

IX-011 - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE 10 DIAS SECOS CONSECUTIVOS EM SANTA CATARINA

Álvaro José Back

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

Bruno de Pellegrin Coan

Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Ciências ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc)

Juliano Possamai Della⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Mestre em Ciências Ambientais, Companhia Catarinense de Águas e Saneamento- Casan

Endereço⁽¹⁾: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Epagri, Estação Experimental de Urussanga: Rodovia SC 108, km 353, n° 1563, bairro da Estação, CEP 88.840-000 - Urussanga, SC - Brasil - Caixa-Postal: 049, Telefone: (48) 34031382- e-mail: ajb@epagri.sc.gov

RESUMO

No estado de Santa Catarina, apesar de possuir o clima caracterizado pelos excessos hídricos, é comum a ocorrência de períodos de estiagem que podem trazer consequências ao meio ambiente e em várias atividades humanas. A caracterização dos períodos sem chuva pode ser útil no planejamento de atividades no campo, na previsão do número de dias trabalháveis no campo, no dimensionamento de estruturas para captação e armazenamento da água da chuva. Este trabalho teve como objetivo determinar a variação sazonal da ocorrência de dez dias secos no estado de Santa Catarina. Foram utilizadas as séries históricas de precipitação diária do período de 1970 a 2012 de 92 estações pluviométricas localizadas no estado de Santa Catarina e ainda 49 estações localizadas nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Foi utilizada a cadeia de Markov de dois estados (secos e chuvosos) de primeira ordem para determinar as probabilidades de transição entre dias secos e chuvosos. Os parâmetros do modelo foram ajustados para os períodos mensais. Foi adotado como critério de definição de dia seco os valores de precipitação diária inferior a 1,0 mm. A probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos foi estimada com a distribuição geométrica. A aderência dos modelos foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5%. Para avaliar a distribuição espacial das probabilidades de ocorrência dos períodos secos foram gerados mapas com os valores mensais. Com os resultados obtidos pode-se concluir que a distribuição geométrica se mostrou adequada para a estimativa das probabilidades de sequências de dias secos consecutivos. Existe uma acentuada variação sazonal e espacial das probabilidades de ocorrência de período de dez dias secos no estado de Santa Catarina. Os maiores valores de probabilidade de ocorrência de até dez dias secos ocorrem na região do litoral norte do estado. A elaboração de mapas para o estado de Santa Catarina prevendo a probabilidade de ocorrência de dias secos se torna útil no planejamento de atividades que necessitam da ausência de chuva e também no dimensionamento de estruturas de armazenamento das águas pluviais.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, cadeia de Markov, período seco, distribuição geométrica.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre as condições ambientais, e em quase todas as atividades produtivas desenvolvidas no campo. Algumas características de precipitação de um local podem ser extraídas da análise dos registros do que aconteceu no passado. Entretanto, em vários locais os registros históricos de chuva são relativamente curtos e em muitas situações apresentam falhas, impossibilitando assim inferências estatísticas seguras. Em tais situações pode-se utilizar a modelagem matemática para descrever e fazer inferências desejadas.

Além da ocorrência de chuvas intensas, a sequência de dias chuvosos podem trazer prejuízos à agricultura, a indústria e afetam as atividades executadas ao ar livre, como a execução de obras de engenharia. Por sua vez, longos períodos de estiagem também podem trazer consequências ao meio ambiente, entretanto a

caracterização dos períodos sem chuva pode ser útil no planejamento de atividades no campo e no dimensionamento de estruturas para captação e armazenamento da água da chuva (Fernandes et al., 2002).

O conhecimento da probabilidade de ocorrência de períodos secos é de grande utilidade em vários setores, referente a economia. Por exemplo, na agricultura, a irrigação segundo Larsen & Pense (1982), quando se conhece os períodos secos é possível uma grande economia de água. Na construção de estradas, pontes e outras obras. O conhecimento dos períodos que serão secos ou que ocorrerão chuva numa quantidade que não prejudique o andamento das obras possibilitam a economia de materiais, maquinários e mão de obra.

Existe na literatura uma conceituação confusa na definição de dias sem chuva e dias “secos” e, na definição de dias com chuva ou sem chuva: é necessário se estabelecer o critério de distinção. A seca, no entendimento de Monteiro (1968) é considerada como uma condição em que a quantidade de água disponível no solo é inferior àquela necessária para a planta atender à demanda atmosférica. É, portanto, dependente das condições do solo, da planta e da atmosfera. Mas a busca de simplificação tem levado alguns autores, a considerarem dia sem chuva como dia seco como Amir et al. (1977) entre outros. Já Silva et al. (1977) e Wolf (1977) definiram dia seco como o dia em que a chuva não excedia a evapotranspiração.

Na grande maioria dos trabalhos, considera-se dias sem chuva como sendo os dias com precipitação pluviométrica menor ou igual a 0,1 mm (Feyerherm & Bark, 1967). Tal valor é equivalente à menor quantidade registrada pelo pluviógrafo. Valores superiores a 0,1mm também são considerados (Robertson, 1976), dependendo da finalidade do estudo. Na avaliação da ocorrência de “períodos secos” em Brasília, Wolf (1977), por exemplo, considerou como dias com no mínimo 5,0 mm de chuva, assumindo este valor como representativo da evapotranspiração média da região. Já Milde (1983) utilizou como limite o valor de 0,5 mm, num estudo sobre chuva na região cacaueira, o arredondamento dos valores de precipitação pluvial.

Williams (1952) ressalta que na comparação entre dias sem chuva e chuvosos é importante observar-se que a expressão “um dia sem chuva” significa no mínimo 24 horas sem chuva; “dois dias sem chuvas”, significa no mínimo 48 horas sem chuva e assim por diante. Por outro lado, “um dia chuvoso” pode representar desde 1,0 minuto até 24 horas sem chuva; “dois dias chuvosos” consecutivos podem ocorrer com apenas alguns minutos de chuva, que podem inclusive ocorrer na hora de separação entre dias sucessivos. Assim um pequeno período de chuva que ocorre em alguns minutos pode transformar um dia chuvoso em dois. Naturalmente o mesmo raciocínio não é verdadeiro para dias sem chuva.

Os dados de chuva tanto do ponto de vista da sua ocorrência, quanto da sua quantidade, podem ser analisados mediante a obtenção das frequências observadas dos seus registros históricos, ou através da elaboração de um modelo teórico. A modelagem teórica da chuva com vistas ao planejamento ambiental apresenta algumas vantagens sobre os modelos empíricos, ou seja, os baseados em dados. Stern & Coe (1982), discutem estes aspectos, evidenciando o fato de que o modelo teórico apresenta a grande vantagem de resumir os dados de uma série histórica de forma bastante concisa. Os modelos teóricos também permitem a utilização de técnicas de simulação (Larsen & Pense, 1982; Richardson, 1981) e, com isso, a obtenção de séries climatológicas bem maiores de que as históricas.

Roldan & Woolhiser (1982), utilizaram a mesma distribuição para cinco locais dos Estados Unidos da América do Norte, relatando que a cadeia de Markov foi mais eficiente que as demais distribuições em relação a economia de tempo de manipulação dos parâmetros. Avaliações de ordem estatística também reconheceram que a cadeia de Markov como mais adaptada para séries de dados de 20 a 25 anos.

A cadeia de Markov de primeira ordem com a distribuição geométrica truncada, ajustada a sequência de dias com chuva e com a distribuição binomial negativa truncada, ajustada para sequências de dias sem chuva, em cinco locais dos Estados Unidos da América do Norte, concluindo que a cadeia de Markov foi superior às outras distribuições em termos de economia de tempo de computação dos parâmetros.

Segundo Souza et al. (1992) pode-se utilizar a cadeia Markov para determinar o número de dias trabalháveis com trator agrícola, modelando a umidade do solo com base na precipitação. Para previsão do número provável de dias trabalháveis em serviços rodoviários em Minas Gerais, Oliveira e Buzati (1983) também utilizaram a cadeia Markov. Virgens Filho & Cataneo (1999) utilizaram a mesma cadeia de primeira ordem em dois estados para simular a sequência de dias úmidos, considerando o valor mínimo de 0,2 mm para o dia ser

considerado úmido. Clarke (1988) apresenta descrição detalhada do modelo de Markov e cita diversas aplicações na hidrologia.

Assis (1996) empregou as distribuições Geométrica, Logarítmica e Binomial Negativa Truncada para a modelagem das probabilidades de sequências de dias sem chuva ou com chuva para Pelotas, RS e Piracicaba, SP. O autor observou que embora haja superioridade da distribuição binomial negativa truncada, a distribuição geométrica ajustou-se bem as sequências de dias secos e de dias com chuva.

Embora nas últimas décadas tenha sido noticiada a ocorrência de estiagens no estado de Santa Catarina, existem poucos estudos no sentido de caracterizar e quantificar a duração e intensidade destes eventos. Este trabalho teve como objetivo determinar a variação sazonal da ocorrência de dez dias secos no estado de Santa Catarina.

METODOLOGIA

Foram utilizados dados de precipitação diária de 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina, todas pertencentes a rede de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), (ANA, 2009). Para obter um resultado mais preciso durante a interpolação dos dados pluviométricos na região de fronteira com os dois estados vizinhos, foram utilizadas ainda 49 estações localizadas nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Foram utilizadas as séries históricas de precipitação diária do período de 1970 a 2012. Na seleção das estações foram incluídas somente as estações que apresentaram poucas falhas nos dados. Na Tabela 1 encontram-se a relação das estações pluviométricas utilizadas com os respectivos códigos, coordenadas geográfica e município onde localizam-se.

Para a modelagem da ocorrência de precipitação foi considerado a cadeia de Markov de dois estados, em que o dia é considerado seco ou chuvoso (Clarke, 1988). O critério adotado para dia ser considerado seco foi de chuva inferior a 1,0 mm (Uggioni, 2005). Neste trabalho foi utilizada a cadeia de primeira ordem, em que a probabilidade de um dia ser seco (ou chuvoso) depende somente da condição do dia anterior.

Para levar em conta a estacionariedade, os parâmetros do modelo foram ajustados por períodos mensais. Dessa forma foram determinadas as matrizes de probabilidades de transição conforme:

$$P_{00} = \frac{N_{00}}{N_{00} + N_{01}} \quad \text{equação (1)}$$

$$P_{10} = \frac{N_{10}}{N_{10} + N_{11}} \quad \text{equação (2)}$$

$$P_{01} = 1 - P_{00} \quad \text{equação (3)}$$

$$P_{11} = 1 - P_{10} \quad \text{equação (4)}$$

em que: P00 = Probabilidade de um dia ser seco, dado que o anterior também foi seco;

P10 = Probabilidade de um dia ser seco, dado que o anterior foi chuvoso;

P01 = Probabilidade de um dia ser chuvoso, dado que o anterior foi seco;

P11 = Probabilidade de um dia ser chuvoso, dado que o anterior foi chuvoso;

N10 = frequência observada da sequência de dia chuvoso seguido por dia seco;

N11 = frequência observada de sequência de dois dias chuvosos;

N00 = frequência observada da sequência de dois dias secos;

N01 = frequência observada de um dia seco seguido por dia chuvoso.

A aderência da distribuição foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5 % (Kitté, 1977).

De acordo com a distribuição geométrica (Assis, 1996) a probabilidade de uma sequência sem chuva é estimada por:

$$P[x = r] = P[01](1 - P[01])^{r-1} \quad \text{equação (5)}$$

Para a confecção dos mapas de ocorrência de chuvas, foi utilizado o software ArcGIS, utilizando-se de seus instrumentos de análises contidas em seu banco de ferramentas conhecidas como ArcToolbox (ESRI, 2013)

Tabela 1: Estações pluviométricas selecionadas para estudo de chuvas intensas de Santa Catarina.

Nº	Código	Município	Estado	Latitude S	Longitude W
1	02648014	Joinville	SC	26°19'18"	48°50'47"
2	02648020	Araquari	SC	26°33'42"	48°43'9"
3	02648027	Garuva	SC	26°02'08"	48°51'00"
4	02648028	Araquari	SC	26°26'54"	48°49'49"
5	02649002	Pomerode	SC	26°44'08"	49°10'13"
6	02649003	Benedito Novo	SC	26°46'52"	49°21'54"
7	02649004	Timbó	SC	26°49'47"	49°16'19"
8	02649005	Indaial	SC	26°54'49"	49°16'03"
9	02649007	Blumenau	SC	26°55'05"	49°03'55"
10	02649013	Corupá	SC	26°25'26"	49°17'33"
11	02649054	Itaiópolis	SC	26°31'50"	49°50'37"
12	02649055	Rio Negrinho	SC	26°25'10"	49°34'23"
13	02649056	Itaiópolis	SC	26°19'58"	49°55'38"
14	02649057	Campo Alegre	SC	26°11'11"	49°16'24"
15	02649058	Vitor Meireles	SC	26°41'51"	49°49'41"
16	02650008	Porto União	SC	26°23'02"	50°52'42"
17	02650016	Santa Cecília	SC	26°33'21"	50°36'04"
18	02650018	Canoinhas	SC	26°21'05"	50°38'44"
19	02651001	Vargem Bonita	SC	26°52'24"	51°47'47"
20	02651036	Macieira	SC	26°46'33"	51°15'46"
21	02651040	Ponte Serrada	SC	26°55'14"	51°55'41"
22	02652000	Abelardo Luz	SC	26°33'22"	52°19'51"
23	02652001	Ipumirim	SC	26°57'09"	51°55'41"
24	02652002	São Domingos	SC	26°35'01"	52°38'25"
25	02652021	Jardinópolis	SC	26°44'10"	52°54'01"
26	02652031	S. Lourenço do Oeste	SC	26°24'01"	52°53'44"
27	02653001	Campo Erê	SC	26°26'38"	53°04'55"
28	02653002	Dionísio Cerqueira	SC	26°16'09"	53°37'39"
29	02653003	Modelo	SC	26°46'31"	53°02'47"
30	02653004	Romelândia	SC	26°40'58"	53°17'12"
31	02653005	São José do Cedro	SC	26°27'54"	53°27'13"
32	02653007	Saudades	SC	26°55'44"	53°00'27"
33	02653013	Palma Sola	SC	26°21'19"	53°16'41"
34	02748000	Brusque	SC	27°06'02"	48°55'04"
35	02748001	Major Gercino	SC	27°24'51"	48°57'10"
36	02748003	Angelina	SC	27°29'21"	48°59'17"
37	02748016	Antônio Carlos	SC	27°31'01"	48°46'10"
38	02748017	Paulo Lopes	SC	27°57'22"	48°40'35"
39	02748018	São Bonifácio	SC	27°54'04"	48°55'28"
40	02748019	Gov. Celso Ramos	SC	27°19'07"	48°33'47"
41	02749000	Apiuna	SC	27°02'17"	49°23'42"
42	02749001	Ibirama	SC	27°03'14"	49°31'00"
43	02749002	Ituporanga	SC	27°23'55"	49°36'21"
44	02749003	Taió	SC	27°06'47"	49°59'40"
45	02749005	Ibirama	SC	27°02'03"	49°35'23"
46	02749006	Pouso Redondo	SC	27°15'26"	49°56'27"
47	02749007	Alfredo Wagner	SC	27°43'50"	49°22'58"
48	02749012	Anitápolis	SC	27°59'47"	49°06'53"
49	02749013	Trombudo Central	SC	27°17'25"	49°46'08"
50	02749015	Major Gercino	SC	27°23'50"	49°58'48"
51	02749016	Apiuna	SC	27°02'25"	49°22'53"
52	02749017	Ituporanga	SC	27°30'07"	49°33'11"
53	02749020	Rancho Queimado	SC	27°40'21"	49°00'22"
54	02749027	Anitápolis	SC	27°54'43"	49°07'55"

Tabela 1: Continuação...

55	02749031	Lages	SC	27°48'15"	49°46'48"
56	02749033	Vidal Ramos	SC	27°23'33"	49°21'56"
57	02749034	Leoberto Leal	SC	27°30'27"	49°17'15"
58	02749037	Alfredo Wagner	SC	27°41'00"	49°21'55"
59	02749039	Rio do Sul	SC	27°12'20"	49°37'54"
60	02750001	Campo Belo do Sul	SC	27°53'56"	50°45'13"
61	02750007	Lages	SC	27°55'20"	50°05'57"
62	02750008	São José do Cerrito	SC	27°32'30"	50°51'25"
63	02750009	Curitibanos	SC	27°20'02"	50°45'12"
64	02750010	Curitibanos	SC	27°09'40"	50°28'08"
65	02750012	Curitibanos	SC	27°20'43"	50°26'09"
66	02750014	Taió	SC	27°05'50"	50°02'02"
67	02750020	São José do Cerrito	SC	27°39'38"	50°34'59"
68	02751001	Anita Garibaldi	SC	27°41'32"	51°07'46"
69	02751004	Joaçaba	SC	27°10'18"	51°30'01"
70	02751012	Capinzal	SC	27°20'32"	51°36'30"
71	02752005	Concórdia	SC	27°18'52"	51°59'36"
72	02753006	Palmitos	SC	27°03'52"	53°09'25"
73	02753013	Mondaí	SC	27°00'05"	53°31'32"
74	02848000	Armazém	SC	28°15'40"	49°00'44"
75	02848006	São Martinho	SC	28°06'17"	48°55'07"
76	02848007	Imbituba	SC	28°16'52"	48°42'08"
77	02849000	Tubarão	SC	28°25'10"	49°06'24"
78	02849001	Orleans	SC	28°21'32"	49°17'42"
79	02849002	São Ludgero	SC	28°19'33"	49°10'45"
80	02849004	Araranguá	SC	28°57'30"	49°36'05"
81	02849006	Forquilha	SC	28°45'02"	49°28'23"
82	02849008	Grão Pará	SC	28°12'34"	49°11'42"
83	02849009	Bom Jardim da Serra	SC	28°20'23"	49°37'17"
84	02849019	Timbé do Sul	SC	28°50'06"	49°50'16"
85	02849020	Jaguaruna	SC	28°36'24"	49°01'59"
86	02849021	Urubici	SC	27°59'19"	49°34'39"
87	02849022	Içara	SC	28°43'18"	49°18'12"
88	02849023	Bom Jardim da Serra	SC	28°22'09"	49°48'28"
89	02849024	Meleiro	SC	28°51'13"	49°35'23"
90	02850004	Lages	SC	28°09'08"	50°26'27"
91	02949001	Praia Grande	SC	29°11'45"	49°57'48"
92	02949003	Sombrio	SC	29°02'45"	49°36'24"
93	02548020	Guaratuba	PR	25°58'60"	48°52'60"
95	02549076	Campo do Tenente	PR	25°58'60"	49°40'60"
96	02548053	Guaratuba	PR	25°52'60"	48°34'60"
97	02550005	Mallet	PR	25°57' 8"	50°40'45"
98	02550017	São Mateus do Sul	PR	25°56'60"	50°34' 0"
99	02550020	Antônio Olinto	PR	25°56'60"	50°0 0"
100	02649006	Rio Negro	PR	26°6'0"	49°47'60"
101	02649021	Rio Negro	PR	26° 9' 17"	49°22'50"
102	02650005	São Mateus do Sul	PR	26°6' 0"	49°47'60"
103	02650006	São Mateus do Sul	PR	26°4'60"	50°19'0"
104	02651000	União da Vitória	PR	26°1'9"	50°35' 33"
105	02651003	General Carneiro	PR	26°13'41"	51°4' 49"
106	02651004	Porto Vitória	PR	26°23'12"	51°16'19"
107	02651005	União da Vitória	PR	26° 10' 0"	51° 13' 0"
108	02651010	General Carneiro	PR	26°1' 50"	51°8' 31"
109	02651013	Bituruna	PR	26°37'59"	51°19'59"
110	02651016	União da Vitória	PR	26°11'26"	51°17'52"

Tabela 1: Continuação

111	02651020	Bituruna	PR	26°3' 0"	51°12' 0"
112	02651023	Bituruna	PR	26°8' 60"	51°23' 60"
113	02651026	General Carneiro	PR	26°7' 0"	51°34' 0"
114	02651029	Palmas	PR	26°28' 47"	51°25' 41"
115	02651031	Palmas	PR	26°25' 60"	51°34' 0"
116	02651035	Palmas	PR	26°16' 0"	51°53' 60"
117	02651043	Palmas	PR	26°22' 0"	51°52' 0"
118	02652007	Coronel Vivida	PR	26°28' 60"	51°58' 60"
119	02652009	Pato Branco	PR	26°1' 46"	52°37' 42"
120	02652010	Palmas	PR	26°3' 2"	52°48' 3"
121	02652011	Mariópolis	PR	26°28' 60"	52°0' 0"
122	02652012	Vitorino	PR	26°21' 0"	52°34' 0"
123	02652013	Pato Branco	PR	26°16' 0"	52°47' 60"
124	02652015	Clevalândia	PR	26°13' 60"	52°40' 60"
125	02652022	Mangueirinha	PR	26°16' 41"	52°17' 6"
126	02652025	Vitorino	PR	26°7' 0"	52°25' 60"
127	02653009	Santo Antônio do Sudoeste	PR	26°19' 0"	52°43' 0"
128	02653020	Salgado Filho	PR	26°4' 0"	53°43' 48"
129	02653021	Barracão	PR	26°10' 0"	53°22' 60"
130	02653023	Flor da Serra do Sul	PR	26°13' 0"	53°28' 60"
131	02751006	Paim Filho	RS	27°42' 5"	51°44' 16"
132	02751008	Maximiliano de Almeida	RS	27°39' 5"	51°44' 3"
133	02751015	Barracão	RS	27°40' 3"	51°27' 17"
134	02751018	Marcelino Ramos	RS	27°27' 53"	51°54' 11"
135	02752017	Itatiba do Sul	RS	27°23' 20"	52°27' 16"
136	02752021	Gaurama	RS	27°35' 14"	52°5' 36"
137	02753002	Frederico Westphalen	RS	27°21' 0"	53°23' 60"
138	02753019	Iraí	RS	27°11' 20"	53°15' 12"
139	02850006	Bom Jesus	RS	28°26' 58"	50°17' 47"
140	02851043	Esmeralda	RS	28°3' 33"	51°11' 17"
141	02950038	Terra de Areia	RS	29°35' 28"	50°2' 1"

RESULTADOS OBTIDOS

Para as sequências de dias secos (P_{00}) os valores de D_{\max} foram inferiores a 0,15, sendo que na grande maioria esses valores foram inferiores a 0,10 (10%) (Figura 1). Com exceção dos meses de agosto e setembro, a maioria das estações apresentou D_{\max} inferior a 0,05 (5%). Todos os valores de D_{\max} foram inferiores ao valor crítico ao nível de significância de 5 %. Na Figura 2 constam os box-plots dos valores de D_{\max} para a sequência de dias chuvosos, onde também foi observado que os valores foram inferiores ao valor crítico do teste Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5 %. Essa constatação reforça que a distribuição geométrica pode ser usada na estimativa das probabilidades de sequências de dias secos consecutivos.

Nas figuras 3 e 4 estão os mapas com os valores de probabilidade de ocorrência de até 10 dias secos para cada um dos meses. Observa-se que existe uma variação espacial e sazonal dessas probabilidades. Na região da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Norte Catarinense (litoral), nos seis meses que compõem as estações primavera - verão, a probabilidade de ocorrência de 10 dias secos é 98,7% (Figura 3), com apenas 1,3% de probabilidade de ocorrer mais de dez dias secos. Para o período mais frio, entre as estações outono - inverno, as probabilidades do referido período sem chuva são de 86%, subindo para 14% a probabilidade do período seco ser superior a dez dias. Na região do planalto Norte a probabilidade de ocorrência de 10 dias consecutivos secos altera para 80%, aumentando a probabilidade de ocorrer mais de 10 dias secos para 20%.

Na região do Oeste Catarinense e Serrana, registra-se a probabilidade de 92% para o período primavera - verão, na época de clima mais frio, outono inverno a probabilidade de ocorrerem 10 dias sem chuva é de 87%, aumento para 13% a probabilidade do período seco ser superior a dez, em relação a primavera - verão.

Para região do Sul Catarinense, registra-se a probabilidade de 95% para o período sem chuvas discutidos anteriormente durante a primavera – verão, na época de clima mais frio, outono inverno a probabilidade de ocorrerem 10 dias sem chuva é de 85% (Figura 3 e 4).

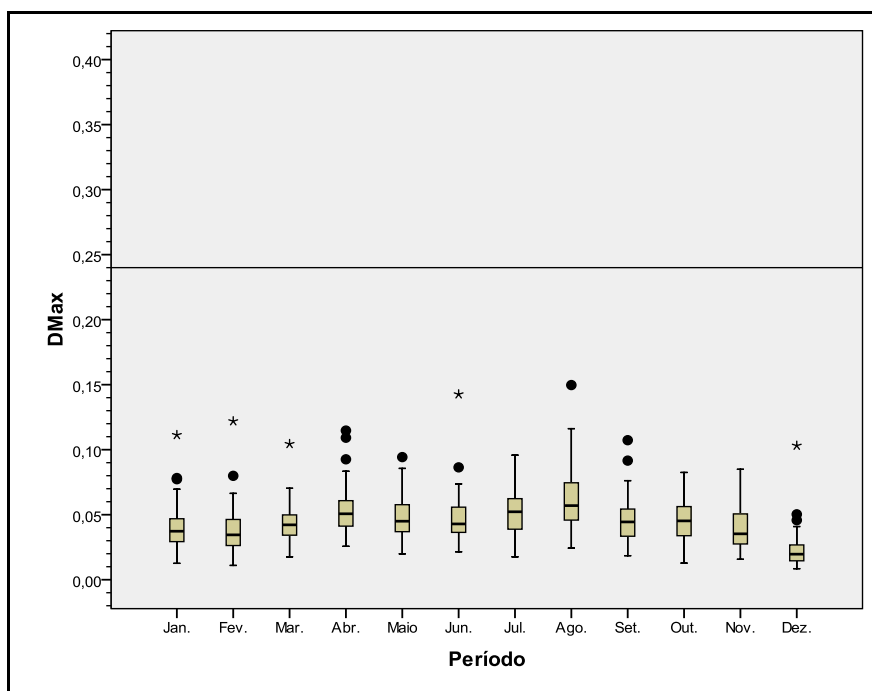


Figura 1: Box-Plots dos valores de D_{\max} do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência das sequências de dias secos consecutivos (P00) a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.

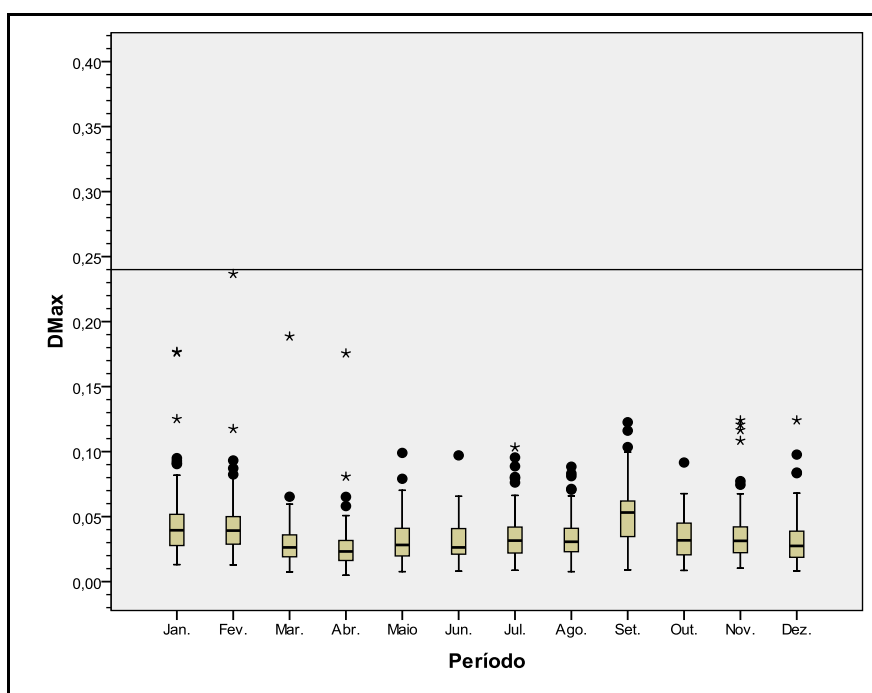


Figura 2: Box-Plots dos valores de D_{\max} do teste de Kolmogorov-Smirnov para aderência das sequências de dias chuvosos consecutivos (P11) a distribuição geométrica das estações pluviométricas de Santa Catarina.

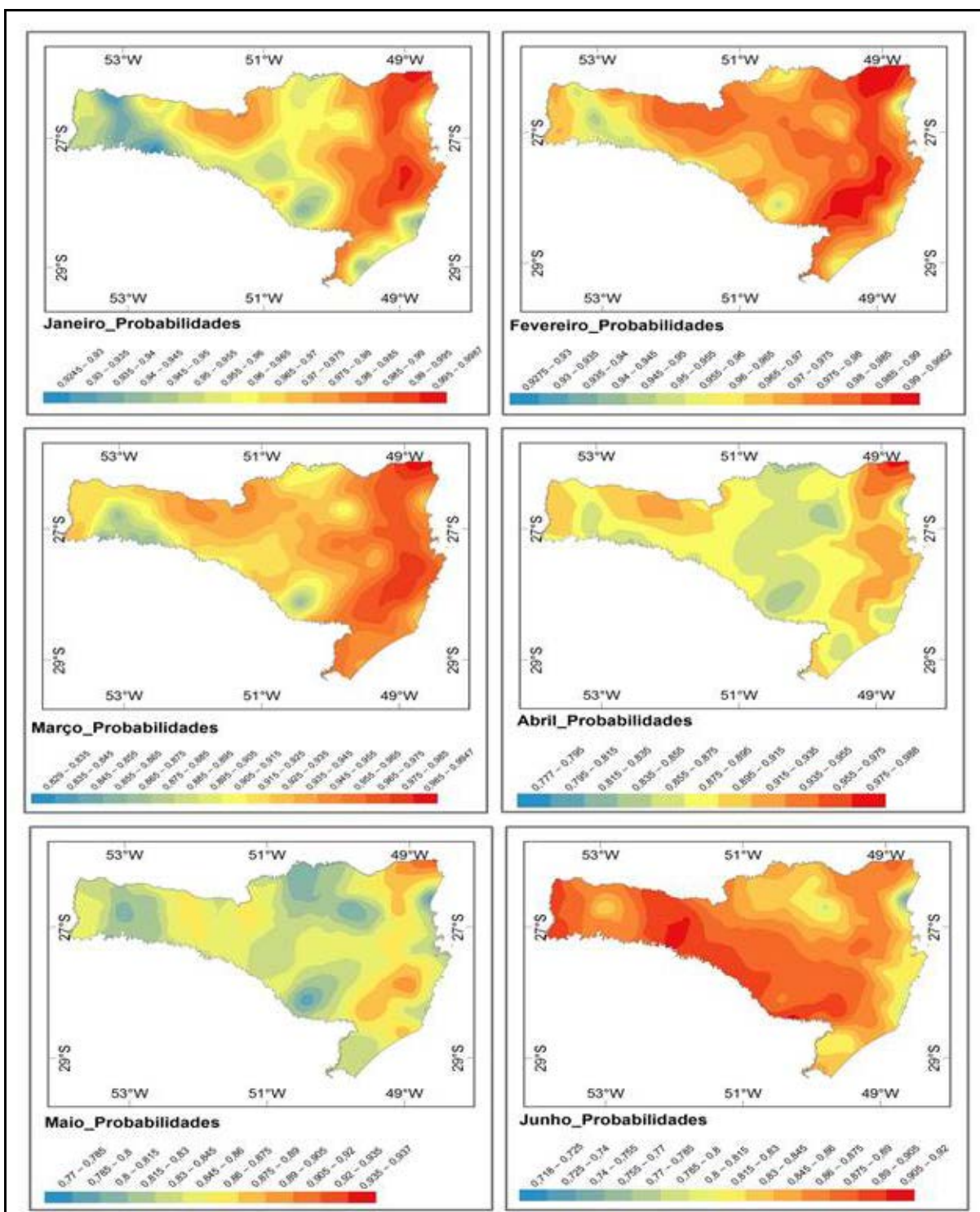


Figura 3. Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses janeiro a junho.

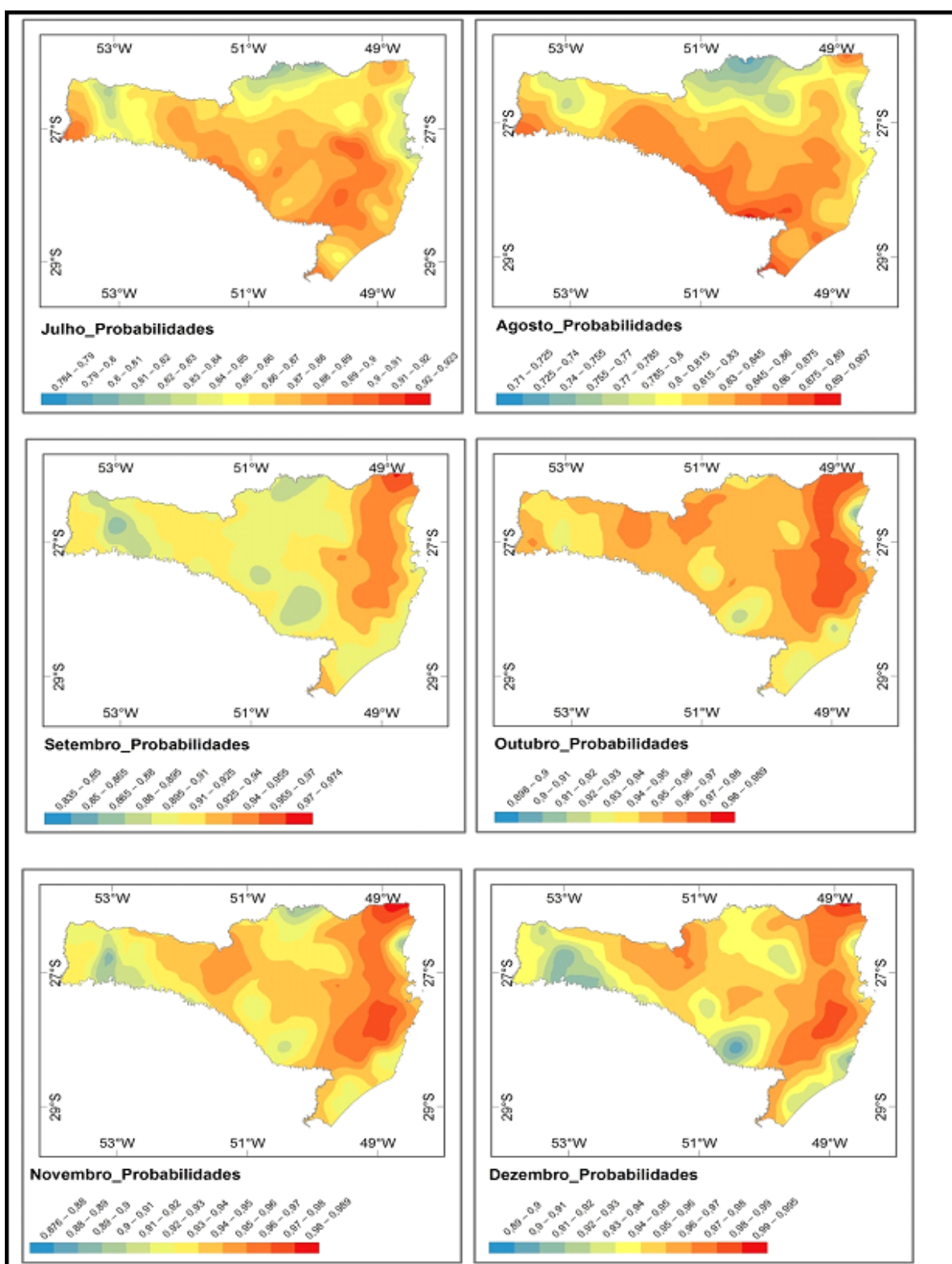


Figura 4: Probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos para o período compreendido entre os meses julho a dezembro.

Essa variação sazonal e espacial está coerente com os mecanismos responsáveis pela precipitação em Santa Catarina. Analisando a precipitação total anual no estado, Orselli (1991) ressalta que os menores valores observados no litoral sul de Santa Catarina, refletem a atuação de corrente fria das Malvinas e as modificações locais da circulação atmosférica, determinadas pela passagem livre de ventos vindos do oceano, que na sua rota do mar até as encostas da Serra Geral, perdem umidade. Segundo Monteiro e Furtado (1995) no litoral centro-norte os valores pluviométricos mostram-se relativamente mais elevados. Particularmente, esta região sofre influência direta na Massa Tropical Marítima, fato que pode ser explicado pela forma de relevo adquirido, voltado para a direção da fluência dos ventos originários da Massa Tropical Marítima. Com seu anticiclone localizado na região sudeste do Brasil, os ventos que se originam desta, fluem do nordeste, na região centro-norte catarinense. A variação sazonal e espacial das probabilidades de ocorrência de dias secos deve-se em parte às frequências de ocorrências das frentes frias que avançam no território catarinense, e também a ocorrências de processos convectivos no estado.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises dos dados das 92 estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina pode-se concluir que:

A distribuição geométrica se mostrou adequada para a estimativa das probabilidades de sequências de dias secos consecutivos;

Existe uma acentuada variação sazonal e espacial das probabilidades de ocorrência de período de dez dias secos no estado de Santa Catarina;

A elaboração de mapas para o estado de Santa Catarina prevendo a probabilidade de ocorrência de dias secos se torna útil no planejamento de atividades que necessitam da ausência de chuva e também no dimensionamento de estruturas de armazenamento das águas pluviais;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Inventário das estações pluviométricas. Brasília: ANA – SGH, 2009. 332 p.
2. AMIR, I.; ARNOL, J. B.; BILANSKI, W. K. A procedure for determining probabilities of dry and wet days. Canadian Agricultural Engineering, Ottawa, n. 19, p. 2-5, 1977.
3. ASSIS, F. N. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas. Ed Universitária. 1996.161p.
4. CLARKE, R. T. Markov chains: applications to modeling of daily rainfall. In _____. Stochastic process for water scientist: developments and applications. Chi Chester: John Wiley, 1988. 183p.
5. ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2013.
6. FERNANDES, H. C.; HAMAKAWA, P. J.; LANÇAS, K. P. Metodologia e cálculo dos dias trabalháveis com máquinas florestais na região de Botucatu, SP. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.22, n.1, p.68-74. 2002.
7. KITE, G. W. Frequency and risk analyses in Hydrology. Water Resources Publications for Collins, 224p. 1977.
8. LARSEN, G. A.; PENSE, R. B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. Agronomy Journal, Madison, n. 74, p. 510-514, 1982.
9. MILDE, L. C. E. Estudo de precipitação diária: regimes pluviométricos e modelos de distribuição para a região cacaueira do sudeste da Bahia. 1983. 89p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
10. MONTEIRO, C. A. F. Clima In Grande Região Sul. v.IV. Rio de Janeiro: FIBGE, 1968. p. 117-158.
11. MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. A.. O Clima do trecho de Florianópolis-Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. In: _____. GEOSUL, n. 19/20, ano 10, 1º e 2º semestre de 1995.
12. OLIVEIRA, J. A. F.; BUZATI, D. J. Previsão do número provável de dias trabalháveis em serviços rodoviários em Minas Gerais. Belo Horizonte: Departamento de Estradas e Rodagem (DER), p.149-167, 1983.

13. ORSELLI, L. Clima. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento, 1991, 96p.
14. RICHARDSON, C. W. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. Water Resources Research, Washington, v. 17, n. 1, p. 182-190, 1981
15. ROBERTSON, G. W. Dry and wet spells. Malaysia: Project Field Report, 1976. 28p.
16. ROLDAN, J. WOOLHISER, D. A.; Stochastic Dily Precipita Models, 2. A Comparison of Distributions of Amounts. Water Resources Research, 1982 1461p.
17. SILVA, J. B.; ARAUJO, M. I. M.; ANDRADE, A. M. P. A. Probabilidade de ocorrência de veranicos na baixada campista. Saneamento, Rio de Janeiro, n. 51, p. 26-33, 1977.
18. SOUZA, A.; OLIVEIRA, C. R.; LAURETTO, M. Modelo para estimar o número de dias trabalháveis com tratores agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1992, São Paulo, SP.
19. STERN, R. D.; COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. Agricultural Meteorology, Amsterdam, n. 26, p. 35-50, 1982.
20. UGGIONI, A. B. Utilização da modelagem matemática no planejamento ambiental no litoral sul de Santa Catarina. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma.
21. VIRGENS FILHO, J. S.; CATANEO, A. Modelo computacional para simulação da radiação solar global diária. Energia na Agricultura, v. 14, n. 2, p. 24-36, 1999.
22. WILLIAMS, C.C. Sequences of wet and dry days considered in relation to the logarithmic series. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, London, v.78, p.91-96, 1952.
23. WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrências de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. Pesq. Agropecuária Brasileira, Brasília, v.12, p.141-150, 1977.