F_{o_i} = Frequência observada na classe i ;

F_{e_i} = Frequência estimada na classe i ;

k = número de classes.

No cálculo do χ^2 sempre que a frequência esperada era inferior a 3, agruparam-se as classes. As probabilidades **p** associadas serviram de critérios para determinar o melhor ajuste conforme sugerido por Cavalcante e Silans (2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No trimestre de janeiro a março foram observados maiores valores da duração média do período chuvoso, com média superior a 2,2 dias (Tabela 1). Também se observa que nestes meses a variância é superior à média. No período de abril a julho foram observados menores valores de média e também menor variância da duração média do período chuvoso. Esta variação sazonal deve-se a atuação dos mecanismos de formação da chuva na região. Segundo Monteiro (2001), no verão as chuvas são mais frequentes devido à intensificação dos processos convectivos e também pela atuação das frentes frias. No outono, os níveis de precipitação diminuem em todos os estados do Sul do país por causa de bloqueios atmosféricos, impedindo a passagem das frentes frias.

Tabela 1. Resumo estatístico das sequências de dias chuvosos de Urussanga, SC.

| Mês | Média (dias) | Variância (dias ²) | Nº de eventos | Máximo (dias) | Probabilidade p ₁ |
|-----------|--------------|--------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| Janeiro | 2,50 | 3,90 | 242 | 17 | 0,3843 |
| Fevereiro | 2,56 | 3,85 | 230 | 12 | 0,4043 |
| Março | 2,21 | 2,37 | 244 | 9 | 0,4180 |
| Abril | 1,68 | 1,29 | 219 | 8 | 0,6027 |
| Maio | 1,94 | 1,97 | 193 | 9 | 0,5181 |
| Junho | 1,82 | 1,21 | 190 | 7 | 0,5368 |
| Julho | 1,93 | 1,48 | 197 | 7 | 0,5076 |
| Agosto | 2,07 | 2,03 | 176 | 8 | 0,4830 |
| Setembro | 2,13 | 2,06 | 213 | 9 | 0,4225 |
| Outubro | 2,04 | 1,57 | 250 | 7 | 0,4320 |
| Novembro | 2,07 | 2,19 | 225 | 9 | 0,4756 |
| Dezembro | 2,06 | 1,63 | 257 | 8 | 0,4241 |

Em estudos realizados sobre a climatologia da precipitação em Santa Catarina, a estação de verão aparece como a mais chuvosa nas áreas litorâneas e do Vale do Itajaí (GRIMM et al., 1998; GRIMM, 2009; PRUDÊNCIO et al., 1999; TEIXEIRA; SATYAMURTY, 2004). Cavalcanti et al. (2009) também relataram que durante o

verão, o aquecimento da superfície e a contribuição do fluxo de umidade para o continente tendem a desestabilizar a atmosfera, produzindo mais convecção, associada ao sistema de monções da América do Sul. Assim a maior variância da duração da chuva no verão pode ser explicada pela presença de chuvas convectivas, que geralmente são de curta duração e também ocorrência de chuvas frontais, que geralmente tem maior duração. No inverno predominam as chuvas frontais, que segundo Monteiro (2001), determinam nas regiões costeiras taxas de precipitação menores e condições meteorológicas mais estáveis, que pode ser observado no menor número de eventos chuvosos.

O número máximo da sequência de dias chuvosos registrado foi de 17 dias, iniciado no mês de janeiro (Tabela 2). Para as séries iniciadas em fevereiro foi observada a duração máxima de 12 dias, e nos demais meses os valores máximos foram inferiores a 10 dias. Em janeiro, 38,43% dos eventos chuvosos tiveram duração de um dia e em abril obteve-se a maior probabilidade (60,27%) dos eventos com duração de um dia.

Tabela 2. Parâmetros da distribuição Geométrica e resultados do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (D_{max} e D_{crit}) e valor p do teste Qui-Quadrado

| Mês | Distribuição Geométrica (ρ) | Kolmogorov-Smirnov | | Qui-Quadrado |
|-----------|------------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| | | D_{max} | D_{crit} | p-valor |
| Janeiro | 0,4000 | 0,0157 | 0,0873 | 0,6786 |
| Fevereiro | 0,3898 | 0,0320 | 0,0895 | 0,0391* |
| Março | 0,4518 | 0,0338 | 0,0869 | 0,7107 |
| Abril | 0,5935 | 0,0092 | 0,0918 | 0,9027 |
| Mai | 0,5160 | 0,0182 | 0,0978 | 0,9472 |
| Junho | 0,5491 | 0,0388 | 0,0985 | 0,1239 |
| Julho | 0,5184 | 0,0254 | 0,0968 | 0,1191 |
| Agosto | 0,4822 | 0,0216 | 0,1024 | 0,8991 |
| Setembro | 0,4702 | 0,0477 | 0,0930 | 0,2868 |
| Outubro | 0,4912 | 0,0592 | 0,0859 | 0,2150 |
| Novembro | 0,4839 | 0,0308 | 0,0905 | 0,0939 |
| Dezembro | 0,4849 | 0,0608 | 0,0847 | 0,0298* |

*Valor significativo ao nível de 5%

Os parâmetros da distribuição Geométrica refletem a sazonalidade da precipitação, com menores valores do parâmetro ρ no verão, quando as chuvas tem duração maior, e maiores valores no inverno, quando as chuvas tem menor duração. Todos

os valores de Dmax foram inferiores aos valores críticos, indicando que pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a distribuição Geométrica pode ser usada. O maior valor Dmax observado foi de 0,0608, para o mês de dezembro, indicando diferença de 6,08% entre as frequências observadas e as frequências estimadas pela distribuição geométrica. Em outubro essa diferença foi de 5,92% e nos demais meses inferior a 5% mostrando a boa aderência das séries ajustadas. Pelo teste Qui-quadrado, observa-se que em fevereiro e dezembro o valor p foi inferior ao nível de significância ($\alpha = 0,05$), rejeitando a hipótese de aderência desta distribuição.

O método da máxima verossimilhança permite estimativas diferentes do parâmetro k em relação ao método dos momentos. Normalmente os métodos de máxima verossimilhança tendem a produzir melhores estimativas dos parâmetros. No entanto, observa-se que a distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método dos momentos (DBNT-MM) obteve-se menores valores de Dmax em relação aos parâmetros estimados pelo método da máxima verossimilhança (DBNT-MV) (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros da Distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelos métodos dos momentos (DBNT-MM) e máxima verossimilhança (DBNT-MV) e resultados dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado.

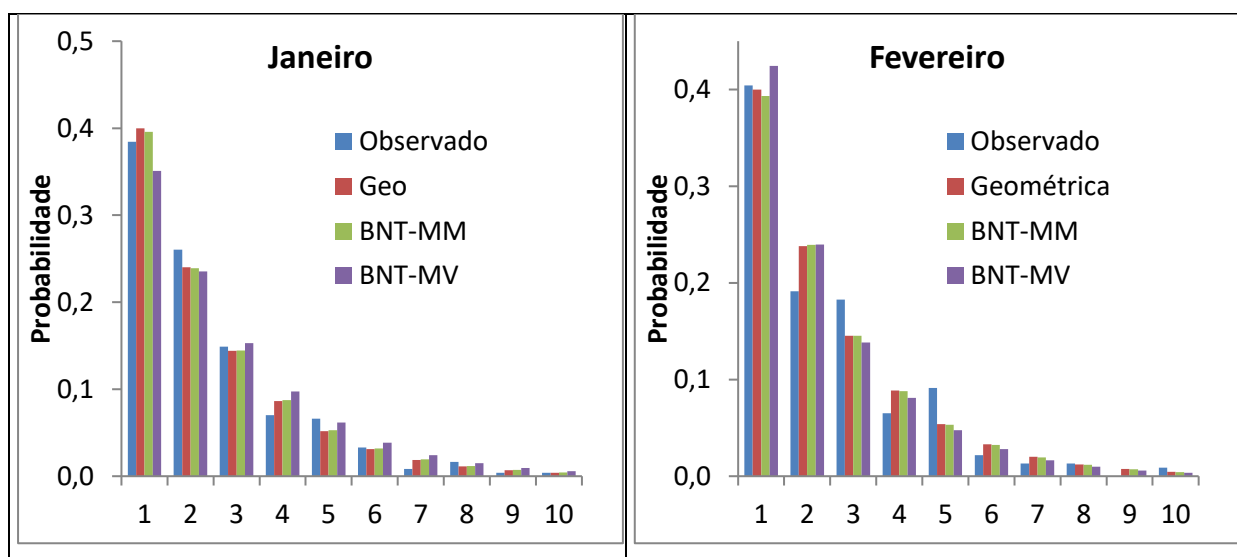
| Mês | DBNT-MM | | | | DBNT-MV | | | |
|-----------|---------|--------|--------|------------------|---------|--------|--------|------------------|
| | w | k | Dmax | p-valor χ^2 | w | k | Dmax | p-valor χ^2 |
| Janeiro | 0,3944 | 0,9937 | 0,0143 | 0,6585 | 0,3944 | 1,2156 | 0,0585 | 0,4482 |
| Fevereiro | 0,3965 | 1,0153 | 0,0368 | 0,0371* | 0,3965 | 0,8719 | 0,0683 | 0,0123* |
| Março | 0,5425 | 1,7105 | 0,0143 | 0,8367 | 0,5425 | 1,8292 | 0,0319 | 0,7712 |
| Abril | 0,5188 | 0,5640 | 0,0084 | 0,9752 | 0,5188 | 0,6626 | 0,0206 | 0,9059 |
| Mai | 0,4727 | 0,7547 | 0,0168 | 0,9490 | 0,4727 | 0,8615 | 0,0357 | 0,2652 |
| Junho | 0,6933 | 0,2366 | 0,0400 | 0,1427 | 0,6933 | 1,9219 | 0,0775 | 0,0205* |
| Julho | 0,6397 | 2,0159 | 0,0345 | 0,1446 | 0,6397 | 1,5861 | 0,0607 | 0,0059* |
| Agosto | 0,5300 | 1,3112 | 0,0219 | 0,8099 | 0,5300 | 1,1015 | 0,0537 | 0,4577 |
| Setembro | 0,5950 | 2,0813 | 0,0385 | 0,4714 | 0,5950 | 2,3216 | 0,0691 | 0,3087 |
| Outubro | 0,7333 | 3,9786 | 0,0150 | 0,9318 | 0,7333 | 4,1223 | 0,0261 | 0,8921 |
| Novembro | 0,4955 | 1,0870 | 0,0336 | 0,0941 | 0,4955 | 1,1037 | 0,0364 | 0,0963 |
| Dezembro | 0,7291 | 3,9841 | 0,0115 | 0,9327 | 0,7291 | 4,3298 | 0,0280 | 0,6881 |

O teste Qui-quadrado rejeitou as distribuições ajustadas pelo método da máxima verossimilhança para os meses de fevereiro, junho, julho, e somente para o mês de fevereiro quando os parâmetros foram estimados pelo método dos momentos. Os

valores de p do teste Qui-quadrado para a DBN-MM foram superiores aos valores obtidos com a DBNT-MV, confirmando a melhor aderência da DBNT-MM.

Os valores de D_{max} obtido com a DBNT-MM foram menores que os valores obtidos com a DBNT-MV. O maior valor observado de D_{max} para DBNT-MM foi de 0,040, indicado somente 4% de diferença entre as frequências observadas e estudadas, evidenciando a aderência dos dados à distribuição ajustada. Na maioria dos meses os valores de D_{max} obtidos com a DBNT-MM foram inferiores aos valores obtidos com a distribuição Geométrica. Estes resultados estão de acordo com Assis et al. (1996), que observaram que embora a distribuição Binomial Negativa Truncada tenha se mostrado superior, a distribuição Geométrica se ajusta bem para a análise de sequência de dias secos ou chuvosos. Também Mesquita et al. (2013) consideraram a Distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método dos momentos como adequada para estimar as probabilidades de ocorrências de dias chuvosos em Goiás

Nas Figuras 1 e 2 se pode visualizar as frequências observadas e as probabilidades calculadas para eventos de dias consecutivos de chuva com duração de 1 a 10 dias. Fica evidenciada a aderência das distribuições geométrica e DBNT-MM. No mês de fevereiro, observa-se que para a sequência de dois dias chuvosos os três modelos testados superestimaram a frequência observada, e para a duração de 3 e 5 dias houve subestimativa dos modelos, implicando na rejeição dos modelos pelo teste Qui-Quadrado.



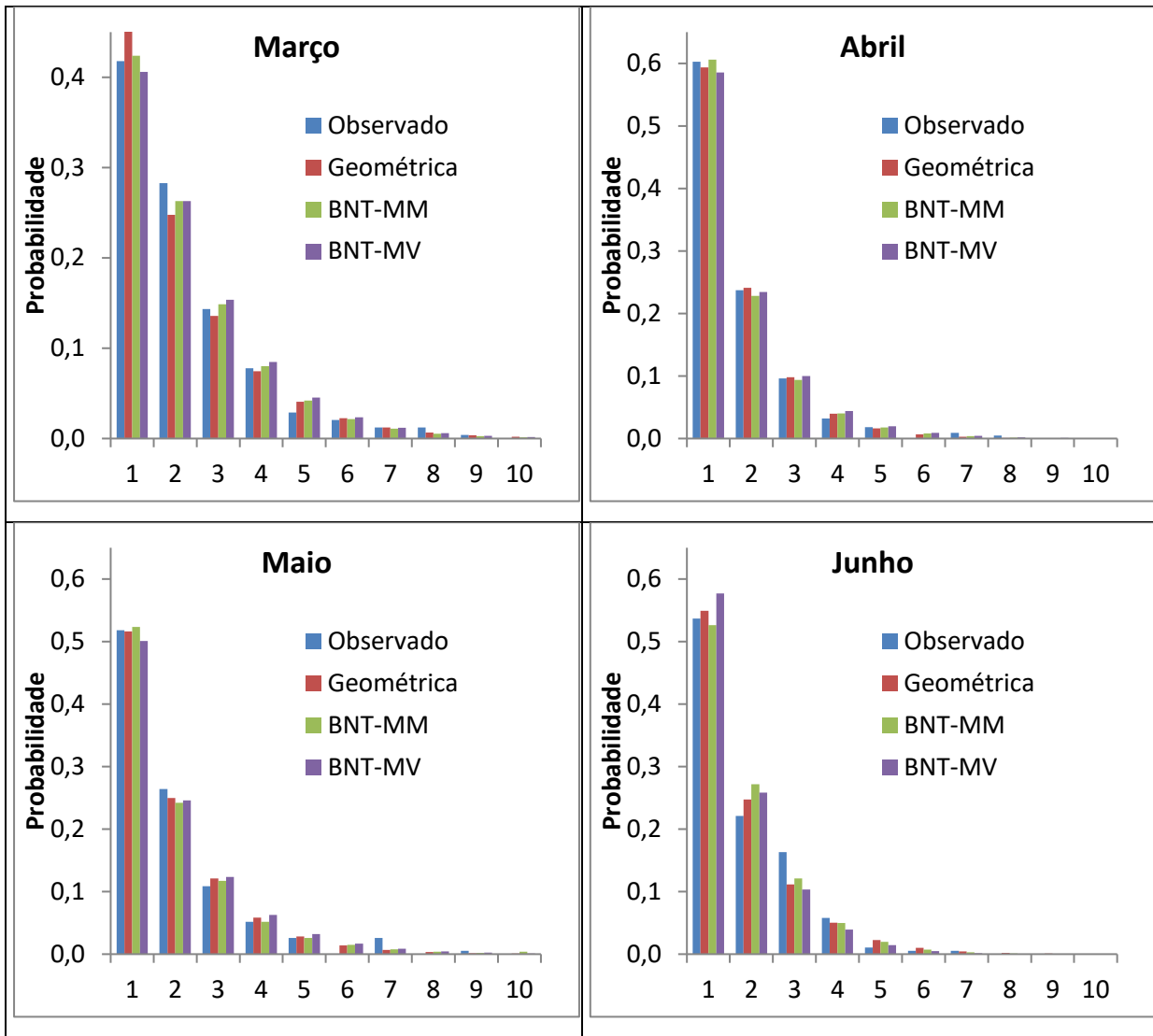
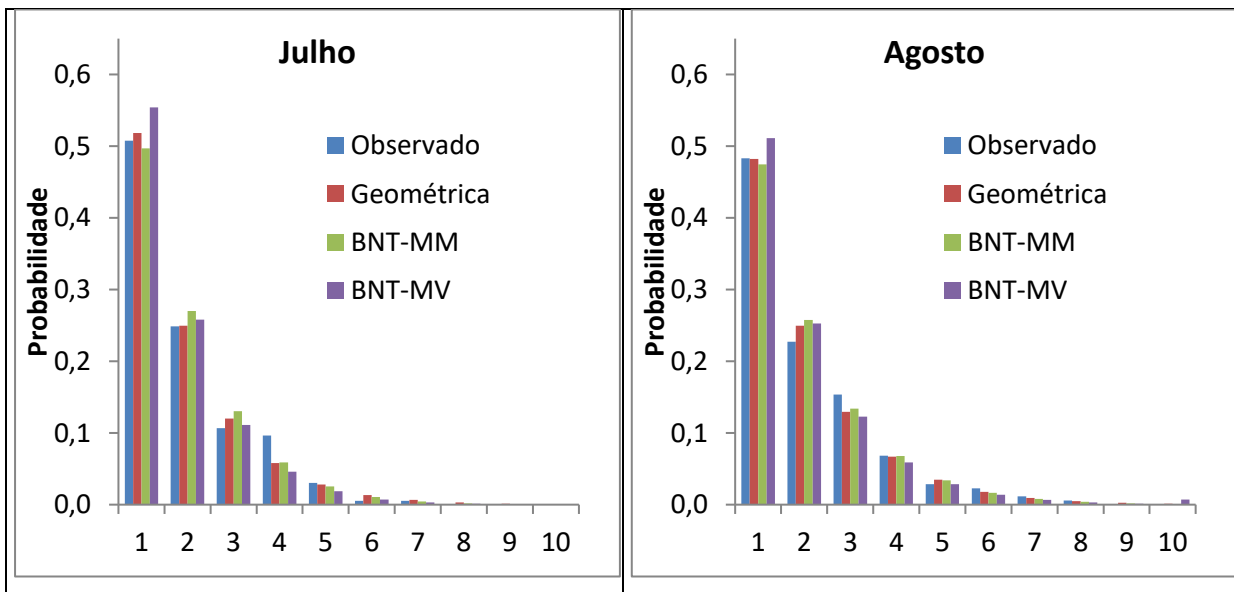


Figura 1. Probabilidade de dias consecutivos de chuva para os meses de janeiro a junho, de Urussanga, SC. (Fonte: Dos autores)



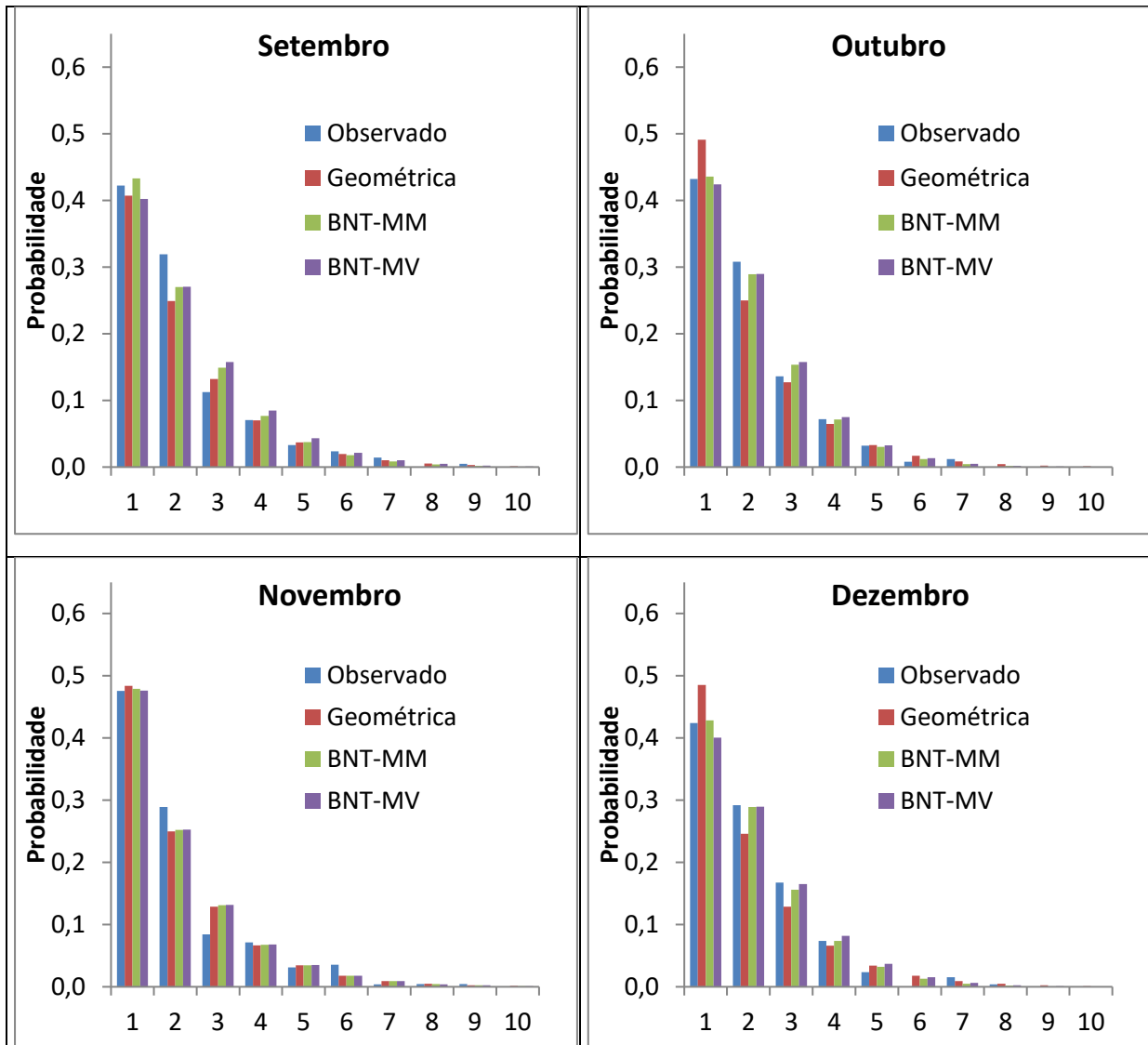


Figura 2. Probabilidade de dias consecutivos de chuva para os meses de julho a dezembro, de Urussanga, SC. (Fonte: Dos autores)

Com os DBNT-MM estima-se que em janeiro a probabilidade de ocorrer até 3 dias consecutivos de chuva é de 77,91%, havendo portanto, risco de 22,09% de ocorrer uma sequência superior a 3 dias chuvosos (Tabela 4). De abril a julho este risco é inferior a 12%, sendo o menor risco no mês de junho (8,1%). Para a duração superior a 5 dias o risco no mês de janeiro e fevereiro é ligeiramente superior a 8% e nos demais meses este risco é inferior a 5%.

Tabela 4. Probabilidade de ocorrer sequência de até 3 ($P[x \leq 3 \text{ dias}]$) e até 5 ($P[x \leq 5 \text{ dias}]$) dias consecutivos de chuva com os respectivos riscos de superar para Urussanga, SC.

| Mês | $P[x \leq 3 \text{ dias}]$ | $P[x > 3 \text{ dias}]$ | $P[x \leq 5 \text{ dias}]$ | $P[x > 5 \text{ dias}]$ |
|-----------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Janeiro | 0,7791 | 0,2209 | 0,9192 | 0,0808 |
| Fevereiro | 0,7776 | 0,2224 | 0,9187 | 0,0813 |
| Março | 0,8353 | 0,1647 | 0,9573 | 0,0427 |
| Abril | 0,9277 | 0,0723 | 0,9856 | 0,0144 |
| Mai | 0,8827 | 0,1173 | 0,9604 | 0,0396 |
| Junho | 0,9190 | 0,0810 | 0,9884 | 0,0116 |
| Julho | 0,8975 | 0,1025 | 0,9819 | 0,0181 |
| Agosto | 0,8659 | 0,1341 | 0,9674 | 0,0326 |
| Setembro | 0,8522 | 0,1478 | 0,9665 | 0,0335 |
| Outubro | 0,8786 | 0,1214 | 0,9805 | 0,0195 |
| Novembro | 0,8618 | 0,1382 | 0,9639 | 0,0361 |
| Dezembro | 0,8733 | 0,1267 | 0,9792 | 0,0208 |

4 CONCLUSÕES

Com base nas observações obtidas com os dados da estação meteorológica de Urussanga, pode-se obter as seguintes conclusões:

- 1) A distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método da máxima verossimilhança mostrou pior desempenho comparada a distribuição Binomial Negativa Truncada com parâmetros estimados pelo método dos momentos;
- 2) A distribuição Geométrica, embora apresentou desempenho ligeiramente inferior à distribuição Binomial Negativa Truncada, se ajusta bem para a análise de sequência chuvosos.
- 3) Os parâmetros dos modelos testados refletem a variabilidade sazonal das características da precipitação.
- 4) Nos meses de janeiro e fevereiro o risco de ocorrer sequência acima de três dias chuvosos é superior a 22%.

5 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22 No. 6, pp. 711-728, 2014.

ARAI, F. K et al. Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do Rio Dourados – MS, Engenharia Agrícola, v. 30, n. 5, p. 922-931, 2010.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia. Ed. Universitária, UFPEL, Pelotas. 1996. 161p.

ATAÍDE, L. T. et al. The probability of potentially useful work days during the year in Londrina. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.6, p.2215-2226, 2012.

ALCANTARA, P. B.; OLIVEIRA, A. Á. D. de; OTSUK, I. P. Predição de dias sem chuva na época chuvosa para quatro regiões do Estado de São Paulo. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, v.56, n.1, p. 35-46, 1999.

BACK, Á. J.; MIGUEL, L. P. Analysis of the stochastic model of the Markov chain on daily rainfall occurrence in the state of Santa Catarina, Brazil. Management of Environmental Quality, v.28, n.1, p.2-16, 2017.

BACK, Á. J. et al. Modelagem estocástica da sequência de dias secos e chuvosos de Garuva-SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Goiânia, pp. 1-11, 2013.

CAVALCANTE, A. L.; SILANS, A. M. B. P. de. Modelo estocástico de desagregação da chuva diária em eventos sub-diários para a Região Litorânea do Nordeste. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17, n.3, p.39-48, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A. et al. Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo, 2009, 463pp.

CINDRIC, K.; PASARIC, Z.; GAJIC-CAPKA, M. Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. Theoretical and Applied Climatology, v. 102, n. 1-2, p. 171-184, 2010.

CUNHA, G. R., HAAS, J. C.; ASSAD, E. D. “Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo no Rio Grande do Sul. Boletim Fepagro, Porto Alegre, v. 5 n. 1, p. 1-8, 1998.

DENI, S. M.; JEMAIN, A. A. Fitting the distribution of dry and wet spells with alternative probability models. Meteorology and Atmospheric Physics, v. 104, n. 1-2, p. 13-27, 2009.

DAVUDIRAD, A. A.; SADEGHI, S. H.; SADODDIN, A. The Impact of development plans on hydrological changes in the Shazand Watershed Iran. Land Degradation & Development v. 27, p.1236-1244, 2016.

DUFLOTH, J. H. et al. *Estudos básicos regionais de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2005. CD-ROM.

GRIMM, A. M. Clima da região Sul do Brasil, In: Cavalcanti, I.F.A. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, Oficina Textos. p. 259-275, 2009.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. Journal of Climate 11(11): 2863-2880, 1998.

HAZBAVI, Z.; SADEGHI, S. H. R. Potential effects of vinasse as a soil amendment to control runoff and soil loss. Soil n. 2, p.71-78, 2016.

- LANA, X. et al. Statistical distributions and sampling strategies for the analysis of extreme dry spells in Catalonia (NE Spain). *Journal of Hydrology*, v. 324, n. 1-4, p. 94-114, 2006.
- LARROCHA, C. S. de et al. Trends in dry spells across Catalonia (NE Spain) during the second half of the 20th century. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 85, n.3, p.165-183, 2006.
- MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; CORRECHEL, V. Sequências de dias chuvosos: fator de risco a colheita em Goiás, *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 3, p. 463-474, 2013.
- MINUZZI, A et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. *Geosul*, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. CPRM, 2007.
- SHAW, E. M. et al. *Hydrology in practice*. 4th. ed., Spon Press (Taylor and Francis), 2010.
- PRUDÊNCIO, R. S.; GEREMIAS, R.; VEADO, R. W. A. Análise do ritmo pluviométrico do litoral catarinense. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Florianópolis, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; 1999.
- SMIDERLE, O. J.; DIAS, C.T.S. Época de colheita e armazenamento de sementes de arroz produzidas no cerrado de Roraima. *Revista agro@ambiente*, v.5, n.1, p.18-23, 2011.
- TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil. Parte I: Configuração sinópticas associadas. In: *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia [CD-ROM]*. Fortaleza. Sociedade Brasileira de Meteorologia; 2004.
- WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Elsevier Academic Press, 2006. 627p.