

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**

# **METEOROLOGIA**



## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Edgleidson Lima Rodrigues**

**Análise da Variabilidade dos Períodos Secos e Chuvosos  
da Precipitação Pluvial no Estado da Paraíba Utilizando  
o Índice Padronizado de Precipitação (SPI)**

**Campina Grande, Março de 2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS DA  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO O  
ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO (SPI)**

**EDGLEIDSON LIMA RODRIGUES**

**Campina Grande - PB**

**Março de 2022**

**EDGLEIDSON LIMA RODRIGUES**

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS DA  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO O  
ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO (SPI)**

*Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia da Universidade Federal de  
Campina Grande - UFCG, em cumprimento  
às exigências para obtenção do título de  
Mestre em Meteorologia.*

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande escalas

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa

**Campina Grande - PB**

**Março de 2022**

R696a Rodrigues, Edgleidson Lima.  
Análise da variabilidade dos períodos secos e chuvosos da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) / Edgleidson Lima Rodrigues. – Campina Grande, 2022.  
148 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.  
"Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa".  
Referências.

1. Precipitação. 2. SPI. 3. Variabilidade espaço-temporal. 4. Períodos Seco e Chuvosos. I. Sousa, Francisco de Assis Salviano de. II. Título.

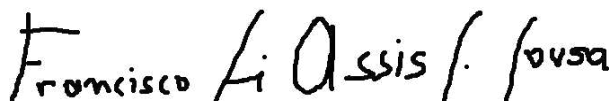
CDU 551.577(043)

**EDGLEIDSON LIMA RODRIGUES**

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS DA  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO O  
ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO (SPI)**

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 07/03/2022**

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE  
SOUSA

Unidade Acadêmica de Ciências  
Atmosféricas Universidade Federal de  
Campina Grande



Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI

Unidade Acadêmica de Ciências  
Atmosféricas Universidade Federal de  
Campina Grande



Prof. Dr. PAULO DA COSTA MEDEIROS  
Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento  
Universidade Federal de Campina Grande

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, José Assis Monteiro Rodrigues e Francisca Lima Rodrigues (in memoriam), que foram exemplos de caráter e dignidade, dedico também a minha esposa Nathiara Teixeira de Farias, aos meus irmãos e aos vários amigos que me apoiaram nesta conquista.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre foi o autor da minha vida e do meu destino. O meu maior apoio nos momentos difíceis. Sinto que nada foi em vão, valeu a pena todo esforço e a minha dedicação. Que me continues acompanhando nos próximos passos, e que meu futuro seja aquilo que quiseres.

Aos meus pais José Assis Monteiro Rodrigues e Francisca Lima Rodrigues (in memoriam), que sempre prezaram pela minha educação, não medindo esforços para me proporcionar as melhores condições possíveis e a quem serei eternamente grato.

Aos meus irmãos Edgley Lima Rodrigues, Eltongley Lima Rodrigues e Gledson Lima Rodrigues pelo companheirismo e presença constante em toda essa jornada.

A minha esposa Nathiara Teixeira de Farias, que sempre acreditou em mim, e esteve presente em todos os momentos alegres e difíceis durante essa caminhada. Por todo seu companheirismo, carinho e atenção, agradeço.

A todos os amigos do curso de Graduação e do Mestrado em Meteorologia que se mantiveram próximos tanto em momentos de alegria como em tempos de dificuldades. Em especial a Renato, que se tornou bem mais que amigo, e hoje é um irmão que a vida me deu.

Aos professores da UACA, em especial o meu orientador Francisco de Assis Salviano de Sousa, que contribuiu para essa minha formação.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo suporte financeiro.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

VCAN - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SPI - *Standardized Precipitation Index* / Índice Padronizado de Precipitação

SPEI - *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*

PDSI - *Palmer Drought Severity Index*

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

ION - Índice Oceânico Niño

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NEB - Nordeste Brasileiro



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da área de estudo com as mesorregiões do estado da Paraíba.
- Figura 2.** Distribuição espacial dos 123 postos pluviométricos monitorados pela AESA.
- Figura 3.** Programa utilizado para o cálculo do SPI.
- Figura 4.** Interpolação média dos totais anuais precipitados nos postos pluviométricos, estudados nas mesorregiões do estado da Paraíba de 1994 até 2020.
- Figura 5.** Mapa das altitudes do estado da Paraíba. Fonte: AESA.
- Figura 6.** Distribuição espacial da precipitação média mensal de 1994 a 2020 na área de estudo.
- Figura 7.** Precipitação média mensal do Estado da Paraíba 1994-2020.
- Figura 8.** Totais anuais precipitados médios no período estudado.
- Figura 9:** Interpolação do coeficiente de assimetria mensal de 1994-2020.
- Figura 10.** Interpolação do coeficiente de curtose mensal de 1994 a 2020.
- Figura 11.** Interpolação do coeficiente de variação mensal 1994 a 2020.
- Figura 12.** Distribuição dos postos pluviométricos utilizados para análises das evoluções temporais dos SPIs.
- Figura 13.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Alhandra-PB.
- Figura 14.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico João Pessoa-PB.
- Figura 15.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Mamanguape-PB.
- Figura 16.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Araruna-PB.
- Figura 17.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Campina Grande-PB.
- Figura 18.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Umbuzeiro-PB.
- Figura 19.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Picuí-PB.
- Figura 20.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Taperoá-PB.
- Figura 21.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Monteiro-PB.

**Figura 22.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Catolé do Rocha-PB.

**Figura 23.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Cajazeiras.

**Figura 24.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Princesa Isabel.

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1.** Classificação da intensidade do Índice Oceânico Niño (a).

**Tabela 2 -** Classificação dos períodos secos e chuvosos de acordo com o SPI.

**Tabela 3.** Estatística descritiva das médias mensais pluviométricas no período de 1994 a 2020 no Estado da Paraíba.

**Tabela 4.** Análise dos SPIs no período seco.

**Tabela 5.** Análise dos SPIs no período chuvoso.

## RESUMO

Situada no Nordeste brasileiro (NEB), a Paraíba apresenta uma variabilidade climática, com períodos que variam desde altos índices de precipitação até temporadas de severas secas, devido a influência direta de elementos e mecanismos que ditam o regime de chuvas nessa Região. Este trabalho objetivou estimar a variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba através da análise de precipitações médias mensais e anuais em períodos chuvosos e secos. Foram considerados registros de 123 postos pluviométricos da AESA, contemplando 27 anos de observações. Estatísticas básicas foram estimadas: média, mediana, desvio-padrão, coeficientes de assimetria, curtose e variação. Os resultados demonstraram que a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano. A distribuição anual demonstrou alta variabilidade espacial da precipitação no setor central do Estado, com menores valores em torno de 300 a 500 mm. No Sertão e Alto Sertão esses valores encontram-se por volta de 700 a 900 mm. No Brejo e Agreste de 700 a 1200 mm e no Litoral de 1200 a 2000 mm. Os meses de março e abril foram os meses mais chuvosos em praticamente todo estado e de maio a agosto os maiores totais precipitados se concentram na faixa leste e principalmente no Litoral sul. Setembro foi considerado o mês mais seco e no restante do ano as chuvas ocorreram de forma isolada. Os valores do coeficiente de assimetria ( $C_s$ ) variaram bastante, mas na Zona da Mata esses valores se apresentaram mais uniformes. Em quase todos os meses da série histórica dos dados de chuva a assimetria foi positiva. Os picos do Coeficiente de curtose ( $C_k$ ) ficaram concentrados na parte central do Estado compreendendo de janeiro a maio. A partir de junho os valores mais altos foram verificados na parte oeste do Estado. Os picos do Coeficiente de variação ( $C_v$ ) localizaram-se nas regiões do Agreste e da Borborema, entre janeiro a abril. O Sertão se configurou como região com maior variação de  $C_v$  no restante do ano. A Zona da Mata apresentou uma homogeneidade praticamente anual, com baixa variação de janeiro a março. Na análise dos períodos seco e chuvoso foram utilizados os Índices de Precipitação Padronizado (IPPs) nas escalas temporais de 1, 3, 6 e 12 meses. Entre os anos de 1997 a 2000 foram verificadas atuações de secas identificadas por todos os IPPs. Esses eventos possivelmente sofreram influências do fenômeno El Niño. Destaca-se aqui a seca histórica em todo o território paraibano no ano de 1998, assim como as secas ocorridas entre 2014 e 2016.

**Palavras-chave:** Precipitação, SPI, Variabilidade espaço-temporal, Períodos seco e chuvosos.

## ABSTRACT

Located in the Brazilian Northeast (NEB), Paraíba presents a climatic variability, with periods that vary from high precipitation rates to seasons of severe droughts, due to the direct influence of elements and mechanisms that dictate the rainfall regime in this Region. This work aimed to estimate the variability and trend of rainfall in the state of Paraíba through the analysis of average monthly and annual precipitation in rainy and dry periods. Records from 123 rainfall stations of AESA were considered, contemplating 27 years of observations. Basic statistics were estimated: mean, median, standard deviation, asymmetry coefficient, kurtosis and variation. The results showed that the distribution of rainfall occurs irregularly and with great variation throughout the year. The annual distribution showed high spatial variability of precipitation in the central sector of the state, with smaller values around 300 to 500 mm. In the Sertão and Alto Sertão these values are around 700 to 900 mm. In the Brejo and Agreste of 700 to 1200 mm and in the Litoral from 1200 to 2000 mm. The months of March and April were the wettest months in almost the entire state and from May to August the highest precipitation totals were concentrated in the east lane and mainly in the southern coast. September was considered the driest month and in the rest of the year the rains occurred in an isolated way. The values of the asymmetry coefficient ( $C_s$ ) varied greatly, but in the Zona da Mata these values were more uniform. In almost all months of the historical series of rainfall data the asymmetry was positive. In almost all months of the historical series of rainfall data the skewness was positive. The peaks of the kurtosis coefficient ( $C_k$ ) were concentrated in the central part of the state comprising January through May. From June on, the highest values were seen in the western part of the state. The peaks of the Coefficient of variation ( $C_v$ ) were located in the Agreste and Borborema regions, between January and April. The Sertão was configured as the region with the greatest variation of ( $C_v$ ) during the rest of the year. The Zona da Mata presented a practically annual homogeneity, with low variation from January to March. In the analysis of the dry and rainy periods, the Standardized Precipitation Indices (SPIs) were used in the time scales of 1, 3, 6 and 12 months. Between the years 1997 and 2000 droughts were verified and identified by all the SPIs. These events were possibly influenced by the El Niño phenomenon. Noteworthy here is the historical drought across the entire Paraíba territory in 1998, as well as the droughts that occurred between 2014 and 2016.

**Keywords:** Precipitation, SPI, Spatio-temporal variability, Dry and rainy periods.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 Objetivo Geral</b> .....	3
<b>1.2 Objetivos Específicos</b> .....	3
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
<b>2.1 A influência das mudanças climáticas e a seca sobre as atividades humanas</b> .....	4
<b>2.2 A influência dos oceanos e eventos climáticos sobre a precipitação</b> .....	6
<b>2.3 Sistemas Atmosféricos que provocam chuvas na região Nordeste do Brasil</b> .....	8
<b>2.4 A influência da orografia na precipitação</b> .....	10
<b>2.5 Estatísticas Aplicadas à Pesquisa Climática</b> .....	11
<b>2.6 Índice Padronizado de Precipitação (SPI)</b> .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>3.1 Área de Estudo e Dados</b> .....	17
<b>3.2. Índice SPI</b> .....	21
<b>3.2.1 Análise do Índice SPI</b> .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	62
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>ANEXO A</b> .....	74
<b>ANEXO B</b> .....	79
<b>ANEXO C</b> .....	96

## 1 INTRODUÇÃO

A precipitação atmosférica é entendida como um conjunto de água derivado do vapor que cai na superfície da Terra na forma líquida ou sólida. Dentre várias variáveis climáticas, a precipitação é uma das mais estudadas, devido a sua importância no campo dos recursos hídricos sociais. Para SOUZA (2017), precipitação é compreendida como a quantidade de água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, podendo ter diferentes formas a depender do estado da água, como por exemplo as chuvas, granizos e neve, e entende-se como suas características principais a duração e as distribuições espaço-temporais.

A precipitação é um dos principais elementos da ciência hidrológica, representando, dentro do ciclo hidrológico, uma variável imprescindível para a compreensão da dinâmica do meio físico. Além de apresentar suma importância na caracterização do clima de uma região, seu estudo permite previsões com melhores aproximações e tomadas de decisões mais confiáveis (ARAI *et al.*, 2010).

O modo e compreensão são de enorme importância no sentido de estudos, planejamento e manuseio de recursos hídricos disponível e da agricultura.

O estado da Paraíba está localizado entre os paralelos de 6° e 8° graus de latitude sul e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, completamente incluído na região tropical, fazendo fronteira com os estados de Pernambuco ao sul, Rio Grande do Norte ao norte e Ceará a oeste, limitado a leste pelo Oceano Atlântico. Possui uma área de aproximadamente 56.340,9 km<sup>2</sup> com quatro mesorregiões e 223 municípios (RODRIGUEZ, 2002). O Índice de Precipitação no Estado da Paraíba depende de vários sistemas meteorológicos como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Alto Nível (HCV), as Ondas de Leste, Linhas de Instabilidade, Sistemas Frontais, Brisas Terrestres e Marítimas, Bandas de Nuvens, e efeitos orográficos locais (MACEDO *et al.*, 2010), que operam em diferentes meses do ano com diferentes características interanuais. A ação desses sistemas de precipitação provoca uma grande variabilidade da chuva no sentido norte-sul e leste-oeste no estado durante o ano (PEDROZA, 2009).

A variabilidade climática em uma região tem um impacto importante em várias atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Por ser o clima composto por um conjunto integrado de elementos que determinam a vida, é relevante porque sua configuração pode facilitar ou dificultar o estabelecimento dos seres humanos e o desenvolvimento das atividades humanas em diferentes regiões do planeta. Dentre os

elementos climáticos, a precipitação desempenha um papel importante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia (SLEIMAN e SILVA, 2008).

A partir do conjunto conhecido de informações hidrológicas, indicadores e medidas estatísticas importantes como média, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e distribuição de frequência podem ser construídos a partir dos dados de chuva observados (SILVA *et al.*, 2019). A estatística descritiva é utilizada para descrever dados ou medidas estatísticas que permitem uma melhor representação de todos os dados coletados durante a realização da pesquisa (RODRIGUES; BARBOSA e LIMA 2017).

O Brasil é considerado o país com a região semiárida mais populosa do mundo, sendo estimada com 27 milhões de habitantes, distribuídos em uma área de 974.752 km<sup>2</sup>, o que representa 12% do território nacional, é composto pelos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais, totalizando 1.262 municípios que ocupam o Semiárido nordestino (BRASIL, 2019). Então surge à necessidade de debates sobre as políticas públicas realizadas nessa região, buscando identificar ações eficientes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e econômico. E mais, na impossibilidade de selecionar experiências já realizadas, apontar soluções novas que melhorem a utilização dos recursos públicos destinados à Região.

A problemática da seca instiga pesquisadores em todo o mundo a desenvolverem diversos tipos de índices meteorológicos para caracterização e monitoramento das estiagens, tipo o SPI (*Standardized Precipitation Index*), O PDSI (*Palmer Drought Severity Index*), dentre outros.

O diagnóstico de seca é um trabalho importante, pois pode fornecer informações valiosas para avaliar a extensão e os prováveis impactos para incentivar os gestores públicos a investir no planejamento e mitigação da seca. (PENAFORTE, 2016).

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo estudar as características da variabilidade espaço-temporal da precipitação do estado da Paraíba, usando dados de 123 postos pluviométricos, e também analisar as secas ocorridas desde 1994 até 2020, através de dados de precipitação coletados em 12 postos pluviométricos espalhados nas 4 mesorregiões do estado.



## **1.1 Objetivo Geral**

Explicar a variabilidade da precipitação pluvial pela associação dos sistemas meteorológicos precipitantes no estado da Paraíba, e avaliar as secas no Estado através do Índice Padronizado de Precipitação - SPI.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar metodologia estatística para quantificar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial;
- Realizar a análise conjunta dos aspectos quantitativos e qualitativos da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial;
- Avaliar e categorizar os períodos secos no estado da Paraíba através do Índice Padronizado de Precipitação (SPI).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A influência das mudanças climáticas e a seca sobre as atividades humanas

Entender o clima, nos ajuda a assimilar melhor as condições naturais das Regiões. O clima é o comportamento e a dinâmica das condições atmosféricas em uma determinada localidade, composto por uma soma de condições meteorológicas que se acontecem ciclicamente ao longo dos tempos.

A palavra "clima" refere-se aos padrões climáticos a longo prazo dentro de uma região definida, incluindo temperatura, humidade, precipitações e quantidade de vento. O tempo refere-se a mudanças diárias ou semanais na atmosfera, enquanto que o clima é geralmente discutido, em termos de anos, décadas, séculos e milênios. Hoje em dia, o termo "alterações climáticas" representa qualquer alteração climática ao longo de algumas décadas, ou milhões de anos, seja devido a causas naturais ou como resultado de atividades humanas. As alterações climáticas alteram ecossistemas inteiros juntamente com os organismos vivos que neles vivem. As alterações climáticas têm ameaçado cada vez mais e profundamente o ambiente global, a biodiversidade e o desenvolvimento humano sustentável, principalmente alterando os regimes térmicos globais e o ciclo da água e causando acidificação (HUANG *et al.*, 2021).

Avaliar a vulnerabilidade espacial da população frente à variabilidade climática pode servir como ferramenta para planejar medidas de adaptação, identificando impactos diferenciais e habilidades de enfrentamento e adaptação a riscos futuros associados à degradação/desertificação. Mapas produzidos usando essa abordagem podem orientar programas de direcionamento para reduzir a vulnerabilidade e podem melhorar a eficácia do monitoramento, alerta e mitigação (GROLLE, 2013).

Conforme a população cresce e o consumo de alimentos, fibras e biocombustíveis aumenta, o setor agrícola enfrentará enormes desafios para manter o crescimento da produção e para se adaptar às mudanças climáticas (STEVANOVIĆ *et al.*, 2016).

A disponibilidade de recursos hídricos é um determinante primordial de qualquer desenvolvimento da sociedade, uma vez que é necessária para a manutenção das atividades humanas básicas, para a produção de alimentos e para muitos processos industriais (ALLAN, 2005; FLÖRKE *et al.*, 2013; ZHOU; DENG; WU, 2017). Por esta razão, as populações que vivem em regiões com períodos secos frequentes necessitam de uma melhor compreensão do fenômeno da seca para garantir sua sobrevivência e promover seu desenvolvimento. Por outro lado, muitas estratégias de planejamento e gestão de recursos hídricos permitem prevenir (ou pelo menos reduzir) os efeitos das

secas hidrológicas, agrícolas e socioeconômicas. Essas estratégias podem variar desde o desenvolvimento de infra-estruturas hidráulicas, até a promoção de mecanismos de redução da demanda de água. Entretanto, mesmo quando essas ações contra os efeitos da seca estão bem estabelecidas em uma comunidade, o clima ainda pode produzir condições mais secas com consequências negativas para a sociedade, o que torna a seca meteorológica uma questão crítica. É por isso que a modelagem das secas meteorológicas para sua previsibilidade é crucial para avaliar o risco de seca (KIM; JEHANZAIB, 2020; PONTES FILHO *et al.*, 2019).

No entanto, os problemas de expansão populacional, escassez de recursos e deterioração ambiental no mundo tornam a escassez de recursos hídricos cada vez mais grave. Portanto, como avaliar cientificamente os recursos hídricos é pré-condição para uma gestão eficiente e utilização racional dos recursos hídricos. O escoamento, como um importante indicador dos recursos hídricos, é resultado da interação entre o clima e a superfície subjacente. Não é apenas perturbado por atividades humanas, mas também muito sensível às mudanças climáticas (MARENGO *et al.*, 2010). Portanto, separar os efeitos das mudanças climáticas e das atividades humanas no escoamento é útil para entender o processo de formação e a lei de evolução dos recursos hídricos.

No Brasil, as regiões semiáridas são o maior e dominante exemplo de terras secas no território nacional, incluindo a maior parte da região Nordeste e uma pequena parte da do norte da região Sudeste. De acordo com a demarcação do semiárido de 2017, a Paraíba possui 194 municípios fazendo parte desse território. Essa configuração naturalmente coloca os municípios incluídos nesse contexto em situação de vulnerabilidade à seca e aos riscos de desastres induzidos pela seca. O impacto dos fenômenos naturais e desastres na sociedade está justamente relacionado à vulnerabilidade dessas populações (FARIAS, 2020).

Nos últimos anos, secas e inundações têm ocorrido com frequência. Eventos interanuais e decenais que acontecem em todo o mundo, as escalas meteorológicas, juntamente com as mudanças climáticas, estão se tornando cada vez mais frequente e intenso (MARENGO *et al.*, 2016). Durante as últimas décadas, o Brasil passou por eventos pluviométricos extremos em diversas escalas de tempo, com subsequentes impactos sobre os sistemas naturais e humanos (MARENGO *et al.*, 2010). Por exemplo, a seca em 2005, 2010, 2015-16 (LEWIS *et al.*, 2011; MARENGO *et al.*, 2018). A chuva é um fenômeno de alta frequência, mas exibem grande variabilidade em seu regime e distribuição, com isso os reservatórios no Nordeste são difíceis de armazenar água, dificultando na demanda energéticas e alimentares da sociedade (SILVA *et al.*, 2017).

Grande variabilidade climática de sistemas pluviométricos no nordeste do Brasil, possivelmente influenciado por anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), por exemplo: El Niño, La Niña, Temperatura do Atlântico Norte e Temperatura do Atlântico Sul, mas também pela circulação atmosférica regional e outros fenômenos de escala sinótica (FERREIRA e KEMENES, 2017).

Uma questão mais desafiadora do que classificar as condições meteorológicas históricas é prevê-la. Uma previsão apropriada da seca é central para o planejamento a médio e curto prazo dos recursos hídricos em regiões secas. Muitas abordagens de modelagem foram desenvolvidas para a previsão da seca na última década (FUNG *et al.*, 2020).

## **2.2 A influência dos oceanos e eventos climáticos sobre a precipitação**

As chuvas são uma parte importante do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas que mais impactam na qualidade ambiental, social e econômica, afetando direta ou indiretamente a sociedade como um todo (COAN *et al.*, 2015). É também um dos principais elementos da classificação climática de uma região, pois sua variabilidade, combinada com outros elementos climáticos, como a temperatura, provoca mudanças no comportamento geral do clima local (PEREIRA *et al.*, 2011).

A variabilidade climática é um processo natural desencadeado pela combinação de escalas espaço-temporais de sistemas meteorológicos (SILVA *et al.*, 2018). Há evidências de que as mudanças climáticas devido a diversos fatores, antropogênicos e naturais, têm impactos globais, regionais e locais (GUIMARÃES *et al.*, 2016). De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), as temperaturas globais podem subir 1,5°C entre 2030 e 2052, com chuvas fortes e possibilidade de seca e chuvas insuficientes.

As grandes mudanças no clima do Brasil controlam a atividade socioeconômica e são responsáveis pelas irregularidades na distribuição da precipitação em níveis espacial e temporal, escalas sazonais e interanuais. A região Nordeste do Brasil é uma das mais vulneráveis a essas mudanças devido às suas características climáticas e condições socioeconômicas e políticas (MARENGO, 2009). Além dos graves problemas que a região enfrenta relacionados às chuvas irregulares, especialmente secas severas e prolongadas e chuvas fortes (FERREIRA *et al.*, 2017, RODRIGUES *et al.*, 2017). RODRIGUES *et al.*, (2017) ressaltam que eventos de El Niño, independente de seu tamanho, não podem explicar sozinhos os anos secos, assim como eventos de La Niña não estão necessariamente associados, a anos chuvosos no semiárido nordestino. A

interação desses fenômenos com o sistema meteorológico e condições favoráveis no Atlântico Tropical Sul (TSM é maior do que no Atlântico Tropical Norte) é um determinante das condições de chuva em regiões semiáridas.

No Nordeste do Brasil (NEB), uma típica região semiárida caracterizada por alta variabilidade temporal e espacial no regime de chuvas (KOUSKY, 1979; MEDEIROS *et al.*, 2020b), e onde as secas são um risco histórico e recorrente (MARENGO, TORRES, *et al.*, 2017), durante os episódios de El Niño há uma inibição da atividade convectiva associada ao ramo descendente da circulação anômala do Walker localizado sobre a NBE e regiões circunvizinhas (CAI *et al.*, 2020), levando a uma menor precipitação durante a já curta estação chuvosa da NBE (fevereiro, março-abril-maio; FMAM) (DRUMOND *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2011). CUNHA *et al.*, (2018), por exemplo, mostraram que durante o período 1992-1993 El Niño, 32% da área do NEB exibiu condições de seca (quantificadas pelo Índice de Precipitação Padrão  $-0,5$ ). Em um estudo utilizando o Modelo Climático Regional (RegCM), MEDEIROS *et al.*, (2020a) mostraram que o modelo não teve um bom desempenho ao representar o sinal e a gravidade dos eventos secos no NEB do MAM 2014 ao DJF 2016 devido ao modelo não reproduzir a convecção do gatilho sobre o Oceano Pacífico quando o ENSO fase estava mudando.

A região do NEB apresenta outro fator climático adverso: a distribuição das chuvas não é uniforme. Ela varia de ano para ano e de uma sub-região com precipitação homogênea para outras (OLIVEIRA *et al.*, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2018). Entre as regiões mais afetadas pela variabilidade espacial e temporal da precipitação, a região Norte Nordeste do Brasil (NNEB) é a mais vulnerável à seca (MOURA E SHUKLA, 1981; MARENGO *et al.*, 2017; CUNHA *et al.*, 2018).

Uma das principais características do clima do nordeste brasileiro (NEB) é a grande variabilidade interanual. As projeções climáticas para a segunda metade do século XX mostram que eventos extremos causados pela combinação da variabilidade interanual com a mudança climática afetarão a NEB (MARENGO *et al.*, 2017, 2018)

Eventos climáticos extremos ocorrem de várias maneiras, como inundações, secas prolongadas, ondas de calor, chuvas extremas e muito mais. Eventos climáticos e climáticos extremos também são componentes da variabilidade climática, cuja frequência e intensidade podem variar devido às mudanças climáticas (MARENGO, 2017). Através de ciclos, as mudanças climáticas podem causar chuvas insuficientes e/ou excessivas globalmente, levando a secas ou inundações. Eventos climáticos extremamente intensos desempenham um papel importante no cotidiano das sociedades, seja por sua intensidade e frequência, seja por sua vulnerabilidade socioambiental (SANTOS *et al.*, 2017).

Os fenômenos induzidos pelas mudanças climáticas nas chuvas podem levar a aumentos significativos nos extremos das estações seca e chuvosa devido às mudanças climáticas (COSTA *et al.*, 2015).

### **2.3 Sistemas Atmosféricos que provocam chuvas na região Nordeste do Brasil**

O principal sistema meteorológico responsável pela qualidade das condições pluviométricas no Nordeste e na Amazônia brasileira é a ZCIT. É a intersecção de ventos alísios de ambos os hemisférios e ventos quentes e úmidos próximos ao cinturão geográfico de latitudes equatoriais, com oscilação média de  $\pm 8^\circ$  de latitude norte ou sul, principalmente nos meses de fevereiro e abril (ALMEIDA, 2016).

A ZCIT é um dos sistemas meteorológicos que integra a circulação atmosférica global e é conhecida por ter as maiores taxas de precipitação do mundo. Localizado na parte ascendente da Célula Hadley, o sistema é influenciado pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte (ventos de nordeste) com os alísios do hemisfério sul (ventos de sudeste), e funciona transferindo calor e umidade. A baixa atmosfera dos trópicos à alta troposfera e latitudes médias-altas (SILVA *et al.*, 2017). Seu comportamento nos trópicos é de extrema importância para a produção (inibição) de chuvas, em especial nas regiões semiáridas do NEB, dado seu deslocamento anual, na direção sul, que está relacionado ao gradiente de TSM entre os oceanos Atlântico Tropical sul e norte. No decorrer dos meses de agosto e setembro, o sistema está mais ao norte de sua localização habitual, e essa mudança de latitude está associada a uma diminuição das chuvas no Nordeste. Por outro lado, quando o sistema está localizado ao sul de seu eixo médio, o NEB geralmente apresenta chuvas acima da média nos meses de março e abril (CAVIEDES, 1972; FERREIRA; MELLO, 2005; SOUZA, 2011).

Na parte leste do NEB, as condições de chuva são fortemente influenciadas por distúrbios de ondas de leste (DOL) (KOUADIO *et al.*, 2010), que se propagam para oeste até o Atlântico Sul ao longo do ano, principalmente no outono e inverno do sul (GOMES *et al.*, 2015). No entanto, quando as condições oceânicas e atmosféricas são favoráveis, também provocam chuvas na parte norte do NEB (FERREIRA e MELO, 2005). O DOL é caracterizado por distúrbios de ondas nos campos de vento e pressão atmosférica, tipicamente detectados entre 850 e 700 hPa (MACHADO *et al.*, 2009). Esses distúrbios transportam grandes quantidades de umidade para as costas leste e norte do NEB, resultando em aumento da precipitação (GOMES *et al.*, 2015). O distúrbio ondulatório de leste está geralmente associado à precipitação no nordeste oriental de maio a agosto, e o vórtice ciclone troposférico superior que atua de outubro a abril está

associado às fortes chuvas registradas principalmente em janeiro, mês de maior incidência. eventos (KOUSKY, 1980; UVO e NOBRE, 1989; MELLO *et al.*, 1992). Segundo RATISBONA (1976), a perturbação de leste atinge seu máximo em junho, atuando na costa leste do NEB. Essas massas de ar são instáveis, profundas e úmidas devido aos ventos alísios de sudeste. Ao comparar os valores de precipitação nestas duas regiões, pode-se observar que valores de precipitação mais elevados são encontrados, exceto que a estação chuvosa começa mais cedo na região norte do que na região leste do NEB. Isso se deve à influência da ZCIT, que começa mais cedo e dura mais tempo na região norte (PIPPUS, 2006).

Os Vórtices Ciclônicos de Alto Níveis (VCAN) é um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pela precipitação de verão no Nordeste do Brasil (CALBETE *et al.*, 2005; KOUSKY e GAN, 1981).

Os sistemas frontais são formados quando massas de ar com diferentes propriedades (temperatura, pressão e umidade) se encontram. Normalmente esses sistemas consistem em frentes frias, frentes quentes e um centro de baixa pressão na superfície, que chamamos de ciclones. O sistema frontal é um importante sistema de geração de precipitação, que atua principalmente na parte sul do NEB. De novembro a fevereiro, a precipitação é maior em dezembro, que atua principalmente na parte sul da Bahia e diminui para o norte (CHU, 1983). A ZCIT está localizada mais ao sul (norte) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) está localizada mais ao norte (sul) em relação à sua localização climática, com fluxo anômalo convergente (divergente) e divergente (convergente) em níveis baixos. Mesmo em escalas de tempo intrasazonais, a alta troposfera no Nordeste está associada a um aumento (diminuição) no total de chuvas no Nordeste (NOBRE *et al.*, 2006). A (ZCAS) torna-se mais intensa quando os ventos alísios de nordeste se intensificaram e o forte fluxo de água da região amazônica proporcionou condições mais favoráveis para a penetração e persistência da frente fria da região sudeste do Brasil. Segundo NOBRE (2006), a ZCAS está localizada mais ao norte da região do NEB durante os anos considerados chuvosos, e mais ao sul durante os anos considerados mais secos.

Segundo KODAMA (2006), a ZCAS está associada a forte atividade convectiva na Amazônia, formando-se ao longo de correntes de jato subtropicais de alto nível. As observações mostraram que para uma boa previsão de chuvas fortes, deve-se levar em consideração a extensão da área inundada, o número de habitantes, a densidade populacional e, principalmente, a topografia da área afetada (BRATH, 2006).

## 2.4 A influência da orografia na precipitação

Como uma das propriedades mais relevantes para o entendimento da distribuição espacial das chuvas, os efeitos topográficos são frequentemente definidos como propriedades da interação da topografia e da dinâmica atmosférica (PELLEGATTI; GALVANI, 2010). A origem da chuva orográfica deve-se ao aumento de parte do ar úmido sobre as ondulações, à perda de temperatura na ausência de troca com o meio ambiente, na formação de nuvens e, portanto, ao aumento da precipitação total na encosta denominada de barlavento. Por outro lado, ao cruzar a barreira do terreno, o fluxo de ar diminui e a inclinação diminui à medida que o teor de umidade diminui. O lado oposto do processo é caracterizado pela menor precipitação total, denominada Sotavento (LEOPOLD, 1949; MILANESI; GALVANI, 2011; FOGIARINI et. al., 2014).

REIS *et al.* (2004) observaram o efeito da orografia na ocorrência de chuvas extremas na região de Belo Horizonte, devido à Serra do Curral, indicando um maior potencial de chuvas extremas em regiões acidentadas. Segundo BUYTAERT *et al.* (2006), em ambientes montanhosos ou levemente inclinados, a precipitação varia muito no tempo e no espaço, e a correlação entre a precipitação e a localização geográfica depende da topografia. Para muitas aplicações de modelos hidrológicos, são necessárias medições pontuais de precipitação pluviométrica.

As decisões sobre as técnicas utilizadas para a extrapolação, bem como a adequação das conclusões extraídas dos resultados finais, dependem em grande parte da magnitude e natureza da incerteza envolvida. No NEB, especialmente em seu setor norte, o conhecimento dessa distribuição é essencial para a produtividade agrícola, pois esta região está sujeita a grandes anomalias climáticas com causas externas à região (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e KAGANO, 1982). A variação temporal e espacial da precipitação é determinada pelo sistema convectivo associado aos processos oceano-atmosfera. A grande circulação da atmosfera é a causa da distribuição das chuvas em escala continental. Como resultado, observou-se que os contrastes latitudinais são marcados por evidências de chuvas climáticas. A topografia favorece chuvas fortes de sistemas convectivos (PHILIPS e MCGREGOR, 2006). Chuvas fortes ou extremas também são conhecidas como chuvas máximas e têm uma distribuição irregular no tempo e no espaço. Tais eventos podem causar enormes danos, como erosão do solo, enchentes, perdas agrícolas e problemas nos reservatórios (ARAÚJO et al., 2008).



## 2.5 Estatísticas Aplicadas à Pesquisa Climática

A estatística é uma ferramenta frequentemente utilizada em diversos estudos climáticos, pois permite aos pesquisadores processar grandes quantidades de dados. O diagnóstico é obtido após a análise dos dados, e muitas vezes as informações obtidas estão próximas da realidade.

O Brasil, como um país vasto, possui regimes pluviométricos diferenciados. O clima varia muito de norte a sul, com diferentes características regionais, e como não existem estações meteorológicas em várias localidades do país, principalmente nos estados da região Nordeste do Brasil (NEB), muitos pesquisadores vêm utilizando métodos estatísticos destinados a descrever o clima da região (BEZERRA *et al.*, 2008; FREIRE *et al.*, 2015; LACERDA, 2015; CAMELO *et al.*, 2017).

De fato, as estatísticas permitem não só usar séries temporais de dados meteorológicos, para obter um bom perfil climático das variáveis analisadas, mas também fazer previsões futuras sobre o comportamento dos valores das variáveis que definem o clima de um local. Nesse contexto, a crescente utilização da previsão do clima resulta de diferentes classes sociais e inúmeros outros domínios exige o desenvolvimento de técnicas ou métodos para melhorar a previsão de variáveis em escalas temporais e espaciais. Para a parte norte do NEB, muitos estudos que desenvolvem métodos estatísticos de randomização podem ser citados (HASTENRAH e GREISCHAR, 1993; REPELLI e ALVES, 1996; WARD e FOLLAND, 1991; XAVIER *et al.*, 2000). A estatística é aplicada a vários campos do conhecimento, usando a matemática para coletar, interpretar e analisar dados numéricos, e pode apoiar pesquisas sobre natureza, sociedade, economia e mercados.

Com o advento da tecnologia e seus subprodutos, o monitoramento climático ganhou uma nova face, permitindo que os dados sejam armazenados em ambiente digital e aplicando modelos e métodos matemáticos estatísticos de forma mais barata, simplificando a geração de dados e permitindo a aplicação de modelos de tendências climáticas (GOMES JUNIOR, 2021).

A estatística, portanto, como ciência sob o método da meteorologia, é capaz de definir e prever o clima, identificando suas características, as semelhanças e diferenças entre os diferentes tipos e subtipos climáticos, e as perturbações e mudanças no ciclo climático de uma região, definindo A partir daí, Mudanças ou colapsos na variabilidade climática, processos atualmente em curso na Terra, preocupam autoridades científicas de todo o mundo.

LATORRE *et al* (2001) desenvolveram uma pesquisa sobre análise de séries temporais (ST), com o objetivo de apresentar, de forma sintética, alguns modelos estatísticos mais aplicados neste assunto, e concluíram que: na análise de tendências, um pode usar ajustes de modelos de regressão polinomial baseados em toda a série ou na vizinhança de um determinado ponto, e também pode ser feito com funções matemáticas. É definido como um fenômeno sazonal que se repete ao longo de um determinado período de tempo. E se houver uma sazonalidade personalizada na série, os modelos de regressão que combinam funções como seno ou cosseno podem ser usados com variáveis de tempo. Um modelo de regressão automatizado cria outro tipo de modelo. Modelos Auto-Regressivos (AR) ou de média móvel (ARMA) podem ser usados para analisar o comportamento de séries temporais livres de tendências e sazonalidade. Quando há uma tendência, são usados os modelos Auto-Regressivos Integrados de Médias Móveis (ARIMA) e, para incorporar o elemento sazonal, são usados os modelos SARIMA. Finalmente, há um modelo linear geral. Nesse conjunto de modelos estatísticos, a variável resposta é um processo de contagem e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento do fenômeno.

JONES (1995) estudou séries temporais de mudanças em um determinado fator climático e concluiu que elas são homogêneas, e quando mudanças semelhantes são causadas apenas por flutuações no tempo e no clima, as razões mais importantes para a não homogeneidade são: erros instrumentais nas leituras, técnicas de medição incorretas, mudanças na localização do local, tempo de observação e mudanças nas condições do local devido à urbanização.

DUARTE (2005) investigou o comportamento da precipitação na cidade de Rio Branco, estado do Acre, com o objetivo de alertar para a possível relação entre o comportamento da chuva na região e o desmatamento na Amazônia oriental e central durante o estudo. O estudo é baseado em 31 anos de observações de longo prazo entre 1970 e 2000. O estudo descobriu que a precipitação anual tendeu a subir até 1990 e depois diminuiu até 2003. O estudo também relata que mudanças no equilíbrio térmico entre solo e atmosfera após o desmatamento, bem como a poluição do ar por incêndios florestais, podem causar mudanças nos padrões de convecção que resultam da redução do teor de umidade do solo e da vegetação, enquanto a forma de nuvens reduzida.

Além disso, ainda de acordo com DUARTE (2005), as anomalias e tendências de precipitação em diferentes escalas de tempo podem estar relacionadas à temperatura do oceano, e esse impacto no clima regional e global não pode ser totalmente distinguido daqueles causados por mudanças na cobertura do solo, motivadas pelo homem na região.

Atividade da Amazônia. Esses dois efeitos se complementam, e é de se esperar que a intervenção humana e seu impacto negativo no meio ambiente tragam cada vez mais sinais visíveis das mudanças climáticas.

MARENGO (2004) estudou detalhadamente como as condições de chuva na Amazônia mudaram ao longo das décadas. Como resultado, ele encontrou comportamentos diferenciados nas tendências das chuvas nas regiões sul e norte do referido estado, e mostrou uma tendência de aumento da precipitação em toda a Amazônia, impulsionada por mudanças na circulação atmosférica que favorecem o transporte de umidade.

## **2.6 Índice Padronizado de Precipitação (SPI)**

O SPI é o índice mais comumente utilizado para o monitoramento da seca meteorológica (SVOBODA & FUCHS, 2017). Para seu cálculo, a série temporal é ajustada a uma distribuição gama, geralmente relatada como apropriada para descrever os registros de chuvas (ALAM *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2021; THOM, 1958; YUAN *et al.*, 2018).

A seca é uma catástrofe natural causada pela escassez de água, que se caracteriza por um desenvolvimento lento, uma longa duração, e uma vasta gama de impactos, com efeitos particularmente graves na agricultura, na sociedade, na economia e nos ecossistemas (WILHITE, 2005; FANG; HUANG; REN; HUANG; HUANG; CHENG; LI, 2019).

As secas são fenômenos complexos haja vista que estão conectadas à atmosfera e aos processos hidrológicos capazes de fornecer umidade para o ar. A seca meteorológica relaciona-se à variabilidade regional do ciclo global da água, o qual se associa aos padrões de circulação climática, sendo necessário estudar fenômenos globais para entender secas locais e regionais (AGHAKOUCHAK *et al.*, 2015). A ocorrência de secas relaciona-se não apenas às características dos períodos chuvosos, mas também a outras variáveis, como alta temperatura, ventos fortes, umidade relativa do ar baixa, menor quantidade de água no solo e maior taxa de evapotranspiração (MISHRA e SINGH, 2010; MARENGO *et al.*, 2013; MARENGO e BERNASCONI, 2015).

Foram desenvolvidos índices de seca para avaliar as características da seca, especialmente a intensidade e a duração (BRITO *et al.* 2018). Estes índices permitem comparar as secas entre diferentes regiões, independentemente das características climáticas locais (VICENTE-SERRANO *et al.* 2012). Com vistas no déficit de precipitação que causa impactos na umidade do solo, nas vazões dos rios, no

armazenamento dos reservatórios, no nível de água do lençol freático etc, em diferentes escalas temporais. (MCKEE *et al.*, 1993) desenvolveram o *Standardized Precipitation Index* (SPI), que segundo (MARIA, 2010) foi desenvolvido para monitorar e analisar a seca em diferentes escalas de tempo, usando apenas dados mensais de precipitação. Este índice baseia-se na padronização da precipitação, correspondendo ao desvio da precipitação da média, representando o número de desvios padrão pelos quais o valor observado se desvia da média da variável.

HAYES (1999) disse que o uso do SPI apresenta as seguintes vantagens:

1) 1) A principal razão para usar o SPI é que ele se baseia apenas na precipitação. Dessa forma, avaliações de seca podem ser realizadas mesmo na ausência de outras informações hidrometeorológicas;

2) O SPI não é afetado pela topografia, pois faz comparações pontuais;

3) O SPI é variável em escala temporal, isso permite fazer um relato circunstanciado das condições de secas importantes na meteorologia, hidrologia e em aplicações agrícolas;

4) Por ser um indicador padronizado, a frequência dos principais eventos em qualquer local e em qualquer escala de tempo é consistente;

5) O SPI pode detectar déficit de umidade mais rapidamente do que o PDSI (Palmer Drought Severity Index), que tem tempo de resposta na escala temporal em cerca de 8 a 12 meses. O PDSI é o indicador de severidade de secas mais utilizado no mundo, pois indica a ocorrência de secas quando uma área sofre uma redução significativa nas chuvas em relação às chuvas climatologicamente esperadas.

No cálculo do SPI, a probabilidade cumulativa de precipitação de um determinado local  $x$  ao longo do tempo  $t$ , e então transformando  $H(x,t)$  em uma variável aleatória normalizada  $Z(x,t)$  com média 0 e desvio padrão 1, isso corresponderá ao valor do SPI. Esta é uma transformação equiprovável definida por PANAFSKY e BRIER (1968) que transforma a variável de distribuição (gama) em uma variável com uma distribuição de forma definida (distribuição normal), tal que, um determinado valor, menor que a variável inicial é menor que a variável transformada a probabilidades dos valores correspondentes são as mesmas (DOMINGOS, 2006).

Conceitualmente, o SPI representa o valor do Z-score, que é o número de desvios padrão acima ou abaixo do evento (valor) em relação à média. No entanto, isso não é inteiramente verdade para pequenas escalas de tempo, pois tem mais aleatoriedade, uma vez que a distribuição original da precipitação é assimétrica.

TSAKIRIS e VANGELIS (2004) apresentaram um método para mensuração do índice SPI de um local e sua utilização para indicar a seca naquele local. No estudo utilizaram dados de 39 estações distribuídas na parte oriental da ilha de Creta. A análise interina do índice foi realizada por um período de três, seis e doze meses. Eles descobriram que o método proposto pode ser facilmente aplicado e pode caracterizar a área de mesoescala.

TONKAZ (2006) estudou o comportamento da seca no sudeste da Turquia usando SPI. Foram analisadas 15 estações distribuídas pela região, pertinente aos anos de 1962 a 2002. Foi obtida uma análise interina dos valores do SPI para 1, 2, 3, 6, 9 e 12 meses. Constatou-se que a região em estudo foi suscetível a diversas estiagens, os eventos de estiagem mais longos duraram 49 meses consecutivos, que se foi de 1970 e 1976. comparado a dez anos atrás. Segundo o autor, esse tipo de pesquisa é útil na gestão da água e nas atividades agrícolas.

MORAIS *et al.*, (2008) usaram SPI e redes neurais para prever a seca na bacia do rio São Francisco. Neste estudo, o desempenho de uma rede neural foi analisado em várias escalas de tempo do SPI, e eles descobriram que a escala de 12 meses era mais adequada, pois exibia menos variabilidade, visto que leva em consideração a maior quantidade acumulada de chuva e, por consequência, é mais fácil de prever.

GUEDES *et al.*, (2012) aplicaram o método SPI para diagnóstico de seca no estado do Piauí. Categorias severas de seca foram identificadas para várias cidades, e sua duração mostrou depender do tamanho do SPI considerado. Os volumes de seca nas escalas de 3 e 6 meses foram maiores do que os das escalas de 12 e 24 meses, mas a espacialização permaneceu em quase todas as regiões.

GOCIC e TRAJKOVIC (2014) aplicaram o método SPI-12 para contabilizar os anos mais secos na Sérvia e empregaram análise de componentes principais para capturar padrões de seca. Eles também observaram que, além de destacar os anos mais secos ou mais úmidos, foram determinados o percentual de ocorrência de seca e dois padrões comportamentais para diferentes grupos na região.

Os eventos de seca consistem em períodos sucessivos em que a disponibilidade hídrica é inferior às condições normais em cada componente do ciclo hidrológico. Portanto, é importante entender que a seca é uma condição relativa e não absoluta dentro de um sistema hidrológico (VAN LOON, 2015). Segundo VAN LOON e VAN LANEN (2013), a seca é um fenômeno causado por processos naturais de propriedades climáticas e hidrológicas.

As secas podem ocorrer em qualquer clima, tanto em locais com alta quanto em baixa pluviosidade, tornando cerca de metade da superfície terrestre vulnerável ao evento (MISHRA e SINGH, 2010). Não devem ser confundidos com a seca, que é uma característica permanente do clima de uma região e constitui um distúrbio temporário (MISHRA e SINGH, 2010).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

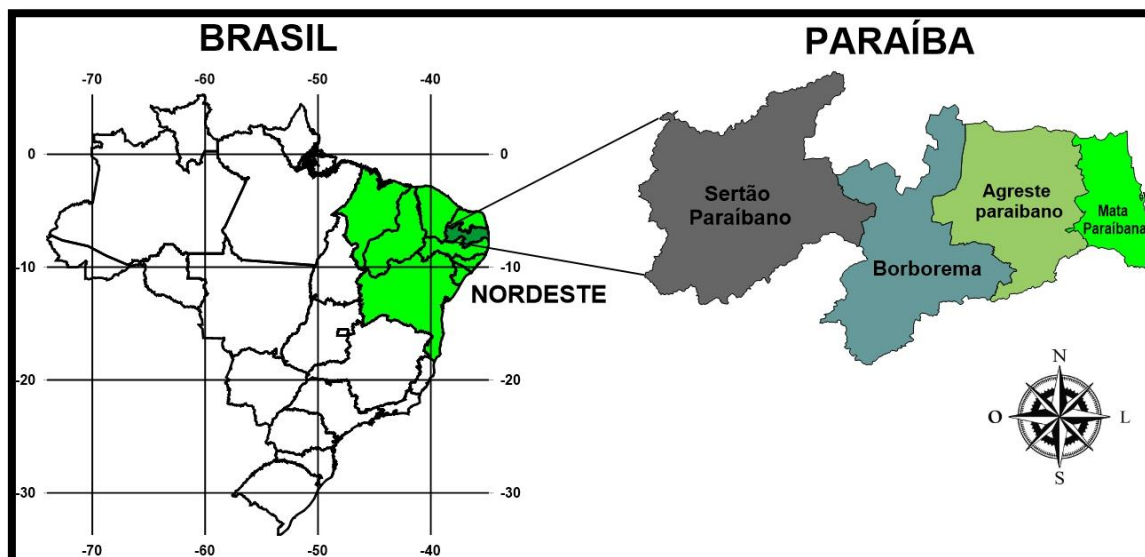
#### **3.1 Área de Estudo e Dados**

A região Nordeste do Brasil está localizada entre os paralelos de 1° S e 19° S e os meridianos de 34° W e 49° W, com área de 1.644.039 Km<sup>2</sup>, correspondendo a um quinto do território nacional, com características climáticas predominantemente semiáridas.

O estado da Paraíba está inserido na região Nordeste do Brasil, localizado nos paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, o estado da Paraíba faz fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Oceano Atlântico, como pode ser visto na Figura 1. A Ponta do Seixas, na Paraíba, é o local mais a leste da América do Sul. É o estado mais central do Nordeste, apresentando distâncias que variam de 100 quilômetros até, aproximadamente, 800 quilômetros dos maiores agrupamentos populacionais.

Sua extensão territorial é de 56.467.242 km<sup>2</sup>, possui 223 municípios distribuídos pelas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Totaliza 4.059.905 habitantes (2021), sendo o 5° estado mais populoso do Nordeste brasileiro. O crescimento demográfico é de 0,9% ao ano; a densidade demográfica é de aproximadamente 66,7 hab/km<sup>2</sup>, conforme dados do (IBGE, 2010).

Apesar de muita diversa, a vegetação da Paraíba é composta por mangues no Litoral, pequena faixa de Floresta Tropical e Caatinga na maior parte do território. O clima do estado da Paraíba é Tropical Úmido no litoral, com chuvas abundantes. À medida que adentra o Estado em direção ao interior, o clima predominante é o Semiárido, sujeito a estiagens prolongadas e precipitação pluvial abaixo de 800 mm/ano.

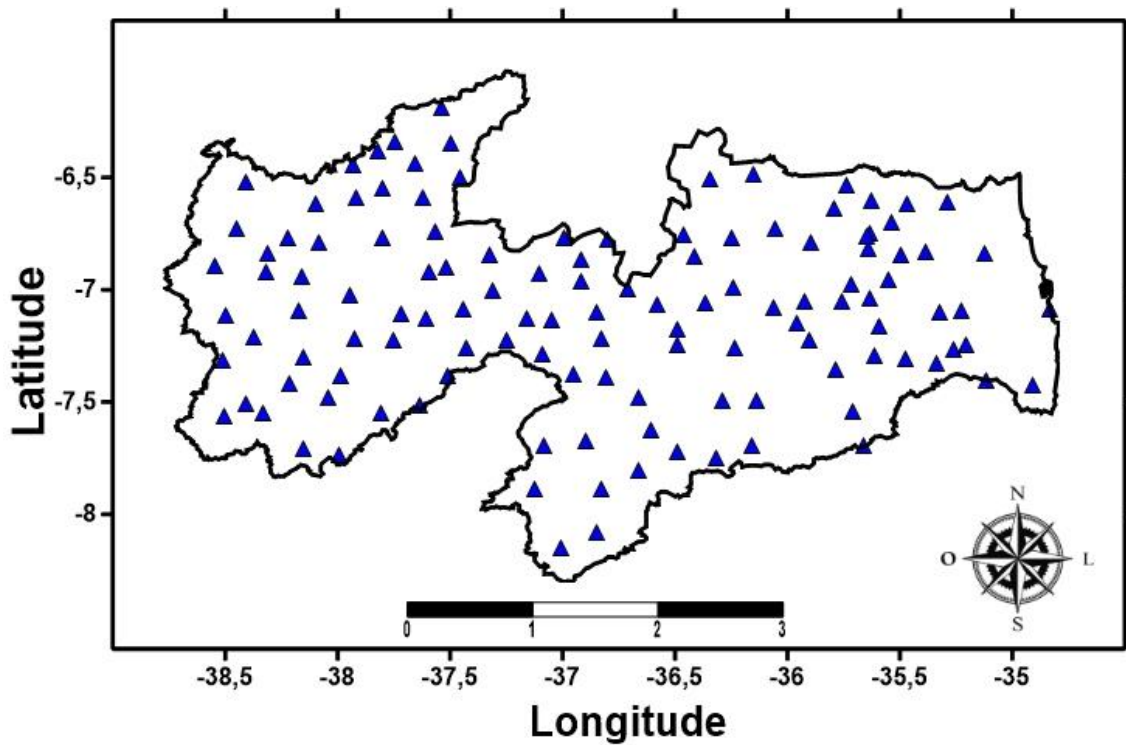


**Figura 1.** Localização da área de estudo com as mesorregiões do estado da Paraíba.

Este estudo da precipitação pluvial do estado da Paraíba foi realizado com base no banco de dados fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs) em forma de totais mensais. Os dados foram coletados de 123 postos pluviométricos localizados em vários municípios do estado da Paraíba no período de 1994 a 2020, como mostrado na Tabela A1 do Anexo A.

Para a realização deste trabalho foi feito o levantamento dos dados de precipitação da região no banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. Na Figura 2 observa-se a distribuição espacial dos postos pluviométricos distribuídos nos municípios paraibanos, utilizou-se para fazer essa espacialização o *software* Surfer 13.0.





**Figura 2.** Distribuição espacial dos 123 postos pluviométricos monitorados pela AESA.

Com o objetivo de resumir as informações dos dados e descrevê-los em termos numéricos, foi realizada a análise descritiva dos totais precipitados médios mensais e anual. Calcularam-se medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). As medidas de dispersão avaliam a homogeneidade dos dados e a dispersão dos mesmos em relação à média. O coeficiente de variação foi calculado usando a equação (1):

$$C_v = \frac{\delta}{\bar{X}} \times 100\% \quad (1)$$

Em que:

$\delta$  → Desvio Padrão;

$\bar{X}$  → Média;

$C_v$  → Coeficiente de variação.

Além das medidas de tendência central e de dispersão, foram calculados os coeficientes de curtose ( $C_k$ ) com o objetivo de mensurar o tipo e grau de assimetria dos dados. O  $C_k$ , que mede o grau de achatamento da amostra, foi calculado usando a equação (2):

$$C_k = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (2)$$

Em que:

$n \rightarrow$  Tamanho da Amostra;

$X_i \rightarrow$  Valores Observados;

$\bar{X} \rightarrow$  Média Aritmética dos Valores Observados;

$\delta \rightarrow$  Desvio Padrão da Amostra;

$C_k \rightarrow$  Coeficiente de Curtose.

Para indicar o grau de distorção da distribuição em relação a uma distribuição simétrica (distribuição normal), em que os dados mais frequentes se concentram mais ao centro em relação aos extremos, foi calculado também o coeficiente de assimetria ( $C_s$ ), de acordo com a Equação 3.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \right)^3 \quad (3)$$

$n \rightarrow$  Tamanho da Amostra;

$X_i \rightarrow$  Valores Observados;

$\bar{X} \rightarrow$  Média Aritmética dos Valores Observados;

$\delta \rightarrow$  Desvio Padrão da Amostra.

$C_s \rightarrow$  Coeficiente de Assimetria

Para a representação espacial dos valores obtidos da precipitação pluvial através da estatística descritiva são representados mediante a interpolação dos dados, elaboradas a partir do aplicativo Surfer, versão 13, o qual usa os valores de longitude e latitude e os resultados obtidos, como o coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e o coeficiente de variação de cada posto pluviométrico da área de estudo.

O Surfer utiliza o método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais irá gerar valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi feita através do método de kriging, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação (BALDO *et al.*, 2012).

O Índice Oceânico Niño(a)-ION é um índice que identifica as anomalias da superfície do oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses (Tabela 1). Quando o ION for maior que +0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño, e quando o índice for menor do que -0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como La Niña. Os dados de intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña (Tabela 2 do Anexo A) foram obtidos do

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA - National Weather Service), em que os valores em Vermelho correspondem ao El Niño (positivo) e os valores em azul corresponde ao La Niña (negativo).

**Tabela 1.** Classificação da intensidade do Índice Oceânico Niño (a).

Evento	Índice Oceânico Niño(a)	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,14	Moderada
	$\geq 1,5$	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,14	Moderada
	$\leq -1,5$	Forte

### 3.2. Índice SPI

O cálculo do SPI consiste inicialmente em ajustar a função densidade de probabilidade gama, a uma dada distribuição de frequência do total de precipitação para uma estação. A distribuição gama é dada por:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (4)$$

Em que:

$\alpha > 0 \rightarrow$  parâmetro de forma

$\beta > 0 \rightarrow$  parâmetro de escala

$x > 0 \rightarrow$  quantidade de precipitação

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \rightarrow \text{Função Gama} \quad (5)$$

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função densidade de probabilidade gama, são estimados para cada estação para as escalas de tempo que interessam estudar e para cada mês do ano.

Utilizam-se as soluções de máxima verossimilhança para estimar  $\alpha$  e  $\beta$ :

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (6)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N} \sum_i^N \ln(x) \quad (7)$$

Em que:

$N \rightarrow$  é o número de observações da precipitação;

$\bar{x}$  → representa o valor médio dos dados de chuva;

$x$  → são as precipitações observadas.

Os parâmetros resultantes são utilizados para determinar a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado para um determinado mês e para a escala de tempo desejada para uma certa estação.

A probabilidade cumulativa é dada por:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\beta} \quad (8)$$

Fazendo  $t = \frac{x}{\beta}$  a equação (8) transforma-se na função gama incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} \quad (9)$$

Visto que a função gama  $\Gamma(\hat{\alpha})$  não está definida para  $x = 0$ , e as séries pluviométricas podem conter zeros, a distribuição da probabilidade cumulativa toma o seguinte aspecto:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (10)$$

Em que:

$H(x)$  → é a distribuição de probabilidade cumulativa;

$q$  → é a probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros), representada por:  $q = \frac{m}{n}$  ;

$m$  → é o número de zeros;

$n$  → o número total de dados;

$G(x)$  → é a distribuição cumulativa teórica.

A relação entre as distribuições de probabilidade Gama e Normal é dada por:

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (11)$$

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (12)$$

Sendo:

$$c_0 = 2,515; c_1 = 0,803; c_2 = 0,010; d_1 = 1,433; d_2 = 0,189; d_3 = 0,001;$$

$$\text{Em que } t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)}, \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (13)$$

e

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)}, \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (14)$$

O cálculo do SPI inicia com o ajuste da função densidade de probabilidade Gama às séries de totais mensais precipitados. Em seguida a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal é estimada. A função normal inversa a Gaussiana é aplicada a essa probabilidade resultando no valor SPI.

Segundo MCKEE (1993), o evento seca inicia quando o SPI se torna negativo e atinge o valor -1 e termina quando o mesmo volta a apresentar valores positivos. Dentro dessa escala os valores menores ou iguais a -2 indicam seca extrema e os maiores ou iguais a +2 indicam umidade extrema, (Tabela 2).

**Tabela 2** - Classificação dos períodos secos e chuvosos de acordo com o SPI.

CLASSIFICAÇÃO DO SPI	
$\geq 2,00$	Chuva extrema
1,99 a 1,50	Chuva severa
1,49 a 1,00	Chuva moderada
0,99 a 0,50	Chuva fraca
0,49 a -0,49	Normal
-0,50 a -0,99	Seca fraca
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
$\leq -2,00$	Seca extrema

Fonte: MCKEE (1993)

O cálculo do SPI foi efetuado com base na função SPI no pacote SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*) do RStudio. O RStudio é um *software* livre de ambiente de desenvolvimento integrado para R, uma linguagem de programação para gráficos e cálculos estatísticos, cuja interface e o script utilizado estão mostrados na Figura 3.

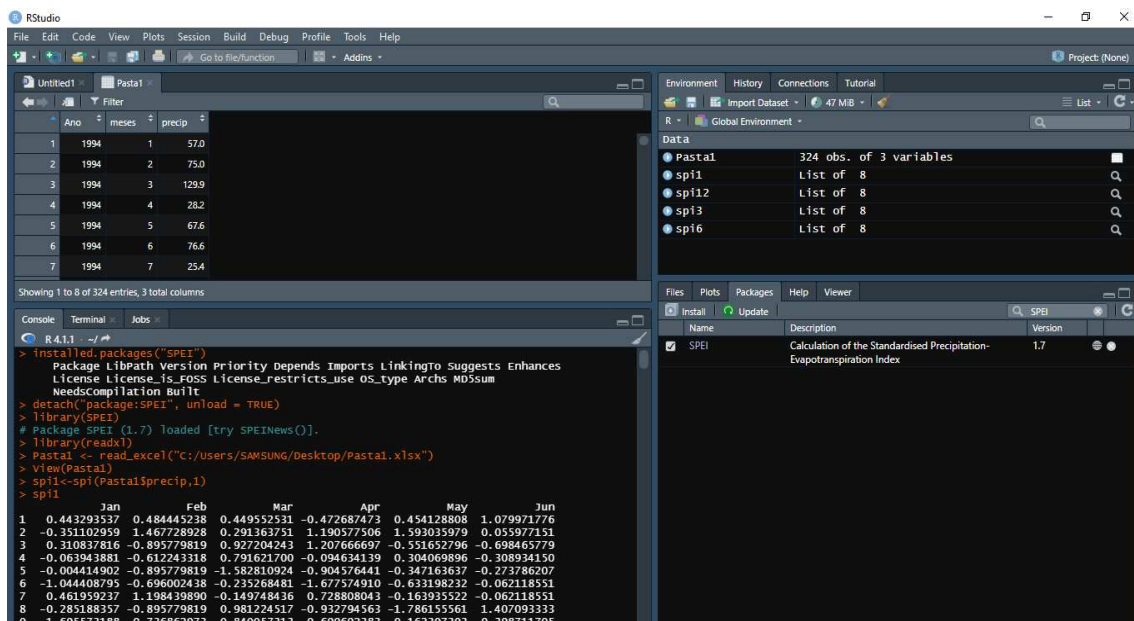


Figura 3. Programa utilizado para o cálculo do SPI.

### 3.2.1 Análise do Índice SPI

O SPI foi desenvolvido de modo a ser um indicador de seca que reconhece a importância das escalas de tempo. Assim o SPI é calculado considerando séries e períodos médios, selecionados de modo a se determinar séries de escalas de tempo de  $x$  meses,  $x = 1, 3, 6$  e  $12$  meses.

#### Análise do SPI de 1 mês

O SPI de um mês é similar à representação da percentagem da normal precipitada para um mês. Deste modo, reflete condições de curto prazo e deve ser realizado com base na climatologia do local. Em consequência disso, nas regiões onde a ocorrência de chuva é, em média, baixa durante um mês, podem ocorrer grandes valores positivos ou negativos de SPI, apesar do desvio em relação à média ser pequeno. Assim, ainda que o SPI esteja normalizado para que se possa obter a comparação entre diferentes regiões, deverá levar em consideração a climatologia local da área em estudo, que permite a interpretação do significado do valor do índice.

#### Análise do SPI de 3 meses

O SPI de 3 meses fornece comparação da precipitação ao longo de um período de três meses, para todos os anos da série temporal. Assim, o SPI-3 para o fim de março compara a precipitação total de janeiro, fevereiro e março de um respectivo ano com totais precipitados de janeiro a março de todos os anos da série. O SPI-3 representa as condições de umidade no solo e fornece a estimativa da precipitação sazonal. É importante comparar

o SPI-3 com escalas de tempo mais longas, pois um período de três meses normal pode ocorrer no meio de um período longo de seca, sendo só visível em escalas de tempo maiores.

#### **Análise do SPI de 6 meses**

O SPI de 6 meses compara a precipitação para esse período com o mesmo período dos anos da série histórica em análise. Por exemplo, um SPI-6 no final de outubro compara o total de precipitação para o período de maio a outubro com todos os totais anteriores com mesmo período.

#### **Análise do SPI de 12 meses**

O SPI de 12 meses reflete padrões de precipitação de longo prazo. O SPI-12 efetua a comparação da precipitação de doze meses consecutivos com os mesmos doze meses dos anos anteriores da série histórica. Como essa escala de tempo é o resultado cumulativo de períodos mais curtos que podem estar acima ou abaixo do normal, o SPI mais longo vai tender para zero, exceto quando uma tendência específica está ocorrendo (período seco ou chuvoso prolongado).

O SPI-12 está diretamente ligado à falta de água, que corresponde à escalas de tempo longas. Valores negativos podem estar associados a valores positivos em períodos inferiores a doze meses, o que pode num determinado momento mascarar os efeitos acumulados de um período longo com tendência para quantidades de precipitação reduzidas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

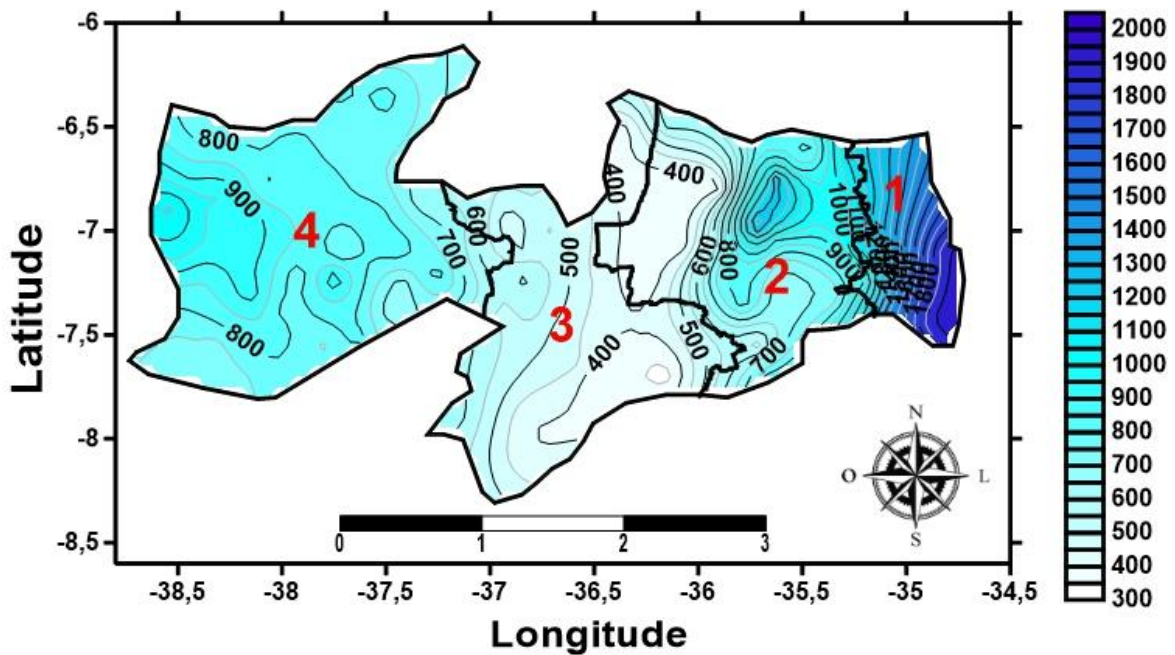
É importante nesse estudo verificar a relação dos sistemas meteorológicos que produzem chuva no estado da Paraíba, e assim detectar possíveis influências dos mesmos, e para isso foi destacado as quatro mesorregiões do estado da Paraíba (Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão) e suas características.

Na Figura 4 observa-se a interpolação das médias dos acumulados anuais destacando as 4 mesorregiões que leva em consideração as alturas irregulares de pluviosidade e umidade do clima no Estado:

- Região da Zona da Mata ou Litoral - Faixa de clima úmido que acompanha o litoral do estado. Todas as demais mesorregiões são semiáridas;
- Região do Agreste - Área de transição entre a Zona da Mata e a tradicional região do Sertão. Apresenta índice pluviométrico maior do que a Borborema e o Sertão;
- Região da Borborema - Região que está localizada no planalto da Borborema, entre o Sertão e o Agreste. É a região com chuvas são mais escassas;
- Região do Sertão - apresenta clima menos seco do que a região da Borborema.

A variabilidade espacial das chuvas, no período estudado, oscila entre 300 mm na mesorregião da Borborema e 2000 mm no Litoral. Nota-se que a região centro-leste do Estado é a mais seca. De modo geral o Litoral é a região mais úmida. Pode ser notada, também, uma área bastante úmida no Alto Sertão. Há redução das chuvas à medida que o efeito da continentalidade atua (do Litoral até a linha que divide o Sertão do Cariri). Verifica-se que os valores de precipitação do Litoral estão entre 1200 a 1800 mm. Algumas localidades na parte sul esse índice pode ficar próximo de 2000 mm. Houve um comportamento bem variado da precipitação na mesorregião do Agreste, indicando valores entre 400 a 1100 mm, decrescendo na Borborema para valores próximos de 300 mm. A mesorregião do Sertão apresentou uma distribuição bem mais homogênea, tendo precipitação superior até a uma parte do Agreste, entre 700 e 900 mm, com parte do oeste apresentando valores próximos de 1000 mm. NASCIMENTO *et al.* (2019) afirmam que essa precipitação ocorre em maior intensidade no Litoral e Agreste por conta do oceano Atlântico. Já o Sertão recebe uma boa quantidade de chuvas devido à ZCIT. Por outro lado, no Cariri e Curimataú as precipitações são menores devido o Planalto da Borborema, que serve de obstáculo e dificulta a passagem da umidade oriunda o Oceano Atlântico.



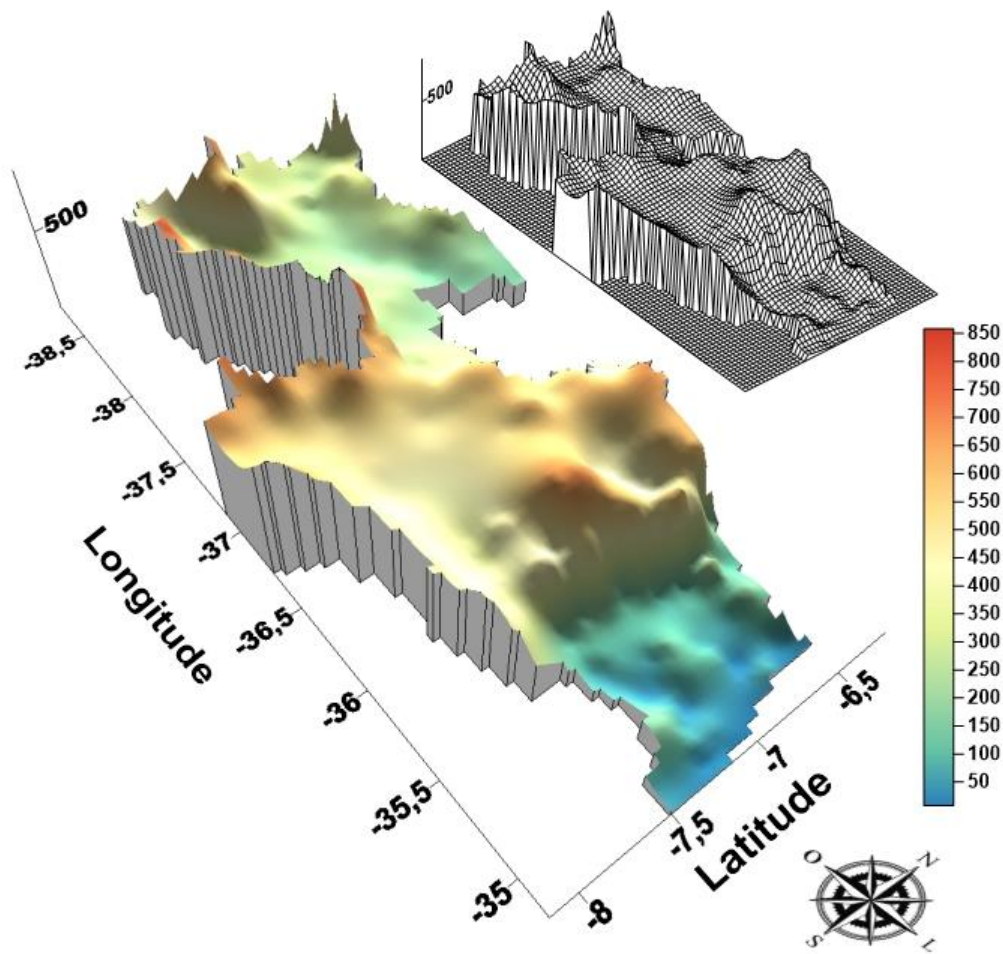


**Figura 4.** Interpolação média dos totais anuais precipitados nos postos pluviométricos, estudados nas mesorregiões do estado da Paraíba de 1994 até 2020.

A altitude é um fator climático de fundamental importância para compreendermos os fenômenos climáticos. O relevo está diretamente relacionado ao comportamento da chuva em todo o estado.

A elevação afeta o clima, principalmente através da pressão atmosférica. Sabe-se que a pressão do ar é o que faz com que a temperatura suba. Portanto, quanto maior a temperatura, menor a pressão e vice-versa. Isso porque, em baixas temperaturas, o ar fica mais denso e comprimido, elevando a pressão atmosférica em uma área.

Na Paraíba o relevo é caracterizado por planícies, planaltos e depressões em formas tabulares e planas. Pode-se perceber na Figura 5 que a maioria do território paraibano encontra-se abaixo de 600 metros de altitude, com as maiores elevações na região central do estado, ao longo do Planalto da Borborema. No Litoral predominam as falésias, com altitudes não maiores que 60 m, que contém diversas áreas de proteção integral e uso sustentável com remanescentes de Mata Atlântica. No Sertão, que compõe a parte oeste do Estado, verificam-se elevações variando principalmente entre as cotas de 100 e 400 metros.



**Figura 5.** Mapa das altitudes do estado da Paraíba. Fonte: AESA.

Na verificação do comportamento da precipitação sazonal de 1994 a 2020, foram primeiramente obtidos os valores médios mensais da precipitação para os 123 postos pluviométricos e feito a espacialização. Os resultados estão dispostos na Figura 6. Desse modo, verifica-se que a distribuição das chuvas mensais se concentram nas estações de verão e outono, além da contribuição da orografia, observa-se um acréscimo na pluviosidade no sentido de oeste para leste em todo ano.

Pode-se observar também que de janeiro a meados de abril as chuvas se concentraram no Sertão do estado, visto que é no mês de março que ocorrem às pluviometrias mais elevadas. Também se pode verificar que no mês de dezembro começam as primeiras chuvas na mesorregião do Sertão, conhecida como pré-estação chuvosa. As chuvas nessa região estão associadas aos efeitos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e aos efeitos orográficos locais.

Percebe-se que o período chuvoso desloca temporalmente de oeste para leste, assim, a mesorregião da Borborema têm sua quadra chuvosa iniciando em fevereiro até maio, sendo abril o mês que ocorrem os maiores índices pluviométricos. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) também é o principal sistema meteorológico responsável pela pluviosidade na região.

Na mesorregião do Agreste, o período das chuvas começa em março e estende-se até junho que é o mês de maior precipitação. No Agreste os sistemas ondulatórios de leste também são importantes na produção de chuvas dessa mesorregião, mas a ZCIT também tem sua contribuição.

A mesorregião da Zona da Mata é o setor onde ocorrem os maiores índices pluviométricos de todo o Estado. O período chuvoso inicia-se em abril e vai até julho tendo junho como o mês que apresenta os mais elevados índices de precipitação. Observa-se ainda que durante todos os meses do ano os totais pluviométricos mais elevados ocorrem no litoral sul da Paraíba. Comumente, os sistemas precipitantes nessa mesorregião são as Ondas de Leste (são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos Ventos Alísios, e se deslocam de Oeste para Leste, ou seja, desde a costa da África até o Litoral leste do Brasil).

Ainda de acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações na Figura 6 observa-se a alta variabilidade da precipitação. No mês de janeiro nota-se chuvas mais expressivas e de formas isoladas no Sertão. No mês de fevereiro esta distribuição torna-se mais homogênea. Os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo estado, e de maio a agosto os maiores totais se concentram na faixa leste, principalmente no sul do Litoral. Setembro é considerado o mês mais seco e no restante do ano as chuvas ocorrem de forma isolada.

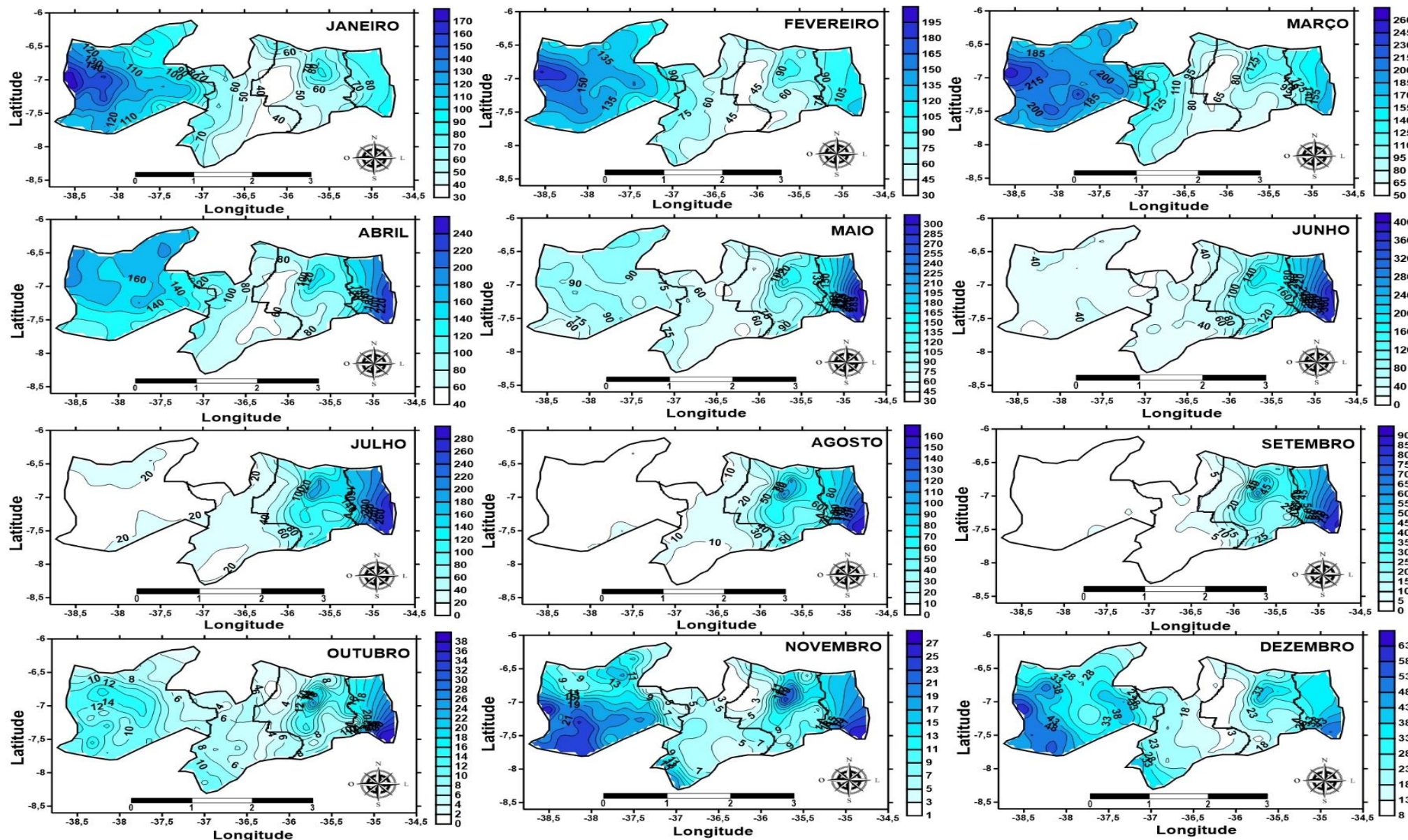
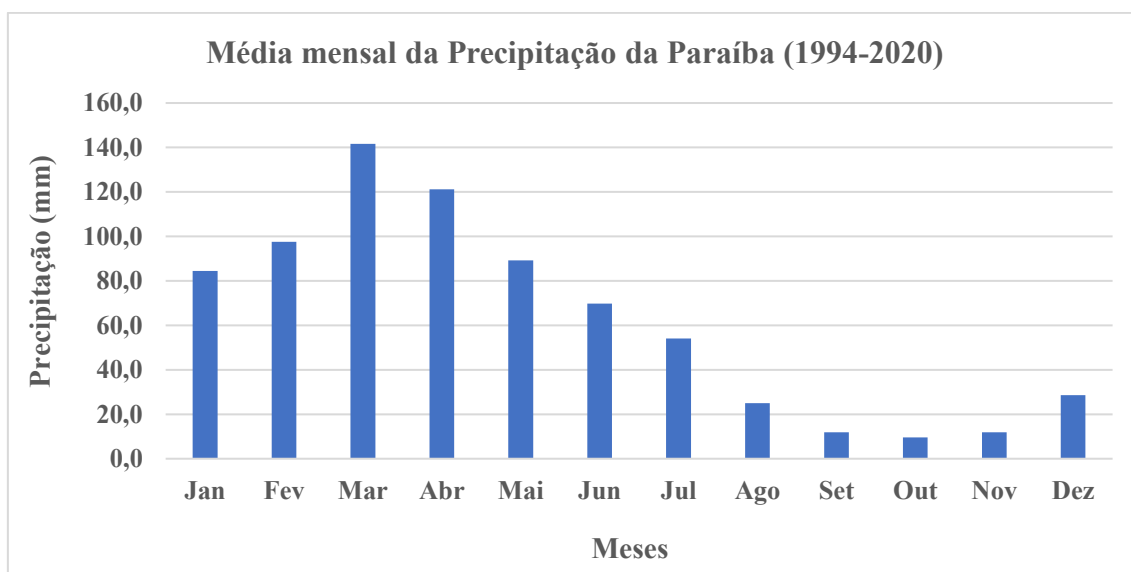


Figura 6. Distribuição espacial da precipitação média mensal de 1994 a 2020.

Na Figura 7 e a Tabela 3 é possível observar que as maiores precipitações se dão de janeiro a maio, com valores variando de 84,5 mm a 141,6 mm. As menores precipitações ocorrem entre junho e dezembro, com valores variando de 9,9 mm a 69,8 mm. Na Tabela 3 também se verificam os resultados da análise descritiva das médias mensais da precipitação. De acordo com os resultados, todos os meses apresentaram assimetria positiva dos dados ( $C_s > 0$ ). Os coeficientes de variação acima de 25% implicam que há alta dispersão entre os valores, indicando grande variabilidade da precipitação. Todos os valores médios de precipitação se mostraram maiores que as medianas, determinando a tendência de agrupamento dos dados a direita, em relação a curva de distribuição Normal, confirmando a assimetria positiva dos dados analisados. Com relação à curtose, os valores médios mensais de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro apresentaram coeficientes de curtose ( $C_k < 0$ ), indicando que nesses meses a distribuição dos dados é do tipo leptocúrtica, ou seja, significa que é mais fácil obter valores que se aproximam da média, e nos demais meses a distribuição é do tipo platicúrtica.



**Figura 7.** Precipitação média mensal do estado da Paraíba 1994-2020.

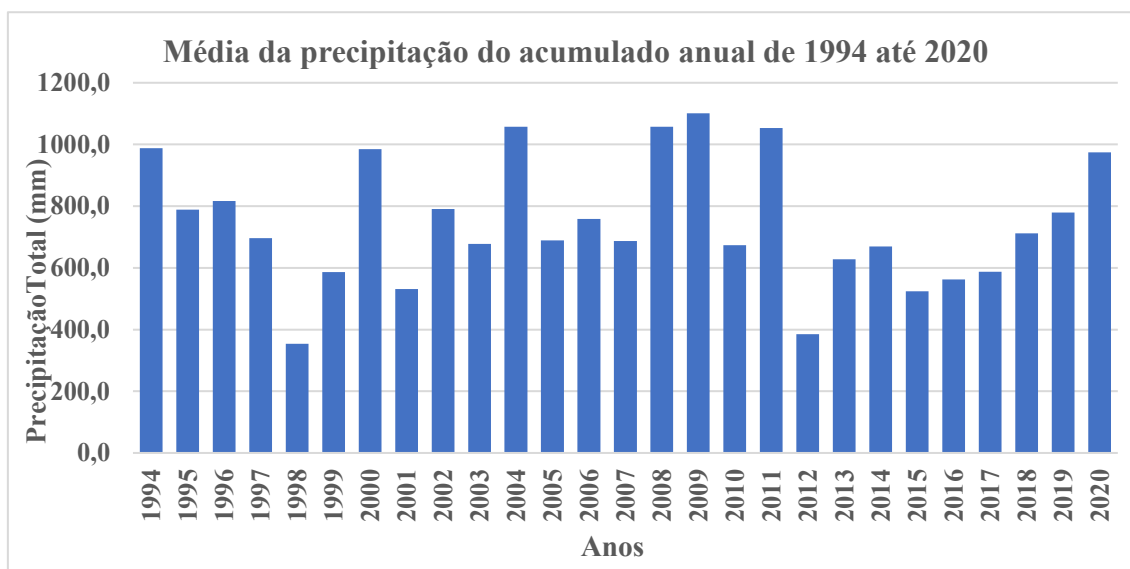
**Tabela 3.** Estatística descritiva das médias mensais pluviométricas no período de 1994 a 2020 no Estado da Paraíba.

Meses	Anos	n	Média	Mediana	D.P	$C_s$	$C_k$	$C_v$ (%)
Janeiro	27	123	84,5	82,3	34,0	0,5	-0,5	40,3
Fevereiro	27	123	97,6	91,4	38,5	0,3	-0,8	39,4
Março	27	123	141,6	141,2	51,0	0,1	-1,1	36,0
Abril	27	123	121,2	119,6	40,6	0,2	-0,6	33,5
Mai	27	123	89,3	84,3	39,0	2,6	10,9	43,7
Junho	27	123	69,8	38,6	68,0	2,1	4,9	97,3
Julho	27	123	54,1	23,9	59,6	1,6	2,1	110,1
Agosto	27	123	24,9	8,6	31,5	1,8	3,0	126,4
Setembro	27	123	11,9	3,3	17,1	1,9	3,6	143,4
Outubro	27	123	9,6	8,3	5,6	1,7	5,0	58,9
Novembro	27	123	11,9	10,6	6,7	0,4	-0,9	56,4
Dezembro	27	123	28,6	27,0	12,1	0,5	-0,3	42,2

n: postos pluviométricos; D.P: desvio padrão;  $C_s$ : coeficiente de assimetria;  $C_k$ : coeficiente de curtose;  $C_v$ : coeficiente de variação

A Figura 8 apresenta os totais anuais precipitados médios no período estudado. Nota-se que na variabilidade temporal dos totais acumulados da série se destacam os dois anos mais secos: 1998 e 2012; e os sete anos mais úmidos: 1994, 2000, 2004, 2008, 2009, 2011 e 2020. Dessa série, 1998 foi o ano mais seco, enquanto que, 2009, foi o mais chuvoso, com totais médios anuais de 353,5 mm/ano e 1100,6 mm/ano, respectivamente. Parte da causa da seca de 1998 deve-se, em parte, a atuação do El Niño (Tabela A2 do Anexo A).

Em 1998, o ano mais seco do período estudado, o El Niño atuou de dezembro a junho, janela temporal para as chuvas no Estado. Em 2012, outro ano seco, o fenômeno La Niña atuou de dezembro a abril, mas no restante do ano foi neutro. A neutralidade do fenômeno resultou em mais um ano seco, embora o La Niña tenha atuado nos quatro primeiros meses do ano (Tabela A2 do Anexo A).



**Figura 8.** Totais anuais precipitados médios no período estudado.

Em 1994 ocorreu neutralidade e El Niño, mas o ano foi tão chuvoso quanto o ano de 2000. Em 2000 o La Niña atuou durante todo o ano. Em 2004, a neutralidade atuou até a metade do ano e no restante do ano foi dominada pelo El Niño, porém o ano foi tão chuvoso quanto o ano de 2009, valores mais expressivos no período estudado. Em 2008 o La Niña atuou de outubro a julho e em 2009 o La Niña atuou nos três primeiros meses, no restante do ano ocorreram neutralidade e El Niño. Em 2011 o La Niña atuou durante todo o ano, sendo um ano chuvoso. Já em 2020 teve neutralidade durante boa parte do ano, diferenciando-se no início do ano com 3 meses de La Niña e os últimos 3 meses do ano, El Niño, sendo um ano chuvoso, quando comparado aos demais anos. (análise usando a Tabela A2 do Anexo A).

Pode-se observar na Figura 9, que os valores do coeficiente de assimetria variam bastante, mas na Zona da Mata os dados são simétricos, pois seus valores de assimetria se aproximam de zero. Em quase todos os meses da série histórica a assimetria foi positiva, informando que, em geral, a média é maior que a mediana em todas as mesorregiões do Estado, menos em fevereiro e abril que apresentaram valores negativos.

Na Figura 10, nota-se que os picos dos valores do coeficiente de curtose estão concentrados na parte central do Estado que vão de janeiro a maio. Observou-se também que a partir de junho os valores mais altos passam a ser encontrados na parte oeste do Estado, onde se encontra o Sertão paraibano.

O Coeficiente de variação é uma medida que serve para avaliar a homogeneidade de séries históricas. A amostra é considerada mais homogênea quando apresentar menor valor do coeficiente de variação. A Figura 11 mostra que os picos de variação estão nas

regiões do Agreste e da Borborema que vai de janeiro a abril. O Sertão se configura entre as mesorregiões com maior variação no restante do ano. Na Zona da Mata se apresenta homogênea praticamente todo o ano e mostra baixa variação de janeiro a março.



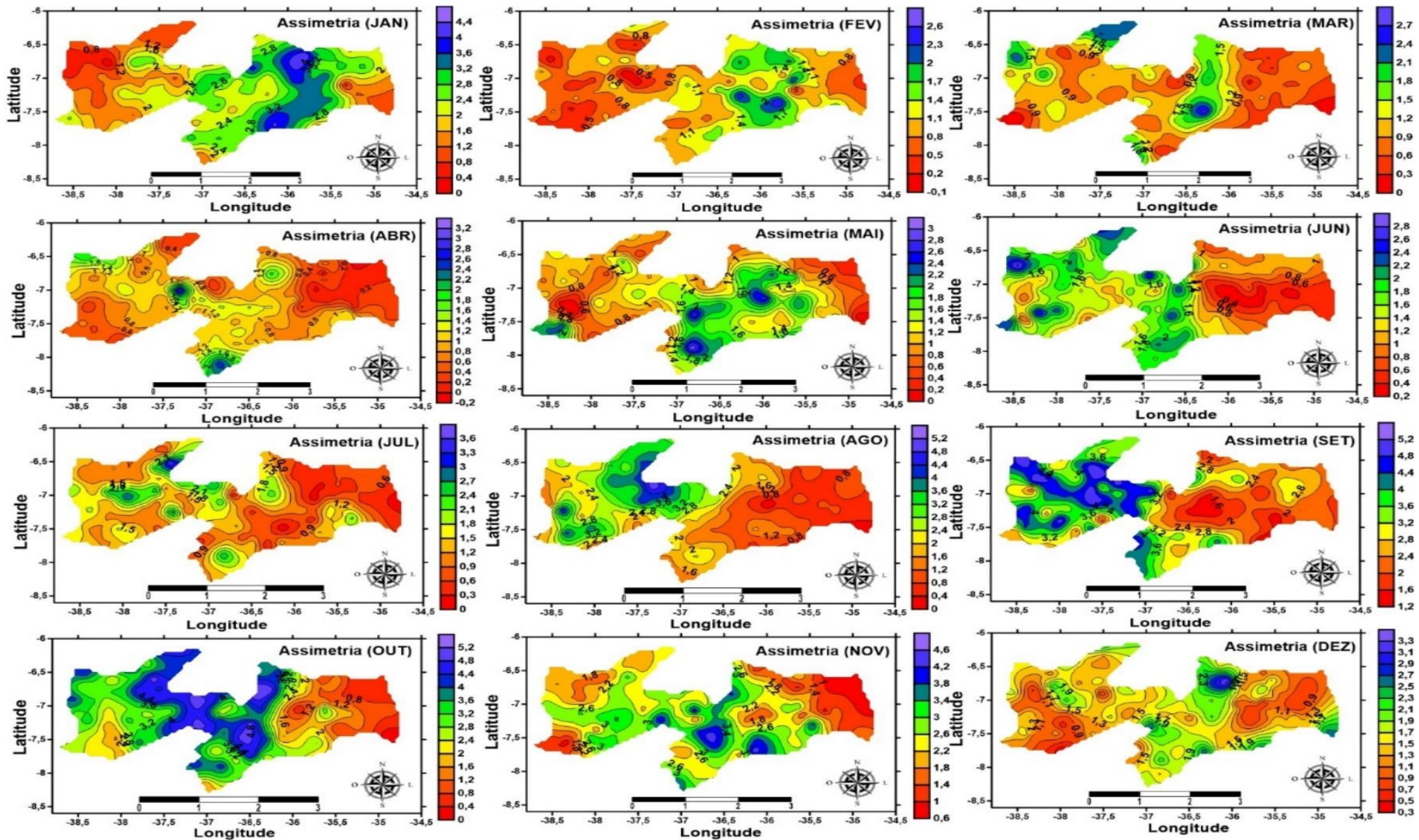


Figura 9: Interpolação do coeficiente de assimetria mensal de 1994-2020.

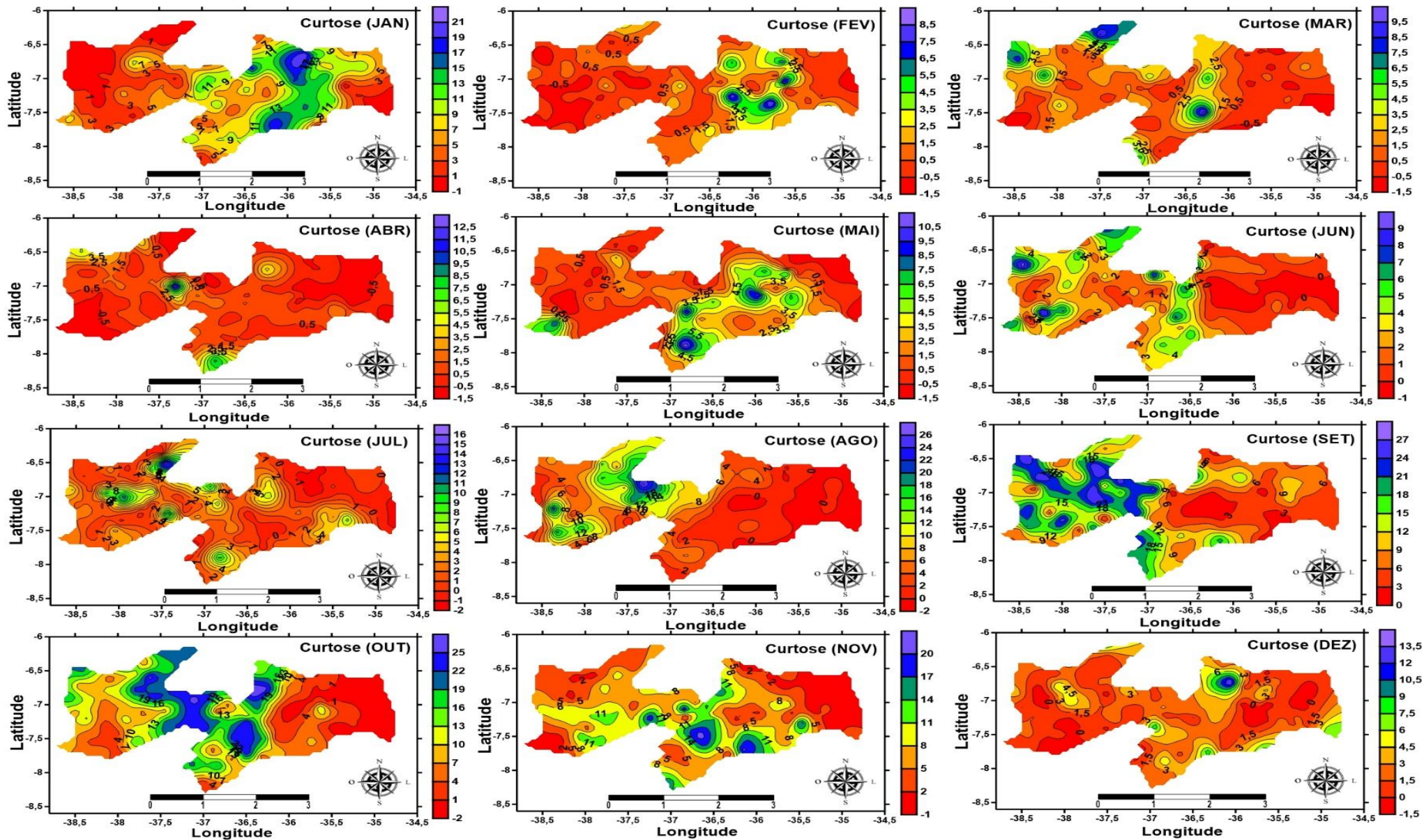


Figura 10. Interpolação do coeficiente de curtose mensal de 1994 a 2020.

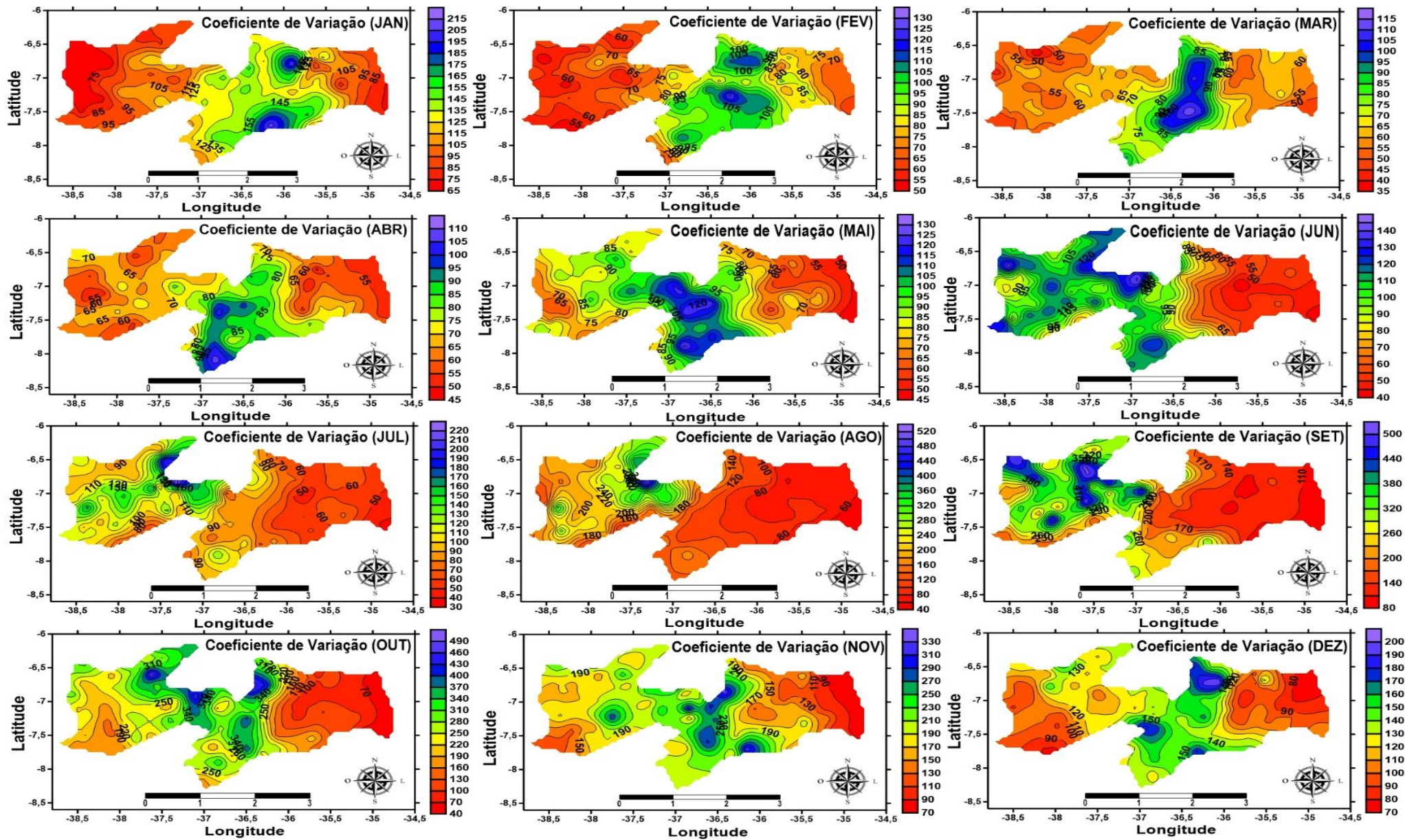
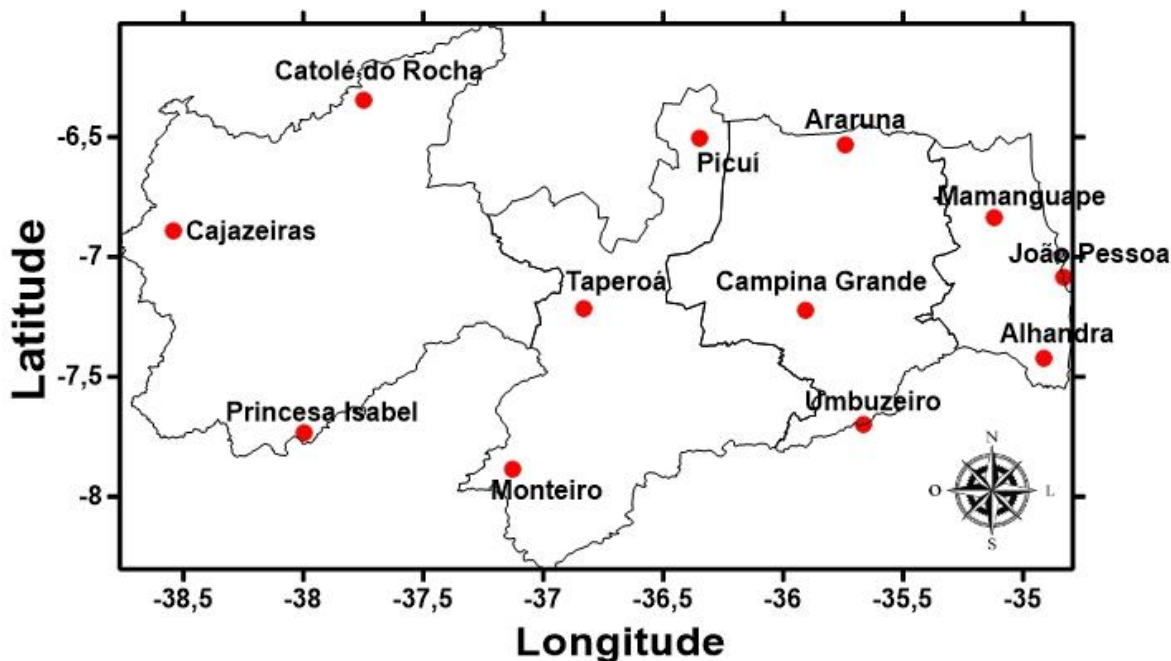


Figura 11. Interpolação do coeficiente de variação mensal 1994 a 2020.

Os cálculos do SPI foram realizados para as 123 estações como exposto no Anexo C, no entanto, neste estudo foram analisados apenas doze postos pluviométricos, Zona da Mata (João Pessoa, Alhandra e Mamanguape), Agreste (Araruna, Campina Grande e Umbuzeiro), Borborema (Picuí, Taperoá e Monteiro), Sertão (Catolé do Rocha, Cajazeiras e Princesa Isabel), no período de 1994 a 2020 (Figura 12). Aqui foram utilizados apenas às séries temporais de SPI-1, SPI-3, SPI-6 e SPI-12.



**Figura 12.** Distribuição dos postos pluviométricos utilizados para análises das evoluções temporais dos SPIs.

Foram então realizadas as análises do SPI para o estado da Paraíba com base na série de 27 anos de dados para as 12 cidades/postos. Os dados pluviométricos coletados destas cidades, estão destacados na Figura 12. Deste modo foram analisados os SPIs 1, 3, 6 e 12 meses, cujos números de ocorrência são apresentados nas Tabelas 4 (períodos secos) e Tabela 5 (chuvas).

Com base nos dados apresentados pode ser observado que de todos os eventos de diferentes categorias (normal, fraca, moderada, severa e extrema), nos períodos seco e chuvoso, o maior número de eventos de seca se encontra no SPI-12 em Campina Grande-PB, tendo um total de 237 eventos, e o menor número de eventos se encontra no SPI-12 de João Pessoa-PB e Catolé do Rocha-PB, que tiveram 192 ocorrências em cada município. No período chuvoso, Tabela 5, o maior número de eventos foi encontrado no SPI-1 em Picuí, tendo um total de 266 eventos, e o menor número de eventos se encontra no SPI-12, em Mamanguape, com um total de 209 eventos.

**Tabela 4.** Análise dos SPIs no período seco.

Números de eventos de Secas						
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
Alhandra-PB	SPI-1	126	39	30	14	9
	SPI-3	131	41	25	16	9
	SPI-6	123	46	21	25	3
	SPI-12	118	48	30	11	7
João Pessoa-PB	SPI-1	116	53	25	15	11
	SPI-3	116	34	38	16	8
	SPI-6	109	39	32	20	7
	SPI-12	94	41	33	13	11
Mamanguape-PB	SPI-1	114	49	30	15	8
	SPI-3	136	44	32	14	5
	SPI-6	129	48	28	19	1
	SPI-12	112	63	23	13	5
Araruna-PB	SPI-1	129	49	27	10	6
	SPI-3	120	54	31	9	5
	SPI-6	125	49	28	15	6
	SPI-12	131	41	34	13	4
Campina Grande-PB	SPI-1	127	42	26	17	5
	SPI-3	129	46	28	11	9
	SPI-6	143	47	25	11	8
	SPI-12	155	42	18	13	9
Umbuzeiro-PB	SPI-1	135	52	20	11	4
	SPI-3	121	54	24	15	7
	SPI-6	119	49	35	14	3
	SPI-12	118	42	37	17	1
Picuí-PB	SPI-1	169	36	11	11	0
	SPI-3	120	54	15	14	11
	SPI-6	117	39	24	14	15
	SPI-12	114	32	24	14	17
Taperoá-PB	SPI-1	161	41	19	5	1
	SPI-3	120	56	31	11	4
	SPI-6	120	45	29	19	5
	SPI-12	116	44	16	27	4
Monteiro-PB	SPI-1	165	30	24	4	3
	SPI-3	133	52	21	10	7
	SPI-6	139	42	29	7	10
	SPI-12	120	42	23	13	12
Catolé do Rocha-PB	SPI-1	151	33	18	6	4
	SPI-3	146	43	17	13	7
	SPI-6	119	45	25	13	11
	SPI-12	96	43	28	11	14
Cajazeiras-PB	SPI-1	146	39	13	11	5
	SPI-3	136	54	25	8	6
	SPI-6	125	53	30	13	4
	SPI-12	115	50	35	10	2
Princesa Isabel-PB	SPI-1	138	41	23	11	2
	SPI-3	116	51	32	14	5
	SPI-6	131	33	29	10	14
	SPI-12	122	36	20	9	15

**Tabela 5.** Análise dos SPIs no período chuvoso.

	Números de eventos de Chuvas					
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
<b>Alhandra-PB</b>	<b>SPI-1</b>	126	52	35	15	4
	<b>SPI-3</b>	131	51	26	16	7
	<b>SPI-6</b>	123	58	23	13	7
	<b>SPI-12</b>	118	51	24	23	1
<b>João Pessoa-PB</b>	<b>SPI-1</b>	116	46	41	13	4
	<b>SPI-3</b>	116	63	30	10	7
	<b>SPI-6</b>	109	70	26	13	3
	<b>SPI-12</b>	94	75	33	11	2
<b>Mamanguape-PB</b>	<b>SPI-1</b>	114	56	33	15	4
	<b>SPI-3</b>	136	42	30	11	8
	<b>SPI-6</b>	129	43	27	15	9
	<b>SPI-12</b>	112	44	31	19	3
<b>Araruna-PB</b>	<b>SPI-1</b>	129	50	31	17	5
	<b>SPI-3</b>	120	53	28	15	7
	<b>SPI-6</b>	125	47	30	13	6
	<b>SPI-12</b>	131	36	27	21	6
<b>Campina Grande-PB</b>	<b>SPI-1</b>	127	59	31	9	8
	<b>SPI-3</b>	129	55	25	10	9
	<b>SPI-6</b>	143	40	24	7	14
	<b>SPI-12</b>	155	27	22	12	15
<b>Umbuzeiro-PB</b>	<b>SPI-1</b>	135	55	30	11	6
	<b>SPI-3</b>	121	53	26	17	5
	<b>SPI-6</b>	120	47	30	13	8
	<b>SPI-12</b>	118	57	19	12	10
<b>Picuí-PB</b>	<b>SPI-1</b>	169	46	29	19	3
	<b>SPI-3</b>	120	61	29	13	5
	<b>SPI-6</b>	117	57	40	10	3
	<b>SPI-12</b>	114	63	41	8	0
<b>Taperoá-PB</b>	<b>SPI-1</b>	161	41	33	16	7
	<b>SPI-3</b>	120	44	39	12	5
	<b>SPI-6</b>	120	42	37	18	4
	<b>SPI-12</b>	116	55	31	16	4
<b>Monteiro-PB</b>	<b>SPI-1</b>	165	47	26	19	6
	<b>SPI-3</b>	133	50	27	14	8
	<b>SPI-6</b>	139	38	31	18	5
	<b>SPI-12</b>	120	48	39	16	0
<b>Catolé do Rocha-PB</b>	<b>SPI-1</b>	151	71	16	20	5
	<b>SPI-3</b>	146	38	36	16	6
	<b>SPI-6</b>	119	52	38	12	4
	<b>SPI-12</b>	96	59	59	3	0
<b>Cajazeiras-PB</b>	<b>SPI-1</b>	146	59	27	15	9
	<b>SPI-3</b>	136	49	22	14	8
	<b>SPI-6</b>	125	47	23	17	7
	<b>SPI-12</b>	115	49	23	28	1
<b>Princesa Isabel-PB</b>	<b>SPI-1</b>	138	57	32	15	5
	<b>SPI-3</b>	116	48	42	11	3
	<b>SPI-6</b>	131	55	29	15	3
	<b>SPI-12</b>	122	67	27	17	0

## Análise temporal do Posto de Alhandra-PB

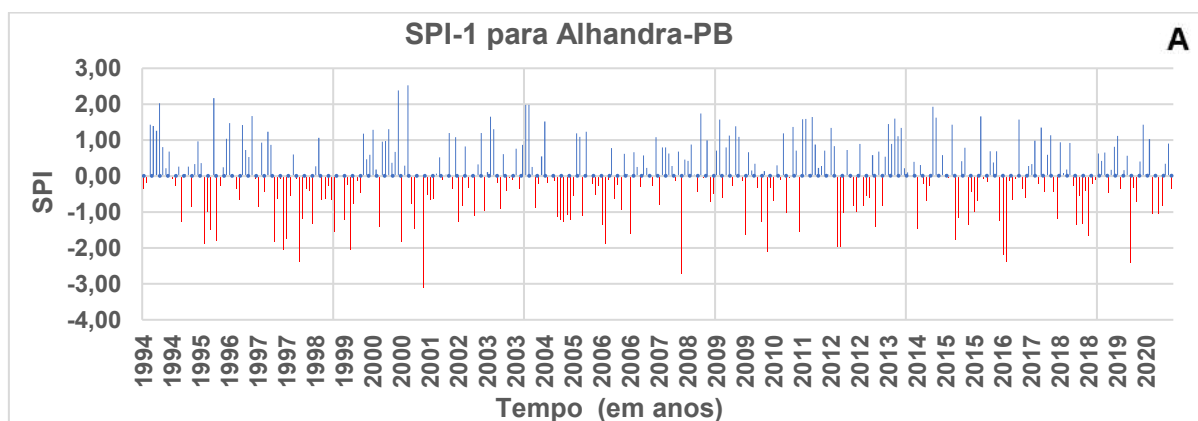
A série temporal do SPI-1 revela para a estação de Alhandra, Figura 13 (A), um pico de seca de -3,10, correspondente ao mês de maio do ano de 2001. A maior sequência de secas ocorreu na década de 2000. A maior duração de secas moderadas ocorreu nos anos de 1997 e 2016, cerca de 6 meses em ambos os anos. Os valores médios do SPI-1 indicaram intensidades de secas fracas, moderadas e normais, variando de -0,17 a -1,45, conforme Tabela B1 do Anexo B.

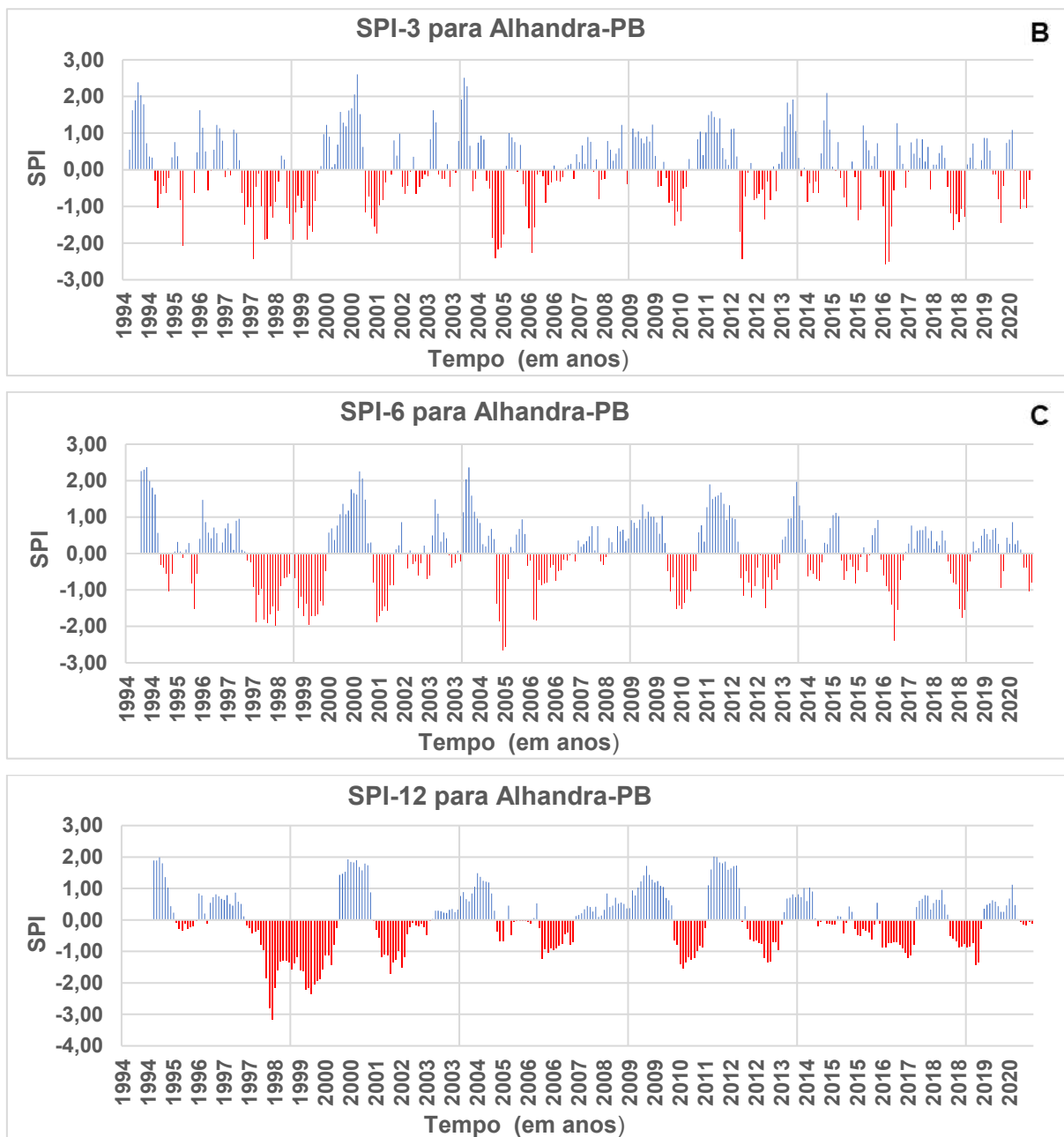
A série do SPI-3, Figura 13 (B), nos mostra secas fracas, moderadas e normais com um pico de -2,58 em agosto de 2016 e apresenta valor médio do SPI-3 de -1,39, com duração de 6 meses Tabela B2 do Anexo B.

O SPI-6 revela um pico de seca moderada Figura 13(C), com valor igual a -2,64 observado no mês de março de 2005 que foi equivalente a uma seca severa, com duração de cinco meses e valor médio de -1,82. A maior duração de secas moderadas ocorreu de 1997 até 1999, com duração de 16 meses e valor médio de -1,15. (Tabela B3 do Anexo B).

Observando atentamente percebe-se que o SPI-12 apresenta menos picos e os períodos de seca são mais prolongados. No SPI-12 (Figura 13 (D)) a maior seca registrada teve duração de 33 meses, de setembro de 1997 a maio de 2000, cujo pico foi de -3,17, registrado em junho de 1998. Desse longo período de estiagem, o SPI-12 registrou seca extrema em 3 meses (maio, junho e julho) de 1998 e 4 meses de 1999 (junho, julho, agosto e setembro). (Tabela B4 do Anexo B)

Outro período importante ocorreu de junho de 2001 a fevereiro de 2003, caracterizando 21 meses de seca, porém não apresentando meses de secas severa ou extrema.





**Figura 13.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Alhandra-PB.

### **Análise temporal do Posto de João Pessoa-PB**

Na Figura 14 (A) a série temporal do SPI-1 revela maior período de seca fraca, com duração de 13 meses, com um pico de -1,67 correspondendo ao mês de janeiro de 2006. Porém dentre as secas moderadas, identificadas pelo valor médio do SPI-1, a de maior pico, -2,67, esteve presente na seca de 6 meses que foi de maio a outubro de 2018. A seca moderada de maior duração, 9 meses, teve início em 1998 e final em 1999, com

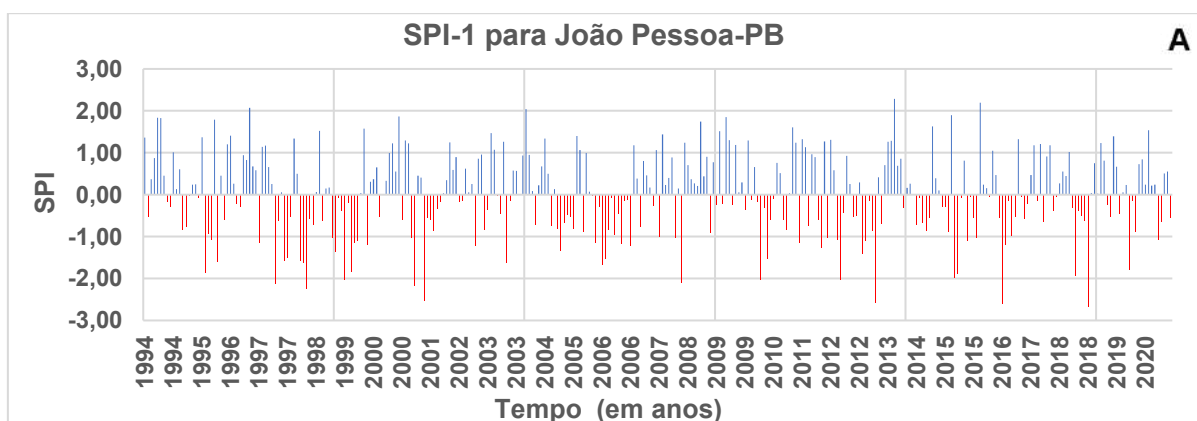


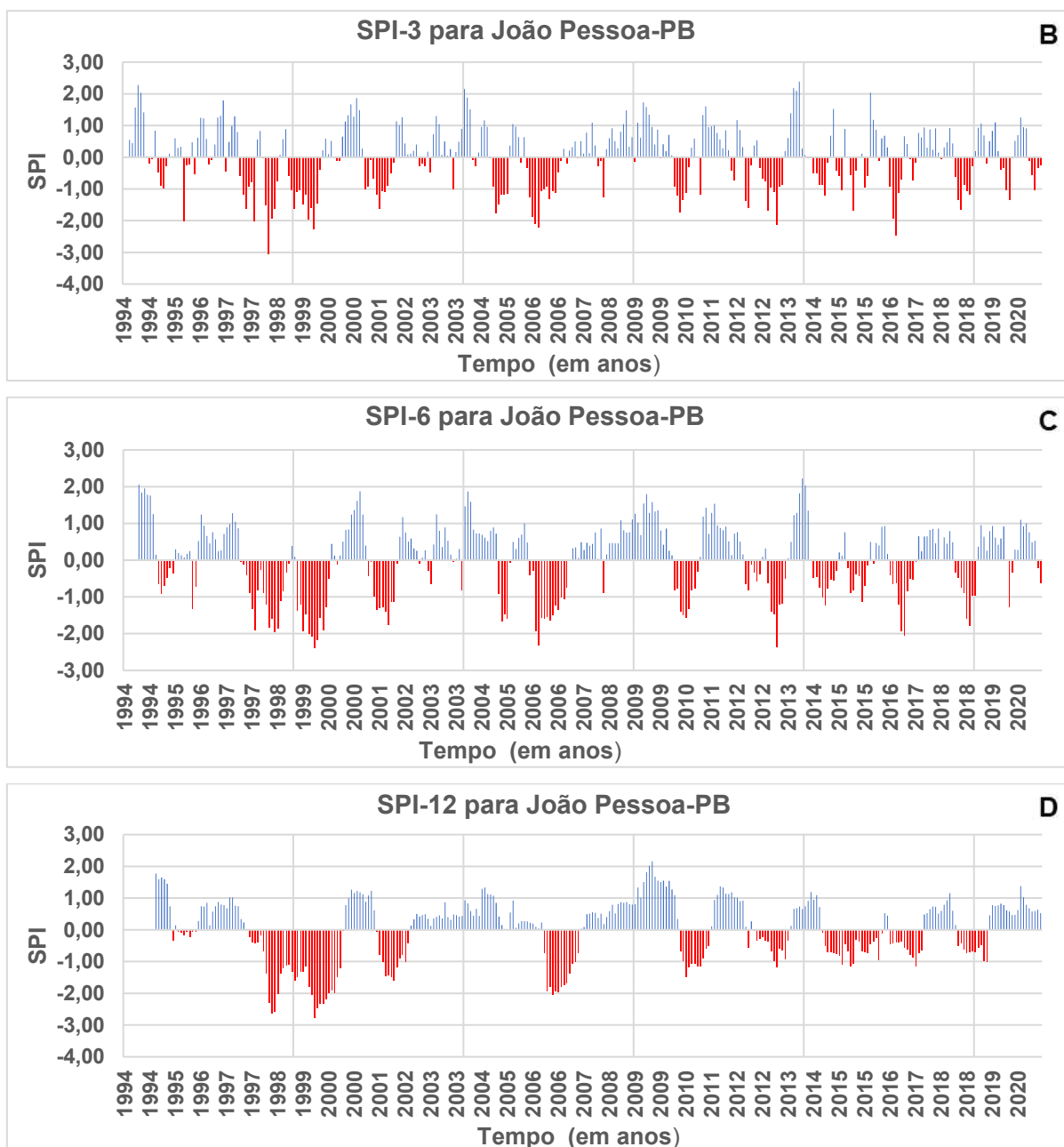
valor de pico de -2,04. Os valores do SPI-1 revelaram a existência de sete secas fracas e moderadas com intensidade variando de -0,57 a -1,35, conforme Tabela B1 do Anexo B.

Na Figura 14 (B) o SPI-3 há ocorrências de 10 períodos de secas moderadas, com as duas maiores ocorrendo de novembro de 1998 a outubro de 1999, com duração de 12 meses e valor médio de -1,30, e a outra de novembro de 2005 a novembro de 2006, com duração de 13 meses e valor médio de -1,14, conforme mostra a Tabela B2 do Anexo B.

O SPI-6 revelou apenas 4 ocorrências de secas moderadas, conforme verificado na Figura 14 (C). Houve três secas de maiores períodos, de 1997 a 2002, uma de 18 meses que teve início em junho de 1997 e final em novembro de 1998 com pico de -1,95 e com valor médio de -0,97, classificando-a como seca fraca, outra que durou 12 meses, e teve início em fevereiro de 1999 e foi até janeiro de 2000, com pico de -2,37 e com valor médio de -1,67, classificando-a como seca severa. A seguinte teve início em fevereiro de 2001 e estendeu até janeiro de 2002, durando 11 meses com pico de -1,76 e tendo seu valor médio de -0,99, sendo classificado esse período como ocorrência de seca fraca como se pode ver na Tabela B3 do Anexo B.

O período prolongado de seca, de acordo com o SPI-12 (Figura 14 (D)) ocorreu de setembro de 1997 e junho de 2000, com duração de 34 meses, com pico de -2,76 e tendo seu valor médio de -1,49, sendo classificado como seca moderada. Desse longo período de seca, é percebido que o SPI-12 registrou seca severa em 4 meses de abril a julho de 1998 e em 6 meses em 1999 que foi de julho a dezembro. Outro período de seca que se destaca teve duração de 22 meses, de julho/2014 a abril/2016, com valor médio de -0,62 (seca fraca) como pode ser visto na Tabela B4 do Anexo B.





**Figura 14.** Evolução temporal do SPI-1 (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico João Pessoa-PB.

### **Análise temporal do Posto de Mamanguape-PB**

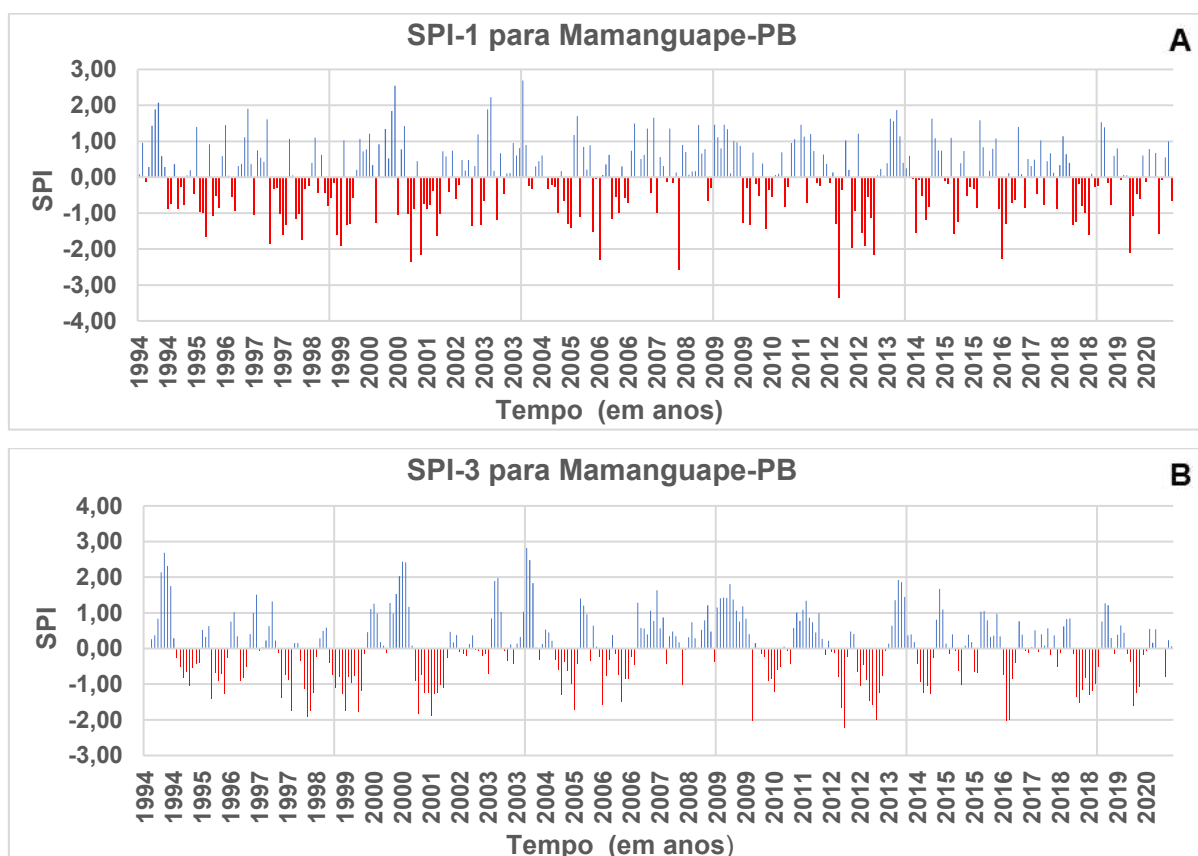
A Figura 15 (A) exibe a distribuição temporal do SPI-1 ao longo dos meses na estação de Mamanguape - PB, nela pode ser visto que o maior pico, -3,36, seca severa, se refere ao mês de abril de 2012. As maiores durações de secas moderadas estão nos anos de 1997 (6 meses) entre 1998/1999 (6 meses), 2014 (6 meses) e 2018 (6 meses). Os valores médios do SPI-1 variaram entre -0,45 e -167. Foram identificadas nove secas

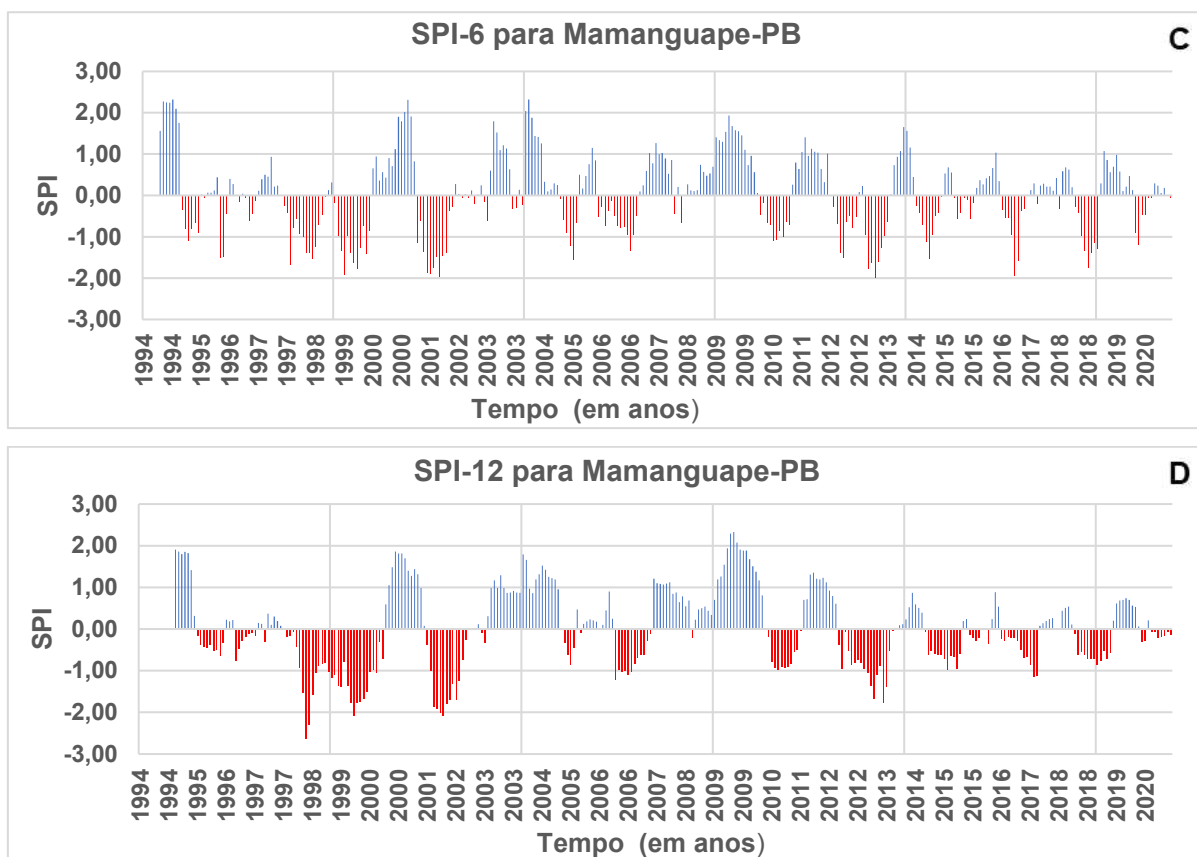
moderadas e apenas uma seca severa com duração de 3 meses, com início em 2012 (Tabela B1 do Anexo B).

A série temporal do SPI-3 (Figura 15 (B)) revelou o maior pico de secas moderadas, -2,22, em maio de 2012, com o valor médio de -0,86, classificando o período como de seca fraca. Os maiores períodos de secas ocorreram nos anos de 1998/1999, duração de 12 meses (valor médio de -0,98, seca fraca), 2001 com duração de 11 meses (valor médio de -1,16, seca moderada) e 2012/2013, que durou 10 meses, (valor médio de -1,02, seca moderada), conforme a Tabela B2 do Anexo B.

O SPI-6, Figura 15 (C), identificou que os maiores períodos de secas e valores médios estão nos anos de 1997/1998 (14 meses, seca fraca), 1999 (12 meses, seca moderada), 2001/2002 (12 meses, seca moderada), 2005/2006 (13 meses, seca fraca) e 2010 (10 meses, seca fraca), como pode ser visto na Tabela B3 do Anexo B.

O SPI-12, Figura 15 (D), mostra um período de seca de 32 meses que vai de outubro/1997 a maio/2000, sendo o maior desse índice, com pico de -2,62, tendo o valor médio em torno de -1,13 (seca moderada). (Tabela B4 do Anexo B).





**Figura 15.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Mamanguape-PB.

### **Análise temporal do Posto de Araruna-PB**

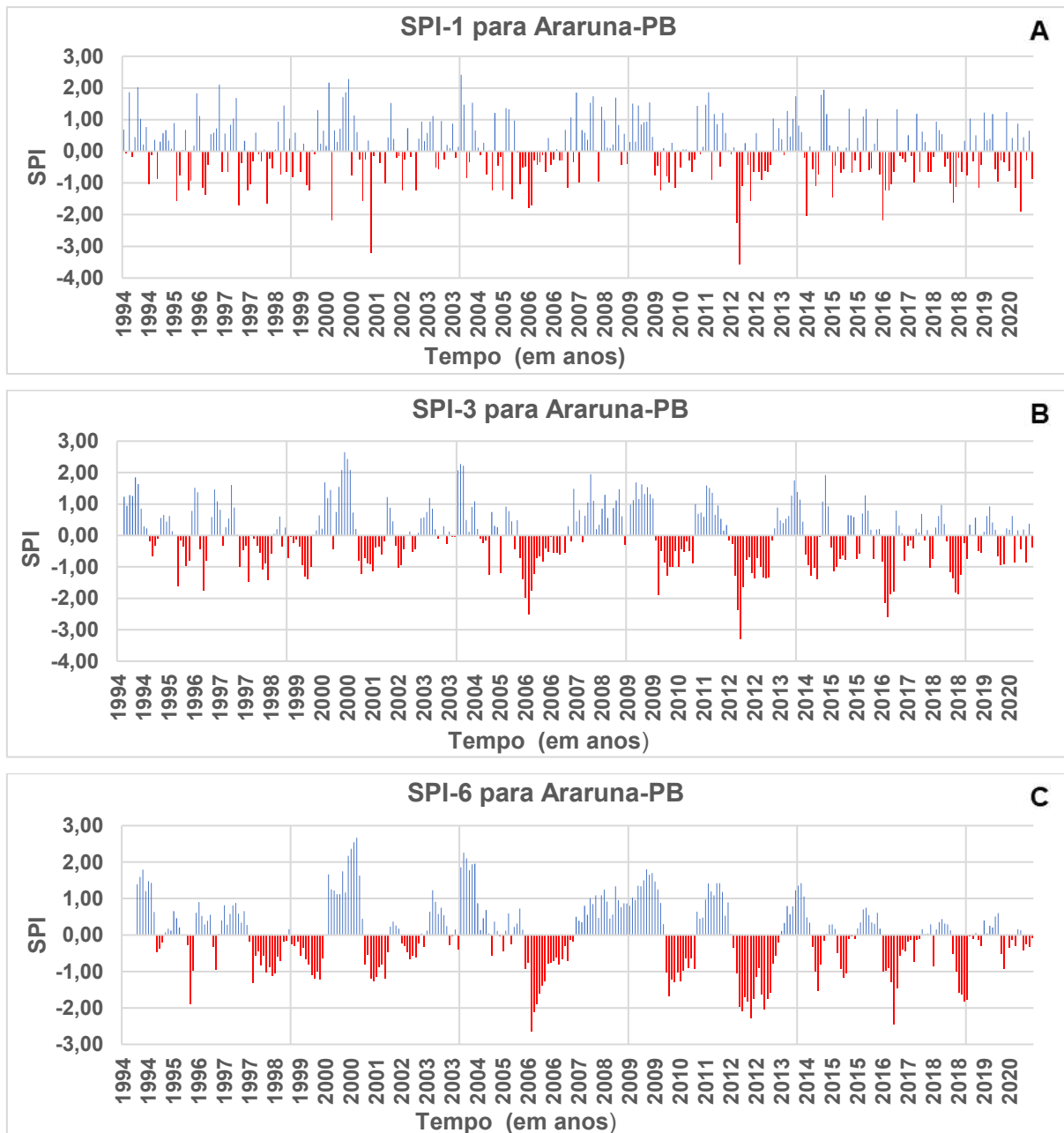
A série da estação de Araruna, Figura 16 (A), mostra o maior pico de seca severa (-3,57) em abril de 2012. A maior duração das secas moderadas foi em 2016, com 6 meses, mas o maior período de seca foi de 11 meses entre 2005/2006, com pico de -1,71, e valor médio de 0,67 (seca fraca). (Tabela B1 do Anexo B)

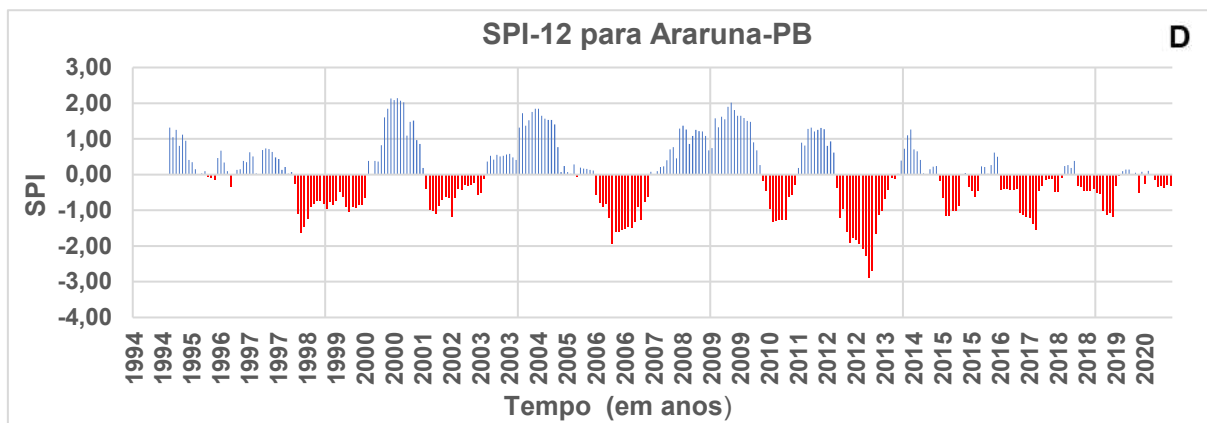
Os valores médios do SPI-3, Figura 16 (B), indicaram a ocorrência de duas secas moderadas, variando sua intensidade de -1,18 e -1,08 respectivamente (Tabela B2 do Anexo B).

A série temporal do SPI-6 para Araruna, Figura 16 (C), mostra o maior pico de (-2,64) no mês de fevereiro de 2006 e valor médio -1,02 no período de 2005 a 2007, que foi o período de maior duração de secas (18 meses), seguido pela seca de 2012 a 2013 que foi 17 meses, com pico de (-2,28) e valor médio de -1,39. (Tabela B3 do Anexo B).

Os valores do SPI-12 na série temporal da Figura 16 (D) indica a ocorrência do maior período de seca com um pico de (-1,63) no mês de maio de 1998. Esta seca teve início em 1998 e final em 2000, com duração de 23 meses e intensidade -0,88. Mostra

também outros longos períodos de secas como os de 2001 a 2003 de 19 meses, 2012 a 2013 também com 19 meses e 2016 a 2018, com 20 meses, conforme Tabela B4 do Anexo B.

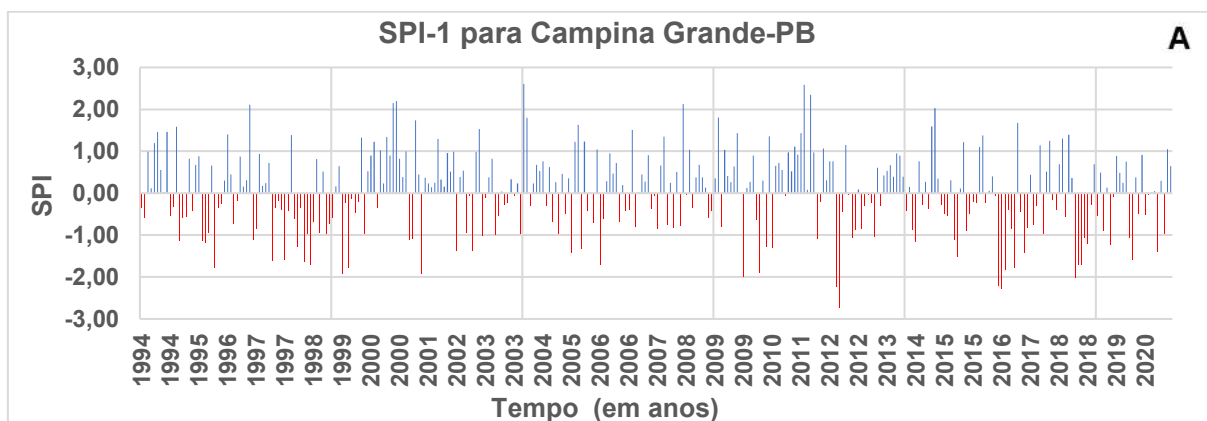


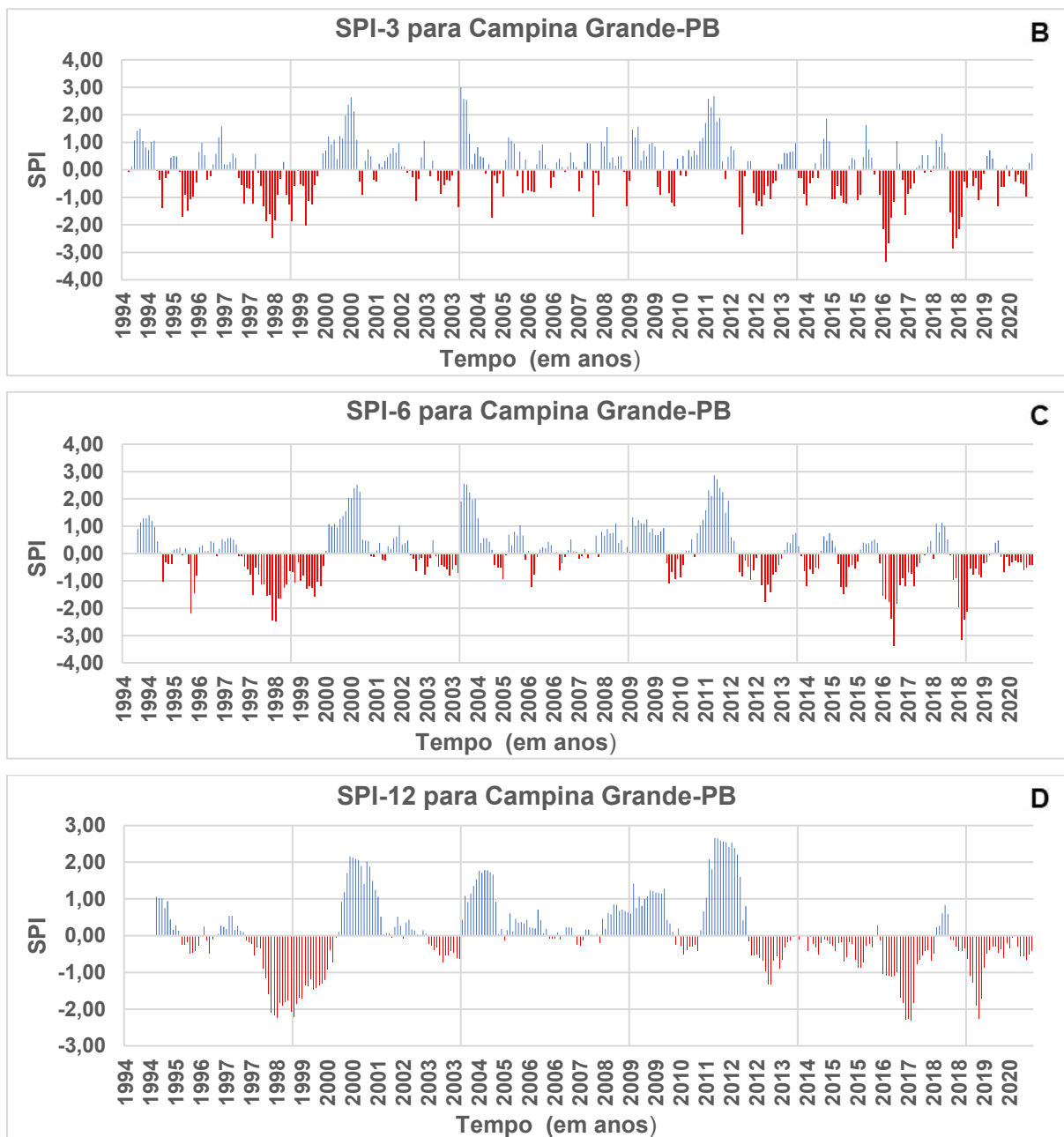


**Figura 16.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Araruna-PB.

### Análise temporal do Posto de Campina Grande-PB

O SPI-1 de Campina Grande, Figura 17 (A), mostrou as maiores sequências de meses de seca nos anos de 1997, 1998, 1999, 2016 e 2018. Na escala SPI-3, Figura 17 (B), os maiores eventos de seca ocorreram nos anos de 1998 com 9 meses de duração (seca moderada) e de 1998 a 1999 com o período de 13 meses (seca fraca). A série temporal do SPI-6, Figura 17(C), mostra uma seca moderada de 31 meses que inicia em junho de 1997 e vai até dezembro de 1999, com pico de -2,48, e valor médio de -1,06. O SPI-12, Figura 17 (D), mostra um período de seca de 33 meses iniciando em agosto de 1997 e terminando em abril de 2000, com pico de -2,25, e valor médio de -1,26 (seca moderada), mas os maiores períodos de seca se encontram entre julho de 2012 a março de 2016, com 45 meses (normal), de junho de 2016 a janeiro de 2018, 20 meses (moderada), e de julho de 2018 até dezembro de 2020, com 30 meses (fraca). (Tabela B1, B2, B3 e B4 do Anexo B).





**Figura 17.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Campina Grande-PB.

### **Análise temporal do Posto de Umbuzeiro-PB**

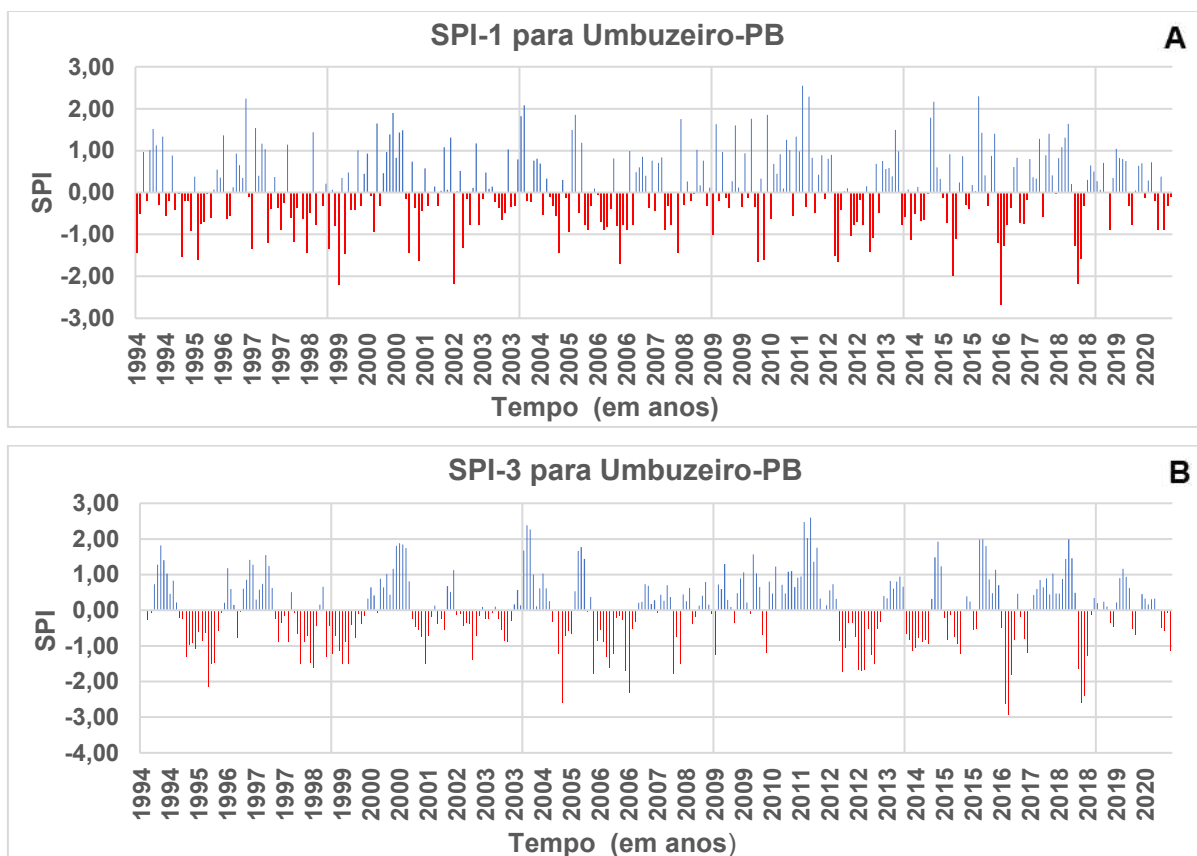
A série de Umbuzeiro para o SPI-1, Figuras 18 (A), apresentou o maior pico, -2,68, verificado no mês de julho de 2016. Apresentou apenas duas sequências de secas moderadas, sendo a maior no ano de 2016, com duração de 5 meses, com valor médio de -1,26. (Tabela B1 do Anexo B).

O SPI-3, Figura 18 (B), mostra que ocorreram 3 períodos de secas moderadas para esse índice, e o período de maior seca moderada foi de 14 meses (abril de 2012 a maio de

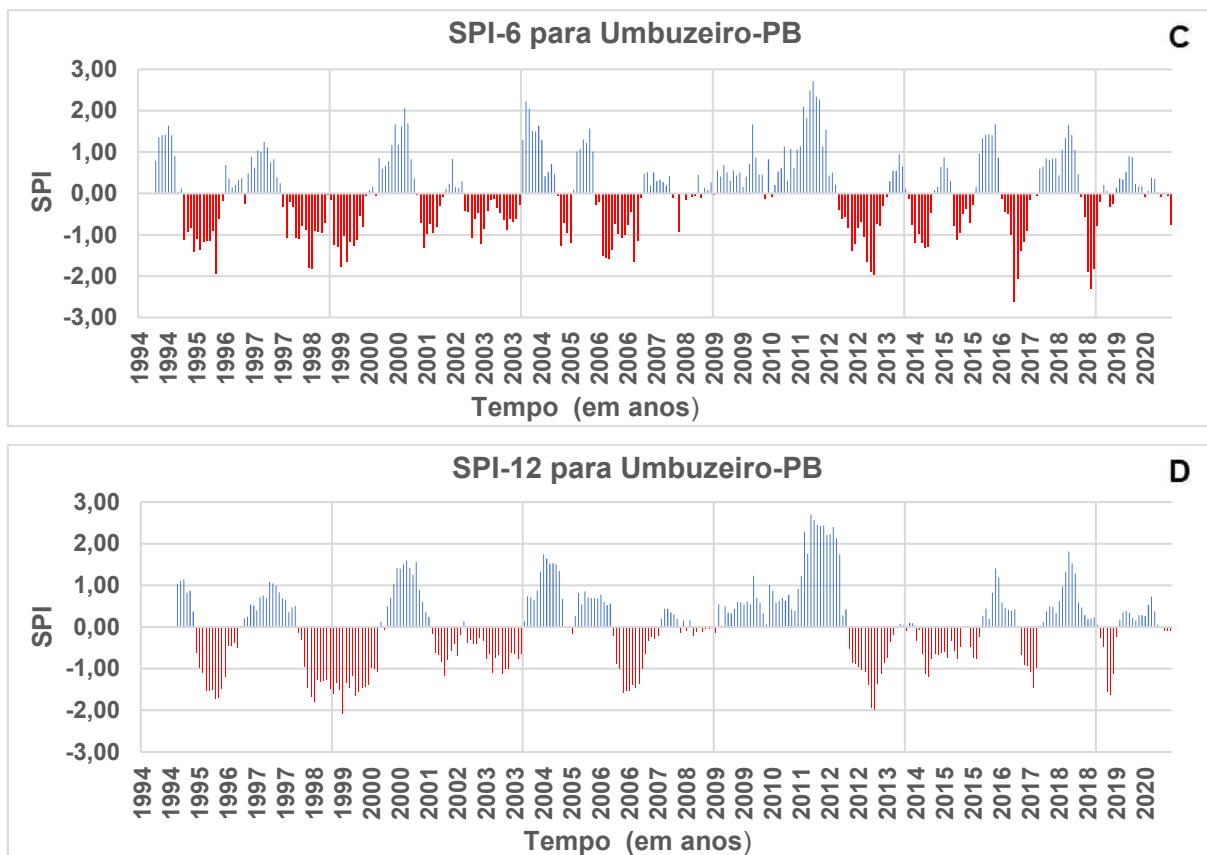
2013). Apresentou também um período de seca severa no ano de 2016 com duração de 5 meses. (Tabela B2 do Anexo B).

O SPI-6, Figura 18 (C), mostra as maiores sequências de secas nos anos de 1997/1999, 27 meses, 2002/2003, com 18 meses, 2005/2007, 15 meses, 2012/2013, com 16 meses, 2016/ 2017, 12 meses. Todas elas, segundo seus valores médios, foram classificadas como sendo secas fracas. Além disso, apresenta duas sequências de secas moderadas, uma que inicia em março de 1995 a março de 1996, com 13 meses, e a outra sequência que foi de agosto de 2018a fevereiro de 2019. (Tabela B3 do Anexo B)

Fazendo a análise do SPI-12, Figura 18 (D), pode-se perceber que esse índice apresenta longos períodos de secas, o maior deles se estendendo de fevereiro de 1998 até março de 2000, 26 meses, com pico sendo de -2,08, e o valor médio de -1,39, classificando esse período como de seca moderada. (Tabela B4 do Anexo B).







**Figura 18.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Umbuzeiro-PB.

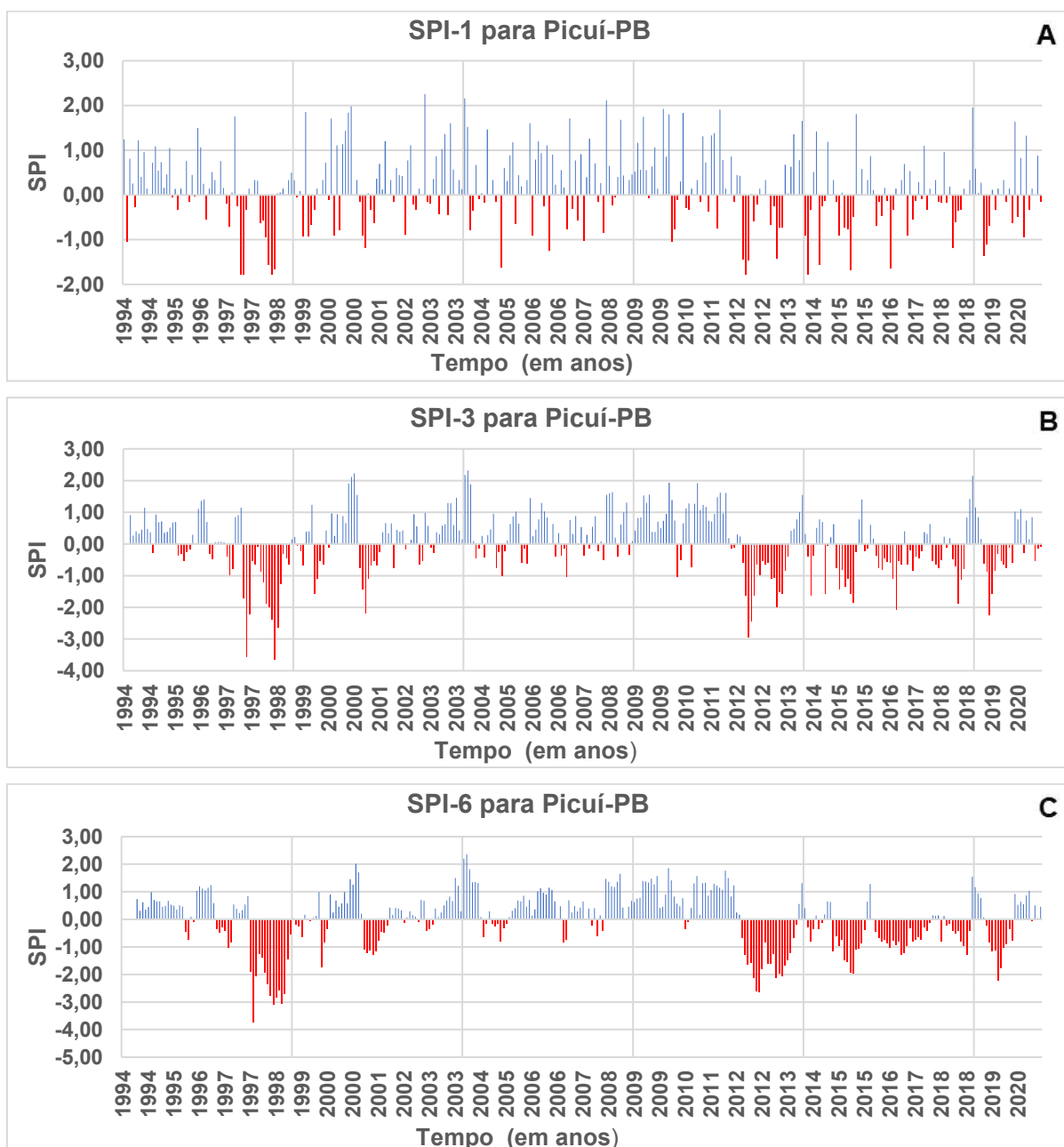
### **Análise temporal do Posto de Picuí-PB**

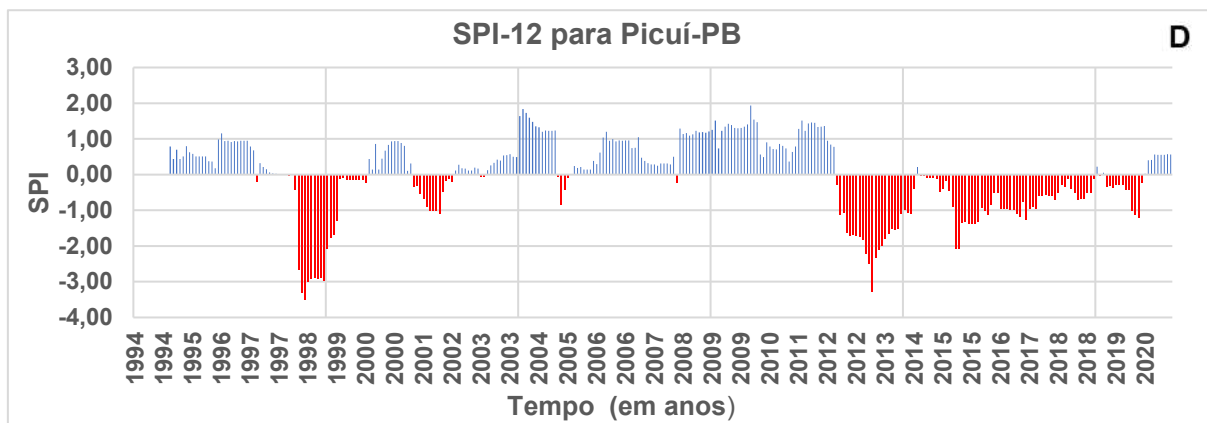
A série do SPI-1 de Picuí, Figura 19 (A), apresentou 3 sequências de secas moderadas, duas delas com valores máximos de -1,79, e valores médios de -1,30 (1997), e -1,19 (1998). A maior sequência de secas moderadas ocorreu de janeiro a junho de 1998, teve outra sequência de 6 meses, mas essa foi considerada como seca fraca, tendo um valor médio de 0,63. Apresentou também uma seca severa de 3 meses em 2012, com valor médio de -1,56. (Tabela B1 do Anexo B).

A série temporal do SPI-3 mostra uma seca severa entre os anos 1997/98 com pico de -3,55 no mês de agosto de 1997, como observado na Figura 19 (B). Essa seca iniciou em julho de 1997 e findou em novembro de 1998, com duração de 17 meses e valor médio em torno de -1,53. Em seguida ocorreu uma seca fraca no ano de 1999, com duas sequencias de seca, uma de 3 e outra de 4 meses e valor médio de -0,68. Outro longo período de seca é observado entre os anos de 2012 e 2013, com duração de 17 meses, sendo classificado como de seca moderada com valor médio de -1,24, conforme Tabela B2 do Anexo B.

A série temporal do SPI-6 mostra uma seca extrema entre os anos 1997/98 com pico de -3,72, e uma seca severa com pico de (-2,63) em setembro de 2012 como se podes ver na Figura 19 (C). A seca extrema teve início em outubro de 1997 e terminou em dezembro de 1998, perdurando por 15 meses e apresentando um valor médio de -2,24, a seca severa iniciou em março de 2012 e perdurou por 20 meses, até 2013, apresentando intensidade de -1,54 (Tabela B3 do Anexo B).

O SPI-12, Figura 19 (D), apresentou duas sequências de secas severas, uma com pico de -3,51, em junho de 1998, essa seca teve início em 1998 e findou em 2000, perdurando por 23 meses, e a outra com pico de -3,28 e valor médio de -1,60 que ocorreu entre 2012 e 2014, durando 25 meses. (Tabela B4 do Anexo B).





**Figura 19.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Picuí-PB.

### **Análise temporal do Posto de Taperoá-PB**

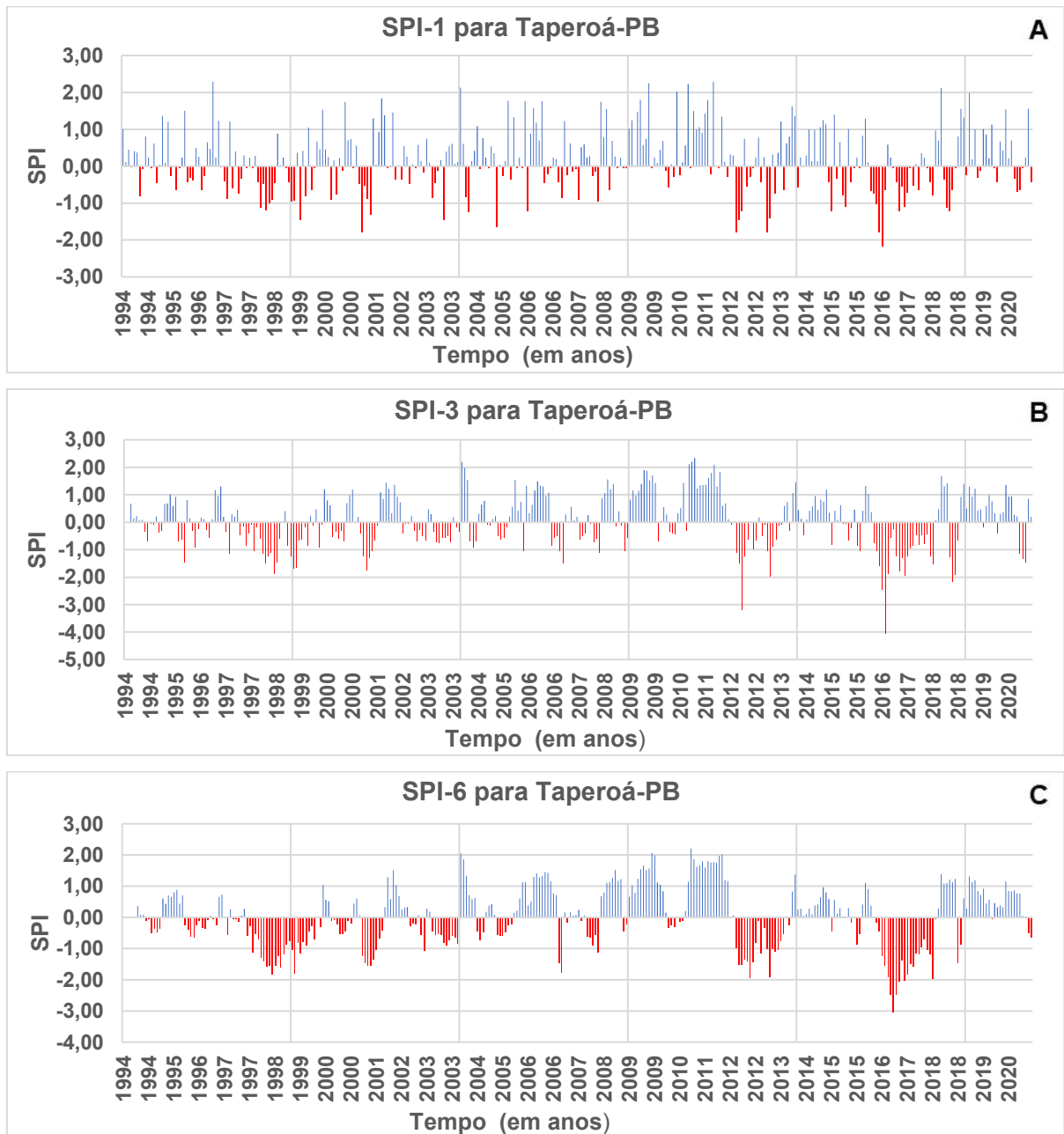
Na Figura 20 (A) e na Tabela B1 do Anexo B é possível observar os resultados do SPI-1. Secas moderadas aconteceram em 2001 e 2016, com duração de 5 e 6 meses, respectivamente; todas as outras secas identificadas pelo SPI 1 foram classificadas como fracas ou normais. Nesse SPI, devido à análise ser de poucos meses, na maioria das vezes, a duração das secas serão menores do que nos outros SPIs, conseqüentemente, se a duração for menor, existe uma grande possibilidade dos impactos das secas também serem menores.

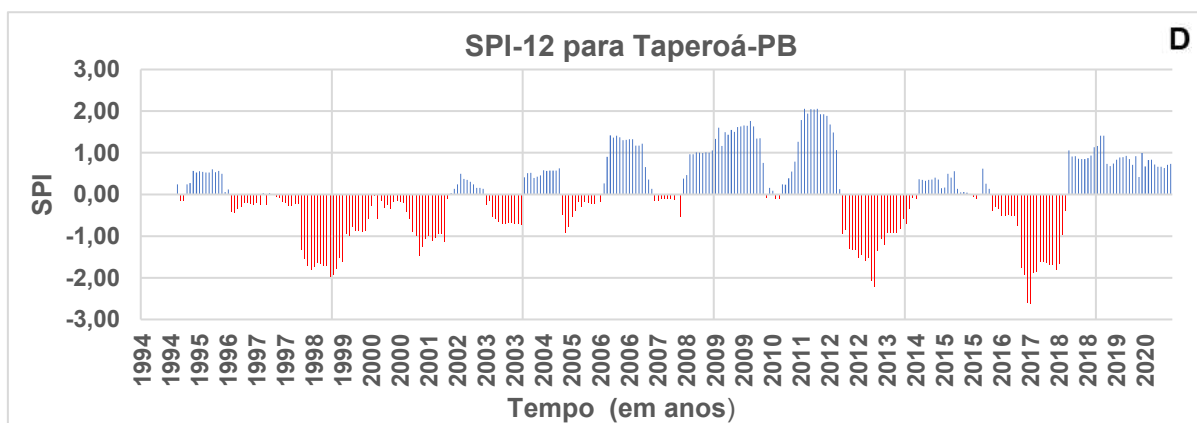
Considerando o SPI-3 (Figura 20 (B) e a Tabela B2 do Anexo B) verificou-se que os maiores períodos de secas foram de 1997 a 1998, durando 16 meses, de 2016 até 2018, perdurando por 22 meses. E ocorreram duas seqüências de secas severas, uma foi de março a julho de 2012, com um pico de -3,20, e valor médio de -1,53, e a outra foi de julho a outubro de 2018, tendo um pico de -2,16 e valor médio de -1,50.

Com relação ao SPI-6 (Figura 20 (C) e a Tabela B3 do Anexo B), pode-se ver que ocorreram 5 secas moderadas, em que as 3 maiores seqüências aconteceram entre setembro de 1997 até setembro de 1999; de março de 2012 a outubro de 2012; e abril de 2016 a março de 2018, com duração de 25, 20 e 22 meses, respectivamente o resto das secas registradas no SPI-6 foram classificadas como sendo fracas e normais.

Na Figura 20 (D) e a Tabela B4 do Anexo B são observados os resultados para o SPI-12. Verifica-se que apenas duas secas foram identificadas nessa escala, ambas moderadas. Uma aconteceu entre maio de 2012 e abril de 2014; a outra teve início em abril de 2016 e terminou em março de 2018, ambas com 24 meses de duração. O maior

período de seca foi registrado em junho de 1997 e se prolongou até janeiro de 2002, durando 56 meses, as outras secas foram consideradas fracas e normais.





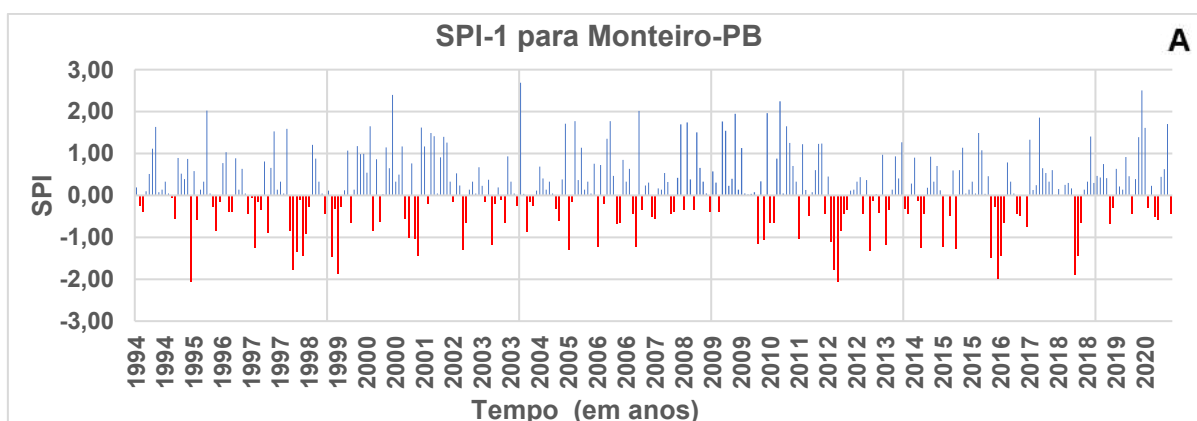
**Figura 20.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Taperoá-PB.

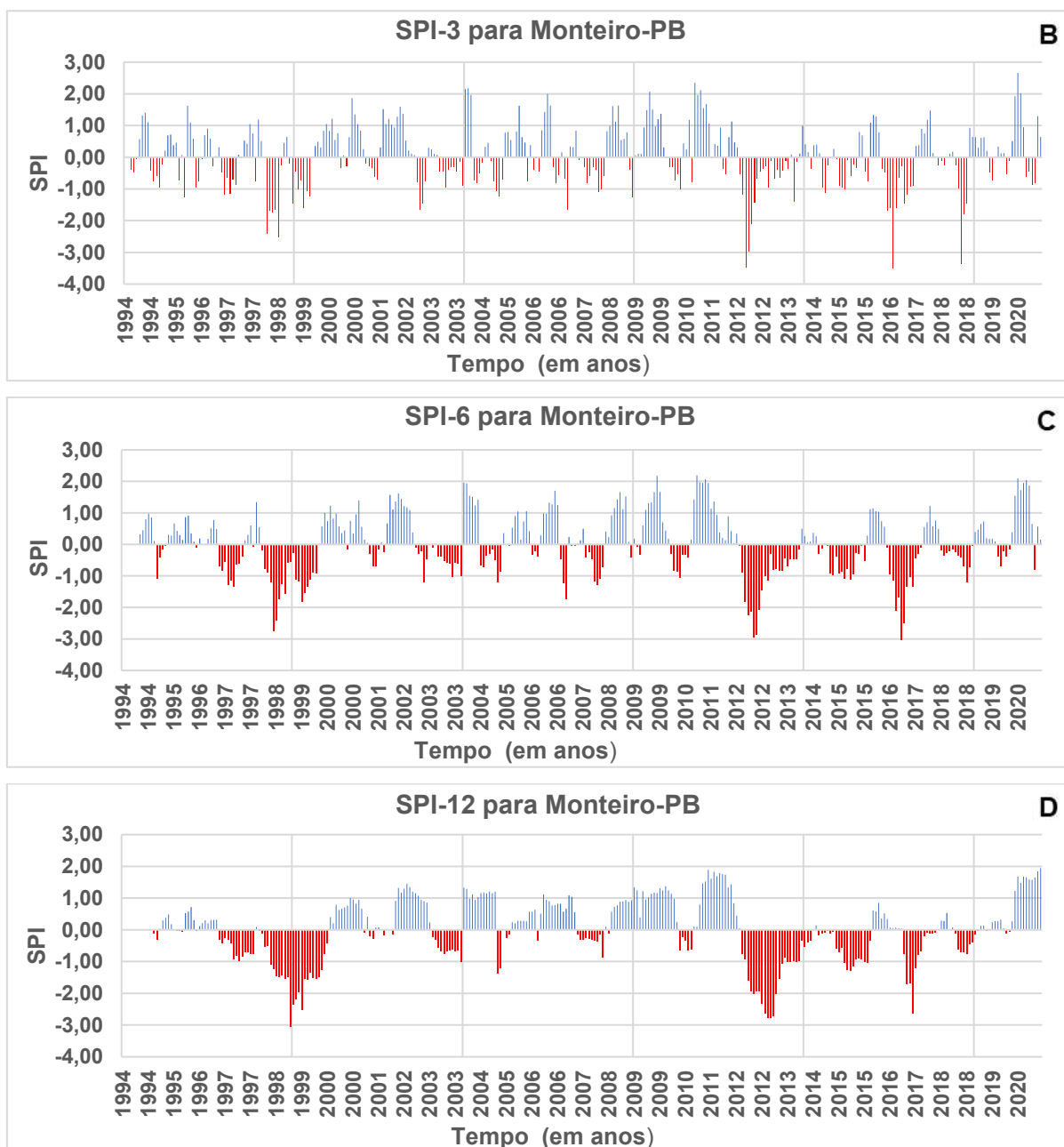
### Análise temporal do Posto de Monteiro-PB

Na evolução temporal SPI-1 referente a estação de Monteiro (Figura 21 (A)) nota-se a predominância de secas fracas e normais, tendo apenas 3 secas moderadas nos anos de 2012; 2016 e 2018, sendo seus picos de (-2,08, -2,00, -1,89) e com durações de 6, 5 e 3 meses, respectivamente. (Tabela B1 do Anexo B).

Os valores do SPI-3 revelaram o maior pico de secas moderadas (-3,50) em agosto de 2016 (Figura 21 (B)), com valor médio de -1,21 e duração de 12 meses. Ocorreu também uma seca severa em 1998 com duração de 6 meses. (Tabela B2 do Anexo B). Os valores do SPI-6, Figura 21 (C), revelam 5 eventos de secas moderadas, sendo as duas maiores entre os anos de 1998/1999 e 2012/2013, com durações de 21 e 22 meses. Uma seca moderada ocorreu entre de 2016/2017, durando 13 meses, e foi a que atingiu o maior pico, -3,04, com intensidade de -1,24, como mostra a Tabela B3 do Anexo B.

Para o SPI-12 (Figura 21 (D)) os valores obtidos mostram que ocorreram dois eventos de secas moderadas, uma entre 1998/2000 e a outra entre 2012/2014, ambas tendo duração de 25 meses, vide Tabela B4 do Anexo B.





**Figura 21.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Monteiro-PB.

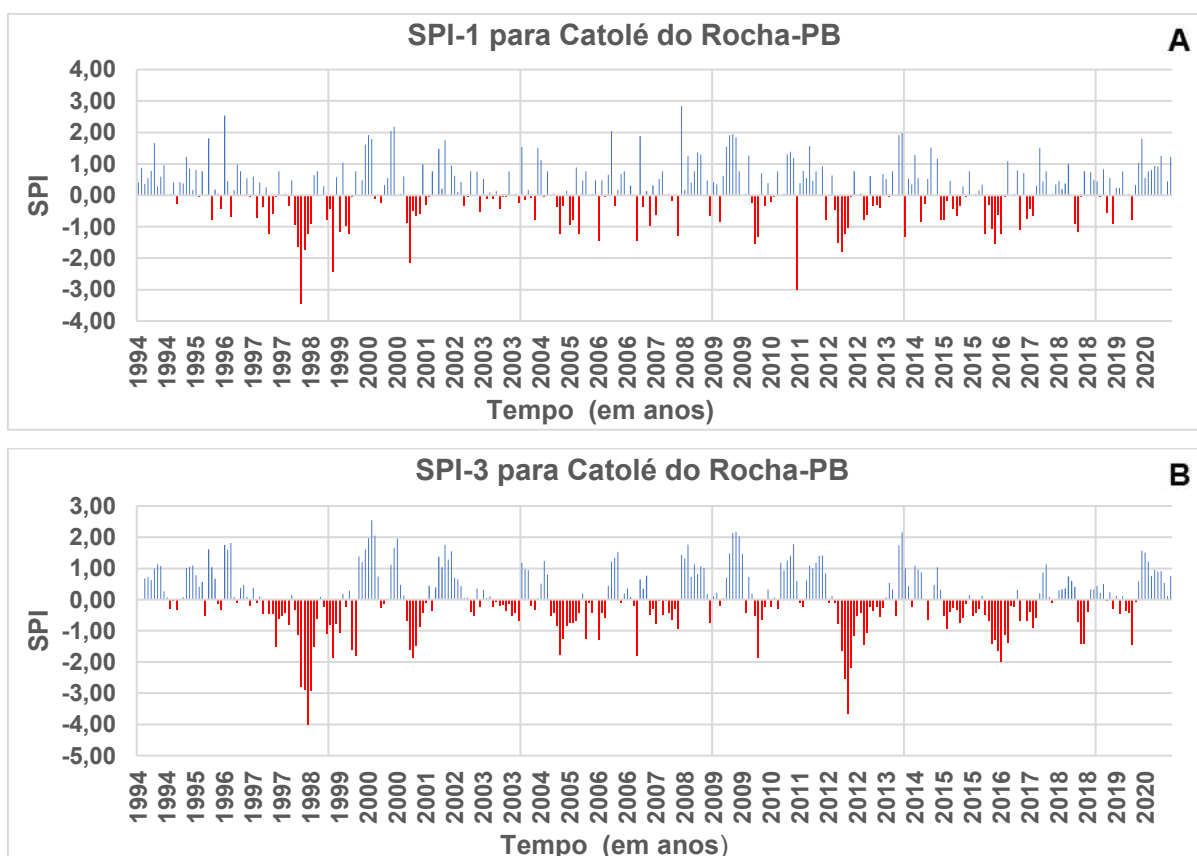
### **Análise temporal do Posto de Catolé do Rocha-PB**

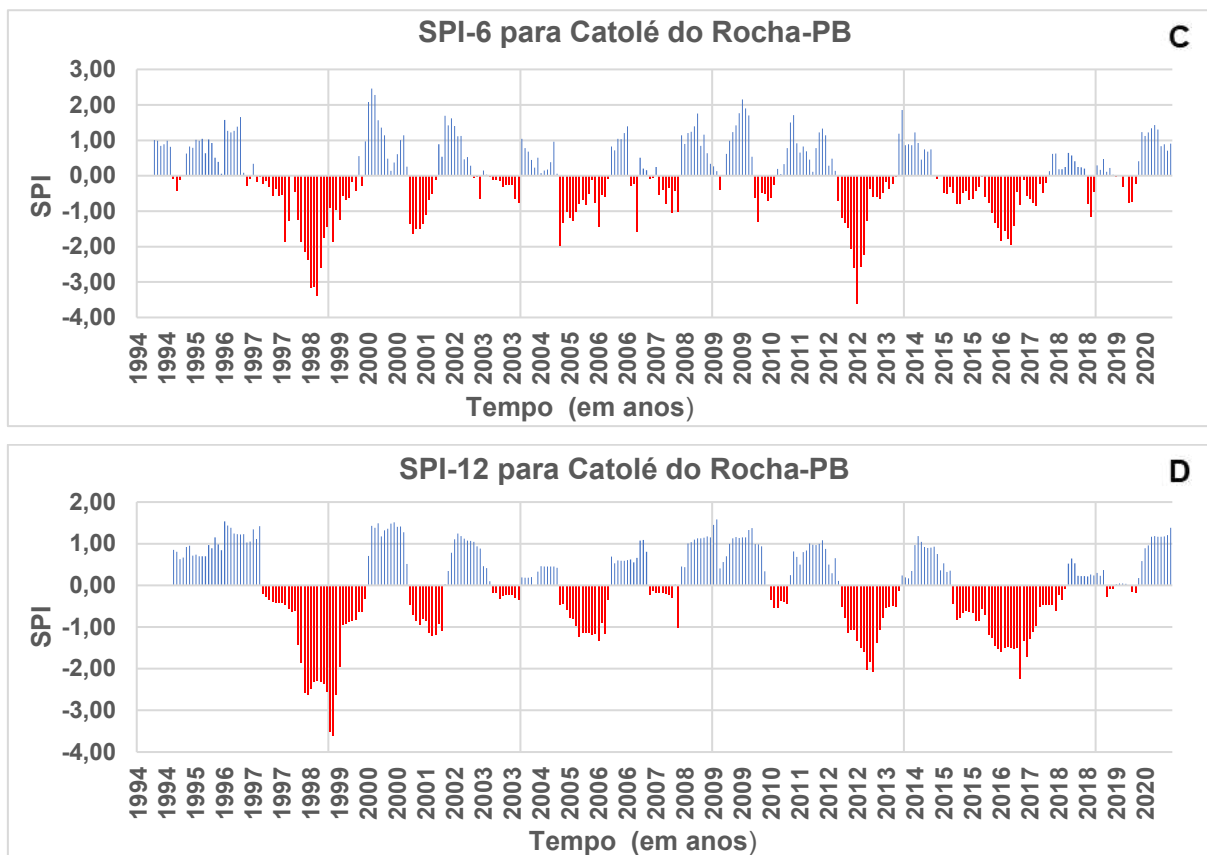
Na série temporal do Posto de Catolé do Rocha, verifica-se no SPI-1 o maior pico de seca severa de (-3,47) em abril de 1998, conforme Figura 22 (A). A duração da seca moderada mais longa para o SPI-1 se encontra no ano de 2012, que vai de março a agosto. A intensidade dos valores médios revelou uma variação de -1,01 a -1,20 para as secas moderadas (Tabela B1 do Anexo B).

A Figura 22 (A) mostra que o SPI-3 apresenta um pico de seca extrema de -4,00, correspondente ao mês de junho de 1998. Essa seca teve duração de 8 meses, com valor médio de -2,03. A maior seca moderada foi identificada durante os anos de 2012 e 2013, com duração de 16 meses, tendo valor médio de -1,08, Tabela B2 do Anexo B.

No SPI-6, Figura 22 (C), pode-se ver que ocorreram 23 períodos de secas moderadas (1997/99; 2001; 2012/13), tendo picos de (-3,39); (-1,64); (-3,62), e durações de 32, 9 e 19 meses. O maior período de seca detectado foi de 33 meses, que ocorreu de 2015 a 2017, sendo classificada como seca fraca, Tabela B3 do Anexo B.

O SPI-12, Figura 22 (D), apresenta o maior período de seca moderada que foi de 33 meses entre os anos de 1997 a 1999, com pico de -3,62, e valor médio de -1,37, Tabela B4 do Anexo B.





**Figura 22.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Catolé do Rocha-PB.

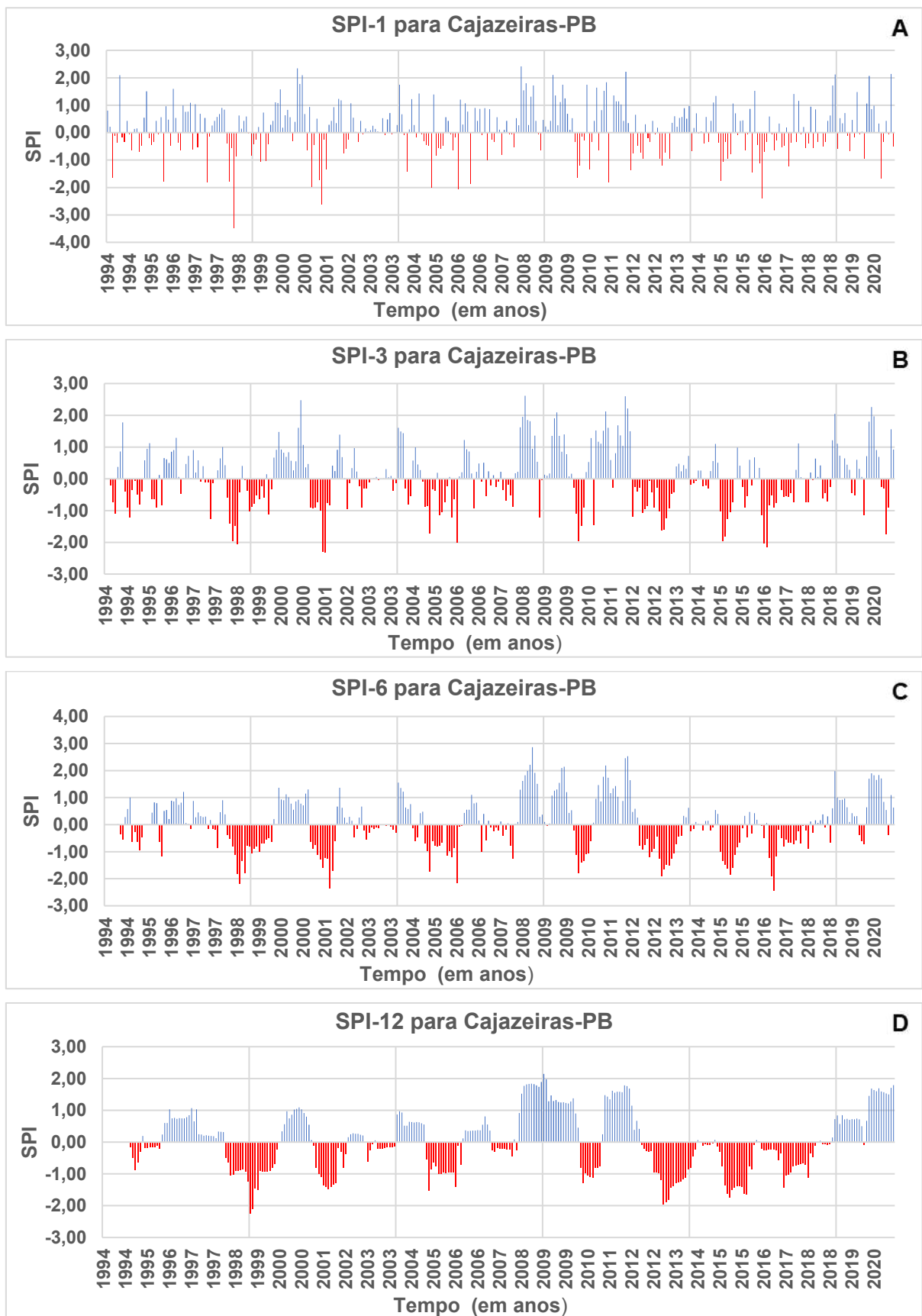
### **Análise temporal do Posto de Cajazeiras-PB**

Na série temporal da estação Cajazeiras, Figura 23 (A), ocorreu a predominância de secas fracas e apenas um evento de seca moderada ocorrida em 1998 por 5 meses, com pico de -3,49, e valor médio de -1,41, Tabela B1 do Anexo B. Os valores do SPI-3, Figura 23 (B), indicaram a ocorrência de cinco secas moderadas, cujos valores médios estão entre -1,06 e -1,32 (Tabela B2 do Anexo B).

A série temporal do SPI-6, Figura 23 (C), mostra que a maior duração de seca moderada foi verificada entre os anos de 2012 a 2013, com 18 meses de duração e com a menor intensidade (-1,01). Já a maior intensidade de secas moderadas, - 1,22, ocorreu no ano de 2001, com duração de 11 meses, Tabela B3 do Anexo B.

Os valores do SPI-12 identificaram duas secas moderadas. Uma com início em 1998 e final em 1999, com o maior pico (-2,23) no mês de janeiro de 1999, a outra com início em 2014 e final em 2016, apresentou o maior pico (-1,74) no mês de maio de 2015, Figura 23 (D). Além disso, apresentou maior duração em relação as secas dos anos de 2012/2014 e 2016/2018, ambas com período de duração de 23 meses, Tabela B4 do Anexo B.





**Figura 23.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Cajazeiras.

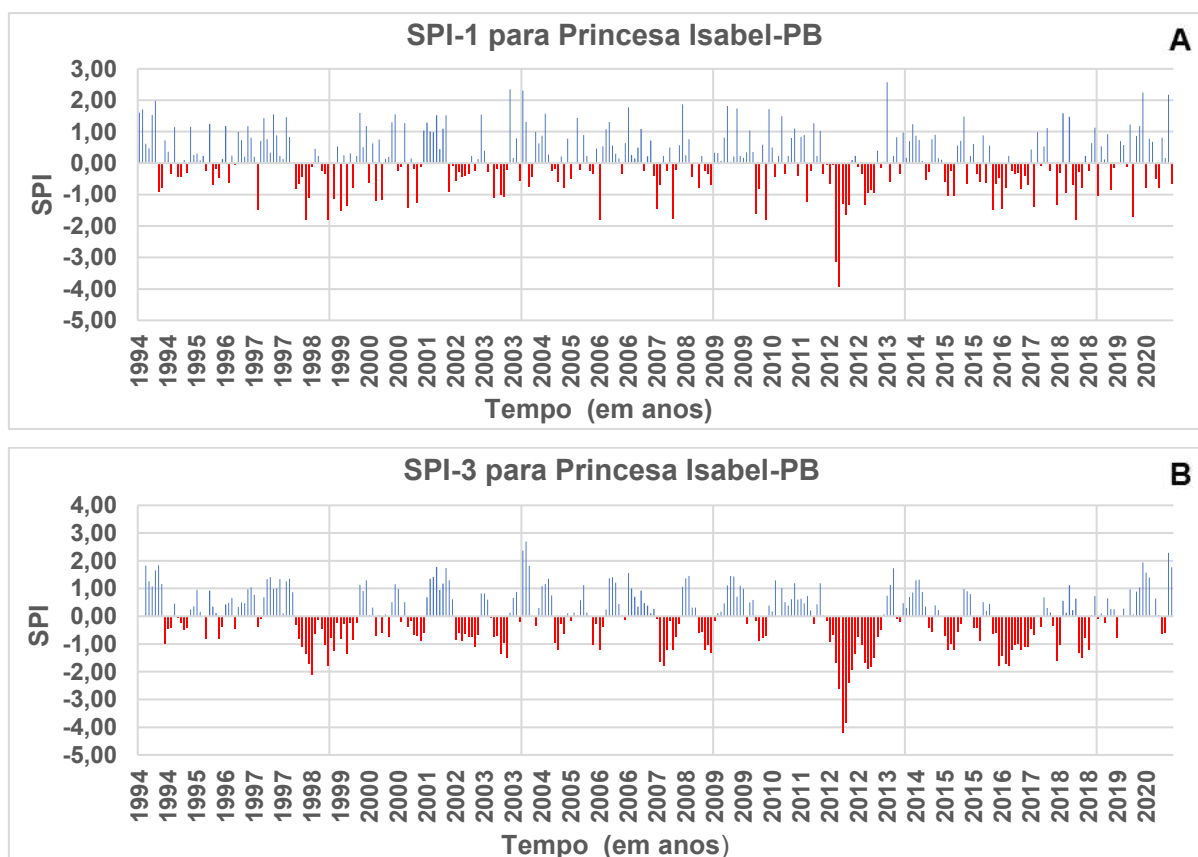
## Análise temporal do Posto de Princesa Isabel-PB

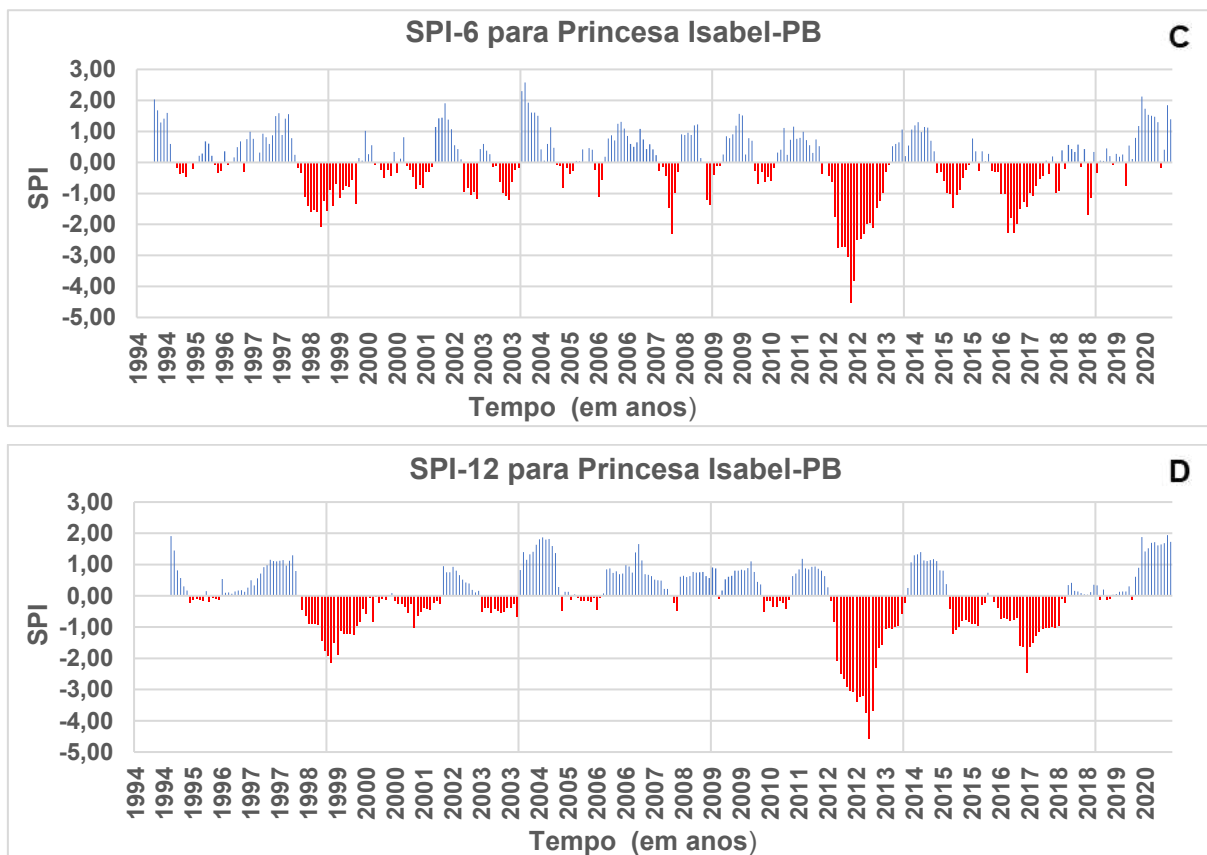
No SPI-1 do posto de Princesa Isabel, Figura 24 (A), só foi identificada uma seca moderada que iniciou em 2011 a 2012, tendo duração de 9 meses, com um pico de -3,92 e seu valor médio de -1,37, Tabela B1 do Anexo B.

Os valores obtidos para o SPI-3, Figura 24 (C), mostrou que o maior período de seca foi registrado entre os anos de 1998 e 1999, com duração de 20 meses, configurada como seca fraca. Houve também um evento de seca severa, que ocorreu nos anos de 2011 a 2013 com duração de 18 meses, e dois eventos de secas moderadas, como mostrado na Tabela B2 do Anexo B.

Em relação ao SPI-6, Figura 24 (C), mostra que a seca severa que ocorreu no SPI-3 entre os anos de 2011 a 2013, mudou a duração, de 18 meses para 22 meses e dando sequência com apenas dois eventos de seca moderada, Tabela B3 do Anexo B.

No SPI-12, Figura 24 (D), verificou-se a ocorrência de uma seca extrema entre fevereiro de 2012 e janeiro de 2014. Essa seca teve intensidade média de -2,10 e duração de 24 meses. No resto dos anos ocorreram secas fracas ou normais Tabela B4 do Anexo B.





**Figura 24.** Evolução temporal do (A), SPI-3 (B), SPI-6 (C) e SPI-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Princesa Isabel.

Entre os anos de 1997 a 2000 foram verificadas atuações de secas identificadas por todos os SPIs e este fato possivelmente sofreu influência do fenômeno El Niño, principalmente a seca histórica que ocorreu em todo o Estado no ano de 1998. Assim como as secas observadas entre 2014/2016. Como pode ser visto na Tabela A2 do Anexo A, que configura, também, episódios de El Niño. As secas observadas em 2012/14 possivelmente foram fortemente influenciadas pelos as anomalias da TSM do Oceano Atlântico (Dipolo do Atlântico).

## **5 CONCLUSÃO**

A partir da presente pesquisa, foi possível constatar que em geral o período chuvoso do Estado situa-se entre os meses de janeiro a agosto. Setembro a dezembro é o quadrimestre mais seco do Estado. Por efeito da continentalidade e do relevo, chove mais no Litoral do que nas outras três mesorregiões do Estado, com maiores distanciamentos da fonte de umidade, o Oceano Atlântico do Estado, com exceção de parte do Alto Sertão.

Pode-se concluir, também, que os SPIs mudam com o aumento da escala temporal, a medida que as escalas de 1, 3, 6 e 12 meses crescem, as séries vão apresentando menores picos e os períodos de seca são mais prolongados. O SPI é uma ferramenta valiosa para avaliar a variabilidade espaço-temporal da seca/umidade de uma região uma vez que identifica sequências secas/úmidas como base em valores de eventos mensais.

## 6 REFERÊNCIAS

- AGHAKOUCHAK, A. (2015). A multivariate approach for persistence-based drought prediction: Application to the 2010–2011 East Africa drought. In: **Journal of Hydrology**, 526, 127-135.
- ALLAN, J. A. Water in the environment/ socio-economic development discourse: Sustainability, changing management paradigms and policy responses in a global system. *Government and Opposition*, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 181–199, 2005. DOI: 10.1111/j.1477-7053.2005.00149.x.
- ALAM, M., EMURA, K., FARNHAM, C. & YUAN, J. (2018) Best-fit probability distributions and return periods for maximum monthly rainfall in Bangladesh. *Climate*, 6, 9. Available from: <https://doi.org/10.3390/cli6010009>.
- ALMEIDA, H. A. *Climatologia aplicada à geografia*. Livro eletrônico, Campina Grande: EDUEPB, 2016, 317p.
- ARAI, F. K.; GONÇALVES, G. G. G.; PEREIRA, S. B.; COMUNELLO, É.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do rio Dourados - MS. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 922–931, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500014>.
- ARAÚJO, L. E.; SILVA, D.F.; SANTOS, M.J.; SOUSA, F.A.S. Avaliação da precipitação do Cariri paraibano utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Revista Principia: Divulgação Científica e Tecnológica do CEFET-PB*, João Pessoa, v. 12, n. 17, p. 30-35, 2008.
- BRASIL. Semiárido Brasileiro. Redelimitação do semiárido. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/irrigacao/semiario-brasileiro> 2019. Acesso em: novembro de 2021.
- BUYTAERT, W., CELLERI, R., WILLENS, P., BIÈVRE, B., WYSENRE, G., (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous áreas: A case from the south Ecuadorian Andes. *Journal of hidrology*. 329, p., 413-421.
- BEZERRA, A.C. N.; PEZZI, L. P.; KAYANO, M. 2008. Esquema estatístico de combinação e correção de previsões climáticas – ECCOCLIM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23, 3, 347-359.
- BOGARDI, J.J.; FEKETE, B.M.; VÖRÖSMARTY, C.J. Planetary boundaries revisited: A view through the ‘water lens’. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2013, 5, 581–589. [CrossRef].

- BRATH, A. (2006). Hydrometeorological aspect of the 2005 flooding in the upper Poriver basin: frequency characteristics and real-time predictability. University of Bologna. U.S. – Italy. Workshop on the Hydrometeorology, Impacts and Management of Extreme Floods. Disponível em: <http://www.engr.colostate.edu/~jsalas/us-italy/papers/14brath.pdf>. Acesso em: 10/12/2021.
- BRITO SSB, CUNHA APMA, CUNNINGHAM CC ET AL (2018). Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *Int J Climatol* 38:517–529. <https://doi.org/10.1002/joc.5225>.
- CALBETE, N. O.; GAN, M.; SATYAMURTY, P. (2005). Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a Região Nordeste do Brasil. *Climanálise Especial – Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 21.*
- CAI, W., MCPHADEN, M. J., GRIMM, A. M., RODRIGUES, R. R., TASCETTO, A. S., GARREAUD, R., et al. (2020). Climate impacts of the El Niño-Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 215–231.
- CAMELO, H. N.; LUCIO, P. S.; JUNIOR, J. B. V. L.; CARVALHO, P. C. M. 2017. Métodos de Previsão de Séries Temporais e Modelagem Híbrida ambos Aplicados em Médias Mensais de Velocidade do Vento para Regiões do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32, 4, 565-574.
- CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: two simultaneous climatical hazards in South América. *Proceedings of the Association of American Geography*, v. 5, p. 44-49, 1972.
- CHU, P. S. (1983). Diagnostic studies of rainfall anomalies in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.111, p. 1655-1664.
- CUNHA, A. P. M. A., TOMASELLA, J., RIBEIRO-NETO, G. G., BROWN, M., GARCIA, S. R., BRITO, S. B., & CARVALHO, M. A. (2018). Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. *Atmospheric Science Letters*, 19, 855. <https://doi.org/10.1002/as1.855>.
- COAN, B. de P.; BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável no estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Climatologia*, [s.l.], v. 15, p. 122- 142, abr. 2015.
- COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 5, p. 1321- 1334, 2015.

DOMINGOS, S. I. S. Análise do índice de seca Standardized Precipitation Index (SPI) em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer Drought Severity Index (PDSI). Tese de licenciatura (Meteorologia) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2006.

DRUMOND, A., NIETO, R., TRIGO, R., AMBRIZZI, T., SOUZA, E., & GIMENO, L. (2010). A Lagrangian identification of the main sources of moisture affecting Northeastern Brazil during its prerainy and rainy seasons. *PLoS ONE*, 5(6), e11205.

DUARTE, A. F. Variabilidade e Tendência das Chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. *Revista Brasileira Meteorologia*. v.20, n.1, 37-42, 2005.

FANG, W.; HUANG, S.; REN, K.; HUANG, Q.; HUANG, G.; CHENG, G.; LI, K. Examining the applicability of different sampling techniques in the development of decomposition-based streamflow forecasting models. *J. Hydrol.* 2019, 568, 534–550.

FARIAS, T. DA S. Áreas de propensão a seca no Estado da Paraíba: uma análise espacial dos decretos de situação de emergência e a atuação da operação pipa. *Revista de Geociências do Nordeste*, v.6, n.1, p.71-79, 2020.

FERREIRA, A. G., MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlânticos no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, P.S., GOMES, V.P., GALVÍNCIO, J.D., SANTOS, A.M., SOUZA, W.M., 2017. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia* 21, 113-134.

FERREIRA, L.G.C.; KEMENES, A. Influência das Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar sobre Reservatórios do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20., 2017, JuazeiroBA. Anais... Juazeiro, 2017a, p. 412-416.

FLÖRKE, Martina; KYNAST, Ellen; BÄRLUND, Ilona; EISNER, Stephanie; WIMMER, Florian; ALCAMO, Joseph. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change*, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 144–156, 2013 DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018.

FREIRE, J. L. M.; FREITAS, S. R.; COELHO, C. A. S. 2015. Calibração do modelo regional BRAMS para a previsão de eventos climáticos extremos. *Rev. Bras. Meteorol.*, 30, 2, 70-81.

FORGIARINI FR, VENDRUSCULO DS, RIZZI ES. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência & Natura*. 2014, 36 (2), 193-200.

FUNG, K. F.; HUANG, Y. F.; KOO, C. H.; SOH, Y. W. Drought forecasting: A review of modelling approaches 2007–2017. *Journal of Water and Climate Change*, [S. l.], v.11, n. 3, p. 771–799, 2020. DOI: 10.2166/wcc.2019.236.

GOCIC, M.; TRAJKOVIC, S. Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia. *Journal of Hydrology*, v. 510, p. 110–123, 2014.

GOMES, H.B.; AMBRIZZI, T.; HERDIES, D.L.; HODGES, K.; PONTES DA SILVA, B.F. Easterly wave disturbances over Northeast Brazil: an observational analysis. *Advances in Meteorology*, v. 2015, 2015.

GOMES JUNIOR, E. C. Monitoramento climático aplicado à hidrossedimentologia em mega parcelas na Região Geográfica Intermediária de Londrina. 2021. 161p. Tese de Doutorado em Geografia – Universidade Estadual de Londrina.

GROLLE, J., 2013. High resolution mapping of rural poverty and famine vulnerability in the sahal: a possible approach for the Republic of niger. *Popul. Environ.* 35 (1), 68-97.

GUEDES, R. V. S.; MACEDO, M. J. H.; SOUSA, F. A. S. Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 23, p. 55–65, 2012.

HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D.; WILHITE, D. A.; VANYARKHO, O. V. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bull. American Meteorological Society*, v. 80, n. 3, 429–438. 1999.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Circulation Mechanisms Related to Northeast Brazil Rainfall Anomalies. *J Geophys. Res.*, v.98, n.d, p. 5093 – 5102, 1993.

HASTENRATH, S, HELLER, L. (1977). Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Boston, v. 103, p. 77-92.

HUANG, M.; DING, L.; WANG, J.; DING, C.; TAO, J. (2021). The impacts of climate change on growth: A summary of conducted studies and current knowledge. *Ecological Indicators*. 121.10.1016/j.ecolind.2020.106976

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC, Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global. In: 2018: Summary for Policymakers. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.

KODAMA, Y. (2006). Large-scale common features of subtropical precipitation zones, (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and SCAZ) Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. *Journal Meteorological Society Japan*, v.71,n.5, p.581-610, Out.



KIM, TAE WOONG; JEHANZAIB, MUHAMMAD. Drought risk analysis, forecasting and assessment under climate change. *Water (Switzerland)*, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 1–7, 2020. DOI: 10.3390/W12071862.

KOUADIO, Y.K.; MACHADO, L.A.; SERVAIN, J.; Tropical atlantic hurricanes, easterly waves, and west african mesoscale convective systems. *Advances in Meteorology*, v. 2010, 2010.

KOUSKY, V. E. (1979). Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107, 1140–1153.

KOUSKY, V. E. Diurnal Rainfall Variations in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, Stockholm, Sweden, v. 108, n. 4, p 488-498, 1980.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices the tropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33, n. 6, p. 538-551, Nov. 1981. (INPE-1946- RPE/263).

LACERDA, F. F. 2015. Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 109p.

LATORRE, M. R. D.O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de Séries Temporais em Epidemiologia: uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. v. 04, n 03, p. 145-151, 2001.

LEOPOLD LB. The interaction of trade wind and e sea breeze. *Journal of Meteorology*.1949, 6 (5), 312-320.

LEWIS SL, BRANDO PM, PHILLIPS OL, VAN DER HEIJDEN GMF, NEPSTAD D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science*, 331(6017): 554.

LIMA, A.O., LYRA, G.B., ABREU, M.C., OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F., ZERI, M. & CUNHA-ZERI, G. (2021) Extreme rainfall events over Rio de Janeiro State, Brazil: Characterization using probability distribution functions and clustering analysis. *Atmospheric Research*, 247(105221), <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105221>.

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. *Revista Ambiente & Água*, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.

MACHADO, L.A.; FERREIRA, N.J.; LAURENT, H.; DIEDHIOU, A. Distúrbios ondulatórios de leste. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

MARENGO, J.A. Interdecadal Variability and Trends of Rainfall Across the Amazon Basin. *Theoretic Application Climatology*. doi 10.1007/s00704-004-0045-8, 2004.

MARENGO J. A.; ALVES L. M.; SOARES W. R.; RODRIGUEZ D. A.; CAMARGO H.; RIVEROS M. P.; PABLÓ A. D. (2013). Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. In: *Journal of Climate*, 26, 9137-9154.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, Impactos e adaptação as mudanças de clima no semiárido do Brasil, In *Parcerias Estrategicas/Centro de Gestão de Estudos Estratégicos-Ministerio da Ciencia e Tecnologia*, v.1, n.1, Braslia DF, p. 149-176, 2009.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. (2015). Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. In: *Climatic Change*, 129, 103-115.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M.A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista INPA*, p.49 54, 2016.

MARENGO, J. A. 2017. Mudanças climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil. Disponível em: Acesso em: 20-12- 2021.

MARENGO JA, ALVES LM, ALVALÁ RCS, CUNHA AP, BRITO S, MORAES OLL (2017) Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. <https://doi.org/10.1590/0001-376520170206>.

MARENGO, J.A., SCHAEFFER, R., ZEE, D. AND PINTO, H.S., Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. 2010.

MARENGO, J. A., TORRES, R. R., & ALVES, L. M. (2017). Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129, 1189–1200. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>.

MARENGO JA, SOUZA CM, THONICKE K, BURTON C, HALLADAY K, BETTS RA, ALVES LM, SOARES WR. 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Frontiers in Earth Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>.

MARENGO JA, ALVES LM, ALVALA RCS (2018) Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. In: *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. pp 1973–1985.

MARIA, J.H.M. Análise do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) na Caracterização das Secas do Semiárido Brasileiro. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de

Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2010.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration at time scales. IN: Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim/CA, 1993.

MEDEIROS FJ, LIMA KC, CAETANO DA, SILVA FJO (2018) Impacto da variabilidade interanual da precipitação nos reservatórios do semiárido do Nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências* 41:731–741.

MEDEIROS, F. J., OLIVEIRA, C. P., & TORRES, R. R. (2020b). Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016). *Climate Dynamics*, 55, 2327–2341. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05385-1>.

MELLO, N. G. S.; SAKAMOTO, M. S.; STRANG, D. M. G. Análise Climatológica Pluviométrica do Nordeste Brasileiro. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial – CTA. 70p (Relatório IAE-M-02/72). 1992.

MILANESI MA, GALVANI E. Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilha Bela - SP). *Revista Brasileira de Climatologia*. 2011, 9 (2), 68-79.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. (2010). A review of drought concepts. In: *Journal of Hydrology*, 391, 202-216.

MOURA AD, SHUKLA J (1981) On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J Atmos Sci* 38:2653–2675.

MOURA, A. D., KAGANO, M. T. (1982). Escala Espacial da Precipitação para os Anos de Secas Severas no Nordeste do Brasil. São José dos Campos, INPE, 18 p., INPE-2585-PRE/233).

NOBRE, P. MELO, A.B.C., BEZERRA, P. C. (2006). Oscilações Intrasazonais nos Trópicos e variações Pluviométricas Sobre o Nordeste do Brasil em 2006, XI Congresso Brasileiro de Meteorologia.

NOBRE, C. A. (2006). Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A importância do Oceano Atlântico. *Climanálise*, v.3, n.3, p. 30-31, abril.

OLIVEIRA PT, SANTOS E SILVA CM, LIMA KC (2017) Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. *Theor Appl Climatol*. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1865-z>.

PANOFSKY, H.A. AND BRIER, G.W. (1968) Some Applications of Statistics to Meteorology. Earth and Mineral Sciences Continuing Education, College of Earth and Mineral Sciences.

PEDROZA, I, C, B. Estimativa da Climatologia Diária da Precipitação e Investigação de Possíveis Influências das Fases da Lua nas Chuvas no Estado da Paraíba: Campina Grande, 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande.

PELLEGATTI, C. H. G.; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na serra do Mar-SP em eventos de diferentes intensidades e duração. GEOUSP: Espaço e Tempo, São Paulo, nº27, p.147-158, 2010.

PENAFORTE, R. V. Análise das Secas na Bacia do Rio do Peixe Através do Índice Padronizado de Precipitação (SPI). TCC – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2016.

PEREIRA, V. DA 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, v. 7, n. 12, p. 1-13, 2011.

PIPPUS, M. M., (2006). A Precipitação No Nordeste Brasileiro e a Sua Relação Com o Deslocamento Meridional Da ZCIT. XIV – Florianópolis, 2006.

PONTES FILHO, JOÃO DEHON; PORTELA, MARIA MANUELA; STUDART, Ticiania Marinho de Carvalho; SOUZA FILHO, Francisco de Assis. A Continuous drought probability monitoring system, CDPMS, based on copulas. Water (Switzerland), [S. l.], v. 11, n. 9, p. 1–18, 2019. DOI: 10.3390/w11091925.

PHILIPS, I.D., MCGREGOR, G.R., (2006). The relationship between synoptic scale airflow direction and daily rainfall: a methodology applied to Devon and Cornwall, South West England. Theoretical and Applied Climatology 69, 179–198.

GUIMARÃES, S.O.; COSTA, A.A.; VASCONCELOS JÚNIOR, F.C.; SILVA, E.M.; SALES, D.C.; ARAÚJO JÚNIOR, L.M.; SOUZA, S.G. Projeções de mudanças climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 3, p. 337-365, 2016.

REIS, R. J.; GUIMARÃES, D. P.; COELHO, C.W.G.A.; PAIXÃO, G. M.; NASCIMENTO, J.S.; THATIANA KARINA DE S. L. SIMÕES, T. K.S.L. 94 Determinação das áreas de potencial de riscos de precipitações intensas em belo horizonte. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. CD Rom. 2004.

REPELLI, C.; ALVES, J.M.B. O uso de Análise de Correlações Canônicas para Prognosticar a Variabilidade Espacial da Precipitação sobre o Nordeste do Brasil. *Rev. Brás. Meteor.* v.11, p.67-75. 1996.

RODRIGUES, R. R., HAARSMA, R. J., CAMPOS, E. J. D., & AMBRIZZI, T. (2011). The impacts of inter-El Niño variability on the tropical Atlantic and Northeast Brazil climate. *Journal of Climate*, 24, 3402–3422.

RODRIGUES, L. O., SOUZA, W. M., COSTA, V. S. O., PEREIRA, M. L. T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.10, n.6 (2017), p. 1995-2009.

RODRIGUES CFS, LIMA FJC, BARBOSA FT. 2017. Importancia do uso adequado da estatística básica nas pesquisas clínicas. **Revista Brasileiro de Anestesiologia**, 67(6):619-625. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2017.01.003>.

RODRIGUEZ, J, L. Atlas Escolar da Paraíba, 3. ed. João Pessoa: Grafset, 2002. 112p. ISBN 85-85893-05-2.

SANTOS, A. P. P. 2017. Frequências dos Eventos Extremos de Seca e Chuva na Amazônia Utilizando Diferentes Bancos de Dados de Precipitação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10, 468-478.

SVOBODA, M.D. & FUCHS, B.A. (2017) Handbook of drought indicators and indices, drought and water crises: Integrating science, management, and policy, 2nd edition, Geneva: World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Available from: <https://doi.org/10.1201/b22009>.

SECKLER, D.; BARKER, R.; Amarasinghe, U. Water Scarcity in the Twenty-first Century. *Int. J. Water Resour. Dev.* 1999, 15, 29–42. [CrossRef].

SILVA, R.O.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. *Eng. Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 3, p. 579- 589, 2017.

SILVA T. M. et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.

SILVA, E.R.A.C.; GALVÍNCIO, J.D.; NASCIMENTO, K.R.P.; SANTANA, S.H.C.; SOUZA, W.M.; COSTA, V.S.O. Análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica interanual e intra-anual no semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 76-98, 2018.

- SILVA RMG, LACERDA GLB, BARBOSA PG, SA ACN, ALVES NBP, ROCHA N, OLAVIO O, AIRTON G. 2019. Análise da variação pluviométrica do município de Cajazeirinhas-PB a partir de series históricas. **Revista Brasileiro de desenvolvimento**, 5(7):8074-8081.
- SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de Precipitação e a Ocorrência de Veranicos na Porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.
- SOUZA, W. M. Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, 121 p, 2011.
- SOUZA, Julie Andrade. Variação espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Potengi-RN. 2017. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia - Bacharelado), Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- STEVANOVIĆ, M.; POPP, A.; LOTZE-CAMPEN, H.; DIETRICH, J. P.; MÜLLER, C.; BONDSCH, M.; SCHMITZ, C.; BODIRSKY, B. L.; HUMPENÖDER, F.; WEINDL, I. The impact of high-end climate change on agricultural welfare. *Science Advances*, v. 2, n. 8, p. 1-9, 2016. DOI: 10.1126/sciadv.1501452.
- THOM, H.C.S. (1958) A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review*, 86, 117–122. Available from: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1958\)086<0117:anotgd>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1958)086<0117:anotgd>2.0.co;2).
- VAN LOON, A. F. (2015). Hydrological drought explained. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 2(4), pp. 359-392.
- VAN LOON, A.F. and VAN LANEN, H.A.J., 2013. Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. *Water Resources Research*, 49 (3), 1483–1502.
- VICENTE-SERRANO SM, LÓPEZ-MORENO JI, BEGUERÍA S. (2012) Accurate computation of a streamflow drought index. *J Hydrol Eng* 17:318– 332. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000433](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000433).
- WARD, M.N.; FOLLAND, C. K. Prediction of Seasonal Rainfall in the North Nordeste of Brazil Using Eigenvectors of Sea-surface Temperature. *Int. J. Clim.* v. 11, p.711-43. 1991.
- WILHITE, D.A. DROUGHT and WATER CRISES: Science, Technology, and Management Issues; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005.

XAVIER, T. M. B. S. et al. Previsão Regional de Chuva Para o Estado do Ceará Através do Projeto “Tempo de Chuva”: 1964 – 1999. Rev. Brás. Recur. Hídri. v.5, p. 69-92. 2000.

YUAN, J., EMURA, K., FARNHAM, C. & ALAM, M.A. (2018) Frequency analysis of annual maximum hourly precipitation and determination of best fit probability distribution for regions in Japan. Urban Climate, 24, 276–286. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.07.008>.

ZHOU, QING; DENG, XIANGZHENG; WU, FENG. Impacts of water scarcity on socio economic development: A case study of Gaotai County, China. Physics and Chemistry of the Earth, [S.l.], v. 101, p. 204–213, 2017. DOI: 10.1016/j.pce.2017.03.009.

# **ANEXO A**



**Tabela A1.** Municípios onde se encontram os postos pluviométricos utilizados.

<b>Ordem</b>	<b>Municípios/Postos Pluviométricos</b>	<b>Período</b>	<b>Latitude (°)</b>	<b>Longitude (°)</b>	<b>Altitude (m)</b>
1	Água Branca	1994/2020	-7,5118	-37,6366	732
2	Aguiar	1994/2020	-7,0933	-38,1733	268
3	Alagoa Grande	1994/2020	-7,0367	-35,6311	130
4	Alagoa Nova	1994/2020	-7,0542	-35,7578	508
5	Alagoinha	1994/2020	-6,9589	-35,5525	167
6	Alhandra	1994/2020	-7,4256	-34,9106	58
7	Aparecida	1994/2020	-6,7864	-38,0847	216
8	Araçagi	1994/2020	-6,8333	-35,3878	105
9	Araruna	1994/2020	-6,5314	-35,7397	575
10	Areia	1994/2020	-6,9756	-35,7178	571
11	Areial	1994/2020	-7,0494	-35,9258	692
12	Aroeiras	1994/2020	-7,5458	-35,7111	351
13	Bananeiras	1994/2020	-6,7514	-35,6342	543
14	Barra de Santa Rosa	1994/2020	-6,7289	-36,0564	469
15	Barra de São Miguel	1994/2020	-7,7517	-36,3181	490
16	Belém	1994/2020	-6,7031	-35,5356	164
17	Belém do Brejo do Cruz	1994/2020	-6,1864	-37,5356	182
18	Boa Ventura	1994/2020	-7,4206	-38,2178	314
19	Boa Vista	1994/2020	-7,2575	-36,2375	486
20	Bom Sucesso	1994/2020	-6,4414	-37,9292	290
21	Bonito de Santa Fé	1994/2020	-7,3144	-38,5144	591
22	Boqueirão/Açude Boqueirão	1994/2020	-7,4908	-36,1358	356
23	Brejo do Cruz	1994/2020	-6,3483	-37,4997	201
24	Brejo dos Santos	1994/2020	-6,38	-37,8247	324
25	Cabaceiras	1994/2020	-7,4922	-36,2869	401
26	Cacimba de Areia	1994/2020	-7,1275	-37,1558	272
27	Cacimba de Dentro	1994/2020	-6,6367	-35,7953	546
28	Caiçara	1994/2020	-6,6147	-35,4681	129
29	Cajazeiras	1994/2020	-6,8942	-38,5444	299
30	Caldas Brandão	1994/2020	-7,1025	-35,3244	68
31	Camalaú	1994/2020	-7,89	-36,8256	518
32	Campina Grande	1994/2020	-7,2256	-35,9042	543
33	Caraúbas	1994/2020	-7,7253	-36,4903	443
34	Casserengue	1994/2020	-6,7931	-35,8944	380
35	Catingueira	1994/2020	-7,1283	-37,6083	295
36	Catolé do Rocha	1994/2020	-6,3439	-37,7467	296
37	Conceição	1994/2020	-7,56	-38,5019	388
38	Condado	1994/2020	-6,9231	-37,5947	260

39	Congo	1994/2020	-7,8022	-36,6586	494
40	Coremas/Açude Coremas	1994/2020	-7,025	-37,9428	251
41	Coxixola	1994/2020	-7,6286	-36,6056	469
42	Cuité	1994/2020	-6,485	-36,1492	670
43	Desterro	1994/2020	-7,2903	-37,0881	594
44	Dona Inês	1994/2020	-6,6056	-35,6283	418
45	Emas	1994/2020	-7,1058	-37,7153	269
46	Fagundes	1994/2020	-7,3586	-35,7844	504
47	Guarabira	1994/2020	-6,8453	-35,4964	123
48	Gurjão	1994/2020	-7,2478	-36,4892	491
49	Ibiara	1994/2020	-7,5064	-38,4072	344
50	Imaculada	1994/2020	-7,3822	-37,5094	797
51	Ingá	1994/2020	-7,2925	-35,6119	155
52	Itabaiana	1994/2020	-7,325	-35,3375	52
53	Itaporanga	1994/2020	-7,3	-38,15	288
54	Jacaraú	1994/2020	-6,6136	-35,2917	181
55	Jericó	1994/2020	-6,55	-37,8	254
56	João Pessoa	1994/2020	-7,0833	-34,8333	9
57	Juarez Távora	1994/2020	-7,1628	-35,5931	155
58	Juazeirinho	1994/2020	-7,0683	-36,58	554
59	Junco do Seridó	1994/2020	-6,995	-36,7131	590
60	Juru	1994/2020	-7,5478	-37,8067	724
61	Lagoa	1994/2020	-6,5894	-37,915	275
62	Livramento	1994/2020	-7,3761	-36,9492	586
63	Mãe D'Água	1994/2020	-7,2572	-37,4253	410
64	Malta	1994/2020	-6,9033	-37,5197	275
65	Mamanguape	1994/2020	-6,8356	-35,1214	15
66	Manaíra	1994/2020	-7,7069	-38,1525	768
67	Mogeiro	1994/2020	-7,3075	-35,4764	108
68	Monteiro	1994/2020	-7,885	-37,1269	605
69	Nazarezinho	1994/2020	-6,92	-38,3197	273
70	Nova Olinda	1994/2020	-7,4819	-38,0425	322
71	Olho D'água	1994/2020	-7,2278	-37,7506	271
72	Oliveiros	1994/2020	-6,9886	-36,2436	557
73	Passagem	1994/2020	-7,1364	-37,0475	306
74	Patos/EMBRAPA	1994/2020	-7,0008	-37,3131	254
75	Paulista	1994/2020	-6,59	-37,6233	158
76	Pedra Lavrada	1994/2020	-6,7553	-36,4644	521
77	Pedras de Fogo	1994/2020	-7,4014	-35,1175	176
78	Piancó	1994/2020	-7,215	-37,9258	263
79	Picuí	1994/2020	-6,505	-36,3469	427

80	Pilar	1994/2020	-7,2675	-35,2608	38
81	Pocinhos	1994/2020	-7,0778	-36,0592	653
82	Pombal	1994/2020	-6,7719	-37,8006	192
83	Prata	1994/2020	-7,695	-37,0842	584
84	Princesa Isabel	1994/2020	-7,7331	-37,9944	686
85	Puxinanã	1994/2020	-7,1472	-35,9594	651
86	Riacho de Santo Antônio	1994/2020	-7,6942	-36,1561	447
87	Riacho dos Cavalos	1994/2020	-6,4353	-37,6531	208
88	Salgadinho	1994/2020	-7,1022	-36,8453	430
89	Santa Luzia	1994/2020	-6,8681	-36,9181	311
90	Santa Luzia/Riacho do Saco	1994/2020	-6,9639	-36,9203	353
91	Santana de Mangueira	1994/2020	-7,5503	-38,3353	371
92	Santana dos Garrotes	1994/2020	-7,3833	-37,9897	321
93	Santa Teresinha	1994/2020	-7,0842	-37,445	308
94	São Bento	1994/2020	-6,5022	-37,4581	149
95	São Francisco	1994/2020	-6,6178	-38,0947	266
96	São João do Rio do Peixe	1994/2020	-6,7253	-38,4518	247
97	São João do Tigre	1994/2020	-8,08	-36,8472	569
98	São José da Lagoa Tapada	1994/2020	-6,9422	-38,1619	261
99	São José de Espinharas	1994/2020	-6,8481	-37,3264	209
100	São José de Piranhas	1994/2020	-7,1156	-38,4967	334
101	São José do Sabugi	1994/2020	-6,77419	-36,8	336
102	São José dos Cordeiros	1994/2020	-7,3908	-36,8058	528
103	São Mamede	1994/2020	-6,9306	-37,1036	272
104	São Miguel de Taipu	1994/2020	-7,24581	-35,20580	34
105	São Sebastião do Umbuzeiro	1994/2020	-8,1517	-37,0097	597
106	São Vicente do Seridó	1994/2020	-6,8553	-36,4106	513
107	Sapé	1994/2020	-7,0925	-35,2233	623
108	Serra Branca	1994/2020	-7,4819	-36,66	485
109	Serra Grande	1994/2020	-7,2142	-38,3722	596
110	Serraria	1994/2020	-6,8192	-35,6386	514
111	Solânea	1994/2020	-6,7594	-35,6478	625
112	Soledade	1994/2020	-7,0608	-36,3619	520
113	Soledade/Fazenda Pendência	1994/2020	-7,1768	-36,4863	508
114	Sossêgo	1994/2020	-6,7664	-36,2467	586
115	Sousa	1994/2020	-6,7694	-38,2194	236
116	Sousa/São Gonçalo	1994/2020	-6,8358	-38,3117	237
117	Sumé	1994/2020	-7,6736	-36,8964	518
118	Taperoá	1994/2020	-7,2163	-36,8281	547
119	Teixeira	1994/2020	-7,2217	-37,2497	765
120	Uiraúna	1994/2020	-6,5231	-38,4092	296

121	Umbuzeiro	1994/2020	-7,6958	-35,6642	530
122	Várzea	1994/2020	-6,7722	-36,9925	269
123	Vista Serrana	1994/2020	-6,7386	-37,5683	245

Tabela A2. Intensidade do El Niño e de La Niña durante o período de 1994 a 2020.

Anos	Índice ENOS (El Niño-vermelho; La Niña-azul; Neutro-preto)											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2

Fonte: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

# **ANEXO B**

**Tabela B1.** Ocorrências de secas obtidas pelo SPI-1.

Estação	Avaliação de secas pelo SPI-1					
	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo
Alhandra-PB	1995	1995	3	-1,89	-1,45	Moderada
	1997	1997	6	-2,04	-1,14	Moderada
	1998	1998	6	-2,39	-0,95	Fraca
	1998	1999	6	-1,54	-0,63	Fraca
	1999	1999	6	-2,03	-0,80	Fraca
	2001	2001	5	-3,10	-0,99	Fraca
	2002	2002	3	-1,10	-0,47	Normal
	2003	2003	3	-0,40	-0,17	Normal
	2004	2005	8	-1,28	-0,82	Fraca
	2005	2006	6	-1,87	-0,72	Fraca
	2006	2006	3	-0,92	-0,62	Fraca
	2010	2010	3	-2,10	-1,04	Moderada
	2012	2012	duas sequências de 3	-1,97	-1,13	Moderada
	2012	2013	3	-0,81	-0,65	Fraca
	2014	2014	3	-0,67	-0,38	Normal
	2015	2015	3	-1,36	-0,93	Fraca
	2016	2016	6	-2,38	-1,11	Moderada
	2018	2018	8	-1,66	-0,73	Fraca
	2019	2020	3	-2,41	-1,14	Moderada
João Pessoa-PB	1995	1995	duas sequências de 3	-1,86	-0,92	Fraca
	1997	1997	3	-1,57	-1,20	Moderada
	1998	1998	5	-2,25	-1,35	Moderada
	1998	1999	9	-2,04	-1,02	Moderada
	2001	2001	6	-2,52	-0,80	Fraca
	2004	2005	6	-1,35	-0,77	Fraca
	2005	2006	13	-1,67	-0,74	Fraca
	2010	2010	6	-2,02	-0,79	Fraca
	2012	2012	3	-2,03	-1,18	Moderada
	2012	2013	5	-2,57	-1,22	Moderada
	2014	2014	5	-0,87	-0,57	Fraca
	2014	2015	3	-0,88	-0,49	Normal
	2015	2015	Uma sequência 3 e outra de 4	-1,99	-0,95	Fraca
	2016	2016	6	-2,59	-1,00	Moderada
	2017	2017	3	-0,58	-0,28	Normal
	2018	2018	6	-2,67	-1,07	Moderada
2019	2020	3	-1,79	-0,94	Fraca	
Mamanguape-PB	1995	1995	Duas sequências 3	-1,66	-0,92	Fraca
	1995	1996	3	-1,09	-0,92	Fraca
	1997	1997	6	-1,86	-1,06	Moderada
	1998	1998	5	-1,75	-0,90	Fraca
	1998	1999	6	-1,91	-0,91	Fraca
	1999	1999	3	-1,32	-1,06	Moderada
	2001	2001	Uma sequência 3 e outra de 7	-2,35	-1,18	Moderada
	2004	2004	4	-0,98	-0,45	Normal
	2005	2005	3	-1,41	-1,12	Moderada
	2005	2006	3	-2,28	-1,28	Moderada

	2006	2006	3	-1,16	-0,89	Fraca
	2009	2009	3	-1,31	-0,96	Fraca
	2010	2010	3	-1,44	-0,77	Fraca
	2012	2012	3	-3,36	-1,67	Severa
	2012	2013	5	-2,16	-1,46	Moderada
	2014	2014	6	-1,54	-0,69	Fraca
	2015	2015	4	-0,85	-0,49	Normal
	2016	2016	3	-2,28	-1,48	Moderada
	2018	2018	6	-1,60	-1,02	Moderada
	2019	2020	4	-2,09	-1,06	Moderada
Araruna-PB	1996	1996	3	-1,38	-0,99	Fraca
	1997	1997	3	-1,22	-0,86	Fraca
	1998	1998	3	-1,64	-0,81	Fraca
	2001	2001	Duas seqüências 3	-1,56	-0,58	Fraca
	2002	2002	Uma seqüência 4 e outra de 3	-1,24	-0,46	Normal
	2005	2005	3	-1,25	-0,62	Fraca
	2005	2006	11	-1,71	-0,67	Fraca
	2009	2009	3	-1,22	-0,81	Fraca
	2010	2010	3	-0,65	-0,40	Normal
	2012	2012	Duas seqüências 3	-3,57	-1,60	Severa
	2012	2013	5	-0,91	-0,65	Fraca
	2014	2014	3	-1,08	-0,79	Fraca
	2016	2016	6	-2,18	-1,18	Moderada
	2017	2017	3	-0,34	-0,24	Normal
	2017	2018	3	-0,66	-0,49	Normal
	2018	2018	7	-1,63	-0,76	Fraca
2019	2020	4	-0,95	-0,53	Fraca	
Campina Grande-PB	1995	1995	Duas seqüências 3	-1,19	-0,92	Fraca
	1995	1996	3	-1,79	-0,80	Fraca
	1997	1997	6	-1,61	-0,76	Fraca
	1998	1998	7	-1,70	-1,03	Moderada
	1998	1999	3	-0,98	-0,76	Fraca
	1999	1999	6	-1,93	-0,79	Fraca
	2002	2002	3	-1,36	-0,79	Fraca
	2007	2007	3	-0,85	-0,43	Normal
	2012	2012	Duas seqüências 3	-2,73	-1,23	Moderada
	2012	2013	5	-1,04	-0,49	Normal
	2014	2015	3	-0,55	-0,43	Normal
	2015	2015	4	-0,89	-0,45	Normal
	2016	2016	7	-2,29	-1,34	Moderada
	2017	2017	3	-1,41	-0,90	Fraca
	2018	2018	6	-2,03	-1,33	Moderada
Umbuzeiro-PB	1995	1995	Uma seqüência 6 e outra de 5	-1,60	-0,64	Fraca
	1997	1997	3	-0,90	-0,51	Fraca
	1998	1998	Duas seqüências 3	-1,45	-0,79	Fraca
	2001	2001	3	-1,63	-0,81	Fraca
	2002	2002	3	-1,32	-0,75	Fraca
	2003	2003	4	-0,65	-0,43	Normal
	2004	2005	4	-1,45	-0,61	Fraca
	2006	2006	Uma seqüência 5 e outra de 4	-1,72	-0,78	Fraca

	2007	2007	3	-0,90	-0,66	Fraca
	2012	2012	Uma sequência 3 e outra de 5	-1,65	-0,88	Fraca
	2014	2014	3	-0,68	-0,46	Normal
	2016	2016	5	-2,68	-1,26	Moderada
	2017	2017	3	-0,73	-0,55	Fraca
	2018	2018	4	-2,19	-1,35	Moderada
	2020	2020	3	-0,90	-0,45	Normal
Picuí-PB	1997	1997	3	-1,79	-1,30	Moderada
	1998	1998	6	-1,79	-1,19	Moderada
	1999	1999	3	-0,92	-0,64	Fraca
	2000	2001	3	-1,18	-0,74	Fraca
	2010	2010	3	-1,05	-0,64	Fraca
	2012	2012	3	-1,79	-1,56	Severa
	2012	2013	6	-1,42	-0,63	Fraca
	2014	2014	Duas sequências 3	-1,79	-0,82	Fraca
	2015	2015	4	-1,69	-0,92	Fraca
	2016	2016	Duas sequências 3	-1,63	-0,56	Fraca
	2018	2018	4	-1,19	-0,62	Fraca
	2019	2019	3	-1,36	-1,05	Moderada
Taperoá-PB	1995	1996	3	-0,43	-0,37	Normal
	1996	1997	3	-0,89	-0,44	Normal
	1998	1998	7	-1,19	-0,80	Fraca
	1998	1999	4	-0,95	-0,59	Fraca
	2001	2001	5	-1,78	-1,00	Moderada
	2003	2003	3	-0,85	-0,48	Normal
	2006	2006	3	-0,46	-0,24	Normal
	2007	2007	3	-0,91	-0,38	Normal
	2007	2008	3	-0,96	-0,45	Normal
	2012	2012	Duas sequências 3	-1,79	-0,89	Fraca
	2016	2016	6	-2,16	-1,17	Moderada
	2016	2017	8	-1,22	-0,58	Fraca
	2017	2018	3	-0,78	-0,42	Normal
	2018	2018	5	-1,22	-0,68	Fraca
	2020	2020	4	-0,69	-0,43	Normal
Monteiro-PB	1996	1996	3	-0,85	-0,43	Normal
	1996	1997	5	-1,25	-0,45	Normal
	1998	1998	7	-1,79	-0,96	Fraca
	1999	1999	4	-1,87	-0,98	Fraca
	2004	2004	3	-0,88	-0,42	Normal
	2012	2012	6	-2,08	-1,10	Moderada
	2015	2015	3	-1,22	-0,57	Fraca
	2016	2016	5	-2,00	-1,17	Moderada
	2016	2017	4	-0,74	-0,42	Normal
	2018	2018	3	-1,89	-1,33	Moderada
Catolé do Rocha-PB	1997	1997	3	-1,22	-0,62	Fraca
	1998	1998	6	-3,47	-1,65	Severa
	1998	1999	3	-2,42	-1,20	Moderada
	1999	1999	3	-1,22	-0,75	Fraca
	2001	2001	5	-2,13	-0,94	Fraca
	2003	2003	3	-0,42	-0,17	Normal



	2004	2005	3	-1,23	-0,64	Fraca
	2007	2008	3	-1,30	-0,50	Fraca
	2010	2010	3	-1,55	-1,04	Moderada
	2012	2012	6	-1,79	-1,01	Moderada
	2013	2013	3	-0,39	-0,34	Normal
	2014	2015	3	-0,77	-0,57	Fraca
	2015	2015	3	-0,65	-0,47	Normal
	2016	2016	7	-1,53	-0,86	Fraca
	2017	2017	3	-0,74	-0,61	Fraca
	2018	2018	4	-1,16	-0,54	Fraca
Cajazeiras-PB	1994	1994	3	-1,65	-0,70	Fraca
	1995	1995	3	0,44	-0,32	Normal
	1998	1998	5	-3,49	-1,41	Moderada
	1998	1999	4	-0,83	-0,38	Normal
	2001	2001	4	-2,62	-1,48	Fraca
	2002	2002	3	-0,76	-0,53	Fraca
	2004	2005	5	-2,01	-0,65	Fraca
	2005	2005	4	-0,84	-0,61	Fraca
	2005	2006	4	-2,06	-0,73	Fraca
	2007	2007	3	-0,53	-0,21	Normal
	2010	2010	5	-1,64	-0,72	Fraca
	2012	2012	3	-0,95	-0,72	Fraca
	2012	2013	3	-1,21	-0,96	Fraca
	2014	2015	6	-1,74	-0,87	Fraca
		2016	2016	Uma sequência 5 e outra de 3	-2,38	-0,74
Princesa Isabel-PB	1995	1996	3	-0,69	-0,44	Normal
	1998	1998	Uma sequência 6 e outra de 3	-1,79	-0,80	Fraca
	2001	2001	3	-1,24	-0,51	Fraca
	2002	2002	7	-0,56	-0,42	Normal
	2003	2003	5	-1,10	-0,72	Fraca
	2004	2004	3	-0,59	-0,33	Normal
	2007	2007	3	-1,45	-0,84	Fraca
	2008	2008	Duas sequências 3	-0,76	-0,41	Normal
	2011	2012	9	-3,92	-1,37	Moderada
	2012	2013	6	-1,32	-0,75	Fraca
	2015	2015	4	-1,02	-0,72	Fraca
	2016	2016	5	-1,49	-0,96	Fraca
	2016	2017	6	-0,80	-0,46	Normal
	2018	2018	4	-1,79	-0,88	Fraca

**Tabela B2.** Ocorrências de secas obtidas pelo SPI-3.

Estação	Avaliação de secas pelo SPI-3					
	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo
Alhandra-PB	1994	1995	6	-1,03	-0,54	Fraca
	1997	1998	14	-2,43	-1,10	Moderada
	1998	1999	12	-1,91	-1,18	Moderada
	2001	2001	8	-1,73	-1,08	Moderada
	2002	2002	4	-0,66	-0,40	Normal
	2002	2003	5	-0,65	-0,33	Normal
	2003	2003	Duas sequências 3	-0,45	-0,19	Normal
	2004	2005	7	-2,41	-1,59	Severa
	2005	2006	11	-2,26	-0,80	Fraca
	2006	2007	3	-0,32	-0,27	Normal
	2008	2008	3	-0,79	-0,43	Normal
	2010	2010	8	-1,52	-0,87	Fraca
	2012	2012	4	-2,43	-1,23	Moderada
	2012	2013	7	-1,34	-0,88	Fraca
	2014	2014	5	-0,88	-0,57	Fraca
	2015	2015	Duas sequências 3	-1,36	-0,77	Fraca
	2016	2016	6	-2,58	-1,39	Moderada
	2018	2018	7	-1,63	-1,17	Moderada
	2019	2020	5	-1,44	-0,59	Fraca
	2020	2020	5	-1,05	-0,63	Fraca
João Pessoa-PB	1995	1995	Uma sequência 4 e outra de 3	-2,01	-0,73	Fraca
	1997	1997	6	-2,00	-1,18	Moderada
	1998	1998	6	-3,04	-1,49	Moderada
	1998	1999	12	-2,27	-1,30	Moderada
	2001	2001	11	-1,61	-0,84	Fraca
	2002	2002	3	-0,28	-0,25	Normal
	2004	2005	7	-1,76	-1,10	Moderada
	2005	2006	13	-2,21	-1,14	Moderada
	2007	2008	3	-1,25	-0,55	Fraca
	2010	2010	6	-1,74	-1,11	Moderada
	2012	2012	3	-1,60	-1,08	Moderada
	2012	2013	9	-2,14	-1,04	Moderada
	2014	2014	8	-1,20	-0,52	Fraca
	2014	2015	3	-1,02	-0,67	Fraca
	2015	2015	3	-1,66	-0,88	Fraca
	2016	2016	5	-2,45	-1,42	Moderada
	2017	2017	3	-0,73	-0,31	Fraca
	2018	2018	7	-1,65	1,00	Moderada
	2019	2020	5	-1,34	-0,65	Fraca
	2020	2020	5	-1,03	-0,45	Normal
Mamanguape-PB	1994	1995	8	-1,04	-0,58	Fraca
	1995	1996	6	-1,42	-0,88	Fraca
	1996	1996	3	-0,92	-0,76	Fraca
	1997	1997	5	-1,76	-0,98	Fraca
	1998	1998	6	-1,91	-1,10	Moderada
	1998	1999	12	-1,79	-0,98	Fraca

	2001	2001	11	-1,90	-1,16	Moderada
	2002	2002	3	-0,21	-0,16	Normal
	2002	2003	5	-0,72	-0,23	Normal
	2004	2005	8	-1,71	-0,80	Fraca
	2005	2006	4	-1,60	-0,73	Fraca
	2006	2006	7	-1,50	-0,68	Fraca
	2010	2010	8	-1,23	-0,56	Fraca
	2012	2012	6	-2,22	-0,86	Fraca
	2012	2013	10	-2,00	-1,02	Moderada
	2014	2014	6	-1,26	-0,87	Fraca
	2015	2015	3	-1,02	-0,58	Fraca
	2016	2016	5	-2,02	-1,20	Moderada
	2018	2019	9	-1,53	-1,00	Moderada
	2019	2020	7	-1,62	-0,67	Fraca
Araruna-PB	1994	1995	4	-0,67	-0,32	Normal
	1995	1996	6	-1,62	-0,65	Fraca
	1996	1996	4	-1,76	-0,75	Fraca
	1997	1997	4	-1,48	-0,82	Fraca
	1998	1998	7	-1,42	-0,70	Fraca
	1999	1999	9	-1,39	-0,68	Fraca
	2001	2001	10	-1,23	-0,72	Fraca
	2002	2002	4	-1,03	-0,68	Fraca
	2004	2004	4	-1,24	-0,43	Normal
	2005	2007	15	-2,50	-0,96	Fraca
	2009	2010	14	-1,90	-0,76	Fraca
	2012	2013	16	-3,28	-1,18	Moderada
	2014	2014	6	-1,38	-0,88	Fraca
	2015	2015	5	-1,14	-0,85	Fraca
	2016	2016	5	-2,60	-1,84	Severa
	2017	2017	4	-0,81	-0,42	Normal
2018	2019	8	-1,87	-1,08	Moderada	
2019	2020	3	-0,93	-0,84	Fraca	
Campina Grande-PB	1995	1995	5	-1,39	-0,45	Fraca
	1995	1996	7	-1,70	-0,95	Fraca
	1997	1997	6	-1,22	-0,77	Fraca
	1998	1998	9	-2,47	-1,22	Moderada
	1998	1999	13	-2,02	-0,84	Fraca
	2002	2002	5	-1,12	-0,38	Normal
	2003	2003	7	-0,87	-0,40	Normal
	2004	2005	5	-1,75	-0,71	Fraca
	2006	2006	3	-0,80	-0,77	Fraca
	2007	2008	3	-1,71	-0,79	Fraca
	2008	2009	3	-1,32	-0,59	Fraca
	2010	2010	3	-1,31	-1,11	Moderada
	2012	2012	4	-2,36	-0,99	Fraca
	2012	2013	9	-1,30	-0,89	Fraca
	2014	2014	6	-1,28	-0,58	Fraca
	2015	2015	6	-1,23	-1,01	Moderada
2016	2016	6	-3,33	-1,99	Severa	
2017	2017	5	-1,64	-0,80	Fraca	

	2018	2019	7	-2,86	-1,69	Severa
	2019	2019	5	-1,09	-0,56	Fraca
	2019	2020	3	-1,31	-0,84	Fraca
	2020	2020	5	-0,98	-0,51	Fraca
Umbuzeiro-PB	1995	1996	14	-2,15	-0,90	Fraca
	1997	1997	5	-0,89	-0,50	Fraca
	1998	1998	8	-1,60	-0,91	Fraca
	1998	1999	13	-1,51	-0,81	Fraca
	2001	2001	Uma sequência 7 e outra de 3	-1,49	-0,56	Fraca
	2002	2002	8	-1,40	-0,46	Normal
	2003	2003	Uma sequência 3 e outra de 5	-0,89	-0,43	Normal
	2004	2005	5	-2,59	-1,15	Moderada
	2005	2006	14	-2,33	-0,98	Fraca
	2007	2008	3	-1,79	-1,34	Moderada
	2012	2013	14	-1,72	-1,02	Moderada
	2014	2014	8	-1,14	-0,88	Fraca
	2015	2015	7	-1,22	-0,58	Fraca
	2016	2016	5	-2,94	-1,74	Severa
	2017	2017	3	-0,74	-0,72	Fraca
	2018	2018	5	-2,60	-1,61	Severa
2020	2020	4	-1,13	-0,56	Fraca	
Picuí-PB	1995	1995	5	-0,54	-0,32	Normal
	1997	1997	3	-0,97	-0,71	Fraca
	1997	1998	17	-3,55	-1,53	Severa
	1999	1999	Uma sequência 3 e outra de 4	-1,57	-0,68	Fraca
	2000	2001	8	-2,19	-0,95	Fraca
	2004	2005	4	-1,01	-0,56	Fraca
	2005	2005	3	-0,61	-0,45	Normal
	2006	2007	3	-1,03	-0,51	Fraca
	2012	2013	17	-2,93	-1,24	Moderada
	2014	2014	3	-1,61	-0,79	Fraca
	2014	2015	8	-1,85	-1,14	Moderada
	2016	2016	10	-2,06	-0,79	Fraca
	2017	2017	6	-0,83	-0,45	Normal
	2017	2018	4	-0,76	-0,61	Fraca
	2018	2018	5	-1,86	-0,99	Fraca
	2019	2020	11	-2,25	-0,83	Fraca
	2020	2020	3	-0,54	-0,25	Normal
Taperoá-PB	1994	1994	4	-0,67	-0,28	Normal
	1995	1995	3	-1,45	0,91	Fraca
	1996	1996	3	-0,90	-0,49	Normal
	1997	1998	16	-1,89	-0,79	Fraca
	1998	1999	8	-1,67	-0,96	Fraca
	2000	2000	5	-0,69	-0,49	Normal
	2001	2001	7	-1,76	-0,93	Fraca
	2002	2002	Uma sequência 3 e outra de 5	-0,70	-0,37	Normal
	2003	2003	7	0,71	-0,59	Fraca
	2004	2004	3	-0,93	-0,78	Fraca
	2005	2005	4	-0,64	-0,46	Normal
	2006	2007	5	-1,48	-0,89	Fraca

	2007	2007	3	-0,63	-0,51	Fraca
	2007	2008	4	-1,10	-0,62	Fraca
	2008	2008	3	-1,04	-0,57	Fraca
	2010	2010	3	-0,42	-0,38	Normal
	2012	2012	5	-3,20	-1,53	Severa
	2012	2013	8	-1,97	-0,67	Fraca
	2015	2015	4	-0,64	-0,24	Normal
	2016	2018	22	-4,04	-1,25	Moderada
	2018	2018	4	-2,16	-1,50	Severa
	2020	2020	3	-1,34	-1,31	Moderada
Monteiro-PB	1994	1994	3	-0,46	-0,30	Normal
	1994	1995	5	-0,94	-0,58	Fraca
	1996	1996	3	0,95	-0,58	Fraca
	1996	1997	6	-1,71	-0,83	Fraca
	1998	1998	6	-2,51	-1,70	Severa
	1998	1999	8	-1,61	-0,96	Fraca
	2001	2001	5	-0,70	-0,42	Normal
	2002	2002	4	-1,66	-1,16	Moderada
	2003	2003	9	-0,94	-0,48	Normal
	2004	2004	4	-0,82	-0,55	Fraca
	2004	2005	5	-1,22	-0,77	Fraca
	2006	2006	Duas sequências 3	-0,82	-0,42	Normal
	2007	2008	10	-1,08	-0,51	Fraca
	2010	2010	5	-1,02	-0,58	Fraca
	2012	2013	18	-3,47	-0,95	Fraca
	2014	2014	4	-1,11	-0,58	Fraca
	2014	2015	8	-0,94	-0,52	Fraca
	2016	2017	12	-3,50	-1,21	Moderada
	2017	2018	3	-0,26	-0,20	Normal
	2018	2018	5	-3,37	-1,56	Severa
2020	2020	4	-0,87	-0,68	Fraca	
Catolé do Rocha-PB	1994	1995	3	-0,33	-0,23	Normal
	1997	1997	9	-1,51	-0,59	Fraca
	1998	1998	8	-4,00	-2,03	Extrema
	1998	1999	6	-1,87	-0,98	Fraca
	2001	2001	7	-1,86	-1,00	Moderada
	2003	2003	9	-0,69	-0,31	Normal
	2004	2005	10	-1,76	-0,83	Fraca
	2005	2005	3	-1,26	-0,60	Fraca
	2006	2006	3	-1,30	-0,77	Fraca
	2007	2008	10	-0,93	-0,45	Normal
	2010	2010	4	-1,85	-0,81	Fraca
	2012	2013	16	-3,66	-1,08	Moderada
	2015	2015	Uma sequência 8 e outra de 3	0,94	-0,47	Normal
	2016	2016	10	-1,98	-1,04	Moderada
	2017	2017	4	-0,90	-0,64	Fraca
	2018	2018	4	-1,43	-0,99	Fraca
2019	2020	4	-1,45	-0,57	Fraca	
	1994	1994	3	-1,11	-0,68	Fraca
	1994	1995	8	-1,22	-0,58	Fraca

Cajazeiras-PB	1995	1995	3	-0,90	-0,72	Fraca
	1997	1997	4	-1,27	-0,41	Normal
	1998	1998	6	-2,-5	-1,32	Moderada
	1998	1999	9	-1,03	-0,56	Fraca
	2001	2001	9	-2,30	-1,19	Moderada
	2002	2003	5	-0,90	-0,36	Normal
	2004	2004	3	-0,80	-0,54	Fraca
	2004	2005	6	-1,71	-0,71	Fraca
	2005	2005	4	-1,13	-0,79	Fraca
	2005	2006	3	-2,01	-1,29	Moderada
	2007	2007	5	-0,87	-0,52	Fraca
	2010	2010	5	-1,95	-1,14	Moderada
	2012	2013	18	-1,62	-0,77	Fraca
	2014	2014	Duas seqüências 3	-0,30	-0,18	Normal
	2015	2015	Uma seqüência 6 e outra de 3	-1,97	-1,06	Moderada
	2016	2017	14	-2,16	-0,82	Fraca
	2018	2018	4	-0,71	-0,50	Fraca
	2020	2020	4	-1,75	-0,80	Fraca
Princesa Isabel-PB	1994	1994	3	-1,00	-0,62	Fraca
	1995	1995	4	-0,50	-0,30	Normal
	1998	1999	20	-2,10	-0,87	Fraca
	2001	2001	6	-0,87	-0,57	Fraca
	2002	2002	8	-1,10	-0,78	Fraca
	2003	2003	6	-1,50	-0,88	Fraca
	2004	2005	4	-1,21	-0,76	Fraca
	2005	2006	4	-1,19	0,72	Fraca
	2007	2008	8	-1,79	-0,89	Fraca
	2008	2009	6	-1,32	-0,81	Fraca
	2010	2010	4	-0,89	-0,63	Fraca
	2011	2013	18	-4,19	-1,65	Severa
	2014	2015	7	-1,21	-0,71	Fraca
	2015	2015	3	-0,88	-0,58	Fraca
	2016	2017	14	-1,79	-1,12	Moderada
	2017	2018	3	-1,59	-0,99	Fraca
	2018	2018	4	-1,48	-1,20	Moderada

**Tabela B3.** Ocorrências de secas obtidas pelo SPI-6.

Estação	Avaliação de secas pelo SPI-6					
	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo
Alhandra-PB	1995	1995	5	-1,03	-0,56	Fraca
	1995	1996	3	-1,52	-0,96	Fraca
	1997	1998	16	-1,98	-1,15	Moderada
	1999	1999	12	-1,94	-1,38	Moderada
	2001	2001	8	-1,88	-1,33	Moderada
	2002	2002	4	-0,60	-0,34	Normal
	2003	2003	3	-0,38	-0,20	Normal
	2005	2005	5	-2,64	-1,82	Severa
	2005	2007	16	-1,82	-0,63	Fraca
	2008	2008	3	-0,31	-0,20	Normal
	2010	2010	11	-1,52	-0,99	Fraca
	2012	2013	15	-1,48	-0,74	Fraca
	2014	2014	6	-0,73	-0,54	Fraca
	2015	2015	8	-0,80	-0,40	Normal
	2016	2017	9	-2,38	-0,98	Fraca
	2018	2019	9	-1,74	-0,94	Fraca
	2020	2020	4	-1,03	-0,64	Fraca
João Pessoa-PB	1995	1995	6	-0,90	-0,54	Fraca
	1997	1998	18	-1,95	-0,97	Fraca
	1999	2000	12	-2,37	-1,67	Severa
	2001	2002	11	-1,76	-0,99	Fraca
	2005	2005	5	-1,65	-1,13	Moderada
	2005	2007	14	-2,31	-1,29	Moderada
	2010	2010	9	-1,56	-1,02	Moderada
	2012	2012	6	-0,80	-0,47	Normal
	2012	2013	7	-2,36	-1,25	Moderada
	2014	2014	9	-1,22	-0,67	Fraca
	2015	2015	8	-1,12	-0,58	Fraca
	2016	2017	10	-2,05	-0,87	Fraca
	2018	2019	8	-1,79	-0,96	Fraca
Mamanguape-PB	1995	1995	8	-1,10	-0,58	Fraca
	1996	1996	Uma sequência 3 e outra de 4	-1,50	-0,67	Fraca
	1997	1998	14	-1,67	-0,88	Fraca
	1999	1999	12	-1,92	-1,21	Moderada
	2001	2002	12	-1,98	-1,30	Moderada
	2004	2005	6	-1,56	-0,84	Fraca
	2005	2006	13	-1,35	-0,66	Fraca
	2010	2010	10	-1,09	-0,74	Fraca
	2012	2012	9	-1,52	-0,70	Fraca
	2012	2013	8	-2,00	-1,35	Moderada
	2014	2014	9	-1,55	-0,65	Fraca
	2015	2015	7	-0,57	-0,28	Normal
	2016	2017	8	-1,95	-0,83	Fraca
	2018	2019	8	-1,75	-1,08	Moderada
2020	2020	6	-1,20	-0,53	Fraca	
	1995	1995	3	-0,48	-0,36	Normal

Araruna-PB	1995	1996	5	-1,89	-0,64	Fraca
	1997	1998	14	-1,33	-0,69	Fraca
	1999	1999	12	-1,21	-0,69	Fraca
	2001	2001	9	-1,27	-0,92	Fraca
	2002	2002	7	-0,67	-0,44	Normal
	2005	2007	18	-2,64	-1,02	Moderada
	2010	2010	11	-1,67	-1,06	Moderada
	2012	2013	17	-2,28	-1,39	Moderada
	2014	2014	5	-1,54	-0,77	Fraca
	2015	2015	7	-1,17	-0,56	Fraca
	2016	2017	14	-2,46	-0,77	Fraca
	2018	2019	8	-1,83	-1,06	Moderada
	2020	2020	Uma sequência 3 e outra de 4	-0,43	-0,26	Normal
Campina Grande-PB	1995	1995	4	-1,00	-0,51	Fraca
	1995	1996	4	-2,17	-1,19	Moderada
	1997	1999	31	-2,48	-1,06	Moderada
	2002	2003	8	-0,77	-0,32	Normal
	2003	2003	9	-0,80	-0,49	Normal
	2005	2005	5	-0,93	-0,47	Normal
	2006	2006	3	-1,20	-0,68	Fraca
	2006	2007	3	-0,58	-0,34	Normal
	2010	2010	7	-1,09	-0,64	Fraca
	2012	2013	16	-1,76	-0,71	Fraca
	2014	2014	7	-1,19	-0,61	Fraca
	2015	2015	8	-1,45	-0,74	Fraca
	2016	2017	17	-3,38	-1,15	Moderada
	2018	2019	15	-3,13	-1,04	Moderada
2020	2020	12	-0,67	-0,37	Normal	
Umbuzeiro-PB	1995	1996	13	-1,95	-1,07	Moderada
	1997	1999	27	-1,83	-0,93	Fraca
	2001	2001	9	-1,33	-0,66	Fraca
	2002	2003	18	-1,23	-0,58	Fraca
	2004	2005	5	-1,26	-0,83	Fraca
	2005	2007	15	-1,65	-0,95	Fraca
	2008	2008	4	-0,15	-0,08	Normal
	2012	2013	16	-1,96	-0,94	Fraca
	2014	2014	8	-1,32	-0,92	Fraca
	2015	2015	7	-1,12	-0,67	Fraca
	2016	2017	12	-2,63	-0,87	Fraca
	2018	2019	7	-2,31	-1,10	Moderada
Picuí-PB	1996	1997	6	-1,01	-0,55	Fraca
	1997	1998	15	-3,72	-2,24	Extrema
	1999	1999	3	-0,63	-0,35	Normal
	1999	2000	3	-1,74	-0,97	Fraca
	2001	2001	9	-1,27	-0,86	Fraca
	2002	2003	3	-0,40	-0,31	Normal
	2004	2005	6	-0,80	-0,30	Normal
	2012	2013	20	-2,63	-1,54	Severa
	2014	2014	3	-0,79	-0,46	Normal
	2014	2015	12	-1,95	-1,14	Moderada



	2016	2017	20	-1,26	-0,72	Fraca
	2018	2018	9	-1,27	-0,57	Fraca
	2019	2020	10	-2,20	-1,02	Moderada
Taperoá-PB	1994	1995	6	-0,50	-0,30	Normal
	1995	1996	9	-0,65	-0,33	Normal
	1997	1997	3	-0,13	-0,08	Normal
	1997	1999	25	-1,84	-1,03	Moderada
	2000	2000	8	-0,54	-0,27	Normal
	2001	2001	8	-1,53	-1,15	Moderada
	2002	2002	3	-0,27	-0,23	Normal
	2003	2003	10	-0,90	-0,66	Fraca
	2004	2004	3	-0,73	-0,55	Fraca
	2005	2005	6	-0,57	-0,44	Normal
	2007	2008	5	-1,13	-0,76	Fraca
	2010	2010	6	-0,33	-0,19	Normal
	2012	2013	20	-1,93	-1,00	Moderada
	2015	2015	4	-0,86	-0,39	Normal
	2016	2018	22	-3,03	-1,44	Moderada
	2020	2020	3	-0,63	-0,38	Normal
	Monteiro-PB	1995	1995	4	-1,08	-0,42
1996		1997	9	-1,35	-0,83	Fraca
1998		1999	21	-2,75	-1,14	Moderada
2001		2001	4	-0,69	-0,46	Normal
2002		2002	5	-1,20	-0,46	Normal
2003		2003	9	-1,02	-0,63	Fraca
2004		2005	8	-1,20	-0,59	Fraca
2006		2006	3	-0,37	-0,30	Normal
2006		2007	3	-1,74	-1,14	Moderada
2007		2008	7	-1,28	-0,77	Fraca
2010		2010	7	-1,05	-0,59	Fraca
2012		2013	22	-2,95	-1,13	Moderada
2014		2015	14	-1,11	-0,65	Fraca
2016		2017	13	-3,04	-1,24	Moderada
2018		2018	12	-1,19	-0,40	Normal
2019	2020	5	-0,69	-0,36	Normal	
Catolé do Rocha-PB	1994	1995	4	-0,43	-0,16	Normal
	1997	1999	32	-3,39	-1,16	Moderada
	2001	2001	9	-1,64	-1,08	Moderada
	2002	2002	3	-0,66	-0,25	Normal
	2003	2003	10	-0,77	-0,29	Normal
	2005	2006	16	-1,99	-0,88	Fraca
	2006	2007	3	-1,58	-0,69	Fraca
	2007	2008	7	-1,04	-0,66	Fraca
	2010	2010	7	-1,29	-0,64	Fraca
	2012	2013	19	-3,62	-1,18	Moderada
	2015	2017	33	-1,95	-0,76	Fraca
	2018	2018	3	-1,17	-0,80	Fraca
2019	2020	3	-0,77	-0,57	Fraca	
	1994	1995	5	-0,95	-0,59	Fraca
	1997	1997	3	-0,86	-0,41	Normal

Cajazeiras-PB	1998	1999	19	-2,20	-0,97	Fraca
	2001	2001	11	-2,34	-1,22	Moderada
	2002	2003	8	-0,54	-0,20	Normal
	2003	2003	5	-0,30	-0,13	Normal
	2004	2004	3	-0,60	-0,39	Normal
	2004	2005	8	-1,79	-0,87	Fraca
	2005	2006	7	-2,17	-0,92	Fraca
	2007	2007	7	-0,40	-0,16	Normal
	2010	2010	8	-1,79	-1,07	Moderada
	2012	2013	18	-1,91	-1,01	Moderada
	2015	2015	10	-1,86	-1,17	Moderada
	2016	2018	17	-2,45	-0,80	Fraca
	2019	2019	3	-0,72	-0,57	Fraca
Princesa Isabel-PB	1995	1995	4	-0,46	-0,33	Normal
	1996	1996	3	-0,33	-0,22	Normal
	1998	1999	19	-2,08	-1,11	Moderada
	2000	2000	4	-0,50	-0,36	Normal
	2001	2001	9	-0,86	-0,44	Normal
	2002	2002	5	-1,17	-0,99	Fraca
	2003	2003	9	-1,21	-0,58	Fraca
	2004	2005	6	-0,81	-0,30	Normal
	2005	2006	3	-1,11	-0,64	Fraca
	2007	2008	7	-2,31	-0,85	Fraca
	2008	2009	6	-1,36	-0,54	Fraca
	2010	2010	7	-0,68	-0,45	Normal
	2011	2013	22	-4,52	-1,83	Severa
	2014	2015	11	-1,47	-0,68	Fraca
2016	2017	17	-2,29	-1,13	Moderada	

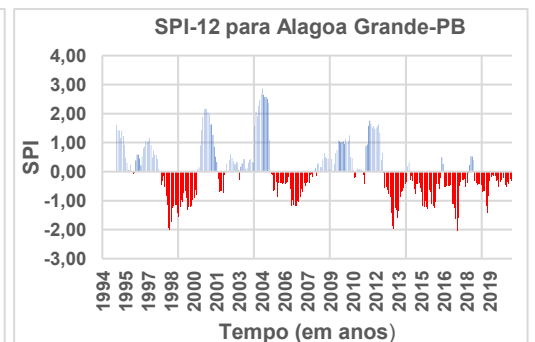
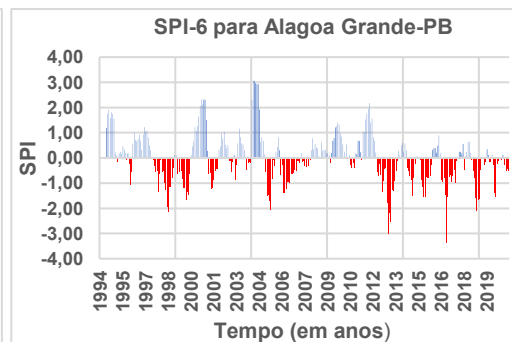
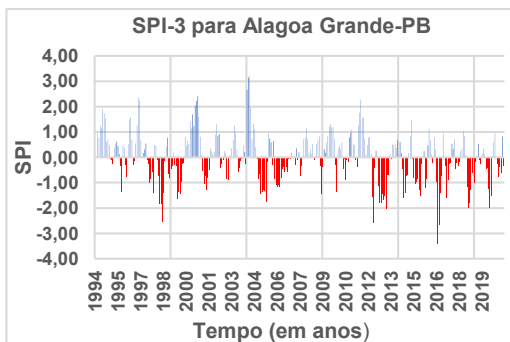
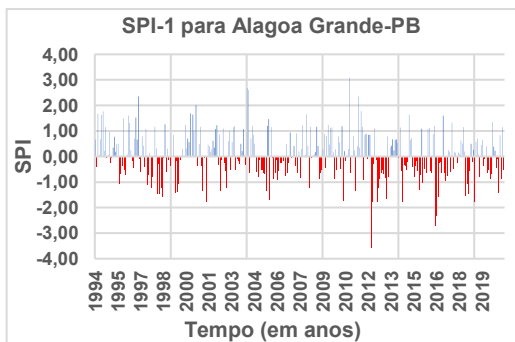
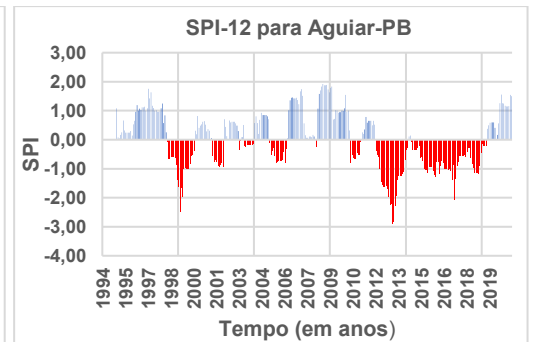
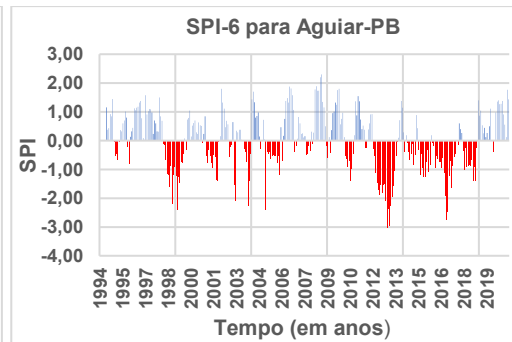
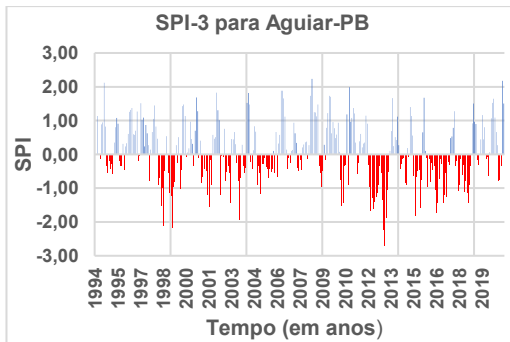
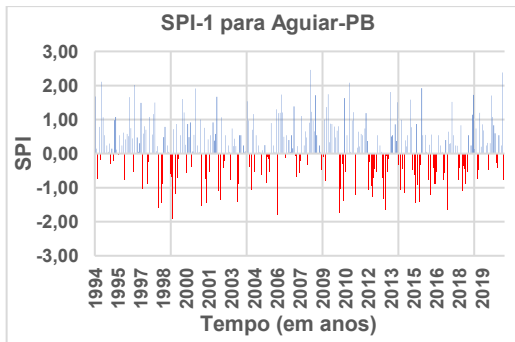
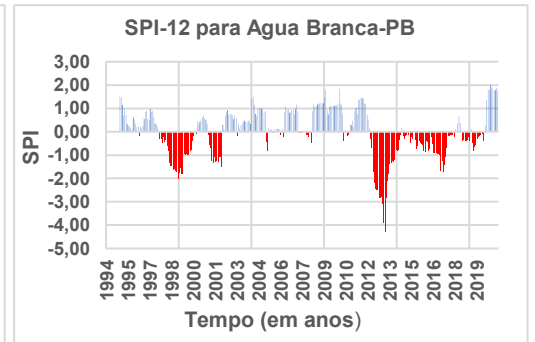
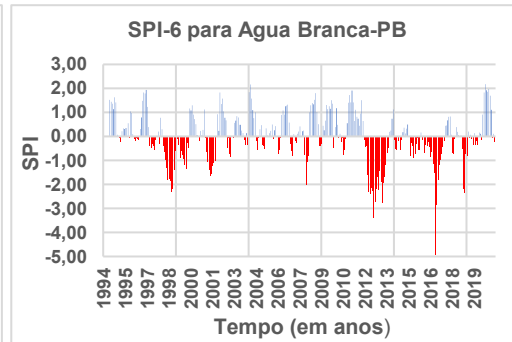
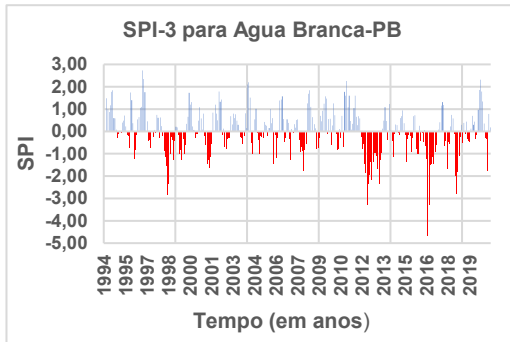
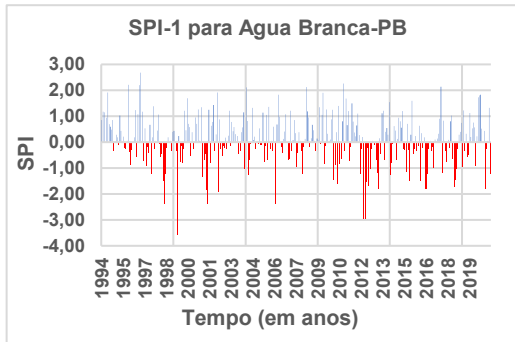
**Tabela B4.** Ocorrências de secas obtidas pelo SPI-12.

Estação	Avaliação de secas pelo SPI-12					
	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo
Alhandra-PB	1995	1996	8	-0,35	-0,19	Normal
	1997	2000	33	-3,17	-1,40	Moderada
	2001	2003	21	-1,71	-0,68	Fraca
	2005	2005	3	-0,66	-0,56	Fraca
	2005	2006	8	-0,48	-0,10	Normal
	2006	2007	13	-1,24	-0,77	Fraca
	2010	2011	12	-154	-1,02	Moderada
	2012	2013	13	-1,34	-0,77	Fraca
	2014	2015	4	-0,15	-0,12	Normal
	2015	2016	8	-0,62	-0,37	Normal
	2016	2017	13	-1,20	-0,81	Fraca
	2018	2019	12	-1,43	-0,81	Fraca
	2020	2020	5	-0,17	-0,12	Normal
João Pessoa-PB	1995	1996	7	-0,23	-0,10	Normal
	1997	2000	34	-2,76	-1,49	Moderada
	2001	2002	12	-1,59	-1,01	Moderada
	2006	2007	13	-2,04	-1,52	Severa
	2010	2011	11	-1,49	-0,97	Fraca
	2012	2013	13	-1,17	-0,53	Fraca
	2014	2016	22	-1,14	-0,62	Fraca
	2016	2017	12	-1,15	-0,61	Fraca
	2018	2019	11	-1,02	-0,67	Fraca
Mamanguape-PB	1995	1996	9	-0,64	-0,41	Normal
	1996	1997	7	-0,76	-0,29	Normal
	1997	2000	32	-2,62	-1,13	Moderada
	2001	2002	13	-2,09	-1,38	Moderada
	2005	2005	4	-0,84	-0,55	Fraca
	2006	2007	12	-1,22	-0,78	Fraca
	2010	2011	11	-0,97	-0,68	Fraca
	2012	2013	18	-1,76	-0,87	Fraca
	2014	2015	12	-0,98	-0,63	Fraca
	2015	2016	5	-0,27	-0,17	Normal
	2016	2017	12	-1,14	-0,53	Fraca
	2018	2019	12	-0,85	-0,62	Fraca
	2020	2020	7	-0,20	-0,12	Normal
Araruna-PB	1995	1996	3	-0,16	-0,10	Normal
	1998	2000	23	-1,63	-0,88	Fraca
	2001	2003	19	-1,19	-0,59	Fraca
	2006	2007	17	-1,93	-1,20	Moderada
	2010	2011	11	-1,32	-0,86	Fraca
	2012	2013	19	-2,90	-1,40	Moderada
	2014	2015	7	-1,16	-0,86	Fraca
	2015	2015	4	-0,61	-0,47	Normal
	2016	2018	20	-1,53	-0,61	Fraca
	2018	2019	14	-1,19	-0,59	Fraca
2020	2020	6	-0,35	-0,29	Normal	

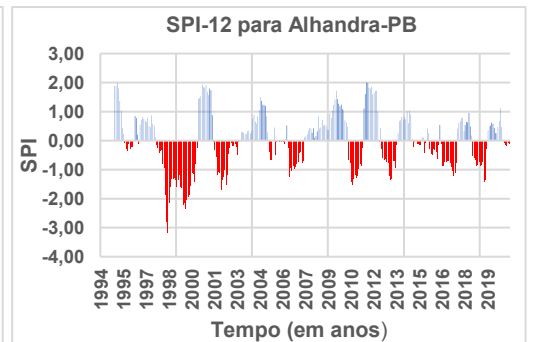
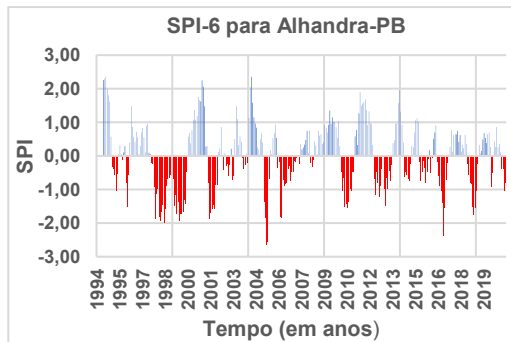
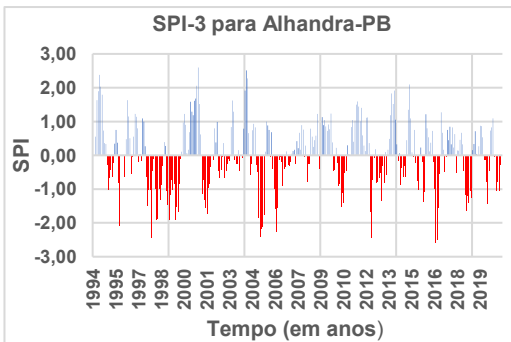
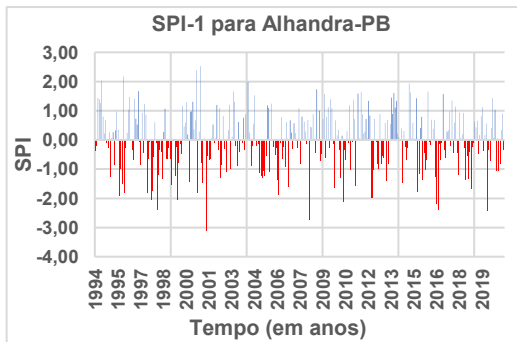
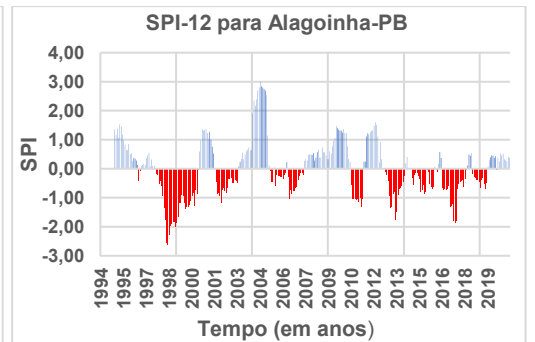
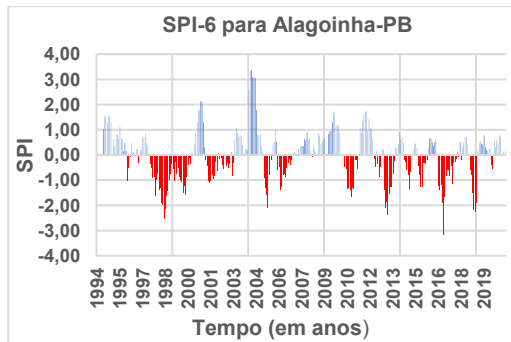
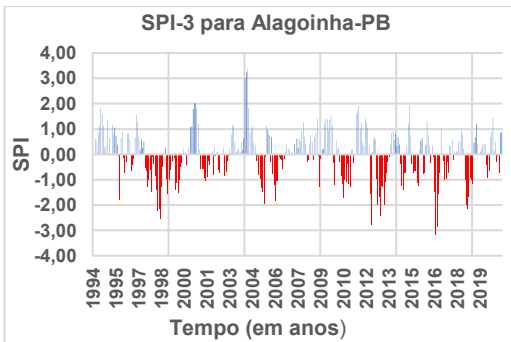
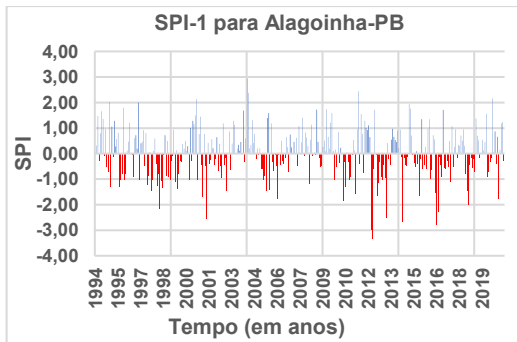
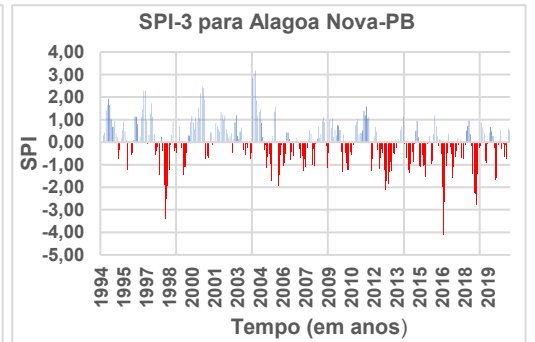
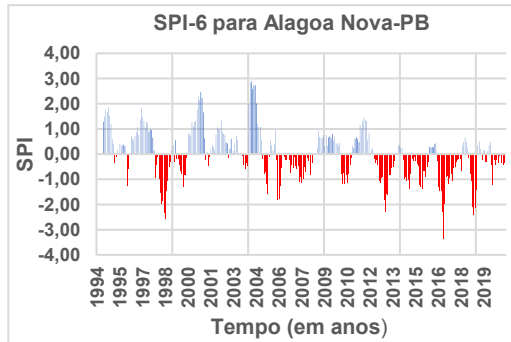
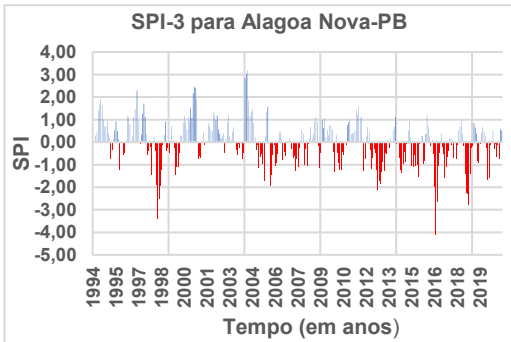
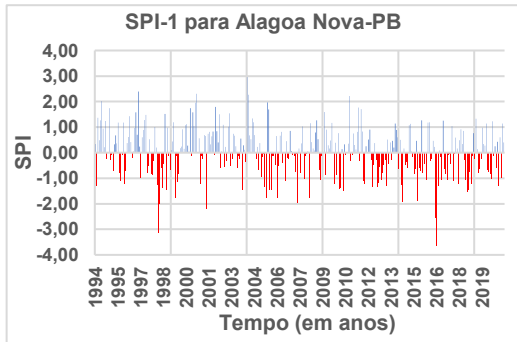
Campina Grande-PB	1995	1996	8	-0,48	-0,29	Normal
	1996	1996	3	-0,49	-0,24	Normal
	1997	2000	33	-2,25	-1,26	Moderada
	2003	2003	12	-0,72	-0,47	Normal
	2006	2006	3	-0,08	-0,07	Normal
	2010	2011	7	-0,50	-0,34	Normal
	2012	2016	45	-1,33	-0,42	Normal
	2016	2018	20	-2,31	-1,13	Moderada
	2018	2020	30	-2,26	-0,60	Fraca
Umbuzeiro-PB	1995	1996	15	-1,72	-1,00	Moderada
	1998	2000	26	-2,08	-1,30	Moderada
	2001	2002	10	-1,16	-0,60	Fraca
	2002	2003	18	-1,12	-0,65	Fraca
	2006	2007	15	-1,57	-0,91	Fraca
	2008	2009	5	-0,14	-0,06	Normal
	2012	2013	16	-1,99	-0,95	Fraca
	2014	2015	15	-1,19	-0,63	Fraca
	2015	2015	5	-0,76	-0,44	Normal
	2016	2017	7	-1,46	-0,86	Fraca
	2019	2019	6	-1,62	-0,87	Fraca
2020	2020	4	-0,08	-0,06	Normal	
Picuí-PB	1998	2000	23	-3,51	-1,55	Severa
	2001	2002	13	-1,09	-0,61	Fraca
	2005	2005	5	-0,84	-0,28	Normal
	2012	2014	25	-3,28	-1,60	Severa
	2014	2018	55	-2,09	-0,75	Fraca
	2019	2020	12	-1,21	-0,52	Fraca
Taperoá-PB	1996	1997	10	-0,45	-0,29	Normal
	1997	2002	56	-1,98	-0,86	Fraca
	2003	2003	12	-0,74	-0,59	Fraca
	2005	2006	13	-0,92	-0,36	Normal
	2007	2007	7	-0,15	-0,12	Normal
	2012	2014	24	-2,23	-1,09	Moderada
	2015	2015	3	-0,12	-0,06	Normal
	2016	2018	24	-2,60	-1,26	Moderada
Monteiro-PB	1995	1995	4	-0,05	-0,03	Normal
	1996	1997	13	-0,97	-0,63	Fraca
	1998	2000	25	-3,05	-1,37	Moderada
	2003	2003	11	-1,01	-0,62	Fraca
	2007	2008	10	-0,87	-0,33	Normal
	2010	2010	5	-0,65	-0,49	Normal
	2012	2014	25	-2,77	-1,45	Moderada
	2014	2015	19	-1,29	-0,64	Fraca
	2016	2017	12	-2,64	-0,83	Fraca
	2018	2019	9	-0,76	-0,43	Normal
Catolé do Rocha-PB	1997	1999	33	-3,62	-1,37	Moderada
	2001	2001	11	-1,22	-0,93	Fraca
	2003	2003	9	-0,34	-0,25	Normal
	2005	2006	16	-1,33	-0,93	Fraca
	2007	2007	8	-0,29	-0,20	Fraca

	2010	2010	6	-0,54	-0,44	Normal
	2012	2013	19	-2,07	-1,07	Moderada
	2015	2018	36	-2,24	-0,96	Fraca
	2019	2019	3	-0,28	-0,16	Normal
	2019	2020	3	-0,19	-0,12	Normal
Cajazeiras-PB	1994	1995	5	-0,87	-0,49	Normal
	1995	1995	7	-0,21	-0,16	Normal
	1998	1999	22	-2,23	-1,02	Moderada
	2001	2002	14	-1,48	-0,92	Fraca
	2002	2003	4	-0,61	-0,23	Normal
	2003	2003	8	-0,21	-0,18	Normal
	2005	2006	15	-1,52	-0,89	Fraca
	2007	2007	9	-0,45	-0,25	Normal
	2010	2010	9	-1,28	-0,96	Fraca
	2012	2014	23	-1,95	-0,96	Fraca
	2014	2014	6	-0,10	-0,06	Normal
	2014	2016	16	-1,74	-1,12	Moderada
	2016	2018	23	-1,43	-0,58	Fraca
	2018	2018	4	-0,07	-0,06	Normal
Princesa Isabel-PB	1995	1995	5	-0,21	-0,14	Normal
	1995	1996	4	-0,20	-0,12	Normal
	1998	2000	27	-2,14	-0,94	Fraca
	2000	2001	15	-1,01	-0,39	Normal
	2003	2003	12	-0,68	-0,45	Normal
	2005	2006	8	-0,45	-0,16	Normal
	2010	2010	9	-0,50	-0,27	Normal
	2012	2014	24	-4,57	-2,10	Extrema
	2015	2016	12	-1,21	-0,78	Fraca
2016	2018	23	-2,47	-0,99	Fraca	

# **ANEXO C**

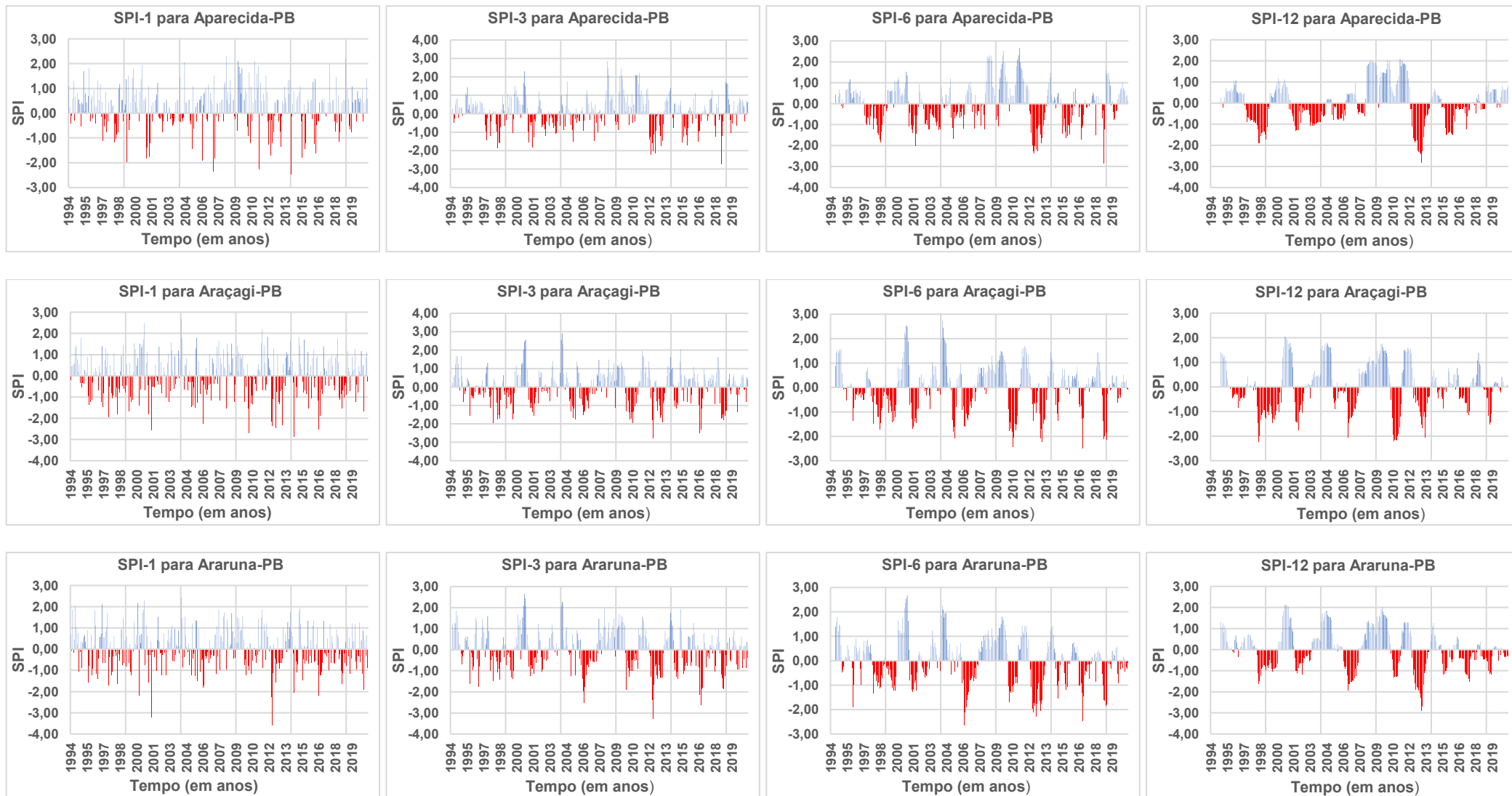


**Anexo C1.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Água branca-PB, Aguiar-PB e Alagoa Grande-PB).

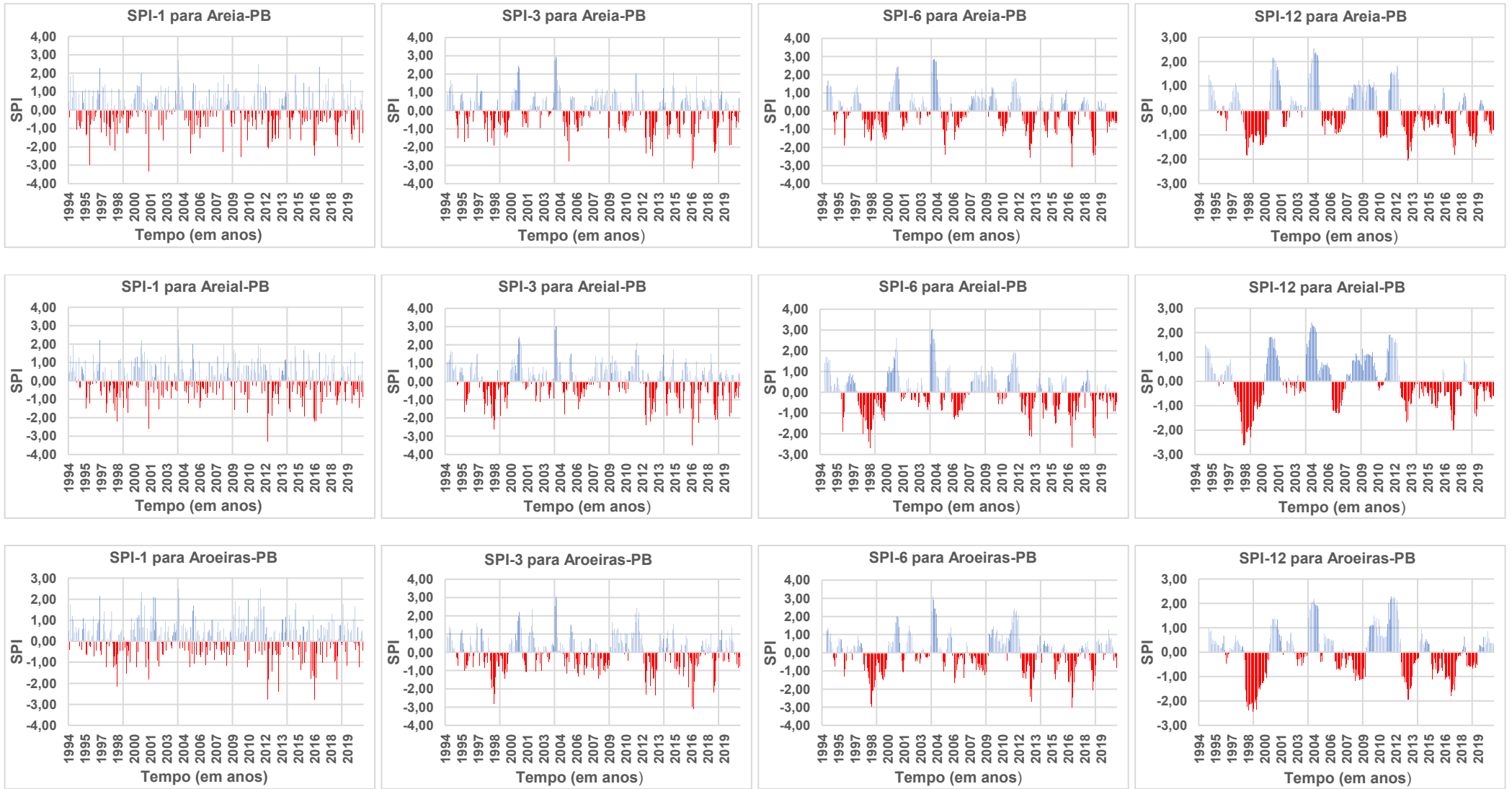


**Anexo C2.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Alagoa Nova-PB, Alagoinha-PB e Alhandra-PB).

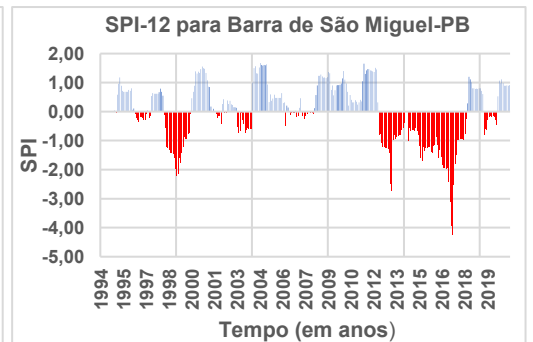
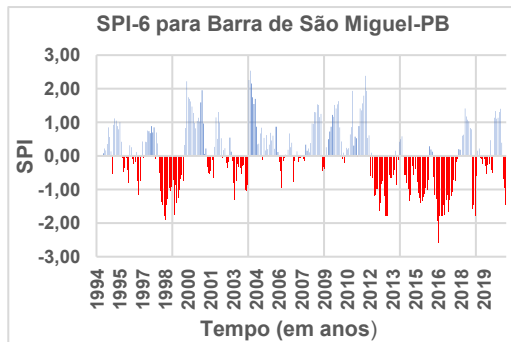
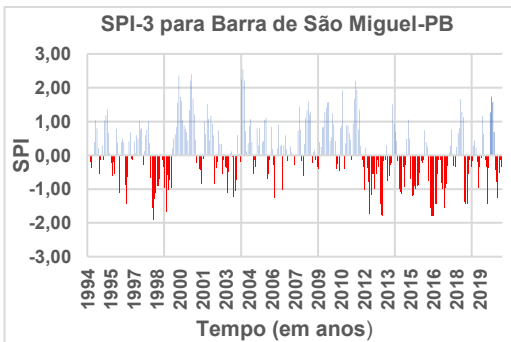
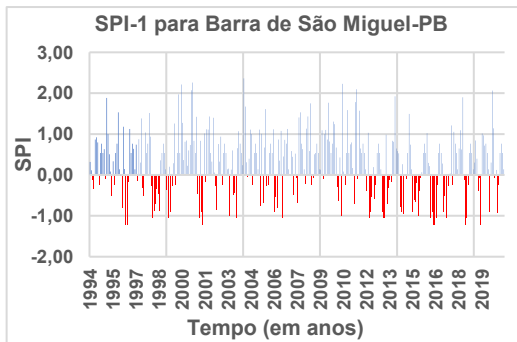
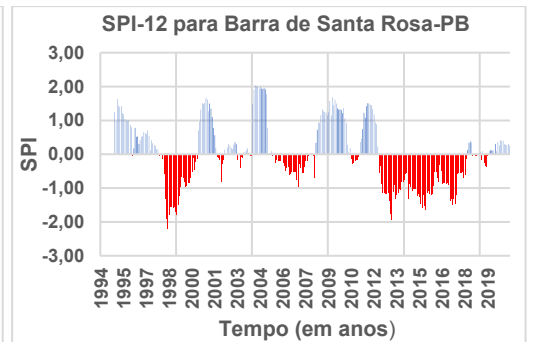
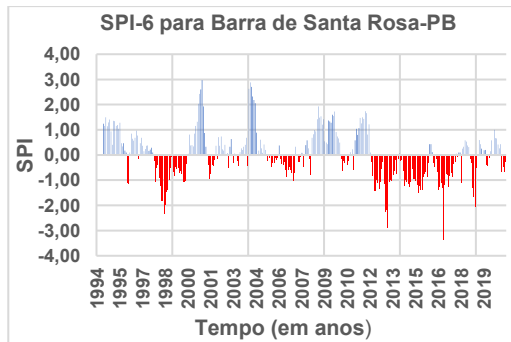
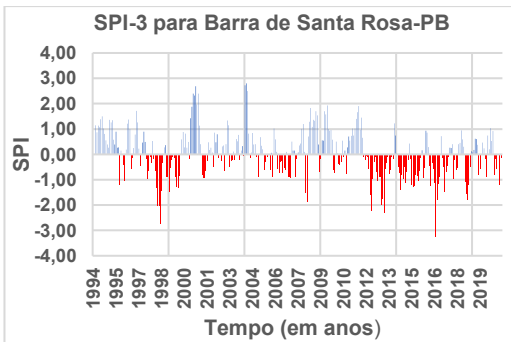
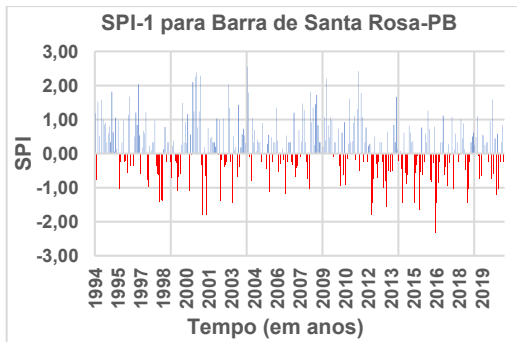
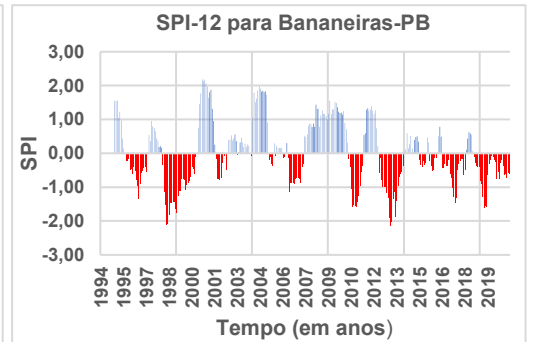
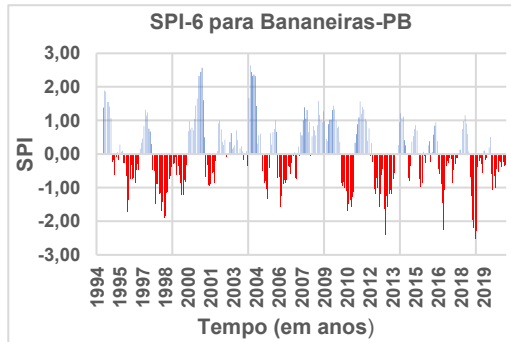
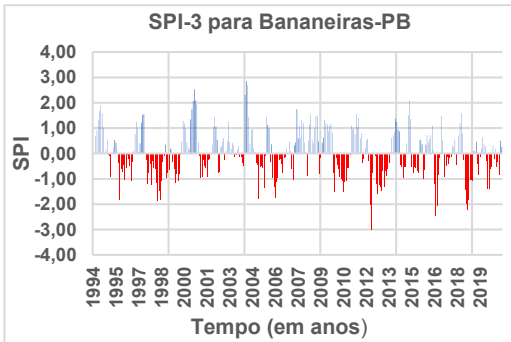
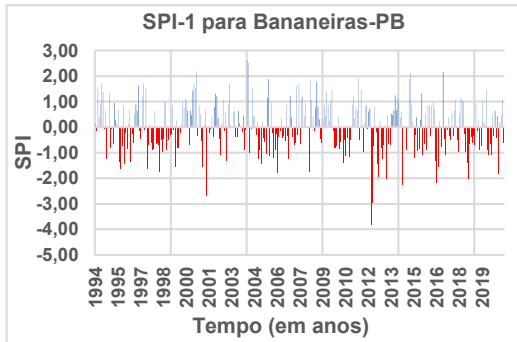




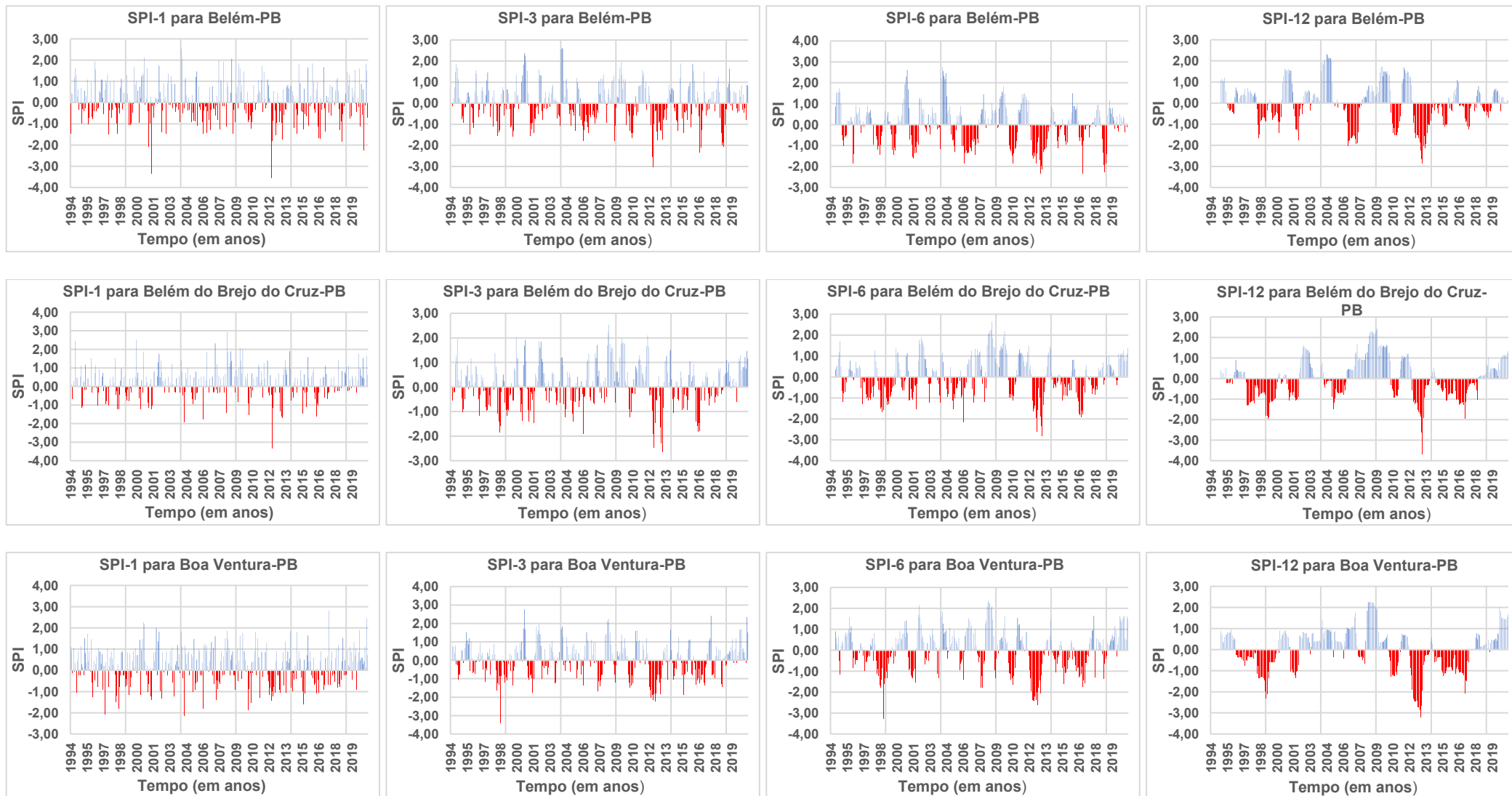
**Anexo C3.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Aparecida-PB, Araçagi-PB e Araruna-PB).



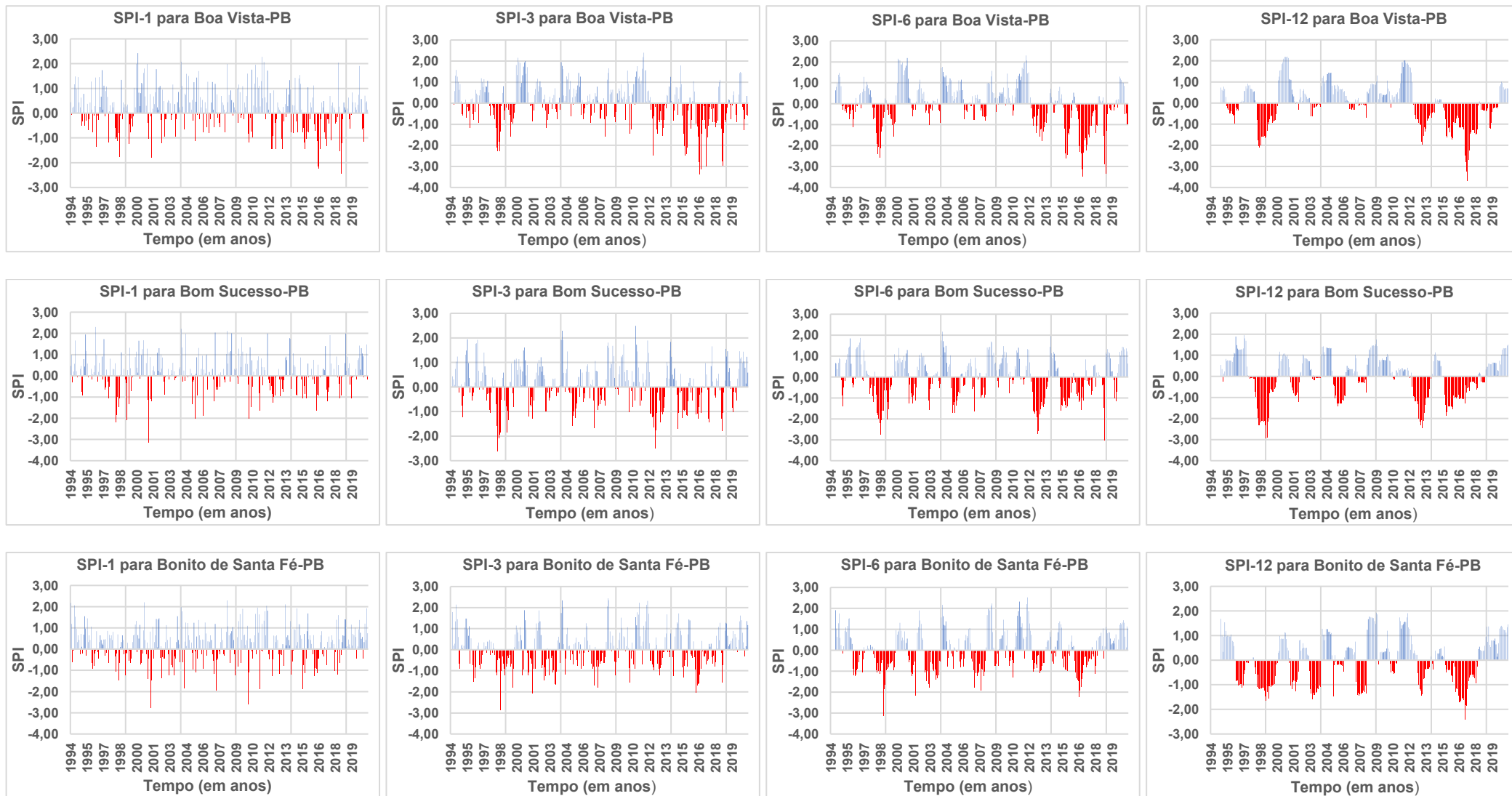
**Anexo C4.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Areia-PB, Areia-PB e Aroeiras-PB).



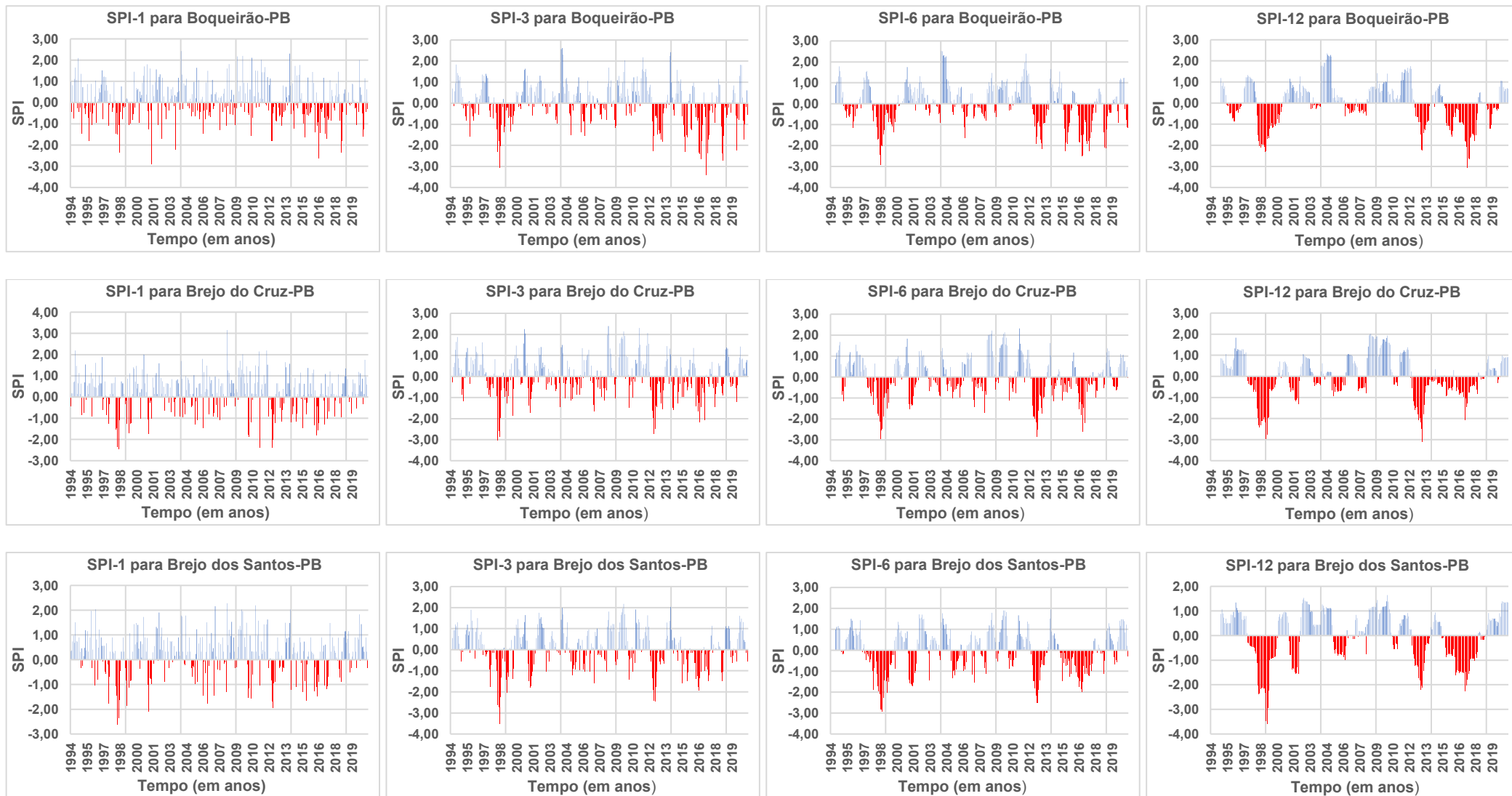
**Anexo C5.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Bananeiras-PB, Barra de Santa Rosa-PB e Barra de São Miguel-PB).



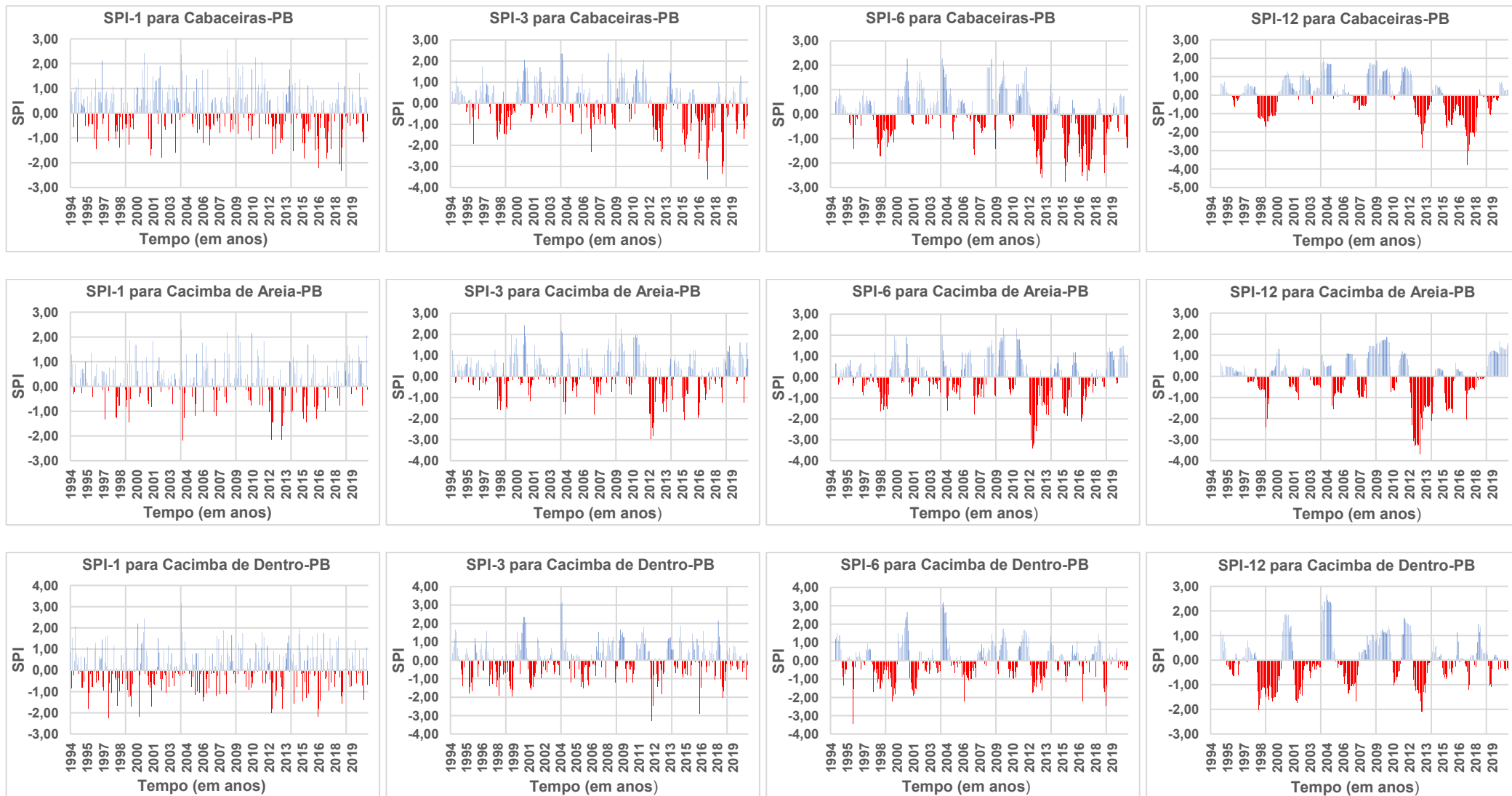
**Anexo C6.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Belém-PB, Belém do Brejo do Cruz-PB e Boa Ventura-PB).



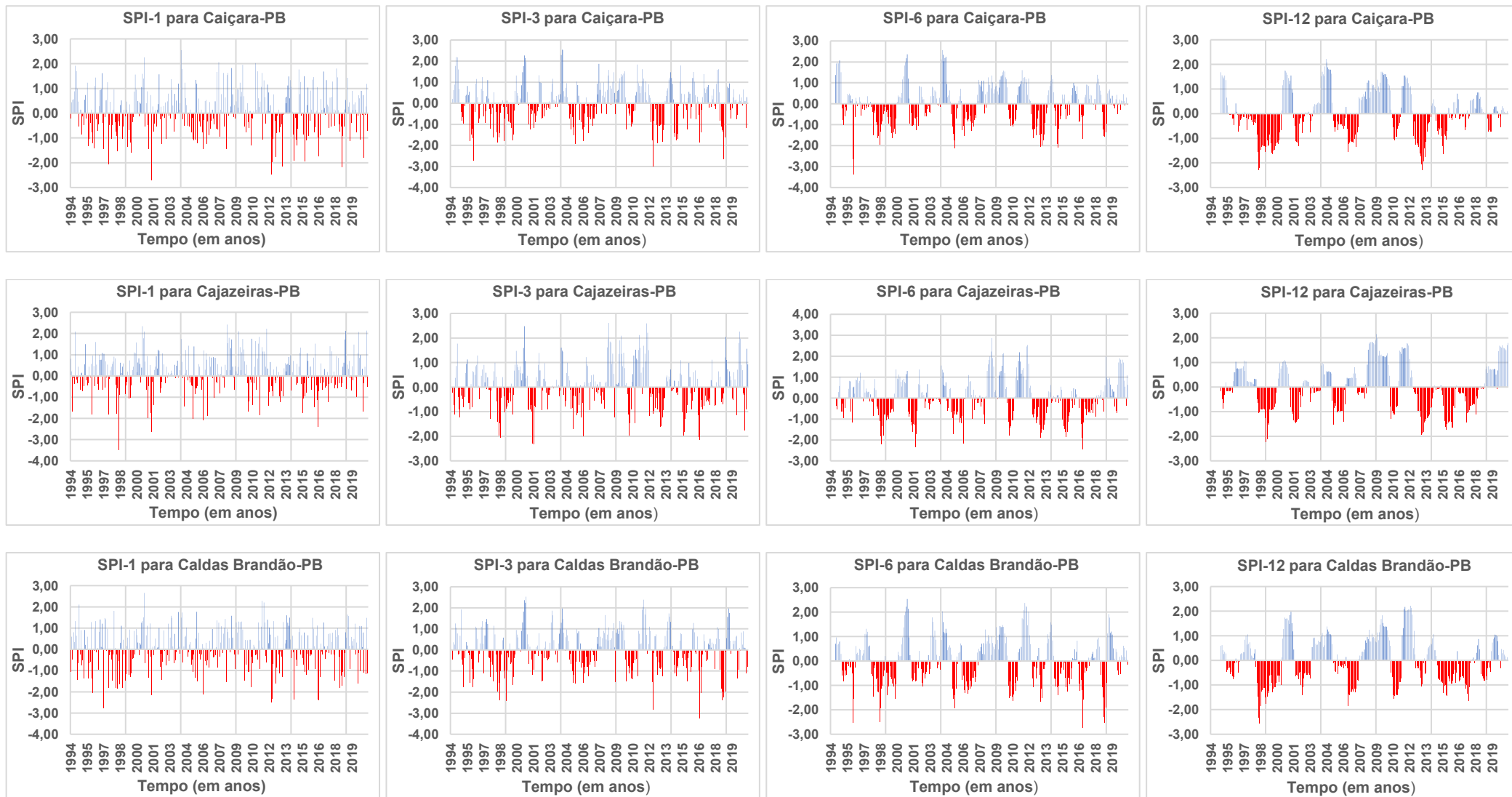
**Anexo C7.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Boa Vista-PB, Bom Sucesso-PB e Bonito de Santa Fé-PB).



**Anexo C8.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Boqueirão-PB, Brejo do Cruz-PB e Brejo dos Santos-PB).

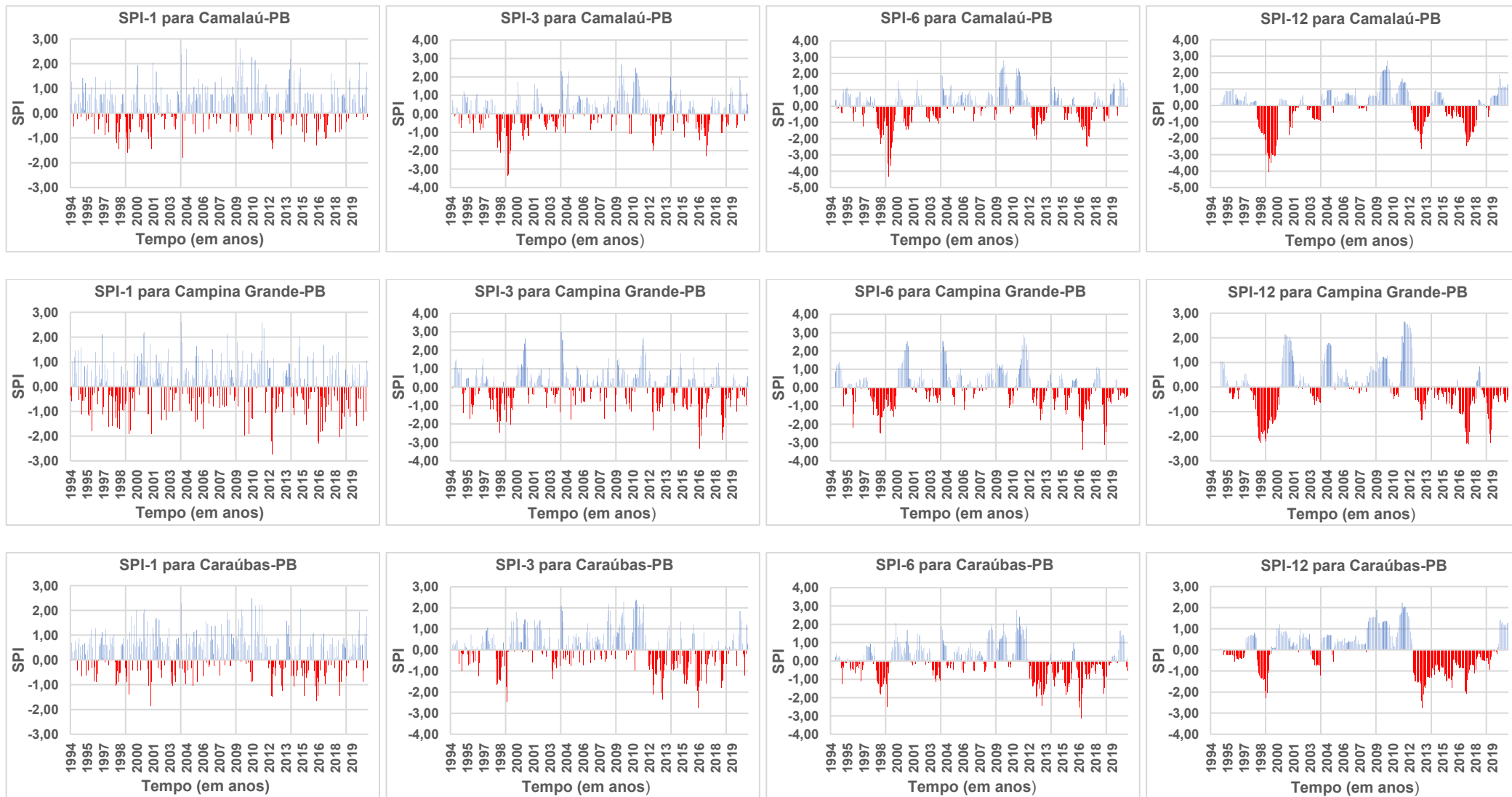


**Anexo C9.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Cabaceiras-PB, Cacimba de Areia-PB e Cacimba de Dentro-PB).

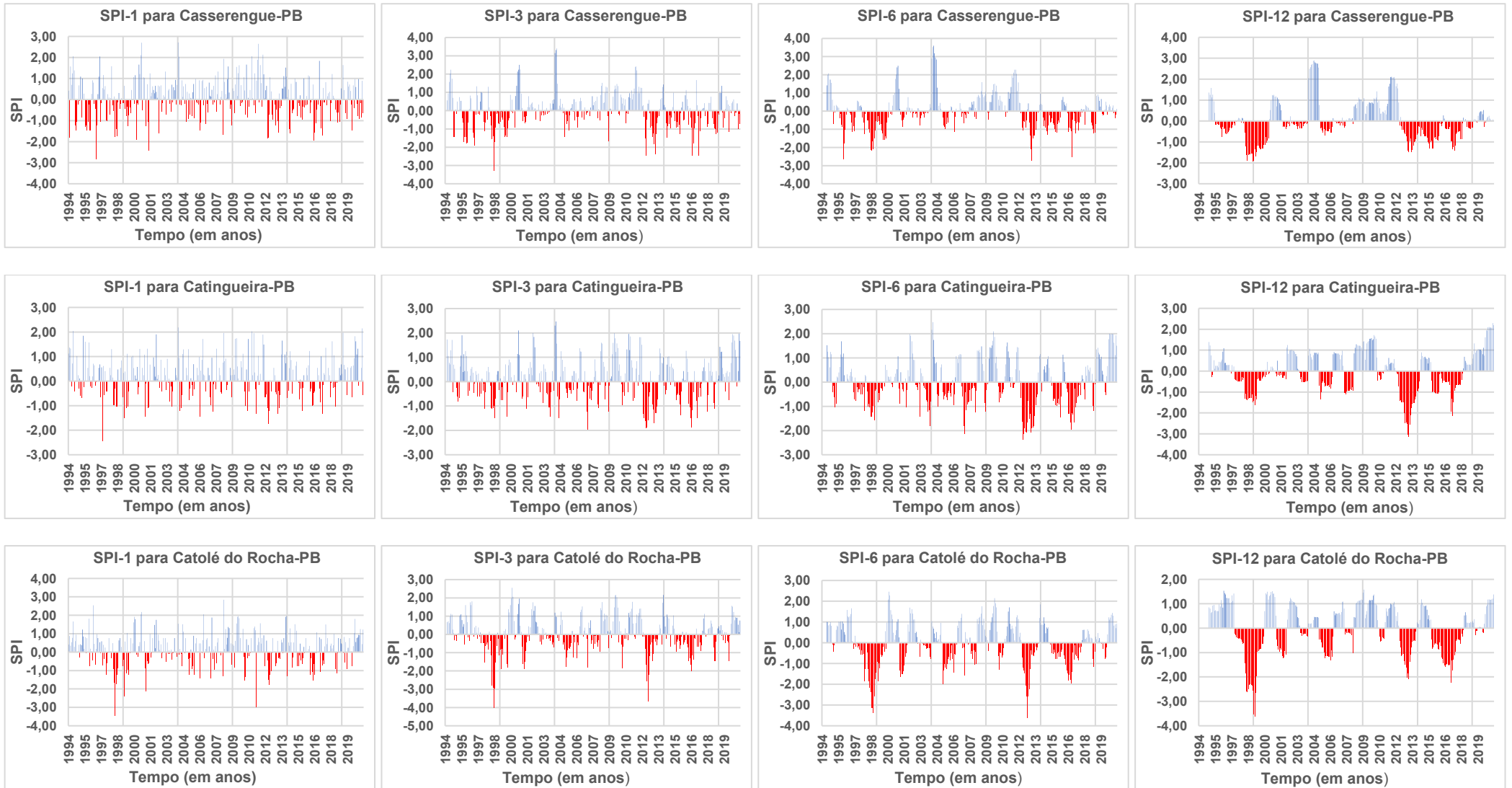


**Anexo C10.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Caiçara-PB, Cajazeiras-PB e Caldas Brandão-PB).

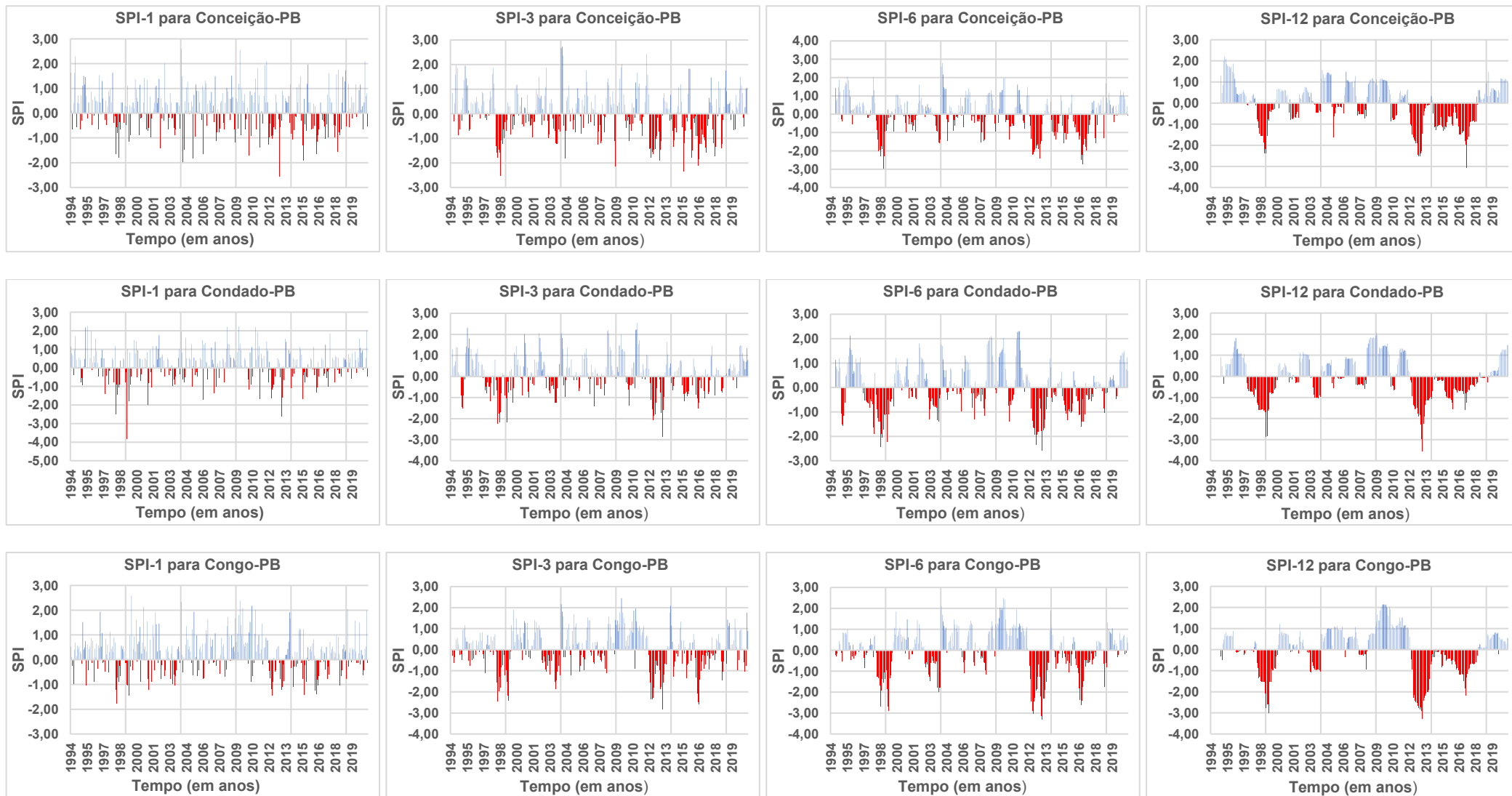




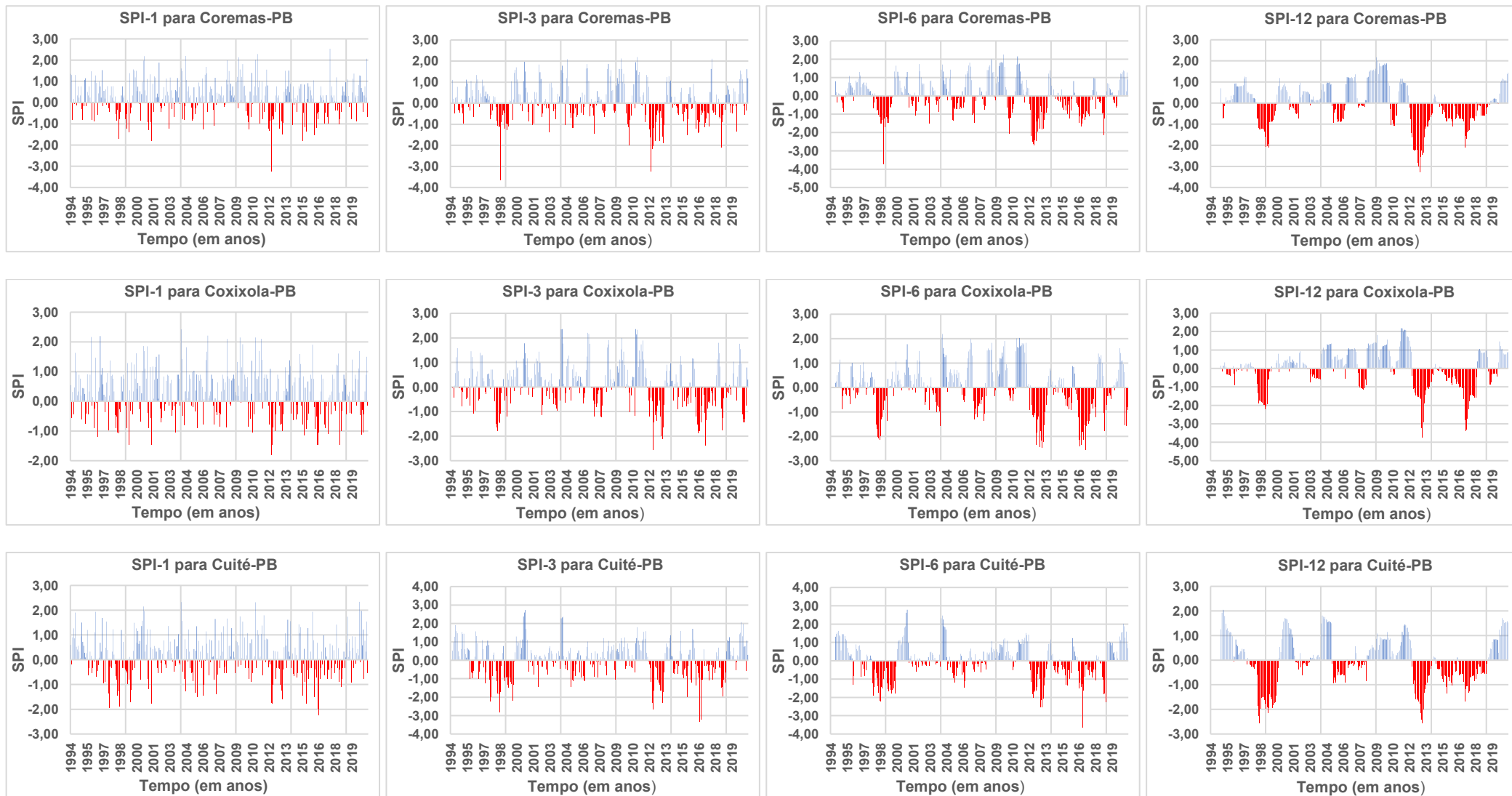
**Anexo C11.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Camalaú-PB, Campina Grande-PB e Caraúbas-PB).



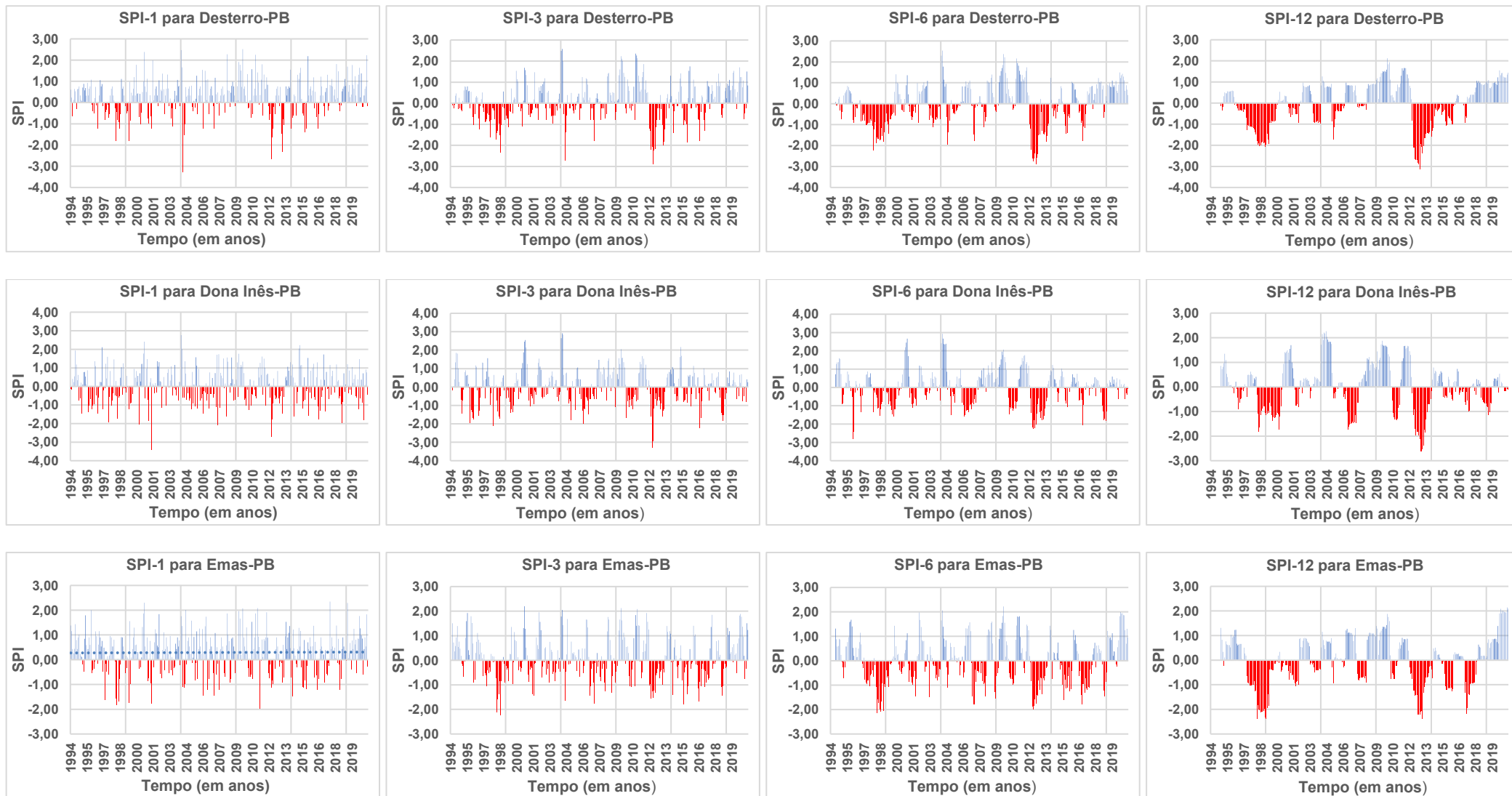
**Anexo C12.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Casserengue-PB, Catingueira-PB e Catolé do Rocha-PB).



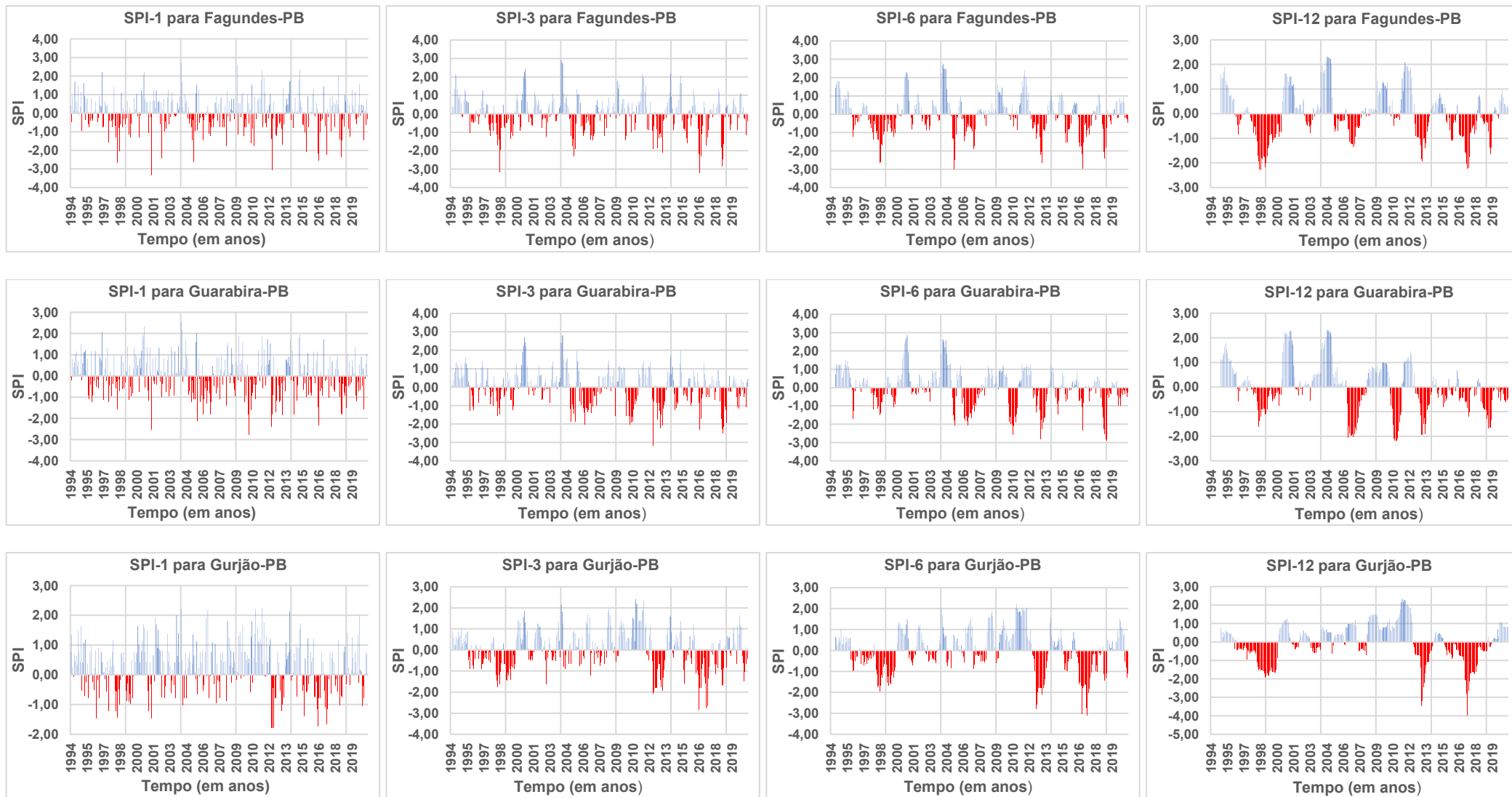
**Anexo C13.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Conceição-PB, Condado-PB e Congo-PB).



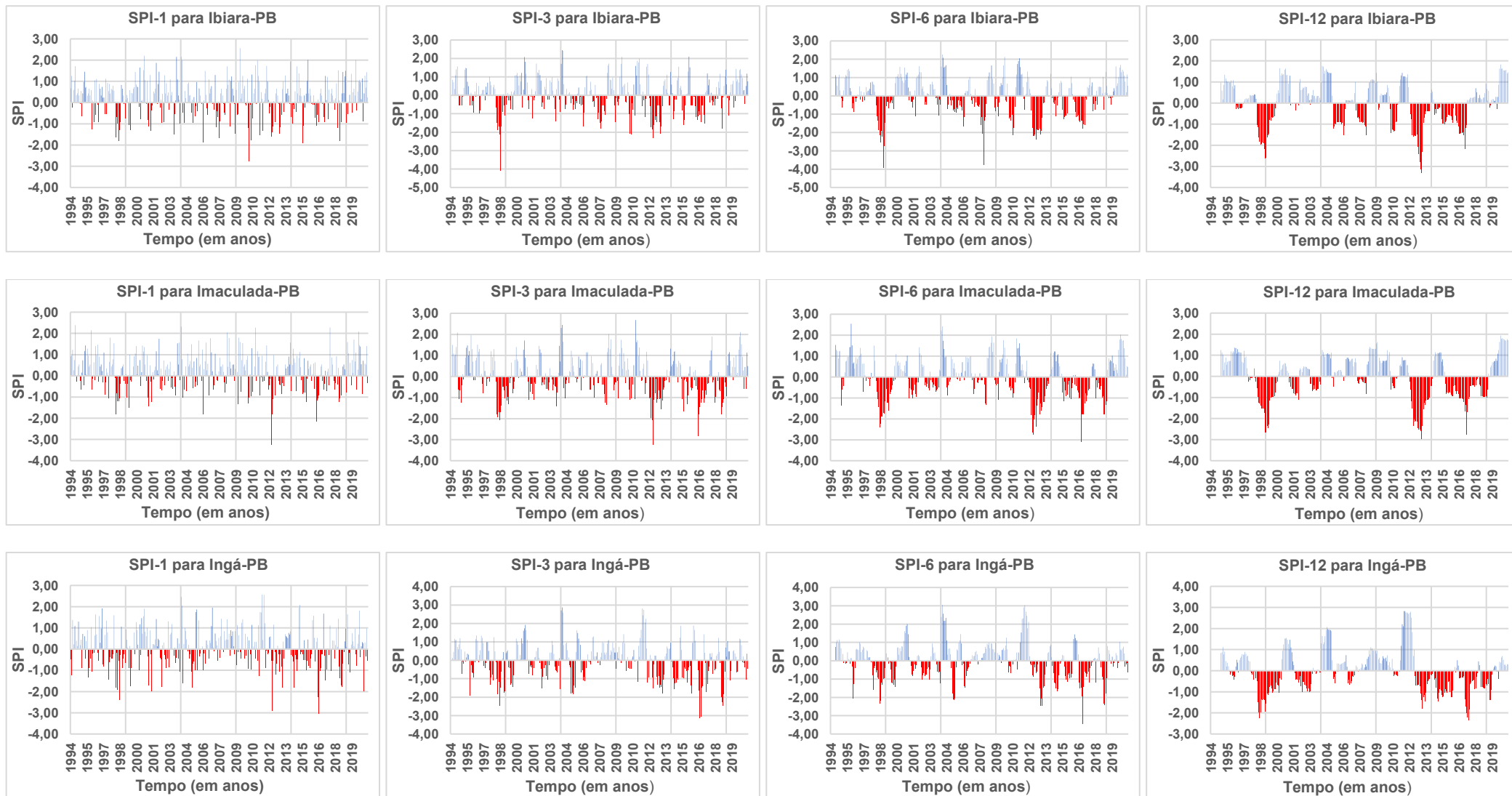
**Anexo C14.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Coremas-PB, Coxixola-PB e Cuité-PB).



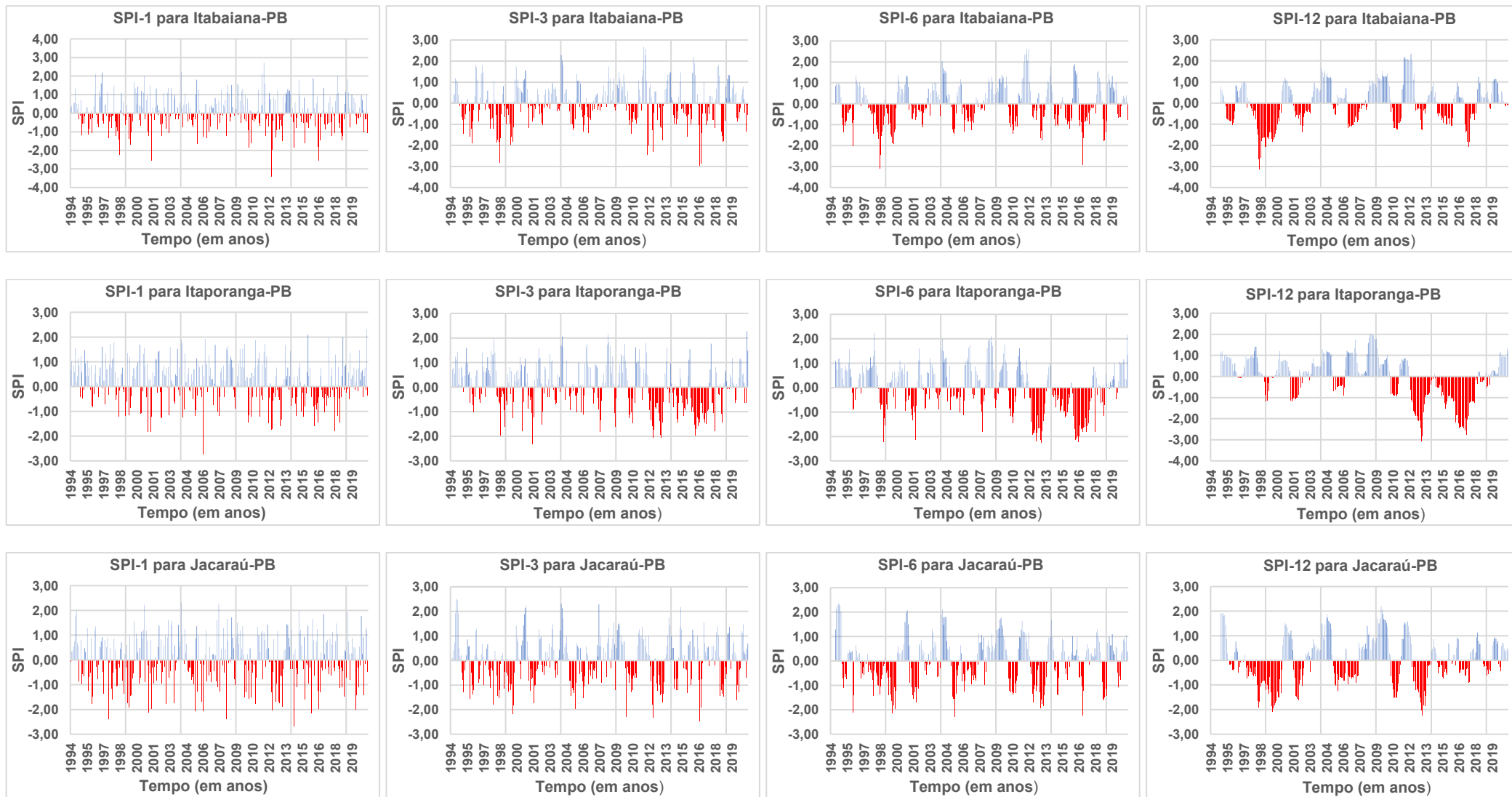
**Anexo C15.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Desterro-PB, Dona Inês-PB e Emas-PB).



**Anexo C16.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Fagundes-PB, Guarabira-PB e Gurjão-PB).

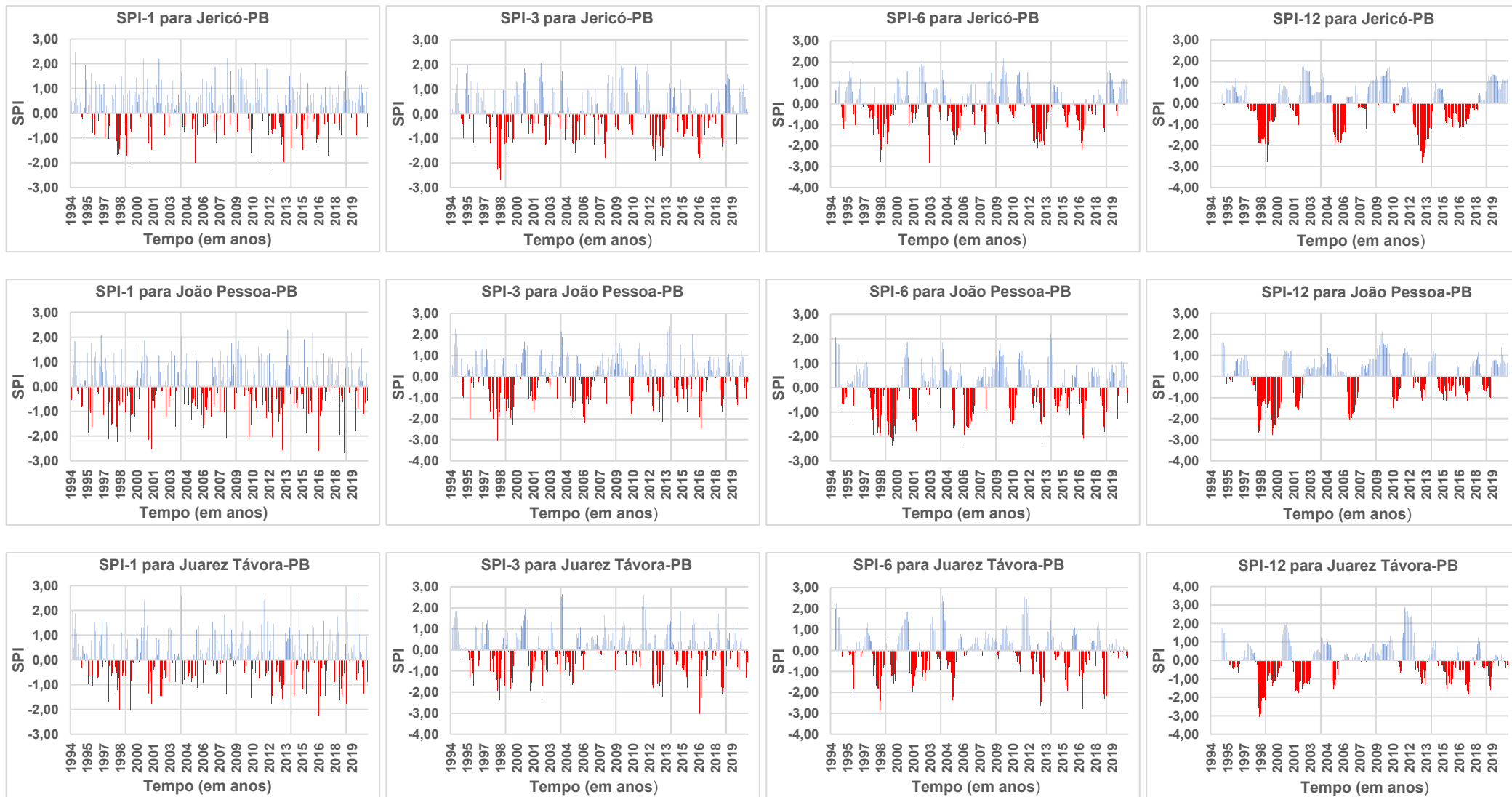


**Anexo C17.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Ibiara-PB, Imaculada-PB e Ingá-PB).

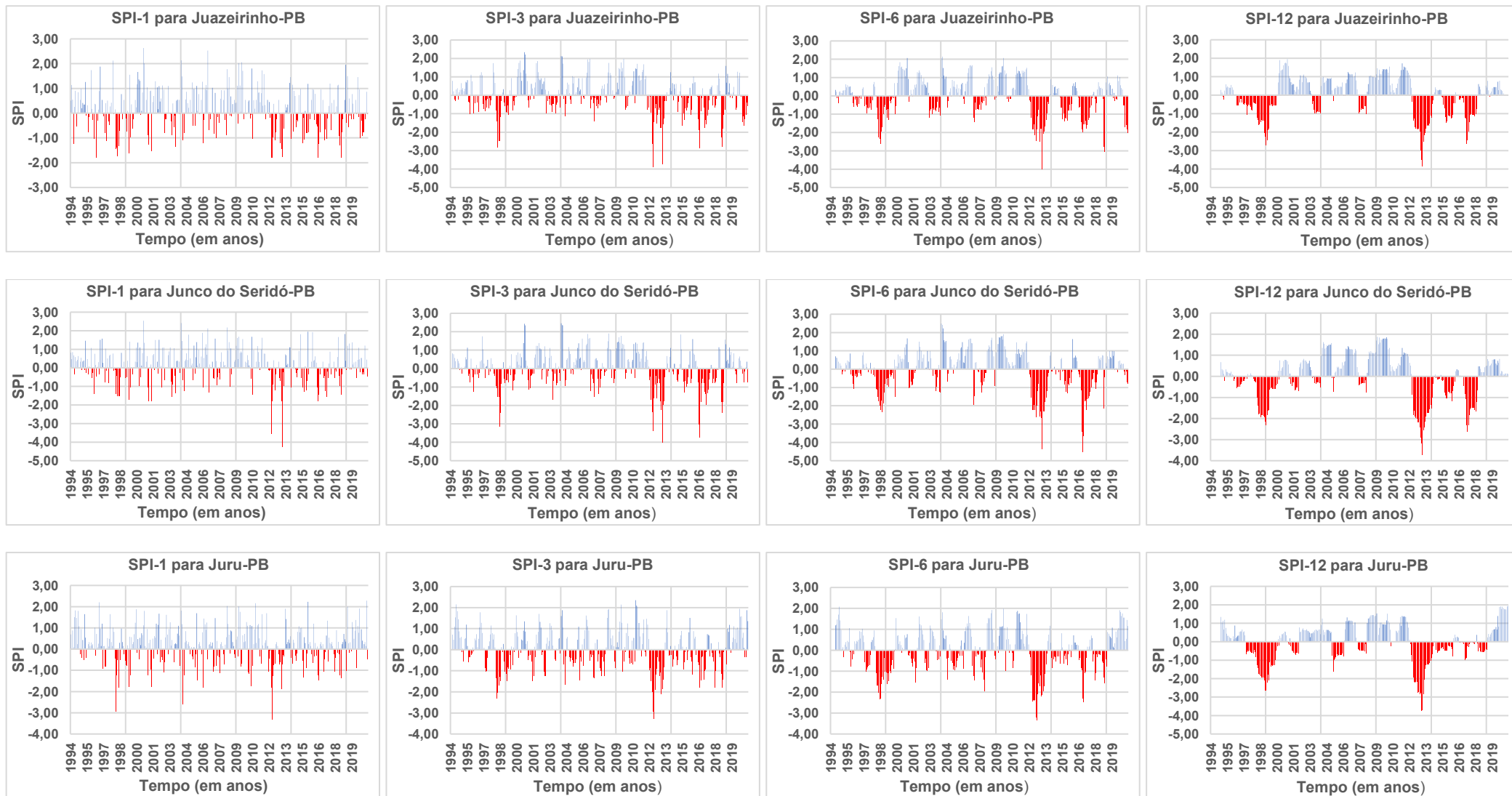


**Anexo C18.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Itabaiana-PB, Itaporanga-PB e Jacaraú-PB).

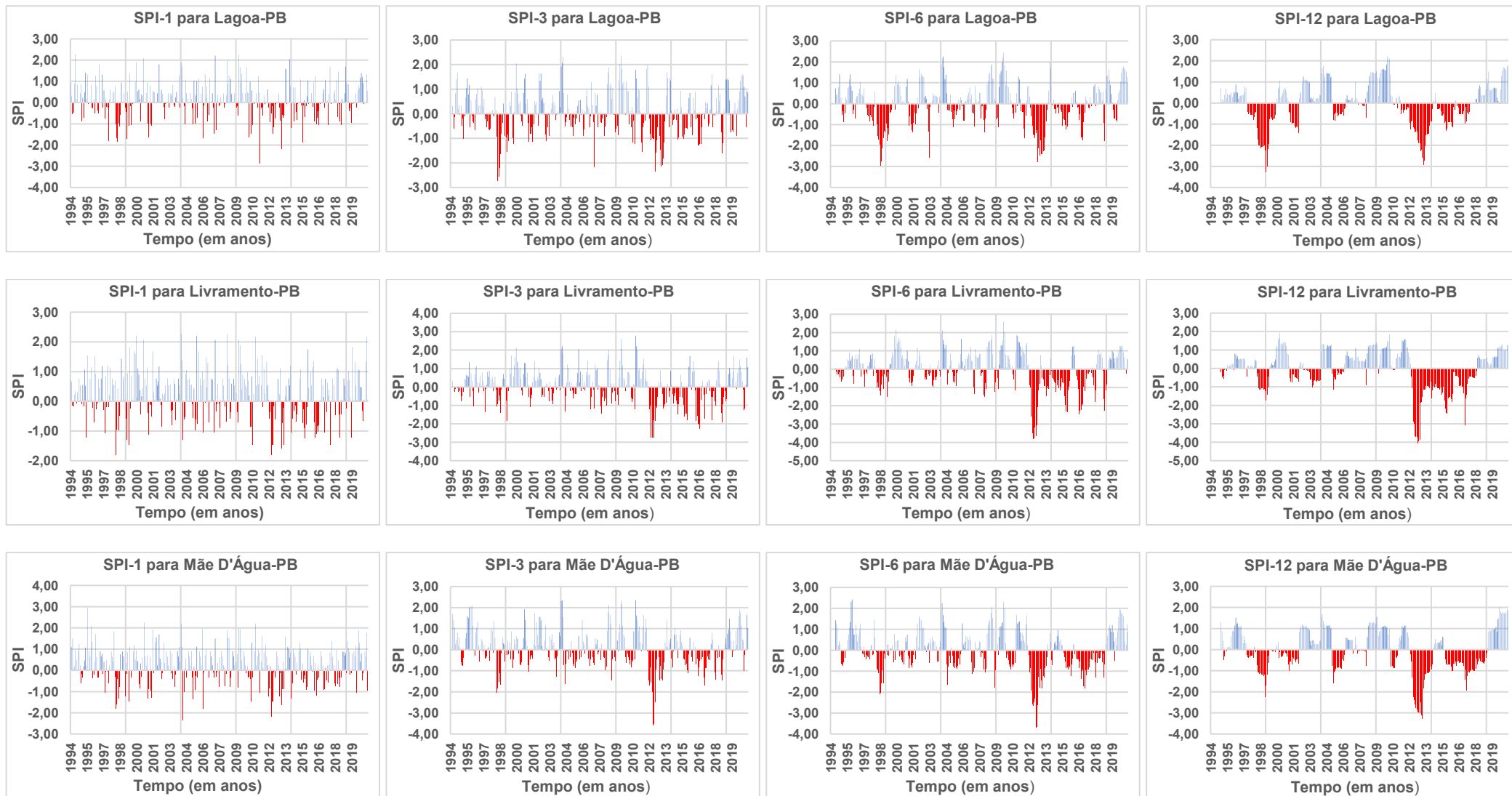




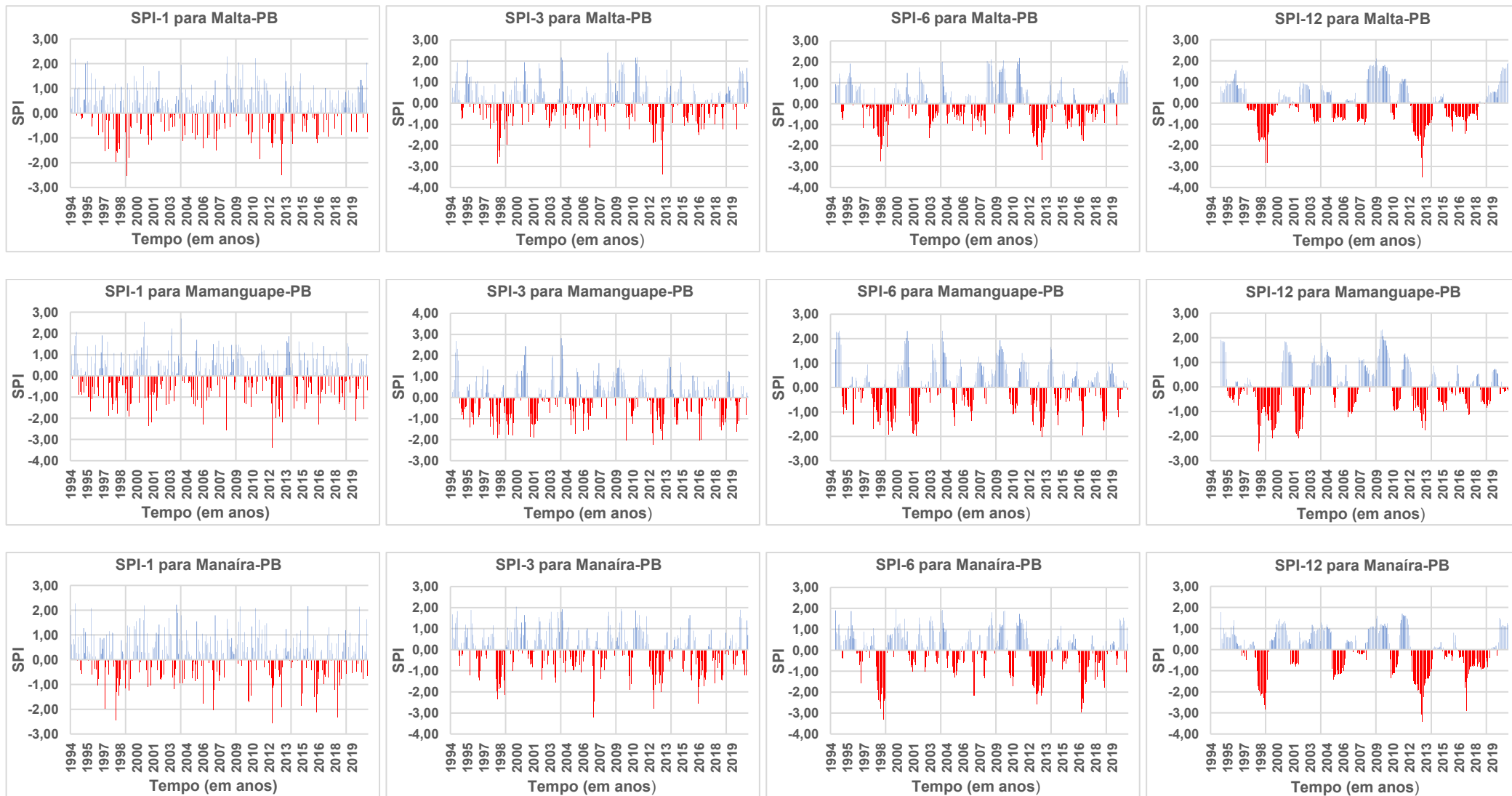
**Anexo C19.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Jericó-PB, João Pessoa-PB e Juarez Távara-PB).



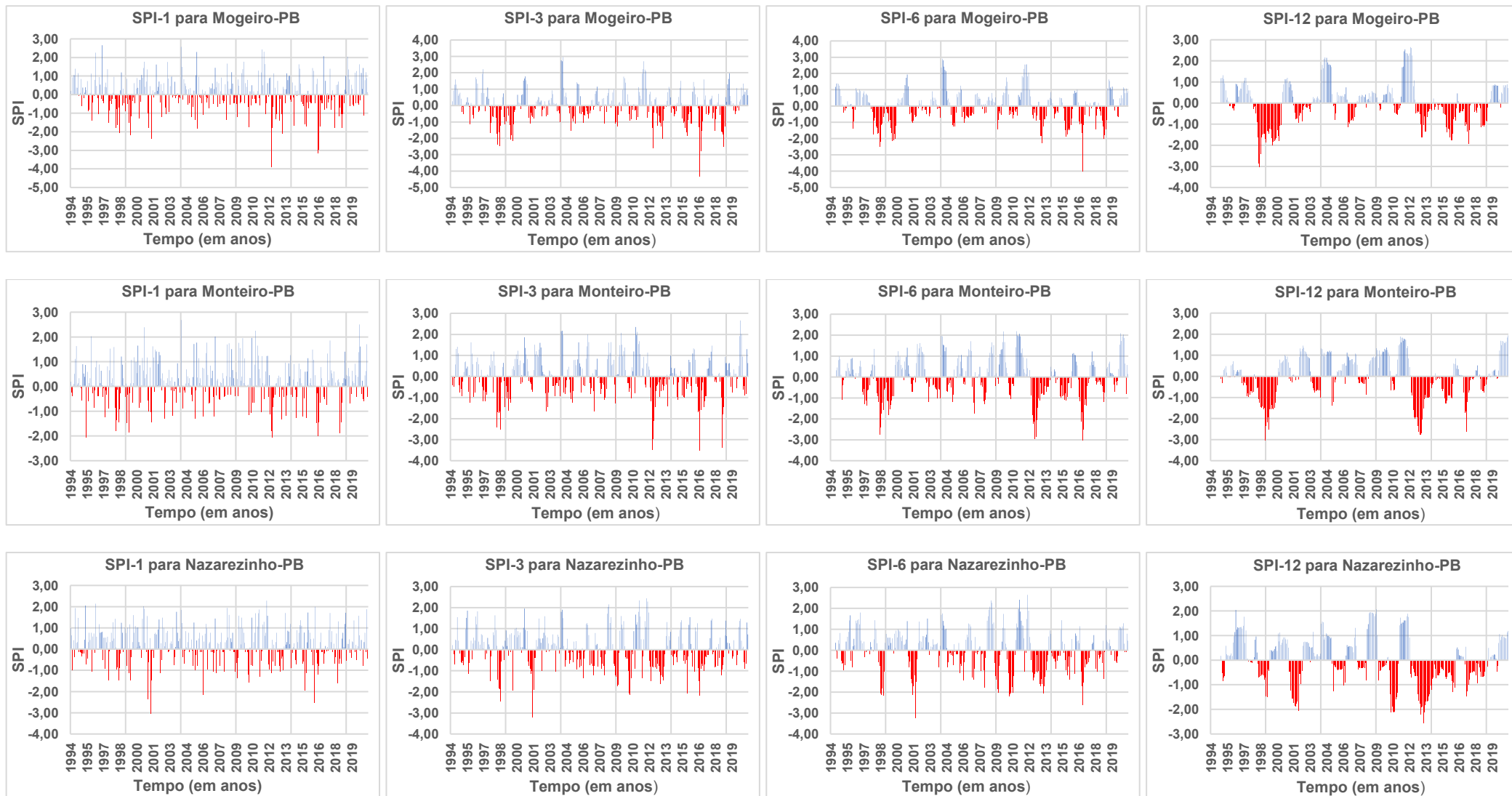
**Anexo C20.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Juazeirinho-PB, Junco do Seridó-PB e Juru-PB).



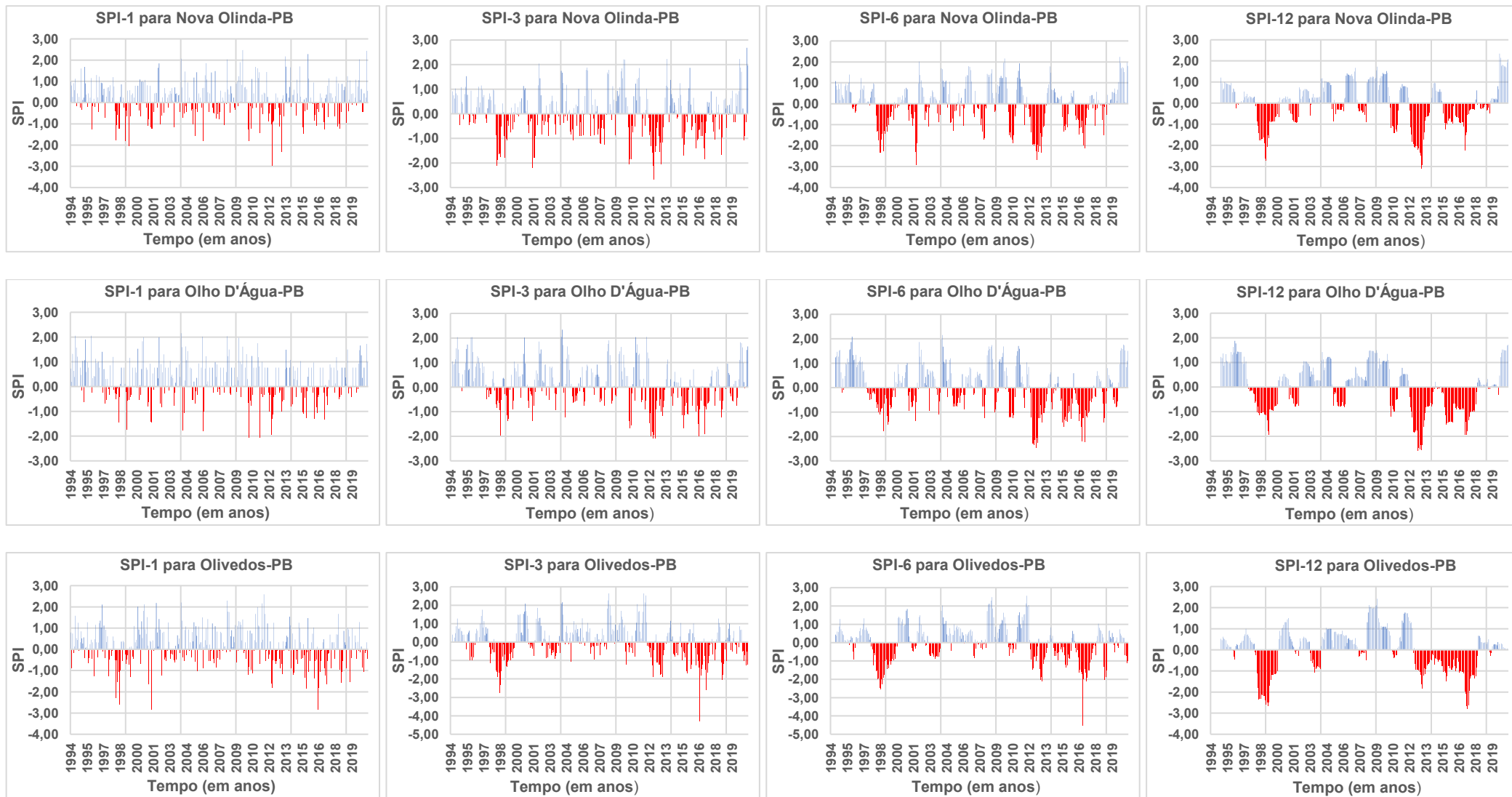
**Anexo C21.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Lagoa-PB, Livramento-PB e Mãe D'Água-PB).



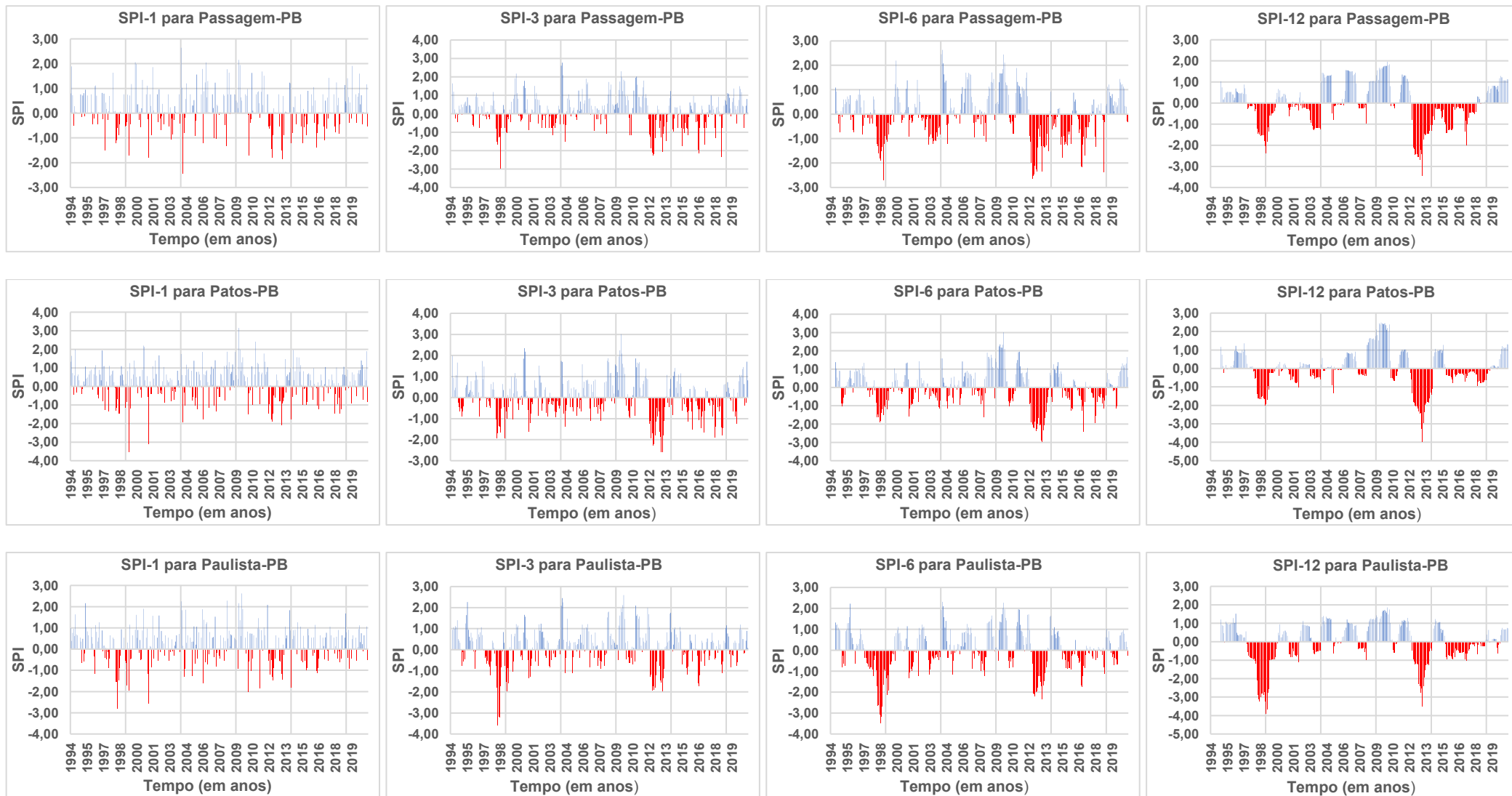
**Anexo C22.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Malta-PB, Mamanguape-PB e Manaíra-PB).



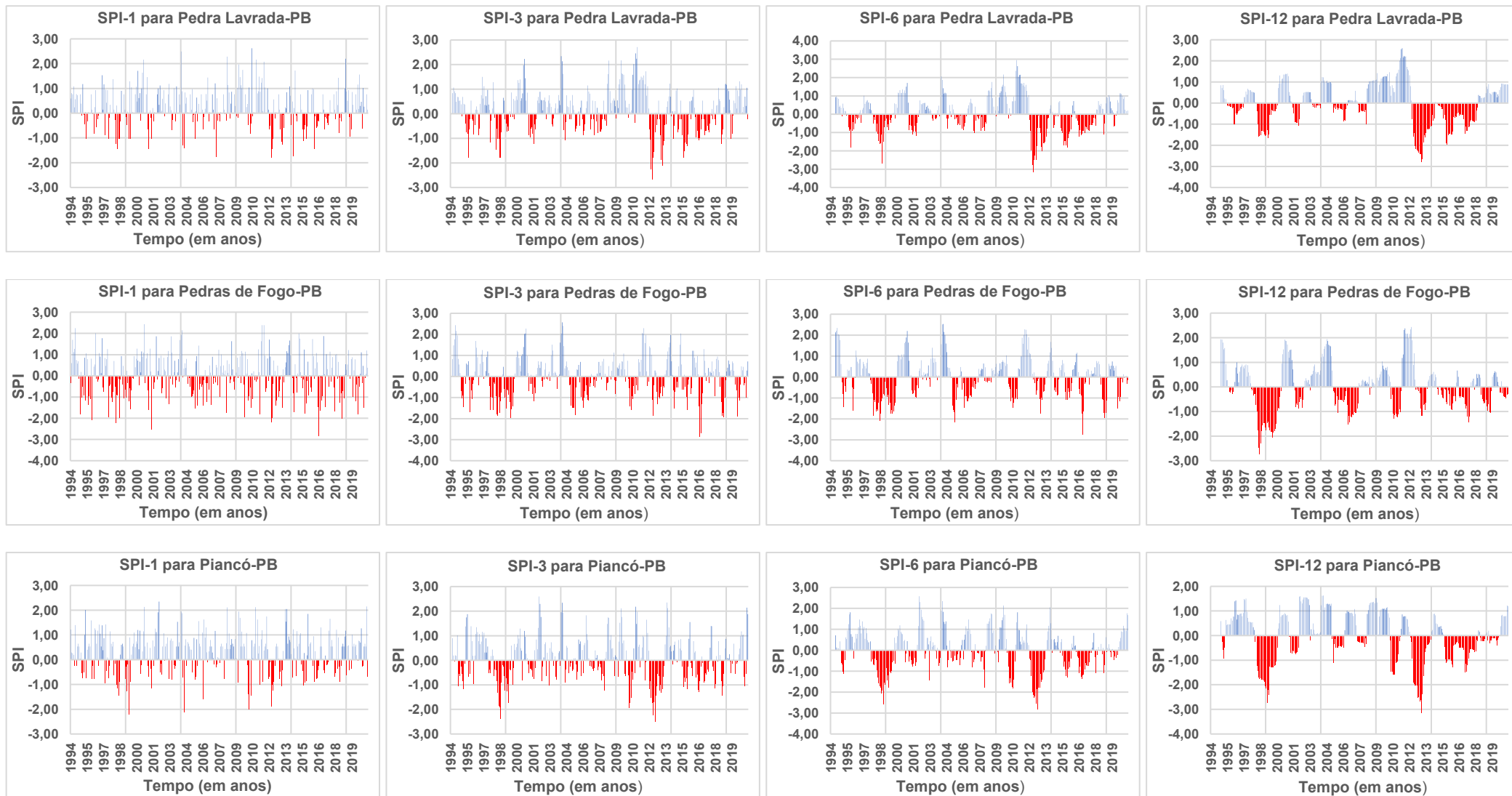
**Anexo C23.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Mogeiro-PB, Monteiro-PB e Nazarezinho-PB).



**Anexo C24.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Nova Olinda-PB, Olho D'Água-PB e Olivedos-PB).

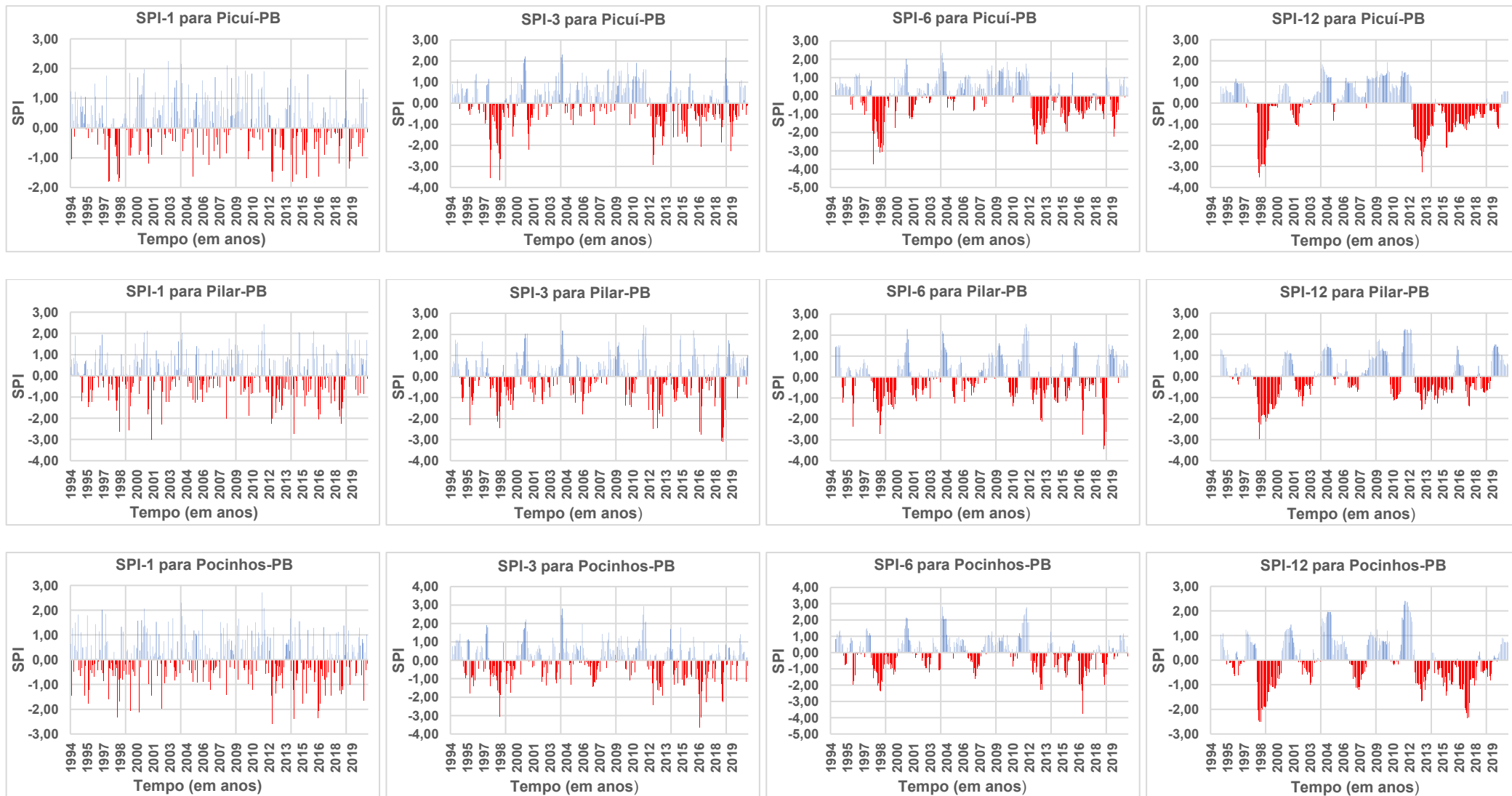


**Anexo C25.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Passagem-PB, Patos-PB e Paulista-PB).

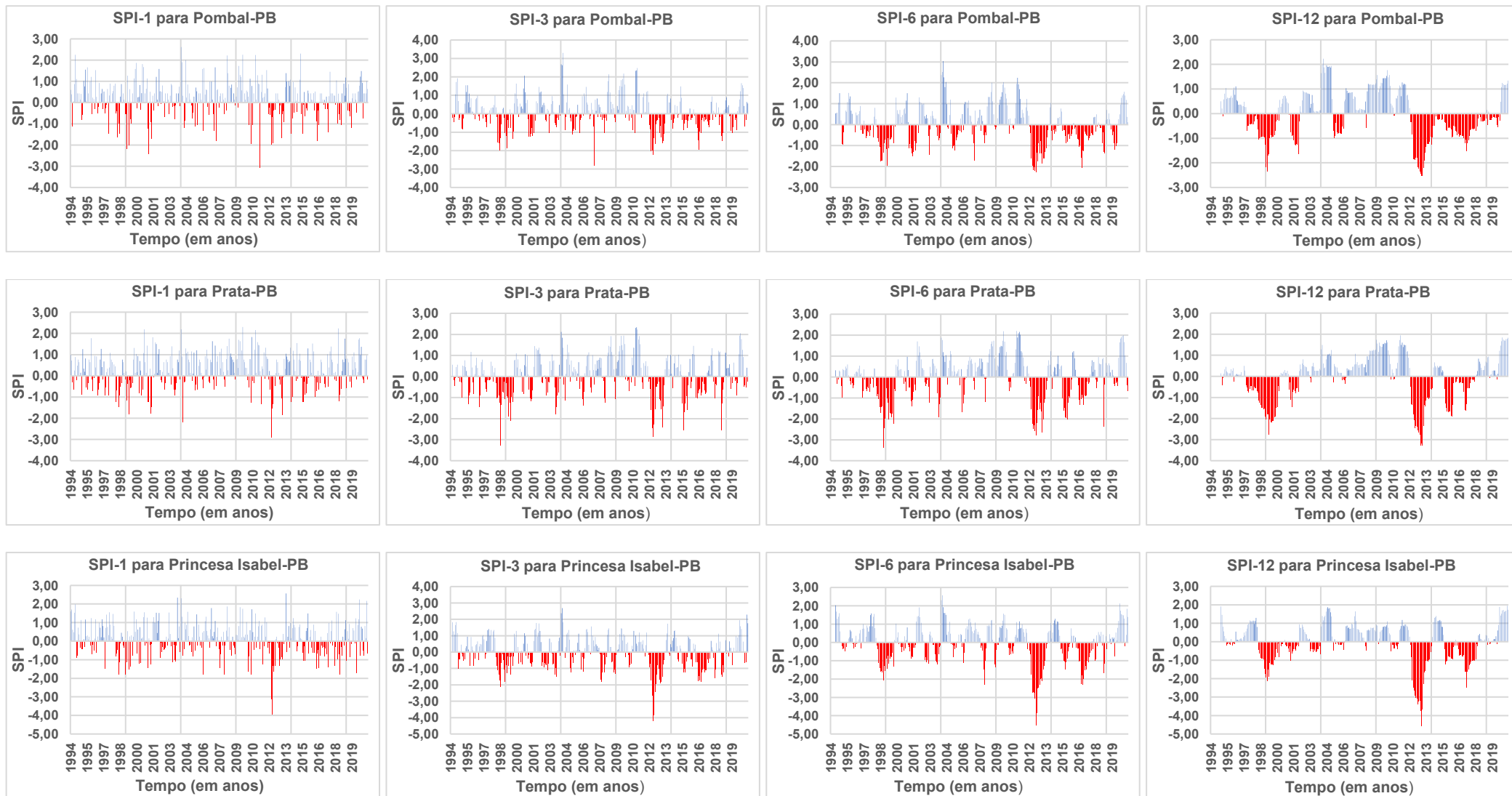


**Anexo C26.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Pedra Lavrada-PB, Pedras de Fogo-PB e Piancó).

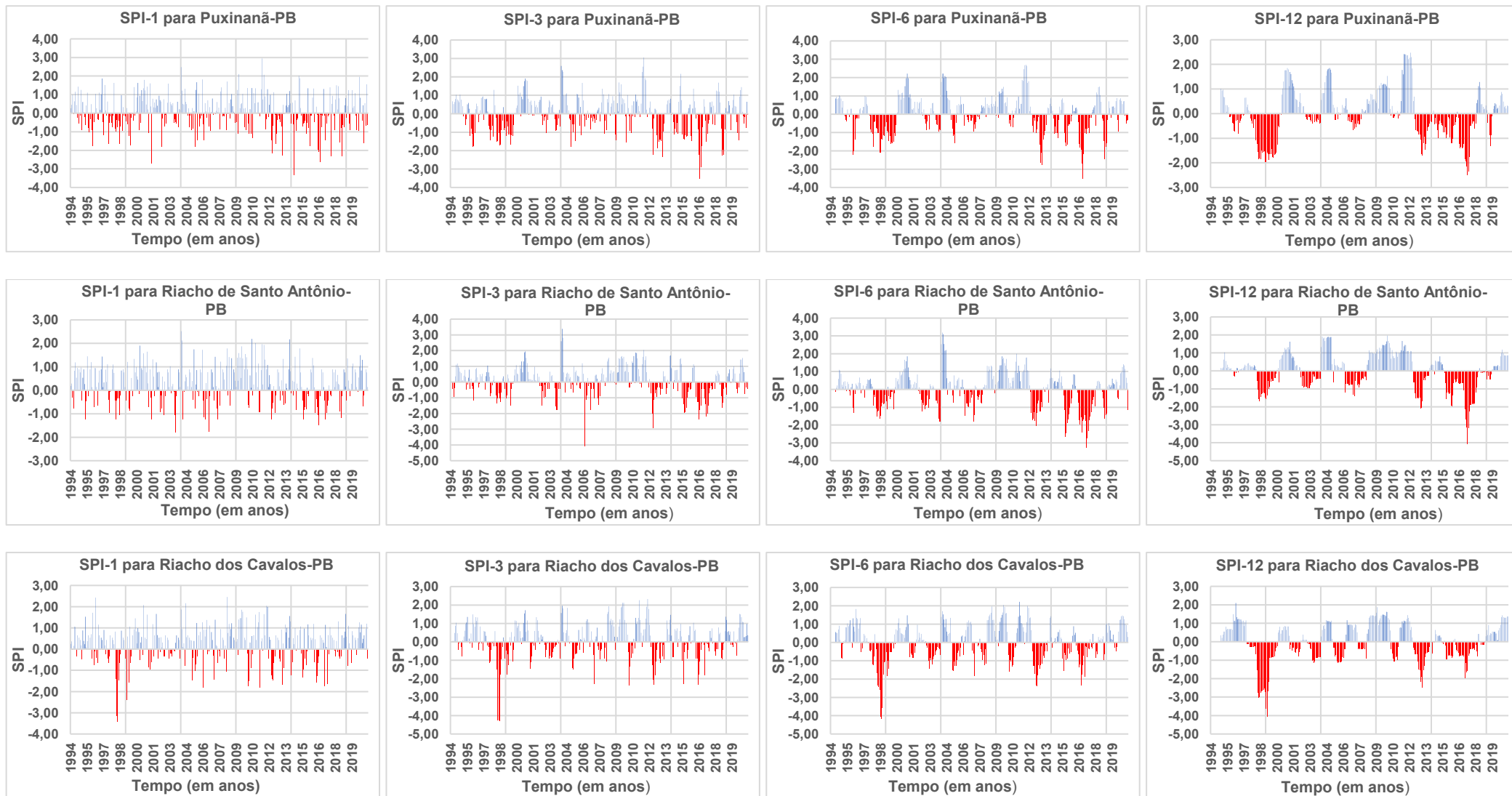




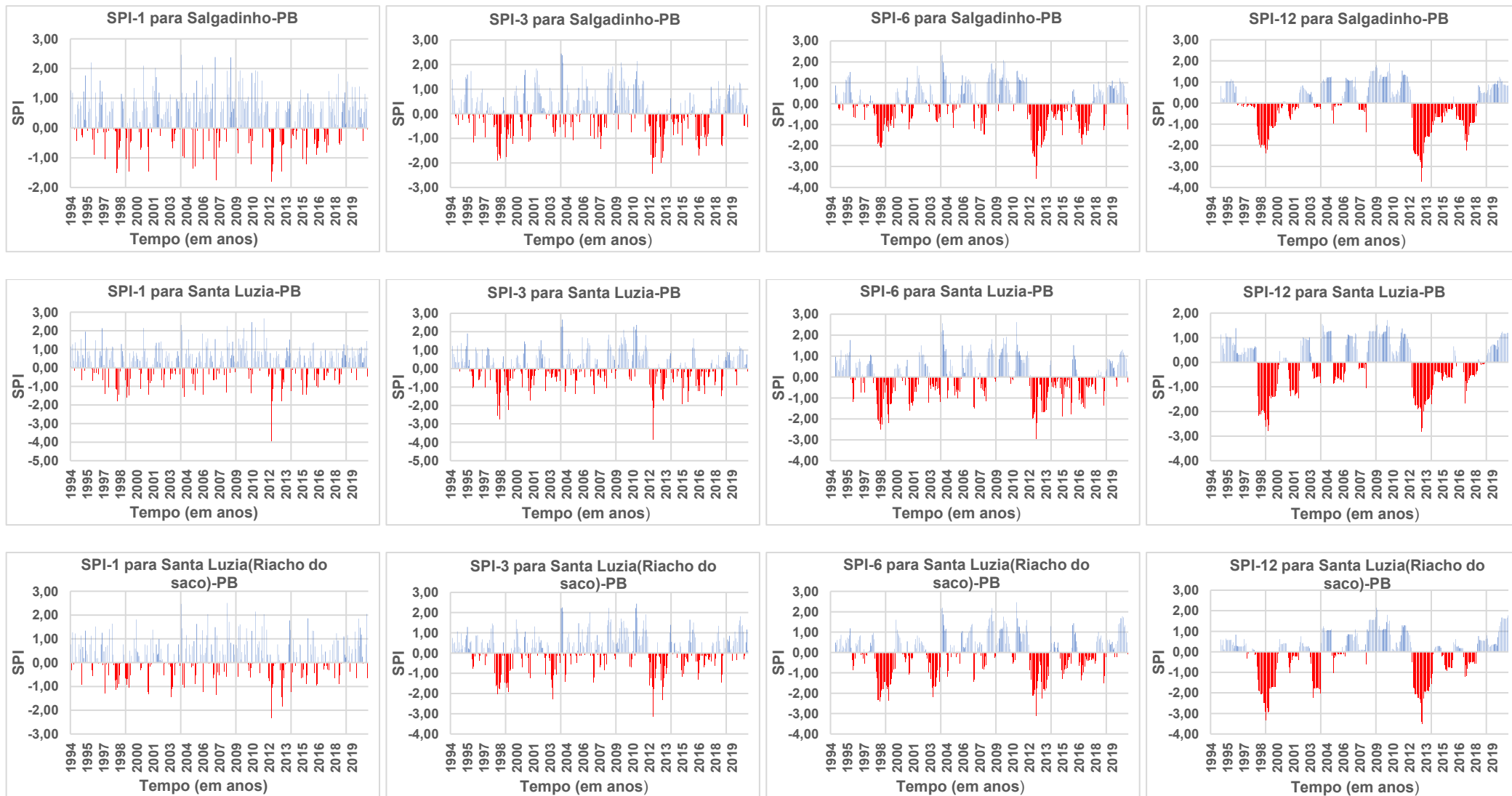
**Anexo C27.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Picuí-PB, Pilar-PB e Pocinhos-PB).



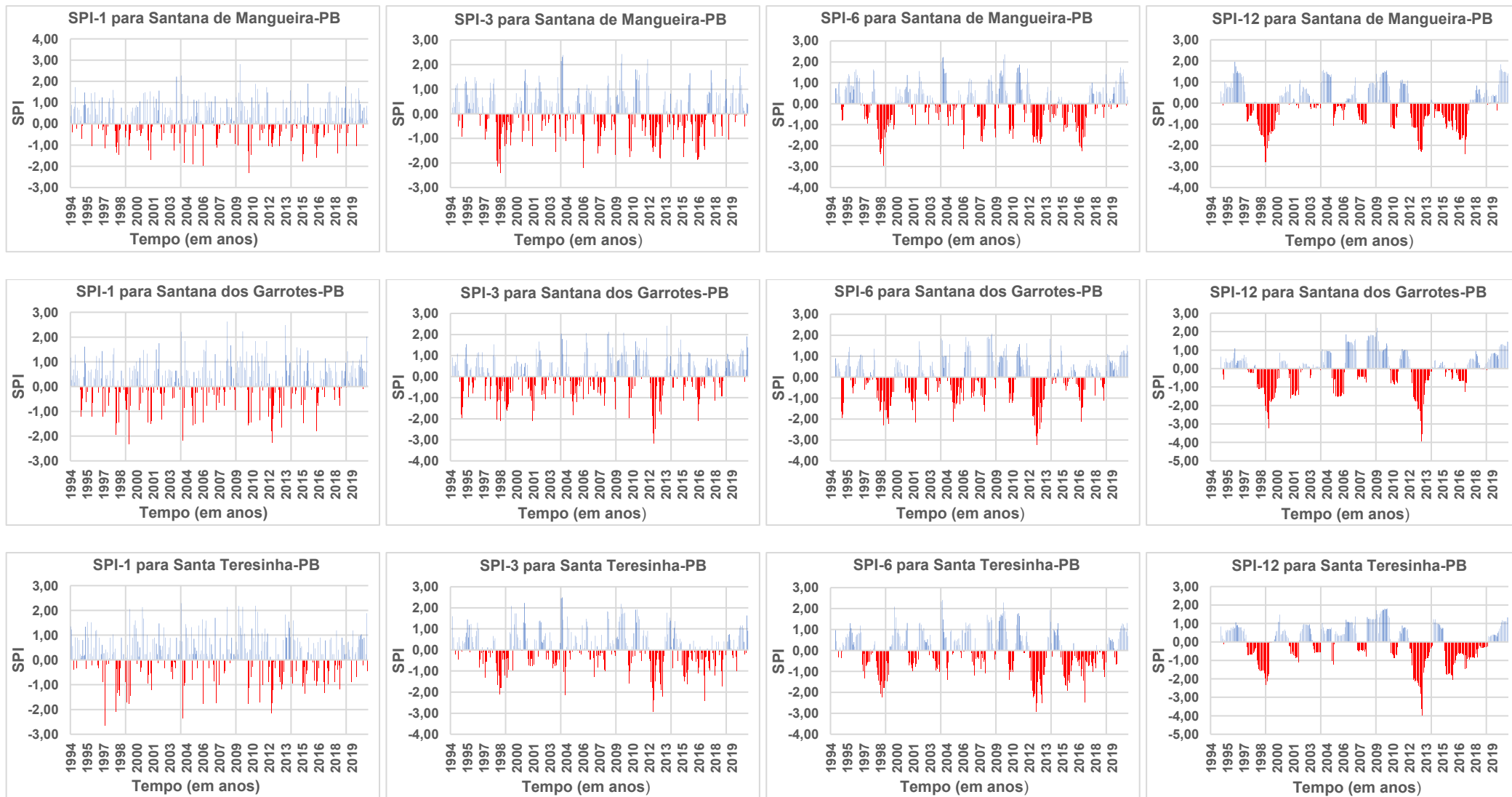
**Anexo C28.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Pombal-PB, Prata-PB e Princesa Isabel-PB).



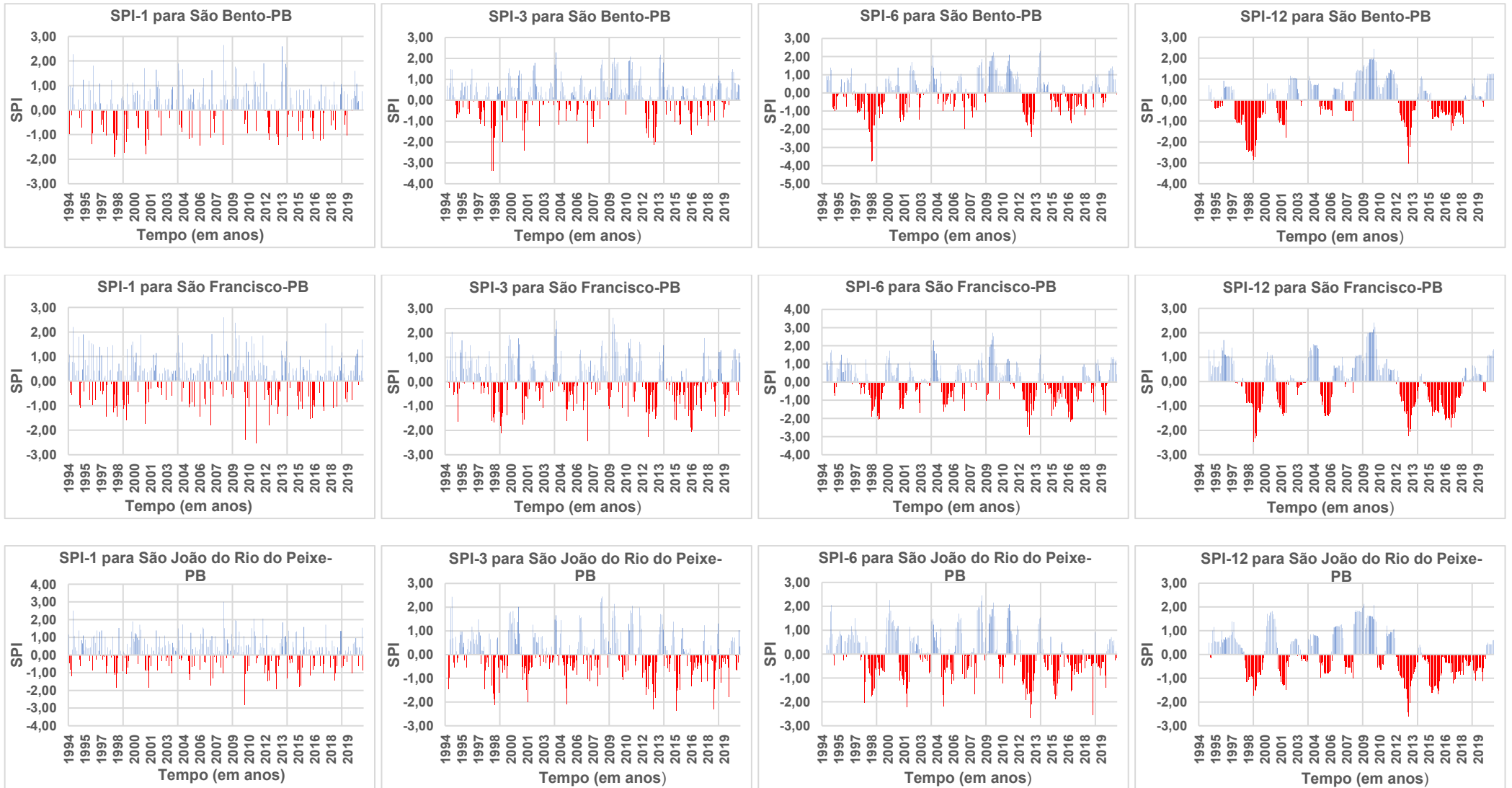
**Anexo C29.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Puxinanã-PB, Riacho de Santo Antônio-PB e Riacho dos Cavalos-PB).



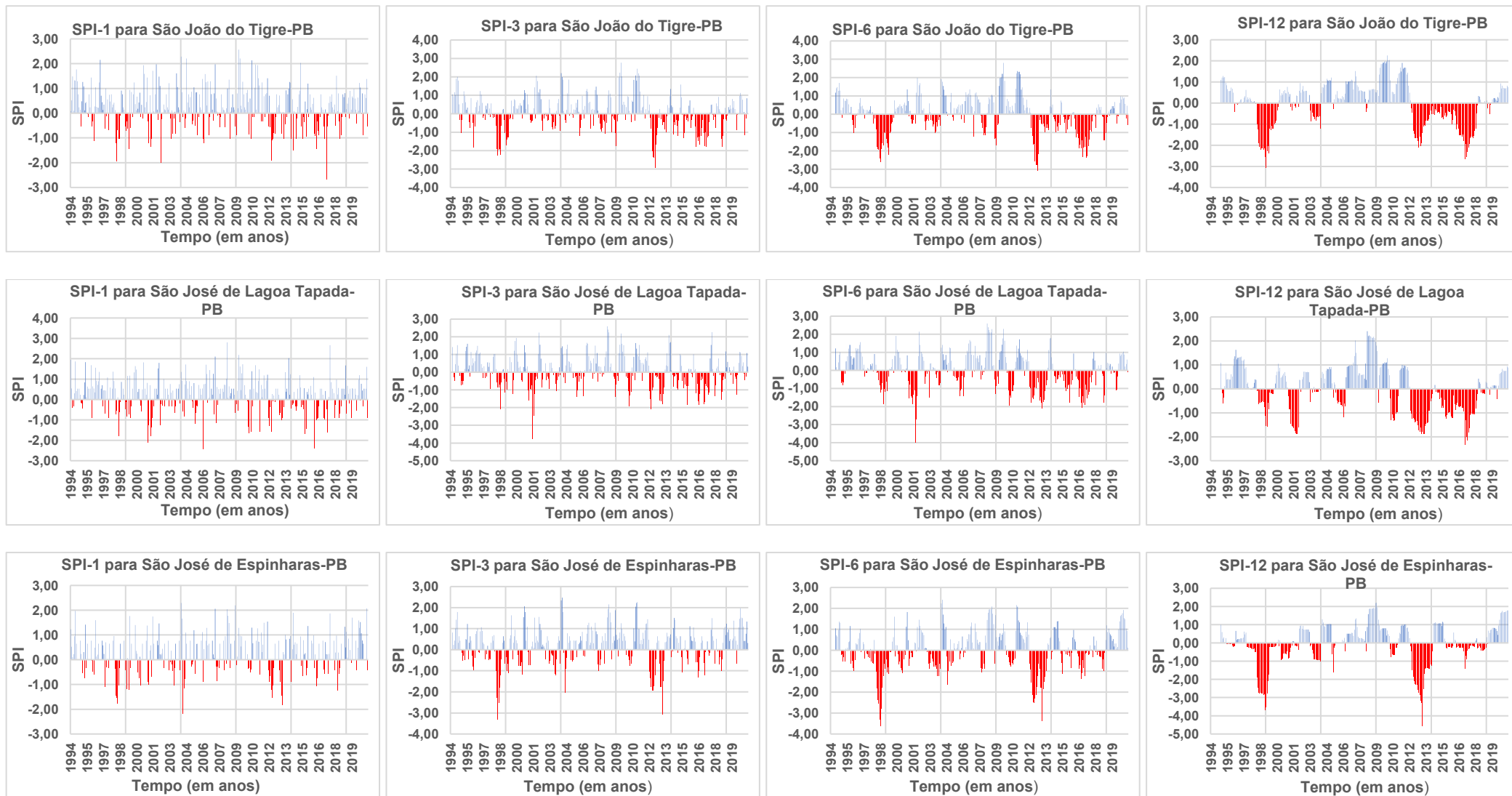
**Anexo C30.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Salgado-PB, Santa Luzia-PB e Santa Luzia/Riacho do Saco).



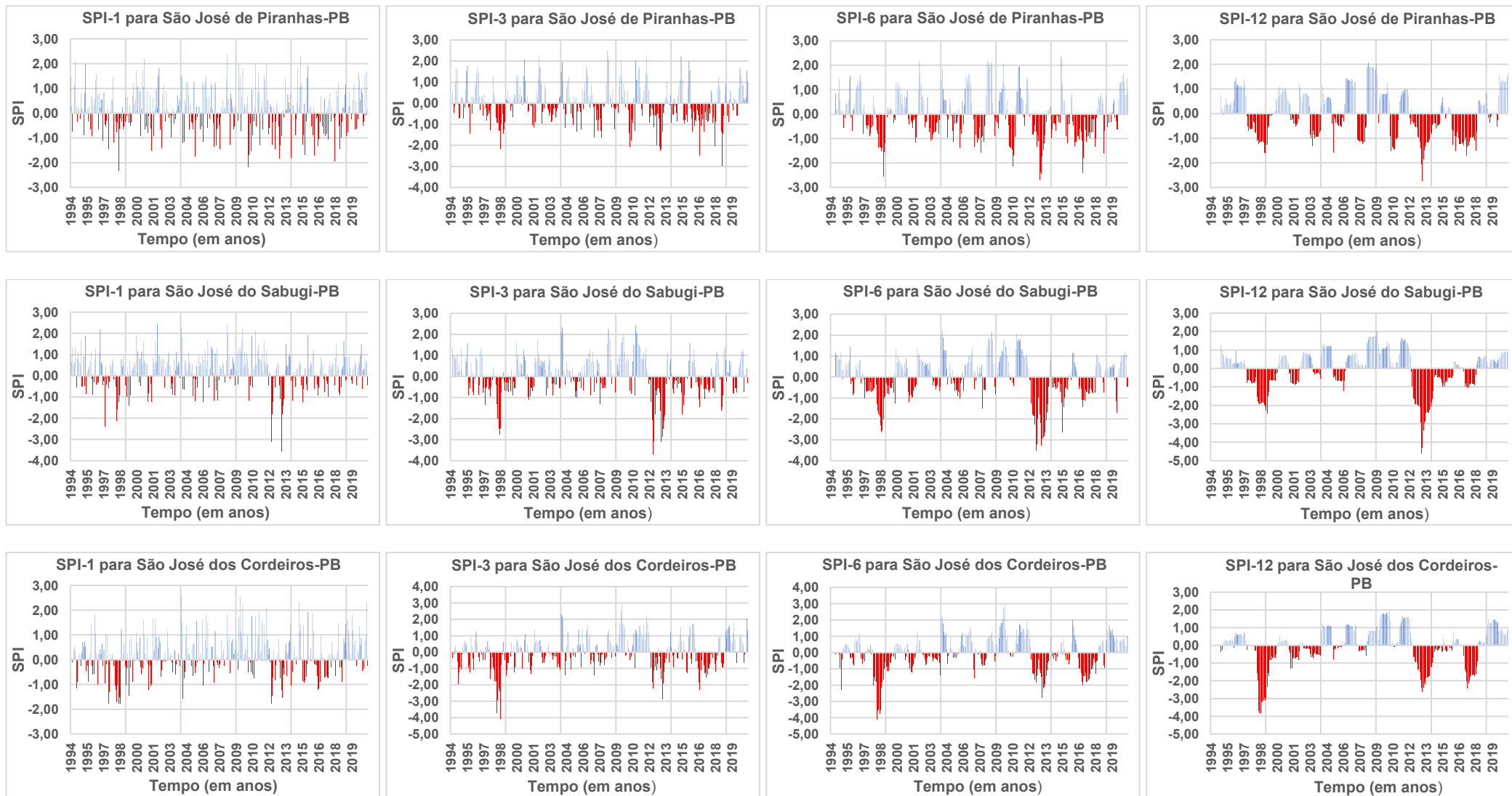
**Anexo C31.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Mangueira-PB, Santana dos Garrotes-PB e Santa Teresinha-PB).



**Anexo C32.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (São Bento-PB, São Francisco-PB e São João do Rio do Peixe-PB).

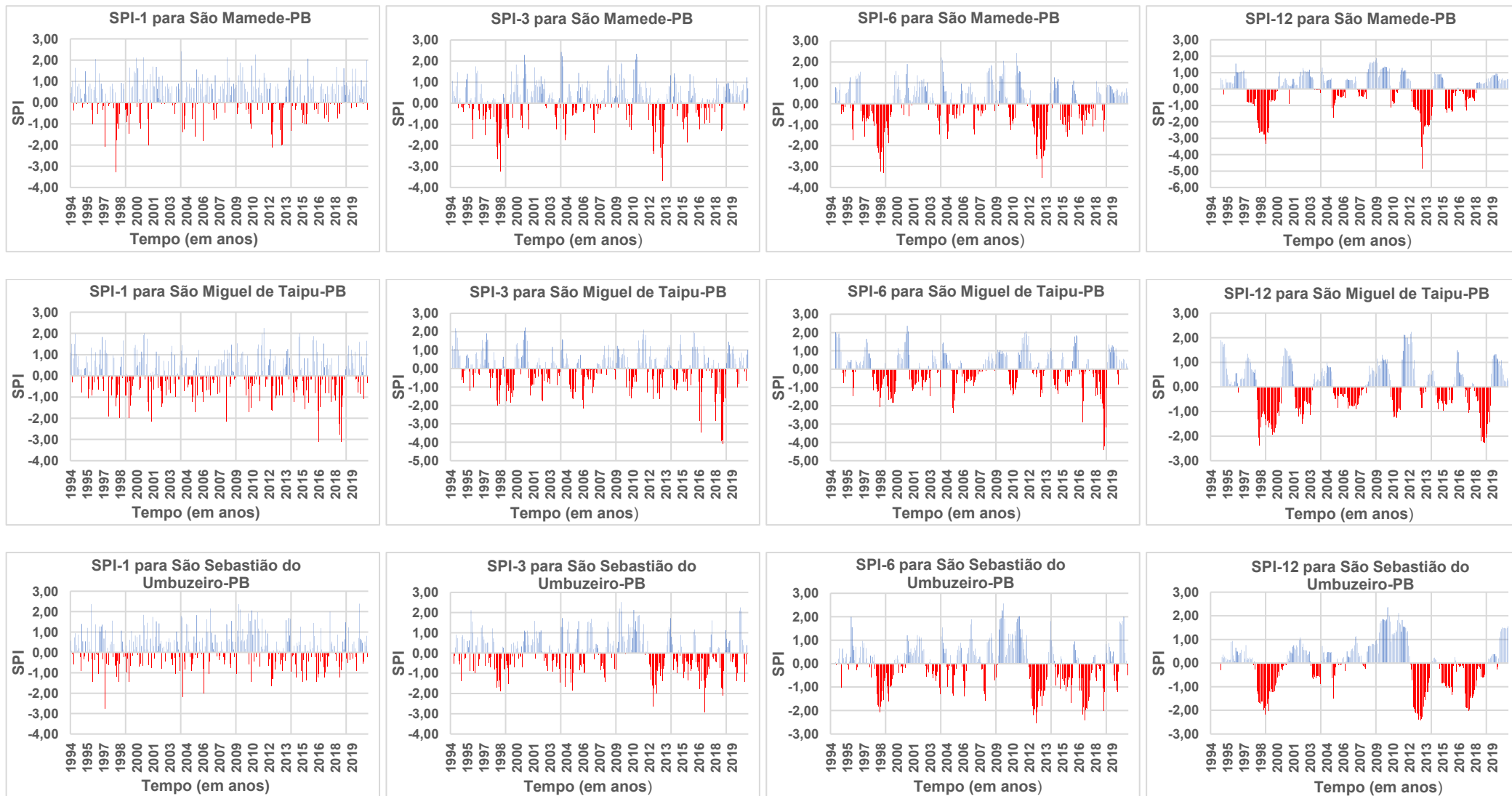


**Anexo C33.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (São João do Tigre-PB, São José de Lagoa Tapada-PB e São João de Espinharas-PB).

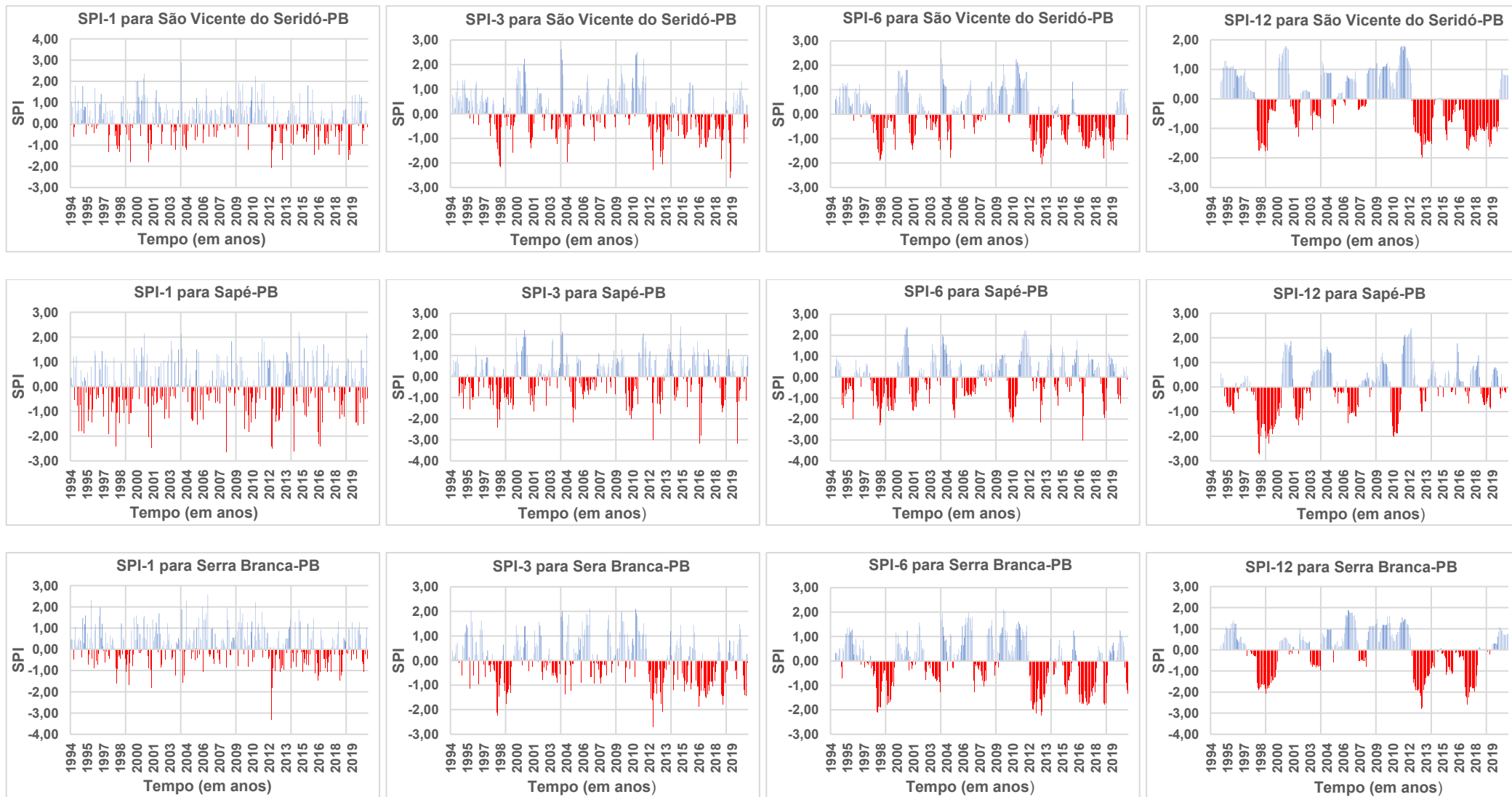


**Anexo C34.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (São José de Piranhas-PB, São José do Sabugi-PB e São José dos Cordeiros-PB).

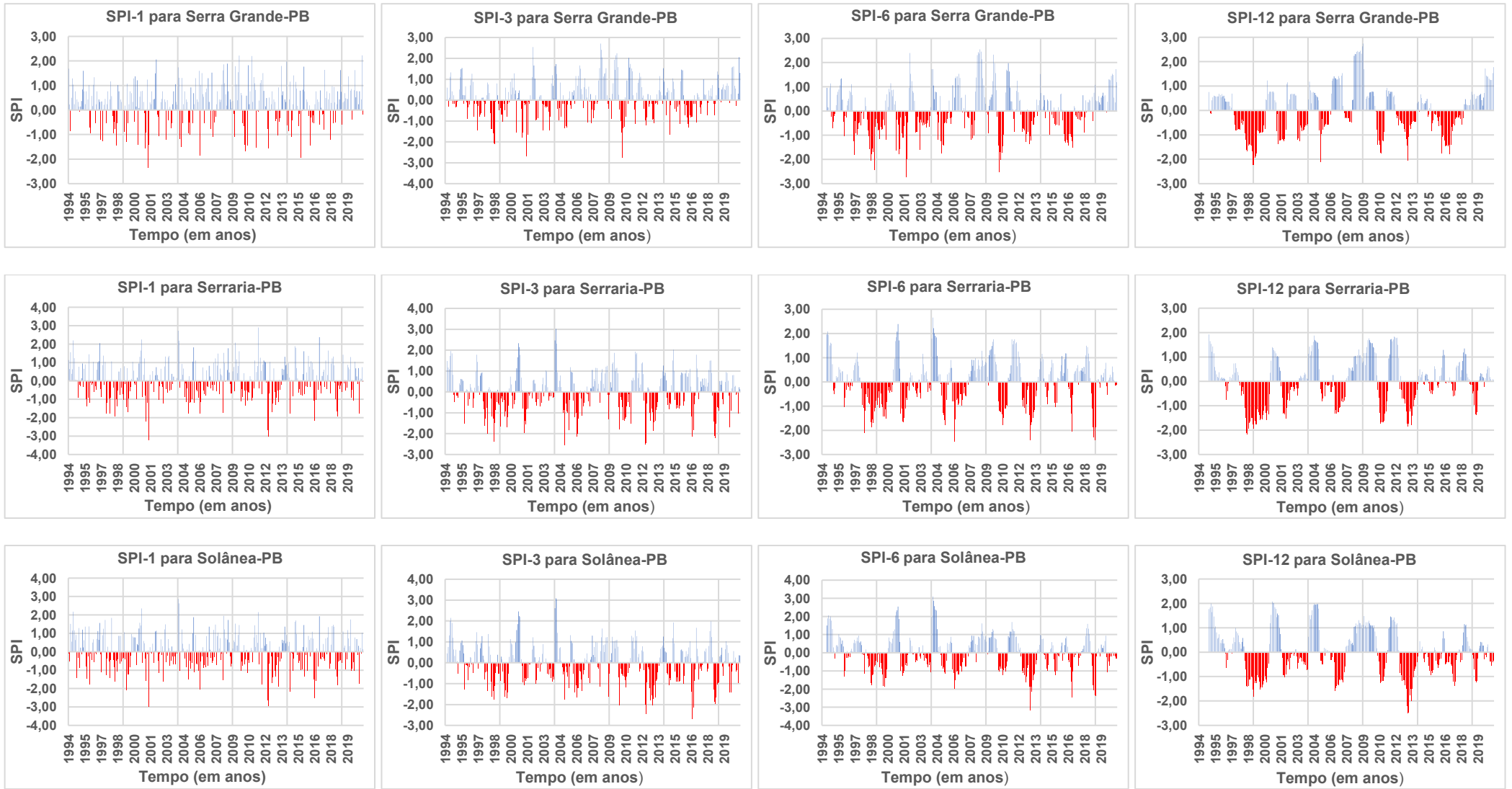




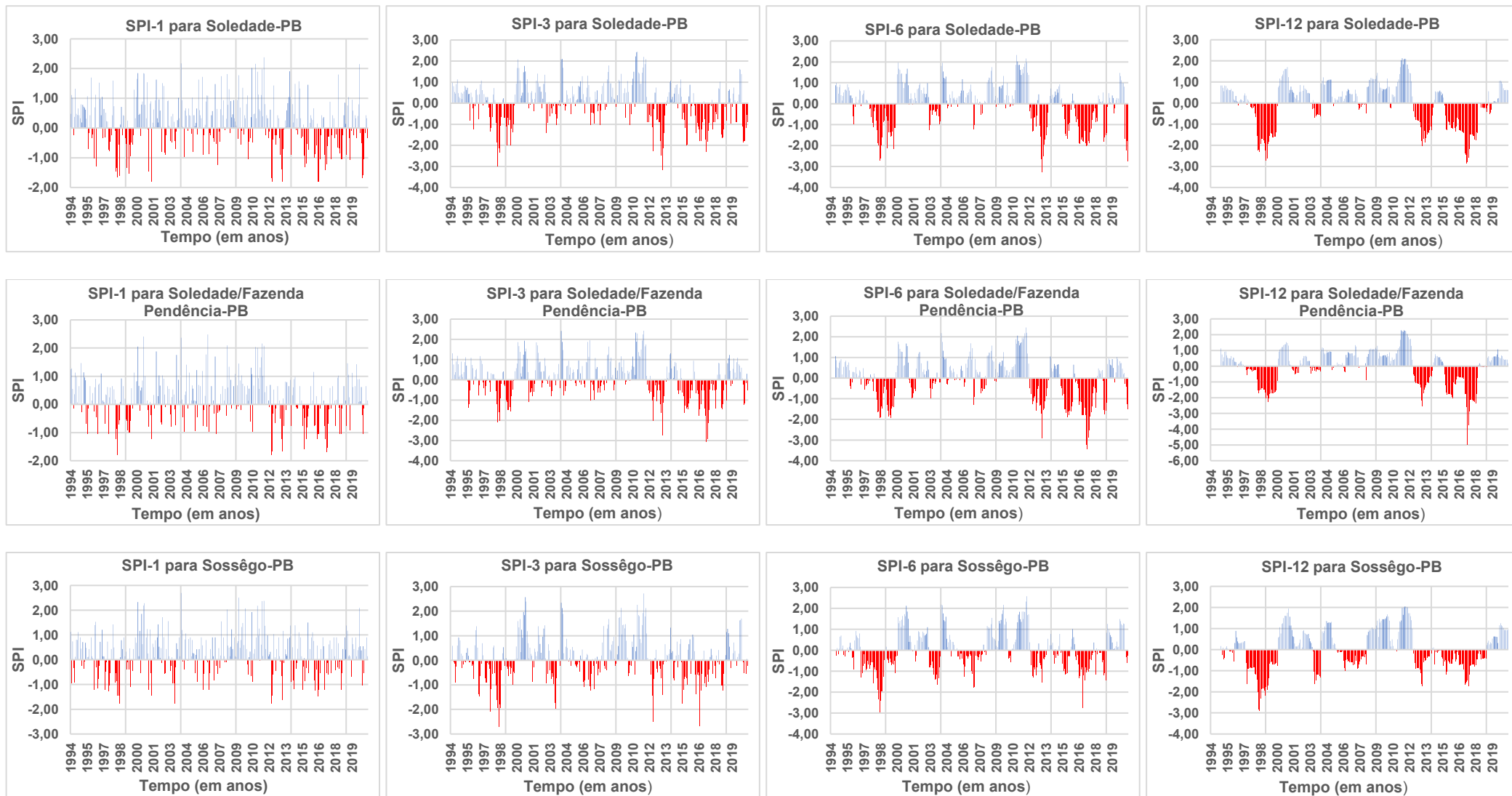
**Anexo C35.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (São Mamede-PB, São Miguel de Taipu-PB e São Sebastião do Umbuzeiro-PB).



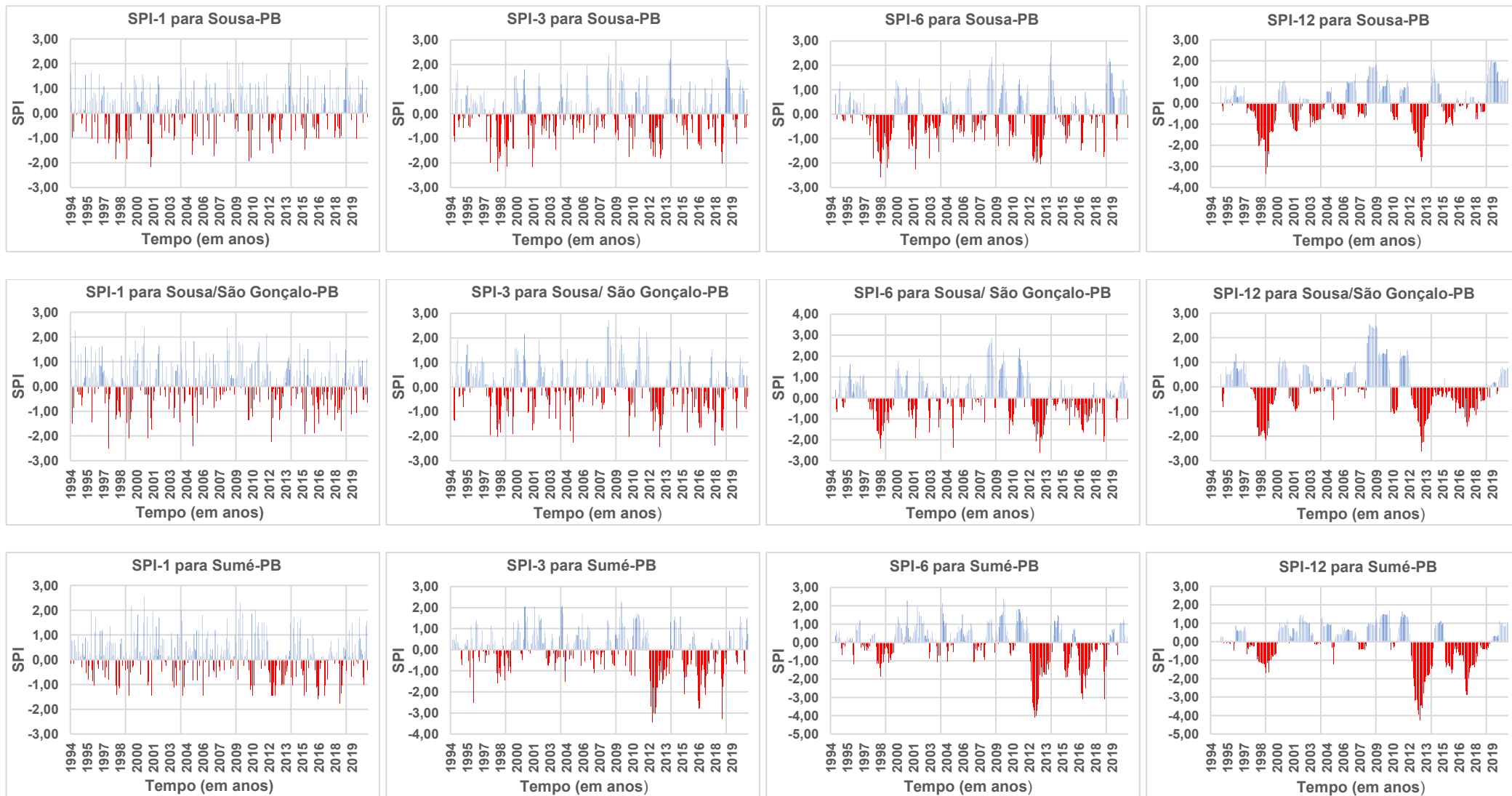
**Anexo C36.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (São Vicente do Sérido-PB, Sapé-PB e Serra Branca-PB).



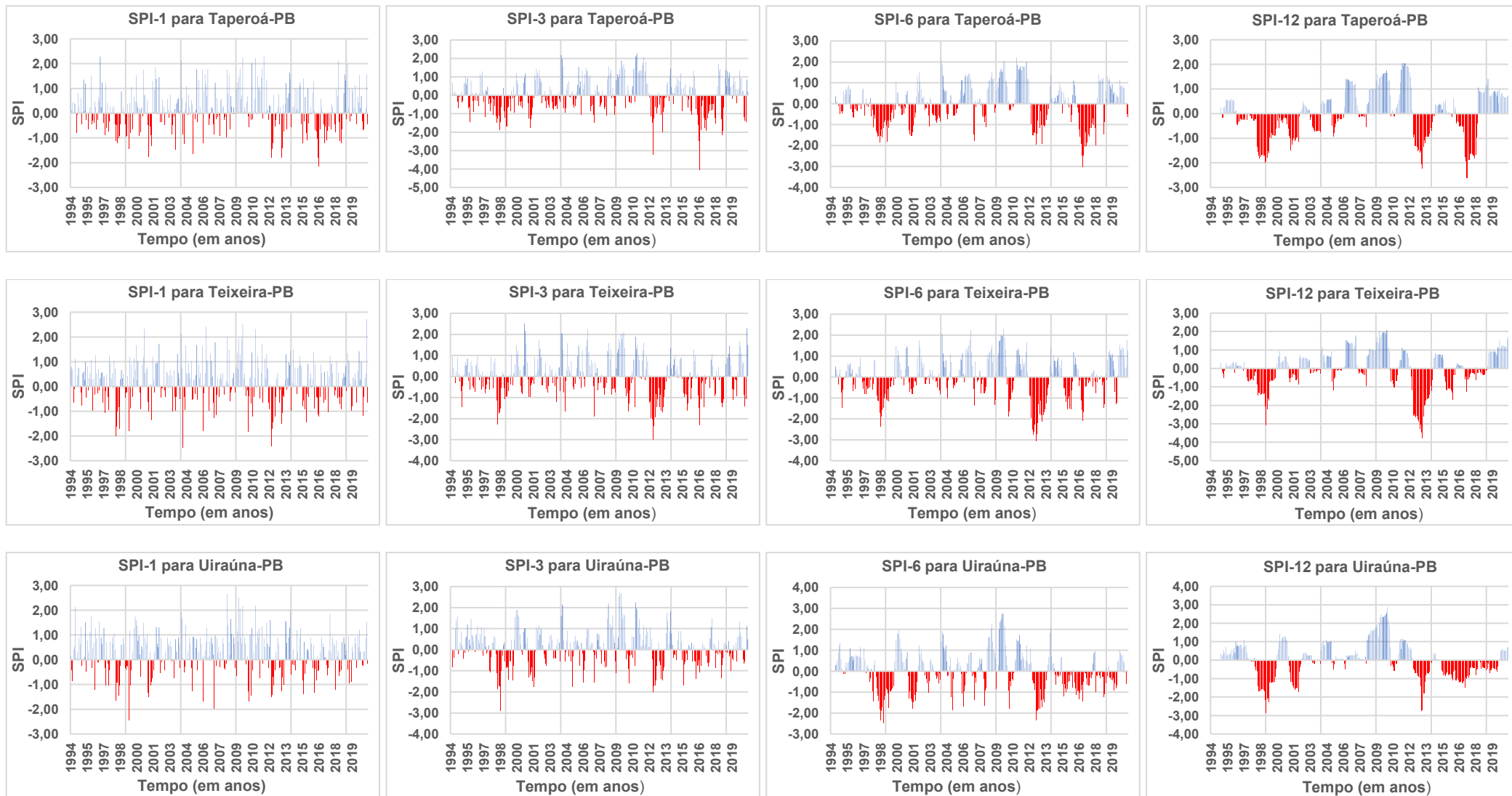
**Anexo C37.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Serra Grande-PB, Serraria-PB e Solânea-PB).



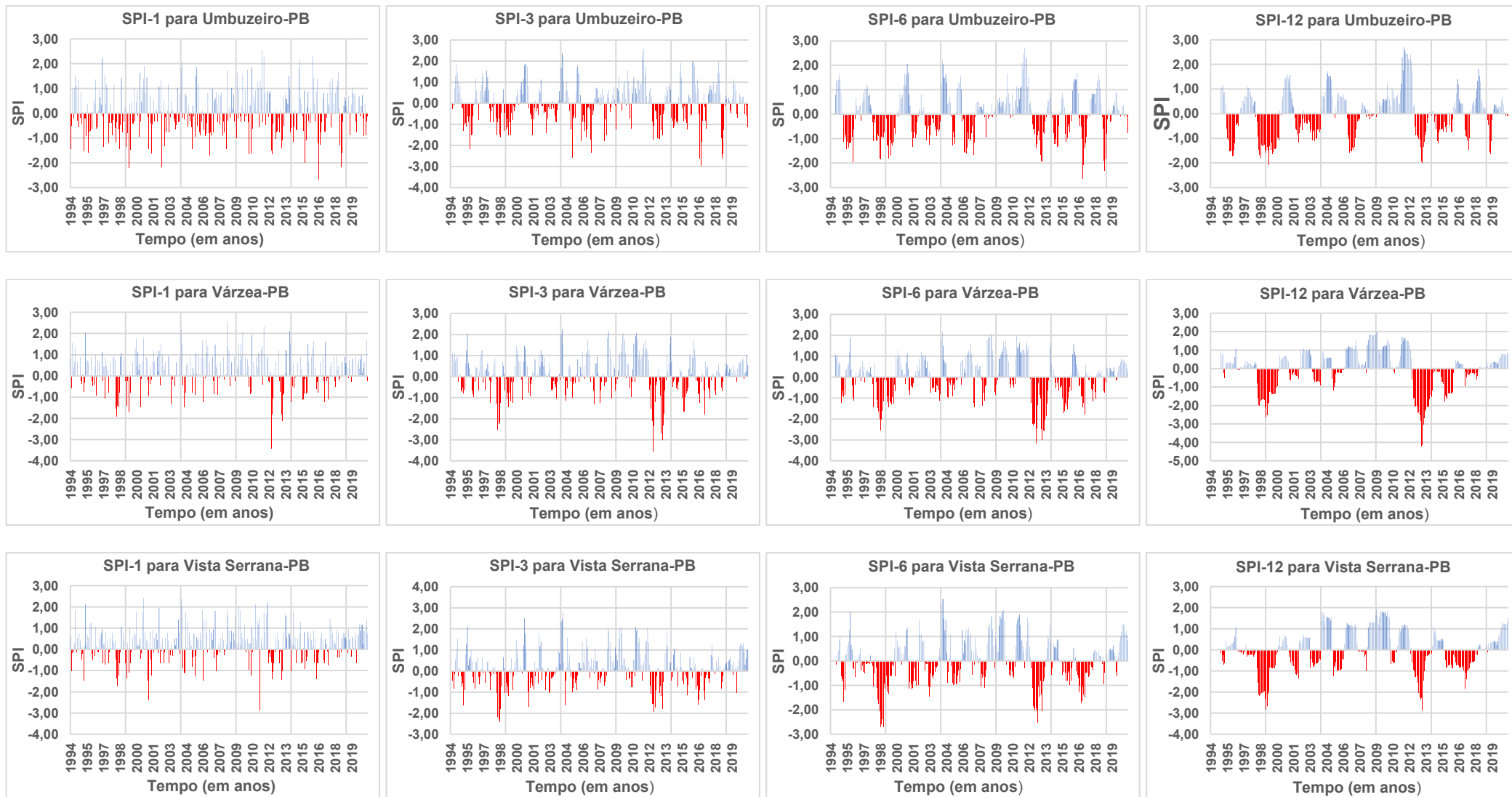
**Anexo C38.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Soledade-PB, Soledade/Fazenda Pendência-PB e Sossêgo-PB).



**Anexo C39.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Sousa, Sousa/São Gonçalo-PB e Sumé-PB).



**Anexo C40.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Taperoá-PB, Teixeira-PB, Uiraúna-PB).



**Anexo C41.** Índice SPI nas escalas SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para os postos pluviométricos de (Umbuzeiro-PB, Várzea-PB, Vista Serrana-PB).