

ANÁLISE TEMPORAL DO COMPORTAMENTO DAS CHUVAS NA BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA

Daniel Pazini PEZENTE¹

¹Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC, daniel.pezente@satc.edu.br

RESUMO

Conhecer o comportamento e a distribuição das chuvas ao longo do tempo é fator determinante para estudos climáticos, sendo uma informação que auxilia nos monitoramentos hídricos bem como permite correlacionar dados em estudos ambientais. Com este trabalho objetivou-se analisar a distribuição temporal e a tendência da precipitação pluvial na bacia carbonífera de Santa Catarina, através de uma comparação anual e mensal, considerando dados de seções pluviométricas históricas (1950 – 2016) da estação meteorológica de Urussanga – SC, situada na porção central da bacia carbonífera, disponibilizados pela EPAGRI/CIRAM, a fim de servir de base para estudos hidrológicos de cunho ambiental. O estudo foi baseado em métodos estatísticos de regressão linear, medidas de tendência central e de dispersão dos índices pluviométricos. As variações nas precipitações refletem claramente a dinâmica atmosférica atuante na região, sendo que os dados brutos revelam uma precipitação média histórica, dos últimos 67 anos, com índice anual de 1.655,20 milímetros, e, conforme a análise de correlação, as normais mensais de chuva na bacia carbonífera catarinense tem uma relação direta com a sazonalidade térmica e com a presença de massas de ar, onde coincide a maior pluviometria com os meses mais quentes, dezembro à março, e a atuação de massas de ar com centros de origens tropicais e equatoriais, e os menores índices pluviométricos centram-se entre os meses de maio e agosto, influenciadas pela passagem da frente polar atlântica e da massa polar atlântica. A análise de tendência evidencia um discreto aumento do total anual de chuvas acumuladas.

Palavras-chave: Precipitação, Variação pluvial, Bacia carbonífera, Estudos climáticos.

ABSTRACT

Knowing the behavior and the distribution of rainfall over time is a determining factor for climatic studies, being an information that assists in water monitoring as well as allows correlating data in environmental studies. This work aimed to analyze the temporal distribution and the trend of rainfall in the Santa Catarina coalfield, through an annual and monthly comparison, considering data from historical pluviometric sections (1950 - 2016) of the Urussanga - SC meteorological station, located in the central portion of the coalfield, made available by EPAGRI/CIRAM, in order to serve as a basis for hydrological studies of an environmental nature. The study was based on statistical methods of linear regression, measures of central tendency and dispersion of the pluviometric indices. The regular monthly rainfall variations reflect the atmospheric dynamics in the region, and the data show a historical mean precipitation of the last 67 years, with an annual index of 1,655.20 millimeters and according to the correlation analysis, the usual monthly Rainfall in the Santa Catarina coalfield has a direct relationship with the thermal seasonality and with the presence of air masses, where the highest rainfall coincides with the hottest months, from December to March, and the air masses with the centers of tropical origins and Equatorial, and the lowest rainfall indexes are centered between the months of May and August, influenced by the passage of the Atlantic polar front and the Atlantic polar mass. The trend analysis shows a slight increase in the total annual accumulated rainfall.

Key-Words: Precipitation, Rainfall, Carboniferous basin, Climatic studies.

1 INTRODUÇÃO

A análise do comportamento da chuva tem grande importância, não somente sobre o enfoque climático, mas também em relação as consequências que pode ocasionar, tanto para os setores produtivos da sociedade quanto para o setor ambiental, quando não ocorridas ou quando em excesso.

A bacia carbonífera de Santa Catarina está inserida no enquadramento climático da região sul do estado. Segundo o sistema de classificação global dos tipos climáticos, proposto por Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MC MAHON, 2007), o sul catarinense possui clima mesotérmico (C), úmido em

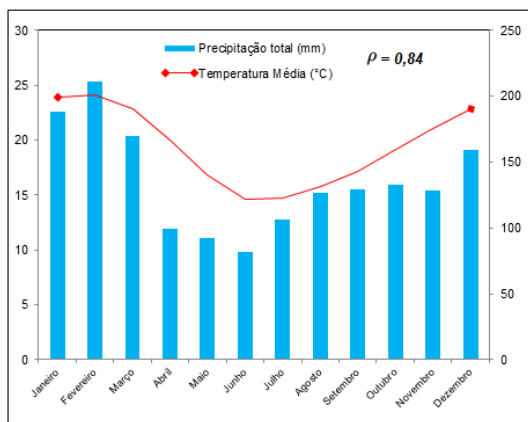
todas as estações (f) e com verões quentes (a), ou seja, “Cfa”.

De acordo com o Atlas Climático da Região Sul do Brasil (EMBRAPA, 2011), toda a região sul do país possui uniformidade nas precipitações, atribuídas a ampla distribuição espacial dos sistemas de circulação atmosférica, durante todos os meses do ano. A classificação climática da região sul catarinense é influenciada pela circulação do ar, que é comandada por dois centros de ação: o anticiclone tropical e o anticiclone polar, ambos situados sobre o Atlântico, nas regiões tropicais e subtropicais, respectivamente. Segundo Monteiro (2007), nestes centros de alta pressão têm origem as massas de ar polar Atlântica (mPa) e Tropical atlântica (mTa).

O conhecimento da distribuição espacial das principais variáveis climáticas, com destaque à pluviometria, é de considerável relevância para os mais variados fins, tais como o planejamento das atividades minerárias e ações de preservação ambiental, que são atividades com ações significativas na bacia carbonífera catarinense, pois permite a avaliação da disponibilidade hídrica da região bem como a correlação com diversas temáticas ambientais e industriais.

O presente trabalho enfoca exclusivamente a pluviometria, pois a área de estudo, a bacia carbonífera de Santa Catarina localizada no extremo sul catarinense, se trata de uma região de clima subtropical úmido onde a variabilidade climática estacional influencia diretamente sobre a precipitação (EMBRAPA, 2011), destacando a correlação positiva entre as condições de temperaturas e precipitação (Figura 01).

Figura 01: Climograma para o sul catarinense, baseado nos dados da Normal Climática do estado, com correlação positiva entre a precipitação e a temperatura.



Fonte: EMBRAPA, 2011.

A grande maioria dos estudos sobre precipitações utiliza a linha de tendência como

método geral para elencar a pluviometria em longos períodos de tempo, para que, desta forma, se possa analisar a variabilidade real dos valores médios (HURST, 1950, apud MEIS et al., 1981; LEOPOLD et al., 1964; MEIS et al., 1981, FIGUEIRÓ & COELHO NETTO, 2004). Monteiro (1981) ressaltou a importância do uso de uma abordagem rítmica nos estudos climáticos, na qual, indicaria a ocorrência de dias, meses e anos de comportamentos semelhantes.

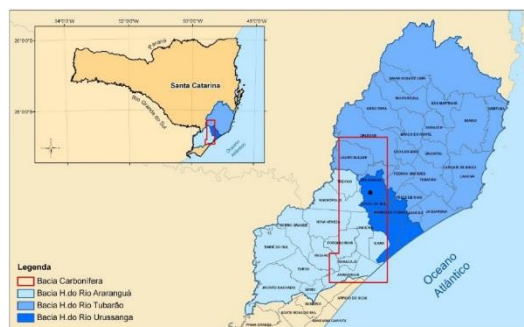
Este trabalho objetiva realizar uma análise do comportamento das chuvas na região carbonífera de Santa Catarina, ao longo de 67 anos, utilizando dados mensais e anuais, se caracterizando como um ponto inicial para análises de variação climática na bacia carbonífera.

2 ÁREA DE ESTUDO

A bacia carbonífera está localizada na região sul de Santa Catarina, correspondendo a cerca de 10% da área total do estado. É a maior reserva de carvão mineral do país, intensamente minerada nas últimas décadas, com um comprimento maior que 85km e largura que varia entre 2 e 20km (Figura 02) (CETEM, 2011).

O município de Urussanga – SC, onde localiza-se a estação meteorológica que forneceu dados a este trabalho, localiza-se nas coordenadas UTM E 664.201 / N 6.843.046, com uma altitude média de 49 metros em relação ao nível do mar, sendo centralizada em uma das às principais zonas de mineração de carvão da Bacia Carbonífera (nas proximidades se situam as cidades de Lauro Muller, Siderópolis e Criciúma).

Figura 02: Bacia carbonífera de Santa Catarina, com um ponto em destaque ao município de Urussanga.



Fonte: Adaptado da Justiça Federal (2013).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram coletados dados de precipitação da Estação Experimental da EPAGRI, no município de Urussanga – SC. Utilizou-se dos totais mensais e anuais, das médias e dos valores máximos e mínimos absolutos da série histórica de 1950 – 2016 fornecidos pela Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI e pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Para análise dos dados, confecção de tabelas e gráficos com os dados mensais e anuais foi utilizado o programa Microsoft Excel, com a caracterização de parâmetros estatísticos, como média climatológica, mediana, desvio padrão, variação percentual, máximas e mínimas absolutas (MEDEIROS, 2013).

Foram feitas análises da precipitação ao longo do tempo possibilitando, de acordo com Meis et. al. (1981), verificar o seu comportamento geral, seu padrão habitual e extremo, através da análise de frequência das distribuições totais anuais e mensais das chuvas com a elaboração de tabelas e gráficos.

Utilizou-se a escala proposta por Meis et. al. (1981), empregada por Xavier e Dornelas (2005), definindo que os valores anuais que mais se aproximaram do valor médio foram definidos como intermediários, já os valores que se afastaram da

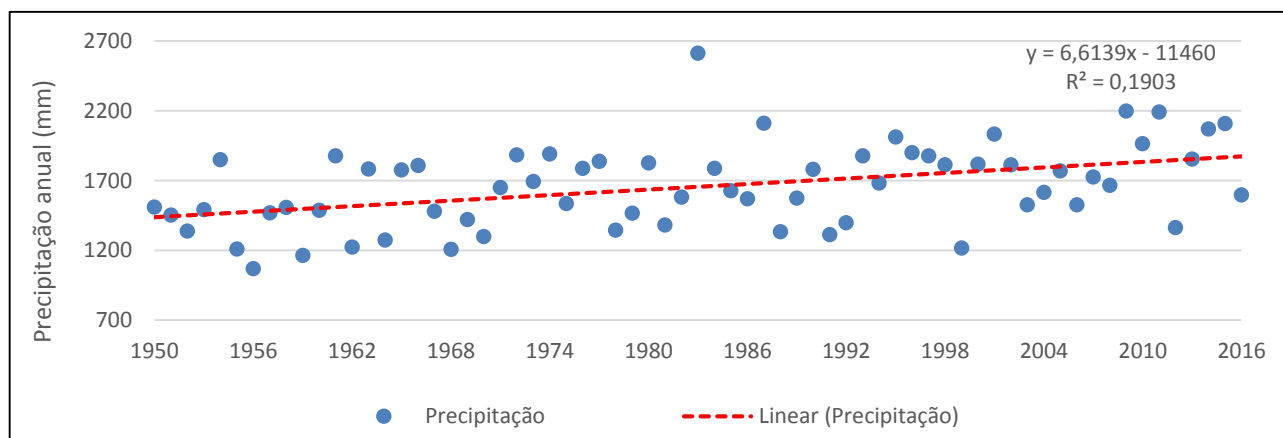
média foram considerados representativos, caracterizando os anos como secos ou chuvosos. A escala de variação utilizada foi de 25% em relação à média, sendo que os meses que tiveram chuvas acima deste limite foram considerados chuvosos e o inverso foram considerados secos.

Para este estudo foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão, onde foi possível verificar analiticamente os parâmetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos valores pluviais dos totais anuais, com base nos dados da série histórica de 1950 a 2016 registradas, e as variações acentuadas de precipitações são apresentados na figura 03. A análise da distribuição das chuvas na região carbonífera demonstrou ligeira tendência ao aumento do total anual de chuvas ao longo dos 67 anos, conforme linha de tendência central.

Figura 03: Distribuição da precipitação anual na estação de Urussanga entre 1950 e 2016, com destaque à média histórica e a linha de tendência.



Fonte: O autor.

Os índices de precipitação entre 1400mm e 1900mm foram mais frequentes, ocorrendo em 41 dos 67 anos de dados amostrados, ou seja, em 61,19% do tempo. Entretanto, outros dois índices ocorreram, porém, registraram diferenças pequenas de ocorrências: o índice de chuvas menor que 1400mm anuais, que ocorreu em 15 anos do total (22,39%), e o índice de chuvas acima de 1900mm,

que esteve presente em 11 anos do total monitorado (16,42%).

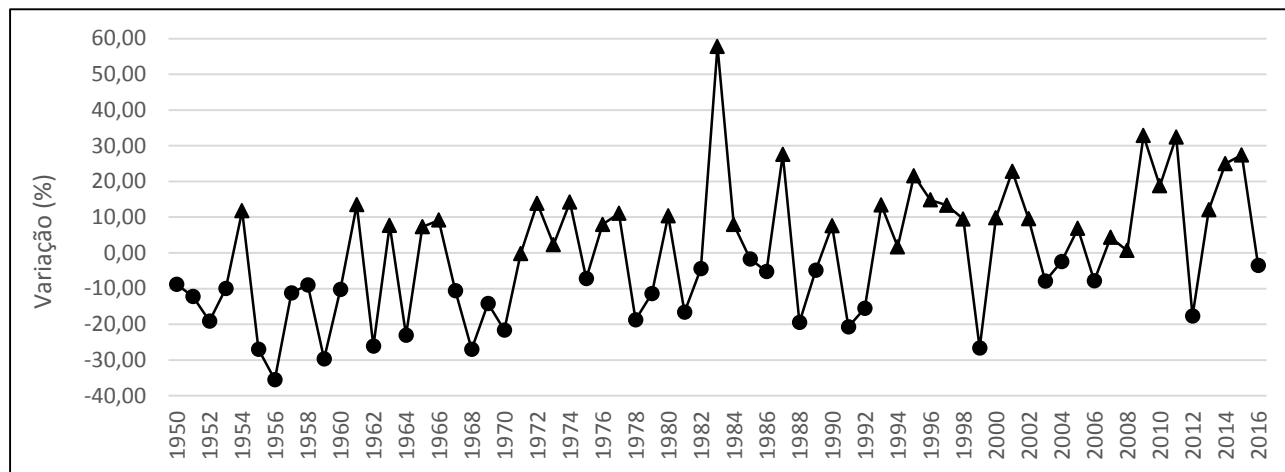
Os maiores valores registrados de índices pluviométricos, na região estudada, para a série de 67 anos de dados, ocorreram nos anos de 1983 com 2.611,80mm, em 2009 com 2.199,00mm, em 2011 com 2.191,70mm, em 2014 com 2.069,20mm e em 2015 com 2.108,80mm. Os menores índices pluviométricos registrados foram nos anos de 1955 com 1.209,10mm, em 1956 com 1.067,00mm, em 1959 com 1.163,40mm, em 1968 com 1.208,00mm,

em 1970 com 1.298,3mm e em 1999 com 1.215,10mm.

A precipitação média anual nestes 67 anos foi de 1.655,20mm, e a mediana encontrada foi

1.650,80mm, evidenciando a baixa variabilidade da normal nas ocorrências de chuvas anuais (figura 04).

Figura 04: Variabilidade da precipitação anual em relação à média. Os desvios positivos estão representados por triângulos e os negativos por círculos.



Fonte: O autor.

A variabilidade também foi expressa através da caracterização do ano em seco, chuvoso ou normal, de acordo com o desvio em relação à média (Tabela 01), conforme escala proposta por Meiset al. (1981) empregada por Xavier e Dornelas (2005), sendo que no total dos 67 anos, 55 deles foram considerados normais, 6 considerados secos e 6 considerados chuvosos.

Em todas as décadas analisadas prevaleceram os anos normais, porém algumas tiveram ocorrências de anos com condições extremas. Na primeira década da série (1950 – 1960), ocorreu 3 eventos de anos secos e nenhuma ocorrência de excesso de chuvas. A segunda década (1961 – 1970), seguiu este mesmo padrão, com 2 anos muito seco e nenhum ano chuvoso. A terceira década (1971 – 1980) as chuvas se mantiveram dentro da normal pluviométrica esperada. A quarta década (1981 – 1990) ocorreu 2 anos considerados muito chuvosos e nenhum evento de seca. Na quinta década (1991 – 2000) ocorreu apenas uma avaria, com 1 ano considerado seco. No decorrer da sexta década (2001 – 2010) e nos anos finais de monitoramento de dados (2011 – 2016) houve a ocorrência de mais eventos de chuvas, sendo que foram observados 4 anos chuvosos, onde em 2009

as chuvas ultrapassaram os 540mm da média esperada para o ano.

A análise da série histórica dos dados pluviométricos da estação experimental de Urussanga, no período de 1950 – 2016 permitiu, também, identificar alguns padrões de comportamento em relação aos meses mais chuvosos e aos mais secos. Em toda a série amostral de 67 anos, os meses com maiores ocorrências de secas, com precipitação inferior à 80mm, foram maio, junho, julho e agosto, evidenciando uma estação menos chuvosa de 4 meses. O período do ano de maior ocorrência de eventos chuvosos, com precipitações superiores à 200mm, ocorrem nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, também evidenciando 4 meses de excessos hídricos na região carbonífera.

Assim, ao correlacionar a ocorrência de eventos extremos com a média mensal do período (1950 – 2016), evidencia-se uma correlação positiva (Figura 05) em relação ao número de meses em que ocorreram máximas precipitações, em 67 anos, em comparação com a média mensal encontrada. Da mesma forma, uma correlação negativa (Figura 06) em relação à ocorrência de eventos de baixa pluviometria durante todo o período monitorado. Evidenciando os meses de abril a agosto como de menos ocorrência de chuvas.

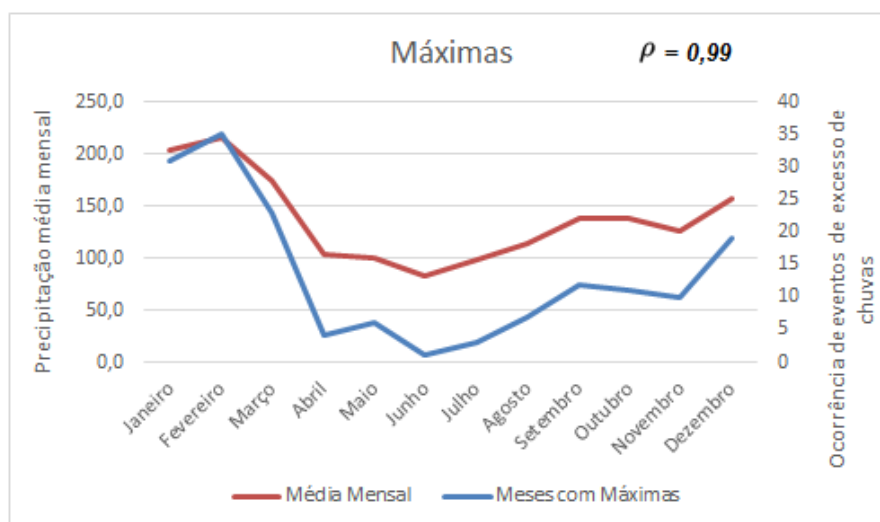
Tabela 01: Classificação dos anos monitorados, conforme a variação da normal pluviométrica.

Ano	Precipitação Observada (mm)	Média (mm)	Desvio em mm	Desvio em %	Caraterização
1950	1510,2	1655,2	145,0	8,76	Normal
1951	1453,2	1655,2	202,0	12,20	Normal
1952	1338,6	1655,2	316,6	19,13	Normal
1953	1490,9	1655,2	164,3	9,93	Normal
1954	1850,1	1655,2	194,9	11,78	Normal
1955	1209,1	1655,2	446,1	26,95	Seco
1956	1067,0	1655,2	588,2	35,54	Seco
1957	1469,2	1655,2	186,0	11,24	Normal
1958	1507,2	1655,2	148,0	8,94	Normal
1959	1163,4	1655,2	491,8	29,71	Seco
1960	1486,5	1655,2	168,7	10,19	Normal
1961	1878,1	1655,2	222,9	13,47	Normal
1962	1223,0	1655,2	432,2	26,11	Seco
1963	1782,6	1655,2	127,4	7,70	Normal
1964	1273,1	1655,2	382,1	23,08	Normal
1965	1776,1	1655,2	120,9	7,30	Normal
1966	1807,1	1655,2	151,9	9,18	Normal
1967	1480,3	1655,2	174,9	10,57	Normal
1968	1208,0	1655,2	447,2	27,02	Seco
1969	1420,1	1655,2	235,1	14,20	Normal
1970	1298,3	1655,2	356,9	21,56	Normal
1971	1650,8	1655,2	4,4	0,27	Normal
1972	1885,1	1655,2	229,9	13,89	Normal
1973	1693,4	1655,2	38,2	2,31	Normal
1974	1890,3	1655,2	235,1	14,20	Normal
1975	1536,1	1655,2	119,1	7,20	Normal
1976	1787,0	1655,2	131,8	7,96	Normal
1977	1838,0	1655,2	182,8	11,04	Normal
1978	1345,6	1655,2	309,6	18,70	Normal
1979	1467,4	1655,2	187,8	11,35	Normal
1980	1827,2	1655,2	172,0	10,39	Normal
1981	1381,0	1655,2	274,2	16,57	Normal
1982	1581,8	1655,2	73,4	4,43	Normal
1983	2611,8	1655,2	956,6	57,79	Chuvoso
1984	1786,5	1655,2	131,3	7,93	Normal
1985	1626,9	1655,2	28,3	1,71	Normal
1986	1568,5	1655,2	86,7	5,24	Normal
1987	2110,9	1655,2	455,7	27,53	Chuvoso
1988	1332,7	1655,2	322,5	19,48	Normal
1989	1575,2	1655,2	80,0	4,83	Normal
1990	1781,3	1655,2	126,1	7,62	Normal
1991	1312,9	1655,2	342,3	20,68	Normal
1992	1398,2	1655,2	257,0	15,53	Normal
1993	1876,6	1655,2	221,4	13,38	Normal
1994	1682,8	1655,2	27,6	1,67	Normal
1995	2012,4	1655,2	357,2	21,58	Normal
1996	1900,7	1655,2	245,5	14,83	Normal
1997	1876,0	1655,2	220,8	13,34	Normal
1998	1811,9	1655,2	156,7	9,47	Normal
1999	1215,1	1655,2	440,1	26,59	Seco
2000	1818,4	1655,2	163,2	9,86	Normal
2001	2033,0	1655,2	377,8	22,83	Normal
2002	1812,7	1655,2	157,5	9,52	Normal
2003	1525,1	1655,2	130,1	7,86	Normal

2004	1614,5	1655,2	40,7	2,46	Normal
2005	1768,3	1655,2	113,1	6,83	Normal
2006	1525,7	1655,2	129,5	7,82	Normal
2007	1726,7	1655,2	71,5	4,32	Normal
2008	1666,3	1655,2	11,1	0,67	Normal
2009	2199,0	1655,2	543,8	32,85	Chuvoso
2010	1965,4	1655,2	310,2	18,74	Normal
2011	2191,7	1655,2	536,5	32,41	Chuvoso
2012	1363,4	1655,2	291,8	17,63	Normal
2013	1855,1	1655,2	199,9	12,08	Normal
2014	2069,2	1655,2	414,0	25,01	Chuvoso
2015	2108,8	1655,2	453,6	27,40	Chuvoso
2016	1596,6	1655,2	58,6	3,54	Normal

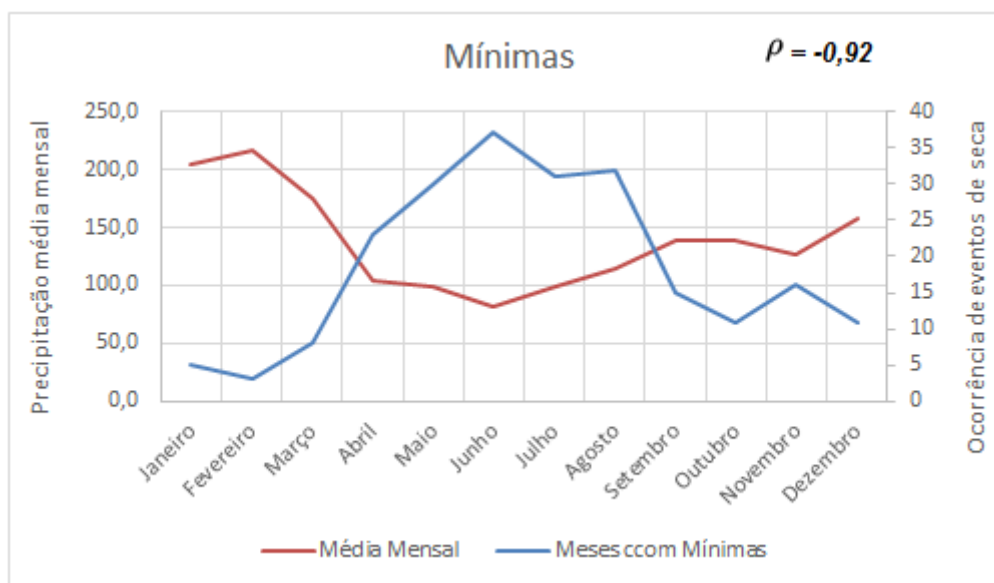
Fonte: O autor.

Figura 05: Índice de correlação entre a média mensal (1950 – 2016) e o número de anos com ocorrência de chuvas acima de 200mm.



Fonte: O autor.

Figura 06: Índice de correlação entre a média mensal (1950 – 2016) e o número de anos com ocorrência de chuvas abaixo de 80mm.



Fonte: O autor.

Ao analisar os dados mensais da série histórica (1950 – 2016), destaca-se os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março como os de maiores índices mensais médios de precipitação. Os meses de menores índices oscilam de maio a julho, que corresponde a apenas 16,92% do total de chuvas anual.

Na tabela 02 verifica-se que os valores da média e da mediana apresentam diferenças em alguns meses, mostrando que houve a ocorrência de

eventos extremos no período. O máximo registrado no período, no ano de 1974, foi no mês de março, enquanto a mínima foi no mês de agosto, no ano de 1951.

Na coluna do Desvio Padrão, nota-se grandes desvios em todos os meses, indicando que eventos extremos podem ocorrer na área de estudo, de forma que a média mensal não representa um valor absoluto.

Tabela 02: Medidas de tendência central e de dispersão conforme análise estatística dos dados históricos de 1950 – 2016 para a bacia carbonífera catarinense.

Mês	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio Padrão	Variação (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)
Janeiro	204,50	186,20	102,70	50,22	542,40	38,90
Fevereiro	215,83	214,80	92,34	42,78	502,70	58,80
Março	174,86	162,30	93,19	53,30	742,20	35,50
Abril	104,31	97,70	52,37	50,20	270,50	14,30
Maio	99,70	83,70	78,86	79,09	411,60	14,40
Junho	82,09	76,80	47,45	57,81	298,00	18,00
Julho	98,28	81,00	64,22	65,34	451,10	14,20
Agosto	114,39	82,60	94,07	82,23	458,30	0,00
Setembro	138,14	125,60	74,07	53,62	379,10	23,80
Outubro	138,24	131,10	62,35	45,11	316,70	28,10
Novembro	126,88	118,30	63,65	50,16	328,50	17,60
Dezembro	157,96	140,70	82,77	52,40	457,00	17,40
Anual	1655,17	1650,80	295,42	17,85	2611,80	1067,00

Fonte: O autor.

É notável ainda que os valores médios têm valores superiores aos valores medianos nos meses de janeiro e agosto sendo que, desta forma, os modelos de distribuição de chuvas para estes meses são assimétricos, com coeficiente de assimetria positivo, e, assim, a mediana tem maior probabilidade de ocorrer do que a média.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram algumas tendências, sendo que foi evidenciado nas décadas de 50, 60 e 70 a ocorrência recorrente de eventos extremos de seca, ocorridos em 5 anos aleatório deste período, correspondendo à 16,6% do total. Já os eventos de excesso hídrico foram mais presentes nas décadas subsequentes, até o ano de 2016, sendo que ocorreram 6 anos aleatórios de chuvas em excesso, correspondendo à 16,21% do total, contra apenas 2,70% de ocorrência de seca neste mesmo período.

As chuvas na bacia carbonífera ocorrem com mais intensidade nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, influenciadas pela ação de massas de ar com centros de origens tropicais e equatoriais. Nos meses de maio, junho, julho e agosto se concentram as menores precipitação registradas na média histórica (1950 – 2016), influenciadas pela passagem da frente polar atlântica e da massa polar atlântica, que ocasionam chuvas frontais e declínio da temperatura e da umidade. Assim, as variações nas precipitações na bacia carbonífera refletem claramente a dinâmica atmosférica da região.

O número e a intensidade de eventos extremos com excesso hídrico, bem como o aumento nas chuvas anuais, mostram uma discreta tendência de aumento, ao passo que os anos de seca foram praticamente inexistentes nas últimas 3 décadas.

6 REFERÊNCIAS

CETEM. **Projeto Conceitual para Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**. CETEM – Centro Tecnológico Mineral. Rio de Janeiro/MCTI, 2011.

EMBRAPA. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio**

Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas. 336p. 2011.

FIGUEIRÓ, A. S.; COELHO NETTO, A. L. **Climatic variability and pluviometric trends in a humid tropical environment at Resende municipality in the middle Paraíba do Sul river valley: SE Brazil**. Journal of Hydrology, 2004.

JUSTIÇA FEDERAL: **Sétimo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais. ACP nº 93.8000.533-4, Processo de Cumprimento de Sentença nº 2000.72.04.002543-9/sc**. Novembro de 2013. Disponível em: https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2013/7gta/GTA_7_2013_1_Sumario_Executivo.htm. Acesso em março de 2017.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology**. W. H. Freeman, 1964, 552 p.

MEDEIROS, R. M. **Estudo Agrometeorológico para o estado do Piauí**. p.123. Divulgação avulsa. 2013.

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, P. T. T. M. **Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende**. R. Hidrol. Rec. Hídricos, 3(1), 1981, p. 43-51.

MONTEIRO, M. A. **Dinâmica atmosférica e caracterização dos tipos de tempo na bacia hidrográfica do rio Araranguá**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC. 223 f., 2007

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrology and Earth System Sciences**, 11, 1633-1644, doi: 10.5194/hess-11-1633-2007, 2007.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. **Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas**. Revista de Geografia, v. 14, n. 2, 2005.