

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
UNIDADE ACADÊMICA HUMANIDADES, CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

FABIANE NUNES GONÇALVES

**ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO PARA O ESTADO DE SANTA
CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back

**CRICIÚMA
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

G635iGonçalves, Fabiane Nunes.

Índices de precipitação para o estado de Santa
Catarina/Fabiane Nunes Gonçalves. - 2017.

202p. : il.;21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul
Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Criciúma, 2017.

Orientação: Álvaro José Back.

1.Precipitação (Meteorologia) – Santa
Catarina.2.Precipitação (Meteorologia) – Variabilidade –
Santa Catarina. 3. Mudanças climáticas. 4.
Chuvas.5.Catástrofes naturais.6. Estiagem. I. Título.

CDD 23. ed. 551.577

Bibliotecária Eliziane de Lucca Alosilla – CRB 14/1101
Biblioteca Central Prof. Eurico Back – UNESC

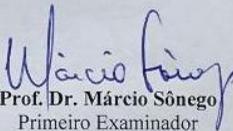


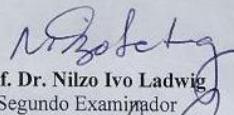
Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão
Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

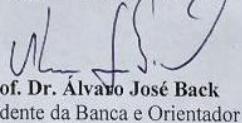
PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata **FABIANE NUNES GONÇALVES** sob o título: “**Índices de precipitação para o estado de Santa Catarina**”, para obtenção do grau de **MESTRA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Criciúma/SC, 13 de novembro de 2017.


Prof. Dr. Márcio Sônego
Primeiro Examinador


Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig
Segundo Examinador


Prof. Dr. Álvaro José Back
Presidente da Banca e Orientador

*Ao meu amado pai, Jaildo, e minha doce mãe, Mara, pelo incentivo.
A todos os pais que abdicam de seus sonhos para realizar os sonhos dos
seus filhos.
Às famílias que sofrem com os efeitos climáticos.
Àqueles que lutam por um mundo melhor.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

sempre em primeiro lugar, aos meus inspiradores e guerreiros pais, Jaildo e Mara, por me proporcionarem a realização de um dos meus sonhos: ser mestre!

aos meus irmãos, Géssica e Jaison, pelo conforto.

aos amigos, pelos momentos de lazer.

ao meu orientador, Álvaro Back, o qual tenho grande admiração e respeito, por toda atenção e paciência despendida a mim nesses últimos dois anos; por passar seu vasto conhecimento de forma tão humilde e por ser um exemplo de profissional.

aos componentes da banca: Márcio Sônego e Nilzo Ladwig, pelas valiosas contribuições.

aos meus professores, sempre dispostos.

aos colegas de turma, pelas aulas produtivas.

à FAPESC, pelo apoio financeiro.

a todos que contribuíram de alguma forma, meu muito obrigada!

RESUMO

O estado de Santa Catarina é afetado por uma diversidade de eventos, que podem estar relacionados tanto a severas estiagens como a grandes inundações e enxurradas. Cenários climáticos projetam o aumento dessas situações extremas, portando se faz necessário estudar e caracterizar tais fenômenos em termos de frequência e intensidade. Desse modo, este trabalho teve como objetivo estudar a utilização de índices para caracterização de eventos extremos relacionados à distribuição da precipitação no estado de Santa Catarina. Foram utilizados os dados de precipitação diária, no período de janeiro de 1976 a dezembro de 2015, de dez estações pluviométricas distribuídas no estado de Santa Catarina. Os resultados mostraram que o maior valor do Índice de Concentração (IC) foi encontrado no litoral, indicando que 70% da precipitação total estão dentro de 25% dos dias mais chuvosos. As outras regiões apresentaram distribuição média da precipitação de acordo com a classificação de Martin-Vide (2004). O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual apresentou 28 anos de anomalias negativas e 12 anos positivos, com variação entre -1,60 (classificado como seco) e 1,91 (classificado como chuvoso). Todas as regiões hidrográficas apresentaram mais ocorrências de anos de anomalias negativas. Os anos com maior ocorrência de desvios negativos foram 1978, 1991 e 2003. Já os meses com maior ocorrência de desvios negativos foram junho e julho. Em relação ao Índice de Precipitação Padronizada (IPP) a aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov não rejeitou as distribuições gama ajustadas aos dados mensais de precipitação, tanto para o método dos momentos como para o método da máxima verossimilhança. Este índice é aplicável para qualquer escala de tempo, porém os eventos extremos são melhores identificados em escalas menores. O Índice de Concentração de Precipitação (ICP) definiu a variabilidade temporal das chuvas no estado como “uniforme”, tanto para a escala anual, quanto sazonal e semestral. Com relação aos resultados dos índices e a ocorrência do fenômeno ENOS, não se pode afirmar que existe correlação direta. Fazem-se necessários maiores estudos. O teste de Mann-Kendall apresentou maior frequência (40%) de tendência nas séries de IPP semestral. Contudo, essa constatação requer mais estudos para avaliar se estas tendências se referem a alterações no regime de precipitação ou se são somente aleatórias. No geral, o IC, IAC, IPP e ICP são métodos consistentes para o monitoramento das anomalias de chuva em Santa Catarina, respondendo bem à variabilidade de precipitação na área de estudo. Por utilizarem apenas

dados de precipitação, apresentam simplicidade no cálculo e interpretação. No entanto, não são indicados para estudos relacionados à agricultura por não incluírem outros parâmetros, como evapotranspiração, temperatura e balanço hídrico.

Palavras-chave: séries climáticas; precipitação; teste de tendência; índices de chuva.

ABSTRACT

The state of Santa Catarina is affected by a diversity of events, which can be related to severe droughts as well as to floods. Climatic scenarios project the increase of these extreme situations, making it necessary to study and characterize such phenomena in terms of frequency and intensity. The objective of this work was to study the use of indices to characterize extreme events related to precipitation distribution in the state of Santa Catarina. The daily rainfall data, from 1976 to 2015, of ten rainfall stations distributed in the state of Santa Catarina were used. The results showed that the highest Concentration Index (CI) value was found on the coast, indicating that 70% of the total rainfall is within 25% of rainy days. The other regions presented a mean distribution of precipitation according to the classification of Martin-Vide (2004). The annual Rainfall Anomaly Index (RAI) presented 28 years of negative anomalies and 12 positive years, ranging from -1.60 (classified as dry) and 1.91 (classified as rainy). All hydrographic regions showed more occurrences of years of negative anomalies. The years with the greatest occurrence of negative deviations were 1978, 1991 and 2003. The months with the greatest occurrence of negative deviations were in June and July. In relation to the Standardized Precipitation Index (SPI), the application of the Kolmogorov-Smirnov adhesion test did not reject the gamma distributions adjusted to the monthly precipitation data for both the momentum method and the maximum likelihood method. This index is applicable for any time scale, but extreme events are best identified on smaller scales. The Precipitation Concentration Index (PCI) defined the temporal variability of the rains in the state as "uniform", for the annual, seasonal and semester scale. Regarding the results of the indices and the occurrence of the ENSO phenomenon, it can not be affirmed that there is a direct correlation. Further studies are needed. The Mann-Kendall test had a higher frequency (40%) of trend in the six-month SPI series. However, this finding requires further studies to assess whether these trends refer to changes in the precipitation regime or whether they are only random. In general, CI, RAI, SPI and PCI are consistent methods for the monitoring of rainfall anomalies in Santa Catarina, responding well to the variability of precipitation in the study area. Because they use only precipitation data, they are simple in calculus and interpretation. However, they are not indicated for studies related to agriculture because they do not include other parameters, such as evapotranspiration, temperature and water balance.

Keywords: climatic series; precipitation; trend test; rainfall indexes

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Atuação da ZCAS sobre a América do Sul	36
Figura 2 - Esquema da circulação de Walker quando o Índice de Oscilação Sul (IOS) é neutro, positivo (acima) ou negativo (abaixo)	39
Figura 3 - Repercussões normais do fenômeno El Niño nos climas da Terra nos meses de dezembro a fevereiro e junho a agosto	40
Figura 4 - Registros de danos e prejuízos por tipo de evento.....	47
Figura 5 - Mapa de Localização de Santa Catarina.....	66
Figura 6 - Sistema de classificação climática segundo Koeppen para o Estado de Santa Catarina.....	69
Figura 7 - Curva de concentração, ou de Lorenz, para dois observatórios fictícios.....	73
Figura 8 - Introdução dos dados no programa para avaliação de tendência	84
Figura 9 - Teste de Mann-Kendall	85
Figura 10 - Teste Theil-Sen.....	85
Figura 11 - Distribuição da precipitação média anual no estado de Santa ..	86
Figura 12 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1976 a 2015	88
Figura 13 - Concentração ou curva de Lorenz para a precipitação diária nas estações pluviométricas de Palmitos (A), Abelardo Luz (B), Capinzal (C), Paineira (D), Canoinhas (E), Garuva (F), Ibirama (G), Governador Celso Ramos (H), Armazém (I) e Praia Grande (J) para o período de 1976 a 2015	89
Figura 14 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1976 a 1995 (Período Aa).....	92
Figura 15 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1996 a 2015 (Período Ab).....	93
Figura 16 - Índice de Anomalia mensal para o estado de Santa Catarina para o período de 1976 a 2015	96
Figura 17 - Número de ocorrências mensais de anomalias positivas e negativas e suas classificações para o estado de Santa Catarina	98
Figura 18 - Índice de Anomalia de Chuva anual do estado de Santa Catarina para o período de 1976 a 2015	99
Figura 19 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual para cada região hidrográfica no período de 1976 a 2015.....	100
Figura 20 - Número de ocorrências mensais por tipo de classificação.....	104
Figura 21 - Porcentagem de classificação do IPP mensal, bimestral, trimestral, semestral, anual e bienal.	111
Figura 22 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) anual da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina.....	114

Figura 23 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) do primeiro semestre (A) e do segundo semestre (B) da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina	116
Figura 24 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) sazonal da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina	117
Figura 25 - IPP-1.....	184
Figura 26 - IPP-2.....	187
Figura 27 - IPP-3.....	190
Figura 28 - IPP-6.....	193
Figura 29 - IPP-12.....	195
Figura 30 - IPP-24.....	198

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Associação de variáveis instrumentais e tipos de secas.	50
Tabela 2 - Estações pluviométricas selecionadas	71
Tabela 3 - Indicativa do Índice de Concentração	74
Tabela 4 - Classificação do Índice de Anomalia de Chuva.....	76
Tabela 5 - Valores do Índice Padronizado de Precipitação (IPP) e categorias de seca ou de umidade	79
Tabela 6 - Classificação do índice de concentração da chuva.....	81
Tabela 7 – Porcentagem de concentração de precipitação (Período A: 1976 a 2015)	91
Tabela 8 - Resultados do IC para os municípios catarinenses analisados (Períodos Aa e Ab).....	94
Tabela 9 – Número de estações que apresentaram IAC negativo no estado de Santa Catarina, no período de 1976-2015, mês a mês	97
Tabela 10 - Períodos mais secos do histórico completo das estações analisadas	107
Tabela 11 - Períodos mais chuvosos do histórico completo das estações analisadas	108
Tabela 12 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o IAC anual	130
Tabela 13 - Teste de Theil-Sen para o IAC anual	131
Tabela 14 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o ICP	132
Tabela 15 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o IPP	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Eventos extremos de chuva, enchente e seca no Brasil.....	54
Quadro 2 - Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o IAC.....	120
Quadro 3 - Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o IPP.....	124
Quadro 4 – Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o ICP	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ARM	Armazenamento
CAD	Capacidade de Água Disponível
DEF	Deficiência
EM	El Niño
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EP	Evapotranspiração Potencial
ER	Evapotranspiração Real
ET	Evapotranspiração
ETo	Evapotranspiração de Referência
EXC	Excedente
FPA	Frente Polar Atlântica
GMS	Graus, Minutos e Segundos
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IC	Índice de Concentração
ICP	Índice de Concentração de Precipitação
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPP	Índice de Precipitação Padronizada
LN	La Niña
MPa	Massa de Ar Polar Atlântica
MTa	Massa de Ar Tropical Atlântica
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RH	Região Hidrográfica
SC	Santa Catarina
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 OBJETIVOS	31
1.1.1 Objetivo Geral	31
1.1.2 Objetivos Específicos	31
2 REVISÃO DE LITERATURA	32
2.1 PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS	32
2.1.1 Mecanismos de formação das precipitações	32
2.1.1.1 Chuva	32
2.1.1.2 Garoa	34
2.1.1.3 Granizo	34
2.1.2 Fatores que influenciam na distribuição da precipitação	35
2.2 OS CONDICIONANTES DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA	36
2.2.1 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	36
2.2.2 El Niño-Oscilação Sul	38
2.2.2.1 El Niño	40
2.2.2.2 La Niña.....	41
2.3 TRABALHOS SOBRE A PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA	41
2.4 Caracterização das Regiões Hidrográficas	42
2.4.1 RH 1 – Extremo Oeste	42
2.4.2 RH 2 – Meio Oeste	43
2.4.3 RH 3 – Vale do Rio do Peixe	43
2.4.4 RH 4 – Planalto de Lages	43
2.4.5 RH 5 – Planalto de Canoinhas	43
2.4.6 RH 6 – Baixada Norte	43
2.4.7 RH 7 – Vale do Itajaí	44
2.4.8 RH 8 – Litoral Centro	44
2.4.9 RH 9 – Litoral Sul	44
2.4.10 RH 10 – Extremo Sul	44
2.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	44
2.6 DESASTRES NATURAIS	46
2.7 ESTIAGEM E SECA: conceitos e classificações	48
2.8 Efeitos das anomalias de precipitação.....	52
2.8.1 Efeitos na agricultura	52
2.8.2 Efeitos na indústria e na economia	53
2.8.3 Efeitos na produção de energia elétrica	56
2.8.4 Efeitos no Balanço hídrico	57
2.8.5 Efeitos socioambientais	59

2.9 ÍNDICES DE CHUVA.....	59
2.9.1 Índice de Concentração (IC)	60
2.9.2 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	61
2.9.3 Índice de Precipitação Padronizada (IPP)	62
2.9.4 O Índice de Concentração de Precipitação (ICP).....	62
2.10 TESTE DE TENDÊNCIA.....	63
3 MATERIAL E MÉTODO	65
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	65
3.1.1 Caracterização climática de Santa Catarina.....	66
3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	70
3.3 Método para a estimativa do Índice de Concentração.....	72
3.4 Método para a estimativa do Índice de Anomalia de Chuva	75
3.5 Método para a estimativa do Índice de Precipitação Padronizada ..	76
3.6 MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO	80
3.7 Espacialização dos resultados e elaboração de tabelas e gráficos ...	81
3.8 Avaliação de tendência na série temporal	82
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	86
4.1 ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (IC).....	87
4.1.1 Variabilidade espacial do IC para o período A (1976 a 2015) 87	87
4.1.2 Variabilidade temporal do IC entre os períodos Aa e Ab.....	91
4.2 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC)	95
4.3 ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA (IPP)	105
4.4 ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (ICP)....	114
4.5 Correlações com o fenômeno El-Niño-Oscilação Sul.....	118
4.6 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS	130
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
REFERÊNCIAS	142
APÊNDICE(S)	162
APÊNDICE A - Organização dos totais pluviométricos e suas frequências para cálculo do CI. Exemplo com dados referentes ao município de Abelardo Luz (SC), código 2652000 da ANA.	163
APÊNDICE B - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) anual	172
APÊNDICE C - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) sazonal.....	174
APÊNDICE D – Índice de Precipitação Padronizada para as regiões hidrográficas de Santa Catarina.....	184

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra teve sua origem há mais de 4,5 bilhões de anos, e desde então está em constante desenvolvimento e sofre com incontáveis alterações climáticas.

A relação sociedade e natureza vem passando por evoluções, contudo os estudos sobre os cenários futuros climáticos apontam para a intensificação do aquecimento global por conta das atividades antrópicas. Uma das problemáticas oriunda desse fenômeno é a mudança nos padrões de precipitação, resultando em maior número de ocorrência de desastres naturais. De acordo com Kobiyama et al. (2006), houve um aumento de desastres naturais a partir da década de 50 e de prejuízos econômicos a partir da década de 70, o que fez com que houvesse uma maior iniciativa científica com a finalidade de criar estratégias mitigadoras para todo o planeta.

O estado de Santa Catarina é afetado por uma diversidade de eventos, que podem estar relacionados tanto a severas estiagens como a grandes inundações e enxurradas. A agricultura é o setor mais prejudicado e todos os anos sofre com os efeitos das chuvas. Em 2008, os prejuízos chegaram à quase 1,6 bilhões de reais. Os municípios mais afetados se localizam no Oeste e Norte Catarinense.

Os desastres de natureza hidrológica, ou seja, aqueles relacionados ao excesso de chuva são os que mais contabilizam registros de danos e prejuízos (34%). Eles representam uma média anual de 64 registros, sendo a maior incidência constatada nas regiões norte, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul do Estado (CEPED UFSC, 2016). Já os desastres relacionados ao déficit hídrico, como seca e estiagem, contabilizam 30% dos registros.

Os eventos extremos climáticos de curto e médio prazo são os mais significativos para as atividades humanas, devido aos seus expressivos impactos.

De acordo com Miranda et al. (2002), cenários climáticos projetam o aumento destas situações extremas, portanto é muito importante estudar e caracterizar tais fenômenos e apurar a sua tendência em termos de frequência e intensidade (PIRES, 2003).

Observa-se atualmente a crescente publicação de trabalhos que buscam identificar e quantificar a ocorrência de anomalias da precipitação em variados países. Esses estudos podem ser efetuados através de diversos índices meteorológicos, os quais são essenciais para a análise de situações extremas ocorridas no passado e no

monitoramento de situações em tempo real, permitindo análises comparativas, sejam elas temporais ou espaciais (SANTOS, 1998).

Segundo Sousa Júnior, Sausen e Lacruz (2011), a região Sul do Brasil tem enfrentado nos últimos dez anos períodos de seca/estiagem com intensidade e frequência acima do normal, afetando de forma decisiva a sua economia. Dentre os estados frequentemente afetados, está o estado de Santa Catarina e os municípios do extremo oeste catarinense com ocorrências, principalmente, nos meses de janeiro, julho e dezembro (GONÇALVES; MOLLERI, 2007).

Fenômenos atmosféricos globais como a La Niña e El Niño têm relação com os períodos de chuva extrema e de seca/estiagem no estado, aliado a intervenção humana no ambiente, que atua como agravante deste tipo de desastres naturais, através das formas de utilização e manejo dos recursos hídricos (GONÇALVES; MOLLERI, 2007).

Conforme Nórdio (2012), a seca que atingiu a Região Sul do Brasil entre os meses de novembro de 2011 e abril de 2012 provocou prejuízos de R\$ 777 milhões à agricultura de Santa Catarina, atingindo, principalmente, a safra de grãos (milho, soja e feijão) e a produção de leite. Esses prejuízos também foram sentidos em janeiro e fevereiro de 2014 (GELINSKI NETO, 2014). Rittl (2012) estima que, no Brasil, até 2050 as perdas com eventos climáticos extremos estarão entre R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões.

Em julho de 1983, uma enchente atingiu 135 das 293 cidades do estado. No ano de 2006, o governo de Santa Catarina liberou mais de R\$10 milhões para combater os efeitos da seca e em 2012 foram liberados R\$ 80 milhões. Já no ano de 2009, em apenas cinco meses, diversos municípios foram castigados por enchentes e estiagens.

Conforme relatórios anuais da Defesa Civil Estadual, com o passar dos anos está havendo uma elevação no número de municípios em Santa Catarina que decretaram estado de emergência por estiagem. Sendo que no ano de 2003 ocorreram 23 decretações, em 2004 ocorreram 153, em 2005 foram contabilizadas 182 decretações e em 2006 o total foi de 194, englobando praticamente todos os municípios do oeste e planalto catarinense.

Para contornar os efeitos desses eventos, esforços têm sido concentrados no sentido de desenvolver índices capazes de não apenas detectar longos períodos desses eventos, bem como classificá-los em termos de intensidade e frequência (MACEDO et al., 2010).

Assim, são necessárias informações referentes à distribuição de precipitação sobre as diferentes regiões com o intuito de servirem de auxílio no planejamento das atividades, bem como contribuir para a

tomada de decisões por parte dos governantes, de modo que seja possível mitigar os efeitos das anomalias de precipitação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a utilização de índices para caracterização da distribuição da precipitação no estado de Santa Catarina.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i) Avaliar a aplicação dos índices na identificação de ocorrências de eventos extremos de precipitação;
- ii) Observar a variabilidade espacial e temporal da concentração da precipitação no estado de Santa Catarina;
- iii) Mapear os resultados do Índice de Concentração (IC) e do Índice de Concentração de Precipitação (ICP);
- iv) Avaliar tendências de mudanças temporais de precipitação;
- v) Comparar os métodos de estimativa dos parâmetros da distribuição gama no cálculo do IPP;
- vi) Relacionar os resultados do IAC, IPP e ICP com o fenômeno meteorológico ENOS (El Niño e La Niña).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a finalidade de construir uma revisão bibliográfica para o estudo, foram revisadas bibliografias pertinentes aos temas envolvidos neste trabalho, como precipitações atmosféricas, estudos relacionados à precipitação e estiagem no estado de Santa Catarina, bem como estudos que utilizaram o Índice de Concentração, Índice de Anomalia de Chuva, Índice de Concentração de Precipitação e Índice de Precipitação Padronizada para outras localidades.

Existem diversas formas de precipitação, de acordo com a forma com que se desenvolvem, conforme descrito a seguir.

2.1 PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS

De acordo com Torres e Machado (2012, p. 54), “a precipitação ocorre quando a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa, então a umidade atinge o solo sob a forma líquida (chuva ou chuveiro/garofa) ou sólida (granizo, saraiva e neve)”.

A precipitação atmosférica é o mecanismo natural fundamental para o restabelecimento dos recursos hídricos, e por ser a água o elemento principal na constituição dos organismos vivos, sua distribuição temporal e espacial é um dos fatores condicionantes do clima e do tipo de vida de uma região (SANTOS, 2012).

2.1.1 Mecanismos de formação das precipitações

A precipitação é um dos principais elementos do ciclo hidrológico. Segundo Barry e Chorley (2013), de um modo geral, somente a chuva e a neve colaboram de maneira significativa para os totais de precipitação. Em Santa Catarina a forma de precipitação mais comum é a chuva e, em alguns casos, garofa e granizo, desse modo apenas esses tipos serão caracterizados a seguir.

2.1.1.1 Chuva

A chuva é o tipo de precipitação mais importante, visto que está associada ao desenvolvimento do homem, da flora e da fauna.

Nesse tipo de precipitação, as gotas de água possuem diâmetro mínimo de 0,5 mm e velocidade de queda de $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (SOARES; BATISTA, 2004).

De acordo com Lutgens e Tarbuck (1998), o diâmetro das gotas

difícilmente extrapola cinco milímetros devido à tensão que elas enfrentam ao ir além da superfície, que acaba desintegrando gotas maiores em menores.

Segundo Rampazo (2014), no geral, a intensidade das chuvas é inversamente proporcional à sua duração. Sendo que, quanto maior for a força das chuvas, menor o intervalo de duração, já chuvas fracas, como garoas, têm duração mais prolongada no tempo.

As chuvas possuem três tipos principais de classificação de acordo com sua gênese: Chuvas Convectivas ou de Convecção, Frontais ou Ciclônicas e Chuvas Orográficas ou de Relevo. Estas são descritas por Torres e Machado (2012, p. 54 e 55) do seguinte modo:

I – Chuvas Convectivas: as nuvens de convecção (grandes Cúmulos ou Cumulonimbos) são formadas a partir da ascensão de uma massa de ar úmido em regiões quentes, sendo, pois, comuns em áreas quentes e úmidas. Com o aumento da concentração de vapor d'água ou com o resfriamento dessa massa de ar (seja em função da altitude, seja pela presença de ventos mais frios), ocorre a saturação do ar, resultando em chuvas pesadas e intensas, embora de duração mais curta. Nas regiões equatoriais, onde ocorrem baixas pressões e a evaporação é constante e intensa, devido às elevadas temperaturas, ocorrem, comumente, chuvas de convecção, também provocadas pela ação dos ventos Alísios oriundos das áreas de alta pressão das latitudes dos 30°C na região Tropical. Estas chuvas são comuns no verão, quando, depois de atingida a temperatura máxima do dia, com o decréscimo da mesma no final da tarde ou início da noite, “despencam” um forte aguaceiro, em geral de curta duração e acompanhadas de raios, relâmpagos e trovões.

II – Chuvas Frontais: este tipo de chuva, também chamada de ciclônica, está associada à instabilidade causada pelo encontro de duas massas de ar de características térmicas diferentes (uma massa de ar quente e outra de ar frio). É uma precipitação moderadamente intensa, contínua e que afeta áreas bastante extensas. São comuns nas áreas de médias latitudes, onde ocorrem, normalmente (principalmente no período do inverno) o encontro de massas de ar de característica opostas. Com o lento resfriamento

do ar, ocorre a saturação e posterior condensação do vapor d'água, e conseqüentemente, as chuvas frontais.

III – Chuvas Orográficas: as chuvas orográficas (orogênicas ou de relevo) ocorrem devido à ascensão forçada de ventos úmidos ante um obstáculo do relevo. O ar, obrigado a se elevar para transpor o obstáculo, resfria-se (com a altitude), podendo saturar-se. As vertentes do obstáculo voltadas para o vento ficam cobertas de nuvens das quais cai a chuva. Do outro lado do obstáculo, o ar descendente é seco e, em geral, frio, com suas características iniciais modificadas.

Além da quantidade, a distribuição das chuvas também é um aspecto importante, visto que, a distribuição sazonal da precipitação pluvial constitui a base para grande parte das classificações ou subdivisões dos climas tropicais (AYOADE, 2003).

2.1.1.2 Garoa

A garoa, também conhecida no Brasil como chuvisco, é um tipo de precipitação bastante uniforme, a qual é composta com gotas d'água muito pequenas, com diâmetro inferior a 0,5 mm. Estas gotas são muito próximas umas das outras, dando a impressão de que elas flutuam no ar. São originadas a partir de nuvens relativamente baixas e de pouco desenvolvimento vertical, como as nuvens estratiformes (INMET, 2017).

2.1.1.3 Granizo

Nesse tipo de precipitação, as “gotas” são grãos redondos ou cônicos de gelo (SOARES; BATISTA, 2004), isso ocorre quando há rápida solidificação do ar (passagem do estado gasoso diretamente para o estado sólido), ou ainda, quando se produz em um meio contendo pequenas gotas superresfriadas, resultantes de um resfriamento muito rápido a temperaturas entre -12°C e -40°C , onde o gelo se forma em massas amorfas ou apresenta pequenos traços de cristalização, precipitando em forma de granizo (TORRES; MACHADO, 2012).

A dimensão do granizo pode variar entre cinco milímetros e dez centímetros (LUTGENS; TARBUCK, 1998), dependendo da quantidade de água supergelada contida na nuvem, a força das correntes ascendentes e a permanência da trajetória da massa de gelo no interior

da nuvem durante os movimentos envolvidos, que podem ser ascendentes, descendentes e laterais (MCKNIGHT, 1987).

2.1.2 Fatores que influenciam na distribuição da precipitação

A chuva distribui-se de modo diferente a depender da proximidade com a linha do Equador, ou seja, de um modo geral, há uma diminuição na quantidade de chuva que cai do Equador para os Polos, da costa para o interior e da base para o alto da montanha. Como a temperatura e demais elementos climáticos são muito mais uniformes, a repartição sazonal das chuvas compõe a base para a maioria das classificações ou subdivisões dos climas tropicais (AYODE, 2003).

Segundo Torres e Machado (2012), a precipitação é mais sazonal nos trópicos do que em áreas extratropicais. A circulação sazonal da precipitação nas latitudes baixas é controlada especialmente pelo cinturão de ventos que, juntamente com suas zonas associadas de convergência e divergência, segue o caminho do Sol.

Já as áreas oceânicas recebem mais precipitação durante o ano do que as áreas continentais, e sua incidência é menos sazonal (AYOADE, 2003).

No Brasil, a distribuição e a variabilidade das chuvas estão associadas à atuação e sazonalidade dos sistemas convectivos de macro¹ e mesoescala² e, principalmente, da frente polar atlântica (FPA), o que ocasiona as diferenças nos regimes pluviais. Na região Norte há elevadas médias pluviométricas (acima de 2.800 mm) já no sertão nordestino, os valores médios anuais são próximos a 1.200 mm, já que as massas de ar chegam com umidade insuficiente para produzir chuvas abundantes, dentre outros fatores. No território centro-sul as médias anuais variam entre 1.500 e 2.000 mm (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

De acordo com Torres e Machado (2012, p. 259),

O regime de precipitação do Sul do Brasil apresenta transição bem clara: ao norte domina o típico regime de monção, com estação chuvosa iniciando-se na primavera e terminando no início do outono, resultando em grande diferença de precipitação entre verão e inverno, enquanto ao

¹Caracterizam fenômenos de escala planetária (>200km).

²Caracterizam fenômenos de escala local ou regional (20-200 km), responsáveis por boa parte da precipitação na América do Sul.

sul há distribuição aproximadamente uniforme de chuva ao longo do ano e o regime é mais característico de latitudes médias, com chuvas relativamente mais fortes no inverno.

Essas transições oferecem grandes contrastes nos regimes de precipitação, podendo ocorrer em uma mesma região períodos de chuva extrema ou de estiagem/seca.

2.2 OS CONDICIONANTES DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Os fenômenos meteorológicos que serão discutidos a seguir interferem diretamente no regime das chuvas no estado de Santa Catarina, sendo de fundamental importância que sejam realizados estudos completos sobre as origens e o funcionamento dos mesmos, de modo a promover melhor compreensão dos resultados.

2.2.1 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

A ZCAS (Figura 1) localiza-se na fronteira de massas de ar tropicais úmidas, em áreas de elevado gradiente de umidade em baixos níveis, acarretando instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial (SIQUEIRA, 2016).

Figura 1 - Atuação da ZCAS sobre a América do Sul



Fonte: Satélite GOES-12.

Este fenômeno é resultante da intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul. Tem duração de pelo menos quatro dias, conforme exposto em alguns estudos (FERREIRA et al., 2004; PESQUERO et al., 2010; NÓBILE TOMAZIELLO, 2010), podendo persistir por 10 dias ou mais. Esse sistema meteorológico é de fácil identificação por meio de imagens de satélite, através de uma alongada distribuição de nebulosidade de orientação noroeste-sudeste (NO/SE) (DANNI-OLIVEIRA et al., 2007).

Quadro (1994) aponta que umas das principais consequências da atuação da ZCAS é a ocorrência de altos valores pluviométricos, especialmente no final da primavera e nos meses de verão. A ZCAS possui a tendência de posicionar-se mais ao norte no início do verão, deslocando-se em seguida para o sul, à medida que se aproxima o fim da estação chuvosa (NOBRE, 1988; SILVA DIAS et al., 1991; QUADRO, 1994). Os resultados dessa variabilidade podem ocasionar situações mais ou menos chuvosas para determinadas regiões, já que a constância da banda de nebulosidade altera o regime de chuvas desses locais afetados, pois acarreta a elevação dos volumes pluviométricos (QUADRO, 1994; FERREIRA et al., 2004).

Segundo Carvalho e Jones (2009), mesmo que as características da ZCAS sejam observadas em todos os verões, ocorrem importantes variações na intensidade e circulação das chuvas. Como consequência dessas variações há a ocorrência de eventos severos, alagamentos e deslizamentos de terra. Em contrapartida, a ausência ou supressão de precipitação podem resultar sua má distribuição sobre a região brasileira, bem como, longos períodos de seca.

O processo de convecção sobre a região sudeste do Brasil é intensificado pela ação das ZCAS, favorecendo a nutrição dos seus corpos hídricos, o abastecimento urbano e a geração de energia elétrica. No entanto, a intensificação das chuvas, por conta da permanência dessas faixas de nebulosidade por vários dias atinge negativamente outros locais da região (MALVESTIO, 2013; SIQUEIRA, 2016).

Ao realizarem um estudo no período de 1980 a 1989, Quadro et al. (1994) registraram a ocorrência de três episódios de ZCAS no verão (um por mês). Para os autores, esses fenômenos competem a uma associação de vários sistemas, dentre eles destacam-se os vórtices ciclônicos sobre o nordeste brasileiro e sobre o oceano Atlântico Tropical e a penetração de sistemas frontais provenientes da América do Sul.

Estudos desenvolvidos por Carvalho, Jones e Liebmann (2002, p.

100) revelaram que:

[...] a intensidade da ZCAS pode ser considerada independente de sua extensão sobre o oceano, isto é, pode-se observar intensa e persistente atividade convectiva sobre o continente, sem necessariamente haver uma correspondente alta atividade convectiva sobre o oceano. O oposto também ocorre, [...].

Segundo os autores, a persistência da ZCAS pode ser favorecida pelas fases quentes do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), chegando a causar eventos extremos de precipitação.

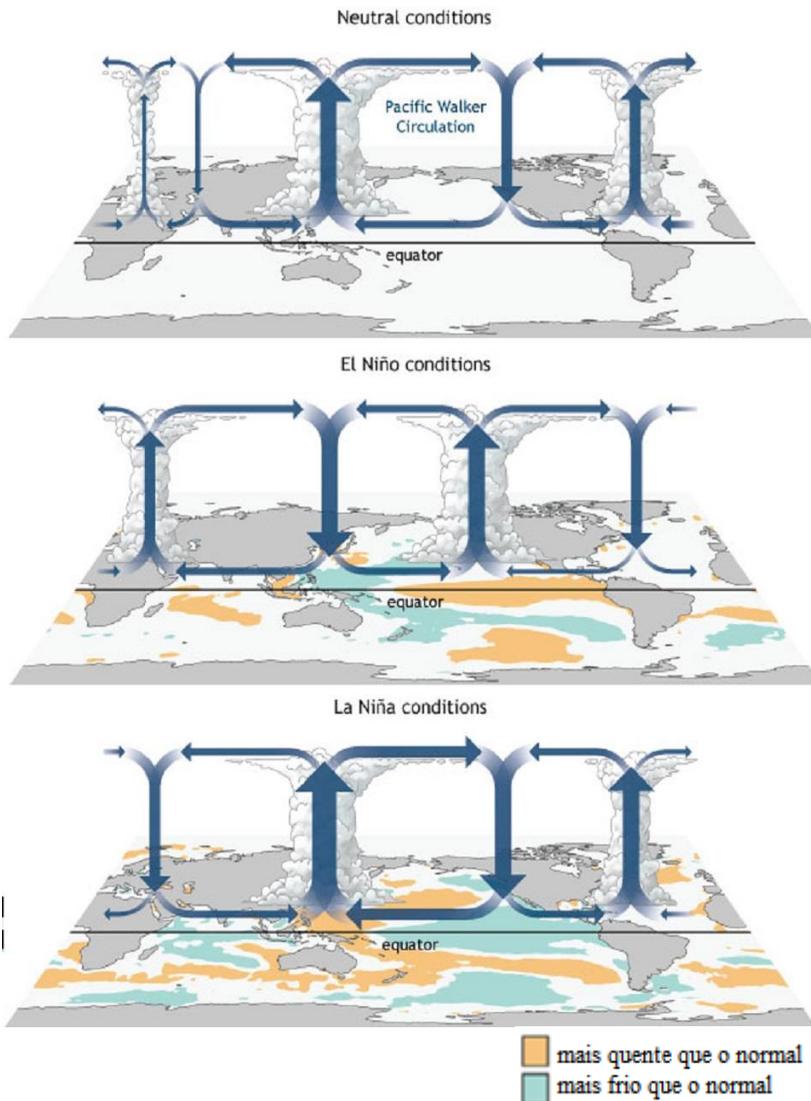
2.2.2 El Niño-Oscilação Sul

O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) caracteriza-se por dois elementos, um de caráter oceânico (El Niño → fase quente), associado às mudanças na temperatura da água, e o outro de caráter atmosférico (Oscilação Sul), relacionado à inversão entre a pressão atmosférica no extremo leste e oeste do Pacífico Tropical (La Niña → fase fria) (BERLATO; FONTANA, 2000). Este fenômeno é a principal fonte de variabilidade interanual de precipitação no Brasil (GRIMM, 2009) e influencia o clima e a agricultura de distintas partes do mundo e, em particular, do sul do Brasil (CUNHA, 1997).

Segundo Danni-Oliveira e Mendonça (2007), é através da associação das mutações no campo de pressão atmosférica da célula de Walker sobre o Pacífico e da variação térmica da superfície oceânica que surgem os fenômenos do El Niño, La Niña e Oscilação Sul.

Nos anos de atuação do El Niño ocorre o enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, fazendo com que haja o deslocamento do ramo ascendente da célula de Walker (Figura 2) para a parte central do Oceano Pacífico e as águas anormalmente aquecidas do Oceano Pacífico Tropical chagam a atingir a costa da América do Sul, na altura do Equador e do Peru. Já quando há atuação da La Niña, ocorre uma intensificação nas condições normais do oceano e da atmosfera na região tropical do Oceano Pacífico, a célula de Walker é intensificada, os ventos alísios sopram com maior magnitude, ocasionando um aumento no carregamento das águas quentes para oeste, resultando em uma redução no volume pluviométrico da costa da América do Sul (BERLATO; FONTANA, 2003).

Figura 2 - Esquema da circulação de Walker quando o Índice de Oscilação Sul (IOS) é neutro, positivo (acima) ou negativo (abaixo)



Fonte: NOAA, 2014.

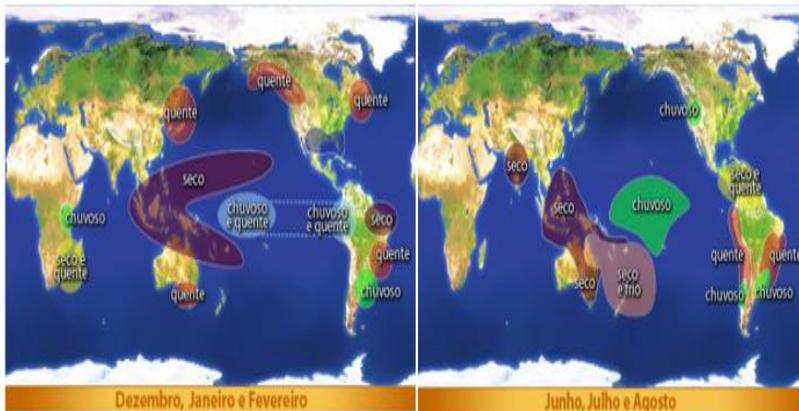
2.2.2.1 El Niño

O fenômeno oceânico El Niño (EN) é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais nas partes central e leste do oceano Pacífico, nos redores da América do Sul, mais precisamente na costa do Peru. Esse fenômeno apenas recebe tal denominação quando a anomalia térmica das correntes de água que, em geral, circulam na direção sul no início do verão, atinge proporções elevadas (1°C) ou muito elevadas (de 4°C a 6°C) acima da média térmica, que é de 23°C (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

No Brasil, esse fenômeno atua bloqueando a passagem de frentes frias, o que ocasiona excessos de chuva na Região Sul do país (CUNHA, 1997).

As repercussões normais do fenômeno El Niño nos climas da Terra nos meses de dezembro a fevereiro e de junho a agosto (Figura 3) fazem com que haja uma interação entre as águas superficiais do Pacífico e a atmosfera, resultando em uma espécie de gangorra barométrica entre as porções leste (Taiti e Polinésia Francesa) e oeste (Darwin, Austrália) do oceano Pacífico, nomeada oscilação sul (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

Figura 3 - Repercussões normais do fenômeno El Niño nos climas da Terra nos meses de dezembro a fevereiro e junho a agosto



Fonte: Danni-Oliveira; Mendonça, 2007.

2.2.2.2 La Niña

O fenômeno La Niña (LN), caracteriza-se pelo resfriamento anômalo das águas do Pacífico e também ocasiona impactos consideráveis às atividades humanas e apresenta maior variabilidade quando comparado ao El Niño. A alteração do comportamento climático revela-se através de ventos alísios mais intensos e águas mais frias, compreendendo uma faixa de aproximadamente 10° de latitude ao longo do Equador até 180° de longitude do Pacífico Central. No período de ocorrência desse fenômeno a célula de Walker fica mais alongada que a normal por conta da maior intensidade dos ventos alísios. O LN ocorre em uma frequência de dois a sete anos, com duração de, em média, 9 a 12 meses e, esporadicamente, persistem por mais de dois anos. Tais ocorrências fazem com que as frentes frias cheguem ao centro-sul do Brasil com mais rapidez e intensidade, resultando na redução de chuvas, atingindo nordeste mais facilmente (SIQUEIRA, 2016).

No Brasil, este fenômeno está associado a seca no sul do país, por conta da redução dos bloqueios das frentes frias, que cruzam essa região rapidamente, indo de encontro à ZCAS (CUNHA, 1997).

2.3 TRABALHOS SOBRE A PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Baldo e Nery (1999) analisaram a estrutura e variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil e identificaram que a variabilidade de precipitação nessa região nem sempre esteve ligada aos fenômenos El Niño e La Niña, contudo a correlação do evento La Niña com anomalias negativas foi menor em relação ao fenômeno El Niño.

Monteiro (2001) estudou a caracterização climática do estado e concluiu que Santa Catarina apresenta significativas variações espaciais e que episódios de muitas chuvas ou de pequenas estiagens podem ser intensificados por conta da atuação dos fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente.

Back (2001) analisou valores de chuva com frequência de 1, 2, 3, 4, 5, 8 e 10 vezes ao ano na região, e identificou que a distribuição espacial dessas frequências tem comportamento assemelhado à variação da precipitação total anual no Estado, com maior volume no oeste catarinense e menor volume ao sul.

Sousa Júnior, Sausen e Lacruz (2011) ao monitorarem a estiagem na região sul do Brasil no período de dezembro de 2000 a junho de 2009

concluíram que Santa Catarina apenas teve eventos de estiagem de alta intensidade no verão e no outono. Em 2005, 35,96% da área do estado correspondeu a anomalias negativas de alta intensidade; em 2009, 27,36% da área do estado correspondeu a anomalias negativas de média intensidade; entre 2005 e 2009 houve um decréscimo de 8,6% na área de anomalias negativas. Contudo, nesses mesmos anos os estados da região Sul do país enfrentaram duas estações seguidas com estiagem: no verão (ocorrência de estiagem de intensidade média) e no outono (ocorrência de estiagem de intensidade alta).

Minuzzi e Lopez (2014), ao estudarem os índices de chuva em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, chegaram à conclusão que o total de chuva sazonal e anual apresenta tendências de aumento, sobretudo no outono e primavera. Diversos outros trabalhos (SILVA et al., 2010; PINHEIRO et al., 2013; BACK et al., 2013) apontaram uma tendência significativa no volume de chuvas na região sul do Brasil. Barros et al. (2008) apontam tendências de aumento de até 200 mm, em um período de 40 anos.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS

As regiões hidrográficas (RHs) são porções de terra compostas por uma ou mais bacias hidrográficas, as quais devem apresentar homogeneidade de aspectos físicos (especialmente em relação à geomorfologia, geologia, hidrologia regional, tipo de relevo e solo, aptidão agrícola e uso atual dos solos) e socioeconômicos. Para efeito de gerenciamento dos recursos hídricos, o estado de Santa Catarina foi subdividido em 10 RHs, sendo que 62% do território estadual correspondem as RHs 1 a 5 e o restante (38%) é ocupado pelas RHs 6 a 10. Cada região hidrográfica abrange em média duas a três bacias, exceto a RH 8 – Litoral Centro que reúne quatro bacias hidrográficas, e a RH 7 – Itajaí constituída apenas pela bacia do rio Itajaí-Açu (SDS, 2006).

2.4.1 RH 1 – Extremo Oeste

A Região Hidrográfica Extremo Oeste abriga uma população de 233 mil habitantes e é composta pelas bacias hidrográficas do Rio das Antas e do Rio Peperi-Guaçu. Sua principal atividade econômica é a criação de suínos e aves. A região sofre com problemas de estiagem devido à retirada da cobertura vegetal do solo (SDS, 2006).

2.4.2 RH 2 – Meio Oeste

A Região Hidrográfica Meio Oeste conta com 449 mil habitantes e com uma área de 11 mil quilômetros quadrados, essa região é drenada pelas bacias do Rio Chapecó e do Rio Irani. Assim como a RH 1, sua atividade concentra-se na criação de porcos e aves, bem como de bovinos (SDS, 2006).

2.4.3 RH 3 – Vale do Rio do Peixe

A Região Hidrográfica Vale do Rio do Peixe tem 8,1 mil quilômetros quadrados e 381 mil habitantes. É composta pelas bacias do Rio Jacutinga e do Rio do Peixe. Tem como principal atividade a criação de suínos (SDS, 2006).

2.4.4 RH 4 – Planalto de Lages

A Região Hidrográfica Planalto de Lages é a maior RH do Estado, contando com uma área de 22 mil quilômetros quadrados. Possui 445 mil habitantes e é formada pelas bacias do Rio Canoas e do Rio Pelotas. Suas principais atividades são agropecuária e madeireira (SDS, 2006).

2.4.5 RH 5 – Planalto de Canoinhas

A Região Hidrográfica Planalto de Canoinhas possui área de 11 mil quilômetros quadrados e 345 mil habitantes, essa região é composta pelas bacias do Rio Iguaçu, do Rio Canoinhas e do Rio Negro. Suas principais atividades compreendem a criação de suínos e indústria moveleira (SDS, 2006).

2.4.6 RH 6 – Baixada Norte

A Região Hidrográfica Baixada Norte abriga uma população de 600 mil habitantes. Abrange as bacias do Rio Cubatão e do Rio Itapocu e é uma das regiões de maior degradação ambiental do Estado. Sua principal atividade é a metalúrgica (SDS, 2006).

2.4.7 RH 7 – Vale do Itajaí

A Região Hidrográfica Vale do Itajaí é a mais populosa – 1,1 milhão de habitantes. A bacia do Rio Itajaí-Açu drena uma área de 15 mil quilômetros quadrados. Suas atividades envolvem as áreas têxtil, pesca, metal-mecânica, papel, celulose, agropecuária e o cultivo de arroz (SDS, 2006).

2.4.8 RH 8 – Litoral Centro

Os 5,8 mil quilômetros quadrados da Região Hidrográfica Litoral Centro são drenados pelas bacias do Rio Tijucas, do Rio Biguaçu, do Rio Cubatão Sul e do Rio da Madre. Sua população de mais de 800 mil habitantes sofre com a extração de areia e com a poluição dos agrotóxicos gerados na plantação de hortaliças (SDS, 2006).

2.4.9 RH 9 – Litoral Sul

A Região Hidrográfica Litoral Sul conta com uma área de 5,2 mil quilômetros quadrados e é drenada pelas bacias do Rio Duna e do Rio Tubarão. Possui cerca de 340 mil habitantes. Sua principal atividade é a mineração de carvão (SDS, 2006).

2.4.10 RH 10 – Extremo Sul

A Região Hidrográfica Extremo Sul é composta pelas bacias do Rio Urussanga, do Rio Araranguá e do Rio Mampituba, as quais drenam uma área de 4,8 mil quilômetros com mais de 470 mil habitantes. Além da mineração de carvão, outra atividade desenvolvida nessa região é a plantação de arroz (SDS, 2006).

2.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O interesse mais amplo sobre conhecimentos relacionados a mudanças climáticas vem sendo despertado desde a década de 1980. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), foi estabelecido em 1988 e compõe uma ampla rede de cientistas destinados à avaliação do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e sua ligação com a sociedade humana. Há um considerado aumento nas especulações de

como o clima de uma determinada região vem se alterando e de como estas alterações estão influenciando as atividades humanas e econômicas, tanto em nível global, como regional. Uma vez que são inúmeros os fatores que contribuem na intensificação e identificação das alterações climáticas. Entre eles estão as modificações das superfícies terrestres e períodos extremos de chuva acima ou abaixo da normal (CAMPOS et al., 2006).

A temperatura média global teve um aumento de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ desde o final do século XIX. Já a precipitação apresenta uma variabilidade mais diferenciada, podendo aumentar ou diminuir de uma região para outra. Significativos decréscimos têm sido encontrados em algumas regiões do mundo, como por exemplo, nas regiões nordeste e oeste do Brasil. Essas mudanças nos padrões de precipitação afetam a quantidade de água que pode ser absorvida pela superfície. Modelos climáticos indicam que chuvas torrenciais (chuvas fortes e de curta duração) serão mais intensas, provocando inundações. Por outro lado, circunstâncias de secas intensas durante o verão podem agravar o estresse térmico que afeta o gado e animais do campo, ocasionando prejuízos às plantações e maior pressão sobre os recursos hídricos (CAMPOS et al., 2006).

Os autores Grimm et al. (2012) e Yu et al. (2002) acreditam que os eventos climáticos têm variações decorrentes de causas naturais, todavia, o ser humano tem sido apontado como o principal responsável pela mudança climática, visto que o aumento persistente de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera desde a década de 1950 é oriundo da industrialização e do desflorestamento, atividades essencialmente antrópicas.

Para Campos et al. (2006, p. 10),

[...] os exemplos de alterações que se pode esperar para os próximos anos, decorrentes do aquecimento global em Santa Catarina, são: maior instabilidade e variabilidade térmica e hídrica, tanto diárias quanto mensais e sazonais; aumento de impactos e riscos aos setores agropecuário e agrícola, devido a maiores incertezas no comportamento térmico e hídrico no território catarinense; aumento na intensidade e frequência de eventos extremos, tais como: ondas de calor mais intensas e períodos de estiagem mais prolongados; evapotranspiração maior, requerendo sistemas de reservatórios de água para abastecimento humano, agrícola e pecuário.

O aquecimento global é um dos maiores paradigmas científicos dos tempos atuais (EEROLA, 2003; GIDDENS, 2010; ALENCAR et al., 2011; GRIMM et al., 2012). De acordo com Eerola (2003), o sul do Brasil foi afetado em 2001/2002 pela maior estiagem em cinquenta anos, quando antes disto as pessoas tiveram que deixar as suas casas por causa das enchentes.

As ocorrências de seca no Sul do Brasil desde 2008 vêm ocasionando perdas de milhões de reais na agricultura (MARENGO, 2010).

Os estudos combinados dos extremos de precipitação, tanto dos modelos globais quanto dos regionais, indicam que esse aumento de chuva no futuro será na forma de extremos de chuva mais intensas e/ou frequentes, enquanto as reduções de chuvas serão na forma de períodos de secas mais intensas. No Sul do Brasil, o aumento da precipitação média está associado ao aumento da frequência de dias úmidos e reduções no número de dias secos consecutivos. Contudo, essas projeções são para 2071-2100, e ainda não há muitas hipóteses sobre períodos mais próximos, como 2030 (MARENGO, 2010).

2.6 DESASTRES NATURAIS

Segundo Tominaga et al. (2009, p. 13), “quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos, passam a se chamar desastres naturais”.

Os desastres naturais são conhecidos por diversos nomes: inundações, enchentes, secas, ciclones, terremotos, entre outros. Esses fenômenos são severos e diretamente influenciados pelas características físicas de cada região e mais intensificadas pela ação antrópica.

Os desastres naturais são, em geral, apurados a partir da relação entre homem *versus* natureza, muitas vezes resultante em uma tentativa frustrada de aquele dominar esta. Além do mais, ao não serem aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Apesar dos impactos que são gerados, eles nem sempre são negativos, uma vez que podem trazer benefícios à sociedade através de fertilizantes para os campos agrícolas quando há inundações ou quando os escorregamentos deixam as terras mais porosas e aráveis, por exemplo (KOBİYAMA et al., 2006). Para os autores, a ocorrência de desastres naturais vem aumentando em todo o mundo devido a variadas razões, dentre elas ao aumento ao aumento da população, a ocupação desordenada e ao intenso

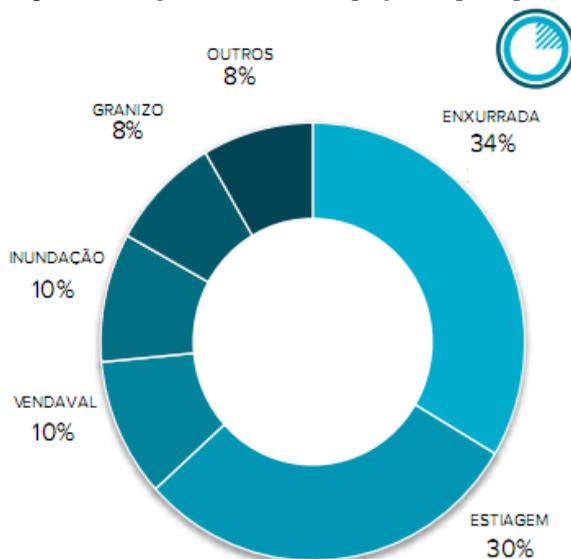
processo de urbanização e industrialização. Os fatores principais que desencadeiam tais desastres incluem a impermeabilização do solo nas áreas urbanas e compactação nas áreas rurais, o adensamento das construções, a conservação de calor, a poluição do ar, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas.

De acordo com o BBC BRASIL (2003), dos países do continente americano, o Brasil é o que possui maior número de pessoas atingidas por desastres naturais.

Modelos matemáticos apontam uma elevação no número de ocorrência de tempestades severas para as regiões sul e sudeste do Brasil (SINCLAIR; WATTERSON, 1999).

O estado de Santa Catarina destaca-se pelo número de registros de desastres, como estiagem, vendaval, inundação brusca, inundação gradual, deslizamento de terra, granizo e ciclone. Conforme CEPED UFSC (2016), as enxurradas e a estiagem são as mais representativas (Figura 4).

Figura 4 - Registros de danos e prejuízos por tipo de evento



Fonte: CEPED UFSC, 2016.

Por não ocorrer a correta alocação de recursos e orientações no que diz respeito à prevenção desses desastres, estes se tornam de grande

e variada abrangência (KOBAYAMA et al., 2006), sendo que muitos eventos catastróficos não podem ser evitados. Por este motivo é necessário criar medidas mitigatórias através dos estudos existentes que esboçam padrões comportamentais com o intuito de amenizar os efeitos destrutivos causados pelo evento (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; ISDR, 2002). Metodologias como as analisadas nesse trabalho têm sido utilizadas para identificar períodos e regiões mais atingidas por anomalias de precipitação, visto que, os eventos de estiagem e inundações são os desastres de maior ocorrência em Santa Catarina (MAGNAGO et al., 2015).

No período de 2011 a 2015, em todos os meses do ano ocorreram eventos de inundação, sobretudo a classificada como brusca. Já os eventos de estiagem têm maior ocorrência no verão, principalmente no mês de novembro (MAGNAGO et al., 2015).

2.7 ESTIAGEM E SECA: CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES

Muitos estudos utilizam os termos seca e estiagem como sinônimos. Um dos motivos pode ser por conta de os índices de precipitação terem sido criados na língua inglesa e depois traduzidos para o português. Visto que na literatura inglesa não é possível certificar-se se a palavra *drought* é utilizada para a caracterização de seca ou de estiagem.

O dicionário Aurélio classifica seca como a falta de chuva ou o período em que a ausência dessa acarreta graves problemas sociais.

Apesar de ser uma característica normal do clima, a seca é difícil de ser monitorada e causa diversos impactos sobre o meio ambiente, economia e sociedade. Difere-se de outras ocorrências naturais, visto que, ao contrário daquelas, esse fenômeno possui, normalmente, um início lento, uma longa duração e pode se espalhar por uma extensa área (FREITAS, 1998). Sua ocorrência pode se dar em áreas úmidas ou áridas, uma vez que está relacionada a uma condição média do balanço entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração³ em uma determinada área (WILHITE et al., 1987).

Segundo Danni-Oliveira & Mendonça (2007, p. 194), “a noção de seca está associada ao fato de a vegetação cultivada ou nativa de um determinado lugar não atingir o estágio de maturidade por serem as chuvas tardias ou insuficientes”. Para os autores, ainda que muitas vezes

³ Segundo Penman (1948), evapotranspiração é a evaporação natural das águas abertas, dos solos nus e da vegetação.

os volumes pluviométricos sejam compatíveis com as médias normais, a forma e a repartição das chuvas podem acarretar a não-maturação da vegetação, chegando à conclusão de que a seca está ligada à quantidade de água de chuva útil ao desenvolvimento da vegetação.

Palmer (1965) acredita que é difícil de encontrar uma definição completa da seca. Superficialmente pode-se dizer que a seca é a precipitação mensal ou anual em porcentagem menor do que a normal; ou condição que prevalece sempre que a precipitação é insuficiente para satisfazer as necessidades de atividades humanas. Segundo o autor, uma das problemáticas é desenvolver um método para calcular a quantidade de precipitação que deveria ter ocorrido em uma determinada área durante um determinado período de tempo, ou seja, para responder a seguinte questão: que quantidade de precipitação deve ocorrer durante um determinado período para que sejam mantidos os recursos hídricos mensurados e para que se possa atender a seus usos?

Por conta das diferentes características regionais e níveis de utilização de água, as secas são percebidas de modo diferente. O que faz com que ocorram variadas definições de seca e, conseqüentemente, diferentes metodologias de análise.

Segundo American Meteorological Society (1997), a relação entre os diferentes tipos de seca é complexa e se divide nas seguintes categorias: **seca meteorológica**, ocorre quando as condições atmosféricas resultam numa redução ou abstenção da precipitação. Estas podem ser prolongadas ou abruptas; **seca hidrológica**, ocorre, normalmente, no fim de um período muito longo de seca meteorológica e afeta o abastecimento de água subsuperficial, gerando redução de vazões subterrâneas em reservatórios e dos níveis dos lagos; **seca socioeconômica**, a qual associa o fornecimento e a procura de algum bem de valor econômico com elementos da seca meteorológica, agrícola e hidrológica; e **seca agrícola**, tem duração de poucas semanas, ocorre no período crítico durante a estação de desenvolvimento dos vegetais. Para Palmer (1965), uma seca agrícola está relacionada ao déficit de evapotranspiração.

De acordo com Santos (1998), variáveis como precipitação, temperatura, escoamento superficial, evaporação e evapotranspiração, nível freático, água no solo, ou as disponibilidades de água do sistema de abastecimento podem caracterizar os eventos de seca. Dependendo das variáveis instrumentais a seca será correlacionada a um tipo de análise, conforme a Tabela 1. Para a autora, as secas podem ter conseqüências diretas e indiretas, sendo as diretas o fornecimento deficiente de água para abastecimento urbano, os prejuízos na

agricultura, indústria e produção de energia elétrica, além de restrições à navegação e pesca. Já as indiretas se referem aos incêndios florestais, problemas fitossanitários, erosão do solo, desertificação e elevação da concentração de poluentes nos meios hídricos e consequente degradação da qualidade da água.

Tabela 1 - Associação de variáveis instrumentais e tipos de secas.

Tipo de análise	Variáveis instrumentais
Seca agrícola	Água no solo Escoamento Superficial Evapotranspiração Nível freático Volume armazenado de água
Seca socioeconômica	Disponibilidades de água nos sistemas de captação de água para abastecimento (escoamento superficial, nível freático, volume armazenado de água)
Seca hidrológica/meteorológica	Temperatura Precipitação Escoamento superficial Nível freático Água no solo Evaporação Evapotranspiração Volume armazenado de água

Fonte: adaptado de Santos, 1998.

Cunha et al. (1980) acreditam que o aumento de pesquisas e atenção aos problemas das secas se deve ao fator “necessidades de água *versus* disponibilidades limitadas”. Frente a isso, Santos (1998, p. 02) cita que:

o aumento do consumo de água motivado pela concentração urbana, pela industrialização, pelo crescimento populacional e pela subida do nível de vida das populações, e o aumento dos volumes de efluentes lançados nos cursos de água determinam situações tendenciais e inevitáveis de carência de água, agravadas pela ocorrência de secas.

A seca também possui outras características peculiares, como desenvolvimento geralmente lento, dificuldade de detecção do seu início

e fim, bem como, a natureza cumulativa dos seus efeitos no tempo (PAULO, 2004). Para a autora, os efeitos iniciais da seca atingem de imediato a agricultura, uma vez que esta atividade depende diretamente do armazenamento de água no solo. Já as atividades dependentes de reservas subterrâneas normalmente são as últimas a serem afetadas. A partir do momento em que as condições normais de precipitação são restabelecidas, a reposição de água ocorre no sentido inverso: primeiro a reserva de água no solo e por último as águas subterrâneas. Seu tempo de recuperação dependerá de fatores como a duração da seca, sua severidade e do volume de precipitação verificada após seu término.

De acordo com SEDEC (2003) considera-se que há estiagem quando o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias ou quando as médias mensais de precipitação pluviométrica dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, da região considerada.

Durante o período de seca, ocorre uma ruptura do metabolismo hidrológico, diminuição das reservas hídricas de superfície e subsuperfície, e o aumento da evaporação da água contida nos reservatórios e a transpiração da água existente nos organismos vegetais e animais aumenta em consequência da redução dos níveis de umidade relativa do ar, aumento da insolação e do incremento do regime de ventos secos (SEDEC, 2003).

Conforme Barry e Chorley (2013), todas as regiões do planeta sofrem a condição temporária, mas de recorrência irregular, da seca, com destaque aquelas com climas marginais influenciados alternativamente por mecanismos climáticos diferentes. Segundo os autores as causas das condições de seca são: 1) O aumento no tamanho e na persistência de células de alta pressão subtropicais; 2) Mudanças na circulação das monções de verão, causando postergação ou ausência de incursões tropicais úmidas; 3) Temperaturas baixas anômalas nas superfícies oceânicas produzidas por mudanças em correntes ou pela maior ressurgência de águas frias, e 4) Deslocamento de trilhas de tempestade em latitudes médias, o que pode estar associado à expansão de ventos ocidentais circumpolares para latitudes menores, ou ao desenvolvimento de padrões de circulação bloqueadores e persistentes em latitudes médias.

No Brasil, Castro (1996) caracteriza a seca como uma estiagem prolongada que reduz as reservas hídricas existentes.

As estiagens são menos intensas e de menor duração que as secas. No entanto, como as estiagens ocorrem com relativa frequência, em áreas mais produtivas e de maior importância econômica do que as áreas

de secas, ela produz reflexos sobre o agronegócio, comprometendo o abastecimento, a produção de alimentos e a economia regional (SOUSA JÚNIOR; SAUSEN; LACRUZ, 2011).

Conforme Gonçalves e Moller (2007), os períodos de estiagem em Santa Catarina estão associadas ao fenômeno La Niña que intensifica os bloqueios atmosféricos nos oceanos Pacífico e Atlântico, inibindo a chegada de frentes frias. Os autores também destacam a intervenção humana no ambiente que atua como agravante deste tipo de desastre natural, através das formas de utilização e manejo dos recursos hídricos.

Por conta da complexidade desses fenômenos naturais, nenhum índice em particular, tem sido hábil para representar de forma perfeita a intensidade, a severidade e os impactos da seca/estiagem nos variados segmentos da atividade humana (HEIM JUNIOR, 2002).

Levando em consideração o exposto, optou-se para esse trabalho utilizar seca e estiagem como sinônimos, visto que o termo “seca” engloba “estiagem” e também por ser o termo utilizado na classificação dos índices aqui estudados.

2.8 EFEITOS DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO

As chuvas em excesso ou a falta dela podem ocasionar diversos impactos aos mais variados setores. A seguir são relacionados alguns efeitos que comumente interferem nas atividades humanas.

2.8.1 Efeitos na agricultura

A agricultura é uma das atividades que mais dependem dos fatores climáticos, cujas alterações refletem na produtividade, bem como, no manejo das culturas e nos fatores econômicos, políticos e sociais. De acordo com previsões de longo prazo, as regiões tropicais e subtropicais podem ser as mais afetadas pelos eventos extremos oriundos das mudanças climáticas (LIMA; CABRAL; MIGUEZ, 2001).

Sanghi e Mendelsohn (2008) estimam que um aumento de 8% na precipitação média pode levar a perdas de 20% na renda líquida do setor agrícola brasileiro, contudo há ainda o paradoxo da ocorrência de secas em algumas regiões devido à irregularidade na distribuição das chuvas. A concentração de chuva sobre determinada área representa maior potencial erosivo, inundações, assoreamentos e outros prejuízos.

Também são previstos maiores volumes de chuva em latitudes maiores nos meses de março a maio e setembro a novembro, atingindo, respectivamente, a fase de colheita no verão e os cultivos de inverno em

plena fase reprodutiva. O volume elevado de precipitação na primavera possibilita maior incidência de doenças nos cultivos de inverno (trigo) e riscos de erosão hídrica no solo, prejudicando os preparos do solo para os cultivos de verão (SIQUEIRA; STEINMETZ; SALLES, 2001).

2.8.2 Efeitos na indústria e na economia

As regiões norte e Nordeste deverão ser as mais impactadas no Brasil com as mudanças climáticas, elevando as disparidades regionais de renda. Estimando-se uma queda de renda da atividade agrícola nessas regiões, é recomendado o fortalecimento de políticas sociais para mitigar tais efeitos (EVERSON; ALVES, 1998; FÉRES; REIS; SPERANZA, 2011). Na indústria, ocorre o aumento de custo, redução na produção, interrupção temporária de produção e demissão de colaboradores (PERON, 2014).

No Brasil, os gastos com eventos de seca e estiagem podem alcançar mais de 20 bilhões de reais e no estado de Santa Catarina 700 milhões de reais (ROHMAN, 2013), sem contar a redução no rendimento das plantações e cultivos; dano e morte de animais; erosão e ressecamento do solo – tornando-o improdutivo ou de baixa produtividade e dificuldade na recuperação econômica. Nas grandes secas, a perda de produção é total (SAMPAIO, 2007). Em 1983, com a ocorrência do fenômeno El Niño, as chuvas intensas causaram uma perda econômica de aproximadamente US\$1,1 bilhão em todo o Estado de Santa Catarina. Já no ano de 2008, essas perdas totalizaram cerca de US\$350 milhões (PEZZA; SIMMONDS, 2005).

Em um panorama nacional, estima-se que, de 2000 a 2013, mais de 8 milhões de pessoas tenham sido afetadas por eventos extremos de seca e de chuva, impactando a economia com prejuízos em torno de R\$64,2 bilhões (ROHMAN, 2013), conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 - Eventos extremos de chuva, enchente e seca no Brasil

Ano	Mês	Evento	Detalhes	População afetada	Perda econômica estimada
2000	Ago-Set	Chuva	3-7 vezes a precipitação normal diária.	87 mil	---
2001	Dez-Mai	Seca	Seca durante a estação normal de chuvas. Provoca falta de energia devido à redução da energia hidrelétrica.	1 milhão	R\$26bi
2002	Dez-Mai	Seca	Seca persistente durante a estação normal de chuvas. Falta de energia.	---	---
2003	Jan	Enchente	Chuva torrencial e seca nos estados do Nordeste.	206 mil	R\$25bi
2004	Dez-Fev	Enchente	Grandes enchentes em janeiro nos estados do Nordeste.	5 mil	R\$0,3bi
2005	Dez-Mar	Seca	Pior em 60 anos, nível mais baixo do Amazonas em 30 anos, o Sul do Brasil experimentou graves impactos na agricultura e desabastecimento de água.	200 mil	R\$1,7bi
2006	--	Seca	Região Sul do Brasil experimentou condições de seca com perdas em torno de 11% na produção de soja.	1 milhão	---
2007	Jan	Enchente	Chuva pesada e enchente.	200 mil	R\$0,1bi
2008	Nov	Enchente	Chuva pesada & enchente resultaram em 84 fatalidades, a pior tragédia climática da região de Santa Catarina. Registrados mais de 500 mm de chuvas, incluindo mais de 200 mm em 24 horas.	1,5 milhão	R\$0,4bi

(continua)

Quadro 1 – continuação

Ano	Mês	Evento	Detalhes	População afetada	Perda econômica estimada
2009	Abr	Enchente	Chuvas torrenciais causaram enchentes e deslizamentos de terra.	1,9milhão	R\$0,5bi
2009	Nov	Enchente	Várias tempestades torrenciais afetaram a região Sul do Brasil, produzindo registros diários e mensais de precipitação.	1,2milhão	R\$0,6bi
2010	Jul-Set	Seca	Pior seca em quatro décadas no Norte e Oeste da Amazônia.	62mil	---
2010	Abr	Enchente	No Rio de Janeiro, 279 mm de chuvas caíram em um período de 24 horas, o evento de chuva mais pesado registrado em 48 anos.	100mil	R\$0,1bi
2011	Jan	Enchente	Grave enchente no estado do Rio de Janeiro, causando 902 mortes. 300 mm de chuva caíram em poucas horas na região mais afetada. A chuva estava associada às TSMs mais quentes registradas e à Zona de Convergência Subtropical – ZCST.	1,2milhão	R\$1,2bi
2013	-	Seca	Em algumas áreas no Nordeste do Brasil não choveu durante mais de um ano. Uma das secas mais expressivas nos últimos 50 anos. Possíveis perdas na agricultura.	---	R\$8,3bi

Fonte: Adaptado de Rohman, 2013.

No estado de Santa Catarina cenários de eventos extremos são mais comuns. De 1980 a 2003, foram constatados 89 eventos para o Brasil, enquanto que somente no Estado de Santa Catarina foram computados 3.373 desastres naturais no mesmo período. Esses registros incluem apenas as ocorrências que levaram os municípios a decretarem Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública. Desse modo, se forem considerados também os acidentes que envolvem danos menores, estes números podem ser muito maiores (TOMINAGA et al., 2009).

No ano de 2006, foram liberados R\$2,46 milhões para combater os efeitos da seca que vinham atingindo a região catarinense nos últimos 70 anos (AGÊNCIA ESTADO, 2006).

Em novembro de 2008 o estado sofreu com a ocorrência de uma enchente causada por alto volume pluviométrico. Apenas cinco meses depois, em abril de 2009, mais de 12 mil pessoas foram afetadas pela seca que atingiu o estado, causando R\$400 milhões em prejuízos (ESCANDIUZZI, 2009).

Já no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2013 foram registrados, pela Defesa Civil de Santa Catarina, 970 casos de desastres naturais (MAGNAGO et al., 2015). Em 2012, mais da metade das cidades de SC decretaram emergência por conta da seca, os prejuízos estimados foram de R\$700 milhões e atingiu cerca de 820 mil pessoas, sendo que 500 mil estavam em zona rural (VALENTINI, 2012).

No ano de 2015 a chuva provocou estragos em 88 cidades e atingiu 18.725 pessoas no Estado (THOMÉ, 2015).

2.8.3 Efeitos na produção de energia elétrica

O sistema brasileiro de produção energética é fortemente dependente da disponibilidade hídrica de médio e longo prazo (91% da produção energética provém de hidrelétricas) (TUCCI; BRAGA, 2003).

Segundo Santos et al. (2009), os eventos climáticos extremos associados ao aumento de temperatura e anomalias das chuvas poderão afetar o consumo de energia.

Os efeitos das secas e estiagens incentivam o colapso energético resultante do racionamento de água. Para Jesus (2015, p. 11 e 12),

num lado a sociedade vive a restrição de recursos que gira em torno da redução de água e por outro, a miséria estrutural do setor, que encarece a energia elétrica para a população e para a

produção, comprometendo a sustentabilidade social, econômica e ambiental.

O racionamento de energia elétrica no ano de 2001 devido ao baixo nível dos reservatórios que ocorreu em várias regiões do Brasil é um dos vários exemplos da vulnerabilidade da sociedade brasileira a essa anomalia climática, resultando em implicações tanto hidrológicas, quanto socioeconômicas (BLAIN, 2005).

Em 2015, a estiagem que atingiu as regiões norte e nordeste do País, elevou o custo da energia em até 50% para alguns segmentos da indústria, que paralisaram cerca de 80% da produção (AYER, 2015).

2.8.4 Efeitos no Balanço hídrico

O balanço hídrico climatológico é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo e é obtido pela medida de diversos componentes de entrada e saída de água na camada do solo explorada pelas raízes num determinado período. Há seis formas de aporte de água no solo: precipitação, orvalho, escoamento superficial (run in), drenagem lateral, ascensão capilar e irrigação e quatro formas de saída desta água: a evapotranspiração, escoamento superficial (run off), drenagem lateral e drenagem profunda (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A chuva e o orvalho são dependentes do clima da região, enquanto que as demais entradas dependem do tipo de solo e relevo da região.

A irrigação, utilizada para manter o armazenamento em nível adequado às necessidades das plantas, é função do próprio balanço hídrico, integrando os efeitos do clima, do solo, e do tipo de planta. O orvalho representa uma contribuição máxima de 0,5 mm.d⁻¹ em locais úmidos e em regiões ou épocas secas essa contribuição é desprezível (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

As entradas e saídas do escoamento superficial e drenagem lateral tendem a se compensar, desde que a superfície externa do volume de controle não seja muito grande.

Drenagem profunda e ascensão capilar representam a saída e entrada de água pela parte inferior do volume de controle. A drenagem profunda expressa o excesso de água que penetrou no volume através das chuvas ou irrigação. Quanto mais profundo o volume de controle, menor a drenagem profunda e maior a ascensão capilar (PEREIRA, VILLA NOVA, SEDIYAMA 1997). Conforme os autores, o volume de

controle é determinado pelo conjunto solo-planta-clima. Se o solo for profundo e a demanda atmosférica for alta, as raízes se aprofundam na procura de mais água para atender a essa demanda hídrica, se a demanda for baixa, um volume menor será suficiente. Em solos argilosos que retêm mais água, as raízes não necessitam se aprofundar tanto quanto em solos arenosos, que retêm menor quantidade de água. Essa água retida no solo para ser utilizada pelas plantas é chamada de Capacidade de Água Disponível (CAD).

No entanto, o solo não é um reservatório passivo, à medida que este seca, a água fica mais fortemente retida e mais difícil de ser extraída de seu interior. Isso significa que as plantas gastam mais energia buscando por água, ocasionando redução no crescimento e na produção.

Conforme Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997) partindo-se do suprimento natural de água ao solo, simbolizado pelas chuvas (P), e da demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (EP), e com uma CAD apropriada ao tipo de planta cultivada, o balanço hídrico climatológico fornece estimativas da evapotranspiração real (ER), da deficiência (DEF), do excedente (EXC), e o armazenamento de água no solo (ARM), tanto em escala diária quanto mensal.

Então, para que não haja e nem excesso nem deficiência hídrica, a chuva deveria ser igual à evapotranspiração (ET). Portanto, a ET representa a chuva ideal. No planeta essa situação acontece somente em alguns períodos ano, no entanto, em algumas regiões como as tropicais há excesso praticamente o ano todo. Nas regiões tropicais também é comum haver excessos numa época e deficiência em outra. A magnitude dos excessos e deficiências depende do conjunto solo-planta-clima.

Dependendo o período de tempo que esta deficiência hídrica se estende – evapotranspiração maior que precipitação pluviométrica – ela pode ser caracterizada como estiagem ou seca.

Castro et al. (1996) afirmam que nas estiagens ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos à agricultura e à pecuária. Com a alteração dos volumes de precipitação a evapotranspiração também é afetada, contribuindo para o estresse hídrico das plantas e, conseqüentemente, afetando a produtividade agrícola.

2.8.5 Efeitos socioambientais

Dentre os efeitos sociais que a seca e estiagem ocasionam estão as desigualdades regionais de renda (SILVA; MAGALHÃES, 2013). Além disso, há o aumento no preço dos alimentos, desemprego e baixa disponibilidade de água para consumo doméstico – afetando a saúde e higiene. A seca prolongada contribui para a fome, a pobreza e a desnutrição, além de causar surtos de doenças infectocontagiosas e respiratórias, entre outros agravos, e também influenciar no processo de migração de populações (GRIGOLETTO, 2016).

No Brasil, mais de 8 milhões de pessoas vivem em áreas de risco acentuado de estiagem (UNISDR, 2010), essas pessoas também são severamente afetadas em razão, principalmente, do histórico de doenças de veiculação hídrica, daquelas transmitidas por vetores e das respiratórias (PBMC, 2015).

Para mitigar os resultados da seca e viabilizar um desenvolvimento com avanços sociais tem de haver o manejo e distribuição adequada da água. Porém, como a gestão desse recurso e a política de irrigação, em particular, são feitas de maneira ineficiente, o acesso à água se torna desigual entre as empresas e fazendeiros do agronegócio e os pequenos produtores da agricultura familiar (PEREIRA; CUELLAR, 2015).

Percebe-se, então, que a seca não é um problema exclusivamente meteorológico, mas essencialmente social. Wilhite et al. (1987) acreditam que o estudo da seca não deve ser afastado do contexto social.

Além das estiagens e secas, as enchentes afetam a qualidade e o acesso à água, favorecendo, em algumas situações, a incidência de doenças infecciosas como a leptospirose, as hepatites virais, as doenças diarreicas e não transmissíveis, incluindo desnutrição (BRASIL, 2008).

No constante às consequências ambientais, há o comprometimento dos serviços de saneamento ambiental, da qualidade da água e do solo, e também interferência nos ciclos de vetores e reservatórios de doenças (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2015).

2.9 ÍNDICES DE CHUVA

A distribuição espacial e temporal da precipitação pode ocasionar períodos de abundância e escassez de chuva, resultando em consequências catastróficas e impactos sobre a sociedade (CUADRAT;

PITA, 2006).

Em função disso, para determinar os períodos de seca e chuva acima do normal, bem como sua prevenção, foram criados vários métodos que estão sendo utilizados em diversas partes do mundo para monitorar e quantificar a variabilidade da precipitação, através de dados estatísticos, entre os quais, destacam-se os índices de quantificação de chuva e/ou de seca utilizados neste trabalho. Porém, conforme Siqueira (2016), do mesmo modo que não existe uma definição única de seca, não há nenhum índice que atenda aos requisitos de todas as aplicações.

A diversidade de metodologias é um ponto positivo, uma vez que a reunião de múltiplos índices pode proporcionar melhores indicações sobre os fenômenos.

De acordo com Blain e Brunini (2007), o monitoramento do fenômeno seca, nos dias atuais, utiliza índices que padronizam em base espacial e temporal dessa anomalia climática.

2.9.1 Índice de Concentração (IC)

O Índice de Concentração (IC) é usado para medir a sazonalidade e heterogeneidade diária, através do qual os extremos de precipitação podem ser quantificados por meio da análise da frequência com que a chuva cai e também através da heterogeneidade dos valores de precipitação (SIQUEIRA, 2016).

Esse índice teve origem em 1962 através da elaboração de um artigo por Gibbs e Martin (1962), com a intenção de desenvolver um índice para quantificar a diversificação do emprego nas indústrias para uma posterior análise regional comparativa. Por meio do número de funcionários de uma determinada categoria industrial, os autores apontaram que essa diversificação industrial poderia ser medida em uma escala variando de zero a um. O valor zero denota que nenhuma diversificação foi constatada (OLIVER, 1980). Em decorrência dessa análise os autores chegaram a duas soluções hipotéticas. A primeira considera que o número total de trabalhadores é o mesmo e a força de trabalho total fica concentrada em apenas uma indústria. Já a segunda considera que cada uma das doze indústrias avaliadas para o estudo tem um número igual de funcionários. Desse modo, o índice de diversificação próximo à zero indica concentração total industrial, ao passo que próximo a 0,92 indica a diversificação total.

Para Martin-Vide (2004), a probabilidade de pequenos montantes diários de precipitação em um determinado local e período é maior do

que a de grande quantidade diária da mesma, deste modo, se iniciando com a classe mais baixa da precipitação diária, as frequências absolutas desta irão diminuir exponencialmente.

O IC passou a ser aprimorado por outros estudiosos, como Clemente e Sturgis (1971), os quais explicam que o valor máximo de diversificação absoluta depende do número de casos utilizados na análise. No estudo realizado por Gibbs e Martin (1962), foram analisadas doze indústrias com uma margem de aproximadamente 0,92 de diversificação, contudo se dez indústrias tivessem sido avaliadas, o valor máximo seria 0,90. Os autores observaram, então, que para o índice ser válido em estudos comparativos o mesmo número de categorias deve ser utilizado. Essas informações foram então transformadas em um índice capaz de quantificar a concentração da precipitação.

2.9.2 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

De acordo com Repelli et al. (1998), o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é mais apropriado para uso em regiões semi-áridas e tropicais.

Um dos principais fatores do uso desse índice é a facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real o que faz dele uma potencial ferramenta para aplicações de monitoramento durante a estação chuvosa (SOUZA, 2014).

O uso do IAC em pesquisas científicas vem propiciando resultados significativos, revelando-se como uma importante ferramenta de análise das precipitações considerando-se sua facilidade procedimental, devido aos recursos computacionais (planilha eletrônica) e a determinação qualitativa de anomalias extremas (SANCHES et al., 2014).

Procurando comparar índices que fossem aptos a expressar o grau de severidade de secas e o teor de umidade do solo para o agreste paraibano na região da Borborema, Azevedo e Silva (1995) utilizaram em seu trabalho o IAC, o qual se demonstrou uma ferramenta de aplicação simplificada, uma vez que utiliza apenas uma variável para análise.

Araújo et al. (2007, 2009a, 2009b) utilizaram o IAC para analisar a climatologia no espaço geográfico da bacia do rio Paraíba e a influência na variabilidade espaço-temporal das chuvas na região. Um dos resultados observados nesse trabalho é que esse índice pode ser

utilizado como ferramenta para o acompanhamento climático de uma região, monitorando, gerando prognósticos e diagnósticos climáticos.

No estudo realizado por Silva Junior et al. (2011), foi objetivado utilizar o IAC como indicador climático da variabilidade pluviométrica na microrregião de Gurupi (TO). A série histórica utilizada foi de um período entre 1974 e 2006 de cinco estações pluviométricas pertencentes à ANA. Através dos resultados pode-se observar a existência de grande variabilidade pluviométrica regional, registrando eventos considerados como “muito secos” durante anos consecutivos em alguns municípios, bem como, anos “extremamente úmidos”.

2.9.3 Índice de Precipitação Padronizada (IPP)

O Índice de Precipitação Padronizada foi criado por McKee et al. (1993) e estima o déficit de precipitação para múltiplas escalas de tempo que refletem o impacto da seca na disponibilidade de fontes de água (FERNANDES et al., 2009).

De acordo com Edwards et al. (1997), esse índice é calculado a partir de uma série de precipitação a longo prazo, ajustado a uma distribuição de probabilidade, que posteriormente será transformada em uma distribuição normal, de maneira que o IPP médio desejado para determinada localização e período seja igual a zero.

Os valores positivos de IPP indicam precipitação maior do que a normal, enquanto valores negativos indicam precipitação menor que a normal. Como o IPP é normalizado, climas mais secos ou úmidos podem ser representados da mesma forma (FERNANDES et al., 2009).

2.9.4 O Índice de Concentração de Precipitação (ICP)

O Índice de Concentração de Precipitação (ICP) foi desenvolvido por Oliver (1980) e, posteriormente, modificado por De Luis et al. (1997). Seu uso é recomendado, pois fornece informações sobre variabilidade total de longo prazo na quantidade de precipitação recebido (MICHIELS et al., 1992).

Em um estudos realizados por Coscarelli e Caloiero (2012) foi verificado que o lado oriental da região Sul da Itália apresenta altos valores em ambos os índices, IC e ICP. No entanto, De Luis et al. (2010), ao avaliarem a relação entre tendências de ICP e precipitação média anual na Espanha, apontaram um comportamento inverso entre precipitação anual e sazonal dos valores do índice no local. Já Mueller et

al. (2011) indicaram em seu estudo que o aumento de eventos de precipitações intensas na Europa central ao longo dos últimos 35 anos foi mais relevante na estação do verão (julho a setembro), porém sendo detectado também em outras estações do ano.

2.10 TESTE DE TENDÊNCIA

O estudo de tendências em séries temporais são importantes para identificar se as atividades humanas e mudanças climáticas influenciam ou podem vir a influenciar na distribuição da precipitação.

As mudanças nas séries hidrológicas podem ocorrer de forma abrupta, gradualmente ou de forma mais complexa. Tais mudanças podem ser identificadas à nível anual, mensal, sazonal ou suprasazonal.

A constatação de alterações nas séries hidrológicas são geralmente dificultados, devido à ausência de valores ou pela falta de homogeneidade – justificadas, por exemplo, pelas alterações nos instrumentos e técnicas de observação. Em alguns casos, há também problemas relacionados à séries de dados que não são suficientemente longas (QUEIROZ, 2013).

Para identificar tendências ou não em séries hidrológicas, faz-se necessário o uso de testes válidos, com dados que atendam aos pressupostos dos testes adotados.

Existem os testes paramétricos e os não paramétricos. Os paramétricos devem sempre assumir determinada distribuição da probabilidade para as variáveis que serão analisadas. Por exemplo, ao se testar a significância estatística de um coeficiente da regressão pelo método dos mínimos quadrados, é imprescindível assumir que os termos de perturbação aleatória são normalmente distribuídos. Já os não-paramétricos permitem testar a significância estatística dos resultados, dispensando qualquer pressuposto no que concerne à distribuição de probabilidade das variáveis.

Apesar de os testes paramétricos serem amplamente utilizados na estatística, eles não são eficientes para muitas séries hidrológicas, visto que necessitam assumir a independência dos dados e muitas vezes uma distribuição normal. Para muitas séries hidrológicas, esses pressupostos não são adequados. Muitas séries hidrológicas raramente seguem uma distribuição normal. Nos métodos não paramétricos, menos suposições sobre os dados precisam ser feitas. Com esses métodos, não é necessário assumir uma distribuição de probabilidades (QUEIROZ, 2013).

Thom (1966) apresenta alguns métodos de análise climatológica

em nota técnica da Organização Mundial de Meteorologia (OMM) nº 81 e na nota técnica nº 100 da OMM (1983), que compõem um conjunto de recomendações de testes para detectar mudança ou tendência. Dentre eles está o teste de Mann-Kendall. Segundo Penereiro e Ferreira (2011), esse teste é o mais apropriado para analisar mudanças climáticas.

Nesse teste, ao se supor a estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples) (BACK, 2001).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos em todo o mundo, baseados na recomendação da OMM e de testes estatísticos complementares, com a finalidade de identificar tendências de aumento ou diminuição de precipitação.

Na estação meteorológica de Urussanga – SC, Back (2001) identificou tendências anuais da temperatura e precipitação pluvial por meio dos testes Run, de Mann-Kendall e de Pettitt. Na análise dos resultados foi possível verificar uma tendência significativa no aumento da temperatura média anual e na temperatura média do mês de janeiro. No mês de julho não foi identificada nenhuma tendência significativa referente à temperatura média. O autor também observou uma significativa disposição de aumento da precipitação pluvial total anual, e da precipitação pluvial total no quarto trimestre. Não foi identificada tendência significativa nos três primeiros trimestres do ano.

Souza et al. (2011) ao estudarem a influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande – PB, no período de 1963 a 2004, concluíram que a precipitação pluviométrica anual apresentou comportamento estacionário ao longo do período estudado.

Minuzzi e Caramori (2011) analisaram o comportamento sazonal e anual da chuva e de veranicos em 21 estações hidrológicas localizadas no estado do Paraná por meio do teste de Mann-Kendall e análise de regressão. Ambos os testes mostraram que, nas últimas décadas, a quantidade de chuva anual tem aumentado, sobretudo na primavera.

3 MATERIAL E MÉTODO

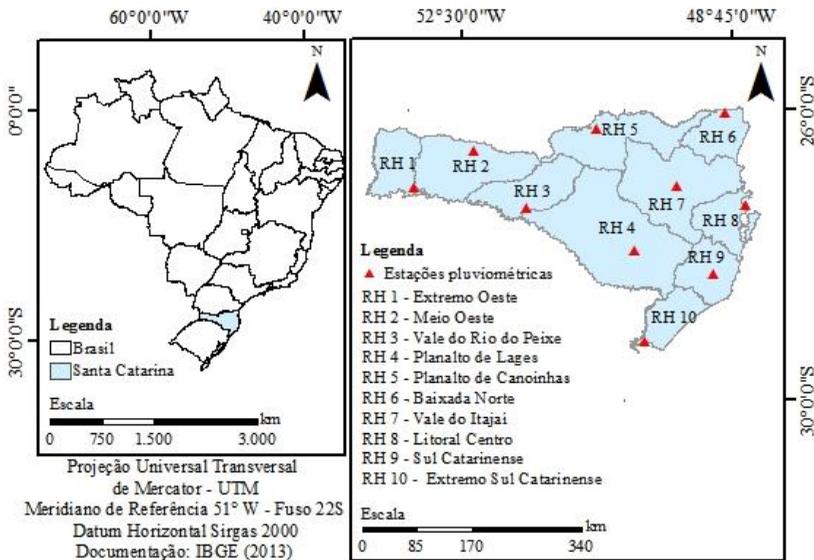
Dentre os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho estão o levantamento de bibliografia pertinente ao tema – apresentada nas seções anteriores –, a seleção da série temporal e espacial dos dados pluviométricos e sua organização, a aplicação do Índice de Concentração, Índice de Anomalia de Chuva, Índice de Precipitação Padronizada, Índice de Concentração de Precipitação, Teste de Mann-Kendall e a produção de gráficos, mapas e tabelas a partir dos resultados obtidos.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado de Santa Catarina possui área aproximada de 95 mil km² e uma extensão litorânea de 561,4 km, que abriga mais de 6,7 milhões de habitantes e situa-se no centro da região sul do Brasil. Está localizado entre os paralelos 25°57'36" e 29°21'48"S e entre os meridianos 48°19'37" e 53°50'00" W. Os limites geográficos são os estados do Paraná (norte), Rio Grande do Sul (sul), Argentina (oeste) e o Oceano Atlântico (leste) (ALESC, 2016; PRATES et al., 1989).

O estado está dividido administrativamente em 295 municípios, que por sua vez são agrupados em seis mesorregiões (Grande Florianópolis, Norte Catarinense, Oeste Catarinense, Serrana, Sul Catarinense e Vale do Itajaí) e vinte microrregiões (Araranguá, Blumenau, Campos de Lages, Canoinhas, Chapecó, Concórdia, Criciúma, Curitibanos, Florianópolis, Itajaí, Ituporanga, Joaçaba, Joinville, Rio do Sul, São Bento do Sul, São Miguel do Oeste, Tabuleiro, Brusque, Tubarão, Xanxerê) (ALESC, 2016; FECAM, 2016). Além disso, Santa Catarina possui dez regiões hidrográficas, a saber: RH1 – Extremo Oeste; RH2 – Meio Oeste; RH3 – Vale do Rio do Peixe; RH4 – Planalto de Lages; RH5 – Planalto de Canoinhas; RH6 – Baixada Norte; RH7 – Vale do Itajaí; RH8 – Litoral Centro; RH9 – Sul Catarinense e RH10 – Extremo Sul Catarinense, conforme Figura 5.

Figura 5 - Mapa de Localização de Santa Catarina



Organização: Autora, 2017.

As regiões hidrográficas são agrupamentos de municípios que pertencem a uma área hidrográfica de características físicas bem semelhantes. Essa divisão foi objeto para a determinação espacial e escolha das estações pluviométricas que representassem cada área.

3.1.1 Caracterização climática de Santa Catarina

A variabilidade sazonal resultante do movimento de translação em torno do Sol faz com que ocorra a variação climática natural, não periódica e bastante complexa, de um local ou região ao longo do ano (NERY et al., 2013).

Apesar de já existirem recursos tecnológicos para reduzir os impactos da variabilidade climática, as anomalias do clima continuam provocando destruição no sistema ambiental e socioeconômico, com reflexo nas mais diversas atividades humanas, como na pecuária, indústria e produção de energia (NUNES; LOMBARDO, 1995).

De acordo com Nery et al. (2013, p. 361-362),

O clima apresenta variabilidade do espaço e no tempo sazonal e interanual. A escala temporal pode variar de horas até milênios e os estudos em

recursos hídricos geralmente analisam o comportamento dos sistemas hídricos dentro da escala anual, para períodos de dados normalmente da ordem de 15 a 80 anos. O estudo do comportamento climático na escala decadal ou tempos maiores permite analisar a influência do comportamento climático sobre o sistema global e, em específico, os recursos hídricos.

Devido a sua localização geográfica, Santa Catarina é um dos Estados brasileiros que apresenta melhor distribuição de precipitação pluviométrica durante o ano. Dentre os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no estado estão as frentes frias⁴, os vórtices ciclônicos⁵, os cavados de níveis médios⁶, a convecção tropical⁷, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)⁸ e a circulação marítima. Seu relevo possui contribuição fundamental para a distribuição diferenciada da precipitação em distintas áreas do Estado. Sendo que, em regiões mais próximas às encostas de montanhas, as precipitações são mais abundantes, já que a ascensão do ar úmido e quente favorece a formação de nuvens cumuliformes (nuvens de desenvolvimento vertical, em grande extensão que dão origem a forte precipitação), resultando no aumento do volume de precipitação local. Desta forma, índices maiores de precipitação são observados nos municípios próximos à encosta da Serra Geral, quando comparados aos da zona costeira (MONTEIRO, 2001).

Monteiro (2001) caracterizou as estações do ano para o Estado de Santa Catarina da seguinte forma:

Verão – há intensidade de calor e altos níveis de umidade, com ocorrência de pancadas de chuva, principalmente no período da tarde. A passagem de frentes frias resulta em tempestades com chuvas de forte intensidade, descargas elétricas, rajadas de ventos fortes e granizo. Tal condição ocorre em todas as regiões do estado de Santa Catarina. As temperaturas mínimas variam em torno dos 20°C e as máximas geralmente ultrapassam os 30°C. Já no Planalto, por conta da altitude, as temperaturas são mais amenas, as mínimas ficam em torno dos 15°C e

⁴ Ocorre quando o ar frio, mais denso e mais pesado, empurra o ar quente para cima e para frente (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

⁵ Caracterizados como sistemas fechados de baixa pressão, que se formam na alta troposfera (GAN E KOUSKY, 1982).

⁶ Prolongamento de baixa pressão em um sistema aberto.

⁷ Corrente atmosférica predominantemente vertical com origem nos trópicos.

⁸Ver item 2.2.1.

as máximas chegam a 26°C.

Outono – nesse período há bloqueios atmosféricos, impedindo a passagem de frentes sobre o Estado, já que, normalmente, as frentes frias chegam ao Rio Grande do Sul e são desviadas para o oceano. Esses fatores proporcionam períodos de tempo bom e sem ocorrência de chuva. A diminuição na quantidade de precipitação, característica desta estação, ocorre em todas as regiões do Estado e muitas vezes ocasionam pequenas estiagens que são intensificadas em anos de La Niña.

Inverno – Os meses junho/julho/agosto caracterizam o trimestre hibernal no estado de Santa Catarina, apresentando tempo estável, com predomínio de céu claro e acentuado declínio de temperatura em todas as regiões do Estado, o que favorece a formação de geada e de nevoeiro, fenômenos típicos da estação. O volume pluviométrico dessa estação, na maioria dos municípios catarinenses, é muito pouco superior ao do outono, embora haja regularidade na passagem da frente. Do Planalto ao Oeste, as chuvas são mais volumosas que em áreas próximas ao litoral.

Primavera – esta estação apresenta tempo mais instável. Diferentemente dos meses de setembro e outubro, entre novembro e a primeira quinzena de dezembro, há um declínio na quantidade de precipitação. As poucas chuvas associadas à maior insolação resultam em pequenas estiagens.

De uma forma geral, Santa Catarina apresenta significativas variações espaciais no seu clima, as quais são consequências dos variados sistemas atmosféricos que atuam no Estado, relacionados às diferenças de altitude existentes entre o Planalto e regiões circunvizinhas (MONTEIRO, 2001).

Para caracterizar o clima local de uma região devem ser considerados diversos fatores: radiação solar, altitude, latitude, relevo, massas de ar, solo, cobertura vegetal, maritimidade, continentalidade e correntes oceânicas. Esses fatores condicionam os elementos climáticos, como por exemplo, temperatura, umidade do ar, precipitação, ventos e pressão atmosférica (BACK, 2009; MONTEIRO E MENDONÇA, 2007; AYOADE, CHRISTOFOLETTI, 2002; NIMER, 1989; PRATES et al., 1989; TORRES & MACHADO, 2012).

As zonas climáticas do planeta são, de um modo geral, identificadas pelos diferentes ganhos energéticos, os quais são influenciados pela inclinação do eixo da Terra (TORRES; MACHADO, 2012).

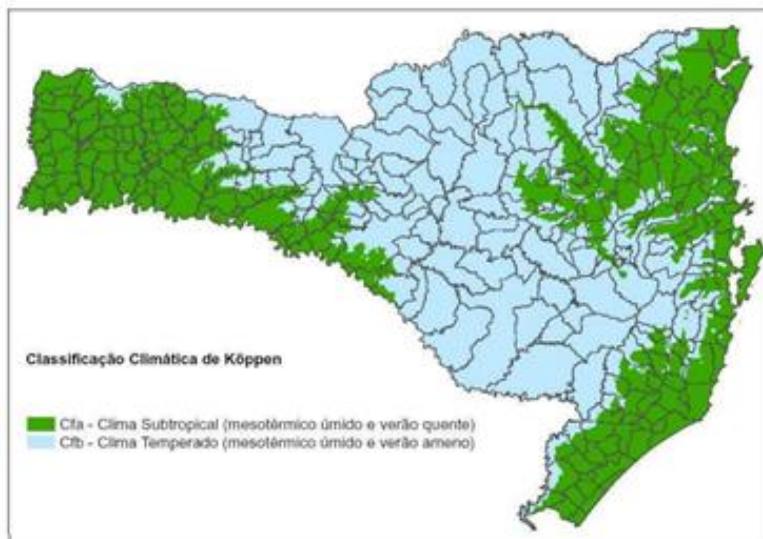
A classificação climática de Koeppen (1948) é um dos sistemas mais abrangentes. Essa classificação supõe que a vegetação natural é a

essência do clima de uma região (TORRES; MACHADO, 2012).

Koepfen (1948) classifica o clima de Santa Catarina como Subtropical (ou Mesotérmico úmido - Cf), subdividido em duas categorias (Figura 6):

- Cfa – clima subtropical: apresenta temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e temperatura média acima de 22°C no mês mais quente, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém sem estação seca definida;
- Cfb - Clima temperado propriamente dito: a temperatura média no mês mais frio é abaixo de 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e também não apresenta estação seca definida.

Figura 6 - Sistema de classificação climática segundo Koepfen para o Estado de Santa Catarina



Fonte: Pandolfo et al., 2002.

Quanto às temperaturas médias incidentes no estado, elas variam de 21,8°C no litoral a 13,0°C no planalto, sofrendo influência de massas polares, as quais conferem amplitude térmica entre 7°C e 10°C (SANTA CATARINA, 1986).

Em Santa Catarina a continentalidade, maritimidade, altitude e

relevo são os fatores que apresentam maior interação com os sistemas atmosféricos tornando-os estáveis ou instáveis. A influência desses fatores determina variações climáticas locais (BACK, 2009; MONTEIRO; MENDONÇA, 2007).

Por conta de sua posição latitudinal, o estado de Santa Catarina está submetido a diversos sistemas atmosféricos que atuam sobre o Brasil no decorrer do ano (MONTEIRO; MENDONÇA, 2007).

As massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Polar Atlântica (mPa) são as mais frequentes no estado (CEPED UFSC, 2013). Conforme Prates et al. (1989), a mTa possui temperaturas elevadas e forte umidade, oriunda da evaporação marítima. Já a mPa (que avança periodicamente sobre o estado) é muito fria, seca e estável e adquire umidade marinha quando em deslocamento.

O relevo do estado é bastante acidentado, com formações de depressão, planaltos, planícies e serras e não atua impedindo a circulação normal da atmosfera, mas sim no sentido de agravar as temperaturas mínimas em diversos locais do estado (PRATES et al., 1989).

No que concerne à rede hidrográfica, o território catarinense é drenado por numerosas bacias representadas por dois sistemas autônomos de drenagem: uma dirigida diretamente para o Oceano Atlântico, formando um conjunto de bacias isoladas, compreendendo 37% do território catarinense, destacando-se a bacia do rio Itajaí; e outra, comandada pela bacia dos rios Paraná-Uruguai, e abrangendo uma superfície equivalente a 63% da área do Estado (CPED UFSC, 2013).

3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Inicialmente foi feita uma análise do inventário de estações pluviométricas disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2009b). Foram selecionadas 10 estações, sendo uma estação por região hidrográfica. Como o IPP necessita de uma base de dados de pelo menos 30 anos, foi decidido trabalhar com uma série histórica de janeiro/1976 a dezembro/2015, totalizando 40 anos. Além disso, foi levada em consideração a estação que apresentasse menos falhas de dados nesse período.

Depois de selecionadas as estações a serem estudadas, os dados pluviométricos diários foram obtidos da Agência Nacional de Águas

(ANA, 2009b)⁹, através do site *HIDROWEB* e disponibilizados em formato xls, ou seja, planilhas do Microsoft Excel (editor de planilhas do pacote *OpenOffice*).

Na Tabela 2 encontram-se as seguintes informações: região hidrográfica à qual se insere a estação; município a que pertence; código da estação; coordenadas geográficas e altitude.

Tabela 2 - Estações pluviométricas selecionadas

RH	Município	Coordenadas		Altitude
		Latitude (GMS)S	Longitude (GMS)W	
1	Palmitos	27°03'52"	53°09'25"	400
2	Abelardo Luz	26°33'22"	52°19'51"	760
3	Capinzal	27°20'32"	51°36'30"	498
4	Painel	27°55'44"	50°06'18"	1144
5	Canoinhas	26°15'41"	50°37'59"	839
6	Garuva	26°02'08"	48°51'00"	80
7	Ibirama	27°03'14"	49°31'00"	151
8	Gov. Celso Ramos	27°19'07"	48°33'47"	9
9	Armazém	28°15'40"	49°00'44"	21
10	Praia Grande	29°11'45"	49°57'48"	60

Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Organização: Autora, 2017.

Com os dados diários em mãos, foi realizado o preenchimento das falhas. A ocorrência de falhas nas séries históricas deve-se, sobretudo, à ausência do observador, falhas mecânicas de registro, perdas das anotações ou das transcrições dos registros pelos operadores (OLIVEIRA et al., 2010). Existem variados métodos utilizados no preenchimento de falhas de dados meteorológicos. Trabalhos como o de

⁹ Órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de Santa Catarina.

Fill (1987) e Bertoni & Tucci (2007) apresentam diversas metodologias empregadas no preenchimento de falhas, porém discorrem que nenhuma se presta ao preenchimento de falhas diárias, sendo mais indicadas no preenchimento de falhas mensais ou anuais.

Neste trabalho foi utilizado o Método de Ponderação Regional (Eq. 01), no qual são selecionados pelo menos três postos vizinhos que possuam, no mínimo, dez anos de dados e que se localizem em uma região climática semelhante ao do posto em estudo.

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \quad (\text{Eq. 01})$$

onde:

P_x - É a variável que guardará os dados corrigidos;

M_x - Média aritmética da estação com falha;

M_a, M_b e M_c - Média aritmética das estações vizinhas;

P_a, P_b e P_c - É o dado da estação vizinha, ao posto com falha, do mesmo ano que utilizamos para preencher a falha.

Após organização dos dados e preenchimento das falhas, foi calculado os totais e médias mensais e anuais, para então aplicar os índices descritos a seguir.

3.3 MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO

Como esse índice tem por finalidade estimar a precipitação que se concentra dentro dos dias mais chuvosos, é preciso organizar os dados em classes, conforme etapas descritas a seguir.

Os autores Zhang et al. (2009); Olascoaga (1950); Martin-Vide (2004) e Coscarelli e Caloiero (2012) estudaram os percentuais acumulados de precipitação (P_i) que contribuíram com as percentagens acumuladas de dias (N_i), durante a ocorrência de P_i de acordo com as seguintes etapas (SIQUEIRA, 2016):

1. Classificação dos limites de classe de precipitação (intervalo de classe igual a 1 mm);
2. Contagem do número de dias, com intervalo de precipitação que caiu para cada intervalo de classes ($i= 1, 2, \dots, n$) e cálculo da quantidade associada de precipitação;
3. Cálculo da soma cumulativa de itens de saída: etapa 2;
4. Contagem das percentagens cumulativas de dias chuvosos e a

quantidade associada de precipitação com base na etapa 3.

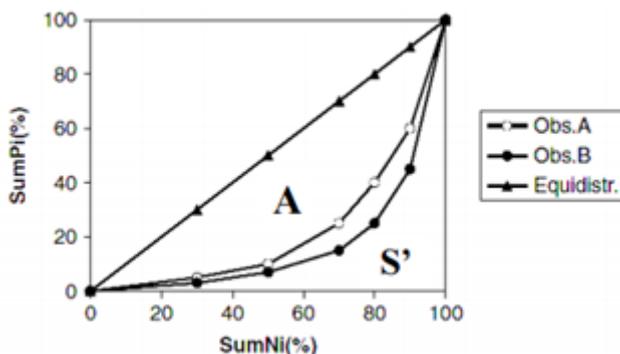
Se o percentual acumulado de dias chuvosos ($\text{Sum}(N_i)$) é uma função do percentual acumulado de quantidades de chuva ($\text{Sum}(P_i)$) obtêm-se, então, uma curva exponencial expressa por $\text{Sum}(N_i)$ versus $\text{Sum}(P_i)$, conforme Eq. 02 (Martín-Vide 2004):

$$\text{Sum}(P_i) = a * \text{Sum}(N_i) \exp(b * \text{Sum}(N_i)) \quad (\text{Eq. 02})$$

Sendo a e b denominados de coeficientes de regressão.

A equação é determinada por uma curva de concentração ou curva de Lorenz (Figura 7), a qual é traçada com ambos os eixos variando entre 0 e 100%, totalizando uma área total de 10.000.

Figura 7 - Curva de concentração, ou de Lorenz, para dois observatórios fictícios



Fonte: Martín-Vide (2004)

A área S delimitada pela bissetriz do quadrante e a linha poligonal fornece uma medida de concentração, pois quanto maior for a área, maior será o IC. O índice de concentração de Gini, definido por $G_i = 2S/10.000$ é que irá quantificar o grau de concentração.

As constantes a (Eq. 03) e b (Eq. 04) podem ser calculadas pelo método dos mínimos quadrados (Martín-Vide, 2004):

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (\text{Eq. 03})$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (\text{Eq. 04})$$

Uma vez que ambas as constantes foram determinadas, a integral definida da curva exponencial entre 0 e 100 é a área sob a curva A (Eq. 05):

$$A' = \left[\frac{a}{b} e^{b \cdot \text{Sum}(N_i)} \left(\text{Sum}(N_i) - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (\text{Eq. 05})$$

O IC, assemelhado à equação de Gini, pode ser definido pela Eq. 06:

$$\text{IC} = (5.000 - A')/5.000 \quad (\text{Eq. 06})$$

O valor de IC encontrado pode ser classificado conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Indicativa do Índice de Concentração

IC	Classificação
≤ 0,50	Baixo
0,50 a 0,60	Médio
0,60 a 0,70	Alto
≥ 0,70	Muito alto

Fonte: Martin-Vide, 2004.

Seguindo as etapas supracitadas, foram organizadas planilhas no Microsoft Excel com os totais diários de precipitação em classes crescentes de igual intervalo para relacionar as frequências acumuladas de dias chuvosos (X) com as frequências acumuladas dos totais pluviométricos (Y), como pode ser conferido no Apêndice A, e eliminar as classes cuja frequência é igual a zero. Esta planilha foi elaborada para cada um dos dez municípios deste estudo. A coluna A corresponde às classes pluviométricas com intervalo de 1 mm; a coluna B representa a média dos valores da respectiva classe; a coluna C, a frequência de dias chuvosos, ou seja, o número de dias chuvosos que apresentaram valores na classe em questão durante todo o período analisado; a coluna D, a frequência acumulada de dias chuvosos, ou seja, a soma de todos os dias chuvosos (coluna C) desde a primeira classe até a classe em questão; a coluna E refere-se ao total pluviométrico ocorrido em determinada classe e seu valor é obtido multiplicando-se o valor médio da classe (coluna B) pela frequência de dias chuvosos na classe (coluna C); a coluna F, por sua vez, indica o total pluviométrico acumulado, ou seja, a

soma dos totais pluviométricos (coluna E) desde a primeira classe até a classe em questão. As colunas G e H compreendem os valores relativos (%) da frequência acumulada de dias chuvosos e do total pluviométrico acumulado, respectivamente, isto é, indicam a contribuição de cada classe em relação ao total observado durante o período estudado.

Após a organização dos dados foram aplicadas para cada município as demais fórmulas apresentadas por Martín-Vide (2004) com a finalidade de se obter os resultados do CI, que é um valor entre 0 e 1 – quanto mais próximo de 0, melhor a distribuição da precipitação entre as classes e, quanto mais próximo de 1, pior a distribuição, o que significa que a chuva é mais concentrada em torno de algumas poucas classes.

O IC de cada município foi calculado para a série temporal 1976 a 2015, para as quatro estações do ano e também para dois subperíodos desta série: 1976 a 1995 e 1996 a 2015, a fim de se verificar a variabilidade temporal dos resultados. Também foram calculados no Excel o valor médio e o valor modal do IC para cada período.

Para facilitar o entendimento, o período completo (1976 a 2015) será denominado “Período A” e seus subperíodos serão classificados como “Período Aa” (1976 a 1995) e “Período Ab” (1996 a 2015).

3.4 MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) visa avaliar a frequência com que ocorrem os anos secos e chuvosos e a intensidade dos mesmos analisando seu grau de severidade e duração, através das equações 07 e 08:

$$IAC = 3 \frac{P - \bar{P}}{\bar{M} - \bar{P}} \quad (1) \text{ para anomalias positivas e} \quad (\text{Eq. 07})$$

$$IAC = -3 \frac{P - \bar{P}}{\bar{m} - \bar{P}} \quad (2) \text{ para anomalias negativas.} \quad (\text{Eq. 08})$$

Sendo, P a precipitação total (mm) do ano que será gerado o IAC; \bar{P} , a média (anual) da série histórica (mm); \bar{M} a média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm) e, \bar{m} compreende a média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm). As anomalias positivas são representadas por valores acima da normal climatológica e as negativas, abaixo da normal climatológica. Seus graus de intensidade podem ser avaliados conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação do Índice de Anomalia de Chuva

IAC	Classificação
> 4	Extremamente chuvoso
2 a 4	Muito chuvoso
0 a 2	Chuvoso
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito seco
< -4	Extremamente seco

Fonte: Freitas (2004).

Será avaliada também a variação nas escalas de tempo mensal e anual e a tendência temporal do IAC através do método de Mann-Kendall (metodologia descrita no item 3.8).

Após a aplicação do IAC anual, os resultados foram comparados com as informações sobre a ocorrência e a intensidade do fenômeno ENOS foram extraídas da página do National Weather Service (NOAA) (www.nws.noaa.gov).

3.5 MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA

Este índice é comumente utilizado para o monitoramento de condições associadas a secas e excesso de chuva.

De acordo com Franceschini (2016), o primeiro passo para determinar o IPP é calcular a probabilidade de distribuição de frequência de precipitação pluvial, a qual é calculada por meio da distribuição gama incompleta definida pela Eq. 09:

$$g(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad x > 0 \quad (\text{Eq. 09})$$

sendo:

$\alpha > 0$ = parâmetro de forma (adimensional);

$\beta > 0$ = parâmetro de escala (mm);

x = total de precipitação (mm);

$\Gamma(x)$ = função gama.

Por sua vez, a função gama é dada pela Eq. 10:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (\text{Eq. 10})$$

Os parâmetros α e β foram estimados tanto pelo método dos momentos, quanto pelo método da máxima verossimilhança.

No Método dos Momentos, segundo Assis et al. (1966), os parâmetros são estimados pelas equações 11 e 12:

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{s^2} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\beta = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad (\text{Eq. 12})$$

sendo \bar{x} = média amostral e s = variância amostral.

No Método da Máxima Verossimilhança, segundo Thom (1966), os parâmetros são estimados pelas equações 13, 14 e 15:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x) \quad (\text{Eq. 15})$$

onde: \bar{x} média aritmética da precipitação pluvial (mm) e N = número de observações.

Para verificar qual dos métodos possui maior aderência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S). Esse teste consiste em determinar se duas distribuições de probabilidade subjacentes diferem uma da outra ou se uma delas difere da distribuição em hipótese, em qualquer dos casos com base em amostras finitas.

A estatística do teste K-S é calculada pela maior diferença absoluta dada entre as frequências teórica e empírica (Eq. 16), isto é:

$$D_{m\acute{a}x} = |F(x)_{emp\acute{ı}rica} - F(x)_{te\acute{o}rica}| \quad (\text{Eq. 16})$$

O valor $D_{m\acute{a}x}$ é comparado com o valor crítico D_{crit} para o nível de significância de 5%. A hipótese de que a frequência dos valores observados segue a distribuição teórica é aceita sempre o valor $D_{m\acute{a}x}$ é inferior ao valor D_{crit} .

A função acumulada de probabilidade Gama é dada pela Eq. 17.

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (\text{Eq. 17})$$

Já que a função gama é indefinida para $x = 0$ e a distribuição de precipitação pode possuir zeros, a probabilidade cumulativa tornar-se-á a Eq. 18 e 19:

$$H(x) = q + (1 - q)(G(x)) \quad (\text{Eq. 18})$$

$$q = \frac{m}{n} \quad (\text{Eq. 19})$$

sendo:

q = probabilidade de ocorrência de precipitação zero;

m = número de observações com chuva igual a zero;

n = número de observações com chuva maior do que zero.

$H(x)$ será então transformada em uma variável normal (valor final do IPP) por meio das equações 20 e 21 desenvolvidas por Abramowitz e Stegun (1965).

$$IPP = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (\text{Eq. 20})$$

$$IPP = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (\text{Eq. 21})$$

em que, t é definido pelas equações 22 e 23:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]} \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (\text{Eq. 22})$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - (H(x))^2} \right]} \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (\text{Eq. 23})$$

sendo os coeficientes $c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$; $c_2 = 0,010328$ e $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$, $d_3 = 0,001308$.

Se a precipitação pluviométrica de uma determinada série ajustar-se à distribuição normal o IPP será a variável reduzida Z_i de tal distribuição, conforme Eq. 24.

$$IPP = Z_i = \left(\frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_i} \right) \quad (\text{Eq. 24})$$

sendo:

P_i = Precipitação acumulada no período \bar{P} ;

\bar{P} = Precipitação média do período em questão;

σ_i = Desvio padrão da série histórica de precipitação na escala em estudo.

Por conta de se ajustarem à distribuição normal, pode ser esperado que, em uma longa série histórica, 68 % dos valores do *IPP* estejam entre 1,0 e -1,0, 95% dos valores estejam entre 2,0 e -2,0 e 99% dos valores estejam entre 3,0 e -3,0 (HAYES et al.,1999).

Os valores do Índice Padronizado de Precipitação (*IPP*) e categorias de seca ou de umidade são classificados de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Valores do Índice Padronizado de Precipitação (*IPP*) e categorias de seca ou de umidade

IPP	Categoria
$\geq 2,00$	Extremamente chuvoso
1,5 a 1,99	Muito chuvoso
1,00 a 1,49	Moderadamente chuvoso
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

Fonte: ANA (2009a).

Será avaliada a variação nas escalas de tempo utilizadas para períodos concentrados de 1, 2, 3, 6, 12 e 24 meses (o *SPI-1* corresponde à precipitação mensal, o *SPI-2* corresponde à precipitação acumulada em 2 meses, e assim por diante). Segundo Macedo et al. (2010), o *IPP-3* compara a precipitação ao longo do período de três meses, com os totais precipitados nesse mesmo período, refletindo as condições de umidade do solo em curto e médio prazo, além de estimar a precipitação sazonal. O *IPP-6* compara a precipitação desse período com o mesmo período dos anos da série histórica e está associado com as anomalias de reserva de água e as vazões dos rios. Os *IPPs* de doze (*IPP-12*) e 24 meses (*IPP-24*) refletem os padrões de precipitação de longo prazo e estão diretamente associados com a falta de água, com as vazões e os níveis de água nos lençóis subterrâneos.

Também será realizada a análise da tendência do IPP através do método de Mann-Kendall (metodologia descrita no item 3.8).

3.6 MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO

O Índice de Concentração de Precipitação (ICP) é calculado para escalas anuais e sazonais, tanto para estações chuvosas quanto secas. Quanto maior o seu valor, maior a concentração da precipitação. Porém algumas alterações nos seus valores podem ser complexas e estar relacionadas às características globais e sinóticas¹⁰ da atmosfera e com fatores locais que afetam as tendências da precipitação (LUIS et al., 2011).

Esse índice é expresso pela Eq. 23:

$$ICP = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_i)^2} \quad (\text{Eq. 23})$$

onde, p_i é a precipitação mensal no mês i .

O ICP também pode ser calculado em escala sazonal (Eq. 24) para os meses correspondentes às estações do verão, outono, primavera e inverno (LUIS et al., 2011):

$$ICP_{\text{sazonal}} = \frac{\sum_{i=1}^3 p_i^2}{(\sum_{i=1}^3 p_i)^2} * 25 \quad (\text{Eq. 24})$$

Para uma escala suprasazonal, utiliza-se a seguinte fórmula (Eq. 25):

$$ICP_{\text{suprasazonal}} = \frac{\sum_{i=1}^6 p_i^2}{(\sum_{i=1}^6 p_i)^2} * 50 \quad (\text{Eq. 25})$$

Conforme equações do ICP sazonal e suprasazonal, o menor valor do ICP é de 8,3, indicando perfeita uniformidade na distribuição da precipitação. Assim como, valores próximos de 16,7 indicam que a precipitação total foi concentrada no meio do período e valores de ICP acima de 25, que a precipitação total ocorreu em 1/3 do período, o que

¹⁰ Fenômenos climáticos e meteorológicos de grande escala (como depressões, ciclones e anticiclones).

significa que o total anual da precipitação ocorre em quatro meses (LUIS et al., 2011).

Segundo Michiels, Gabriels e Hartmann (1992), a concentração sazonal da chuva é classificada conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação do índice de concentração da chuva

ICP	Concentração sazonal
<10	Uniforme
entre 11 e 15	Moderadamente sazonal
entre 16 e 20	Sazonal
>20	Fortemente sazonal

Fonte: Michiels, Gabriels e Hartmann (1992).

Será avaliada também a tendência temporal do ICP através do método de Mann-Kendall (metodologia descrita no item 3.8).

3.7 ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS E ELABORAÇÃO DE TABELAS E GRÁFICOS

Os resultados do IC e ICP foram espacializados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), utilizando o software ArcGIS® 10.2. As bases cartográficas do Estado de Santa Catarina e suas regiões hidrográficas foram obtidas junto ao endereço eletrônico do IBGE¹¹. Do mesmo modo que sua base, os mapas finais foram preparados utilizando o sistema de projeção SIRGAS 2000, o qual vem sendo oficialmente adotado na produção cartográfica brasileira¹².

Os mapas foram interpolados segundo o método da Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting - IDW*). Esse método pressupõe que coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para prognosticar um valor para algum local

¹¹ Malha digital do Estado de Santa Catarina, municípios e regiões hidrográficas, disponível para download em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/ver_sao2016/shapefile/. Acesso em 06 abr. 2017.

¹²Segundo o IBGE, o SIRGAS 2000 será “o único sistema geodésico de referência legalizado no país. Ele é a nova base para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).”, de acordo com informação disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm#3>>. Acesso em 06 abr. 2017.

não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes (JAKOB; YOUNG, 2006).

A interpolação analisa a variabilidade espacial de um determinado atributo, fundamentado em dados amostrais situados numa localidade de interesse (JIMENEZ; DOMEQ, 2008).

Além dos mapas, foram elaboradas algumas tabelas e gráficos no Microsoft Excel para complementar a análise de todos os índices.

3.8 AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIA NA SÉRIE TEMPORAL

Segundo Yevjevich (1972), diz-se que há tendência em uma série temporal quando há uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas.

As tendências de IAC, IPP e ICP foram testadas por meio do teste de Mann-Kendall (KENDALL, 1975; MANN, 1945). Este teste pode testar tendências em séries de tempos (x_k , $K = 1, 2, \dots, n$) sem demandar normalidade ou linearidade (WANG et al., 2008).

Para a aplicação desse método consideram-se duas hipóteses a serem testadas (BURN et al., 2004):

H0: Os dados são uma amostra de uma variável aleatória de N dados independentes e identicamente distribuídos (ou seja, o conjunto de dados não apresenta tendência);

H1: A distribuição dos dados x_i e x_j não é idêntica para todos $i, j \leq N$, em que $i \neq j$ onde i e j são a sequência dos dados e N é o comprimento da série.

A estatística do método de Mann-Kendall (S) é dada pela Eq. 26:

$$S = \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=j+1}^N \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (\text{Eq. 26})$$

em que:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{se } \theta > 0 \\ 0 & \text{se } \theta = 0 \\ -1 & \text{se } \theta < 0 \end{cases}$$

A média e variância de S , para variável aleatória distribuída sem tendências, são dadas pelas Equações 27 e 28:

$$E(S) = 0 \quad (\text{Eq. 27})$$

$$Var(S) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_t^N t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (\text{Eq. 28})$$

sendo t a extensão a qualquer empate.

Fazendo-se o teste bilateral em nível de significância α , a hipótese H_0 é rejeitada se o teste estatístico padronizado for $Z < Z\alpha/2$ ou $Z > Z\alpha/2$, onde a estatística normalizada Z de Mann-Kendall segue a distribuição normal com média zero e variância um. O valor de Z é calculado por meio da Eq. 29:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{var(S)}} se S > 0 \\ 0 se S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{var(S)}} se S < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 29})$$

No teste de tendência existem dois importantes parâmetros: o valor p , o qual indica a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, sendo esta verdadeira. Este valor foi avaliado tendo como nível de significância 5% ($\alpha = 0,05$); a estimativa da magnitude da tendência não é fornecida pelo teste de Mann-Kendall. Para a obtenção desta estimativa utiliza-se o método descrito por Hirsch et al. (1992), com o teste não paramétrico de Theil-Sen (Helsel & Hirsch, 2002), com a finalidade de se obter a estimativa robusta da inclinação (β) definida pela Eq. 30:

$$\beta = \text{mediana} \left(\frac{y_j - y_i}{t_j - t_i} \right), \text{ para todos } i > j, \quad (\text{Eq. 30})$$

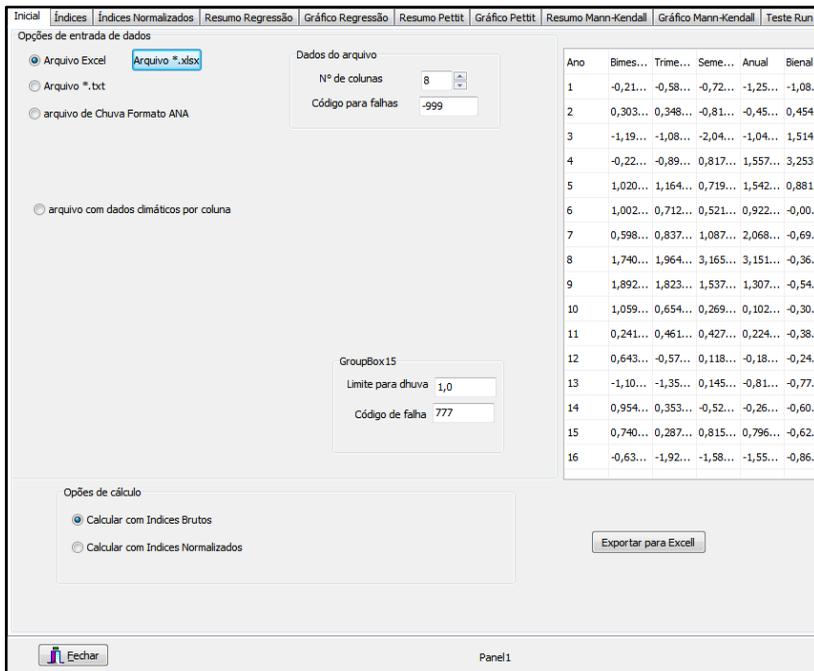
em que:

y - variável testada para tendência e t é o tempo;

β - mediana da inclinação obtida de todas as possíveis combinações de dois pontos da série temporal.

Os cálculos desse teste foram realizados com os resultados obtidos no Excel e então dispostos em uma rotina de linguagem de programação Delphi. Foram inseridos os dados de cada índice, estação por estação, conforme exemplo disposto na Figura 8.

Figura 8 - Introdução dos dados no programa para avaliação de tendência



Fonte: Autora, 2017.

Após a alimentação dos dados, na aba “Resumo Mann-Kendall” foi realizado o calculo do teste. Observaram-se, então, os valores de “p” (circulados em vermelho na Figura 9). Como foi utilizada uma significância de 5%, valores acima de 0,05 não indicavam tendência, e valores abaixo desse valor indicavam o contrário. Para aquelas estações que apresentaram índices com tendência no teste de Mann-Kendall foi aplicado o teste de Theil-Sen (Figura 10), o qual tem por intuito fornecer a magnitude dessa tendência.

Figura 9 - Teste de Mann-Kendall

Inicial	Índices	Índices Normalizados	Resumo Regressão	Gráfico Regressão	Resumo Pettit	Gráfico Pettit	Resumo Mann-Kendall
<input type="button" value="Calcular"/>							
Ano	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Bienal		
E(u)	14340,0	6360,0	1580,0	390,0	95,0		
Var (u)	386383,3	114833,3	14483,3	1841,7	237,5		
U(t)	0,243	0,431	-0,415	-0,792	-1,103		
Einv(u)	14340,0	6360,0	1580,0	390,0	95,0		
Varinv(u)	386383,3	114833,3	14483,3	1841,7	237,5		
Ulinv(t)	-0,243	-0,431	0,415	0,792	1,103		
S	302,0	292,0	-100,0	-68,0	-34,0		
Var (S)	1545533,33	459333,333	57933,333	7366,667	950,000		
Z	0,242	0,429	-0,411	-0,781	-1,071		
	0,8087	0,6677	0,6808	0,4350	0,2843		
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Fonte: Autora, 2017.

Figura 10 - Teste Theil-Sen

Resumo Regressão	Gráfico Regressão	Resumo Pettit	Gráfico Pettit	Resumo Mann-Kendall	Gráfico Mann-Kendall	Teste Run	Gráfico Run	teste t	Kendal-Theil
Nivel de Significancia Intervalo de Confiança (%) <input type="text" value="95"/> <input type="button" value="Calcular"/> Z Critico <input type="text" value="1,96"/>									
Ano	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Bienal				
Median	-0,053	0,050	-0,064	-0,258	-0,336				
Beta	0,0003	0,0008	-0,0022	-0,0123	-0,0383				
Ru	15559,3	7025,2	1816,9	475,1	126,2				
RI	13122,7	5696,8	1345,1	306,9	65,8				
Beta inf.	-0,0019	-0,0029	-0,0109	-0,0430	-0,0925				
Beta Sup.	0,0025	0,0046	0,0090	0,0161	0,0310				

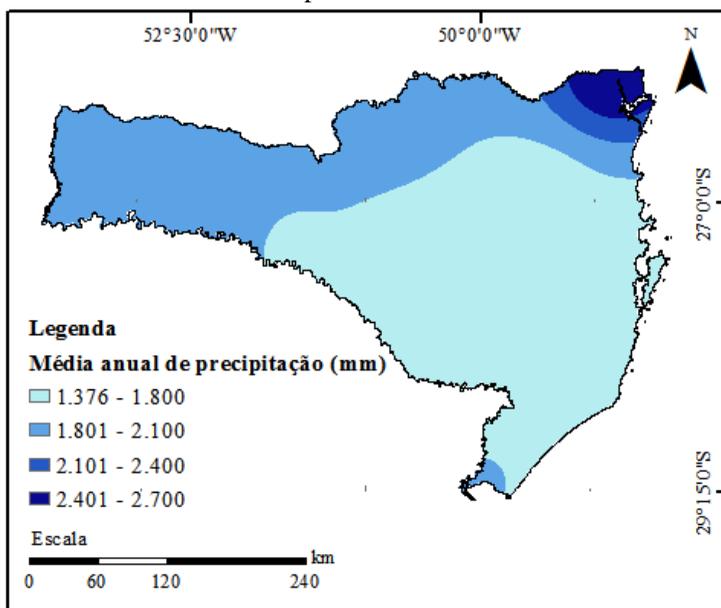
Fonte: Autora, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estado possui regime de precipitação característico de latitudes médias, onde as chuvas são bem distribuídas no decorrer do ano e as quatro estações também são bem definidas. Contudo, as condições do tempo causam algumas mudanças significativas, quando relacionados aos sistemas frontais. No verão, por exemplo, as brisas marítimas e continentais elevam o volume de chuvas nas áreas litorâneas e do Vale do Itajaí.

Assim como Coan et al. (2015), relatam, Santa Catarina apresenta maiores volumes de precipitação no litoral norte, com declínio para o litoral norte e sul (Figura 11). Tal variabilidade se atrela, em parte, pelo efeito da orografia na origem das chuvas.

Figura 11 - Distribuição da precipitação média anual no estado de Santa Catarina no período de 1976 a 2015



Projeção Universal Transversal de Mercator - UTM
Meridiano de Referência 51° W - Fuso 22 S
Datum Horizontal Sirgas 2000
Documentação: IBGE (2013)
Dados chuva: hidroweb.ana.gov.br
Elaboração: Autora, 2017.

Os valores mais baixos encontrados no litoral sul se devem à atuação de corrente fria das Malvinas e as modificações locais da circulação atmosférica, devido aos ventos livre que se originam no oceano, que na sua rota do mar até as encostas da Serra Geral, perdem umidade.

Os valores pluviométricos mais elevados no litoral centro-norte são reflexos da influência direta da Massa de Ar Tropical Atlântica (MTa), fato que pode ser explicado pela forma de relevo adquirido, voltado para a direção da fluência dos ventos originários da MTa.

Essa análise é importante para verificar se há relação entre o volume e distribuição da precipitação e os resultados encontrados nos resultados discutidos nos tópicos seguintes.

4.1 ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (IC)

O IC possui quatro categorias de classificação. Nos mapas as escalas de cor azul representam a classificação “baixo”, as escalas de cor alaranjada representam a classificação “médio” e as escalas de cor vermelha representam a classificação “alto”. Não foi encontrado nenhum valor classificado como “muito alto”.

4.1.1 Variabilidade espacial do IC para o período A (1976 a 2015)

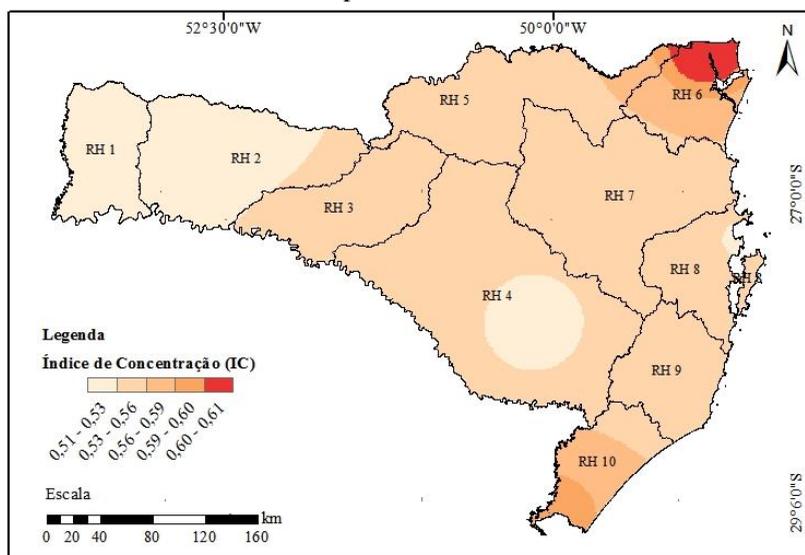
Os resultados do IC obtidos para a série temporal completa (Período A – 1976 a 2015) variaram entre 0,51 e 0,61 (Figura 12), sendo que o menor valor foi observado no posto pluviométrico do município de Abelardo Luz (RH 2 - meio oeste catarinense) e o maior valor de IC ocorreu no município de Garuva (RH 6 - litoral norte catarinense), sendo classificado como alto, uma vez que o valor encontrado está acima de 0,6. Nesse município são registrados os maiores valores de chuva em Santa Catarina, chegando a valores superiores a 3.877 mm de precipitação no ano e apresentam forte variação sazonal (COAN et al., 2015). Para Martin-Vide (2004), de um modo geral, valores acima de 0,61 significam que 70% da precipitação total está dentro de 25% dos dias mais chuvosos, o que pode gerar sérios problemas ambientais, como a erosão do solo.

Os valores mínimos encontrados (0,51 e 0,52) correspondem ao extremo oeste e meio oeste catarinense, respectivamente.

Em estudo realizado no estado de São Paulo, Siqueira (2016) encontrou valores de IC que variaram entre 0,48 e 0,70. Já Santos e Portela (2007) constataram valores entre 0,44 e 0,63 para Portugal.

Na região metropolitana de Campinas e da Baixada Santista, os autores Nunes, Martín-Vide e Gabriel (2013), estudando dados de 1958 a 2003, encontraram IC igual a 0,64 em duas estações do município de Santos e 0,72 em outras duas estações. Para o município de Campinas, o IC em diferentes estações foi igual a 0,69, 0,70 e 0,71. Segundo os autores, a ocorrência de episódios de precipitação concentrada nos dois municípios paulistas se devem à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), pois ao permanecer semi-estacionária durante alguns dias, colabora para episódios de inundações e deslizamentos de terra. Além disso, os montantes de precipitação em Santos são mais elevados do que em Campinas devido à influência marítima.

Figura 12 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1976 a 2015



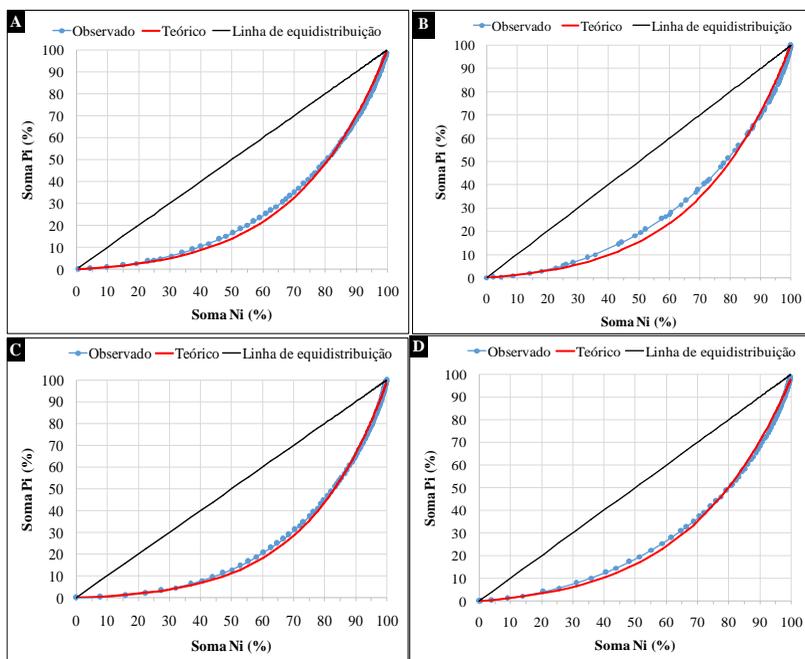
Organização: Autora, 2017.

No geral esse índice indica que não há uniformidade concentração da chuva no estado de Santa Catarina, além disso, os resultados apresentaram algumas incertezas, visto que as RH's 1, 2 e 4 possuem características climáticas e relevos diferentes, porém

apresentam IC bastante semelhantes. Também foi observado que a RH 7 apresentou valores de IC homogêneo para toda a região.

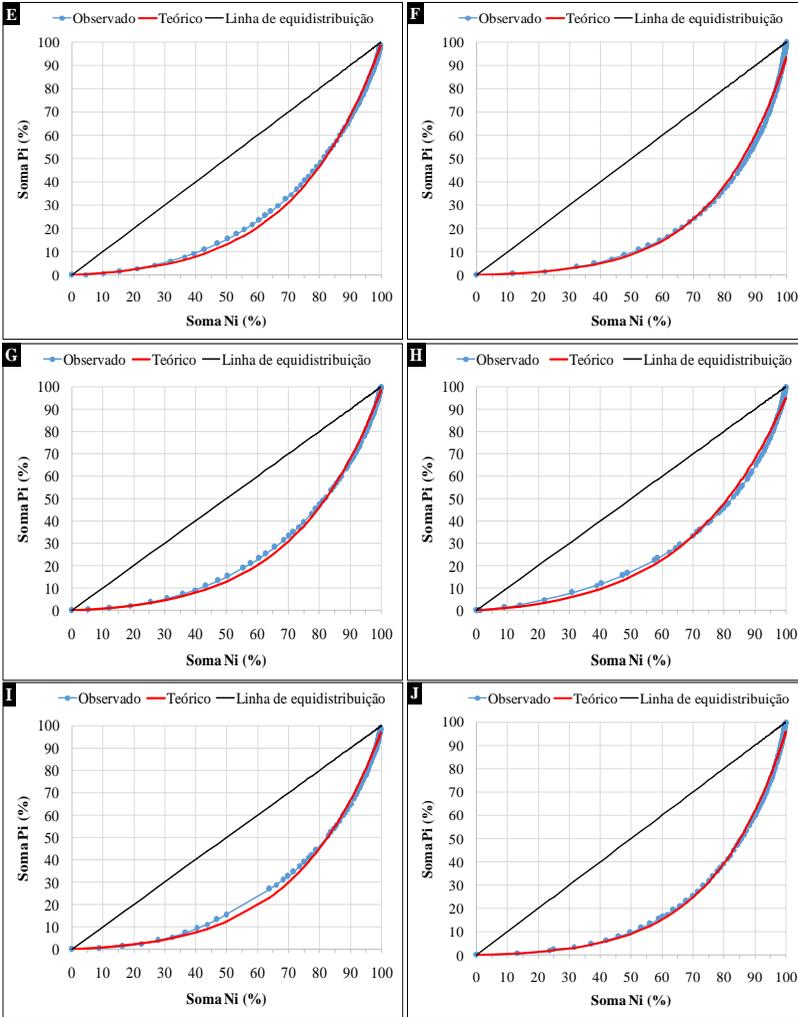
Os resultados da avaliação da quantidade de chuva que se concentra em um período de tempo estão dispostos na Figura 13 e na Tabela 7.

Figura 13 - Concentração ou curva de Lorenz para a precipitação diária nas estações pluviométricas de Palmitos (A), Abelardo Luz (B), Capinzal (C), Paineira (D), Canoinhas (E), Garuva (F), Ibirama (G), Governador Celso Ramos (H), Armazém (I) e Praia Grande (J) para o período de 1976 a 2015



(continua)

Figura 13 - continuação.



Elaborado pela autora.

Tabela 7 – Porcentagem de concentração de precipitação (Período A: 1976 a 2015)

RH	Código	Município	Altitude	IC	P ₂₅ * (%)
1	2753006	Palmitos	400	0,52	58,5
2	2652000	Abelardo Luz	760	0,51	55,1
3	2751012	Capinzal	498	0,56	62,8
4	2750007	Painel	1144	0,52	57,4
5	2650018	Canoinhas	839	0,54	40,0
6	2648027	Garuva	80	0,61	70,4
7	2749001	Ibirama	151	0,54	60,5
8	2748019	Gov. Celso Ramos	9	0,53	60,8
9	2848000	Armazém	21	0,55	61,1
10	2949001	Praia Grande	60	0,60	68,2

*Porcentagem do total de precipitação para 25% dos dias mais chuvosos.
Elaborado pela autora.

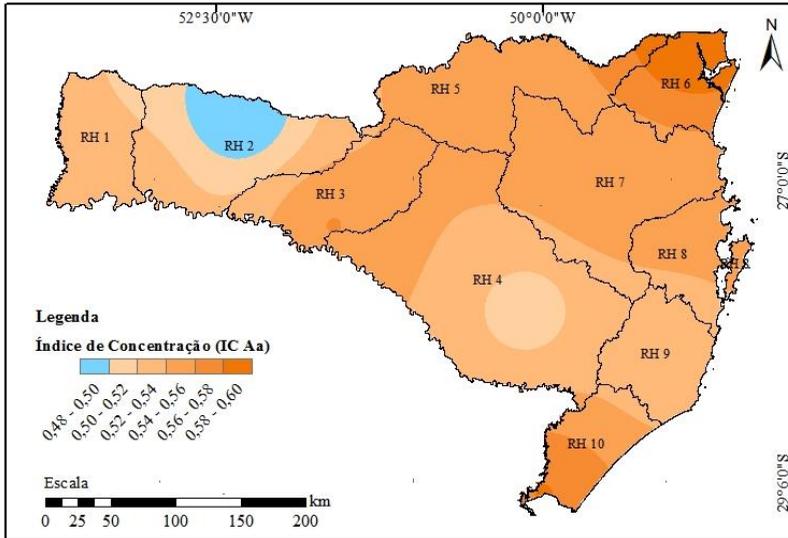
Sabendo-se que o **P₂₅** representa o total de precipitação da série estudada que se concentrou nos 25% dos dias mais chuvosos, as regiões que apresentaram maior concentração foram a Baixada Norte (RH 6) e Extremo Sul Catarinense (RH 10). Com exceção da RH 5, mais de 50% das séries concentraram-se dentro do **P₂₅**.

Em estudo realizado na Espanha, Martin-Vide (2004) frisou que, de modo geral, existe relação direta entre o valor do IC e a contribuição dos dias mais chuvosos para o volume total, ou seja, quanto maior o IC, maior a participação dos dias mais chuvosos no montante total do período. Esse fato se deu pelo fato de o autor ter encontrado um IC igual a 0,66 e com **P₂₅** igual a 75%. O mesmo fato foi observado com os resultados desse estudo para o estado de Santa Catarina.

4.1.2 Variabilidade temporal do IC entre os períodos Aa e Ab

O subperíodo Aa (1976 a 1995) apresentou o maior intervalo de valores: os resultados estão entre 0,48 e 0,60, com o valor mínimo para o município de Abelardo Luz (meio oeste catarinense – RH 2) e o valor máximo mais uma vez foi em Garuva (litoral norte catarinense – RH 6) (Figura 14). Para este subperíodo, a média é 0,54 e a moda, 0,53.

Figura 14 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1976 a 1995 (Período Aa)

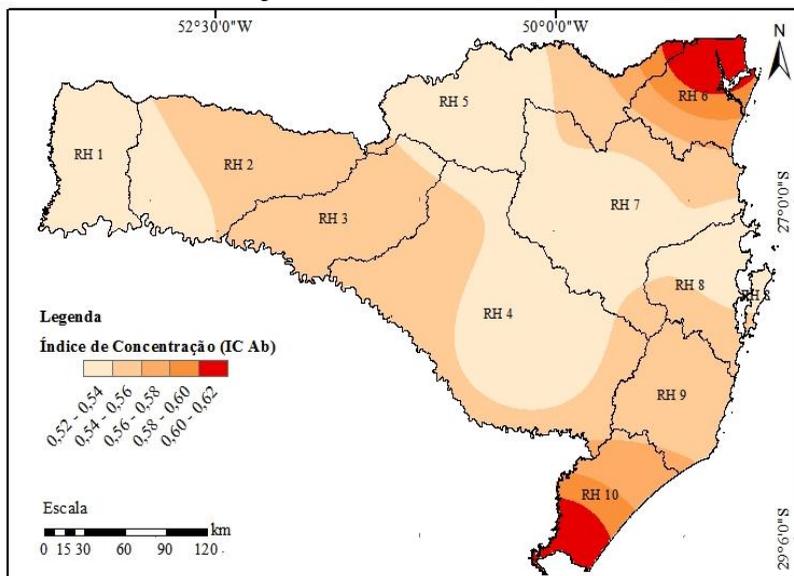


Organização: Autora, 2017.

No subperíodo Ab (1996 a 2015), por sua vez, os resultados encontram-se na faixa de 0,52 a 0,62 – valor mínimo para o município de Palmitos (extremo oeste catarinense) e valor máximo para Garuva (extremo norte catarinense) e Praia Grande (extremo sul catarinense) (Figura 15). Para este subperíodo, a média é 0,55 e a moda, 0,56.

Comparando-se os dois subperíodos, observa-se que o período Aa obteve índices que variaram entre a classificação “baixo” e “médio”. Já no período Ab, as classificações foram “médio” e “alto”.

Figura 15 - Distribuição do Índice de Concentração no estado de Santa Catarina no período de 1996 a 2015 (Período Ab)



Organização: Autora, 2017.

Conforme informações organizadas na Tabela 8, para o município de Capinzal (Vale do Rio do Peixe) o IC dos três períodos (A, Aa e Ab) permaneceu constante, com valor igual a 0,56.

A maior variação positiva do IC, comparando-se o período Aa com o período Ab, ocorreu no município de Abelardo Luz, apresentando um aumento de 0,48 (período Aa) para 0,55 (período Ab), totalizando uma variação de +0,07.

Quatro postos apresentaram variação negativa quando comparado o período Ab em relação ao período Aa, sendo que nos municípios de Palmitos e Governador Celso Ramos essa variação foi de -0,01, em Ibirama, -0,02 e em Canoinhas houve uma variação de -0,03 no valor do IC.

Tabela 8 - Resultados do IC para os municípios catarinenses analisados (Períodos Aa e Ab)

RH	Município	IC / Período		
		A (1976-2015)	Aa (1976-1995)	Ab (1996-2015)
1	Palmitos	0,52	0,53	0,52
2	Abelardo Luz	0,51	0,48	0,55
3	Capinzal	0,56	0,56	0,56
4	Painel	0,51	0,51	0,52
5	Canoinhas	0,54	0,55	0,52
6	Garuva	0,61	0,60	0,62
7	Ibirama	0,54	0,55	0,53
8	Gov. Celso Ramos	0,53	0,54	0,53
9	Armazém	0,55	0,53	0,56
10	Praia Grande	0,60	0,58	0,62
	Média	0,55	0,54	0,55
	Moda	0,51	0,53	0,52

Elaborado pela autora.

Apesar dessas variações, ainda não é possível afirmar se houve aumento ou diminuição do índice de concentração do período A para os subperíodos, nem entre os subperíodos Aa e Ab, uma vez que apenas duas estações (20%) apresentaram variações maiores que 0,04¹³.

Ao avaliar a variação de IC para 81 municípios do estado de São Paulo em dois períodos de 28 anos, Rampazo (2014) constatou que para o período completo (1959 a 2013) os valores de IC foram menores quando comparados aos subperíodos. A autora afirma que esse fato se deve ao tamanho de período analisado, sendo que quando maior a série de dados, maior a suavização de eventos pluviométricos extremos, diminuindo sua importância relativa para os cálculos, ou seja, o peso das ocorrências extremas é minimizado.

Mesmo tendo havido, em geral, uma continuidade em todos os períodos, é importante utilizar mais estações para esse estudo, visto que é possível que não haja uma representação realista das estações selecionadas.

¹³Esse valor foi determinado como uma linha de corte pela autora, já que é um valor baixo e não há parâmetros de outros estudos para embasamento.

4.2 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC)

O cálculo do IAC foi efetuado com a utilização das séries históricas de precipitação, gerando resultados mensais e anuais para o período estudado. Estes resultados foram agrupados em gráficos de modo a representar as anomalias de precipitação para todo o estado de Santa Catarina.

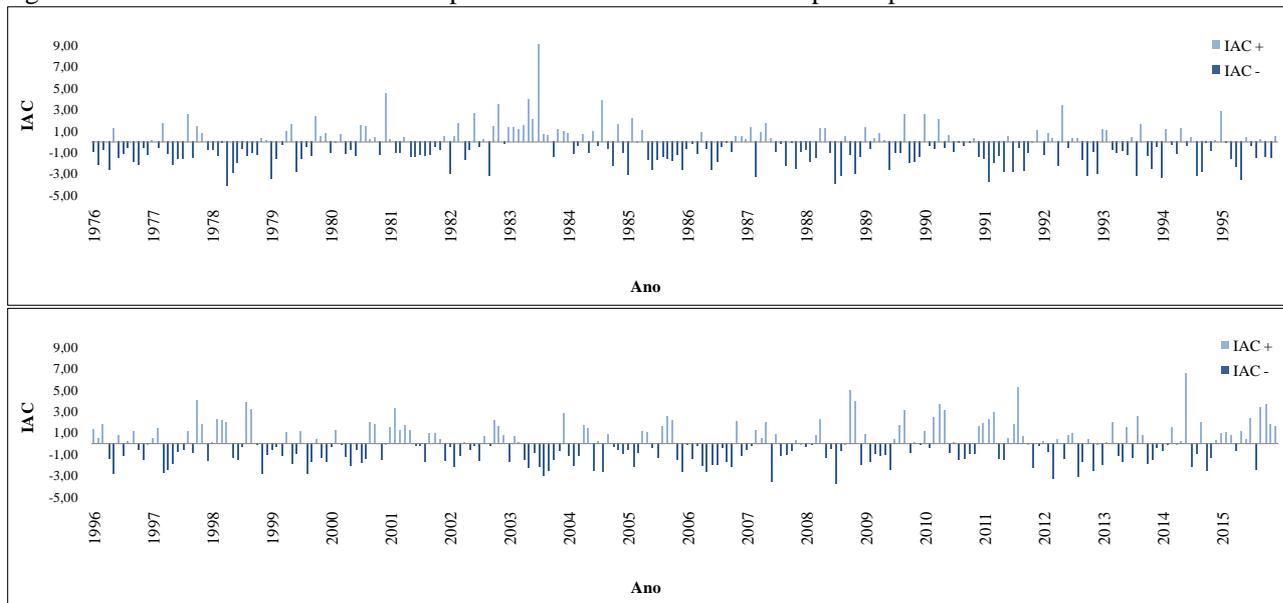
Em relação ao **IAC mensal** (Figura 16), foram constatados 195 meses de anomalias positivas e 285 de anomalias negativas. O mês com o menor valor de IAC foi dezembro de 2009 (El Niño fraco), com valor igual a -6,5 (Extremamente seco). O maior valor foi 12,3 (Extremamente chuvoso) e ocorreu em julho de 1983 (El Niño forte).

Em 75 dos 480 meses avaliados, todo o estado de Santa Catarina foi afetado por anomalias negativas de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), conforme pode ser observado na Figura 16, a qual representa a quantidade das estações estudadas que apresentaram IAC negativo em cada mês de cada ano.

Os meses com maior ocorrência de anomalias negativas foram junho e julho. Já os meses com maior ocorrência de anomalias positivas foram fevereiro e março.

No ano de 1985, apesar da influência do La Niña, os meses de abril a julho apresentaram anomalia positiva para todas as estações pluviométricas estudadas.

Figura 16 - Índice de Anomalia mensal para o estado de Santa Catarina para o período de 1976 a 2015



Fonte de dados para o cálculo do IAC: Agência Nacional de Águas (ANA).

Cada coluna refere-se a um mês do ano.

Organização: Autora, 2017.

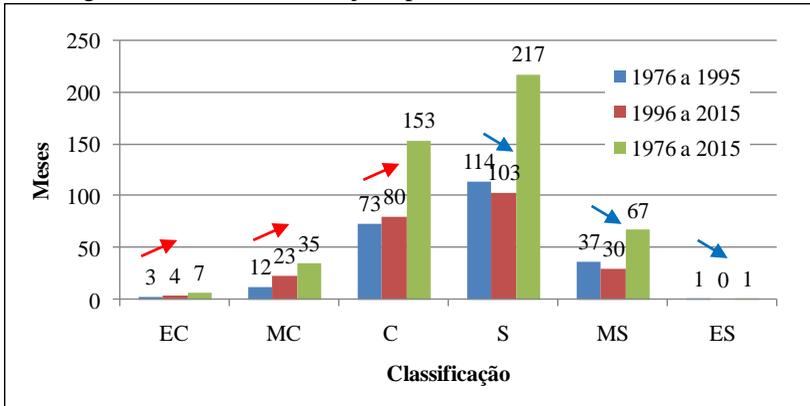
Tabela 9 – Número de estações que apresentaram IAC negativo no estado de Santa Catarina, no período de 1976-2015, mês a mês

Ano	Mês												T
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976	6	8	6	10	2	8	7	5	9	9	6	7	83
1977	6	7	0	6	10	9	10	1	8	4	2	7	70
1978	8	9	4	10	10	10	6	9	9	9	4	5	93
1979	10	8	4	3	2	10	9	7	9	1	2	3	68
1980	7	5	3	7	8	9	1	1	4	4	9	2	60
1982	5	7	7	6	8	7	6	8	8	5	9	4	80
1984	10	4	3	9	7	0	7	3	10	1	0	5	59
1985	2	3	4	0	0	0	0	4	4	9	3	4	33
1986	3	6	7	4	8	2	5	1	8	10	0	6	60
1987	10	1	4	2	9	10	8	6	8	9	8	10	85
1988	7	6	7	2	7	10	10	6	5	7	4	5	76
1989	2	3	10	5	1	5	8	4	10	5	9	6	68
1991	7	8	8	1	4	8	10	10	5	9	10	9	89
1992	2	6	4	3	4	10	9	7	1	9	10	8	73
1993	2	5	6	3	5	4	8	4	5	4	5	8	59
1994	8	10	9	9	10	5	10	8	10	6	5	3	93
1995	8	5	4	10	2	5	5	3	8	9	6	10	75
1997	3	3	7	7	6	9	6	10	2	7	10	7	77
1998	10	3	6	6	2	4	3	10	10	5	6	4	69
1999	2	5	8	10	10	3	5	10	4	8	8	3	76
2000	0	4	1	8	9	2	8	5	2	7	9	4	59
2002	3	3	10	10	10	7	6	2	8	0	3	8	70
2003	5	2	0	2	9	7	7	0	0	4	9	8	53
2004	6	7	7	4	10	8	2	10	10	4	8	8	84
2005	6	2	5	7	9	6	9	9	0	1	10	5	69
2006	1	0	2	0	2	6	5	9	2	2	5	9	43
2007	5	8	9	4	7	6	9	3	6	1	1	3	62
2008	9	3	6	10	10	9	9	10	10	10	6	1	93
2009	7	9	6	4	2	10	4	10	3	4	6	6	71
2011	5	9	7	3	3	7	10	1	0	1	9	9	64
2012	4	8	4	10	9	9	9	5	9	9	2	6	84
2013	7	6	4	4	0	10	2	8	6	5	4	4	60
2014	6	7	4	2	8	8	10	8	5	0	3	10	71
2015	3	9	7	7	7	10	4	0	2	7	4	7	67
T	215	212	202	223	244	255	254	234	223	221	242	231	

Organização: Autora, 2017.

Levando-se em consideração a classificação de Freitas (2004), a Figura 17 apresenta o número de meses ocorridos para cada nível de classificação em três períodos: primeira metade da série histórica estudada (1976 a 1995), segunda metade (1996 a 2015) e para toda a série.

Figura 17 - Número de ocorrências mensais de anomalias positivas e negativas e suas classificações para o estado de Santa Catarina



Legenda: EC = extremamente chuvoso; MC = muito chuvoso; C = chuvoso; S = seco; MS = muito seco; ES = extremamente seco.

Organização: Autora, 2017.

De acordo com as informações do gráfico, o período de 1976 a 2015 apresentou 59,4% de anomalias negativas e 40,6% de anomalias positivas. Para o período de 1976 a 1995, 63,3% dos meses foram de desvios negativos e 36,7%, de desvios positivos. Em relação ao período de 1996 a 2015, 55,4% foram de anomalias negativas e 44,6%, de anomalias positivas.

No primeiro período, 16 anos estavam sob a influência do El Niño e 10 anos sob influência da La Niña. No segundo período, 15 anos estavam sob influência do El Niño e 9 sob influência da La Niña.

De todos os meses avaliados, 45,2% foram classificados como “seco”, 31,9% como “chuvoso”, 14% como “muito seco”, 7,3% como “muito chuvoso”, 1,5% como “extremamente chuvoso” e 0,2% como “extremamente seco”.

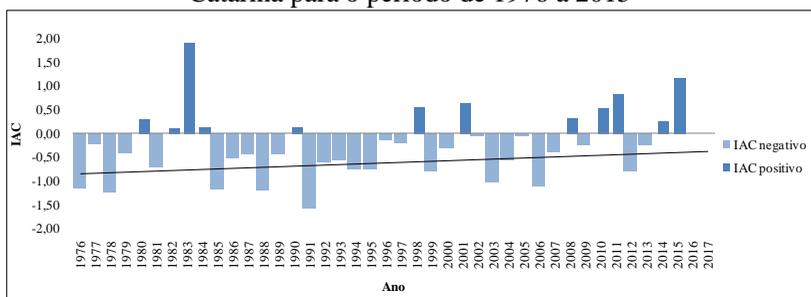
Em todos os períodos analisados, as anomalias negativas foram maiores do que as anomalias positivas. Esse resultado já era esperado,

uma vez que é utilizada uma distribuição gama assimétrica, tendendo para períodos mais secos.

Em relação ao IAC anual (Figura 18), foi verificada a ocorrência de 28 anos de anomalias negativas e 12 anos positivos, com variação entre -1,60 (classificado como seco) e 1,91 (classificado como chuvoso).

Os anos com maior ocorrência de anomalias negativas foram: 1978, 1991 e 2003. Já os positivos foram: 1985 e 2006.

Figura 18 - Índice de Anomalia de Chuva anual do estado de Santa Catarina para o período de 1976 a 2015



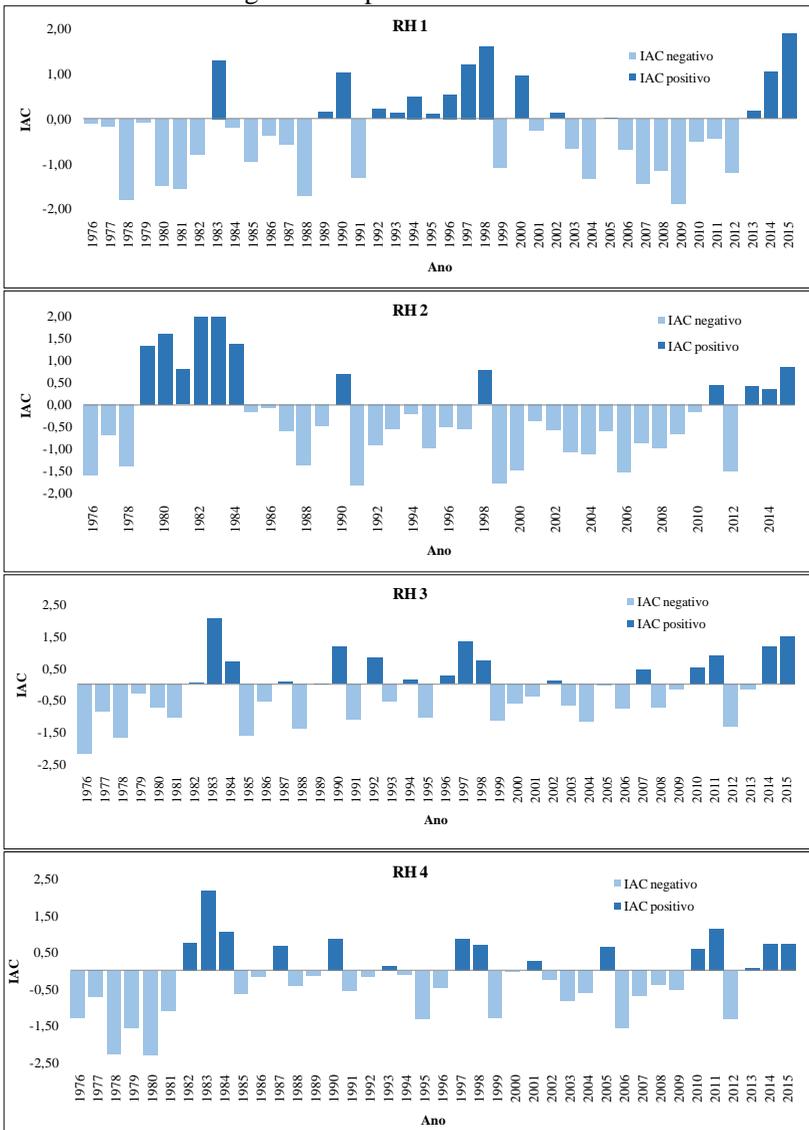
Organização: Autora, 2017.

Segundo o Centro Meteorológico Nacional dos Estados Unidos (NCEP), ocorreram eventos de La Niña em 1975/76, 1988/89, 1995/96, 1999/2001 e 2007/2008. Esses eventos podem ter influenciado índices negativos de precipitação observados nos anos de 1976, 1988, 1989, 1995, 1999 e 2007.

Para uma análise mais detalhada, foram gerados gráficos também para cada RH (Figura 19).

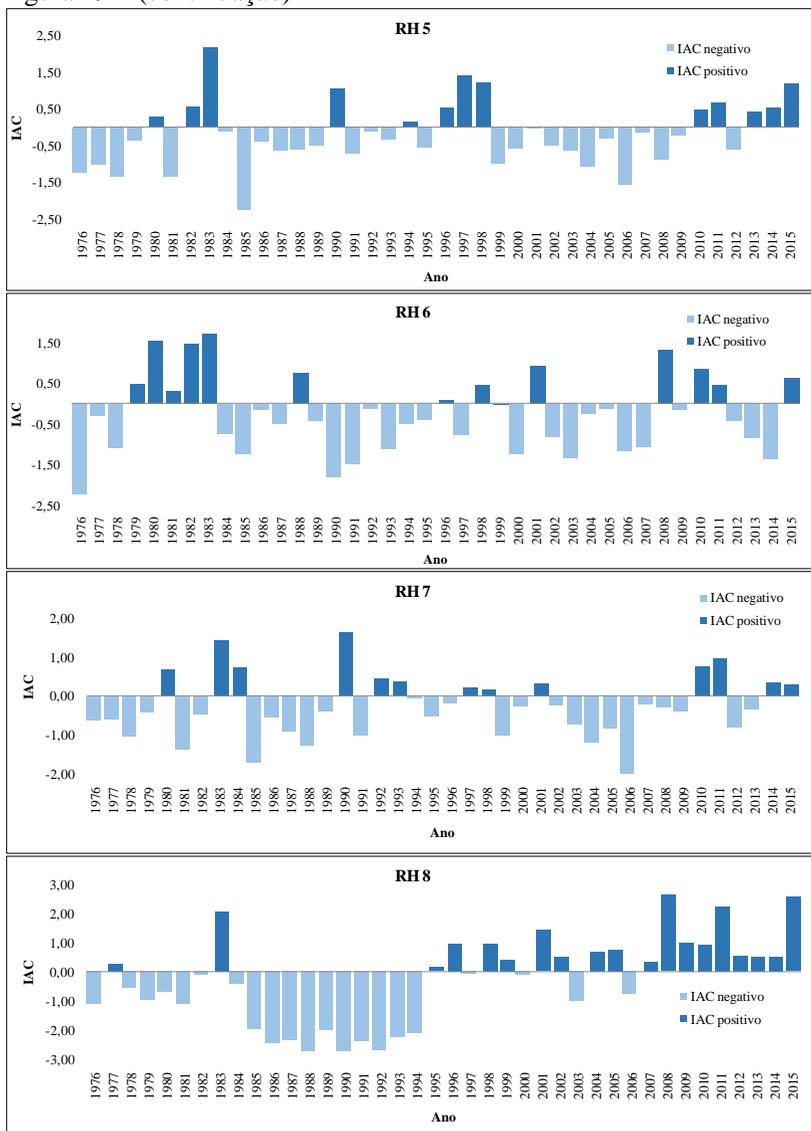
A RH 1 (Extremo Oeste) apresentou valores anuais do IAC variando entre -1,90 (seco) e 1,89 (chuvoso), já os valores mensais variaram entre -5,93 (extremamente seco) e 9,83 (extremamente chuvoso). Apresentando 40% de desvios positivos e 60% de negativos.

Figura 19 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual para cada região hidrográfica no período de 1976 a 2015



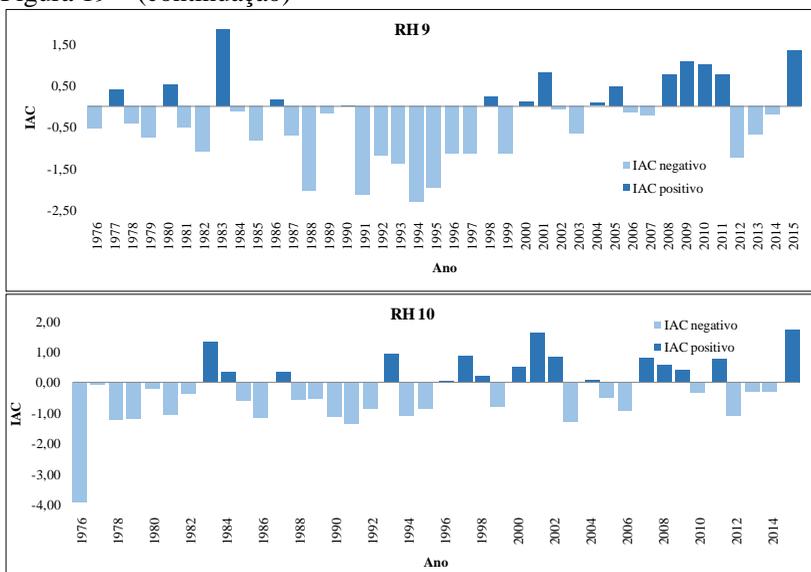
(continua)

Figura 19 – (continuação)



(continua)

Figura 19 – (continuação)



Organização: Autora, 2017.

A RH 2 (Meio Oeste) apresentou IAC anual variando entre -1,83 (seco) e 3,53 (muito chuvoso). Os índices mensais variaram entre -4,88 (extremamente seco) e 10,09 (extremamente chuvoso). As anomalias positivas totalizaram 30% e as negativas, 70%.

A estação pluviométrica da RH 3 (Vale do Rio do Peixe) apresentou índices anuais variando entre -2,16 (muito seco) e 2,10 (muito chuvoso) e índices mensais variando entre -4,96 (extremamente seco) e 12,28 (extremamente chuvoso). Os desvios positivos totalizaram 42,5%, enquanto que os negativos foram iguais a 57,5%.

Já a RH 4 (Planalto de Lages) obteve IAC anual variando entre -2,32 (muito seco) e 2,19 (muito chuvoso) e valores mensais variando entre -4,71 (extremamente seco) e 12,56 (extremamente chuvoso). Para essa região, as anomalias positivas foram iguais a 37,5% e as negativas iguais a 62,5%.

A RH 5 (Planalto de Canoinhas) apresentou índice anual mínimo de -2,25 (muito seco) e máximo de 2,19 (muito chuvoso). Os índices mensais sofreram variação de -4,78 (extremamente seco) a 9,98 (extremamente chuvoso). As anomalias positivas representam 67,5% dos anos estudados para essa região, e as negativas representam 32,5%.

A variação de índice anual para a RH 6 (Baixada Norte) oscilou entre -2,24 (muito seco) e 1,72 (chuvoso). O IAC mensal variou entre -5,50 (extremamente seco) e 11,93 (extremamente chuvoso). Os desvios positivos representaram 35%, já os negativos, 65%.

Para a RH 7 (Vale do Itajaí), os valores anuais do IAC variaram entre -2,07 (muito seco) e 1,62 (chuvoso), já os valores mensais variaram entre -5,97 (extremamente seco) e 7,89 (extremamente chuvoso). As anomalias positivas representaram 32,5% e as negativas, 67,5%.

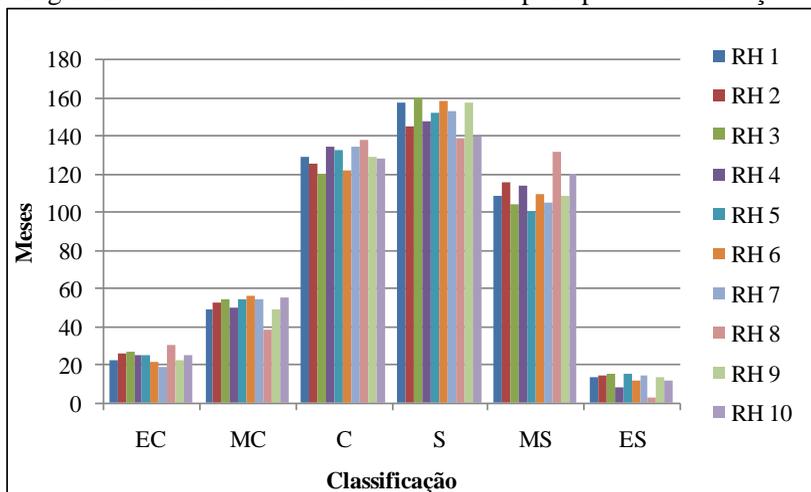
Os valores anuais do IAC referente à RH 8 (Litoral Centro) variaram entre -2,74 (muito seco) e 2,67 (muito chuvoso). Os índices mensais tiveram variação entre -4,14 (extremamente seco) e 9,33 (extremamente chuvoso). Nessa região, os anos de anomalia positiva representaram 47,5%, já as negativas representaram 52,5%.

A RH 9 (Litoral Sul) apresentou índices anuais variando entre -2,30 (muito seco) e 1,88 (chuvoso), e índices mensais variando entre -4,86 (extremamente seco) e 11,92 (extremamente chuvoso). Os desvios positivos representaram 37,5% da série, e os negativos foram iguais a 62,5%.

Já a RH 10 (Extremo Sul) obteve IAC anual variando entre -3,94 (muito seco) e 1,68 (chuvoso), e valores mensais variando entre -4,76 (extremamente seco) e 8,50 (extremamente chuvoso). Nessa região, as anomalias positivas totalizaram 40%, e 60% se deu pelas anomalias negativas.

Conforme se pode observar na Figura 20, todas as regiões apresentaram maior número de meses secos. A segunda classificação mais recorrente é a “chuvosa” e a terceira “muito seco”. Os eventos de extrema chuva possuem valor mais elevado, quando comparados aos eventos de extrema seca. Como a precipitação em Santa Catarina é considerada bem distribuída, pode ser que isso tenha influenciado também nesses resultados, visto que as colunas que representam cada região hidrográfica estão bem próximas umas das outras, ou seja, não apresentaram expressivas disparidades em cada classificação.

Figura 20 - Número de ocorrências mensais por tipo de classificação



Fonte: Autora, 2017.

A RH 2 (Meio Oeste), representada pela estação situada no município de Abelardo Luz, foi a que mais apresentou anomalias negativas, e conseqüentemente, a que menos apresentou anomalias positivas. Buffon e Binda (2013), ao estudarem os eventos de estiagem no município de Abelardo Luz, no período de 1960 a 1999, encontraram 44 eventos de estiagem baseados no índice de anomalia de chuva. Esses eventos ocorreram de forma aleatória, não sendo identificada nenhuma uniformidade. Os autores concluíram que os eventos de estiagem foram mais comuns no período do outono e inverno, porém, mais severos no outono, ocorrendo predominantemente durante a atuação da fase negativa (LN) ou de normalidade do ENOS.

A RH 8 (Litoral Centro), representada pela estação localizada no município de Governador Celso Ramos, foi a que apresentou maior equilíbrio entre os desvios positivos (19 ocorrências) e negativos (21 ocorrências). Devido a sua posição, essa área apresenta um clima controlado principalmente pela ação das massas Polar Marítima e Tropical Marítima do Atlântico, já as precipitações são reguladas pelas frentes polares.

4.3 ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA (IPP)

Com a aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5% não houve rejeição das distribuições gama ajustadas aos dados mensais de precipitação, tanto para o Método dos Momentos como para o Método da Máxima Verossimilhança. Dessa forma conclui-se que a distribuição gama pode ser usada nas estimativas de precipitações mensais para o estado de Santa Catarina. Isto corrobora as constatações de Coan et al. (2015), que analisando 92 estações pluviométricas de Santa Catarina, testaram a aderência da distribuição gama e da distribuição normal, concluindo que a distribuição gama é a mais adequada.

Na maioria das séries observadas obteve-se menor valor de Dmax com as distribuições ajustadas pelo método da Máxima Verossimilhança (MV), assim optou-se por utilizar este método no ajuste dos parâmetros para as estimativas das chuvas mensais.

Na Tabela 10 estão dispostos os IPPs mais secos para cada período. Em relação ao IPP-1 (mensal), o mês de janeiro é o que mais apresenta eventos de extrema seca. Em relação ao IPP-2 (bimestral) e IPP-3 (trimestral), o primeiro bimestre e o primeiro trimestre é que se destacam. O IPP-6 (semestral) ficou dividido, metade das estações apresentou valores extremos de seca no primeiro semestre, e outra metade no segundo semestre. Com relação ao IPP-12 (anual) destaca-se o ano de 1976, assim como no IPP-24 (bienal) destaca-se o biênio 1976-1977.

Os IPPs mais úmidos estão representados na Tabela 11. Em relação ao IPP-1, o mês de julho é o mais crítico. No que se refere ao IPP-2, 80% das estações apresentaram o primeiro bimestre como o mais chuvoso. O IPP-3 aponta o trimestre janeiro a março como o mais crítico. O IPP-6 ficou dividido, metade das estações apresentou valores extremos de chuva no primeiro semestre, e outra metade no segundo semestre. Com relação ao IPP-12 destaca-se o ano de 1983. Para o IPP-24 destaca-se o biênio 2014-2015.

De todos os parâmetros analisados, o valor mais alto do IPP (que representa um evento extremamente úmido) foi igual a 5,39 e ocorreu no segundo bimestre de 1997 no planalto catarinense (RH 4). Já o valor mais baixo do IPP (que representa um evento extremamente seco) foi igual a -5,79 e ocorreu no primeiro bimestre de 1998 na região do Vale de Itajaí (RH 7). Segundo Trenberth et al. (2002), o El Niño que ocorreu nos anos 1997-1998 foi um dos eventos mais poderosos já registrados,

resultando em secas generalizadas, inundações e outras catástrofes naturais em todo o mundo.

Tabela 10 - Períodos mais **secos** do histórico completo das estações analisadas

RH	Município	Mês mais seco	Bimestre mais seco	Trimestre mais seco	Semestre mais seco	12 meses mais secos	24 meses mais secos
1	Palmitos	jan/85	jul-ago/88	jul-set /88	jul-dez/88	1978	1980-1981
2	Abelardo Luz	ago/12	jan-fev/98	jan-mar/99	jan-jun/77	1991	1976-1977
3	Capinzal	jun/04	jan-fev/98	jul-set/86	jul-dez/00	1976	1976-1977
4	Painel	jan/79	jan-fev/90	jan-mar/87	jan-jun/78	1980	1976-1977
5	Canoinhas	fev/91	jan-fev/98	jan-mar/99	jul-dez/00	1985	1976-1977
6	Garuva	jan/91	jan-fev/93	out-dez/79	jan-jun/03	1976	1976-1977
7	Ibirama	jan/79	jan-fev/98	jul-set /93	jul-dez/01	2006	2006-2007
8	Gov. Celso Ramos	nov/93	jan-fev/91	jan-mar/09	jul-dez/04	1992	1992-1993
9	Armazém	mar/94	set-out/85	jan-mar/99	jan-jun/02	1994	1994-1994
10	Praia Grande	abr/78	jan-fev/96	jan-mar/96	jan-jun/76	1976	1976-1977

Elaborada pela autora.

Tabela 11 - Períodos mais **chuvosos** do histórico completo das estações analisadas

RH	Município	Mês mais chuvoso	Bimestre mais chuvoso	Trimestre mais chuvoso	Semestre mais chuvoso	12 meses mais chuvoso	24 meses mais chuvoso
1	Palmitos	jun/14	mai-jun/14	jan-mar/98	jul-dez/15	2015	2014-2015
2	Abelardo Luz	jul/83	jul-ago/90	4/87	jul-dez/79	1983	1982-1983
3	Capinzal	jul/83	jan-fev/97	4/97	jul-dez/15	2015	2014-2015
4	Painel	jul/83	mar-abr/97	4/97	jul-dez/99	1983	2000-2001
5	Canoinhas	jul/83	mar-abr /97	4/97	jul-dez/99	1983	2014-2015
6	Garuva	nov/08	mai-jun/78	3/79	jul-dez/88	2015	1982-1983
7	Ibirama	abr/10	mar-abr /79	2/80	jan-jun/83	1990	2010-2011
8	Gov. Celso Ramos	jul/83	mai-jun/81	1/14	jul-dez/15	2008	2008-2009
9	Armazém	dez/09	mar-abr /97	4/84	jan-jun/93	1983	2010-2011
10	Praia Grande	jun/14	nov-dez/78	2/82	jul-dez/88	2001	2000-2001

Elaborada pela autora.

Os gráficos referentes a cada região hidrográfica e para cada parâmetro estão organizados nas figuras 29 a 36 do apêndice D. Ao comparar o IPP-1, IPP-2, IPP-3, IPP-6, IPP-12 e IPP-24, pode-se observar que quando a escala de tempo utilizada é pequena (1, 2, 3 ou 6 meses), o IPP move-se frequentemente acima ou abaixo de zero. No entanto, quando há um período de análise maior (12 ou 24 meses), o IPP responde mais lentamente a mudanças na precipitação. Segundo McKee, Doesken e Kleist (1999), períodos com índices negativos tornam-se menores em número, porém, mais longos em duração.

Utilizando a classificação do IPP, foram gerados gráficos com a porcentagem de ocorrência de cada evento para cada região hidrográfica (Figura 21). Na escala de tempo IPP-1 as estações pluviométricas apresentaram classificação “próximo ao normal” entre 66,7 e 71,3% dos meses. Os eventos de “Extrema Chuva (EC)” representaram menos que 5%. Os eventos de “Muita Chuva (MC)” representaram menos que 6% dos meses. Os eventos de “Chuva (C)” variaram entre 6,7 e 10%. Os eventos de “Seca (S)” oscilaram entre 5,8 e 11,3%. Tanto os eventos de “Muita Seca (MS)” e “Extrema Seca (ES)” não apresentaram valores maiores que 5,8%.

O IPP-2 apresentou uma maior oscilação referente ao período “próximo ao normal”, com valores desde 41,3% na estação localizada em Garuva até 70,8%. Os eventos “EC” ficaram entre 2,1 e 5,4%, com exceção de Garuva que foi igual a 15%. Os eventos “MC” ficaram entre 4,2 e 8,3%. Os eventos “chuvosos” variaram entre 7,5 e 10,8%. Os eventos “secos” oscilaram entre 6,3 e 11,7%. Já os “MS” ficaram entre 4,2 e 7,1%. Os eventos de “ES” variaram entre 2,9 e 6,3%, com exceção de Garuva, que alcançou 13,3%.

Em relação ao IPP-3, com exceção das RHs 6 e 9, todas as outras apresentaram mais de 50% de proximidade com o que é considerado “normal”. Essas mesmas estações também apresentaram valores elevados de eventos “EC”, com um total de 15,6 e 7,5%, respectivamente. O restante das regiões não passaram dos 3,1%. Os trimestres “MC” variaram entre 2,5 e 7,5%, sendo o maior valor observado mais uma vez em Garuva (RH 6). Os eventos chuvosos oscilaram entre 6,9 e 15%. Já os “secos” ficaram entre 5,6 e 11,3%. Os “MS”, entre 2,5 e 8,1% e os “ES” entre 1,9 e 13,1%.

O IPP-6 apresentou uma oscilação referente ao período “próximo ao normal” entre 56,3 e 77,5%. A RH 8 não apresentou nenhum semestre de “EC”, as outras regiões oscilaram entre 1,3 e 5%. Em

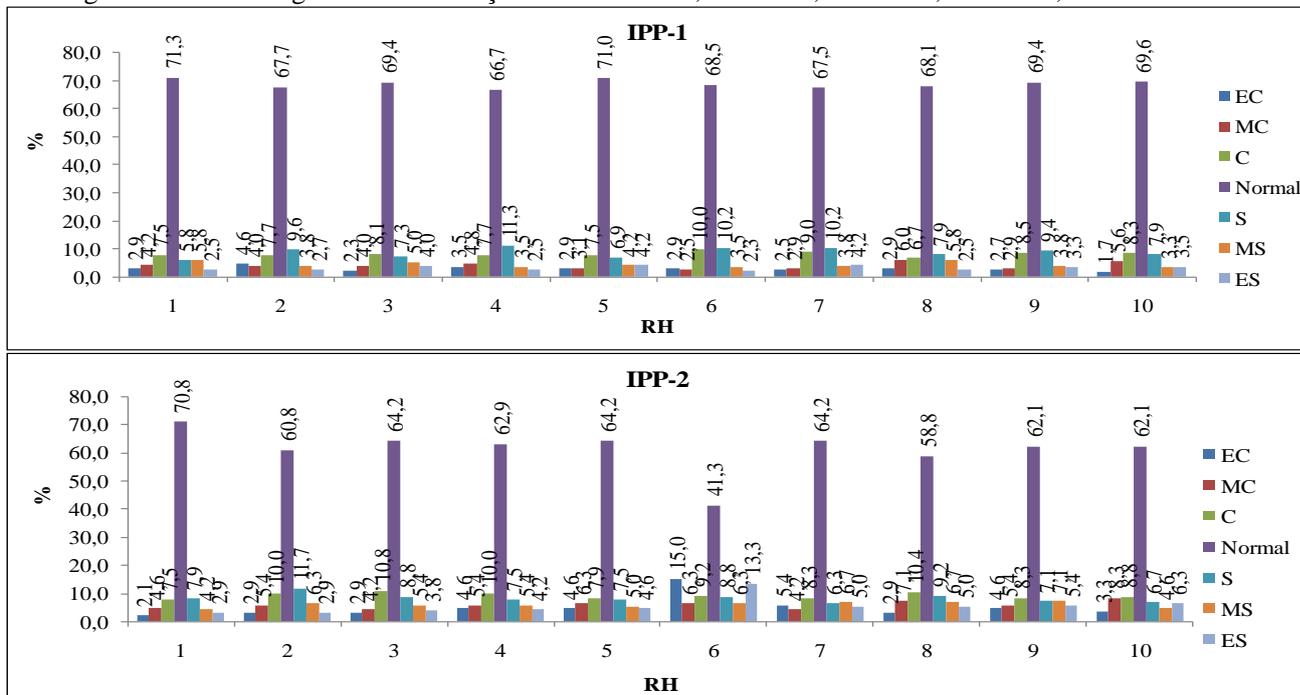
relação aos semestres “MC”, a RH 3 foi a que apresentou menor porcentagem (1,3%) e a RH 6 a que apresentou maior porcentagem (10%). O restante variou entre 3,8 e 6,3%. Os eventos “C” apresentaram bastante variação, desde 3,8 a 15%. Com relação ao evento “S”, com exceção da RH 9 que apresentou a menor porcentagem (2,5%), as outras tiveram valores que variaram entre 7,5 e 15%. A RH 10 não apresentou semestre “MS”, a RH 7 apresentou o maior valor para essa classificação (10%), o restante variou entre 2,5 e 5%. Os eventos “ES” oscilaram entre 1,3 e 5%.

O IPP-12 apresentou entre 62,5 e 87,5% de anos considerados “normais”. A RH 10 não apresentou ano classificado como “EC”, o restante variou entre 2,5 e 5%. Em relação aos eventos “MC”, as RHs 4 e 9 apresentaram valores iguais a zero, já o restante variou entre 2,5 e 7,5%. Referente aos anos chuvosos, a RH 2 apresentou o menor valor (2,5), as outras apresentaram valores entre 7,5 e 17,5. Com relação aos eventos secos, com exceção da RH 10 que não apresentou nenhum ano com essa classificação, o restante variou entre 5 e 15%. Tanto os eventos “MS” quanto os “ES” oscilaram entre 2,5 e 5%, com exceção das RHs 4, 7 e 10 que não apresentaram nenhum evento “MS” e a RH 2 que não apresentou evento “ES”.

Referente ao IPP-24 a RH 4 apresentou 62,5% de normalidade, as RHs 1 e 8 apresentaram valor igual a 67,5%, as RHs 2, 3, 5, 7 e 9 igual a 70%, a RH 6 igual a 72,5% e a RH 10 igual a 87,5%. A RH 10 não apresentou eventos “EC”, o restante variou entre 2,5 e 5%. As RHs 4 e 9 não apresentaram eventos “MC”, para as outras áreas o IPP biennial variou entre 2,5 e 7,5%. Os biênios classificados como chuvosos variaram entre 2,5 e 17,5. Os secos variaram entre 5 e 15%, com exceção da RH 10 que foi igual a zero. Os “MS” e “ES” oscilaram entre 2,5 e 5%, exceto as RHs 4 e 7 que não apresentaram eventos “MS” e a RH 2, que não apresentou evento “ES”.

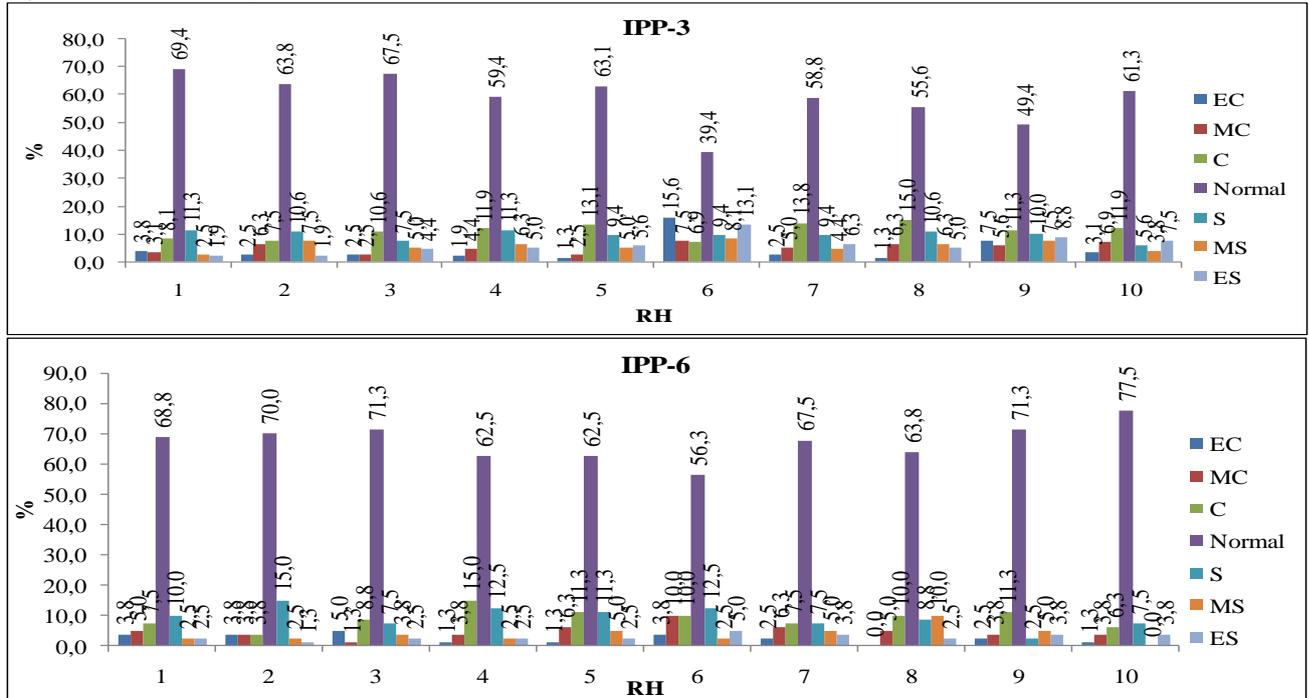
Com exceção da estação de Praia Grande, a região sul de Santa Catarina é a que apresenta melhor distribuição do IPP e também é considerada uma área de baixa pluviometria. Já o litoral norte, apresentou a menor porcentagem de períodos “normais”, quando comparado às outras regiões.

Figura 21 - Percentagem de classificação do IPP mensal, bimestral, trimestral, semestral, anual e bienal.



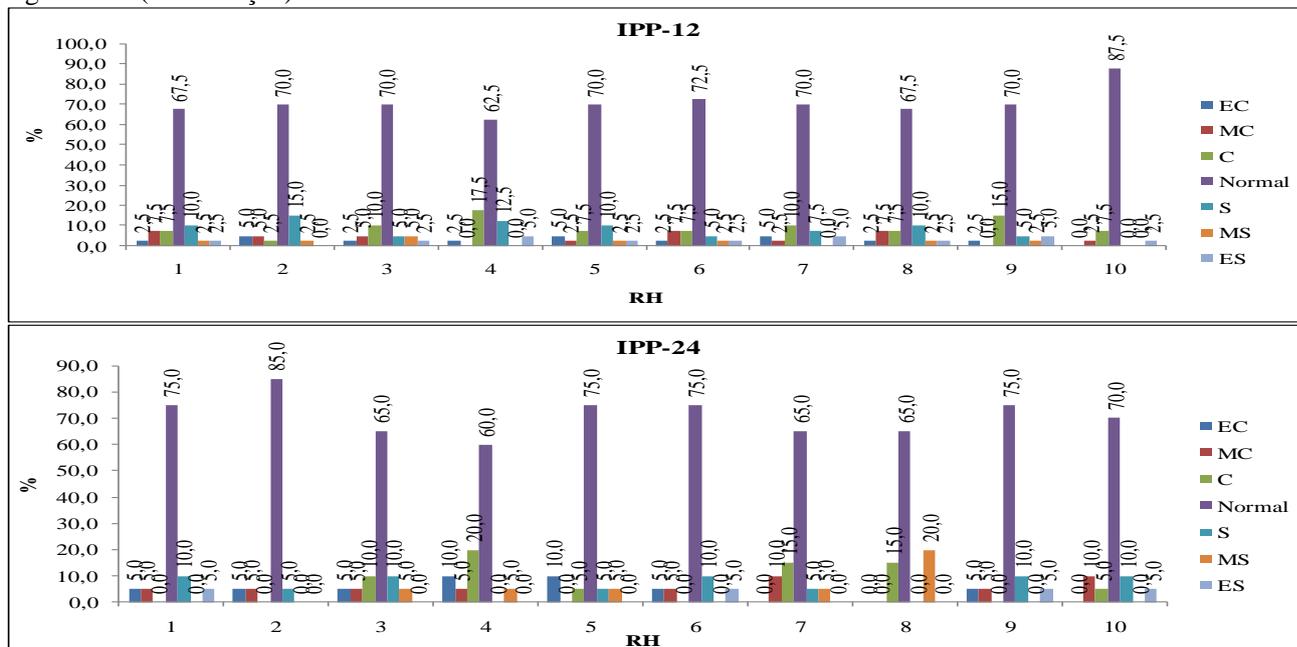
(continua)

Figura 21 – (continuação)



(continua)

Figura 21 – (continuação)



Legenda: EC = extremamente chuvoso; MC = muito chuvoso; C = chuvoso; S = seco; MS = muito seco; ES = extremamente seco.

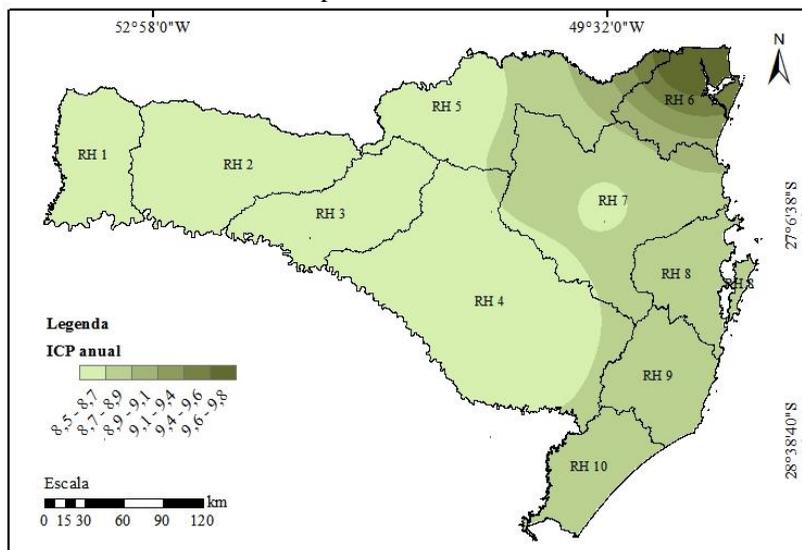
Organização: Autora, 2017.

4.4 ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (ICP)

O ICP, além de definir a variabilidade temporal das chuvas, também é de grande interesse nos estudos da erosão do solo, visto que possui efeito dinâmico mais ativo quanto maior sua concentração no tempo.

No estado de Santa Catarina, o ICP anual variou entre 8,5 e 9,8 (Figura 22). Os menores índices foram encontrados no oeste, meio-oeste, planalto e na parte oeste do planalto norte, aumentando na região do vale do Itajaí, região sul e litoral sul e atingindo o valor máximo no litoral norte catarinense. Siqueira (2015) encontrou para o estado de São Paulo valores de ICP anual que oscilaram entre 10 e 15, o que indica sazonalidade na distribuição das chuvas na região sudeste do Brasil. Shi et al. (2014) analisando dados pluviométricos da China observou valores de ICP entre 17,1 e 20,5. Luis et al (2011) avaliando ICP da Espanha citam valores de ICP variando de 10 a acima de 20.

Figura 22 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) anual da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina



Organização: Autora, 2017.

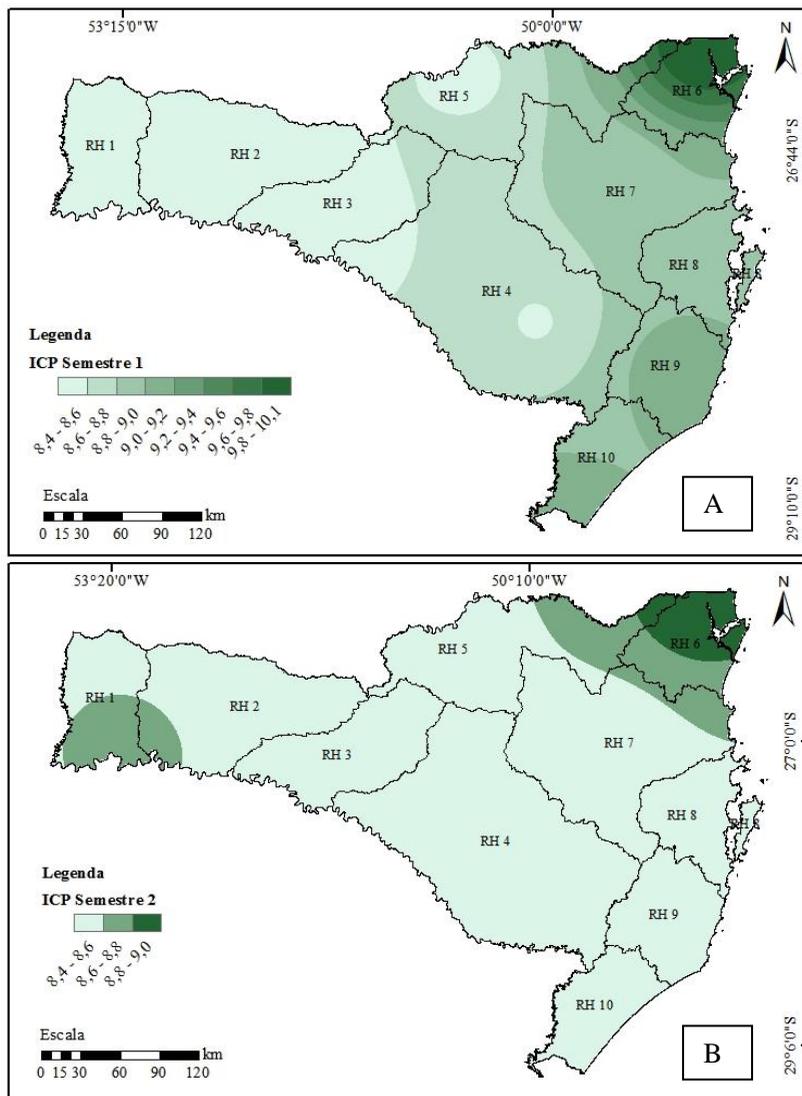
No Apêndice B encontram-se os resultados do ICP de cada estação para cada ano. A RH 4 foi a que apresentou o menor valor (6,28)

no ano de 2015 (EN forte intensidade). O valor máximo (32,49) ocorreu no ano de 1990 na RH 6, esse evento pode ser decorrente do volume de precipitação registrado na estação 2648027 em janeiro de 1990 (ano neutro), totalizando 1.282,3 mm. Este valor pode ser considerado um *outlier*¹⁴, já que a média dos valores das estações da mesma categoria, no mesmo mês, é de 495,3 mm, e a média desta estação para janeiro é de 465,1 mm.

Comparando os valores por semestre observa-se uma leve diferenciação nos valores de ICP no estado de Santa Catarina. No primeiro semestre (Figura 23A) a distribuição é semelhante à distribuição da ICP médio anual, com valores de ICP entre 8,4 e 10,1 no litoral norte e litoral centro do estado. Já no segundo semestre (Figura 23B) os valores de ICP em todo estado variam de 8,4 a 9. Esta diferenciação deve-se pelo fato de nos meses de verão ocorrer no litoral maiores volumes de chuvas geradas por processos convectivos associados à circulação da massa de ar trazendo umidade do oceano e provocando chuvas orográficas.

¹⁴Na estatística, *outlier* pode ser caracterizado como um ponto muito distante das demais observações.

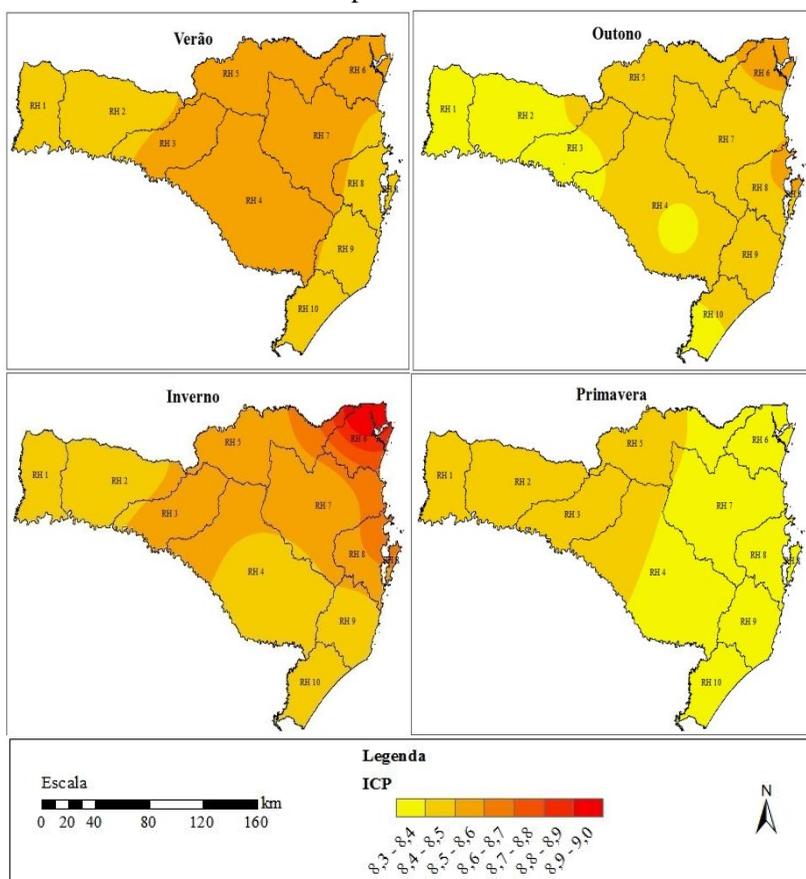
Figura 23 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) do primeiro semestre (A) e do segundo semestre (B) da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina



Organização: Autora, 2017.

O ICP sazonal também apresentou distribuição uniforme da precipitação em todas as estações do ano (Figura 24). No verão (janeiro a março) os valores variaram entre 8,4 e 8,6, sendo que os maiores valores foram encontrados na região serra, a qual, normalmente, apresenta valores de precipitação abaixo da média estadual. No outono (abril a junho) o ICP de praticamente todo o estado variou entre 8,3 e 8,5, com exceção de pequenas áreas no litoral do estado que apresenta ICP igual a 8,6.

Figura 24 - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) sazonal da série de 1976 a 2015 para o estado de Santa Catarina



Organização: Autora, 2017.

O inverno (julho a setembro) foi a estação que apresentou maior variabilidade do ICP, e é justamente nessa estação que a precipitação ocorre de maneira mais uniforme na média histórica de Santa Catarina. Em grande parte do estado a oscilação ficou entre 8,4 e 8,6, chegando a 9,0 no litoral norte (região com elevado volume pluviométrico). Na primavera (outubro a dezembro) o estado ficou dividido, do centro para o oeste variou entre 8,4 e 8,5 e do centro para o litoral variou entre 8,3 e 8,4.

No Apêndice C estão dispostas as médias sazonais de cada RH, onde é observado ICP com maior variação, devido à série de dados mais curta. Valores acima de 20 indicam distribuição concentrada de precipitação e só foram encontradas na RH 7 no inverno de 1988 (21,8 – LN), na RH 8 no outono de 1985 (20,1 – LN fraca) e na RH 9 no outono de 1995 (23,4 – EN moderado).

De um modo geral, o estado de Santa Catarina apresenta uniforme concentração de precipitação, tanto para a série anual, semestral e sazonal.

A boa uniformidade da chuva e a variação sazonal observada no ICP para o estado de Santa Catarina pode ser atribuído aos mecanismos responsáveis pela formação das chuvas, em que no nordeste de Santa Catarina predomina o regime de monções de verão com o trimestre dez-jan-fev ou jan-fev-mar como mais chuvoso. No oeste a maior precipitação ocorre na primavera, especialmente no outono (GRIMM, 2009). Além disso, há a passagem frequente de sistemas frontais ao longo do ano em todas as regiões do estado.

4.5 CORRELAÇÕES COM O FENÔMENO EL-NIÑO-OSCILAÇÃO SUL

Os eventos ENOS interferem em vários fatores climáticos e impactam o Brasil de variadas formas. Por exemplo, o EN pode produzir secas extremas em algumas áreas e em outras apenas elevar as temperaturas, ao passo em que chuvas torrenciais acometem determinadas regiões. Normalmente associa-se o El Niño à elevação do volume pluviométrico e a La Niña à redução, no sul do Brasil.

Vale ressaltar que em um mesmo ano podem ocorrer ambos os fenômenos.

Para verificar se os índices de precipitação têm relação com esses eventos foram criados os quadros dispostos à seguir. Por exemplo, no IAC anual a série apresentou apenas duas classificações: chuvoso e

seco. Esses anos foram então marcados como El Niño ou La Niña e sua intensidade (Quadro 2). O mesmo foi feito para o IPP (Quadro 3) e ICP (Quadro 4).

Em relação ao IAC, 17,5% dos anos classificados como chuvosos estavam sob influência do El Niño e 5% sob influência da La Niña. Dos anos classificados como secos, 52,5% estavam sob influência do EN, 7,1% sob influência da LN e 5% foram anos neutros.

Noronha, Hora e Silva (2016) utilizaram o IAC para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó (RJ) e concluíram que o período seco não se acentuou ao longo do tempo, como também não foi possível verificar relação entre as anomalias climáticas (El Niño/La Niña) e o índice de anomalia de chuva.

Sanches, Verdum e Fisch (2014), avaliaram as precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009) por meio do IAC e concluíram que os anos considerados chuvosos tiveram correlação com o EN, já os anos secos, que deveriam estar sob efeito da LN, não apresentaram boa correspondência. Na contramão, Buffon e Binda (2013) afirmam que os eventos de estiagem no município de Abelardo Luz/SC, no período de 1960 a 1999, ocorreram predominantemente nos anos de atuação da LN.

Na cidade de Blumenau/SC, a aplicação do IAC por Fonseca (2016) no período de 1941 a 2015, permitiu identificar que os valores positivos e negativos apresentam uma forte relação com o fenômeno ENOS. Porém, alguns anos, como de 2008 que apresentou uma das maiores precipitações pluviométricas na região, estavam sob a ação da La Niña. O autor associou tal fato à união de um Bloqueio Atmosférico e um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que provocou aumento de precipitação.

Quadro 2 - Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o IAC

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)												Classificação	
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
1976	Seco	Seco	Seco					Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Seco	
1977	Chuvoso	Chuvoso						Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Seco
1978	Chuvoso												Seco
1979									Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Seco
1980	Chuvoso	Chuvoso											Chuvoso
1981													Seco
1982			Chuvoso	Chuvoso									
1983	Chuvoso	Seco	Seco	Seco	Seco	Chuvoso							
1984	Seco	Chuvoso											
1985	Seco					Seco							
1986								Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Seco
1987	Chuvoso	Seco											
1988	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Seco	Seco								
1989	Seco						Seco						
1990													Chuvoso
1991					Chuvoso	Seco (continua)							

Quadro 2 – (continuação)

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)													Classificação
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
1992	█												Seco
1993													Seco
1994								█	█	█	█	█	Seco
1995	█	█	█				█	█	█	█	█	█	Seco
1996	█	█	█										Seco
1997					█	█	█	█	█	█	█	█	Seco
1998	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Chuvoso
1999	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Seco
2000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Seco
2001	█	█	█										Chuvoso
2002						█	█	█	█	█	█	█	Seco
2003	█	█	█										Seco
2004							█	█	█	█	█	█	Seco
2005	█	█	█								█	█	Seco
2006	█	█	█						█	█	█	█	Seco
2007	█						█	█	█	█	█	█	Seco

(continua)

Quadro 2 – (continuação)

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)												Classificação	
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
2008	Vermelho					Azul		Vermelho			Vermelho		Chuvoso
2009	Vermelho			Azul									Seco
2010	Azul		Vermelho										Chuvoso
2011	Vermelho												Chuvoso
2012	Vermelho			Azul									Seco
2013	Azul												Seco
2014	Azul										Vermelho		Chuvoso
2015	Azul												Chuvoso

Legenda: Vermelho – La Niña; Azul – El Niño.

DJF – dezembro, janeiro, fevereiro; JFM – janeiro, fevereiro, dezembro; FMA – fevereiro, março, abril;

MAM – março, abril, maio; AMJ – abril, maio, junho; MJJ – maio, junho, julho; JJA – junho, julho, agosto;

JAS – julho, agosto, setembro; ASO – agosto, setembro, outubro; SON – setembro, outubro, novembro;

OND – outubro, novembro, dezembro; NDJ – novembro, dezembro, janeiro.

Organização: Autora, 2017.

No constante ao IPP, 5% dos anos classificados como “chuvosos” e “muito chuvosos” estavam sob influência do EN. Dos anos classificados como “normais”, 57,5% foram de EN, 5% de LN e 25% de anos neutros. Os eventos “muito secos” só tiveram influência do EN (7,5%).

Macedo et al. (2010) utilizaram o IPP para o estado da Paraíba no período de 1965 a 2000 e concluíram que o uso do IPP-24 apresentou secas severas mais intensas entre 1991 e 1995 devido à ação do fenômeno EN.

No estado de Tocantins, Gois et al. (2013) chegaram à conclusão de que o IPP é capaz de identificar a severidade da seca quando há ocorrência de eventos de El Niño forte.

No ICP foram relacionados os eventos ENOS aos anos de distribuição uniforme e moderadamente sazonal. Dos anos classificados como de distribuição uniforme da precipitação, 20% estavam sob influência do EN, 7,5% sob influência da LN e 2,5% foram anos neutros. Já os anos classificados como de distribuição pluviométrica moderadamente sazonal apresentou 42,% de anos de EN, 25% de LN e 2,5% anos neutros.

Tanto o IPP quanto o IAC resultaram em anomalia positiva para os anos 1983 e 2015. Ambos os anos estavam sob influência do El Niño mais forte identificado no período estudado. Nesses mesmos anos, todo o estado de Santa Catarina sofreu com enchentes.

O IPP classificou 87,5% dos anos como normais, mesmo os anos sob influência do ENOS.

Com exceção do ano de 2015, todos os outros anos que apresentaram distribuição uniforme de precipitação através do ICP também foram classificados como anos normais pelo IPP.

Pereira et al. (2011), ao estudarem a influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica no norte do Brasil, concluíram que a influência desses fenômenos sobre a ocorrência de secas ou enchentes no Brasil ainda não está bem compreendida. Do mesmo modo, Nery (2005) acredita que esses fenômenos não determinam as chuvas na Região Sul, contudo, são importantes, quanto à intensidade das mesmas no Oeste catarinense.

Quadro 3 - Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o IPP

Índice de Precipitação Padronizada (IPP)												Classificação
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	
1976	■	■	■					■	■	■	■	Moderadamente seco
1977	■	■						■	■	■	■	Próximo ao normal
1978	■											Moderadamente seco
1979									■	■	■	Próximo ao normal
1980	■	■										Próximo ao normal
1981												Próximo ao normal
1982			■	■	■	■	■	■	■	■	■	Próximo ao normal
1983	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	Extremamente chuvoso
1984	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	Próximo ao normal
1985	■	■	■	■	■	■	■	■				Próximo ao normal
1986								■	■	■	■	Próximo ao normal
1987	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Próximo ao normal
1988	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	Próximo ao normal
1989	■	■	■	■	■							Próximo ao normal
1990												Próximo ao normal
1991					■	■	■	■	■	■	■	Moderadamente seco

(continua)

Quadro 3 – (continuação)

Índice de Precipitação Padronizada (IPP)													Classificação
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
1992	█												Próximo ao normal
1993													Próximo ao normal
1994								█	█	█	█	█	Próximo ao normal
1995	█	█						█	█	█	█	█	Próximo ao normal
1996	█	█											Próximo ao normal
1997					█	█	█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
1998	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
1999	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
2000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
2001	█	█											Próximo ao normal
2002						█	█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
2003	█	█											Próximo ao normal
2004							█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal
2005	█	█									█	█	Próximo ao normal
2006	█	█	█						█	█	█	█	Próximo ao normal
2007	█						█	█	█	█	█	█	Próximo ao normal

(continua)

Quadro 3 – (continuação)

Índice de Precipitação Padronizada (IPP)												Classificação	
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
2008	Vermelho					Azul					Vermelho	Próximo ao normal	
2009	Vermelho		Azul			Azul							Próximo ao normal
2010	Azul		Vermelho			Vermelho							Próximo ao normal
2011	Vermelho												Próximo ao normal
2012	Vermelho			Azul									Próximo ao normal
2013	Azul												Próximo ao normal
2014	Azul										Vermelho		Próximo ao normal
2015	Azul												Moderadamente chuvoso

Legenda: Vermelho – La Niña; Azul – El Niño.

DJF – dezembro, janeiro, fevereiro; JFM – janeiro, fevereiro, dezembro; FMA – fevereiro, março, abril;

MAM – março, abril, maio; AMJ – abril, maio, junho; MJJ – maio, junho, julho; JJA – junho, julho, agosto;

JAS – julho, agosto, setembro; ASO – agosto, setembro, outubro; SON – setembro, outubro, novembro;

OND – outubro, novembro, dezembro; NDJ – novembro, dezembro, janeiro.

Organização: Autora, 2017.

Quadro 4 – Correlação entre os índices e eventos El Niño-Oscilação Sul para o ICP

Índice de Concentração da Precipitação (ICP)													Classificação
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
1976	■	■	■								■	■	Dist. mod. sazonal
1977	■	■									■	■	Dist. mod. sazonal
1978	■												Dist. mod. sazonal
1979										■	■	■	Dist. mod. sazonal
1980	■	■											Dist. uniforme
1981													Dist. mod. sazonal
1982				■	■	■	■	■	■	■	■	■	Dist. mod. sazonal
1983	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	Dist. mod. sazonal
1984	■									■	■	■	Dist. uniforme
1985	■	■	■	■	■	■	■	■					Dist. mod. sazonal
1986											■	■	Dist. uniforme
1987	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Dist. mod. sazonal
1988	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	Dist. mod. sazonal
1989	■	■	■	■	■	■							Dist. mod. sazonal
1990													Dist. mod. sazonal
1991						■	■	■	■	■	■	■	Dist. mod. sazonal

(continua)

Quadro 4 – (continuação)

Índice de Concentração da Precipitação (ICP)													Classificação	
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ			
1992	■													Dist. mod. sazonal
1993													Dist. mod. sazonal	
1994								■					Dist. mod. sazonal	
1995	■							■					Dist. mod. sazonal	
1996	■												Dist. uniforme	
1997					■								Dist. mod. sazonal	
1998	■						■						Dist. uniforme	
1999	■												Dist. mod. sazonal	
2000	■												Dist. mod. sazonal	
2001	■												Dist. uniforme	
2002					■								Dist. uniforme	
2003	■												Dist. mod. sazonal	
2004						■						Dist. mod. sazonal		
2005	■										■		Dist. uniforme	
2006	■							■					Dist. mod. sazonal	
2007	■					■						Dist. uniforme		

(continua)

Quadro 4 – (continuação)

Índice de Concentração da Precipitação (ICP)													Classificação
DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ		
2008	Red	Dist. mod. sazonal											
2009	Red	Dist. uniforme											
2010	Red	Dist. mod. sazonal											
2011	Red	Dist. mod. sazonal											
2012	Red	Dist. mod. sazonal											
2013	Red	Dist. uniforme											
2014	Red	Dist. mod. sazonal											
2015	Red	Dist. uniforme											

Legenda: Vermelho – La Niña; Azul – El Niño.

DJF – dezembro, janeiro, fevereiro; JFM – janeiro, fevereiro, dezembro; FMA – fevereiro, março, abril; MAM – março, abril, maio; AMJ – abril, maio, junho; MJJ – maio, junho, julho; JJA – junho, julho, agosto; JAS – julho, agosto, setembro; ASO – agosto, setembro, outubro; SON – setembro, outubro, novembro; OND – outubro, novembro, dezembro; NDJ – novembro, dezembro, janeiro.

Organização: Autora, 2017.

4.6 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

A partir dos dados diários da série de registros do período de 01 de janeiro de 1976 a 31 de dezembro de 2015 de precipitação, foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall para a detecção de mudanças climáticas a 5% de probabilidade.

Em relação ao IAC anual (Tabela 12), foi observada tendência estatisticamente significativa de aumento para duas estações pluviométricas, sendo uma no município de Governador Celso Ramos e outra em Praia Grande.

Tabela 12 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o IAC anual

Dado	RH	S	z	Significância (p < 0,05)
IAC anual	1	62	0,711	0,4773
	2	-88	-1,014	0,3108
	3	160	1,853	0,0640
	4	116	1,340	0,1803
	5	144	1,666	0,0957
	6	-8	-0,082	0,9350
	7	82	0,944	0,3453
	8	294	3,414	0,0006
	9	122	1,410	0,1586
	10	192	2,225	0,0261

Fonte: Autora, 2017.

A aplicação do método Theil-Sen (Tabela 13) permitiu estimar a declividade (β), indicando a magnitude e a tendência. Para a estação pertencente à RH 8, a mediana observada foi de -0,108, (o que significa que 50% dos valores de IAC são menores que -0,108) com tendência significativa de aumento de 0,0645 ao ano no IAC. Já para a RH 10, a mediana foi de -0,314 com tendência significativa de aumento no IAC de 0,0645 ao ano.

Nenhuma tendência significativa foi encontrada em 80% das séries.

Tabela 13 - Teste de Theil-Sen para o IAC anual

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β	
				β inferior	β superior
IAC	8	-0,108	0,0645	0,0355	0,1079
anual	10	-0,314	0,0270	0,0041	0,0565

Fonte: Autora, 2017.

Os resultados dos testes de Mann-Kendall e Theil-Sen para o ICP anual, primeiro semestre, segundo semestre, verão, outono, inverno e primavera, encontram-se dispostos na Tabela 14.

A estação pluviométrica pertencente à RH 2 apresentou tendência positiva para a análise anual, para o segundo semestre e para a primavera.

A RH 9 apresentou tendência significativa de aumento de 0,0216 para o verão, com mediana igual a 9,037.

Assim como a RH 2, a RH 8 também apresentou tendência para a primavera, porém com tendência significativa de redução de 0,0387.

Não foram encontradas tendências significativas para o segundo semestre, outono e inverno. Como mais de 90% das séries não apresentaram tendências pode-se concluir que não há evidências sobre tendências nas séries de ICP.

Tabela 14 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o ICP

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
ICP anual	1	10,676	0,0164	-0,007	0,043	118	1,363	0,1728
	2	10,335	0,0282	0,0053	0,0575	192	2,225	0,0261
	3	10,535	-0,0001	-0,0263	0,0286	-2	-0,012	0,9907
	4	10,672	-0,0077	-0,0354	0,0201	-54	-0,618	0,5369
	5	11,169	0,0013	-0,0303	0,041	20	0,221	0,8248
	6	11,501	0,0025	-0,031	0,0466	16	0,175	0,8613
	7	10,504	-0,0052	-0,0311	0,0157	-46	-0,524	0,6001
	8	11,051	-0,0289	-0,0767	0,0121	-110	-1,27	0,2041
	9	10,753	0,0185	-0,0094	0,0491	98	1,13	0,2584
	10	11,117	0,0073	-0,0324	0,0467	30	0,338	0,7355
ICP semestre 1	1	10,681	0,0044	-0,0324	0,0376	14	0,151	0,8796
	2	10,155	0,0168	-0,0163	0,0489	78	0,897	0,3696
	3	10,195	0,0015	-0,0302	0,0304	4	0,035	0,9721
	4	10,506	-0,0198	-0,0635	0,0162	-102	-1,177	0,2393
	5	10,564	-0,005	-0,0485	0,0322	-26	-0,291	0,7708
	6	11,232	0,0194	-0,0269	0,0576	62	0,711	0,4773
	7	10,829	-0,0031	-0,0458	0,037	-12	-0,128	0,898
	8	10,982	-0,0077	-0,0505	0,033	-26	-0,291	0,7708
	9	10,631	0,0309	-0,0119	0,0621	124	1,433	0,1518
	10	11,313	0,0081	-0,0485	0,0584	20	0,221	0,8248

(continua)

Tabela 14 – (continuação)

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
ICP semestre 2	1	9,967	0,0305	-0,0031	0,0771	150	1,736	0,0826
	2	9,92	0,0382	0,0067	0,0764	228	2,645	0,0082
	3	10,155	0,0169	-0,018	0,0553	94	1,084	0,2786
	4	10,156	0,004	-0,0333	0,0314	12	0,128	0,898
	5	10,33	0,0146	-0,0202	0,0632	82	0,944	0,3453
	6	10,346	-0,0065	-0,0426	0,0323	-36	-0,408	0,6834
	7	10,235	-0,0036	-0,0359	0,0329	-20	-0,221	0,8248
	8	10,531	-0,0323	-0,0892	0,0139	-108	-1,247	0,2125
	9	9,89	0,0124	-0,0193	0,0514	66	0,757	0,4489
	10	10,167	0,0185	-0,0203	0,0565	80	0,92	0,3573
ICP verão	1	9,863	-0,005	-0,0483	0,0273	-22	-0,245	0,8067
	2	9,293	0,0176	-0,0091	0,0517	104	1,2	0,2301
	3	9,228	0,0039	-0,0212	0,0243	24	0,268	0,7887
	4	9,21	-0,0062	-0,0491	0,018	-50	-0,571	0,5681
	5	9,634	-0,0127	-0,0601	0,0155	-76	-0,874	0,3822
	6	9,078	0,0048	-0,0097	0,0286	60	0,687	0,4918
	7	9,239	-0,0165	-0,0407	0,0123	-106	-1,223	0,2212
	8	9,212	-0,0136	-0,0397	0,0085	-110	-1,27	0,2041
	9	9,037	0,0216	0,0015	0,0525	188	2,179	0,0294
	10	9,357	0,0016	-0,0226	0,0331	10	0,105	0,9165

(continua)

Tabela 14 – (continuação)

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
ICP Outono	1	9,933	-0,0071	-0,0463	0,0355	-36	-0,408	0,6834
	2	9,798	0,0025	-0,0378	0,0391	26	0,291	0,7708
	3	9,609	-0,0083	-0,0418	0,0307	-38	-0,431	0,6664
	4	9,753	-0,0159	-0,0534	0,0213	-82	-0,944	0,3453
	5	10,738	0,0056	-0,0561	0,0584	20	0,221	0,8248
	6	9,543	-0,006	-0,0425	0,0286	-28	-0,315	0,7531
	7	10,125	-0,0018	-0,0404	0,0489	-10	-0,105	0,9165
	8	10,156	0,0048	-0,059	0,043	14	0,151	0,8796
	9	9,445	0,0086	-0,0264	0,0359	56	0,641	0,5216
	10	9,835	0,0102	-0,0293	0,0449	48	0,548	0,584
ICP Inverno	1	9,9	0,0332	-0,0022	0,0734	150	1,736	0,0826
	2	9,193	0,0173	-0,0099	0,0461	78	0,897	0,3696
	3	9,458	0,0147	-0,0172	0,0564	86	0,99	0,322
	4	9,371	0,0048	-0,0234	0,0499	28	0,315	0,7531
	5	9,934	0,0138	-0,0303	0,0523	44	0,501	0,6164
	6	10,473	0,0151	-0,0449	0,0665	60	0,687	0,4918
	7	9,871	0,007	-0,0304	0,0652	28	0,315	0,7531
	8	10,549	-0,0119	-0,0655	0,0284	-42	-0,478	0,6329
	9	9,93	0,0395	-0,0004	0,0874	139	1,669	0,095
	10	9,944	0,0322	-0,0052	0,065	152	1,759	0,0785

(continua)

Tabela 14 – (continuação)

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
ICP Primavera	1	9,23	0,0121	-0,0135	0,0518	82	0,944	0,3453
	2	9,228	0,0369	0,0012	0,0688	178	2,062	0,0392
	3	9,118	0,0179	-0,0048	0,0465	134	1,55	0,1212
	4	9,173	-0,0099	-0,0315	0,0102	-92	-1,06	0,289
	5	8,922	0,005	-0,008	0,0519	52	0,594	0,5524
	6	8,732	0,0013	-0,0099	0,0108	18	0,198	0,843
	7	8,966	-0,0044	-0,021	0,0138	-48	-0,548	0,584
	8	9,555	-0,0387	-0,0687	-0,0138	-210	-2,435	0,0149
	9	9,295	-0,0017	-0,0281	0,0193	-28	-0,315	0,7531
	10	9,323	0,0103	-0,0109	0,0387	84	0,967	0,3335

Organização: Autora, 2017.

Os resultados da análise para o IPP bimestral, trimestral, semestral, anual e bienal estão dispostos na Tabela 15.

Foram encontradas tendências anuais positivas para as RHs 8 e 10. Para as séries bienais foram encontradas tendências positivas para as estações das RHs 4, 8 e 10. Para o IPP semestral foram identificadas tendências positivas nas séries das estações das RHs 2, 4 e 5 e negativa para a estação da RH 6.

Observa-se que 20% das séries analisadas apresentaram tendências de aumento e somente uma série (10%) apresentou tendência de diminuição nos valores de IPP. Nas séries de IPP semestral foi observado maior frequência (40%) de tendência. Essa constatação requer mais estudos para avaliar se estas tendências se referem a alterações no regime de precipitação ou são somente aleatórias. Sugerem-se estudos com outras estações pluviométricas na região, e também uma verificação mais criteriosa da consistência destes dados.

Penalba e Robledo (2010) encontraram aumento de precipitação diária na região sul do Brasil, sobretudo de eventos extremos no verão, outono e primavera. Já Campos et al. (2006), encontraram tendência de aumento nos totais anuais de precipitação na maioria das regiões de Santa Catarina. No município de Chapecó foi observado um aumento de 37,7 mm na precipitação anual ao longo de 38 anos. Segundo os autores, ainda que os totais de precipitação estejam aumentando, o número de dias consecutivos sem chuva também tem aumentado nos últimos anos em diferentes regiões do estado.

Silva e Nunes (2011) observaram tendência positiva em Joinville, Blumenau, Florianópolis, Rio do Sul, Tubarão, Porto União, Mafra e Benedito Novo e tendências negativas em Taió, Brusque e Araranguá.

Tabela 15 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para o IPP

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância (p < 0,05)
				β inferior	β superior			
IPP Bimestral	1	0	0,0013	-0,0006	0,0032	1767	1,421	0,1555
	2	-0,053	0,0003	-0,0019	0,0025	302	0,242	0,8087
	3	-0,025	0,0014	-0,0007	0,0035	1702	1,368	0,1712
	4	-0,077	0,0006	-0,0014	0,0028	757	0,608	0,5431
	5	0,003	0,0017	-0,0005	0,0038	1898	1,526	0,127
	6	0,013	-0,0043	-0,0077	-0,0009	-3048	-2,451	0,0142
	7	0,04	0,001	-0,0012	0,0032	1068	0,858	0,3907
	8	0,02	0,0006	-0,0016	0,0029	770	0,619	0,5362
	9	-0,017	-0,0015	-0,0039	0,0007	-1691	-1,359	0,174
	10	0,018	-0,0004	-0,0026	0,0018	-442	-0,355	0,7228
IPP Trimestral	1	-0,026	0,0028	-0,0007	0,0062	1041	1,535	0,1249
	2	0,05	0,0008	-0,0029	0,0046	292	0,429	0,6677
	3	0,12	0,0035	0	0,0071	1308	1,928	0,0538
	4	0,055	0,0021	-0,0019	0,006	696	1,025	0,3051
	5	0,078	0,0035	-0,0003	0,0072	1210	1,784	0,0744
	6	-0,072	-0,0072	-0,0138	-0,0006	-1470	-2,167	0,0302
	7	0,06	0,0013	-0,0028	0,0054	392	0,577	0,564
	8	0,059	0,0012	-0,0028	0,0053	410	0,603	0,5462
	9	-0,058	-0,0024	-0,0074	0,0029	-583	-0,859	0,3905
	10	0,148	-0,0007	-0,005	0,0034	-210	-0,308	0,7578

(continua)

Tabela 15 - (continuação)

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
IPP Semestral	1	0,006	0,0058	-0,0037	0,016	314	1,3	0,1935
	2	-0,064	-0,0022	-0,0109	0,009	-100	-0,411	0,6808
	3	-0,085	0,012	0,0018	0,0199	560	2,322	0,0202
	4	-0,076	0,0108	0,0011	0,0213	500	2,073	0,0382
	5	-0,057	0,0112	0,0009	0,021	508	2,106	0,0352
	6	0,136	-0,0201	-0,0302	-0,0085	-794	-3,295	0,001
	7	0,059	0,0098	-0,0008	0,0201	438	1,816	0,0694
	8	0,156	0,01	-0,001	0,0195	436	1,807	0,0707
	9	-0,067	-0,0001	-0,0085	0,0092	-8	-0,029	0,9768
	10	0,118	0,0051	-0,0036	0,0142	280	1,159	0,2464
IPP Anual	1	-0,022	0,0193	-0,01	0,0499	120	1,386	0,1656
	2	-0,258	-0,0123	-0,043	0,0161	-68	-0,781	0,435
	3	-0,121	0,0286	-0,0024	0,0579	158	1,829	0,0674
	4	0,063	0,0206	-0,0081	0,0516	108	1,247	0,2125
	5	-0,062	0,0258	-0,0064	0,0487	138	1,596	0,1104
	6	-0,102	-0,0043	-0,0325	0,025	-36	-0,408	0,6834
	7	-0,069	0,0139	-0,0132	0,0405	82	0,944	0,3453
	8	0,243	0,0392	0,0188	0,0692	294	3,414	0,0006
	9	0,099	0,0241	-0,0014	0,0535	162	1,876	0,0607
	10	0,136	0,0259	0,004	0,0482	192	2,225	0,0261

(continua)

Tabela 15 - (continuação)

Dado	RH	Mediana	Inclinação β	Intervalo de confiança de 95% para o valor de β		S	z	Significância ($p < 0,05$)
				β inferior	β superior			
IPP Bienal	1	-0,155	0,0458	-0,0482	0,1552	28	0,876	0,381
	2	-0,336	-0,0383	-0,0925	0,031	-34	-1,071	0,2843
	3	-0,21	0,0625	-0,0207	0,1474	42	1,33	0,1834
	4	0,513	0,0937	0,0372	0,1919	82	2,628	0,0086
	5	-0,228	0,0603	-0,0229	0,1317	42	1,33	0,1834
	6	-0,117	0,0116	-0,0827	0,1085	12	0,357	0,7212
	7	-0,241	0,0184	-0,0761	0,1197	16	0,487	0,6265
	8	1,054	0,0824	0,019	0,139	72	2,304	0,0212
	9	-0,047	0,0468	-0,0418	0,1421	32	1,006	0,3145
	10	0,015	0,0942	0,0374	0,1931	82	2,628	0,0086

Organização: Autora, 2017.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento da distribuição da precipitação e a correlação desta com desastres naturais, como secas e inundações, são de extrema importância para a sociedade, bem como, para o poder público, que deve criar medidas de prevenção e mitigação proporcional ao impacto causado.

O **Índice de Concentração (IC)** classificou a distribuição da precipitação no estado como de baixa irregularidade. Não há indicação de tendência no aumento ou redução do IC dos primeiros 20 anos em relação aos últimos 20 anos da série de estudo. Esse índice apresenta limitações e incertezas quando utilizado pequeno número de estações pluviométricas, devido às características climáticas e fisiográficas de cada município.

O **Índice de Anomalia de Chuva (IAC)** apontaram mais ocorrências de anomalias negativas do que positiva. Contudo, as positivas foram mais intensas. Os anos com maior ocorrência de desvios negativos foram 1978 (ano neutro), 1991 (EN) e 2003 (ano neutro). Já os anos que apresentaram maior ocorrência de anomalias positivas foram os anos de 1983 e 2015, ambos sob atuação do EN de forte intensidade. Os meses com maior ocorrência de desvios negativos foram junho e julho, justamente aqueles com menor volume de precipitação. Já o mês com maior ocorrência de desvio positivo foi março. A RH 8 (Litoral Centro) foi a que apresentou maior equilíbrio entre as anomalias positivas (47,5%) e negativas (58,5).

O **Índice de Precipitação Padronizada (IPP)** pode ser utilizado em qualquer região que possua mais de 30 anos de dados de precipitação. A aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov permitiu concluir que a distribuição gama pode ser usada para o ajuste de séries históricas mensais de precipitação ao nível de significância de 5% no estado de Santa Catarina. O Método da Máxima Verossimilhança permitiu melhor aderência dos dados, quando comparado ao Método dos Momentos. Este índice é aplicável para qualquer escala de tempo, porém os eventos extremos são melhores identificados em escalas menores.

O **Índice de Concentração de Precipitação (ICP)** apresentou uniforme concentração de precipitação tanto para a série anual, quanto para as escalas semestral e sazonal.

Com relação ao **fenômeno ENOS**, pode-se concluir que, em alguns anos, o EN e a LN podem intensificar os eventos de extrema seca ou de extrema chuva. Porém não há como afirmar que eles estejam

interligados, visto que anos com chuvas acima da média estavam sob efeito da LN, bem como, anos com chuvas abaixo da média estavam sob efeito do EN.

No que tange a **análise de tendência** feita pelo teste de Mann-Kendall, chegou-se a conclusão que 20% das estações (RH 8 – Governador Celso Ramos e RH 10 – Praia Grande) apresentaram tendência estatisticamente significativa de aumento para o IAC.

Para o ICP **não** foram encontradas tendências significativas em mais de 80% das estações.

Para o IPP foram encontradas tendências anuais positivas para as RHs 8 e 10. As tendências bienais foram positivas para as RHs 4, 8 e 10. Em relação ao IPP semestral, as RHs 3, 4 e 5 apresentaram tendências positivas. Já a RH 6 também apresentou tendência semestral, porém negativa. **Não** foram encontradas tendências significativas em 90% da série bimestral e trimestral. **Não** foram encontradas tendências significativas em 80% da série anual e bienal. **Não** foram encontradas tendências significativas em 60% da série semestral.

No geral, o IC, IAC, IPP e ICP são métodos consistentes para o monitoramento das anomalias de chuva em Santa Catarina, respondendo bem à variabilidade de precipitação na área de estudo. Por utilizarem apenas dados de precipitação, apresentam simplicidade no cálculo e interpretação. No entanto, não são indicados para estudos relacionados à agricultura por não incluírem outros parâmetros, como evapotranspiração e balanço hídrico.

Além dos índices analisados neste trabalho, muitas outras metodologias têm sido estudadas utilizando dados de precipitação, porém nem todos retratam a realidade de uma localidade, já que se baseiam nas médias das séries de cada estação meteorológica. O resultado vai ser de eventos mais ou menos secos em relação as suas médias. Portanto, faz-se necessário o conhecimento prévio da climatologia de cada região, bem como, sugere-se que seja avaliado o nível de confiança das séries de dados das estações pluviométricas selecionadas.

Através dessa pesquisa é possível dar continuidade a diversos estudos não só relacionados às ciências ambientais, mas também sociais, visto que o clima e suas alterações são fundamentais para a caracterização do ambiente e influenciam diretamente as atividades cotidianas da humanidade.

REFERÊNCIAS

ABRAMOWITZ, M.; STEGUN, I. A. (editores). **Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables**. Washington, DC: United States Department. 1965.

AGÊNCIA ESTADO. **Santa Catarina libera R\$ 2,46 milhões para combater efeitos da seca**. Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/santa-catarina-libera-r-246-milho-es-para-combater-efeitos-da-seca/>> ainda não aliviou a vida dos moradores dos 15 municípios que estão>. Acesso em: 26 jan. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Inventário das estações pluviométricas**. 2 ed. - Brasília: ANA; SGH, 2009b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Sudeste. **Conjunturados Recursos Hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009a.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**. v. 47, n.2-4, p. 107-124, Out. 2002.

ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C.; MARTINEZ, M. A.. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa – MG. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.631-642, jul./ago. 2011.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. Meteorological drought - Policy statement. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 78, 847–849. 1997.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S.. Análise climática da bacia do rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**. v.6, n.3, p.508-523. 2009a.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S.. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índices de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v.4, n.3. 2009b.

ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F. da; MOARES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia da UFPE**, 2007.

AREAL, N. M. P. B. C.; ARMADA, M. J. R. Testes paramétricos e não-paramétricos de reversão para a média da rendibilidade de índices do mercado accionista. **Rev. adm. contemp.**, Curitiba , v. 3,n. 2,p. 7-28, Aug. 1999 .

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE SANTA CATARINA – ALESC. **Informações municipais.** Disponível em: <<http://www.alesc.sc.gov.br/portal/consultas/informacoesmunicipais.php>>. Acesso em 18 de agosto de 2016.

ASSIS, F. N., ARRUDA, H. V. PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, Universitária, 161p. 1966.

AYER, F. Seca prolongada traz prejuízos para agropecuária, indústria e serviços. Economia - **Estado de Minas.** 2015. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/11/01/internas_economia,703478/crise-e-castigo.shtml>. Acesso em 30 mai. 2017.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

AYOADE, J. O.; CHRISTOFOLETTI, A. (Coord.). **Introdução a climatologia para os trópicos.** 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. Índice de seca de Bhalme e Mooley: uma adaptação regional. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1995. p. 696- 699.

BACK, Á. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.

BACK, Á. J. Caracterização climática. In: **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. Curitiba: Juruá, 2009.

BACK, A. J.; DELLA BRUNA, E.; DALBÓ, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no Vale do Rio do Peixe-SC. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 159-169, Março 2013

BALDO, M. C.; NERY J. T. Análise da estrutura e variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 17, n. 1, 1999.

BARROS, V. R.; DOYLE, M. E.; CAMILLONI, I. A. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 93, p. 19 - 33, 2008.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BBC BRASIL. **Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres**. 2003. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzve rmla.shtml>. Acesso em: 03 set. 2017.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, p. 119-125. 2000.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C.E.M.; Silveira, A. L. L. (Eds.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2007. Cap. 5, p 177-242.

BLAIN, G. C. **Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Sub-tropical) – Instituto Agrônomo, Campinas – SP. 2005. 120p.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos Índices de Seca de Palmer, Palmer adaptado e Índice Padronizado de Precipitação no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 105-111, 2007.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 3ª ed. 2002.

BRASIL. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil**. Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), Ministério da Saúde, Série Saúde Ambiental 1. Brasília, DF. 2008. 40 pp.

BUFFON, E. A. M.; BINDA, A. L. Eventos de estiagem no município de Abelardo Luz-SC no período de 1960 a 1999. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 30, No. 2, 2013.

BURN, D. H.; CUNDERLIK, J. M.; PIETRONIRO, A. Hydrological trend sand variability in the Liard River basin. **Hydrological Sciences Journal**, v.49, n.1, p.53–68, 2004.

CAMPOS, C.; ALVES, R.; BRAGA, H. J. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 19, p. 31-35, 2006.

CARVALHO, L. M. V; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme precipitation events in south eastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. **Journal of Climate**, v. 15, n. 17, p. 2377-2394, 2002.

CARVALHO, L.; JONES, C. Tempo e Clima no Brasil. Cap 6: Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Oficina de Textos**, 2009.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres naturais**. v. 1. Brasília: Imprensa Nacional, 1996.

CEPED UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil Florianópolis**, 2013.

CEPED UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Relatório dos danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina: 1995 – 2014**. Florianópolis: 2016

CEPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

CLEMENTE, F.; STURGIS, R. B. Population size and industrial diversification. **Urban Studies**, v. 8, n. 1, p. 65-68, 1971.

COAN, B. D. P; BACK, Á. J. BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.15, p.122-142, 2015.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. **Geocologia**: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (org.). 2. ed. São Paulo: Edusp, 1998. p. 96.

COSCARELLI, R.; CALOIERO, T. Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). **Journal of Hydrology**, v. 416, p. 145-156, 2012.

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Cátedra, 2006.

CUNHA, G. R. **Meteorologia**: fatos & mitos. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997.

CUNHA, L. V.; GONÇALVES, A. S.; FIGUEIREDO, V. A.; LINO, M. **A gestão da água – princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal**. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1980.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DENSKI, A. P. N. **Estimativa e probabilidade de ocorrência da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC**. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2014.

DURÃES, M. F. **Desenvolvimento do índice de perturbação hidrossedimentológica**: aplicação nas bacias hidrográficas dos rios Paraopeba e Sapucaí, MG. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 2013.

EDWARDS, C. D. C.; MCKEE, T. B. ; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Historical analysis of drought in the United States. In: **7th conference on climate variations, 77th AMS annual meeting**. 1997.

EEROLA, T. T. **Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro**. Fórum de ecologia – mudanças climáticas: passado, presente e futuro, Instituto de Ecologia Política, Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

ESCANDIUZZI, F. **Em apenas 5 meses, enchentes e seca castigam SC**. 2009. Disponível em: <<https://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/em-apenas-5-meses-enchente-es-e-seca-castigam-sc,41ea68f40d94b310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>>. Acesso em 26 jan. 2017.

EVERSON, E; ALVES, D. Technology, climate change, productivity and land use in Brazilian agriculture. **Planejamento e Políticas Públicas**. 1998.

FECAM - FUNDO ESTADUAL DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Informações municipais**. Disponível em: <http://www.fecam.org.br/>. Acesso em 18 de agosto de 2016.

FÉRES, J.; REIS, E.; SPERANZA, J. **Impacto das mudanças climáticas no setor agrícola brasileiro**. In: MOTTA, Ronaldo Seroa da; HARGRAVE, Jorge; LUEDEMANN, Gustavo; GUTIERREZ, Maria Bernadete. Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília: Ipea, 2011, p. 299-312.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O.; CARDOSO, A. S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48 p.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da zona de convergência do atlântico sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 89-98, jun. 2004.

FILL, H. H. Informações hidrológicas. In: **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. (Coleção ABRH de Recursos hídricos).

FONSECA, M. N. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações em Blumenau (SC) entre 1941 a 2015 e as Repercussões socioambientais. Variabilidade e Suscetibilidade Climática: Implicações ecossistêmicas e sociais. **Anais...** Goiânia, 2016.

FRANCESCHINI, A. T. de L.. **Variabilidade temporal e espacial da precipitação incidente sobre a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sorocaba e Médio Tietê e anomalias**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Instituto de Ciência e Tecnologia (Campus de Sorocaba), 2016.

FREITAS, M. A. S. A previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, Puerto Iguazú, 2004. **Anais...** Puerto Iguazú: Cacier, 2004. v. 1.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, p. 19-30, 1998.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. **Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil**. São José dos Campos, INPE, 1982.

GELINSKI NETO, F. Eventos Climáticos Extremos na Agricultura e Tecnologia para redução de danos na agricultura em Santa Catarina; In: **VIII Encontro de Economia Catarinense**, Rio do Sul, 2014.

GIBBS, J. P.; MARTIN, W. T. Urbanization, technology, and the division of labor: International patterns. **American Sociological Review**, p. 667-677, 1962.

GIDDENS, A. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010. 314p.

GOIS, G.; OLIVEIRA JÚNIOR J. F.; DELGADO, R. C.; MORAES, M. Severidade da seca no estado do Tocantins e suas relações com os eventos de El Niño. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16, 2013.

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F. Estiagem. HERMANN, Maria Lucia P (org). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Sea, 2007. p. 101-104.

GRIGOLETTO, J. C. et al. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem. **Ciênc. saúde coletiva**. 2016, vol.21, n.3, pp.709-718.

GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259-275.

GRIMM, I. J.; PRADO L. R.; GIACOMITTI R. B.; MENDONÇA F. A. Mudanças climáticas e o turismo: desafios e possibilidades. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 8. Vol.11, jul/dez. p 55-78. 2012.

HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D.; WILHITE, D. A. & VANYARKHO, O. V. Monitoring the 1996 drought index using the standardized precipitation index. **Bullet in of the American Meteorological Society**. v. 80, n. 3, mar.1999.

HEIM JUNIOR, R. R. **A review of twentieth: century drought indices used in the United States**. Bulletin of the American Meteorology Society, v.83, p.1149-1163, 2002.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. **Statistical methods in water resources – Hydrologic analysis and interpretation**: Techniques of

Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, chap. A3, book 4, 2002. 510p.

HIRSCH, R. .; HELSEL, D. R.; GILROY, E. J.; COHN, T. A. **Statistical analysis of hydrologic data**. In: MAIDMENT, D. R. Handbook of Hydrology: New York, McGraw-Hill Book Company, p.17.1–17.55, 1992.

ISDR – INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Living with risk**: a global review of disaster reduction initiatives. Preliminary version. Geneva, Switzerland: um/isdr, 2002.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Glossário**. Disponível em: <<http://unmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario>>. Acesso em nov. de 2017.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises Sociodemográficas. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. **Anais...**, MG – Brasil, de 18 a 22 de setembro de 2006.

JESUS, P. C. **Impactos da seca no desenvolvimento do país**. Ensaio do IX Concurso ECONOTEEN ao Departamento de Economia da FEA-USP. São Paulo, 2015.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**, 4th ed., Charles Griffin: London, 1975.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, D. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

KOEPPEN, W. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Prefácio. **In: Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. 1. ed. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2001. 397 p.

LUIS, M.; BRUNETTI, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; LONGARES, L. A. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 11, n. 5, p. 1259-1265, 2011.

LUIS, M.; BRUNETTI, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; LONGARES, L. A.; MARTIN-VIDE, L.. Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946–2005. **Global and Planetary Change**, v. 74, n. 1, p. 27-33, 2010.

LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTÓS, J.; SÁNCHEZ, J. R.; CORTINA, J. Distribución espacial de la concentración y agresividad Del alluvia em El território dela Comunidad Valenciana. **Cuaternario y Geomorfología**, v. 11, n. 3-4, p. 33-44, 1997.

LUTGENS, F.; TARBUCK, E.J. **The atmosphere**: an introduction to metereology. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.

MAGNAGO, R. F.; CALÁSIO, B. M.; MIRANDA, E. N.; BRUCHADO, I. J.; FLORES, M. B.; MEDERIOS, P.; SOUZA, P. R. Incidência de desastres naturais em Santa Catarina de 2011 a 2013. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 156-175, abr./set. 2015.

MALVESTIO, L. M. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da região sudeste do Brasil no período chuvoso e suas consequências ambientais**. Campinas: Dissertação de mestrado ligada ao Departamento de Geografia, 2013.

MANN, H. B. Non-parametric test against trend, **Econometrica**, 13, 245-259, 1945.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil. In: FBDS (org). **Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil**. FDBS & LLOYD'S, 2010, pp. 05-19.

MARTIN-VIDE, J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. **International Journal of Climatology**, v. 24, n. 8, p. 959-971, 2004.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J. e KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Boston. **Anais American Meteorological Society**, Boston: PREPRINTS, 1993. p.179 – 184.

MCKNIGHT, T.L. **Physical geography: a landscape appreciation**. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1987.

MICHIELS, P.; GABRIELS, D.; HARTMANN; R. Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing monthly rainfall distribution in Spain, **Catena**, 19, 43–58, 1992.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 593-602, set/out, 2011.

MINUZZI, R. B.; LOPEZ, F. Z. Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 697-706, May/June, 2014.

MIRANDA, P; COELHO, F. E. S.; TOMÉ, A. R.; VALENTE, M. A. 20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios. p. 27-83. In Santos, F. D., K. Forbese R. Moita, 2002. **Climate Change in Portugal scenarios, Impacts and Adaptation Measures (SIAM)**. Siam Project, 2002. 454 p. Lisboa.

MOLION, L. C. B. A Amazônia e o clima da terra, Rio de Janeiro: **Ciência Hoje**, v. 8, p. 42-47, 1988.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n.31, p 69-78, jan./jun. 2001

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M.. Dinâmica atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERMANN, Maria Lucia P (org). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Sea, 2007. p 5-10.

MUELLER, E. N. PFISTER, A. Increasing occurrence of high-intensity rain storm events relevant for the generation of soil erosion in a temperate lowland region in Central Europe. **Journal of Hydrology**, v. 411, n. 3, p. 266-278, 2011.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, nº1, p 61-75, 2005.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C. **Glossário de termos técnicos em Meteorologia e Climatologia**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013. 416p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

NOAA – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **The Walker Circulation: ENSO's atmospheric buddy**. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>>. Acesso em 24 nov. 2017.

NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. **Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NOBRE, C. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A importância do Oceano Atlântico. In: CLIMANÁLISE. Boletim de monitoramento e análise climática. **Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE**, v. 3, n. 4, p. 30-33, mar. 1988.

NORCIO, L. **Estiagem em Santa Catarina provoca prejuízos de R\$ 777 milhões à agricultura**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO – EBC. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-04-20/estiagem-em-santa-catarina-provoca-prejuizos-de-r-777-milhoes-agricultura>>. Acesso em novembro de 2016.

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 74-81, 2016.

NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. A questão da variabilidade climática: uma reflexão crítica. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. 1-2, p. 21-31, 1995.

NUNES, L.H.; MARTÍN-VIDE, J.; GABRIEL, G.H. Intense precipitation pattern by means of concentration index (CI) – examples of two Brazilian sites”, 7th. **European Conference on Severe Storms**, Helsinki, 2013.

OLASCOAGA, M. J. Some aspects of Argentine rainfall. **Tellus**, v. 2, n. 4, p. 312-318, 1950.

OLIVEIRA, L. F. C. et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, Nov.2010.

OLIVER, J. E. Monthly precipitation distribution: A comparative index. **The Professional Geographer**. v.32, p.300-309, ago 1980.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Ministério da Saúde. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Brasília, DF: OPAS, Ministério da Saúde, 2015. 56p.

PALMER, W. C. **Meteorological drought**. Washington, 1965. 58p.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F. **V. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PAULO, A. M. A. **Metodologias de caracterização e previsão das secas: Modelação espacial e temporal**. Tese de doutorado. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

PBMC - BASE CIENTÍFICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Impacto plurissetorial, risco, vulnerabilidade e oportunidade**. Vol. 2. Cap. 7, 2015.

PENALBA, O. C.; ROBLEDO, F. A. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. **Climatic Change**, v. 98, p.531–550, 2010.

PENEREIRO, J. C; FERREIRA, D. H. L. Estatística apoiada pela tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. **Acta Scientiae**, v. 13, n. 1, p.87-105, 2011.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 193, n. 1, p. 120-146, 1948.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ. 183p. 1997.

PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estud. av.**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 115-137, Aug.2015.

PEREIRA, V. C.; SOBRINHO, J. E.; OLIVEIRA, A. D.; MELO, T. K.; VIEIRA, R. Y. M. Influência dos eventos El Niño e La niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciências Exatas Piracicaba, SP. Fevereiro de 2007.

PERON, J. Impactos da escassez de água na indústria. **Súmula Ambiental**. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/publicacoes-sumula-ambiental%20-214-alerta-agua-e-energia.pdf>. Acesso em 06 jun. 2017.

PESQUERO, J. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. Um sistema simples de identificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul em rodadas longas de mudanças climáticas. **XVI Congresso de Meteorologia**, 2010.

PEZZA, A. B.; SIMMONDS, I. The first South Atlantic hurricane: Unprecedented blocking, low shear and climate change. **Geophysical Research Letters**, v. 32, p. 10.1029/2005GL0, 2005.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, 281 - 290, 2013.

PIRES, V. **Frequência e Intensidade de Fenômenos meteorológicos extremos associados à precipitação**. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ciências e Engenharia da Terra, Lisboa, 2003.

PRATES, A. M. M.; MANZOLLI, J. I.; MIRA, M. A. Fortes Bustamante. **Geografia física de Santa Catarina**. Florianópolis: Ed. Lunardelli, 1989. 112 p.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

QUEIROZ, M. A. **Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos

Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2013. 202 p.

RAMPAZZO, N. A. M. **Aplicação do Índice de Concentração (IC) para avaliação das tendências da precipitação no estado de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Campinas: 2014.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: **X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET**. Brasília DF. Anais; 1998.

RITTL, C. **Eventos Climáticos Extremos no Brasil**. São Paulo. WWF – Brasil/ FAPESP/IPC. 2012.

ROHMAN, J. Avaliação de Enchentes e Seca no Brasil Implicações para as Seguradoras Locais. **Revista TransRe Flood and Drought Assessment of Brazil**, v. 2, n. 3, p.89-93, 2013.

SAMPAIO, Y. **As secas – mudanças nos impactos e análise dos impactos da seca de 1998-1999**. Recife: Editora Printer, 2007.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 15, n. 51, p. 73–84. 2014.

SANGHI, A.; MENDELSON, R., The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. **Global Environmental Change**, Washington, v.18, p. 655-665, 2008.

SANTA CATARINA (Estado). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: GAPLAN/SUEGI; Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

SANTOS, C. A. C. **Identificação de eventos extremos de precipitação e temperatura em regiões áridas e semiáridas**. In: GALVÍNCIO, J. D (Org). Mudanças climáticas e modelos ambientais: caracterização e aplicações. Recife, Ed. Universitária do UFPE, 2012.

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

SANTOS, J. F.; PORTELA, M. M. **Tendências em séries de precipitação mensal em Portugal continental**: aplicação do teste de Mann-Kendall. 2007.

SANTOS, M. J. J. **Caracterização e monitorização de secas**. Instituto da Água – Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 1998.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SDS). **Panorama dos Recursos Hídricos de Santa Catarina**. Santa Catarina: 2006.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL- SEDEC. **Manual de desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional. 174 p. 2003.

SENA A, BARCELLOS C, FREITAS C, CORVALAN C. Managing the Health Impacts of Drought in Brazil. **Int J Environ Res Public Health**, 2014.

SHI, P.; QIAO, X.; ZHOU, M.; QU, S.; MA, X.; ZHANG, Z. Spatial distribution and temporal trends in daily and monthly precipitation concentration indices in the upper reaches of the Huai River, China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 28, n. 2, p. 201-212, 2014.

SILVA DIAS, P. L.; ETCHICHURY, P.; SCOLAR, J.; PEREIRA FILHO, A. J.; SATYAMURTI, P.; SILVA DIAS, M. A. F.; GRAMMELSBACHER, I.; GRAMMELSBACHER, E. As chuvas de março de 1991 na região de São Paulo. In: CLIMANÁLISE. Boletim de monitoramento e análise climática. **Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE**, v. 6, p. 44-59, maio 1991.

SILVA JUNIOR, J.L.C.; SILVA, R.A.; MACIEL, G.F.; SILVA, G.F.G.; SANTOS, J.C. Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador climático de variabilidade pluviométrica na

microrregião de Gurupi-TO. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, **Anais...** João Pessoa, 2011.

SILVA, F. D. S.; FERREIRA, D. B.; SARMANHO, G. F.; SANTOS, L. S. F. C.; FORTES, L. T. G.; PARENTE, E. G. P. Tendência de alterações climáticas da precipitação observadas no Brasil de 1961 a 2008 utilizando dados gradeados. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Belém, 2010.

SILVA, G. C.; NUNES, A. B. Análise de eventos extremos de precipitação no leste de Santa Catarina: estudo de tendência. VII Workshop Brasileiro de Micrometeorologia. **Ciência e Natura**. Universidade Federal de Santa Maria. p. 251-254. 2011.

SILVA, M. E. A.; MAGALHÃES, A. M. Os Efeitos da Mudança Climática sobre o Setor Agrícola Brasileiro: Uma Análise Teórica e Empírica. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 1001-1014, out-dez. 2013.

SINCLAIR, M. R.; WATTERSON, I. G. Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates. **Journal of Climate**, v. 12, p. 3467-3485, 1999.

SIQUEIRA, B.. **Estimativas de índices de chuva para o Estado de São Paulo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2016.

SIQUEIRA, O. J. W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L. A. B. de. Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas para Algumas Culturas. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Miguez, J. D. G. (Eds.). **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 33-63, 2001.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: UFPR. 2004.

SOUSA JUNIOR, M. A.; SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. Monitoramento de estiagem na região sul do Brasil utilizando dados EVI/MODIS no período de dezembro de 2000 a junho de 2009. **Anais**

XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, p.5901, 2011.

SOUZA, D. F. Balanço hídrico climatológico 1961-1990 e Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) aplicado ao período de 2011, 2012 e 2013 para compreensão da seca de 2014 no município de Paranaíba/MS. **X Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, 2014, pp. 471-482.

SOUZA, F. A. S.; MORAIS, H. F.; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande- PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.1, p.134-145, 2011.

THOM, H. C. S. Some methods of climatological analysis. **World Meteorological Organization**, Geneve: 1966. 54 p (WMO Technical Note, 81).

THOMÉ, L. **Chuva deixa Santa Catarina em alerta para enchentes e deslizamentos**. 2015. Disponível em: <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/chuva-deixa-santa-catarina-em-alerta-para-enchentes-e-deslizamentos>>. Acesso em 29 mai. 2017.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL R. (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRENBERTH, K. E. J. M.; D. CARON; STEPANIAK, P.; WORLEY, S. Evolution of El Niño–Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures. **J. Geophys. Res.**, 107, 2002.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel. 1984. 374 p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Precipitação. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2002.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Clima e Recursos Hídricos. In: **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Disasters statistics**. 2010. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/disaster-statistics>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

VALENTINI, J. **Seca faz metade das cidades de SC decretar emergência**. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2012/06/seca-faz-mais-da-metade-das-cidades-de-sc-decretar-emergencia.html>>. Acesso em 26 jan. 2017.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife. 2006.

WANG, M. A remark on Andrews – Askey integral. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**. 341:2. p. 1487–1494. 2008.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. **Water Int.**, 10, p. 111–120, 1985.

WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. WESTVIEW, p. 11-14, 1987.

YEVJEVICH, V. **Probability and Statistics in Hydrology**. Fort Collins. 1972.

YU, P. S.; YANG, T.C.; CHOU, C. C. **Effects of Climate Change on evapotranspiration from Paddy Fields in Southern Taiwan, Climatic Change**, Dordrecht, v. 54, n. 1-2, p. 165-179, jul. 2002.

ZHANG, Q.; XU C.; GEMMER, M.; CHEN, Y. D.; LIU, C. Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 23, n. 3, p. 377-385, 2009.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A - ORGANIZAÇÃO DOS TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS E SUAS FREQUÊNCIAS PARA CÁLCULO DO CI. EXEMPLO COM DADOS REFERENTES AO MUNICÍPIO DE ABELARDO LUZ (SC), CÓDIGO 2652000 DA ANA.

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
0,1-0,9	0,55	92	92	50,6	50,6	2,05	0,06
1,0-1,9	1,5	115	207	172,5	223,1	4,61	0,27
2,0-2,9	2,5	183	390	457,5	680,6	8,69	0,83
3,0-3,9	3,5	250	640	875	1555,6	14,25	1,90
4,0-4,9	4,5	168	808	756	2311,6	18,00	2,83
5,0-5,9	5,5	208	1016	1144	3455,6	22,63	4,23
6,0-6,9	6,5	158	1174	1027	4482,6	26,15	5,48
7,0-7,9	7,5	102	1276	765	5247,6	28,42	6,42
8,0-8,9	8,5	208	1484	1768	7015,6	33,05	8,58
9,0-9,9	9,5	113	1597	1073,5	8089,1	35,57	9,89
10,0-10,9	10,5	344	1941	3612	11701,1	43,23	14,31

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
11,0-11,9	11,5	54	1995	621	12322,1	44,43	15,07
12,0-12,9	12,5	198	2193	2475	14797,1	48,84	18,10
13,0-13,9	13,5	86	2279	1161	15958,1	50,76	19,52
14,0-14,9	14,5	67	2346	971,5	16929,6	52,25	20,70
15,0-15,9	15,5	239	2585	3704,5	20634,1	57,57	25,23
16,0-16,9	16,5	53	2638	874,5	21508,6	58,75	26,30
17,0-17,9	17,5	76	2714	1330	22838,6	60,45	27,93
18,0-18,9	18,5	152	2866	2812	25650,6	63,83	31,37
19,0-19,9	19,5	81	2947	1579,5	27230,1	65,63	33,30
20,0-20,9	20,5	139	3086	2849,5	30079,6	68,73	36,79
21,0-21,9	21,5	34	3120	731	30810,6	69,49	37,68
22,0-22,9	22,5	95	3215	2137,5	32948,1	71,60	40,29

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
23,0-23,9	23,5	44	3259	1034	33982,1	72,58	41,56
24,0-24,9	24,5	30	3289	735	34717,1	73,25	42,46
25,0-25,9	25,5	173	3462	4411,5	39128,6	77,10	47,85
26,0-26,9	26,5	36	3498	954	40082,6	77,91	49,02
27,0-27,9	27,5	71	3569	1952,5	42035,1	79,49	51,41
28,0-28,9	28,5	100	3669	2850	44885,1	81,71	54,89
29,0-29,9	29,5	50	3719	1475	46360,1	82,83	56,70
30,0-30,9	30,5	132	3851	4026	50386,1	85,77	61,62
31,0-31,9	31,5	20	3871	630	51016,1	86,21	62,39
32,0-32,9	32,5	42	3913	1365	52381,1	87,15	64,06
33,0-33,9	33,5	12	3925	402	52783,1	87,42	64,55
34,0-34,9	34,5	15	3940	517,5	53300,6	87,75	65,18

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
35,0-35,9	35,5	81	4021	2875,5	56176,1	89,55	68,70
36,0-36,9	36,5	16	4037	584	56760,1	89,91	69,41
37,0-37,9	37,5	25	4062	937,5	57697,6	90,47	70,56
38,0-38,9	38,5	34	4096	1309	59006,6	91,22	72,16
39,0-39,9	39,5	15	4111	592,5	59599,1	91,56	72,89
40,0-40,9	40,5	54	4165	2187	61786,1	92,76	75,56
41,0-41,9	41,5	6	4171	249	62035,1	92,90	75,86
42,0-42,9	42,5	13	4184	552,5	62587,6	93,18	76,54
43,0-43,9	43,5	11	4195	478,5	63066,1	93,43	77,13
44,0-44,9	44,5	13	4208	578,5	63644,6	93,72	77,83
45,0-45,9	45,5	17	4225	773,5	64418,1	94,10	78,78
46,0-46,9	46,5	6	4231	279	64697,1	94,23	79,12
47,0-47,9	47,5	11	4242	522,5	65219,6	94,48	79,76

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
48,0-48,9	48,5	14	4256	679	65898,6	94,79	80,59
49,0-49,9	49,5	7	4263	346,5	66245,1	94,94	81,01
50,0-50,9	50,5	32	4295	1616	67861,1	95,66	82,99
51,0-51,9	51,5	8	4303	412	68273,1	95,84	83,49
52,0-52,9	52,5	5	4308	262,5	68535,6	95,95	83,81
53,0-53,9	53,5	6	4314	321	68856,6	96,08	84,21
54,0-54,9	54,5	2	4316	109	68965,6	96,12	84,34
55,0-55,9	55,5	11	4327	610,5	69576,1	96,37	85,09
56,0-56,9	56,5	8	4335	452	70028,1	96,55	85,64
57,0-57,9	57,5	6	4341	345	70373,1	96,68	86,06
58,0-58,9	58,5	6	4347	351	70724,1	96,82	86,49
59,0-59,9	59,5	3	4350	178,5	70902,6	96,88	86,71

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
60,0-60,9	60,5	21	4371	1270,5	72173,1	97,35	88,26
62,0-62,9	62,5	3	4374	187,5	72360,6	97,42	88,49
63,0-63,9	63,5	9	4383	571,5	72932,1	97,62	89,19
64,0-64,9	64,5	3	4386	193,5	73125,6	97,68	89,43
65,0-65,9	65,5	5	4391	327,5	73453,1	97,80	89,83
66,0-66,9	66,5	8	4399	532	73985,1	97,97	90,48
67,0-67,9	67,5	6	4405	405	74390,1	98,11	90,97
68,0-68,9	68,5	2	4407	137	74527,1	98,15	91,14
69,0-69,9	69,5	1	4408	69,5	74596,6	98,17	91,23
70,0-70,9	70,5	6	4414	423	75019,6	98,31	91,74
71,0-71,9	71,5	1	4415	71,5	75091,1	98,33	91,83
72,0-72,9	72,5	2	4417	145	75236,1	98,37	92,01

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
73,0-73,9	73,5	1	4418	73,5	75309,6	98,40	92,10
74,0-74,9	74,5	3	4421	223,5	75533,1	98,46	92,37
75,0-75,9	75,5	8	4429	604	76137,1	98,64	93,11
76,0-76,9	76,5	1	4430	76,5	76213,6	98,66	93,20
77,0-77,9	77,5	1	4431	77,5	76291,1	98,69	93,30
78,0-78,9	78,5	6	4437	471	76762,1	98,82	93,87
79,0-79,9	79,5	2	4439	159	76921,1	98,86	94,07
80,0-80,9	80,5	9	4448	724,5	77645,6	99,06	94,96
81,0-81,9	81,5	1	4449	81,5	77727,1	99,09	95,06
83,0-83,9	83,5	1	4450	83,5	77810,6	99,11	95,16
86,0-86,9	86,5	3	4458	259,5	78497,6	99,29	96,00
87,0-87,9	87,5	2	4460	175	78672,6	99,33	96,21

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
89,0-89,9	89,5	1	4461	89,5	78762,1	99,35	96,32
90,0-90,9	90,5	7	4468	633,5	79395,6	99,51	97,10
93,0-93,9	93,5	1	4469	93,5	79489,1	99,53	97,21
94,0-94,9	94,5	1	4470	94,5	79583,6	99,55	97,33
95,0-95,9	95,5	4	4474	382	79965,6	99,64	97,79
97,0-97,9	97,5	2	4476	195	80160,6	99,69	98,03
98,0-98,9	98,5	1	4477	98,5	80259,1	99,71	98,15
100,0-100,9	100,5	2	4479	201	80460,1	99,76	98,40
101,0-101,9	101,5	1	4480	101,5	80561,6	99,78	98,52
103,0-103,9	103,5	1	4481	103,5	80665,1	99,80	98,65
112,0-112,9	112,5	1	4482	112,5	80777,6	99,82	98,79
114,0-114,9	114,5	1	4483	114,5	80892,1	99,84	98,93

(continua)

APÊNDICE A – (continuação)

A	B	C	D	E	F	G	H
Classes (mm)	Média	Frequência de dias chuvosos (Ni)	Frequência acumulada de dias chuvosos (ΣNi)	Total pluviométrico (Pi)	Total pluviométrico acumulado (ΣPi)	X= $\Sigma Ni(\%)$	Y= $\Sigma Pi(\%)$
119,0-119,9	119,5	1	4484	119,5	81011,6	99,87	99,07
120,0-120,9	120,5	2	4486	241	81252,6	99,91	99,37
122,0-122,9	122,5	1	4487	122,5	81375,1	99,93	99,52
129,0-129,9	129,5	1	4488	129,5	81504,6	99,96	99,67
130,0-130,9	130,5	1	4489	130,5	81635,1	99,98	99,83
135,0-135,9	135,5	1	4490	135,5	81770,6	100,00	100,00

As classes que não apresentam eventos de chuvas (frequência igual a zero) são eliminadas, portanto não aparecem na tabela.
Organização: Autora, 2017.

APÊNDICE B - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) anual

RH	ICP									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976	9,71	9,89	8,98	10,68	9,50	8,94	9,72	11,54	10,59	15,65
1977	10,31	9,50	9,30	12,40	9,90	11,43	11,36	10,85	10,97	11,00
1978	11,04	11,06	11,96	10,65	11,18	11,10	11,11	12,11	13,60	10,59
1979	11,00	11,21	11,94	10,89	11,59	10,02	11,47	10,17	9,92	11,38
1980	11,07	9,13	9,90	12,00	10,60	11,74	9,42	9,70	10,88	11,41
1981	11,53	9,65	10,48	9,59	11,58	11,81	11,58	10,63	9,21	11,75
1982	10,67	10,24	11,20	11,15	11,22	10,18	11,38	13,45	11,24	10,99
1983	12,36	10,54	12,44	11,91	13,00	9,75	10,28	10,21	10,82	9,60
1984	9,33	9,23	9,02	9,47	10,60	10,17	9,85	15,87	10,54	8,97
1985	10,44	9,69	10,58	9,55	15,03	13,15	11,44	14,06	12,49	12,76
1986	9,84	9,19	9,75	10,90	10,13	10,95	10,23	11,08	10,18	9,23
1987	10,43	9,89	10,60	9,89	10,92	11,85	11,66	12,17	10,56	9,34
1988	12,72	11,65	11,64	10,88	14,06	12,03	11,36	12,87	9,35	14,33
1989	9,12	9,87	10,51	10,96	11,60	13,24	10,47	12,71	9,31	11,09
1990	9,94	9,10	9,04	9,52	9,26	32,49	10,22	10,74	8,90	12,18
1991	11,32	8,91	10,83	12,26	12,35	15,22	12,18	15,87	10,52	14,29
1992	10,68	10,31	9,81	14,16	12,10	11,69	11,46	10,28	9,92	10,79
1993	9,57	9,76	9,54	11,42	12,12	11,82	11,37	16,08	11,10	12,03
1994	10,26	11,16	10,73	10,84	10,31	10,74	9,72	13,00	13,84	12,89

(continua)

APÊNDICE B – (continuação)

RH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1995	10,68	13,95	10,60	10,41	11,26	14,30	13,41	13,81	12,81	11,52
1996	9,96	11,17	10,59	10,97	10,26	10,74	10,48	9,68	10,73	10,19
1997	11,30	10,90	11,37	9,95	10,63	12,17	10,80	13,52	11,87	10,85
1998	10,93	10,03	10,97	9,95	10,57	10,92	10,45	11,02	9,82	9,51
1999	10,76	10,94	10,68	9,91	10,86	11,19	9,96	10,11	10,82	10,80
2000	9,76	10,07	10,42	10,47	11,25	12,14	10,41	12,20	10,78	11,02
2001	9,93	9,81	9,03	9,01	9,53	11,69	9,65	9,71	10,07	10,67
2002	11,43	11,08	9,53	9,58	10,28	10,51	9,96	9,88	9,39	9,81
2003	11,23	11,80	11,98	10,50	12,82	15,25	10,41	14,15	14,42	13,29
2004	11,17	10,91	10,61	10,62	13,44	10,86	11,13	10,32	11,52	11,72
2005	10,53	10,89	10,54	10,28	10,63	9,78	10,87	10,00	11,15	10,16
2006	10,56	10,36	10,30	11,38	11,20	13,54	11,51	11,57	10,52	13,99
2007	10,36	9,73	9,45	9,76	9,99	11,57	9,65	9,16	9,78	11,15
2008	14,66	11,86	11,77	10,24	11,61	14,93	13,18	12,45	11,17	9,98
2009	10,25	10,97	10,06	9,64	9,44	10,61	10,06	9,96	10,57	11,17
2010	10,52	10,97	10,44	11,18	10,22	10,76	10,19	9,97	11,73	11,81
2011	10,86	9,99	9,71	10,73	11,16	11,71	10,57	10,95	12,02	10,60
2012	13,28	12,02	11,24	11,32	11,73	10,48	10,10	12,04	11,79	12,18
2013	13,28	12,02	11,24	10,81	10,29	10,48	10,10	12,04	11,79	12,18
2014	11,60	9,41	9,43	12,48	13,19	9,64	10,21	9,25	10,67	12,12
2015	11,63	12,68	11,93	6,28	7,02	12,29	13,68	12,73	14,41	13,37

Elaborada pela autora.

APÊNDICE C - Índice de Concentração de Precipitação (ICP) sazonal

RH 1					RH 1				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri	Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	10,2	9,7	8,9	9,2	1997	12,8	9,5	8,8	9,8
1977	8,4	12,3	8,9	10,3	1998	9,4	10,8	9,3	12,2
1978	10,0	11,1	9,8	9,5	1999	9,0	9,8	12,6	11,4
1979	11,2	11,3	8,4	9,4	2000	8,5	8,4	10,0	10,1
1980	10,8	14,2	8,6	9,1	2001	9,6	8,4	8,9	8,5
1981	9,5	12,3	10,4	10,5	2002	11,3	9,9	10,1	9,0
1982	11,0	11,3	8,6	9,3	2003	9,2	9,2	8,4	8,8
1983	10,9	9,9	15,5	8,5	2004	11,8	10,6	11,1	10,7
1984	8,5	9,3	9,9	8,5	2005	9,9	8,5	9,9	12,3
1985	12,8	9,9	8,5	8,8	2006	10,8	11,0	9,1	9,5
1986	8,6	9,8	10,1	8,9	2007	10,3	11,3	10,1	8,5
1987	10,8	8,8	9,8	9,2	2008	8,8	11,4	12,4	12,8
1988	10,2	9,8	14,3	8,7	2009	11,2	12,7	8,4	8,5
1989	8,5	8,6	9,4	8,8	2010	9,4	11,4	10,0	10,7
1990	9,2	8,8	8,8	9,3	2011	8,8	10,6	9,0	14,2
1991	12,2	10,3	8,4	9,8	2012	8,7	13,6	15,7	9,8
1992	9,8	11,8	10,3	8,8	2013	9,4	9,3	10,5	11,7
1993	8,5	9,9	10,4	9,1	2014	9,1	9,6	14,2	8,6
1994	11,0	8,5	13,1	9,0	2015	12,1	9,7	11,5	8,6
1995	10,3	11,4	10,2	8,4		8,5	8,3	8,5	8,5
1996	8,7	13,1	9,1	9,3					

Elaborada pela autora.

RH 2				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	10,9	9,9	8,8	9,0
1977	8,6	11,3	9,1	8,5
1978	8,5	15,7	9,9	8,8
1979	8,6	12,0	8,5	9,6
1980	8,8	8,4	8,7	9,0
1981	8,9	9,4	9,9	8,6
1982	9,5	10,5	10,3	9,1
1983	8,5	9,5	11,7	8,4
1984	8,9	8,6	9,3	9,3
1985	10,3	9,9	8,5	9,3
1986	9,5	9,4	8,7	8,4
1987	10,7	9,9	8,4	9,1
1988	8,6	8,9	11,0	9,2
1989	9,4	8,3	10,2	8,7
1990	10,5	8,8	8,6	8,4
1991	9,6	9,1	8,4	8,3
1992	9,3	10,7	8,5	9,2
1993	9,3	9,5	10,1	9,9
1994	11,6	8,5	12,2	10,6
1995	14,3	12,3	10,2	9,9
1996	8,9	14,3	8,9	10,7

RH 2				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	11,2	10,7	8,4	10,1
1998	8,6	11,6	8,9	11,3
1999	8,6	8,6	11,3	13,0
2000	8,4	8,4	9,8	11,0
2001	9,1	9,5	9,0	9,4
2002	8,9	8,8	8,8	9,1
2003	8,5	8,8	8,5	10,3
2004	14,4	9,9	9,4	9,0
2005	15,2	8,4	9,1	13,2
2006	10,0	8,8	9,7	8,4
2007	8,4	12,0	9,1	8,6
2008	10,1	11,4	9,7	10,9
2009	9,3	10,1	8,4	13,9
2010	9,0	10,3	9,8	10,3
2011	8,4	12,9	8,4	11,0
2012	11,9	10,0	13,1	10,4
2013	9,2	9,0	9,5	8,4
2014	10,2	10,8	14,2	8,6
2015	12,1	9,7	11,5	8,6
	8,4	8,3	8,4	8,5

Elaborada pela autora.

RH 3				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	8,6	9,6	8,5	8,4
1977	8,4	9,6	9,5	9,0
1978	9,1	18,6	10,5	9,7
1979	10,7	11,0	8,9	10,3
1980	9,1	9,0	8,4	8,8
1981	9,3	10,0	10,6	9,5
1982	11,4	13,6	10,3	9,1
1983	9,7	9,2	14,0	8,7
1984	9,2	9,0	8,6	8,5
1985	9,8	9,1	8,6	8,8
1986	8,4	9,0	10,1	8,5
1987	10,4	9,5	8,9	9,1
1988	12,6	9,0	16,3	9,0
1989	9,9	8,7	10,4	9,4
1990	9,0	8,5	9,2	8,6
1991	8,9	10,8	8,4	9,6
1992	8,6	11,3	8,5	9,1
1993	9,0	9,1	11,0	8,6
1994	13,5	8,6	12,4	8,7
1995	8,9	11,5	10,6	11,6
1996	9,5	13,0	9,0	9,1

RH 3				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	11,5	10,6	8,4	9,4
1998	9,5	11,8	8,6	12,4
1999	10,8	9,6	12,1	9,4
2000	8,9	8,8	10,8	9,8
2001	8,6	8,4	9,6	9,5
2002	9,5	8,4	8,7	8,9
2003	9,2	8,7	9,1	9,8
2004	9,1	11,6	10,3	10,2
2005	10,8	8,3	9,0	13,9
2006	8,3	12,4	9,0	9,2
2007	9,0	10,1	10,3	8,5
2008	10,1	10,3	11,8	10,5
2009	9,1	12,9	8,5	8,5
2010	9,8	9,8	9,3	10,3
2011	9,1	8,6	8,4	11,8
2012	9,9	9,6	12,8	11,7
2013	9,1	9,0	9,5	8,9
2014	8,8	11,1	14,2	8,6
2015	10,5	10,2	11,1	8,4
8,50	8,35	8,54	8,51	

Elaborada pela autora.

RH 4				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	9,0	12,2	8,8	9,3
1977	8,5	8,7	11,7	8,5
1978	11,1	12,8	9,0	8,9
1979	10,8	10,1	9,4	10,4
1980	8,8	9,7	8,7	8,9
1981	15,1	11,1	9,1	10,0
1982	10,6	14,8	10,0	10,4
1983	8,7	9,7	12,2	9,9
1984	9,2	10,4	9,4	8,8
1985	10,5	10,2	8,5	8,6
1986	12,1	10,0	9,9	9,3
1987	9,7	10,4	8,5	11,2
1988	8,4	8,7	17,7	8,9
1989	10,2	10,6	9,6	8,6
1990	9,2	8,7	9,1	9,7
1991	8,8	9,3	10,9	9,7
1992	8,6	10,7	8,7	10,6
1993	8,5	8,7	13,3	9,1
1994	11,6	8,3	13,4	9,6
1995	8,9	17,2	8,6	9,8
1996	9,8	12,1	8,4	8,9

RH 4				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	10,6	8,6	8,3	8,4
1998	10,1	9,5	8,5	10,8
1999	10,0	9,2	11,4	8,8
2000	9,0	8,5	10,5	10,4
2001	9,1	8,5	8,6	9,1
2002	8,7	9,2	8,4	9,0
2003	9,6	8,8	9,1	9,0
2004	8,5	9,9	10,9	8,6
2005	9,4	11,1	8,8	9,8
2006	10,2	10,0	8,5	10,0
2007	9,2	11,5	9,5	8,8
2008	8,7	9,3	10,2	9,5
2009	8,9	9,3	8,4	8,4
2010	10,7	9,8	8,7	9,2
2011	8,9	9,3	9,4	10,9
2012	10,9	10,5	11,8	9,8
2013	8,7	9,5	10,3	8,4
2014	8,9	10,9	14,2	8,6
2015	9,3	8,6	10,1	9,9
	8,5	8,4	8,4	8,4

Elaborada pela autora

RH 5				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	8,5	9,3	10,0	8,7
1977	8,8	10,5	9,2	8,6
1978	12,1	12,4	8,9	8,4
1979	11,2	12,7	9,0	8,7
1980	8,7	8,5	8,4	11,9
1981	9,1	11,6	10,6	9,5
1982	10,2	12,1	10,6	9,5
1983	8,4	9,9	15,3	8,5
1984	10,2	9,4	11,3	9,3
1985	15,8	16,7	9,8	9,7
1986	9,5	11,0	9,9	8,3
1987	11,8	10,1	9,3	8,4
1988	11,6	11,8	19,3	10,4
1989	11,3	8,7	9,5	10,2
1990	10,4	8,8	8,5	8,6
1991	12,3	11,0	13,9	9,5
1992	8,4	13,0	8,4	10,1
1993	9,7	12,4	14,8	8,5
1994	10,4	8,4	16,1	8,5
1995	11,5	12,2	11,5	8,4
1996	8,4	18,8	8,9	8,8

RH 5				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	9,0	11,1	9,8	9,0
1998	9,0	14,6	8,9	10,9
1999	10,0	8,6	12,0	11,3
2000	8,6	9,8	11,1	9,9
2001	9,8	9,4	8,7	8,6
2002	9,4	9,5	10,3	9,1
2003	8,4	10,1	8,8	11,0
2004	8,5	11,0	9,6	11,3
2005	10,0	8,7	9,3	13,1
2006	8,6	12,9	10,3	8,6
2007	8,7	11,2	10,4	8,6
2008	11,2	9,6	10,3	13,0
2009	10,6	8,7	8,5	8,4
2010	9,1	10,1	10,4	8,3
2011	8,5	13,7	9,1	13,3
2012	11,2	10,2	13,1	10,8
2013	8,8	12,3	9,6	8,5
2014	8,6	15,7	14,2	8,6
2015	8,6	9,7	11,2	8,4
	8,5	8,5	8,5	8,5

Elaborada pela autora.

RH 6				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	8,9	9,6	8,4	8,5
1977	8,7	14,0	10,3	8,4
1978	9,0	9,0	8,9	9,1
1979	8,4	9,8	10,9	8,7
1980	9,2	8,9	8,5	11,8
1981	9,3	11,4	8,6	8,4
1982	9,1	8,5	13,6	8,6
1983	9,4	8,6	11,8	8,4
1984	9,7	8,6	9,5	10,3
1985	9,5	15,5	14,0	8,8
1986	9,0	11,2	9,3	8,5
1987	9,8	9,4	9,5	8,8
1988	8,8	10,5	17,5	11,5
1989	8,5	10,2	15,7	8,4
1990	14,0	9,7	10,2	9,0
1991	8,6	9,4	11,1	9,4
1992	9,4	15,1	8,7	8,9
1993	8,8	8,3	14,8	9,1
1994	9,0	9,2	13,6	8,4
1995	10,7	9,4	9,9	9,0
1996	8,5	11,3	11,2	8,8

RH 6				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	9,4	8,8	9,5	9,2
1998	8,6	12,2	9,7	8,7
1999	8,6	9,3	10,9	8,4
2000	9,2	10,6	12,6	9,3
2001	8,7	8,5	10,5	8,7
2002	10,0	8,9	10,5	8,5
2003	10,5	8,8	10,5	9,4
2004	9,0	12,2	10,3	10,2
2005	9,0	9,0	10,9	8,4
2006	9,8	10,2	12,2	10,4
2007	9,2	11,1	10,1	8,7
2008	9,3	9,1	10,8	11,1
2009	9,4	11,9	8,7	8,4
2010	9,0	8,4	8,8	9,0
2011	8,4	8,9	9,8	8,5
2012	11,4	8,7	11,3	8,5
2013	8,7	10,0	8,7	8,8
2014	8,6	12,0	14,2	8,6
2015	8,4	9,0	11,4	8,4
	8,6	8,5	9,0	8,4

Elaborada pela autora.

RH 7				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	10,7	10,1	8,8	8,9
1977	9,2	10,5	11,8	10,4
1978	8,8	13,5	9,7	8,7
1979	13,3	10,4	8,9	8,9
1980	8,4	8,4	8,6	9,2
1981	9,4	10,2	9,3	9,9
1982	11,7	10,7	10,2	9,0
1983	9,2	9,4	10,9	8,9
1984	8,6	9,2	10,6	8,6
1985	11,2	12,8	10,3	8,4
1986	9,5	10,5	9,1	8,6
1987	10,8	9,2	8,7	16,9
1988	9,2	9,2	21,8	9,7
1989	10,1	10,3	9,7	9,1
1990	10,9	9,0	8,4	9,2
1991	12,9	11,5	10,8	9,9
1992	8,5	13,1	9,5	10,9
1993	9,3	8,9	12,3	9,9
1994	9,1	8,4	14,6	8,5
1995	12,8	15,6	10,0	8,7
1996	8,7	15,1	10,1	8,6

RH 7				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	11,1	11,1	8,4	9,0
1998	8,5	12,0	9,6	9,8
1999	8,8	8,7	11,2	9,5
2000	8,5	9,6	10,6	8,7
2001	8,7	9,1	11,7	9,4
2002	10,0	9,9	8,7	8,3
2003	8,9	8,9	10,5	8,9
2004	8,7	9,2	9,6	11,3
2005	13,1	10,6	9,2	10,7
2006	8,9	14,3	11,1	8,5
2007	8,5	12,1	9,1	8,6
2008	8,8	10,4	12,7	12,1
2009	10,4	9,3	8,4	8,6
2010	8,8	9,9	8,5	10,4
2011	8,6	8,9	8,7	9,4
2012	10,0	8,9	13,3	9,0
2013	9,9	12,3	8,4	8,7
2014	8,4	17,0	14,2	8,6
2015	9,8	9,9	11,7	9,3
	8,6	8,4	8,5	8,4

Elaborada pela autora

RH 8				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	9,5	13,7	16,0	9,2
1977	8,9	13,0	9,7	10,1
1978	9,0	14,3	9,7	9,8
1979	11,3	10,1	9,2	9,0
1980	8,6	8,8	8,4	9,7
1981	9,3	8,5	11,6	9,2
1982	11,3	8,4	9,1	10,1
1983	8,8	10,2	10,8	10,9
1984	10,6	9,0	10,7	17,5
1985	10,5	20,1	10,6	10,0
1986	9,7	13,3	10,5	9,3
1987	10,3	8,6	11,2	15,4
1988	8,9	8,9	14,4	18,3
1989	13,2	11,1	11,1	12,5
1990	10,0	8,4	8,5	9,8
1991	9,2	10,6	15,2	13,2
1992	9,1	10,9	11,7	9,2
1993	9,5	8,8	13,9	14,2
1994	9,2	15,2	12,5	10,1
1995	11,4	15,5	8,6	10,9
1996	8,4	8,5	9,1	9,4

RH 8				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	12,4	8,6	8,5	13,2
1998	8,7	10,6	9,9	13,3
1999	8,8	9,3	11,3	8,9
2000	9,3	10,7	11,1	9,3
2001	9,0	10,5	9,2	8,8
2002	9,8	11,6	8,4	8,4
2003	10,3	9,1	11,2	10,2
2004	9,2	11,7	10,1	8,4
2005	9,0	10,1	11,0	8,8
2006	9,0	8,9	8,5	8,5
2007	8,7	10,9	8,5	8,6
2008	8,5	13,9	12,6	10,2
2009	8,8	15,1	8,4	8,3
2010	9,4	10,1	8,6	9,0
2011	9,2	9,1	9,4	12,6
2012	12,1	8,8	11,4	9,4
2013	8,7	9,3	8,6	8,5
2014	8,5	13,4	14,2	8,6
2015	9,3	9,9	11,4	8,4
	8,4	8,5	8,6	8,3

Elaborada pela autora

RH 9				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	8,7	13,9	9,1	9,9
1977	8,6	10,3	11,0	8,6
1978	9,0	9,2	9,4	10,5
1979	8,9	9,6	9,0	8,4
1980	8,5	8,5	8,4	12,7
1981	8,9	8,4	9,9	9,7
1982	9,2	13,0	9,5	8,7
1983	9,8	8,7	11,2	10,5
1984	10,8	10,5	8,4	9,5
1985	10,7	8,6	10,1	8,6
1986	8,4	9,8	9,4	8,5
1987	10,7	9,2	8,9	10,7
1988	8,6	8,8	10,0	8,9
1989	8,3	11,6	8,7	8,7
1990	8,6	9,6	8,6	8,4
1991	8,5	9,7	9,1	10,5
1992	8,7	10,9	8,5	8,6
1993	9,0	8,8	11,3	8,8
1994	14,7	11,0	12,0	10,5
1995	12,0	23,4	9,7	11,1
1996	8,6	10,1	9,1	8,9

RH 9				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	11,2	8,7	8,5	10,4
1998	9,1	8,7	8,7	9,5
1999	11,9	9,3	10,0	8,4
2000	8,5	9,0	13,5	9,8
2001	9,9	8,8	10,8	8,6
2002	9,1	8,4	8,4	8,6
2003	11,7	9,1	15,2	10,1
2004	8,4	11,0	15,1	9,1
2005	9,4	10,5	10,0	10,6
2006	8,8	9,0	11,1	9,8
2007	8,7	14,1	8,8	8,7
2008	9,0	8,8	12,1	10,0
2009	9,0	9,0	8,7	9,8
2010	9,7	11,1	10,5	8,4
2011	9,2	9,1	9,3	10,4
2012	12,1	12,5	10,8	10,8
2013	9,5	9,0	9,9	9,0
2014	11,4	12,9	14,2	8,6
2015	9,1	9,2	10,6	9,6
	8,4	8,4	8,5	8,4

Elaborada pela autora.

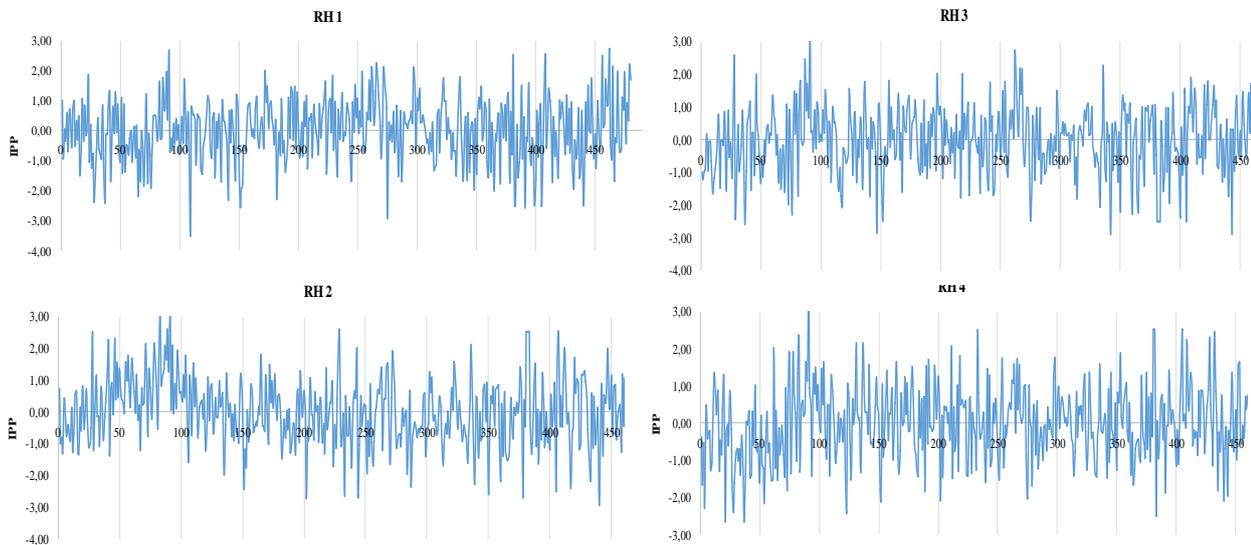
RH 10				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1976	8,8	11,8	9,1	11,8
1977	9,2	9,3	10,3	9,6
1978	9,0	13,5	8,5	8,7
1979	9,8	9,7	8,4	8,6
1980	11,6	10,0	8,4	9,3
1981	14,0	9,3	12,8	10,5
1982	9,9	15,6	9,2	8,8
1983	9,3	9,2	10,1	9,4
1984	9,0	8,9	8,3	8,5
1985	10,7	8,6	13,0	8,8
1986	8,8	9,5	8,6	8,7
1987	9,4	9,1	8,5	9,5
1988	10,3	9,8	20,2	9,7
1989	9,0	11,2	11,3	8,5
1990	9,1	15,5	10,9	9,4
1991	10,4	9,8	9,1	10,0
1992	8,6	9,0	9,2	9,1
1993	10,7	10,1	11,7	8,9
1994	11,6	13,6	8,4	9,4
1995	8,9	13,5	9,0	9,6
1996	9,3	10,0	10,4	8,9

RH 10				
Ano	Ver	Out	Inv	Pri
1997	9,1	9,5	9,7	9,5
1998	8,4	9,1	8,8	9,1
1999	8,6	14,3	11,0	8,7
2000	10,2	9,8	10,4	9,3
2001	8,5	10,2	10,6	9,2
2002	10,0	9,7	8,8	8,4
2003	12,6	11,2	10,8	9,3
2004	8,7	14,2	11,0	8,9
2005	8,6	9,9	10,0	10,2
2006	10,0	8,3	9,3	14,9
2007	10,3	10,9	8,5	8,7
2008	8,6	9,5	10,2	9,8
2009	8,8	9,2	10,2	11,1
2010	9,7	12,1	9,7	11,7
2011	8,6	8,9	9,9	10,5
2012	11,5	10,4	9,2	12,0
2013	10,1	10,7	12,2	9,5
2014	10,2	14,6	14,2	8,6
2015	12,1	9,7	11,5	8,6
	8,4	8,3	8,5	8,4

Elaborada pela autora.

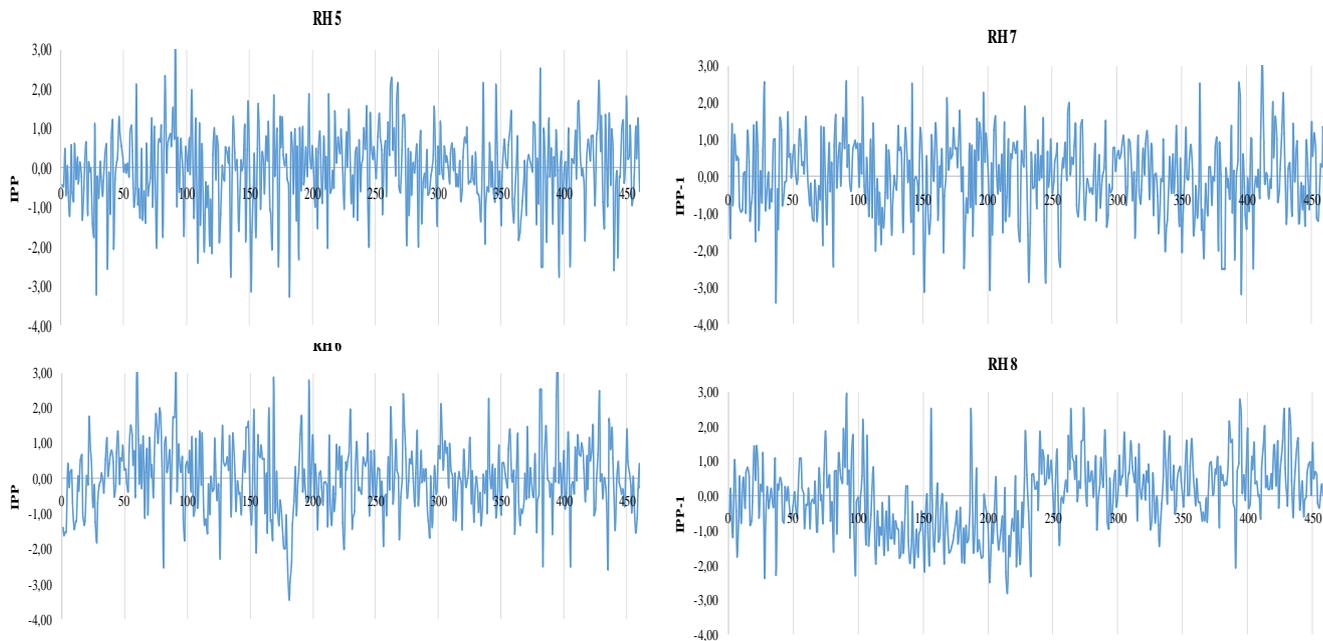
APÊNDICE D – Índice de Precipitação Padronizada para as regiões hidrográficas de Santa Catarina

Figura 25 - IPP-1.



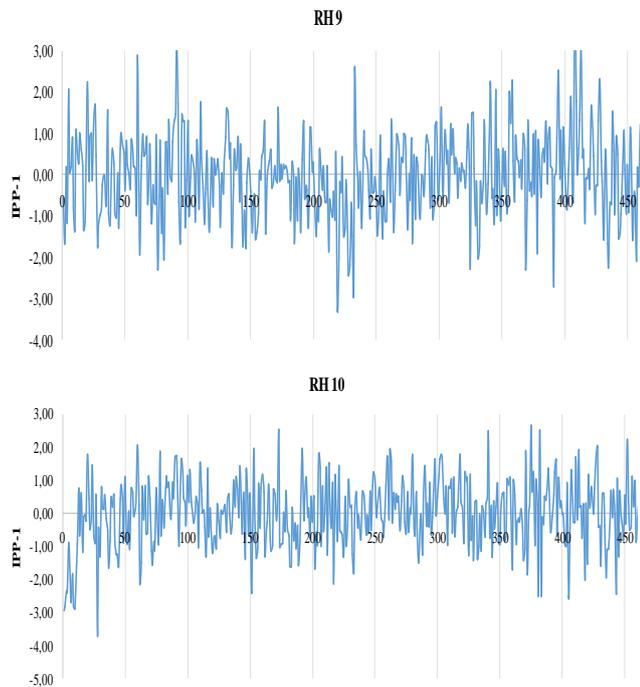
(continua)

Figura 25 – (continuação)



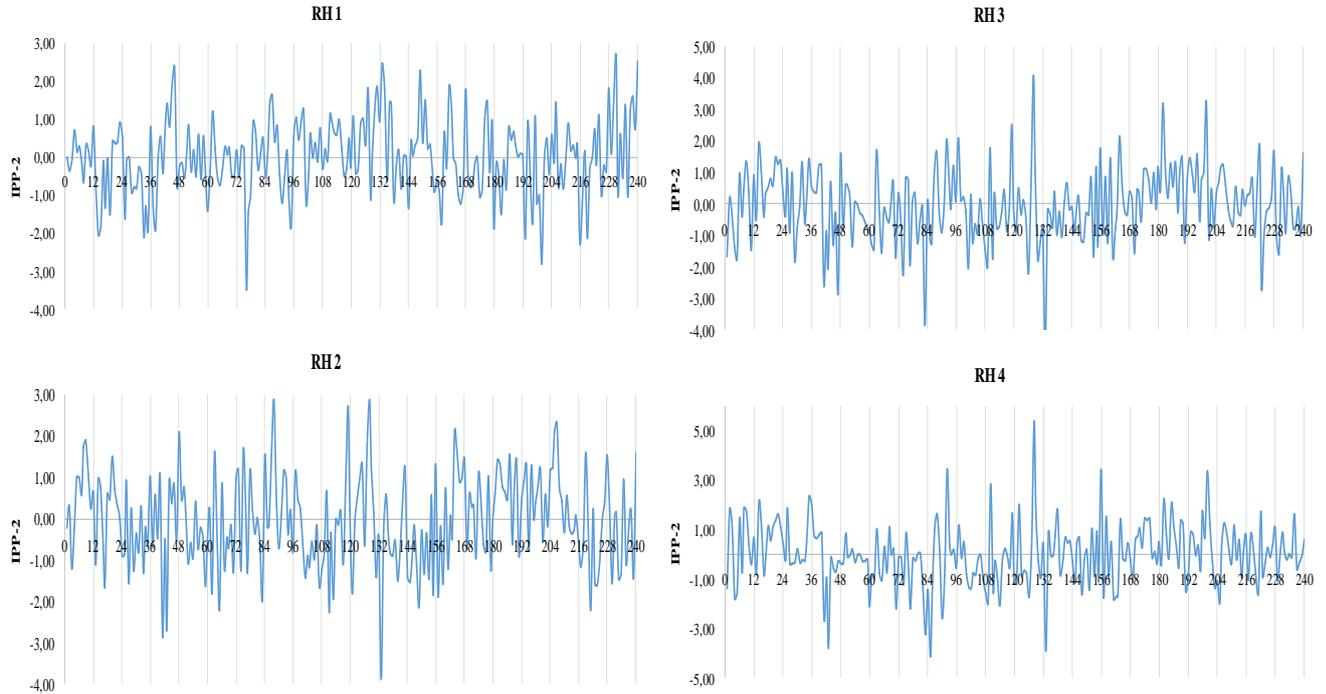
(continua)

Figura 25 – (continuação)



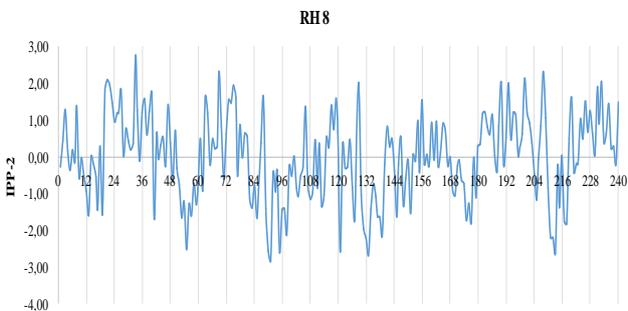
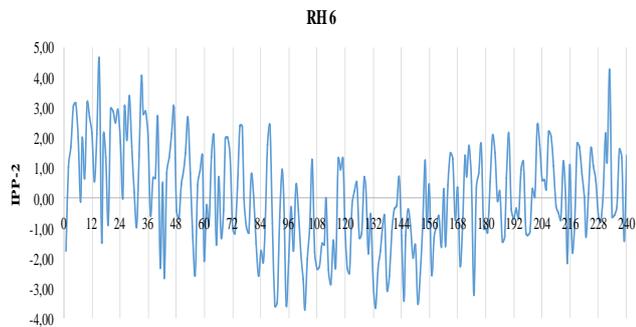
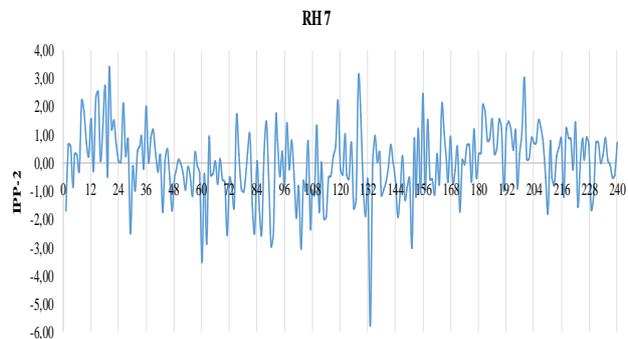
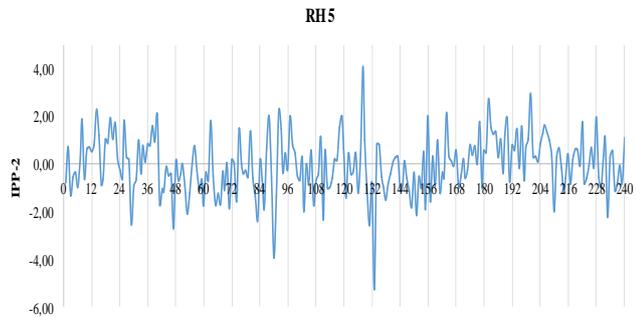
Organização: Autora, 2017.

Figura 26 - IPP-2



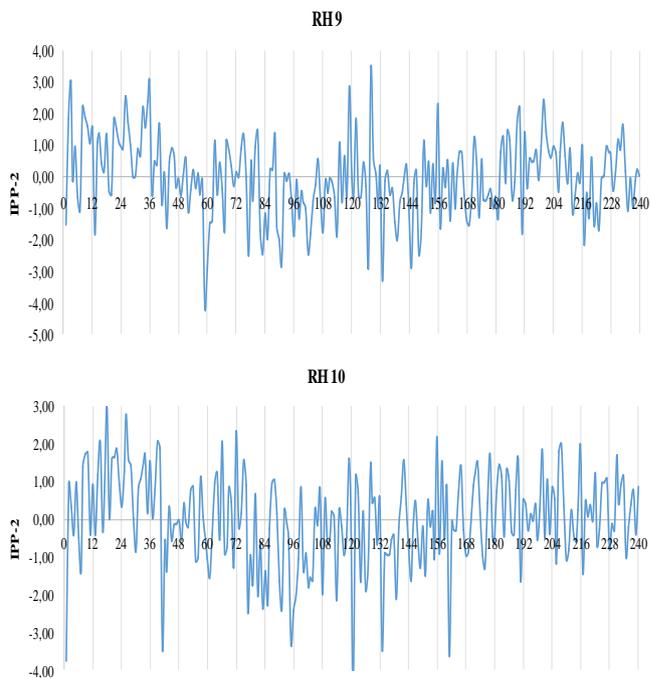
(continua)

Figura 26 – (continuação)



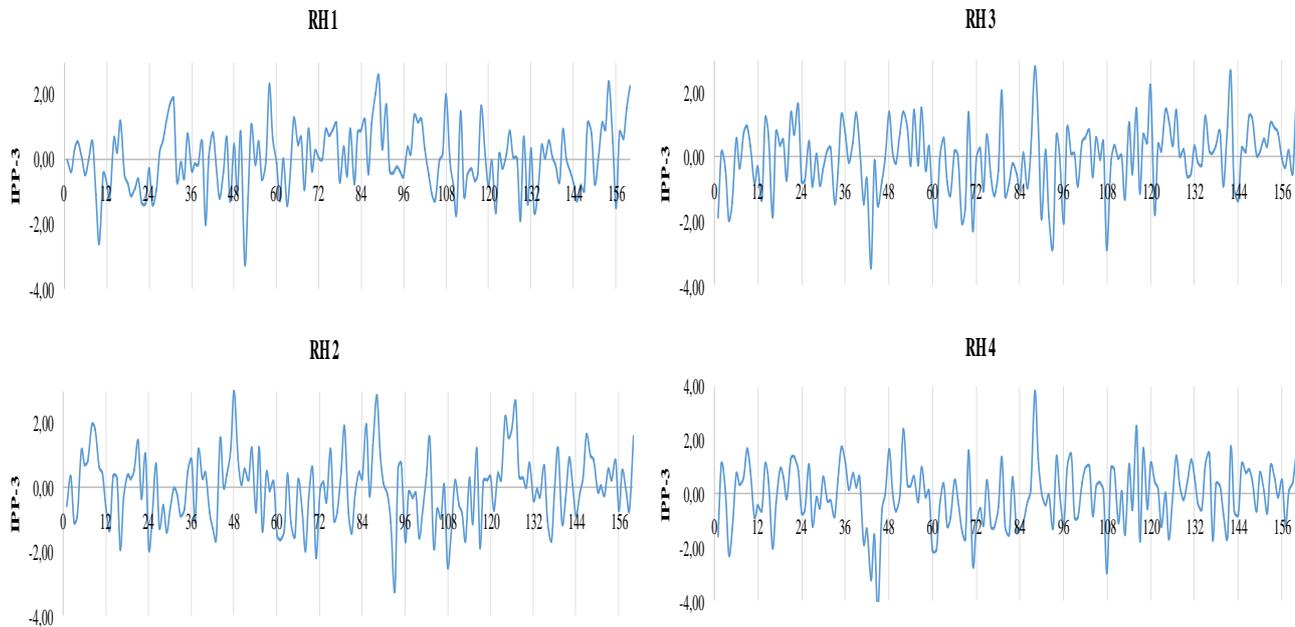
(continua)

Figura 26 – (continuação)



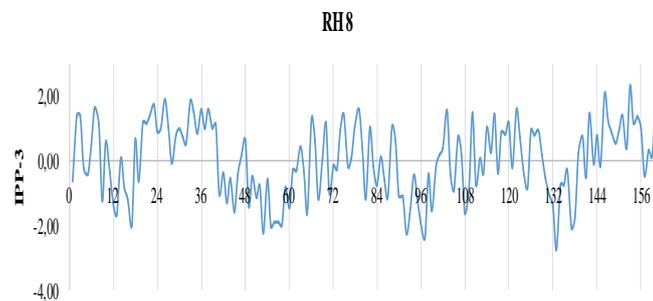
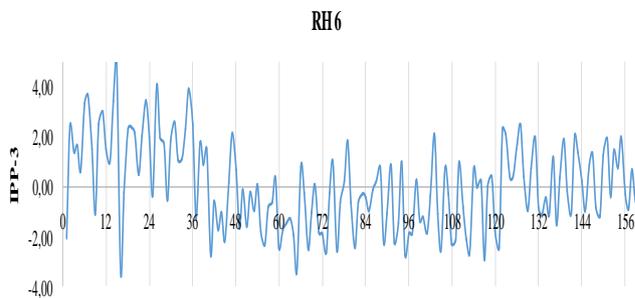
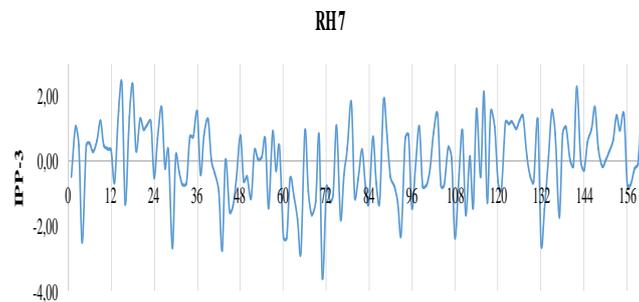
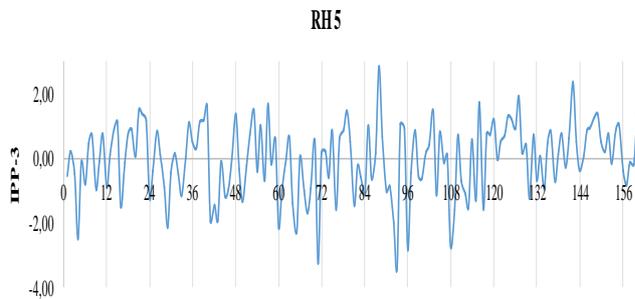
Organização: Autora, 2017.

Figura 27 - IPP-3



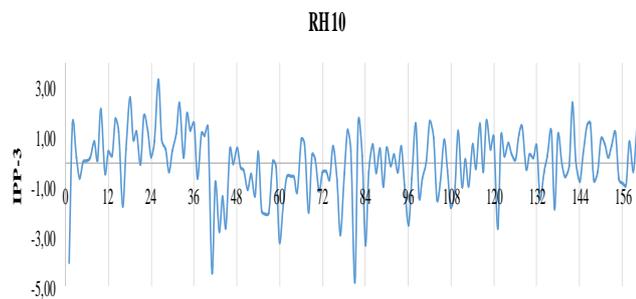
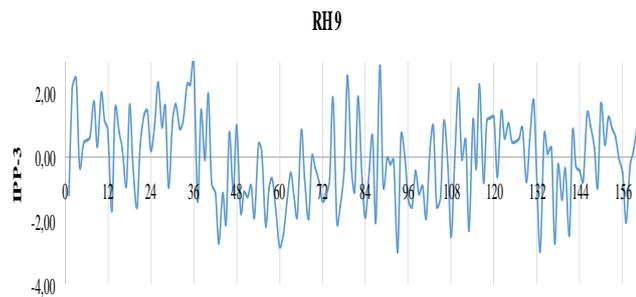
(continua)

Figura 27 – (continuação)



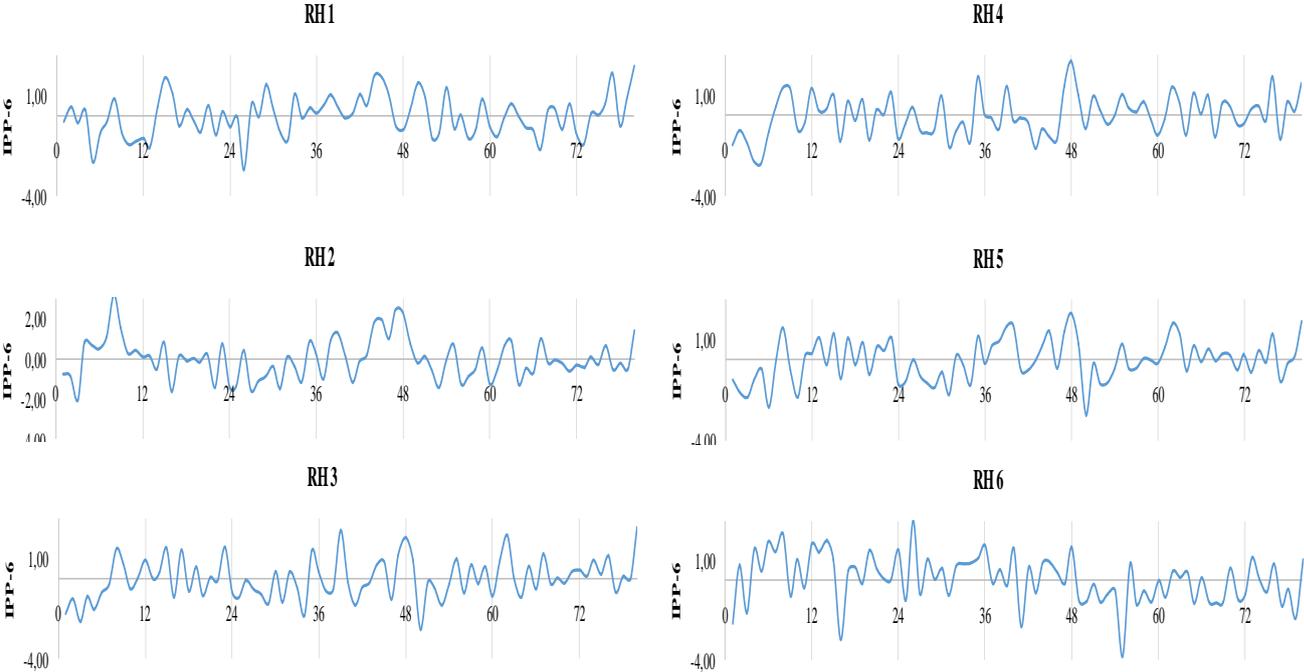
(continua)

Figura 27 – (continuação)



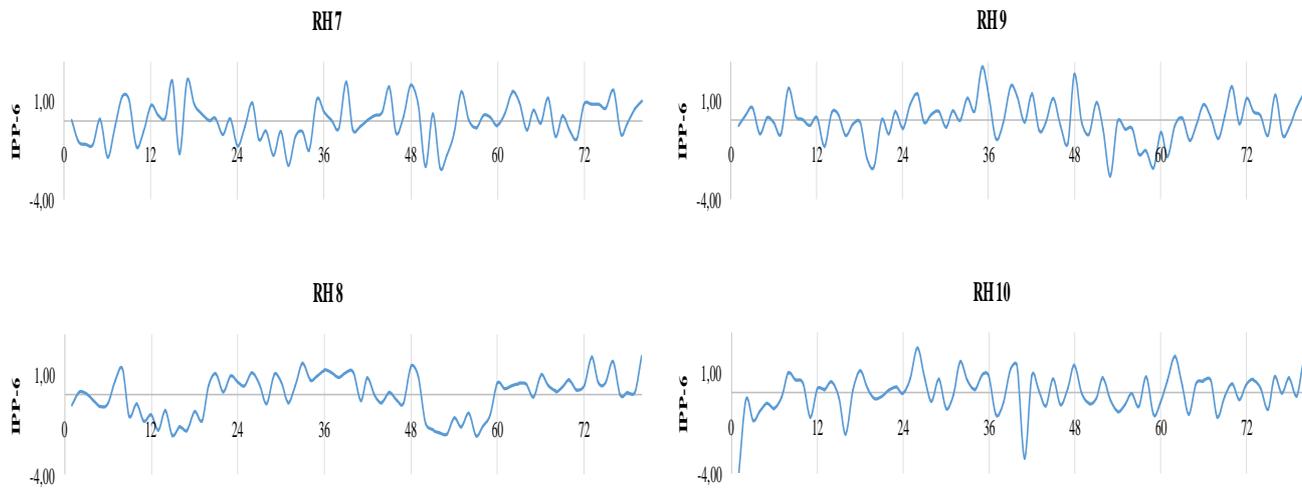
Organização: Autora, 2017.

Figura 28 - IPP-6



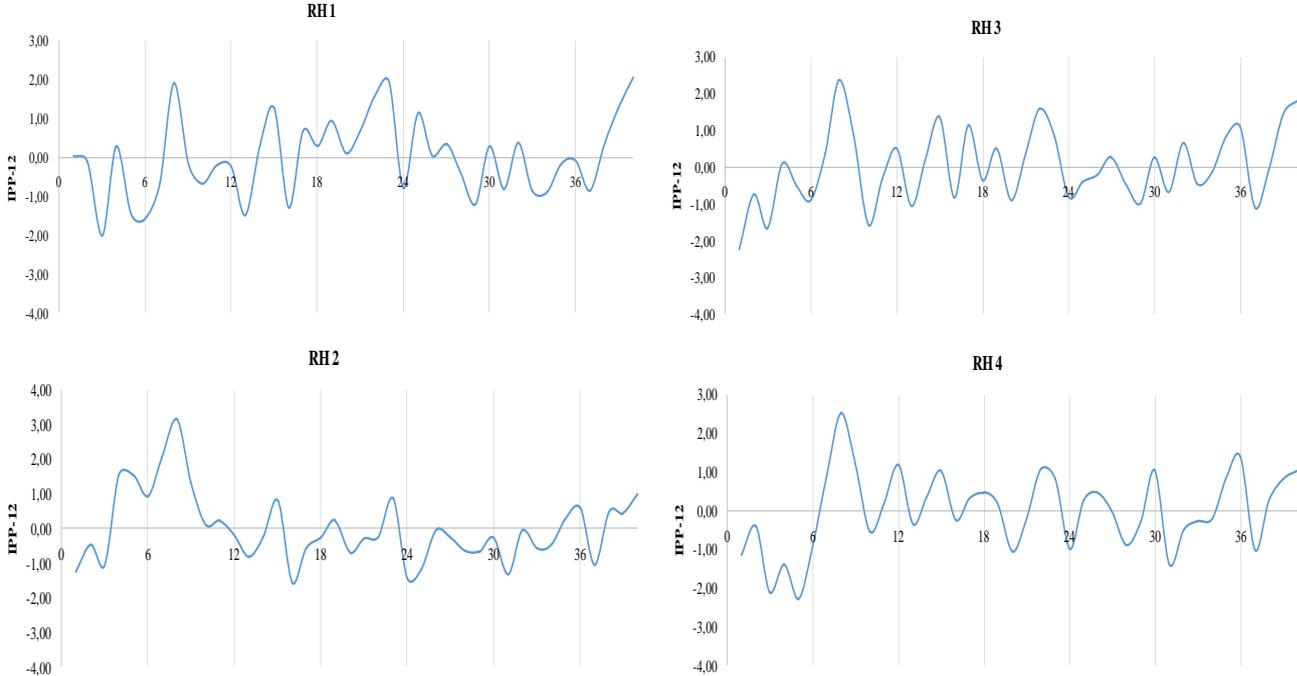
(continua)

Figura 28 – (continuação)



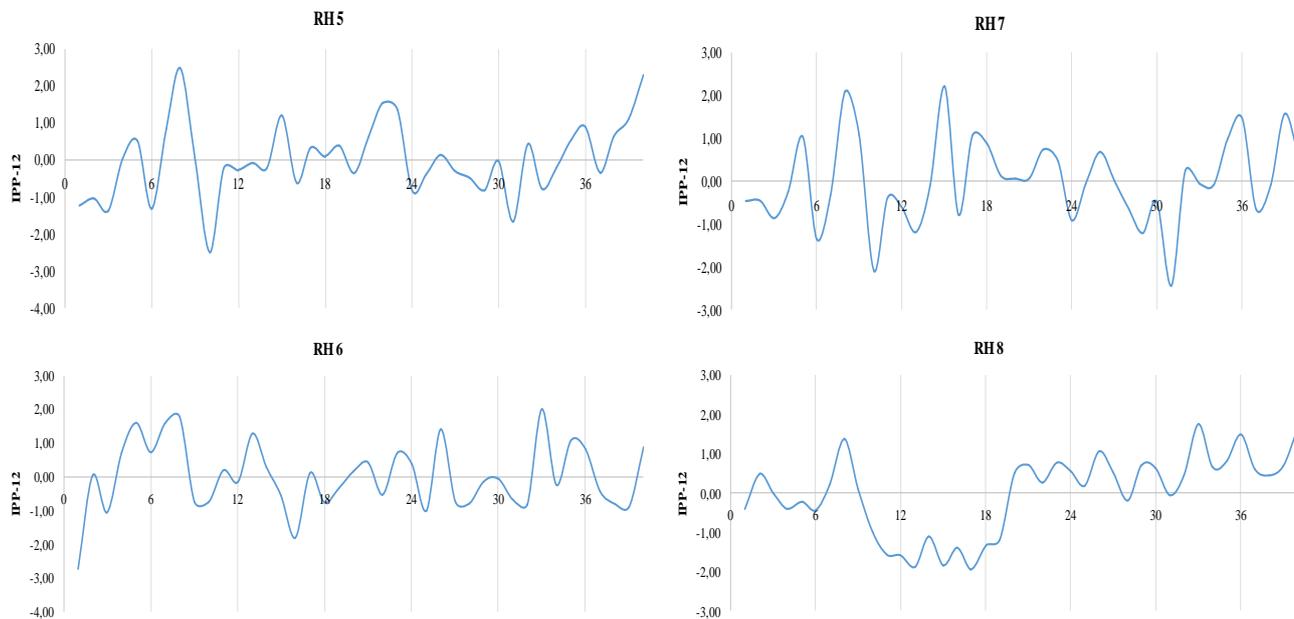
Organização: Autora, 2017.

Figura 29 - IPP-12



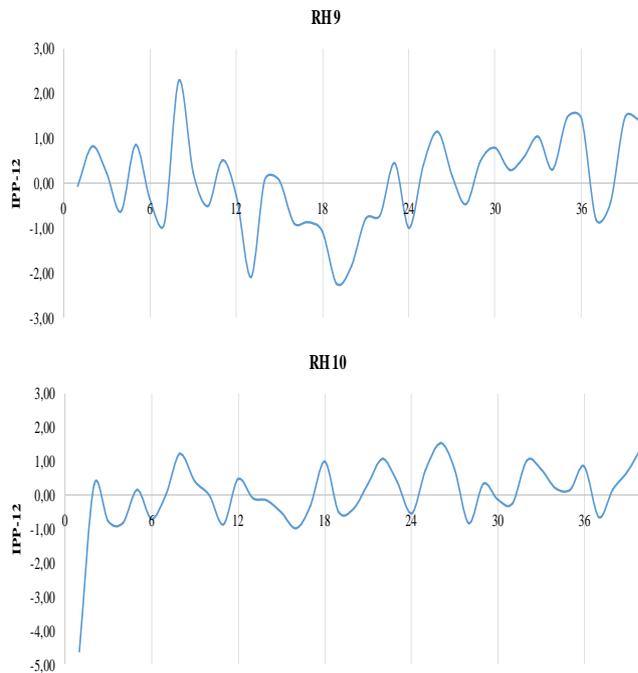
(continua)

Figura 29 – (continuação)



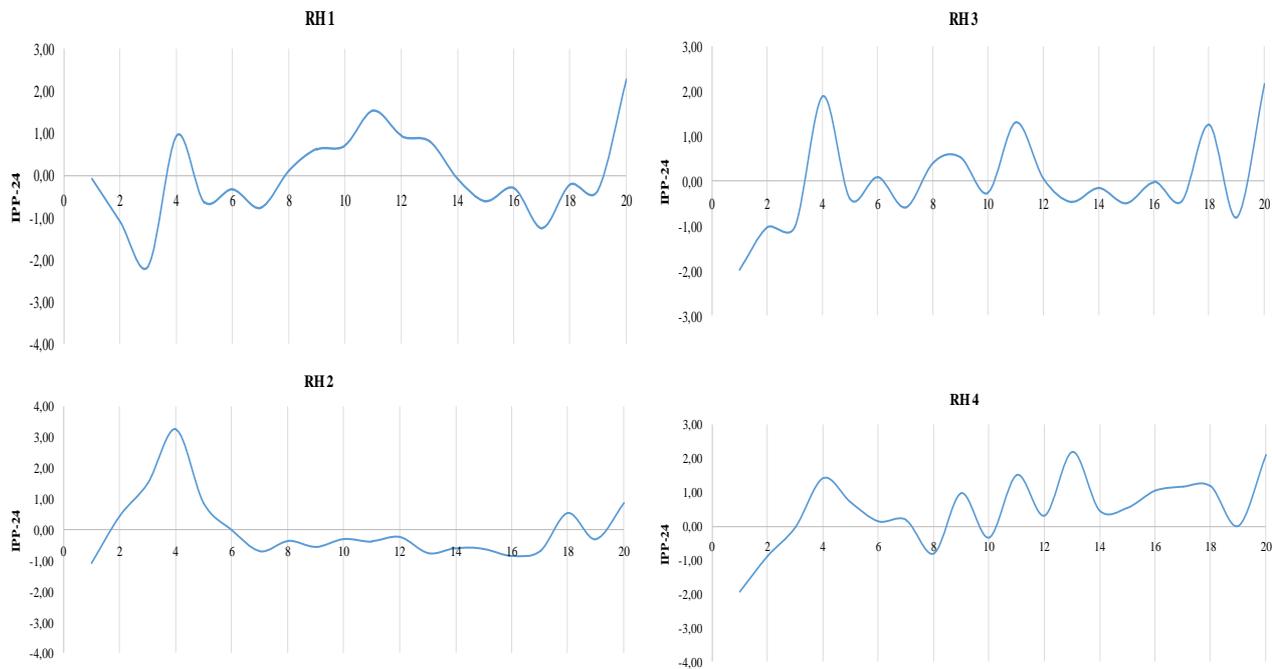
(continua)

Figura 29 – (continuação)



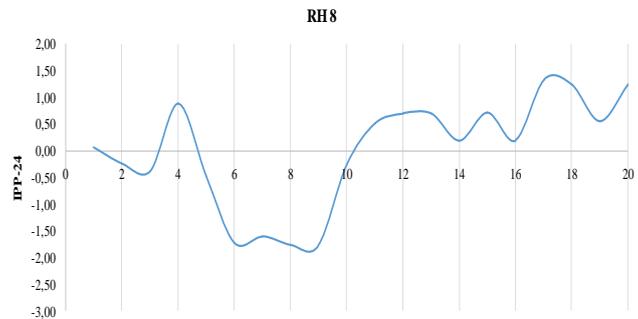
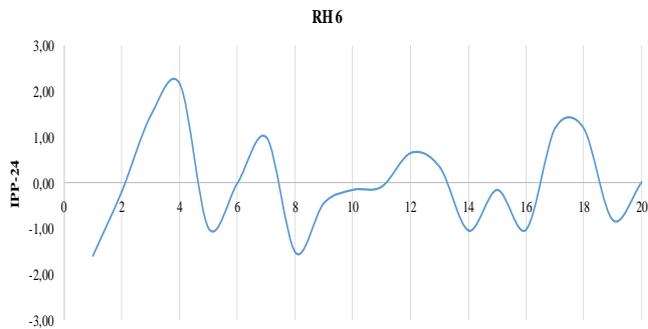
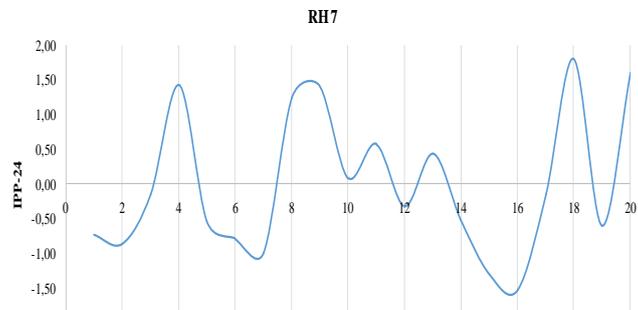
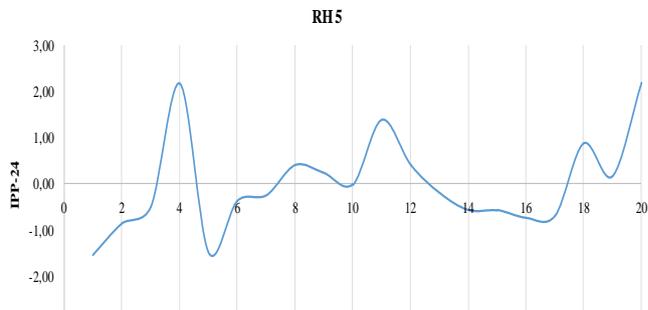
Organização: Autora, 2017.

Figura 30 - IPP-24



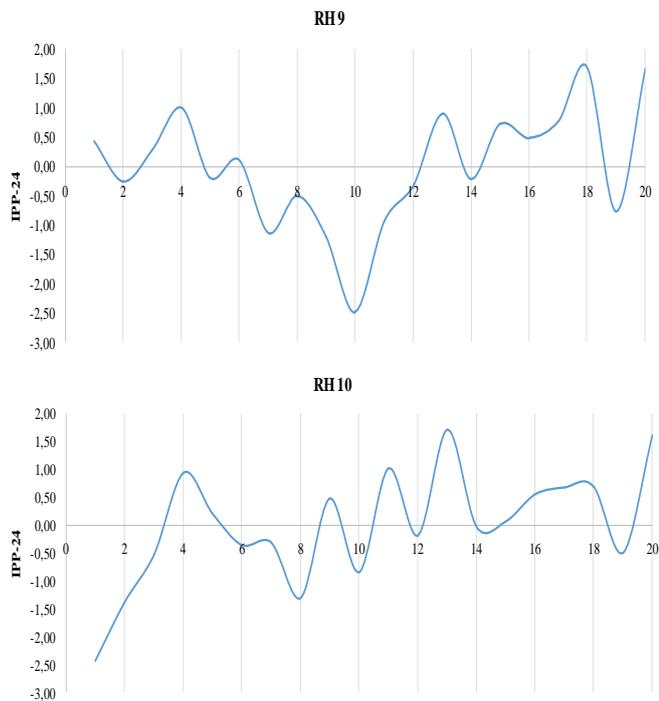
(continua)

Figura 30 – (continuação)



(continua)

Figura 30 – (continuação)



Organização: Autora, 2017.

