



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos

Glaucia Maria Muniz de Oliveira

**Variabilidade climática natural e sua relação com os recursos
hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas**

Rio de Janeiro
2020

Gláucia Maria Muniz de Oliveira

**Variabilidade climática natural e sua relação com os recursos hídricos
superficiais da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas**

Dissertação apresentada, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Silva de Souza

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

O48 Oliveira, Glaucia Maria Muniz de.
Variabilidade climática natural e sua relação com os recursos
hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas /
Glaucia Maria Muniz de Oliveira. – 2020.
209f.: il.

Orientador: Lúcio Silva de Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências.

1. Mudanças climáticas – Velhas, Rio das, Bacia (MG) – Teses.
2. Bacias hidrográficas – Velhas, Rio das, Bacia (MG) – Teses. 3.
Recursos hídricos – Administração – Velhas, Rio das, Bacia (MG)
– Teses. 4. Correntes Oceânicas – Teses. I. Souza, Lúcio Silva de.
II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de
Tecnologia e Ciências. III. Título.

CDU 551.583:556.51(815.1)

Bibliotecária responsável: Taciane Ferreira da Silva / CRB-7: 6337

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou
parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Glaucia Maria Muniz de Oliveira

**Variabilidade climática natural e sua relação com os recursos hídricos
superficiais da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas**

Dissertação apresentada, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Aprovada em 11 de setembro de 2020.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lúcio Silva de Souza (Orientador)
Faculdade de Oceanografia – UERJ

Prof. Dr. Friedrich Wilhelm Herms
Faculdade de Oceanografia – UERJ

Prof.^a Dra. Luciene Pimentel Da Silva
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Gustavo Bastos Lyra
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à todas as pessoas que sonham. Para que nunca desistam de seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Uma pessoa normal defende um mestrado em 2 anos. Eu estou defendendo em 6. Em 6 anos eu passei em 2 mestrados, tive 3 orientadores, fui de Minas para o Rio, conheci o inferno, conheci o céu, casei-me, mudei de casa 3 vezes, adotei 6 gatinhos lindos, dei aulas, desisti de dar aulas, ganhei muito dinheiro, ganhei nada de dinheiro, fiz vários planos, vi vários deles indo por água abaixo, e vi outros tantos surgindo sem eu nem imaginar. Vi amigos indo embora, vi entes queridos indo embora. Mas vi surgir amigos que me estenderam as mãos, os pés e os braços, me dando um abraço, mesmo que às vezes virtual, que recompensaram todas as dores e tristezas físicas.

Eu poderia ter feito 3 mestrados em 6 anos (ou um mestrado e um doutorado, risos), mas talvez eu não tivesse conhecido todas as pessoas maravilhosas que conheci em meu caminho. Talvez eu não seja “normal”, mas uma pessoa “normal” talvez não tenha também uma cabeça tão pulsante quanto a que tenho. Há mais de 6 anos eu sonho com este título e eu agradeço a Deus por nunca me permitir desistir dele. Ainda que eu me sinta como Moisés, dando voltas em torno do deserto, tenho certeza de que tudo teve um propósito. E a cada vez que olho para trás, e vejo a difícil, mas bonita caminhada que foi, só posso agradecer a Ele, por ter me dado forças por chegar até aqui. Assim exposto, vamos aos agradecimentos.

Agradeço à minha mãe, por ser tudo na minha vida.

Agradeço ao meu pai, porque a cada vez que ele duvidou eu consegui voar mais alto.

Agradeço àquele que tem sido meu marido, meu amor, meu amigo, meu companheiro de sofrência por todos esses anos. Obrigada, João, por tudo! Principalmente por me bancar para eu terminar este mestrado. Sem você, o caminho com certeza teria muito menos flores. Te amo!

Agradeço imensamente ao meu orientador, por ter sido a melhor pessoa possível. Por aguentar meus medos, frustrações, ansiedades. Por ter paciência e por me encaminhar nestes caminhos tortuosos.

Agradeço imensamente também ao Prof. Friedrich, que apesar do jeito de brabo tem um coração imenso e maravilhoso.

Agradeço ao ProfÁgua e tudo que ele representa, por todo aprendizado e por todo apoio, inclusive financeiro. A todo o corpo docente e à Bia, que foram essenciais nesta minha passagem pelo Programa, e também aos amigos que fiz, porque cada sexta-feira ao lado de vocês foi um dia feliz da minha vida. Vocês foram muito especiais para mim!

Agradeço com todo o meu coração ao meu grande amigo Rodrigo Speziali, que qualquer palavra que eu colocasse aqui seria pouco para tudo que ele representa para mim. Muito obrigada Rodrigo!!

Agradeço aos meus amigos Jéssica e Léon, por toda força que me deram para terminar este trabalho e por serem amigos para toda a vida.

Agradeço à minha amiga Katia, grande incentivadora.

E, por fim, agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, e a ANA e a CAPES pelo apoio ao ProfÁgua aportado até o momento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUXPE nº. 2717/2015.

Reze e trabalhe, fazendo de conta que esta vida é um dia de capina com sol quente, que às vezes custa muito a passar, mas sempre passa. E você ainda pode ter muito pedaço bom de alegria... Cada um tem a sua hora e a sua vez: você há de ter a sua.

Guimarães Rosa

RESUMO

OLIVEIRA, Glaucia Maria Muniz de. *Variabilidade climática natural e sua relação com os recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas*. 2020. 209f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Uma das questões mais importantes do século XXI é a gestão integrada da água disponível. Os instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos, sobretudo a outorga de direito de uso, tem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e buscam assegurar que haverá água em quantidade e qualidade suficiente a todos os usuários. Logo, a gestão dos recursos hídricos perpassa, essencialmente, na hipótese da disponibilidade satisfatória de água, em que a sociedade possa ter suas necessidades supridas. O estudo da variabilidade natural do clima, que inclui seus extremos, justifica-se porque a perda de estacionariedade das séries pode impor alterações importantes em setores, como o de geração de energia, irrigação e abastecimento de água. É também relevante pela necessidade de adaptar-se a cenários onde eventos extremos podem ser mais frequentes. Desta forma, este trabalho buscou compreender se (e como) as variações naturais do clima podem interferir na disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas, localizada na região central do estado de Minas Gerais, Brasil. Teve como objetivo identificar alterações em séries de precipitações e vazões sobre a bacia hidrográfica, que fossem compatíveis com a ocorrência dos índices de variabilidade climática, *El Niño* Oscilação Sul (IOS/INO), Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI). Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) identificar a existência de tendências nos dados de precipitação e vazão disponíveis para a área da bacia; (ii) analisar as séries de dados hidrológicos, correlacionando com os períodos em que ocorreram a incidência dos índices de variabilidade climática definidos; (iii) definir a existência de cenários em que ocorrem anomalias nas séries hidrológicas a partir da manifestação do fenômeno climatológico. Após análise dos resultados, verificou-se que na área de estudo as interações entre os fenômenos analisados – IOS, INO, ODP e TSAI/TNAI – e os índices hidrológicos são fracas ou imperceptíveis. Principalmente para os índices ODP e TSAI/TNAI verificou-se alta dispersão dos dados, representativo de baixo índice de correlação. No caso do fenômeno *La Niña* foi possível identificar tendência de aumento na precipitação durante os meses chuvosos em cenários sem deslocamento temporal ou com deslocamento temporal de 12 meses (após o evento). Para o fenômeno *El Niño*, foi possível identificar tendência de redução da precipitação nos meses secos. Conclui-se que por se tratar de fenômenos macro, de escala global, que se processam ao longo do tempo, é difícil identificar claramente suas correlações. O tempo de resposta aos fenômenos globais no regime da Bacia é outro limitante que deve ser considerado em estudos futuros.

Palavras-chave: Variações naturais do clima. Disponibilidade hídrica. Gestão dos recursos hídricos

ABSTRACT

OLIVEIRA, Glaucia Maria Muniz de. *Natural climatic variability and its relationship with surface water resources of the upper Rio das Velhas watershed*. 2020. 209f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

One of the most important issues of the 21st century is the integrated management of available water. The management instruments of the Brazilian National Water Resources Policy, particularly the granting of the right to use, seek to ensure that there will be sufficient water both in quality and quantity for all users, having the watershed as the basic planning unit. The management of water resources is built on the premise of satisfactory water availability, in which society can have its demands fulfilled. The study of the climate natural variability, including its extremes, is justified by the need to adapt to scenarios where extreme events may be more frequent and the loss of stationarity of the series can impose important changes in sectors such as power generation, irrigation and water supply, among others. This work sought to understand whether (and how) natural climate variations may interfere with the surface water availability of the upper Rio das Velhas watershed, located in the central region of the State of Minas Gerais (Brazil). It aimed to identify changes in rainfall and flow data on the watershed that are compatible with the occurrence of the following climate variability indices: *El Niño*–Southern Oscillation (SOI/ONI), Pacific Decadal Oscillation (PDO) and Tropical Atlantic SST Dipole (TNA/TSA). For that, the following specific objectives were defined: (i) to identify the existence of trends in the rainfall and flow data available for the basin area; (ii) to analyze the series of hydrological data, correlating them with the periods in which the climatic variability indices occurred; (iii) define the existence of scenarios in which anomalies in the hydrological series occur from the manifestation of the climatological phenomena. Results have shown that the interactions between the analyzed phenomena (IOS, INO, ODP and TSAI / TNAI) in the study area are weak or inconspicuous. For the ODP and TSAI / TNAI indices, there was a high dispersion of data, representing a low correlation index. In the case of the *La Niña* phenomenon, it was possible to identify an increasing trend in precipitation during the rainy months in scenarios without temporal displacement or with a 12-month temporal displacement (after the event). For the *El Niño* phenomenon, it was possible to identify a tendency to reduce precipitation in the dry months. The conclusion is that because these are macro-global phenomena that occur over time, it is difficult to identify correlations. The time of response in the Basin to global phenomena is another limitation that must be considered in future studies.

Keywords: Natural climate variations. Water availability. Water resources management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Padrão de circulação observada em anos de <i>El Niño</i> na região equatorial do Oceano Pacífico.....	31
Figura 2 –	Oscilação Sul – mecanismos de circulação atmosférica das fases quente e fria (H: zona de alta pressão; L: zona de baixa pressão).Figura 2 – Oscilação Sul – mecanismos de circulação atmosférica das fases quente e fria (H: zona de alta pressão; L: zona de baixa pressão)...	32
Figura 3 –	Anomalias na temperatura da superfície do mar no inverno (cores), pressão do nível do mar (contornos) e padrões de anomalia de tensão do vento na superfície (setas) durante as fases quente (a) e fria (b) da ODP.....	35
Figura 4 –	Padrão do Dipolo do Atlântico.....	38
Figura 5 –	UPGRHs de Minas Gerais com destaque para a UPGRH Velhas	49
Figura 6 –	UTES e regiões da bacia hidrográfica do rio das Velhas.....	51
Figura 7 –	Mapa das estações de Monitoramento na área da bacia.....	57
Figura 8 –	Diagrama Unifilar.....	60
Figura 9 –	Regiões NINO.....	65
Figura 10 –	Série temporal do índice NINO 3,4.....	66
Figura 11 –	Série temporal do Índice <i>Niño</i> Oceânico (INO).....	68
Figura 12 –	Série temporal do Índice de Oscilação Sul (IOS).....	69
Figura 13 –	Série temporal da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	71
Figura 14 –	Série temporal do Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI).....	72
Figura 15 –	Série temporal do Índice do Tropical Norte (TNAI).....	73
Figura 16 –	Precipitação média mensal das estações pluviométricas da área da bacia.....	75
Figura 17 –	Médias mensais das vazões máximas e mínimas das estações fluviométricas da área da bacia do Alto Rio das Velhas.....	76
Figura 18 –	Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice de Oscilação Sul (IOS).....	79
Figura 19 –	Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice de	

	Oscilação Sul (IOS).....	81
Figura 20 –	Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice <i>Niño</i> Oceânico (INO).....	83
Figura 21 –	Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice <i>Niño</i> Oceânico (INO).....	85
Figura 22 –	Análise das precipitações mensais máximas em função do índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	87
Figura 23 –	Análise das precipitações mensais mínimas em função do índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).- Padrão de circulação observada em anos de <i>El Niño</i> na região equatorial do Oceano Pacífico.....	89
Figura 24 –	Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI).....	91
Figura 25 –	Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI).....	92
Figura 26 –	Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI).Figura 26 – Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI).....	94
Figura 27 –	Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI).....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Disponibilidade hídrica superficial na bacia do rio das velhas.....	55
Tabela 2 –	Estações Pluviométricas.....	58
Tabela 3 –	Estações Fluviométricas.....	59
Tabela 4 –	Episódios frios e quentes por temporada.....	66

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	Gestão de recursos hídricos e disponibilidade hídrica	20
2.2	Alterações climáticas e impactos na segurança hídrica	22
2.3	Variabilidade climática e recursos hídricos	26
2.4	Índices de variabilidade climática	27
2.4.1	<u>El Niño - Oscilação Sul (ENOS)</u>	29
2.4.2	<u>Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)</u>	35
2.4.3	<u>Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI)</u>	37
2.5	Elementos hidrológicos	40
2.5.1	Análise de dados hidrológicos.....	40
2.5.2	Métodos estatísticos para detecção de mudanças em séries hidrológicas.....	42
2.6	Estudos hidroclimatológicos	43
3	METODOLOGIA	48
3.1	Caracterização da área de estudo	49
3.1.1	<u>Meio físico</u>	52
3.1.1.1	Clima.....	52
3.1.1.2	Hydrografia e disponibilidade hídrica.....	54
3.2	Aquisição de dados	55
3.3	Processamento de dados	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1	Processamento de dados	64
4.1.1	Séries climatológicas.....	64
4.1.1.1	<u>El Niño Oscilação Sul (ENOS)</u>	64
4.1.1.2	<u>Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)</u>	71
4.1.1.3	<u>Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI)</u>	72
4.1.2	Séries hidrológicas.....	74
4.1.2.1	Séries pluviométricas.....	74

4.1.2.2	Séries fluviométricas.....	76
4.2	Avaliação dos resultados	77
	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	97
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICE A – Estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do alto rio das velhas.....	113
	APÊNDICE B – Análise dos dados das estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do alto rio das velhas.....	127
	APÊNDICE C – Análise de correlação entre os índices climáticos e hidrológicos para as estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do alto rio das velhas.....	137
	ANEXO – Séries históricas dos índices climáticos de referência.....	200

INTRODUÇÃO

A gestão integrada dos recursos hídricos, tanto sob aspectos quantitativos quanto qualitativos, é uma das questões mais importantes do século XXI (FEITOSA *et al.*, 2008). A água, por sua intrínseca relação com a existência da vida e por ser fundamental em todo e qualquer processo produtivo, deve ter sua gestão pautada pela sua ocorrência e disponibilidade. Nesse contexto, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), na forma da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Os instrumentos da PNRH refletem esta preocupação com a gestão dos recursos hídricos através dos Planos de Recursos Hídricos; do enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; da outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; da cobrança pelo uso de recursos hídricos; e do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que visam ser ferramentas estratégicas para os gestores. Estes instrumentos pretendem assegurar que a água estará disponível para todos os usuários da bacia hidrográfica (unidade de planejamento e gestão). Logo, a gestão dos recursos hídricos perpassa pela hipótese da disponibilidade satisfatória de água, em que o meio ambiente, a sociedade, as infraestruturas, entre outros, possam ter suas necessidades supridas quantitativo e qualitativamente.

Para que seja possível assegurar a disponibilidade hídrica aos usuários é necessário que os processos hidrológicos estejam bem caracterizados. Isto é, uma vez que a água é necessária à sobrevivência dos seres vivos, fundamental em todos os processos ecológicos e economicamente estratégica, é importante compreender como ocorre seu ciclo de disponibilidade na Terra. E, neste contexto, as chuvas têm importante papel na disponibilidade de água, já que elas são a principal entrada natural de água na bacia hidrográfica.

A precipitação e a evaporação são os processos mais importantes do ciclo hidrológico, onde há maior interação entre a atmosfera e as águas superficiais. A maior parte da água que precipita sobre a superfície terrestre provém da umidade que se evapora nos oceanos e que é transportada pela circulação atmosférica ao largo de grandes distâncias (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988). A interação entre a precipitação e a corrente de superfície varia de acordo com o tempo e a geografia, podendo ser afetada tanto por fatores meteorológicos, como pela geologia física e a

topografia da região. Somente um terço da precipitação que cai sobre a Terra corre para as correntes e rios e retorna para o oceano; os outros dois terços são evaporados, transpirados ou fluem para o lençol subterrâneo (USGS, 2020). Se considerarmos que estes processos são constantemente alterados, seja por fatores naturais ou antrópicos, se torna difícil mensurar estes impactos e diferenciar as variações naturais do clima das mudanças climáticas.

De acordo com Alexandre (2009), os sistemas de recursos hídricos são, em geral, projetados a partir da suposição de que a sequência de dados hidrológicos é estatisticamente estacionária (seja de vazão ou de precipitação), ou seja, que as características estatísticas essenciais dos processos hidrológicos, tais como suas medidas de posição e variabilidade, permanecem constantes ao longo do tempo. Entretanto, como afirma o autor, tal suposição pode não ser verificada quando são considerados aspectos como a mudança de cobertura vegetal, variabilidade e mudança climática. Neste trabalho, por exemplo, foi possível identificar que a existência do fenômeno *La Niña* é capaz de influenciar as séries climáticas mesmo em uma pequena bacia hidrográfica.

Conforme a Agência Nacional Águas - ANA (2010), a variabilidade natural do clima e/ou da mudança climática pode influenciar diretamente as séries hidrológicas, levando a um padrão de não-estacionariedade. Logo, se existem evidências de que as variações naturais do clima afetam a disponibilidade hídrica, faz-se extremamente importante para a gestão dos recursos hídricos compreender as mudanças nas séries temporais dos dados hidrológicos.

Este trabalho buscou, então, identificar alterações nas séries históricas de precipitação e vazão medidas que possam ser associadas às teleconexões¹ na bacia do Alto Rio das Velhas (sub-bacia do rio São Francisco), em Minas Gerais. Para isso, foram avaliados os fenômenos climáticos *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), Oscilação Decadal do Pacífico e Dipolo do Atlântico, a fim de verificar se estes fenômenos foram capazes de produzir alterações significativas no regime hidrológico de uma bacia,

¹ O conceito de teleconexões, em meteorologia, refere-se a um padrão recorrente e persistente de anomalias de uma determinada variável, por exemplo, pressão e circulação de grande escala, que cobre vastas áreas geográficas. Estes padrões podem persistir por várias semanas ou meses, mas algumas vezes podem se tornar dominantes por vários anos consecutivos e, assim, mostram uma parte importante da variabilidade interanual e interdecenal da circulação atmosférica (CAVALCANTI; AMBRIZZI, 2009, p. 318).

contribuindo, desta forma, para melhor entendimento da disponibilidade hídrica temporal e para a gestão dos recursos hídricos.

Este trabalho foi estruturado em seis capítulos, incluindo este Capítulo (*Introdução*).

No Capítulo 1, *Contexto e Justificativas*, são explicadas as razões pelos quais se buscou estudar este tema, assim como sua contribuição para a gestão dos recursos hídricos.

No Capítulo 2, *Revisão da Literatura*, é apresentado o estado da arte relativo ao tema que envolve a pesquisa. São abordados aspectos gerais inerentes ao tema gestão de recursos hídricos e disponibilidade hídrica, variabilidade climática e recursos hídricos, índices de variabilidade climática e análise estatística de dados hidrológicos. Este capítulo é importante para auxiliar no entendimento do conteúdo deste trabalho através da bibliografia mais recente do tema.

Na sequência, o Capítulo 3, *Metodologia*, faz uma apresentação da região que constitui o objeto de estudo dessa dissertação e do contexto dos dados hidrológicos e climatológicos. São abordados os aspectos gerais da bacia do Alto Rio das Velhas, com informações sobre o meio físico, e, em seguida, são tratados, de forma mais detalhada, os dados correspondentes às séries climatológicas (tratamento dos dados dos índices de variabilidade climática) e das séries hidroclimatológicas (dados de chuva e vazão da bacia).

No Capítulo 4, *Resultados e Discussão*, concentra-se o estudo de correlação entre o regime de chuvas e vazões na bacia do Alto Rio das Velhas e os índices de variabilidade climática ora citados. É apresentado um estudo que visa identificar a existência de cenários em que ocorrem anomalias nas séries hidrológicas, a partir da manifestação do fenômeno climatológico, utilizando técnicas gráficas.

Por fim, no Capítulo 5, *Considerações Finais e Recomendações*, são discutidas as conclusões oriundas dos resultados apresentados neste trabalho. São abordadas as informações desenvolvidas ao longo do texto, apresentando-se, ao final, recomendações para pesquisas futuras.

Objetivos

Ante ao exposto, este trabalho apresenta como **objetivo geral** identificar se as alterações em padrões de precipitações e vazões medidas sobre a bacia hidrográfica

do Alto Rio das Velhas podem ser influenciadas pela ocorrência da variabilidade climática relacionada aos modos *El Niño* Oscilação Sul, Oscilação Decadal do Pacífico e Dipolo do Atlântico.

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) Identificar a existência de tendências nos dados de precipitação e vazão disponíveis para a área da bacia;
- b) Analisar as séries de dados hidrológicos, correlacionando estas com os períodos em que ocorreram os fenômenos de variabilidade climática natural pré-definidos;
- c) Determinar a existência de cenários em que ocorrem anomalias nas séries hidrológicas a partir da manifestação do fenômeno climatológico.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Problemas associados ao excesso de água (cheias) ou a falta dela (vazões baixas ou secas) geram vultosos prejuízos materiais e exigem grande mobilização por parte do poder público, da sociedade civil e dos demais usuários de água (FEITOSA *et al.*, 2008). Por isso, é necessário um adequado planejamento no uso dos recursos hídricos nos seus mais variados usos.

Quando o uso do recurso hídrico altera o regime, a quantidade ou a qualidade desse recurso, ele se torna passível de outorga de direito, conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Um exemplo é a construção de estruturas hidráulicas necessárias para qualquer empreendimento que necessite fazer o escoamento de vazões de água, como companhias de abastecimento, usinas hidrelétricas e empresas de mineração. Barragens com reservatórios de água dependem do regime hidroclimatológico para determinar as vazões de projeto² (DAEE, 2005) e acabam por afetar elas próprias o regime hidrológico (PINHEIRO, 2011).

A outorga está sujeita a critérios técnicos conforme estabelecido pelo órgão gestor. Em Minas Gerais, por exemplo, a vazão de referência a ser utilizada para o cálculo das disponibilidades hídricas em cada local de interesse, até que se estabeleçam as diversas vazões de referência nas bacias hidrográficas do Estado, será a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência) (IGAM, 2010).

No caso em que caso os padrões de alta frequência (ODP, Teleconexões) alterem os padrões estacionários das séries hidrológicas, levando a situações em que as séries apresentem não estacionariedade (e, por consequência, afetando as vazões de referência Q_{90} , Q_{95} , $Q_{7,10}$, etc.), isso pode prejudicar os usuários de recursos hídricos, que ficariam vulneráveis quando da ocorrência de eventos extremos, tais como secas. Também dificultaria o planejamento de órgãos gestores de meio ambiente no tocante a outorgas e regulações no longo prazo, assim como pode impor

² A vazão de projeto refere-se à vazão de enchente de um curso d'água vinculada à segurança de uma obra hidráulica, associada à probabilidade de ocorrência do evento em um ano qualquer. É estimada para a bacia de contribuição delimitada para o projeto da obra (DAEE, 2005). O estudo da vazão de projeto faz parte do conjunto de estudos hidrológicos que compõem o relatório técnico de Outorga de Direito de Uso da Água.

alterações importantes no setor produtivo de forma geral, mais especificamente em setores que dependem de água, como abastecimento, agricultura, geração de energia e mineração, setores estes vitais à sociedade.

Portanto, o estudo proposto neste trabalho, de como a variabilidade natural do clima pode interferir na disponibilidade hídrica superficial, justifica-se pela necessidade de identificar cenários onde eventos extremos podem ocorrer.

Destaca-se, contudo, que para identificar tendências em séries hidrológicas é necessário que as séries sejam consistentes e tenham pelo menos 20 anos de dados. Ocorre que, conforme afirma Monte-Mor (2012), os dados hidroclimatológicos necessários a estudos de variabilidade climática não estão disponíveis da mesma forma para todas as bacias hidrográficas brasileiras, havendo uma quantidade muito maior de dados para as grandes bacias do que para as pequenas bacias, como a analisada neste trabalho, o que constituiu um desafio adicional na sua execução.

Apesar dos pequenos avanços nas últimas décadas, a rede de monitoramento existente para as bacias pequenas ainda é precária e bastante deficiente. A medição de variáveis hidroclimatológicas em todas as bacias hidrográficas do país é economicamente difícil e fisicamente impraticável, devido à grande extensão territorial brasileira. Monte-Mor (2012) explica ainda que os primeiros monitoramentos hidrológicos no Brasil surgiram da necessidade de se dispor de dados e informações da hidrografia brasileira, com o propósito de estudar e levantar os aproveitamentos da energia hidráulica para geração de eletricidade e, por isso, as estações de monitoramento de dados hidrológicos foram implantadas somente nas grandes bacias do país. O monitoramento de pequenas bacias é, todavia, de fundamental importância para a complementação da rede de informações hidrológicas, além de permitir o estudo dos processos físicos atuantes no ciclo hidrológico e dar suporte à gestão de recursos hídricos e à conservação do solo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Embora seja um bem natural limitado, a água é um recurso essencial para a vida de todos os seres vivos. Para regulamentar o acesso aos recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas e os órgãos gestores estaduais utilizam mecanismos de planejamento e coordenação de seu uso, o que, na escala da bacia hidrográfica, converte-se em instrumentos para a gestão dos recursos hídricos (ANA, 2019).

Os sistemas de circulação da atmosfera influenciam a precipitação, que, por sua vez, influenciam o escoamento dos rios. De forma geral, a disponibilidade hídrica permanece constante ao longo dos anos, ainda que possuam uma variabilidade natural. Esta variabilidade pode ser percebida, por exemplo, pela existência de anos mais ou menos chuvosos. Existem determinados eventos que podem, contudo, alterar significativamente o regime natural dos recursos hídricos na bacia, como, por exemplo, a ocorrência de fenômenos atmosférico-oceânicos e as mudanças climáticas de origem antrópica.

Visando contribuir com a literatura no estudo da influência de elementos de variabilidade natural do clima sobre os recursos hídricos, procedeu-se neste trabalho uma correlação entre estes temas. Entende-se que os fenômenos climáticos, tais como as teleconexões, a Oscilação Decadal do Pacífico e o Dipolo do Atlântico podem interferir nos recursos hídricos, mas essa interação ainda não é bem compreendida quando se trata de pequenas bacias hidrográficas (entendidas aqui como aquelas bacias menores que 10 Km²). Este trabalho buscou identificar justamente esta questão e, por isso, será apresentado neste capítulo a literatura pertinente. Para melhor compreensão, serão apresentados neste capítulo uma conceituação dos termos, a caracterização dos fenômenos e o estado da arte referente ao tema.

2.1 Gestão de recursos hídricos e disponibilidade hídrica

A evolução dos usos da água nas bacias hidrográficas brasileiras está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. De acordo com Tucci (2008), a ampliação do desenvolvimento

urbano a partir da segunda metade do século XX provocou a concentração da população em espaços reduzidos, produzindo grande competição pelos recursos naturais (solo e água). O crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas, especialmente nas regiões metropolitanas e nas cidades que se transformaram em polos regionais, transformou o Brasil num país essencialmente urbano (83% de população urbana). Esse processo, entretanto, tem provocado grandes perdas a biodiversidade natural.

O Brasil é um país que possui reconhecidamente grande disponibilidade de água. Contudo, sabe-se que grande parte deste recurso está concentrada em regiões onde há menor densidade populacional. Nos grandes centros urbanos a situação é, muitas vezes, preocupante. Além de possuírem grande adensamento populacional, o que gera uma forte demanda pelos recursos hídricos, muitas vezes a poluição é um agravante, piorando consideravelmente a qualidade da água e tornando o abastecimento nas cidades um grande desafio (TUCCI, 2008).

Conforme ANA (2019), o desafio do abastecimento em áreas com maior dinamismo econômico e produtivo, como as regiões metropolitanas, está relacionado à frequente utilização da mesma fonte hídrica para diferentes usos, o que resulta em conflitos ligados à quantidade e à qualidade da água. Além disso, o aproveitamento desses mananciais para o abastecimento dos grandes centros urbanos se dá, usualmente, por meio de sistemas que atendem várias cidades de forma simultânea e interligada. Nestas regiões, o planejamento, a execução e a operação da infraestrutura hídrica são, portanto, mais complexos e exigem maiores investimentos.

Em Minas Gerais, por exemplo, as bacias de abastecimento urbano na região do quadrilátero ferrífero possuem intrínseca relação com o setor de mineração. Conforme Rubio (2006), a mineração desenvolve-se sob o nível freático, com incidência também sobre as águas superficiais, em maior ou menor intensidade. É frequente, durante o processo de lavra, a necessidade de se drenarem as águas nas áreas das minas, muitas vezes com grandes vazões. Além disso, todo o processo produtivo das atividades que envolvem minério de ferro é extremamente dependente de água. Estes fatores produzem efeitos hidrológicos, ambientais e econômicos que impõem a gestão e o manejo adequado das águas.

Para que seja possível atender aos múltiplos usos da água, tal como prevê a Lei nº 9.433/1997, deve ser realizada uma eficaz gestão dos recursos hídricos. Os órgãos ambientais devem proporcionar ferramentas que permitam a gestão

compartilhada das águas e, para isso, é necessário conhecer a disponibilidade hídrica da bacia.

Em pequenas bacias, o monitoramento hidrológico deve ser realizado a fim de fornecer informações sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos ao longo do tempo (ALEXANDRE, 2009). A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) realiza atualmente grande parte do monitoramento existente, em estações pluviométricas e fluviométricas. Contudo, tanto a ANA quanto os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais exigem que os usuários de recursos hídricos realizem o próprio monitoramento como forma de assegurar a disponibilidade hídrica (ANA, 2005).

Através da Resolução nº 603, de 26 de maio de 2015, a ANA exige dos usuários de recursos hídricos o monitoramento dos volumes de captação e/ou lançamento obtidos através de medição de parâmetros tais como velocidade do fluxo, vazão, volume ou nível d'água de forma a permitir uma avaliação quali-quantitativa constante do corpo hídrico ou de trechos de rios de domínio da União. Alguns Estados também possuem sua própria legislação, obrigando o monitoramento da disponibilidade hídrica pelos usuários. No Estado de Minas Gerais, por exemplo, a Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº 2237, de 05 de dezembro de 2014, estabelece procedimentos que devem ser observados pelos usuários de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais visando ao envio dos dados de monitoramento.

2.2 Alterações climáticas e impactos na segurança hídrica

A partir das informações disponíveis, oriundas do monitoramento dos recursos hídricos (principalmente dos dados de vazão e precipitação), busca-se compreender como os fenômenos climáticos podem afetar a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas e o que fazer para manter oferta hídrica aos usuários.

O conceito de “segurança hídrica” tem surgido como forma de orientar a gestão dos recursos hídricos a resultados efetivos em termos de garantia de disponibilidade de água para os usos múltiplos que atenda às expectativas da sociedade, além de

protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos. A *UN-Water*³ (2013) propõe a seguinte definição de segurança hídrica:

A capacidade de uma população de garantir acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável para sustentar os meios de subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico, para garantir proteção contra a poluição da água e desastres relacionados à água e para preservar ecossistemas. em um clima de paz e estabilidade política.

De acordo com Melo e Johnsson (2017), no âmbito internacional, o conceito de segurança hídrica começou a ser discutido na década de 90, sobretudo a partir de 2009, quando o assunto passou a ser objeto de maior número de publicações. No Brasil, pode-se dizer que a Lei Federal nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, e as leis estaduais correspondentes, trazem embutido o conceito de segurança hídrica. No entanto, somente a partir de 2014 este conceito ganhou espaço no país em função da crise hídrica vivenciada pelas principais capitais do sudeste brasileiro.

O conceito de segurança hídrica está diretamente vinculado às alterações nos padrões de precipitação, entendidas no senso comum como mudanças climáticas. As incertezas em relação aos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos são principalmente devido às incertezas do que vai ocorrer em relação a precipitação, em detrimento às incertezas do efeito estufa pela emissão de gases, à sensibilidade do clima ou dos próprios modelos hidrológicos. Os poucos trabalhos que já foram desenvolvidos no Brasil sobre o tema não avançam com propostas de adaptação e muito menos as avaliam (ANA, 2015).

Este trabalho não pretende abordar a temática mudanças climáticas. A literatura sobre o tema é vasta e há muitas controvérsias. Entende-se aqui que existem fenômenos climáticos que são intrínsecos às interações atmosfera-oceano, que produzem variações no clima ao longo do tempo (anuais, decadais, sazonais, interanuais etc.) e que, devido ao fato de as séries históricas de dados serem curtas (em geral, há no máximo 100 anos de dados), existe a necessidade de se entender como se dão estes fenômenos, antes de se considerar outros fatores.

Entretanto, a temática das mudanças climáticas é muitas vezes tratada como inerente às variações naturais do clima e se relaciona fortemente à necessidade de

³ A UN-Water coordena os esforços de entidades da ONU e organizações internacionais que trabalham com questões de água e saneamento.

segurança hídrica. Para o *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (2007, p. 30), as mudanças climáticas são quaisquer mudança no clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Este conceito diverge daquele definido pelo *United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC, para o qual o termo “mudança climática” se refere à mudança atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis (IPCC, 2007, p. 30).

Diante do cenário de incertezas e possíveis mudanças no clima, a Agência Nacional de Águas (ANA) já implementa, por exemplo, medidas para aumentar a segurança hídrica e a capacidade do Brasil de se adaptar a novos cenários. A ANA já elaborou, até o momento, vários estudos envolvendo mudanças climáticas e recursos hídricos, relacionados principalmente à mudança nos padrões das séries hidrológicas em função do clima. Para citar alguns: *Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação* (ANA, 2016); *Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos: desafios para a gestão* (ANA, 2010); *Impactos das Mudanças do Clima e Projeções de Demanda sobre o Processo de Alocação de Água em duas Bacias do Nordeste Semiárido* (MARTINS *et al.*, 2013).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é o órgão das Nações Unidas responsável por avaliar a ciência relacionada à mudança climática. Foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). O IPCC fornece avaliações regulares da base científica das mudanças climáticas, seus impactos e riscos futuros, e opções para adaptação e mitigação (IPCC, 2019). Destaca-se nos relatórios do IPCC as projeções climáticas e ambientais realizadas a partir de modelos climatológicos complexos.

No capítulo 9 do 5º Relatório do IPCC (AR5), intitulado *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (FLATO *et al.*, 2013, p. 745), é feita uma avaliação dos modelos climáticos utilizados para a detecção e atribuição das mudanças climáticas tanto a níveis regionais quanto a nível global. De acordo com os autores, os modelos climáticos e do Sistema Terrestre baseiam-se em princípios físicos e reproduzem muitos aspectos importantes do clima observado, mas, em geral, não há meios diretos de traduzir medidas quantitativas de desempenho passado em afirmações confiantes sobre a fidelidade das futuras projeções climáticas. Flato *et al.* (2013) explicam que

houve progressos substanciais na metodologia para avaliar a confiabilidade de um conjunto de modelos múltiplos desde o relatório anterior (AR4), e várias abordagens para melhorar a precisão de projeções de modelos múltiplos estão sendo exploradas. No entanto, conforme explicado no relatório, ainda não existe uma estratégia universal para ponderar as projeções de diferentes modelos com base em seu desempenho histórico.

Ainda assim, a partir destes relatórios produzidos pelo IPCC vários países têm providenciado medidas que visam reduzir os impactos das mudanças climáticas previstas. No Brasil, conforme mencionado anteriormente, a Agência Nacional de Águas já publicou vários documentos que orientam quanto ao tema. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) também vem sendo bastante ativo na proposição de medidas contra as mudanças climáticas. Destaca-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187, de 2009 (BRASIL, 2009), que define estratégias e propõe políticas relacionadas ao monitoramento e à implementação dos planos setoriais de mitigação e adaptação. Um dos instrumentos desta política é o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima), que tem por finalidade financiar projetos, estudos e empreendimentos que visem à redução de emissões de gases de efeito estufa e à adaptação aos efeitos da mudança do clima. Além disso, o MMA, em conjunto com outros órgãos de governo, articula acordos com a comunidade internacional, assim como apoia e desenvolve estudos e projetos relacionados ao tema.

Outros órgãos governamentais como, por exemplo, o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE também são responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema mudanças climáticas, incluindo estudos observacionais para caracterizar o clima presente e sua variabilidade em longo prazo, assim como estudos de projeções de cenários climáticos futuros para caracterizar o clima no que resta do século XXI para vários cenários de emissões de gases de efeito estufa (INPE, 2019). Entretanto, como destaca o documento “Possibilidades de Aperfeiçoamento da Outorga de Direito de Uso Face às Mudanças Climáticas” (ANA, 2015), ainda não é possível quantificar os efeitos de mudanças climáticas e, portanto, o ajuste de normas e procedimentos que orientam a alocação e outorga será um grande desafio. O estudo destaca que na literatura a grande maioria dos estudos em mudanças climáticas foca nos seus impactos, enquanto outros grupos de investigação referem-se às medidas de

adaptação a mudanças climáticas. Alguns poucos, ainda, referem-se à mitigação desses impactos. No Brasil, ainda é limitado o número de estudos neste tema, sendo a maioria sobre a análise das incertezas das projeções, ou, quando muito, na avaliação dos impactos.

2.3 Variabilidade climática e recursos hídricos

Se os processos climáticos podem alterar os regimes de chuva e a disponibilidade hídrica nas bacias, é preciso compreender como esses processos atuam. O entendimento da hidrologia local e dos fenômenos oceano-atmosfera permite caracterizar um cenário onde é possível perceber a ocorrência de variações/oscilações. Por isso, é preciso o estudo dos índices climáticos e dos dados hidrológicos para precisar essas interações.

A hidrologia é, de acordo com Naghettini e Pinto (2007, p.3), “a geociência que investiga os fenômenos que determinam a distribuição espaço-temporal da água em nosso planeta sob os atributos de quantidade, de qualidade e de interação com as sociedades humanas”. Conforme os autores, as intensidades com que os fenômenos hidrológicos ocorrem podem ser colocadas como funções do tempo, do espaço, ou de ambos, assim como podem considerar escalas geográficas que vão desde a global até a local, passando pela escala usual da bacia hidrográfica. Estas funções são denominadas de *processos hidrológicos*.

O clima é um dos condicionantes ou forçantes do ciclo hidrológico, sendo seu entendimento importante para explicar e determinar o comportamento dos processos hidrológicos. Por isso, mudanças no clima que alterem o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e/ou secas severas. Esses fenômenos afetam a oferta de água, ameaçando o suprimento de recursos hídricos, e geram custos que são, muitas vezes, incalculáveis (AHRENS, 2009).

As modificações nas variáveis representativas do clima (precipitação, temperatura, vento, radiação e umidade) refletem as alterações climáticas. Tucci (2005, p. 475) explica que no ciclo hidrológico a distribuição temporal e espacial da precipitação e evapotranspiração são variáveis de entrada dos modelos, que podem

produzir alterações nas estatísticas das séries de vazões líquida e sólida entre outras variáveis de resposta da bacia. O autor explica ainda que a variação do clima e/ou falta de representatividade das séries históricas pode ocorrer devido a não homogeneidade das séries.

A variabilidade climática natural apresenta um comportamento estacionário que depende da representatividade da série histórica de observação. Isto é, como as séries históricas geralmente não são suficientemente longas, elas podem apresentar variabilidade de estatísticas de acordo com a amostra obtida ao longo do tempo. Para se conseguir uma representação dos fenômenos, da forma mais fidedigna possível, é necessária a utilização de modelos hidrológicos e/ou climatológicos cuja série seja representativa dos períodos históricos conhecidos. Outros fatores que podem criar uma não homogeneidade das séries incluem alterações nas características físicas, químicas e biológicas da bacia hidrográfica devido a efeitos naturais e antrópicos (Tucci, 2005, p. 475). Estes efeitos podem ser advindos de anomalias ou variações climáticas cíclicas e naturais, mudanças climáticas (entendido aqui pelo conceito de estacionariedade/mudança de tendência), assim como as alterações que são devidas aos usos da água, que podem ou não promover alteração do regime hidrológico e/ou redução das vazões remanescentes.

A seguir serão explicados como 3 (três) índices de variabilidade climática que podem afetar a atmosfera e, conseqüentemente, os recursos hídricos na escala da bacia hidrográfica.

2.4 Índices de variabilidade climática

Segundo Ayoade (2003), a atmosfera, por seu caráter dinâmico, está em constante mudança, tanto na escala regional quanto na escala temporal. Os mecanismos de *feedback*⁴ podem ser internamente induzidos, dentro do sistema Terra-Atmosfera, ou externamente induzidos. Assim sendo, o clima é determinado por

⁴ Nas mudanças climáticas, um ciclo de *feedback* (ou retroalimentação) é equivalente a um círculo vicioso ou virtuoso - algo que acelera ou desacelera uma tendência de aquecimento. Um *feedback* positivo acelera um aumento de temperatura, enquanto um *feedback* negativo o desacelera (ARHENS, 2009).

dois fatores principais, sendo: (i) a natureza dos componentes que formam o sistema climático e as interações entre os vários componentes; e (ii) a natureza das condições geofísicas exteriores ao sistema climático e as influências que exercem sobre o sistema climático.

A interação entre a atmosfera e a superfície dos oceanos é componente do sistema climático da terra. Os processos de troca de energia e umidade entre a superfície dos oceanos e a atmosfera determinam o comportamento do clima, sendo que tanto o clima regional quanto o clima global podem ser afetados por alterações nestes processos (OLIVEIRA, 2001).

Ainda há uma carência de estudos que permitam uma melhor compreensão dos fenômenos que relacionam o estado do oceano e da atmosfera e suas interações nas várias escalas de tempo e espaço (PEZZI; SOUZA; QUADRO, 2016). Além dos padrões de circulação atmosférica, existem variabilidades climáticas que se originam a partir de anomalias nos padrões de temperatura e pressão das águas dos oceanos. De acordo com Ahrens (2009), o fluxo geral do vento ao redor do globo inicia o movimento das principais correntes oceânicas de superfície. Entretanto, devido à diferença na capacidade de troca de calor entre a água e o ar, qualquer mudança na temperatura da superfície do oceano acarretaria alterações nas circulações atmosféricas. Essa mudança poderia ter efeitos de longo alcance nos padrões climáticos globais e produziria anomalias tais como o aquecimento do Oceano Pacífico Tropical, que se relaciona ao evento climático conhecido como *El Niño*.

Vários estudos afirmam que a temperatura média global tem aumentado, principalmente devido às atividades humanas, o que estaria acarretando mudanças na temperatura das águas dos oceanos e, conseqüentemente, na mudança dos padrões climáticos mundiais (IPCC, 2014; ANA, 2016; PBMC, 2013; EC, 2018). As evidências mostram, contudo, que o clima mudou no passado e continuará a mudando ao longo dos anos. À medida que o ambiente urbano cresce, por exemplo, seu clima difere daquele da região ao seu redor (ARHENS, 2009).

Conforme já explicado no Capítulo 3.2, o termo “mudança climática” utilizado pelo IPCC refere-se a qualquer mudança no clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Ao se considerar este conceito, entende-se que as variabilidades climáticas naturais também têm seus padrões alterados em virtude do aumento da temperatura, fenômeno conhecido como *aquecimento global*. O próprio relatório *Alterações Climáticas 2013: A Base Científica*

(IPCC, 2013a) afirma que “além do forte aquecimento em várias décadas, a temperatura média global à superfície apresenta variabilidade substancial interanual e por décadas”. O relatório esclarece, contudo, que “devido à variabilidade natural, as tendências com base em registos de curta duração são muito sensíveis às datas de início e de fim e, em geral, não refletem as tendências climáticas de longo prazo”.

Embora os efeitos da variabilidade climática e de mesoescala oceânica dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima e tempo da América do Sul ainda não sejam completamente entendidos, Pezzi, Souza e Quadro (2016) explicam que estas regiões têm papéis muito importante para o tempo e clima do Brasil, especialmente nas regiões sul e sudeste. Isto porque vários fenômenos atmosféricos que afetam o continente sul-americano surgem nas regiões costeiras ao largo destes oceanos ou passam por sobre estes.

Os sistemas de recursos hídricos são projetados e operados a partir da hipótese da estacionariedade estatística das séries históricas, sendo a análise de tendências em séries temporais extremamente importante para a gestão dos recursos hídricos (ALVES; SOUZA FILHO; SILVEIRA, 2013). Por isso, a possibilidade de variabilidade climática interanual e interdecadal podem levar a impactos, principalmente nos setores elétrico, de abastecimento e agricultura, que são altamente dependentes da regularidade em séries temporais de vazão.

2.4.1 *El Niño* - Oscilação Sul (ENOS)

De acordo com Galvíncio e Souza (2002), as investigações meteorológicas relacionadas aos fenômenos Oscilação Sul (OS) e *El Niño* ocorriam de formas independentes até aproximadamente um século atrás, quando o professor J. Bjerknes da Universidade da Califórnia afirmou que ambos os fenômenos tratavam de dois aspectos de um mesmo fenômeno: o *El Niño - Southern Oscillation* (ENSO), também conhecido como *El Niño – Oscilação Sul* (ENOS). Este fenômeno constitui-se de dois componentes: um de natureza oceânica, no caso o *El Niño* (EN)/ *La Niña* (LN), e outro de natureza atmosférica, representado pela Oscilação Sul (CUNHA *et al.*, 2011).

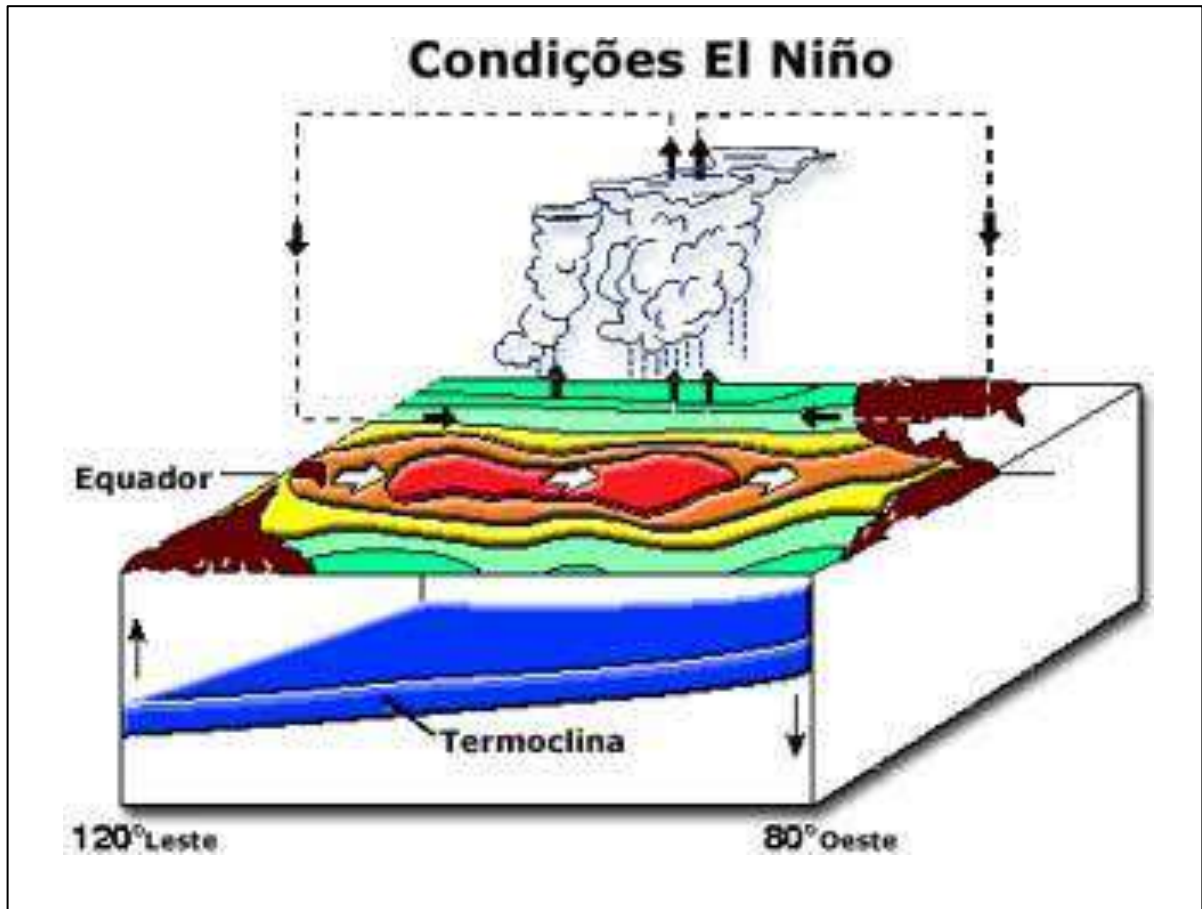
A natureza oceânica é representada pelas alterações que ocorrem na atmosfera subjacente ao mar, levando a variações na temperatura da superfície do mar (TSM). Normalmente, a pressão mais baixa sobre Darwin e a pressão mais alta

sobre o Taiti incentivam a circulação de ar de leste a oeste, atraindo águas superficiais quentes para o oeste e trazendo precipitação para a Austrália e o Pacífico ocidental. Galvêncio e Souza (2002) explicam que os ventos alísios que sopram sobre o oceano Pacífico Tropical abastecem de umidade o fenômeno *El Niño*, que por sua vez é dominado pelo gradiente de temperatura à superfície, frio a leste e aquecido a oeste. Esse aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical interfere no regime de ventos e, em consequência, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando, portanto, alterações significativas no clima de todo o planeta. Já a natureza atmosférica é representada pela Oscilação Sul (OS), que é uma resposta ao *El Niño*. Trata-se de uma onda estacionária de massa e pressão atmosférica, em que há trocas de ar entre a célula de alta pressão sobre o oceano Pacífico Sul oriental e a célula de baixa pressão localizada entre o Pacífico ocidental e a Indonésia (BARRY; CHORLEY, 2013).

Conforme Aragão (1998), durante a ocorrência do ENOS o aquecimento das águas do Oceano Pacífico se torna acima da média histórica, desenvolvendo uma anomalia positiva nos valores de temperatura da superfície do mar com grandes efeitos sobre o clima global, sendo que na faixa equatorial a convecção se desloca para o leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker⁵. Mesmo em condições normais, o ramo ascendente da Célula de Walker é favorável à formação de nuvens convectivas com grande desenvolvimento vertical, ocorrendo sobre o Pacífico Oeste-Equatorial, onde as águas são mais quentes e as pressões atmosféricas são mais baixas. Sobre a região do Pacífico Leste ocorre o contrário, sendo observadas águas mais frias e pressões atmosféricas mais altas, próximo à costa Ocidental da América do Sul. Isso gera o ramo subsidente da Célula, que inibe a precipitação. Quando se configura o fenômeno El Niño, ocorre o deslocamento da Célula de Walker para o Pacífico Leste devido ao aquecimento anômalo da superfície do mar, favorecendo a subsidência de ar sobre a bacia centro-oeste e sobre o Atlântico Equatorial (Figura 1).

⁵ Na faixa equatorial o aquecimento devido a radiação solar é bastante uniforme e intenso, o que provoca baixas pressões à superfície. Isso faz com que os ventos alísios de sudeste vindos do Hemisfério Sul e os ventos alísios de nordeste vindos do Hemisfério Norte converjam em baixos níveis. A ascensão desses ventos vai provocar um resfriamento em níveis mais altos, perdendo umidade por condensação e precipitação. Em altitude ocorrerá um movimento em sentido contrário, contra-alísios, até a zona dos cinturões anticiclônicos, onde ocorrerá um movimento subsidente que se aquecerá para formar novamente os alísios. Esta célula que se forma é chamada de **Hadley-Walker**. A circulação é dita de **Hadley** quando ocorre no sentido norte-sul e de **Walker** quando se faz no sentido leste-oeste. Estas duas células ocorrem simultaneamente (MASTER, 2019).

Figura 1 - Padrão de circulação observada em anos de *El Niño* na região equatorial do Oceano Pacífico.



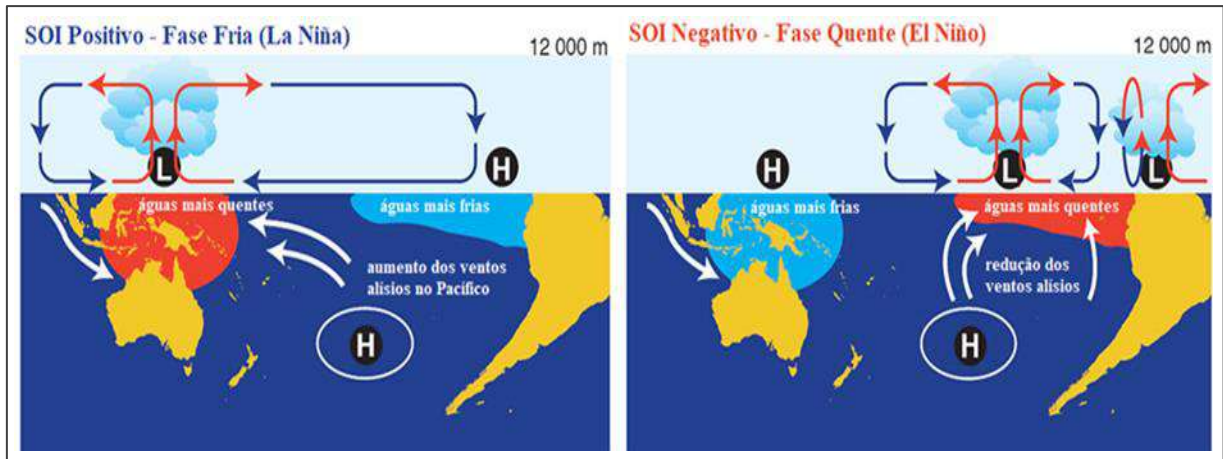
Fonte: CPTEC, 2018.

Aragão (1998) ainda explica que na presença do *El Niño*, a intensidade dos ventos alísios, que sopram de nordeste para sudeste (Célula de Hadley), diminui, chegando a certo momento a mudar de sentido. Sem a força dos alísios, o acúmulo de água aquecida no lado oeste do Pacífico espalha-se pelo Oceano Pacífico Equatorial central, chegando até o litoral Peruano tornando a termoclina da região mais profunda.

Cunha *et al.* (2011) esclarecem que vários índices têm sido utilizados para medir a intensidade do ENOS. Entre esses podemos citar o Índice de Oscilação Sul (IOS), que reflete a diferença normalizada de pressão atmosférica entre duas estações-chave para o fenômeno (uma na cidade de Darwin, na Austrália, e outra no Taiti), e a Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM), localizada em uma região chamada de NINO 3 (5°N – 5°S e 90°-150°W). O IOS mede a intensidade da Oscilação Sul (componente atmosférico) e a ATSM da região NINO 3 mede a intensidade do *El Niño* (componente oceânico). As fases negativas estão relacionadas

com anomalias de águas mais quentes (*El Niño*) e suas fases positivas relacionadas às anomalias de águas mais frias (*La Niña*), conforme visto na Figura 2.

Figura 2 – Oscilação Sul – mecanismos de circulação atmosférica das fases quente e fria (H: zona de alta pressão; L: zona de baixa pressão).



Fonte: Office of the Queensland Chief Scientist, 2018.

As anomalias são as diferenças entre os valores observados e a média histórica em cada local, podendo ser padronizadas dividindo-as pelo desvio padrão da série. O cálculo do IOS é realizado a partir das seguintes equações (Equação 3 a Equação 6) (NOAA, 2018):

$$SOI = \frac{(A_T - A_D)}{MSD} \quad (1)$$

$$A_T = \frac{(P_T - \overline{P_T})}{SD_T} \quad (2)$$

$$A_D = \frac{(P_D - \overline{P_D})}{SD_D} \quad (3)$$

$$MSD = \sqrt{\sum (A_T - A_D)^2 / N} \quad (4)$$

Sendo A_T e A_D as anomalias de pressão atmosférica ao nível do mar no Taiti e em Darwin, respectivamente; P_T e P_D as pressões atmosféricas atuais ao nível do mar no Taiti e em Darwin, respectivamente; $\overline{P_T}$ e $\overline{P_D}$ as médias das pressões atmosféricas ao nível do mar no Taiti e em Darwin, respectivamente; SD_T e SD_D o desvio padrão

das pressões atmosféricas ao nível do mar no Taiti e em Darwin no Taiti e em Darwin, respectivamente; N o número de meses analisados; e MSD o desvio padrão mensal das anomalias das pressões atmosféricas ao nível do mar no Taiti e em Darwin.

Desde janeiro de 2010 o *Climate Prediction Center/NOAA* (CPC) utiliza como base o período de 1981 a 2010 para calcular as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para o fenômeno *El Niño*. Para as regiões do índice NINO 3 é utilizado desde 1º de agosto de 2001 o período de 1971-2000.

Destaca-se que a conexão entre a Oscilação Sul e a precipitação também se manifesta na quantidade de radiação de ondas longas (por exemplo, infravermelho) que sai da atmosfera. Sob céu limpo, grande parte da radiação de ondas longas liberadas na atmosfera da superfície pode escapar para o espaço. Sob céu nublado, parte dessa radiação é impedida de escapar. Os satélites são capazes de medir a quantidade de radiação de ondas longas que chega ao espaço e, a partir dessas observações, a quantidade relativa de convecção que chega em determinada área pode ser estimada (NOAA, 2019).

Quando se considera a escala da bacia hidrográfica, verifica-se que o fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) tem sido percebido como agente capaz de provocar impacto. No estudo de Cotrim *et al.* (2018) foi observada uma forte relação entre a variabilidade interanual e os ciclos do ENOS. Ao comparar a variabilidade interanual de dias com registros de ocorrência e eventos de neblina, monitoradas em estações meteorológicas de superfície presentes nos aeroportos Santos Dumont e Galeão, os autores observaram que, embora esses dois parâmetros sigam o mesmo padrão de alta e baixa frequência de neblina, as magnitudes são muito diferentes. Quando analisado o padrão e o motivo dessa variabilidade interanual, sugeriu-se que pudesse haver alguma relação com o ENOS. Os autores concluíram que um evento forte de La Nina não significava maior ocorrência de eventos de neblina do que um evento moderado, mas poderia significar que os eventos eram mais intensos. Contudo, ressaltaram que a série de dados é muito curta para ser considerada uma climatologia (apenas 13 anos de dados), além de apresentar poucas ocorrências de fases positivas e negativas do ENOS. Para confirmar ou contradizer a relação entre o ENOS e o nevoeiro no Rio de Janeiro seria necessário um estudo mais longo.

Pinto, Naghettini e Abreu (2006) procederam a previsão probabilística de precipitações semestrais (Out-Mar) e vazões trimestrais (OND e JFM) na Bacia do Alto São Francisco a partir dos indicadores climáticos Anomalias de Temperatura da

Superfície do Mar (ATSM) e Índice de Oscilação Sul (IOS). Para isso, utilizaram um modelo de combinação linear ótima de previsões resultantes da autocorrelação serial ou persistência, e os indicadores climatológicos (SOI e anomalias de TSM), gerando uma previsão consensual. Com isso, as probabilidades das precipitações e vazões sazonais estariam nos limites das categorias mencionadas. Os autores testaram 13 preditores distintos, defasados de 1 trimestre em relação à variável prevista. Na previsão consensual das precipitações semestrais sobre o Alto São Francisco foram selecionadas as anomalias de temperatura do mar nas regiões Niño1+2, Niño3.4 e ZCIT, sendo que as anomalias da região ZCIT apresentaram maior peso. Como resultado, prevaleceram como preditores nos modelos de vazões trimestrais as anomalias de TSM de regiões dos oceanos Pacífico e Índico e o Índice de Oscilação Sul (IOS).

Marcuzzo e Romero (2013) também investigaram a correlação entre ENOS e a precipitação máxima diária mensal e anual no Estado de Goiás, de 1977 a 2006, utilizando-se dados do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA). Foram confeccionados gráficos de dispersão para delinear a influência dos eventos nas chuvas máximas diárias de Goiás durante a série histórica mensal, através de 88 estações. As conclusões deste estudo indicam que a maior e a menor precipitação máxima diária anual foram de 461,3 mm (1997) e 360,3 mm (2003), respectivamente, e ocorreram em anos do *El Niño* moderado (1,3°C) e fraco (0,5°C).

Minuzzi *et al.* (2006) analisaram estatisticamente a influência do fenômeno *El Niño* (EN), no comportamento trimestral da precipitação durante o período chuvoso a partir dos dados diários de 203 estações pluviométricas, localizadas na região Sudeste do Brasil (SEB). Foi realizada a análise das influências do EN no final do período chuvoso mediante a adoção da técnica dos quantis, para nove áreas pré-definidas do SEB. A quantidade trimestral de precipitação foi classificada e correlacionada com o Índice de Oscilação Sul (IOS) e a temperatura da superfície do mar (TSM) de quatro regiões do Pacífico Equatorial, com a aplicação dos desvios normalizados e correlações tempo de resposta, respectivamente. As conclusões do estudo indicaram que, durante a manifestação do EN, o fenômeno não exerceu influência sobre o início e final do período chuvoso, assim como na precipitação trimestral, salvo para os dois primeiros trimestres no extremo sul da região.

Galvínio e Souza (2002) buscaram verificar e quantificar os possíveis impactos do fenômeno *El Niño* nos totais mensais precipitados no âmbito da bacia hidrográfica

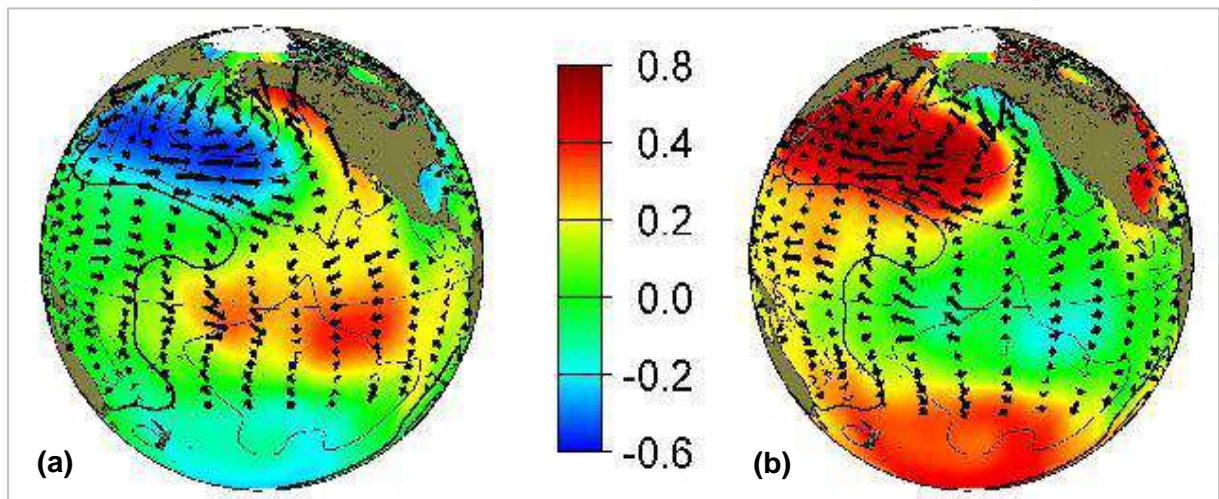
do rio São Francisco. Efetuou-se correlações lineares múltiplas entre os valores dos índices de anomalias das Temperaturas da Superfície da água do Mar (TSM) e dos Totais Mensais Precipitados (TMP). Os resultados indicaram que o impacto do fenômeno *El Niño* na produção de água da bacia é positivo, ou seja, em anos de *El Niño* a bacia produz mais água do que em anos de *La Niña*.

2.4.2 Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

De acordo com o *Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean - JISAO* (2018), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) possui um padrão semelhante ao *El Niño* em relação à variabilidade climática do Pacífico. Contudo, embora ambos produzam características semelhantes no clima, eles têm um comportamento muito diferente no tempo: em primeiro lugar, os "eventos" da ODP do século XX persistiram por 20 a 30 anos, enquanto os eventos típicos do ENOS persistiram de 6 a 18 meses; segundo, as características climáticas da ODP são mais visíveis no Pacífico Norte, enquanto para a ENOS características são registradas nos trópicos.

A Figura 3 apresenta as temperaturas típicas da superfície do mar no inverno, pressão ao nível médio do mar e padrões de anomalia de tensão do vento na superfície durante as fases quente e fria da ODP.

Figura 3 - Anomalias na temperatura da superfície do mar no inverno (cores), pressão do nível do mar (contornos) e padrões de anomalia de tensão do vento na superfície (setas) durante as fases quente (a) e fria (b) da ODP.



Fonte: JISAO, 2018.

Existem evidências de apenas dois ciclos completos da ODP no século passado: os regimes "frios" da ODP, que prevaleceram de 1890 a 1924 e de 1947 a 1976; e os regimes "quentes" da ODP, que dominaram de 1925 a 1946 e de 1977 até meados da década de 1990 (JISAO, 2018).

As causas que levam a ODP não são ainda conhecidas. Da mesma forma, a potencial previsibilidade para esta oscilação climática também não é conhecida. Alguns modelos de simulação climática produzem oscilações do tipo ODP, embora muitas vezes por motivos diferentes. Entretanto, mesmo na ausência de um entendimento teórico, as informações sobre os mecanismos da ODP melhoram as previsões climáticas para a América do Norte, por causa de sua forte tendência para a persistência de várias estações e de vários anos. Do ponto de vista dos impactos sociais, o reconhecimento da ODP é importante porque mostra que as condições climáticas "normais" podem variar ao longo de períodos comparáveis à duração da vida de um humano (JISAO, 2018).

No que se refere a influência da ODP, alguns estudos têm conseguido relacionar o fenômeno à precipitação sobre a bacia hidrográfica. Silva e Galvêncio (2011) investigaram como a ODP exerce influência sobre a variabilidade pluviométrica da sub-bacia hidrográfica do Baixo São Francisco, situada na região Nordeste do Brasil. Verificaram que há evidências que a ODP negativa incrementa os valores das anomalias de chuva, tanto durante *El Niño*, quanto *La Niña*.

No trabalho de Ávila e Brito (2015) buscou-se compreender a influência da ODP no regime da precipitação da cidade de Campina Grande (Paraíba) para o período de 1911 a 2011. Após analisar a relação entre os desvios normalizados da série de precipitação com a ODP identificou-se que existem pouquíssimas relações entre as fases da ODP e a variabilidade nos totais anuais de precipitação, o que caracteriza a fraca influência do fenômeno na cidade para o período de estudado.

Queiroz (2013) realizou um estudo para avaliar a ODP em séries de precipitações diárias na faixa central do Estado de Minas Gerais e verificou, entretanto, que as análises realizadas não permitiam uma conclusão explícita de identificação de tendências ou padrões espaciais de variação das precipitações diárias máximas por ano hidrológico. A autora apontou que havia apenas indícios da ocorrência de tendências positivas nas latitudes superiores a 19° Sul e que os resultados indicavam uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência das precipitações diárias máximas por ano hidrológico. Nos períodos de

fase quente da ODP, indicava-se uma tendência de maior frequência de valores mais elevados nas precipitações diárias máximas por ano hidrológico do que na fase fria.

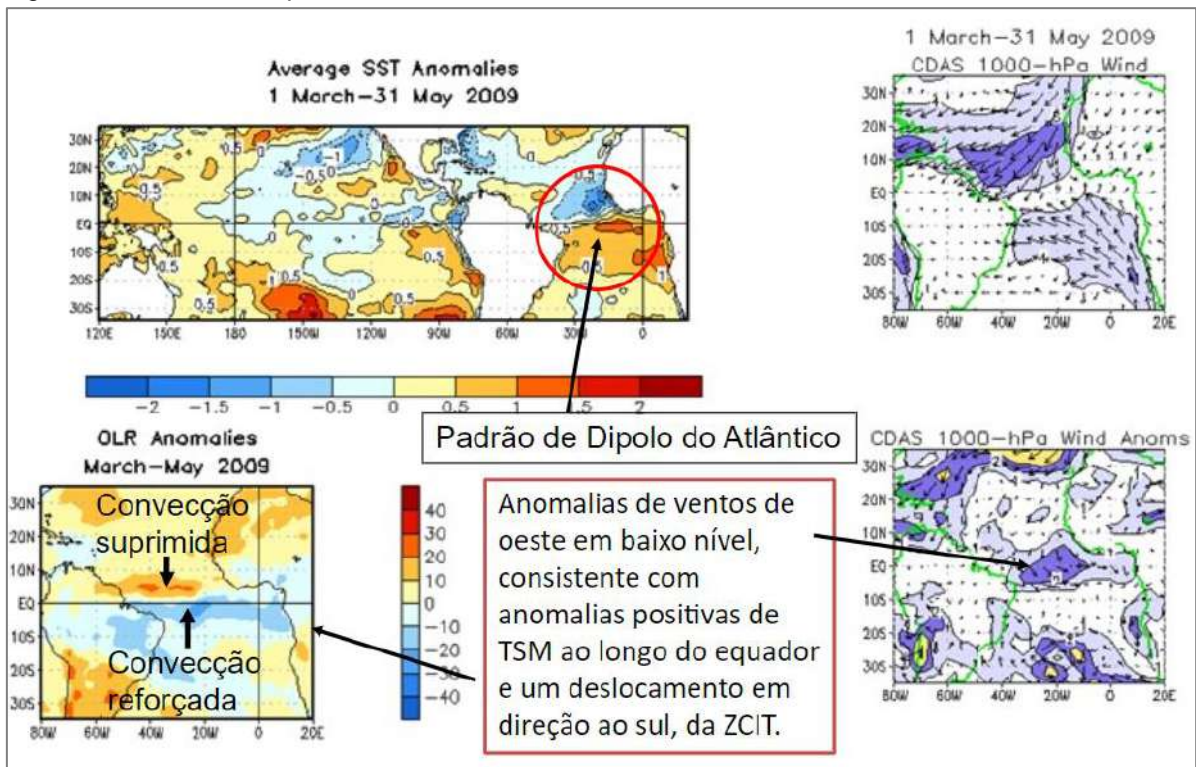
2.4.3 Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI)

A variabilidade da temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico Sul também desempenha um papel importante no clima da América do Sul. Conforme Bombardi e Carvalho (2008), o modo dominante de variabilidade acoplada atmosfera-oceano sobre o oceano Atlântico é um dipolo com centros de ação sobre o Atlântico Sul tropical e extratropical. O Dipolo do Atlântico é capaz de causar variações de precipitação no Norte e Nordeste do Brasil e na África. De acordo com Aragão (1998), este fenômeno provoca uma mudança anômala na temperatura da água do mar no Oceano Atlântico Tropical capaz de mudar a circulação meridional da atmosfera (Hadley), inibindo ou aumentando a formação de nuvens sobre o nordeste do Brasil e alguns países da África e diminuindo ou aumentando a precipitação. Nóbrega e Santiago (2014) explicam:

O Dipolo do Atlântico é o fenômeno oceano/atmosférico identificado como uma mudança anômala na temperatura da superfície água do mar no Oceano Atlântico Tropical, ou seja, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias existem movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação (Fase Positiva do Dipolo), podendo causar secas. Por outro lado, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos (Fase Negativa do Dipolo).

A Figura 4 apresenta como se deu o padrão Dipolo do Atlântico, a partir da ilustração de anomalias nas temperaturas médias da superfície do mar durante a atuação do fenômeno, entre 01/03/2009 e 31/05/2009.

Figura 4 – Padrão do Dipolo do Atlântico.



Fonte: Slideplayer, 2019.

Souza e Nobre (1998) esclarecem que o padrão inverso de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), característico do Dipolo do Atlântico, gera a manifestação de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico nos baixos níveis troposféricos sobre o Atlântico equatorial que, agindo em conjunto com os padrões anômalos de vento e pressão atmosférica na superfície, influenciam a intensidade e migração norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Tropical. Estas variações são responsáveis por influenciar o clima e a distribuição espacial e temporal da precipitação de algumas áreas continentais adjacentes, tais como a região da Amazônia e a região nordeste do Brasil.

Enfield *et al.* (1999) utilizam o Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI) para a avaliação das variações correspondentes ao fenômeno do Dipolo do Atlântico. O índice TSAI é um indicador da temperatura da superfície do mar no Golfo da Guiné, a leste do Oceano Atlântico Sul Tropical. Refere-se a média dos dados mensais da área correspondente ao polígono formado pelas coordenadas 20°S-0°, 30°W-10°E.

Uma análise espectral cruzada dos índices de anomalias nas temperaturas médias da superfície do mar (ATSM) de média sazonal foi realizada pelos autores para o Atlântico Norte e Sul. Os resultados não apresentaram uma variabilidade

significativa de dipolo em escala de bacia para a ATSM do Atlântico tropical, exceto em determinadas bandas espectrais quando os índices de área são calculados para a estação inverno-primavera ou verão-outono e/ou ENOS é removido. Contudo, as distribuições dipolo de ATSM surgem, em geral, em análises organizadas em torno das relações bivariadas de ATSM com anomalias de variáveis atmosféricas sensíveis à latitude ZCIT e ao gradiente meridional de ATSM (por exemplo, chuva, vento etc.).

Outros estudos foram elaborados para analisar os impactos do Dipolo do Atlântico. Assis *et al.* (2018) verificaram que existe uma correlação negativa entre o Atlântico Norte e Sul e o índice de intensidade diário das chuvas (SDII) (dado pela precipitação anual total dividida pelo número de dias úmidos). Conforme Assis *et al.* (2018) *apud* Servain (1991) o gradiente meridional do Atlântico Tropical da TSM apresenta correlações fortemente negativas com as precipitações da região Norte do Nordeste. Logo, concluiu-se que o gradiente meridional do Atlântico Tropical constitui então um bom indicador da qualidade da estação chuvosa nessa região, controlando o regime das chuvas no norte do NEB, especialmente em anos de condições neutras sobre o Pacífico. Além disso, Assis *et al.* (2018) *apud* Marengo *et al.* (2011) afirmam que a região do semiárido está entre as mais significativamente influenciadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Atlântico Tropical, sendo que o padrão dipolo no Atlântico Tropical propicia a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais afetam, sobremaneira, a posição latitudinal da ZCIT, modulando a distribuição sazonal da precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, na parte Norte do Nordeste do Brasil. Neste trabalho, também serão utilizados como referência os índices TSAI e TNAI.

O trabalho desenvolvido por Nóbrega, Santiago e Soares (2016) buscou identificar tendências nas temperaturas da superfície do mar nos oceanos Atlântico Norte e Sul, Pacífico Leste e Central e a relação destas com a variabilidade temporal da precipitação em Pernambuco. Os autores utilizaram três métodos para alcançar o objetivo proposto, sendo o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), para evidenciar a relação entre os oceanos e as chuvas no NEB; o método de Mann-Kendall, para a investigação de tendências nas TSM's, sugerido pela *World Meteorological Organization* (WMO); e os índices climáticos sugeridos pela Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas, para evidenciar se há mudanças na precipitação.

Ainda como resultado das análises do trabalho de Nóbrega, Santiago e Soares (2016), os índices de mudanças climáticas apresentaram mudanças nos regimes pluviométricos, com tendência de aumento no volume anual de chuva (com exceção do litoral leste) e distribuição sazonal mais concentrada. A análise estatística das TSM's sobre o oceano Pacífico e Atlântico indicou uma tendência de aquecimento que, quando analisados isoladamente, representa a ocorrência de anomalias positivas sobre o Pacífico Leste (*El Niño*) e anomalias negativas sobre o Atlântico Sul (dipolo positivo). Isso significa que, baseado na análise do Índice de Anomalia de Chuva, as secas se tornaram mais severas. Concluiu-se também, baseado no IAC, que quando ocorrem isoladamente ambos os eventos exercem influência na precipitação da região, embora seja percebido que quando agem em conjunto essa influência é mais acentuada, alterando o comportamento da circulação geral da atmosfera meridionalmente (célula de Hadley) e zonalmente (célula de Walker).

2.5 Elementos hidrológicos

Após a revisão dos índices de variabilidade climática é possível verificar a relação entre estes e os sistemas globais de circulação da atmosfera. Ao buscar explicar como a variabilidade natural do clima pode interferir na disponibilidade hídrica, este estudo visa contribuir para entender como se dá o processo chuva-vazão a partir da ocorrência dos fenômenos de variabilidade climática. Por isso, além da compreensão dos fenômenos climatológicos, é preciso entender também os fenômenos hidrológicos. Conforme já explicado, a precipitação é a principal forma de entrada de água na bacia e o escoamento superficial (vazão) é o principal componente de saída (ou, pelo menos, o mais fácil de ser mensurável). Assim sendo, este item apresentará metodologias que permitam trabalhar os dados hidrológicos medidos.

2.5.1 Análise de dados hidrológicos

De acordo com Naghettini e Pinto (2007) “os fenômenos hidrológicos são aqueles que definem os mecanismos de armazenamento e transporte entre as diversas fases do ciclo da água em nosso planeta, com atenção especial para as áreas continentais”. Os autores explicam que a intensidade com que esses fenômenos se manifestam variam significativamente ao longo do tempo e do espaço, em decorrência das variações do clima (global e regional), bem como de particularidades regionais e locais, sob os aspectos meteorológicos, geomorfológicos, de propriedades e uso do solo, entre tantos outros. Eles podem ser postos como funções do tempo, ou do espaço, ou de ambos, em escalas geográficas diversas que vão desde a global até a local, passando pela escala usual da bacia hidrográfica. A tais funções associa-se o conceito de processos hidrológicos.

Conforme Naghettini e Portela (2011) os fenômenos hidrológicos contêm incertezas que lhes são inerentes, sendo tais incertezas advindas: (i) da aleatoriedade natural associada às possíveis ocorrências (ou realizações) de um certo fenômeno; e (ii) das imperfeições e/ou insuficiências do conhecimento humano sobre os processos que determinam tais ocorrências. Por serem intrínsecas à variabilidade dos fenômenos em observação, as incertezas aleatórias não podem ser reduzidas ou modificadas, podendo apenas ser parcialmente estimadas pelo padrão da variabilidade exibido pelas amostras referentes a realizações desses fenômenos ou das variáveis que nele intervêm. Entretanto, os autores ressaltam que as incertezas que decorrem das limitações do conhecimento humano acerca destes fenômenos podem ser reduzidas, seja pela obtenção de dados e de informação adicionais, seja pela especificação de novos modelos teóricos (ou físicos) mais conformes com a realidade.

Os processos associados ao ciclo hidrológico podem ser classificados, grosso modo, em determinísticos (que resultam da aplicação direta de leis da Física, Química ou Biologia) ou estocásticos (governados por leis de probabilidades, por conterem componentes aleatórias as quais se superpõem a regularidades eventualmente explicitáveis) embora, em geral, sejam, de fato, uma combinação de ambos (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

A partir de informações obtidas em eventos observados em um determinado ponto de uma bacia é possível identificar uma relação entre os fenômenos hidrológicos (Fernandes, 2005). Por isso, neste capítulo serão apresentadas metodologias que permitam proceder à análise de dados hidrológicos.

2.5.2 Métodos estatísticos para detecção de mudanças em séries hidrológicas

De acordo com Alexandre (2009), após a análise exploratória dos dados, é conveniente que as possíveis tendências ou mudanças observadas graficamente nessa etapa sejam verificadas, a fim de avaliar o grau de significância dessas alterações. Esta análise envolve testes estatísticos, com a formulação de uma hipótese, baseada em uma declaração conjectural sobre o comportamento probabilístico da população da variável hidrológica em questão.

Um dos principais métodos para verificar a especificação da forma da distribuição, a homogeneidade e a independência dos dados é realizando-se um estudo a partir da análise exploratória dos dados. Deste estudo, destacam-se (ALEXANDRE, 2009 *apud* KUNDZEWICZ; ROBSON, 2000):

- a) Construção de gráficos de séries temporais;
- b) Construção de gráficos de autocorrelação.

Neste trabalho procedeu-se a análise do comportamento simultâneo das variáveis, buscando estabelecer eventuais associações entre elas. Conforme Naghettini e Pinto (2007), o caso mais simples de amostras de somente duas variáveis (X e Y, por exemplo), geralmente observadas simultaneamente, ou organizadas em pares, os quais são denotados por $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)\}$, pode ser avaliado a partir dos diagramas de dispersão.

a) Diagrama de Dispersão

Conforme Naghettini e Pinto (2007), um diagrama de dispersão consiste em um gráfico onde são lançados em coordenadas cartesianas os pares $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots,$

(x_N, y_N) de observações simultâneas das variáveis X e Y. O grau de associação linear entre um conjunto de N pares de observações simultâneas de duas variáveis X e Y pode ser quantificado pelo coeficiente amostral de correlação, dado pela seguinte equação (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 45):

$$r_{x,y} = \frac{s_{x,y}}{s_x s_y} = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x s_y} \quad (5)$$

Sendo, N o tamanho da amostra, constituída pelas variáveis x e y; s representa o desvio padrão; \bar{x} representa a média; e $r_{x,y}$ é o coeficiente amostral de correlação.

Esse coeficiente adimensional é o resultado da padronização da covariância amostral, representada na Equação 10 por $s_{x,y}$, pelo produto $s_x s_y$ entre os desvios-padrão das variáveis. Trata-se de um coeficiente que satisfaz a desigualdade $-1 \leq r_{x,y} \leq 1$ e traduz o grau de associação linear entre as variáveis X e Y, a saber, nos casos extremos, 1 ou -1 para associações perfeitas positivas e negativas, respectivamente, e 0, para nenhuma associação (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 45).

2.6 Estudos hidroclimatológicos

Embora neste trabalho não sejam utilizados modelos hidroclimatológicos é importante mencionar que, metodologicamente, esta tem sido a principal forma de identificação de variações em padrões de precipitação sobre a bacia hidrográfica causadas por variações climáticas e/ou mudanças climáticas. Na área acadêmica é vasta a literatura disponível sobre o tema.

Silva, Tucci e Collischonn (2006) apresentam os principais procedimentos utilizados na previsão integrada de modelos atmosféricos e hidrológicos, de identificação dos impactos das variações de volume e padrão das precipitações, possivelmente oriundas de anomalias ou mudanças climáticas, no ciclo hidrológico, restrito ao espaço da bacia hidrográfica. Apesar de os autores destacarem que os resultados da previsão hidroclimática são bastante promissores, sugerem, entre outros, o aprimoramento da representação física dos modelos, bem como questionam sobre como definir o grau de confiabilidade da previsão.

Tucci *et al.* (2003) descreve um procedimento para prever o fluxo sazonal na bacia de drenagem do Rio Uruguai usando sequências de futuras precipitações diárias dadas pelo Modelo de Circulação Global (GCM) do Centro Previsão de Tempo e Estudos Climáticos- CPTEC. Quando as sequências de precipitação corrigidas foram transformadas em fluxo pelo modelo hidrológico, as previsões de fluxo na bacia do Rio Uruguai foram melhores do que as previsões baseadas em fluxos médios ou medianos históricos de 37% para fluxos mensais e de 54% para fluxos mensais.

Silva *et al.* (2007) apresentam o resultado da integração do modelo regional de previsão do tempo ETA e do modelo precipitação-vazão distribuído MGB-IPH, para a previsão de vazões de curto prazo. Adicionalmente, empregou-se um modelo estocástico para correção da vazão prevista através da previsão dos resíduos do modelo hidroclimático. O modelo hidrológico distribuído MGB-IPH foi ajustado à bacia do rio São Francisco. As previsões de precipitação do modelo ETA, operado pelo CPTEC, foram utilizadas como entrada no modelo hidrológico. Apesar de terem sido feitas previsões de vazão para toda bacia do rio São Francisco, os resultados foram analisados com enfoque nas usinas de Três Marias e Sobradinho. Foram usadas previsões de precipitação do modelo ETA com alcance de 10 dias e produziram-se previsões de vazão média semanal para até duas semanas em Três Marias e quatro semanas em Sobradinho, sendo que após o décimo dia considerou-se chuva igual a zero. Os resultados mostram que as previsões obtidas nas duas usinas apresentam melhora com relação aos métodos tradicionalmente empregados.

Kayser e Collischonn (2012) apresentam uma metodologia de integração de modelos hidrológicos e Sistema de Gestão Integrada (SIG) para auxílio à tomada de decisão em pedidos de outorga. A metodologia envolve a utilização de SIG para pré-processamento de dados visando a aplicação de um modelo hidrológico chuva-vazão e a aplicação do modelo chuva-vazão para gerar estimativas da vazão de referência adotada como disponibilidade hídrica em cada trecho de rio em que é dividida a bacia. Posteriormente, é feita a transferência dos resultados do modelo hidrológico de volta ao SIG e a aplicação de um Sistema de Suporte à Decisão no qual cálculos simples de balanço hídrico são realizados internamente em um SIG. É apresentado um teste da metodologia na bacia do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul-Brasil. Os resultados demonstraram que é possível aprimorar a metodologia de análise de outorga ao integrar SIG e modelagem hidrológica para auxílio à tomada de

decisão, baseados no conhecimento da variabilidade sazonal e espacial da sua disponibilidade.

A partir da análise dos estudos relacionados, considera-se que, apesar deste trabalho ter foco em variações naturais do clima, a literatura referente às mudanças climáticas e aos modelos hidroclimatológicos contribui para o desenvolvimento da discussão acerca do tratamento e modelagem dos dados hidroclimatológicos. Também se destaca que, conforme Alexandre (2009), como a variabilidade natural pode produzir grandes impactos, sobretudo sobre as vazões, torna-se bastante difícil diferenciar nas séries temporais de dados hidrológicos o que é variabilidade natural (processo de variação do clima condicionado por fatores e alterações naturais) das mudanças climáticas (ocasionado pelas atividades humanas).

Além disso, ainda que este trabalho não realize a modelagem chuva-vazão, buscar-se-á verificar as alterações produzidas nas precipitações que ocorrem sobre uma bacia, produzidas em períodos em que são conhecidos os fenômenos climáticos de *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), Oscilação Decadal do Pacífico e Dipolo do Atlântico, bem como a interferência das precipitações sobre as vazões que ocorrem na bacia.

Nesta linha, a literatura também foi consultada. Salgueiro *et al.* (2016), analisaram a relação existente entre os eventos extremos registrados na Sub-bacia 39, localizada no Nordeste do Brasil, com as anomalias das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) e os sistemas atmosféricos atuantes na região, utilizando os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas. Para isso, as tendências da precipitação foram obtidas utilizando o Método dos Mínimos Quadrados, associado à regressão linear e o teste t de *Student*. Os resultados evidenciaram que devido à posição geográfica da região estudada, tanto os eventos extremos máximos (áreas com tendências positivas) como os eventos extremos mínimos (áreas com tendências negativas) são bem mais dependentes do Dipolo do Atlântico do que das influências do *El Niño* Oscilação Sul - ENOS.

Silva (2013) realizou a aplicação das análises de ondeletas para previsão climática no Estado do Ceará. Concluiu-se que todas as oito macrorregiões do Estado do Ceará sofrem influência das variações e escalas sazonais, interanuais e decadais. Comprovou-se que as sazonalidades ENOS, Dipolo do Atlântico, Ciclo de Manchas Solares e Oscilação Decadal do Pacífico influenciam as precipitações no Estado. Desta forma, a autora pode realizar previsões de máximos de precipitação para cada uma das 8 macrorregiões.

Kalimeris *et al.* (2017) ilustram uma análise de um conjunto de séries temporais de precipitação no Mediterrâneo Central, através de padrões estatisticamente significativos da variabilidade da precipitação interanual. As relações estatísticas e os possíveis acoplamentos físicos entre os padrões detectados e os padrões globais ou hemisféricos de variabilidade climática (*El Niño Oscillation Sul* ou ENOS, *North Atlantic Oscillation* ou NAO, *East Atlantic* ou EA, *Scandinavian* ou SCAND) foram examinados no domínio tempo-frequência e foram solicitados eventos de sincronização de baixa ordem. Foram detectados padrões significativos de variabilidade de precipitação no Golfo de Taranto e na parte sul da região jônica grega nas escalas sub-decais (principalmente impulsionados pelo padrão SCAND) e particularmente nas escalas decadal e quase-decadal, onde fortes relações encontradas com a atividade ENOS (sob implicações complexas de EA e NAO) antes da década de 1930 ou após o início dos anos 70. Os autores verificaram que as variações de precipitação nas estações Adriático e Puglia são dominadas por modos bi-decais significativos que se mostraram coerentes com a atividade ENOS e fracamente relacionados com a variabilidade intrínseca da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico.

Vásquez P. *et al.* (2017) procuraram explicar a seca meteorológica que levou ao desequilíbrio hidrológico e à escassez de água na região sudeste do Brasil nos últimos anos (2013 a 2017). A técnica de transformação ondeletas e de hidrodinâmica de Hodrick-Prescott foram aplicadas a dados de séries temporais hidrológicas e de temperatura da superfície do mar (TSM) em uma tentativa de detectar ciclos e tendências que poderiam ajudar a explicar os padrões de chuva e definir uma estrutura para melhorar a previsibilidade de eventos extremos na região. Os conjuntos de dados hidrológicos observacionais históricos disponíveis incluíam a precipitação medida desde 1888 e 1940 e as vazões medidas desde a década de 1930.

Os autores verificaram que as análises apresentavam variabilidade em quatro domínios de escala de tempo - infra-anual, interanual, quase-decadal e inter-decadal (ou multi-decadal). Os períodos de oscilações mais fortes foram: Precipitação: 8 meses, 2, 8 e 32 anos; TSM do Pacífico na região Niño-3.4: 6 meses, 2, 8 e 35,6 anos; TSM do Atlântico Norte: 6 meses, 2, 8 e 32 anos; e Oscilação Decadal do Pacífico (PDO): 6,19 meses, 2,04, 8,35 e 27,31 anos. Outras periodicidades menos proeminentes, mas ainda estatisticamente significativas, também foram destacadas.

Estes são alguns exemplos de trabalhos que se relacionam à esta pesquisa e poderão servir como subsídios para a construção do texto e da metodologia proposta.

A literatura ainda é inconclusiva na diferenciação do que são efetivamente mudanças climáticas e o que são variações naturais do clima. Há ainda muita discussão sobre o tema, e em todo o mundo percebe-se que existem variações nas series climatológicas e hidrológicas, que podem estar relacionadas, inclusive simultaneamente, aos dois fatores. O que este trabalho pretende realizar é a verificação da existência de padrões dentro de períodos já reconhecidos como afetados pelos índices climáticos relacionados, através de técnicas estatísticas. O Capítulo 4 abordará mais detalhadamente a proposta metodológica.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em quatro etapas. A primeira etapa consistiu numa revisão da literatura sobre os índices de variabilidade climática, a relação destes com os recursos hídricos, a importância do conhecimento destes índices para a gestão de recursos hídricos e, por fim, a relação de trabalhos realizados nesta linha de pesquisa.

Na segunda etapa foram obtidos os dados dos índices de variabilidade climática natural (ENOS, ODP e Dipolo do Atlântico) e de precipitação e vazão. Os dados dos índices de variabilidade climática são disponibilizados pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), através do *Climate Prediction Center* (CPC), e os dados de precipitação e vazão são disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Portal HidroWeb®. O NOAA/CPC é uma unidade operacional do Departamento de Comércio dos EUA, que fornece produtos e informações em tempo real, prevendo e descrevendo as variações climáticas nas escalas de tempo de semanas a anos. O HidroWeb® é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos.

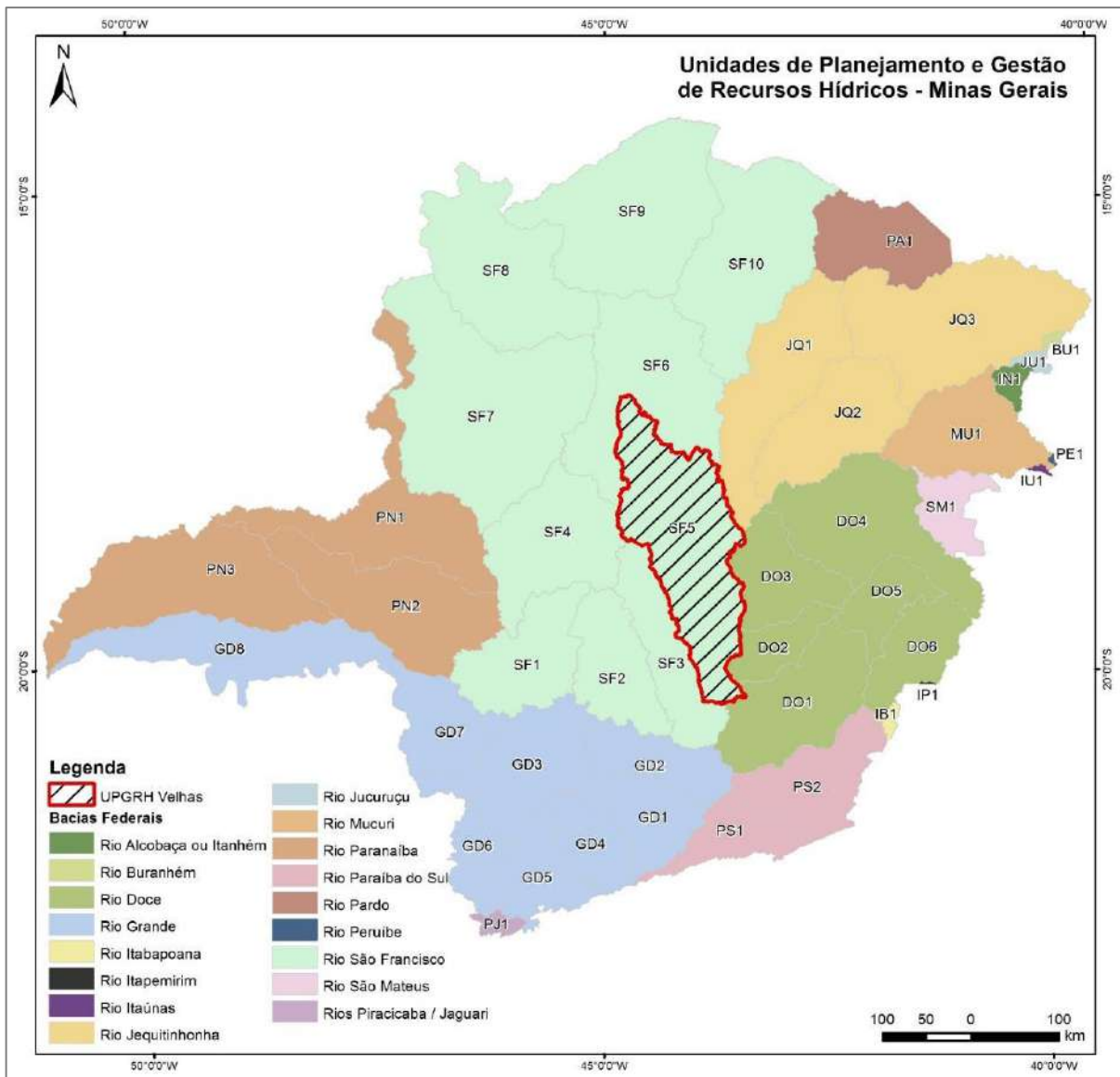
Para a terceira etapa foram tratados os dados a serem utilizados. Foi necessário fazer um recorte da área da bacia para identificar quais seriam as estações pluviométricas e fluviométricas a serem avaliadas neste trabalho. Após a identificação, procedeu-se ao tratamento dos dados, haja vista que a base de dados e/ou o sistema HidroWeb® apresenta algumas inconsistências. E, mesmo para aquelas estações para o qual havia dados, foi necessário adaptar estes dados, de forma que estes pudessem ser facilmente utilizados em planilhas eletrônicas.

Por fim, na quarta etapa foram avaliadas as correlações estabelecidas entre os dados de precipitação fornecidos em estações pluviométricas e os períodos de ocorrência dos índices de variabilidade climática natural definidos para estudo. Buscou-se identificar, a partir das correlações previamente estabelecidas, a existência de cenários hidrológicos críticos na bacia hidrográfica a partir dos padrões estabelecidos.

3.1 Caracterização da área de estudo

Para identificar possíveis impactos dos índices de variabilidade climática sobre a bacia hidrográfica utilizou-se como área de estudo a bacia do **Alto Rio das Velhas**, pertencente à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) São Francisco 5 (SF5). Na Figura 5 tem-se, em destaque, a delimitação da área total da bacia do Rio das Velhas.

Figura 5 - UPGRHs de Minas Gerais com destaque para a UPGRH Velhas.



Fonte: CBH, 2015.

De acordo com o *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (Resumo Executivo)* - PDRH-Velhas, desenvolvido em 2015 pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – CBH Velhas, a bacia do rio das Velhas encontra-se totalmente inserida no Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17°15' S e 20°25' S e longitudes 43°25' W e 44°50' W, ocupando uma área de drenagem de 29.173 km². É o maior afluente da bacia do São Francisco em extensão, com 801 Km.

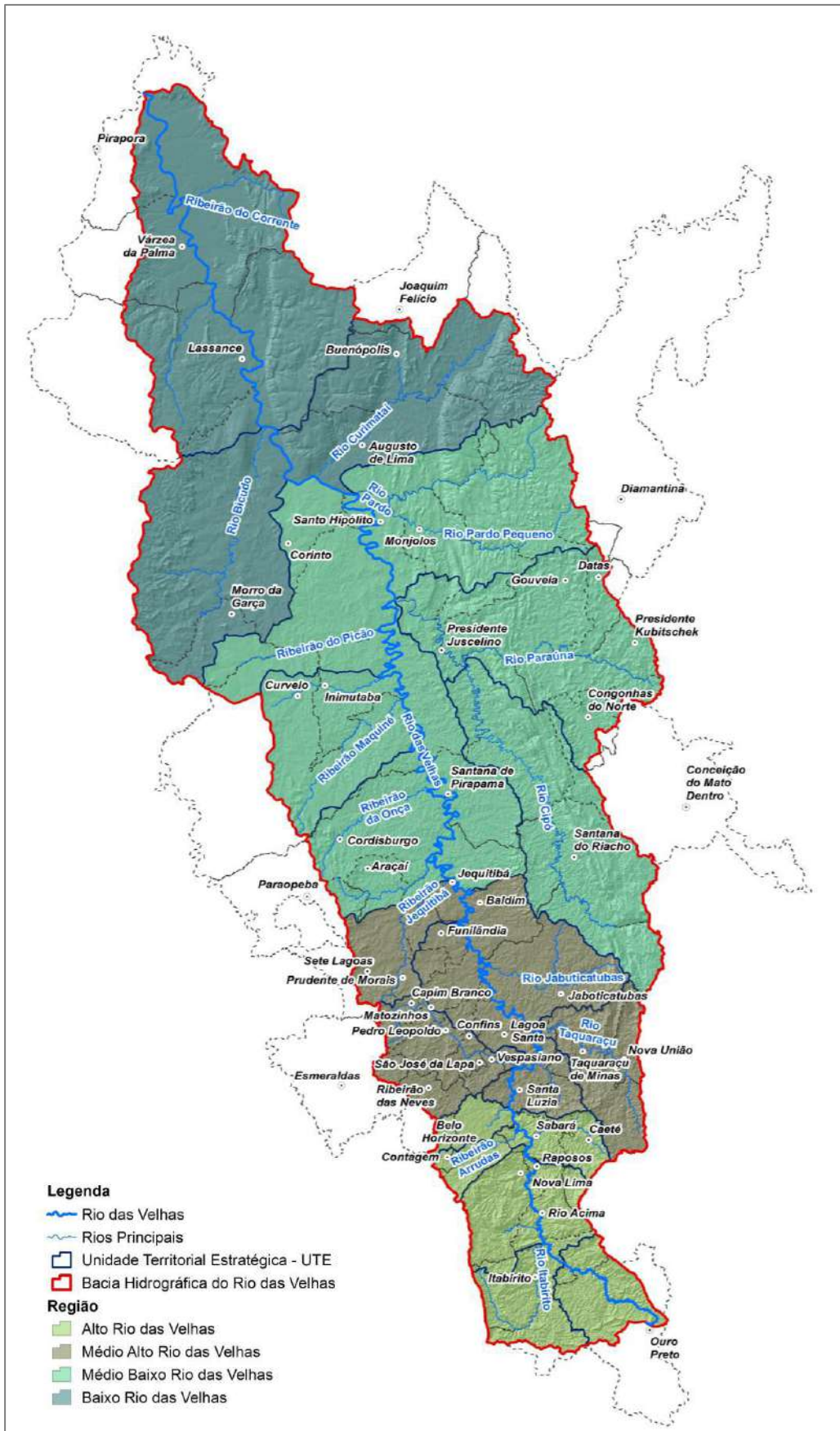
A população da bacia é estimada em 4.406.190 milhões de habitantes e está distribuída nos 51 municípios cortados pelo rio e seus afluentes. No contexto regional, a participação do conjunto desses municípios é significativa, pois corresponde a 24,7% da população de Minas Gerais, principalmente em termos de população urbana (28,1%) (PDRH-VELHAS, 2015, p. 32).

A bacia subdivide-se em 23 regiões de planejamento e gestão de recursos hídricos, denominadas de Unidades Territoriais Estratégicas (UTES), definidas pela Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012 (Figura 6). Atualmente encontram-se instalados na bacia 14 Subcomitês de Bacia Hidrográfica (SCBH) de cursos d'água afluentes ao rio das Velhas, caracterizando o processo de gestão das águas da bacia bastante descentralizado e participativo. É subdividida em Alto, Médio e Baixo Rio das Velhas, sendo (PDRH-VELHAS, 2015, p. 35):

Alto rio das Velhas: A região do Alto rio das Velhas compreende toda a área denominada Quadrilátero Ferrífero. A região é composta por dez municípios, constituindo 9,8% do total da bacia do rio das Velhas, ou 2.739,74 Km². Os municípios que estão 100% inseridos na região do Alto rio das Velhas são Belo Horizonte, Itabirito, Nova Lima, Raposos e Rio Acima. Caeté, Contagem, Ouro Preto, Sabará e Santa Luzia estão inseridos parcialmente.

Esta região apresenta o maior contingente populacional, com expressiva atividade econômica, concentrada, principalmente, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Nessa região encontra-se o sistema de abastecimento integrado Rio das Velhas, com captação no rio das Velhas e capacidade instalada de 9,0 m³/s, que abastece a RMBH. Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias clandestinas atuantes nesta parte da bacia.

Figura 6 – UTEs e regiões da bacia hidrográfica do rio das Velhas.



Fonte: CBH Velhas, 2015.

Médio Alto rio das Velhas: A região Médio rio das Velhas possui características diferenciadas em relação ao uso e ocupação do solo do Alto rio das Velhas, apresentando uma menor concentração populacional, com o predomínio das atividades agrícolas e pecuárias. A região Médio Alto rio das Velhas tem participação de 15,4% (4.276,01 Km²) dentro da bacia do rio das Velhas e compreende 20 municípios. Dentre estes, Capim Branco, Confins, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Nova União, Pedro Leopoldo, Prudente de Moraes, Ribeirão das Neves, São José da Lapa, Taquaraçu de Minas e Vespasiano estão totalmente inseridos na bacia, enquanto Baldim, Caeté, Esmeraldas, Jaboticatubas, Jequitibá, Sabará, Santa Luzia e Sete Lagoas tem seu território parcialmente inserido da bacia.

Médio Baixo rio das Velhas: A região Médio Baixo rio das Velhas representa a maior porção dentro da bacia do rio das Velhas, com 12.204,16 Km² (43,8%) e 23 municípios inseridos total ou parcialmente. Dentre os que possuem 100% de seu território inserido na bacia estão Araçáí, Cordisburgo, Gouveia, Inimutaba, Monjolos, Presidente Juscelino, Presidente Kubitschek, Santana de Pirapama, Santana do Riacho e Santo Hipólito. Os municípios que estão parcialmente inseridos na região Médio Baixo rio das Velhas são Augusto de Lima, Baldim, Buenópolis, Conceição do Mato Dentro, Jequitibá, Congonhas do Norte, Corinto, Curvelo, Datas, Diamantina, Jaboticatubas, Morro da Garça e Paraopeba.

Baixo rio das Velhas: A região do Baixo rio das Velhas é composta por oito municípios e representa a segunda maior região (31%, 8.630,07 Km²). Nenhum desses municípios tem 100% do território inserido na bacia: Augusto de Lima, Buenópolis, Corinto, Joaquim Felício, Lassance, Morro da Garça, Pirapora e Várzea da Palma. Assim como a região Médio rio das Velhas, esta região também é caracterizada pela baixa concentração populacional onde predominam as atividades agrícolas e pecuárias.

3.1.1 Meio físico

3.1.1.1 Clima

Conforme Padua (2015, p.65) o regime pluviométrico da bacia do rio das Velhas está relacionado ao equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do anticiclone

tropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, assim como ao efeito das correntes de Oeste. A orografia também possui grande influência, uma vez que são registradas precipitações mais elevadas nas encostas das montanhas situadas a barlavento. Os ventos são predominantes na direção NW-NE. O regime pluviométrico caracteriza-se pela estação chuvosa no verão e estação seca no inverno, típico de climas tropicais. O autor ressalta que as características climáticas mais importantes são a predominância de temperaturas medianas a elevadas durante todo o ano e a existência de duas estações bem definidas: uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno.

A bacia do rio das Velhas, em geral, apresenta uma queda das precipitações médias na direção sul para norte (das cabeceiras para a foz). Os máximos das precipitações são observados nas nascentes localizadas na serra de Ouro Preto, onde a ocorrência de fenômenos orográficos mantém a média anual em torno de 2.000 mm. Em direção a jusante, nota-se uma depressão chuvosa nas proximidades de Jequitibá, média bacia, que se estende para toda a área da margem esquerda em direção a oeste. Na direção leste do ponto mencionado, por influência da topografia mais elevada, os totais anuais médios aumentam e atingem valores da ordem de 1.700 mm, principalmente na região da serra do Espinhaço, nas proximidades do Município de Diamantina. Tomando-se novamente a direção norte, os totais anuais médios diminuem para 1.100 mm, entre Buenópolis e Várzea da Palma. Em relação ao comportamento sazonal das precipitações na bacia, distinguem-se três meses secos, ou seja, junho, julho e agosto. A exceção é verificada no alto rio das Velhas, que passa por períodos secos maiores, que variam de quatro a cinco meses (maio a setembro) (PDRH-VELHAS, 2004, p. 29).

Na bacia do rio das Velhas predominam os seguintes tipos climáticos: Clima Quente de Inverno Seco (alta bacia); Clima Temperado de Inverno Seco (margem direita da média bacia); e Clima Tropical com Verão Úmido (margem esquerda da média e baixa bacia). As médias anuais de temperatura na bacia variam entre 18°C, na região das cabeceiras, até 23°C no extremo norte, junto à foz no rio São Francisco. O aumento das temperaturas médias acompanha o desenvolvimento da calha principal de montante para jusante. A umidade relativa do ar na bacia varia entre 70 e 80%, com menores valores na baixa bacia e os maiores nos limites ocidentais da média bacia. Sazonalmente, as menores médias de temperatura e umidade ocorrem no trimestre de julho a setembro, enquanto as maiores ocorrem entre os meses de

novembro e abril, com maiores incidências nos meses de dezembro e janeiro (PDRH-VELHAS, 2004, p. 30).

3.1.1.2 Hidrografia e disponibilidade hídrica

Com uma área de drenagem igual a 29.173 Km², representando cerca de 5% da superfície do todo o Estado de Minas Gerais, o rio das Velhas aflui para o rio São Francisco após quase 800 km. O padrão da rede de drenagem da maioria dos cursos d'água da bacia é do tipo dendrítico, comum às regiões de rochas cristalinas ou rochas do embasamento. A densidade da rede de drenagem natural apresenta maior riqueza hidrográfica entre os afluentes da margem direita, fato associado às características geológicas da bacia. A grande quantidade de meandros constitui outra característica do rio das Velhas. Em quase todo o seu percurso o rio apresenta uma orientação S-N (PDRH-VELHAS, 2004, p.32).

Para o *PDRH-Velhas* (2015, p. 52) foram desenvolvidos estudos hidrológicos que tinham como objetivo determinar a disponibilidade hídrica superficial da bacia. Estes estudos foram desenvolvidos conforme as seguintes etapas metodológicas: (i) Levantamento dos dados de monitoramento hidrológico disponíveis para a bacia do rio das Velhas no sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA); (ii) Análise de consistência dos dados disponíveis; (iii) Determinação de um período de dados homogêneo a partir dos dados das estações fluviométricas; (iv) Homogeneização das series históricas de vazões médias mensais, por meio de modelos de correlação matemática; e (v) Análise de frequência de vazões mínimas e de curvas de permanência, aplicada aos locais das estações fluviométricas, com emprego posterior de técnicas de regionalização hidrológica, para a generalização das vazões de referência em toda a área de abrangência do PDRH-Velhas. As disponibilidades hídricas foram calculadas pelas seguintes variáveis hidrológicas: vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$), vazão mínima com permanência de 90 e 95% e vazão média de longo período (Q_{MLP}). A disponibilidade hídrica na foz da bacia do rio das Velhas foi determinada pela transferência espacial dos dados das vazões características da estação 41990000, localizada próxima a foz do rio das Velhas, utilizando uma relação de proporção entre a área de drenagem da

bacia (27.850 km²) e a área de drenagem da estação (26.500 km²). A Tabela 1 apresenta a disponibilidade hídrica na foz do rio das Velhas.

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica superficial na bacia do rio das velhas.

Trecho do Rio	Área de Drenagem (Km ²)	Q _{MLP}		Q ₉₀		Q ₉₅		Q _{7,10}	
		m ³ /s	l/s * Km ²	m ³ /s	l/s * Km ²	m ³ /s	l/s * Km ²	m ³ /s	l/s * Km ²
Calha - Trecho Alto	2.739,75	46,9	17,12	21,04	7,68	18,71	6,83	13,58	4,96
Calha - Trecho Médio Alto	8.630,07	116,04	13,45	40,44	4,69	35,67	4,13	25,94	3,01
Calha - Trecho Médio Baixo	4.276,02	66,66	15,59	27,11	6,34	24,03	5,62	17,46	4,08
Calha - Trecho Baixo	12.204,17	152,56	12,5	49,26	4,04	43,34	3,55	31,54	2,58
Bacia do Rio das Velhas	27.850,01	310,38	11,14	75,67	2,72	66,33	2,38	48,31	1,73
Foz	27.850,01	310,38	11,14	75,67	2,72	66,33	2,38	48,31	1,73

Fonte: CBH Velhas, 2015.

3.2 Aquisição de dados

Para o estudo do comportamento dos fenômenos climáticos foram utilizados os dados disponíveis no site do *Climate Prediction Center/ National Centers for Environmental Prediction/ NOAA/ National Weather Service*. As séries históricas completas dos índices climáticos do *El Niño - Oscilação Sul*, da *Oscilação Decadal do Pacífico* e do *Dipolo do Atlântico*, que são utilizados neste trabalho, estão apresentadas no Anexo (Tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5).

Serão utilizados, para cada fenômeno climático associado, os seguintes índices climáticos:

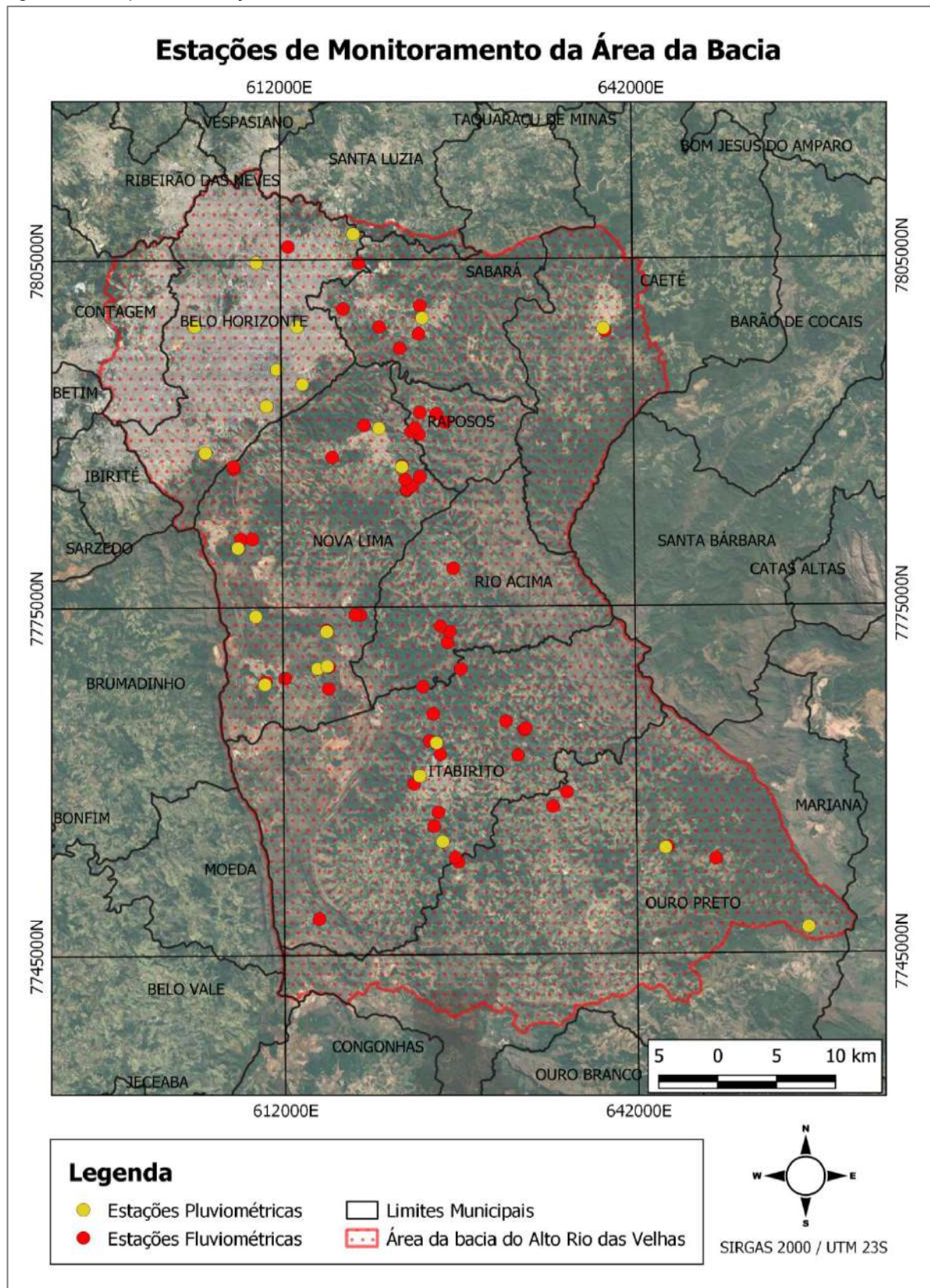
- ENOS** – Índice de Oscilação do Sul (IOS) e Índice *Niño* Oceânico (INO);
- ODP** – Índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP);
- Dipolo do Atlântico** – Índice Tropical Atlântico Sul (TSAI) e Índice Tropical Atlântico Norte (TNAI).

Para proceder à análise dos impactos dos eventos de variabilidade climática sobre os recursos hídricos buscou-se obter informações de séries de dados pluviométricos e fluviométricos monitorados na bacia hidrográfica da bacia do Alto Rio das Velhas.

As estações hidroclimatológicas foram identificadas a partir de um levantamento no software Hidroweb®. As estações foram plotadas no software QGIS®, a partir do qual foi possível mapeá-las, considerando apenas a área da bacia. O resultado deste processo é apresentado na Figura 7, com o mapa das estações pluviométricas e fluviométricas existentes na área da bacia do Alto Rio das Velhas. Identificadas as estações, foi possível realizar o *download* das séries de dados.

Por meio do sistema HidroWeb® foram identificadas 145 estações existentes na bacia. Contudo, destas 145 estações identificadas, apenas 70 estações possuem dados de monitoramento. Considerando estas estações com dados, contabilizou-se que 14 possuem dados de monitoramento de chuvas, seis possuem, dentre outras informações, dados de vazões, duas possuem apenas dados de cotas topobatimétricas e 48 possuem apenas dados de monitoramento de qualidade da água. Um compilado das informações obtidas está disponível no **APÊNDICE A**.

Figura 7 – Mapa das estações de Monitoramento na área da bacia



Fonte: A autora, 2019.

As estações com dados de cotas topobatimétricas e com dados de monitoramento de qualidade de água não foram possíveis de aproveitamento para este trabalho.

Para as séries de dados pluviométricos, seriam utilizadas todas as estações que possuíssem pelo menos 30 anos de monitoramento, conforme recomendado pela Organização Mundial Meteorológica (WMO,1989). Das 14 estações, apenas 12 atendiam ao requisito mínimo de séries. Estas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Estações Pluviométricas.

Código	Nome	Município	Responsável/ Operadora	Latitude	Longitude	Período do Monitoramento
1943000	Mineração Morro Velho	Nova Lima	ANA/CPRM	-19,98	-43,85	1855 - 2018
1943006	Sabará	Sabará	ANA/CPRM	-19,89	-43,82	1941 - 2019
1943010	Caeté	Caeté	ANA/CPRM	-19,90	-43,67	1941 - 2019
1943022	Caixa de Areia	Belo Horizonte	ANA/CPRM	-19,95	-43,91	1940 - 2019
1943055	Belo Horizonte (Horto)	Belo Horizonte	INMET	-19,9	-43,92	1961 - 2019
2043002	Lagoa Grande (MMV)	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,18	-43,94	1941 - 2019
2043004	Rio do Peixe (MMV)	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,14	-43,89	1940 - 2018
2043042	Represa das Codornas (MMV)	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,16	-43,89	1976 - 2019
2043043	Represa do Miguelão (MMV)	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,13	-43,95	1976 - 2019
2043056	Fazenda Água Limpa Jusante	Ouro Preto	ANA/CPRM	-20,30	-43,62	1984 - 2019
2043057	PCH Codorna Barramento	Nova Lima	ANGLO GOLD	-20,17	-43,89	1950 - 1981
2043060	Itabirito Linígrafo	Itabirito	ANA/CPRM	-20,29	-43,80	1984 - 2019

Fonte: Adaptado de Hidroweb, 2019.

Em relação aos dados fluviométricos, também seriam utilizadas apenas séries que possuíssem pelo menos 30 anos de dados, para que se pudesse observar e validar as alterações sobre as vazões da bacia. Neste caso, apenas duas estações estariam aptas (41180000 - Itabirito Linígrafo e 41199998 - Honório Bicalho Montante). Considerando, contudo, que a série da estação 41151000 - Fazenda Água Limpa Jusante tem 25 anos de dados, optou-se por utilizar também essas informações e se fazer as devidas considerações sobre estes dados no que diz respeito aos eventos de variabilidade climática. Um resumo das informações das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas encontra-se na Tabela 3.

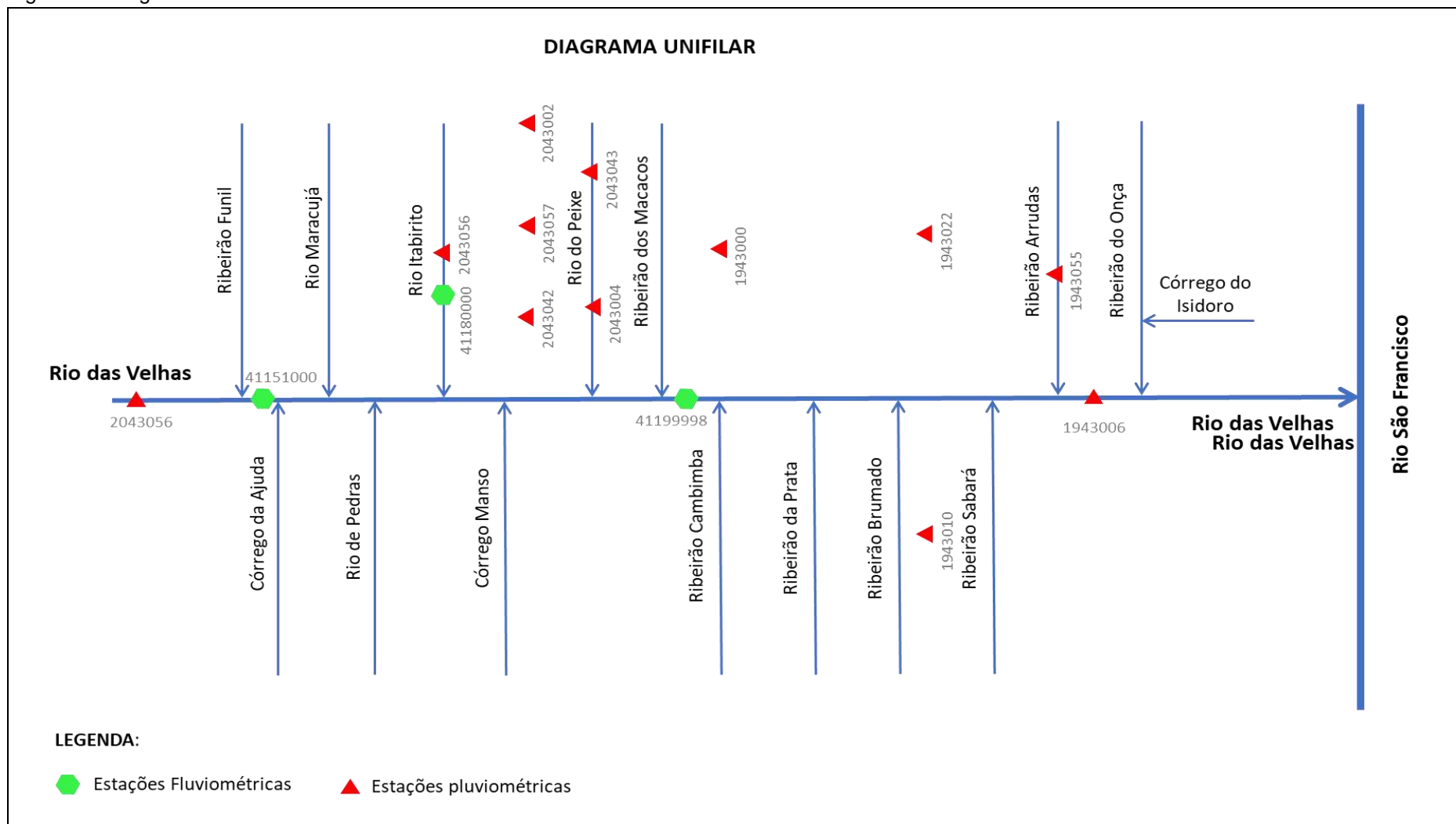
Tabela 3 – Estações Fluviométricas.

Código	Nome	Município	Responsável/ Operadora	Latitude	Longitude	Período do Monitoramento
41151000	Fazenda Água Limpa Jusante	Ouro Preto	ANA/CPRM	-20,30	-43,62	1994 – 2019
41180000	Itabirito Linígrafo	Itabirito	ANA/CPRM	-20,29	-43,80	1956 – 2019
41199998	Honório Bicalho Montante	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,02	-43,82	1971 – 2019

Fonte: Adaptado de Hidroweb, 2019.

A Figura 8 apresenta o diagrama unifilar, com as estações pluviométricas e fluviométricas, relacionadas à forma da bacia hidrográfica.

Figura 8 – Diagrama Unifilar.



Fonte: A autora, 2020.

3.3 Processamento de dados

Para realização deste trabalho foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica, visando identificar na literatura metodologias que permitissem estabelecer uma correlação entre a atuação dos fenômenos climatológicos e alterações nos padrões de precipitações e vazões. Na literatura consultada observou-se que, em geral, são realizadas análises estatísticas e/ou modelagem computacional dos dados hidrológicos. Neste trabalho optou-se por trabalhar com os dados brutos medidos.

Para verificar a consistência da série de dados, procedeu-se as análises de homogeneidade e tendência. A robustez dos dados medidos foi verificada a partir do percentual de dados válidos. Quando algum dado do total diário acumulado estava em falta, o total mensal não era computado e o total ano-mês era considerado como ausente, conforme recomendação da WMO (1989, p. 5). Considerando que os dados foram consistidos e possuem representatividade superior a 80%, pode-se afirmar que as séries analisadas neste trabalho são homogêneas.

A análise de tendência foi realizada graficamente, por meio da linha de tendência, nos histogramas das estações. O resultado encontra-se disponível no **Apêndice B - Análise dos Dados das Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Bacia do Alto Rio das Velhas**. Verificou-se que, para todas as estações, o valor de r^2 (função polinomial de 2º grau utilizada para calcular o coeficiente angular da reta, também chamado de “r quadrático”) é em torno de zero, o que indica que não há tendência de aumento ou redução nos dados observados.

Considerando, portanto, que as séries são homogêneas e não possuem alterações de tendência, conclui-se que as séries estão aptas para avaliação e em conformidade com os padrões estabelecidos pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, ou OMM, em português).

No caso deste trabalho, como o objetivo foi determinar a existência de cenários em que ocorrem anomalias nas séries hidrológicas a partir da manifestação do fenômeno climatológico, optou-se por não realizar o preenchimento de falhas das estações, visando identificar o potencial impacto dos dados medidos no comportamento da bacia. Isso porque o preenchimento de falhas se dá por cálculos estatísticos e não corresponde, necessariamente, a um valor efetivamente observado, mesmo que sendo um instrumento reconhecido na literatura como válido. Como o

objetivo desde trabalho não foi modular as condições do clima, mas, sim, entender a relação entre o dado observado, efetivamente medido, e a manifestação do fenômeno climático entende-se que este método pode trazer um diferencial frente aos trabalhos já publicados. Além disso, o preenchimento de falhas tem relevância quando se trabalha com todo o conjunto de dados. Neste trabalho são analisados os máximos e mínimos valores medidos e, portanto, o preenchimento de falhas poderia gerar dados não representativos da ocorrência destes extremos na bacia.

Assim sendo, após a obtenção dos dados climáticos e hidrológicos, foi realizado o processamento destes dados. Na tabela de cada estação obtida pelo sistema Hidroweb[®] foram selecionadas as informações de data e total mensal precipitado. Os dados foram reorganizados e foi elaborado, para cada estação, um histograma (gráfico de precipitação *versus* tempo). O histograma permitiu verificar a distribuição da precipitação anual por estação, bem como a existência de falhas nos dados monitorados. Os histogramas das estações estão, conforme dito, disponíveis no Apêndice B deste trabalho. Esse processo atesta a consistência dos dados prevista no manual da WMO e atende à série a homogeneidade mínima para seu pleno uso.

Após esta etapa foram geradas duas novas planilhas, sendo uma com os máximos valores e outra com os mínimos valores, considerando os dados de total mensal precipitado (acumulado mensal). Os períodos analisados foram aqueles para os quais havia disponibilidade de dados, sendo: IOS – 1951 a 2018; INO – 1951 a 2018; ODP – 1948 a 2018; TSAI – 1948 a 2018; e TNAI – 1948 a 2018.

Assim sendo, foram criadas planilhas para o qual, em cada mês de cada ano, tinha-se o maior e o menor valor total precipitado dentre todas as estações. Este procedimento foi realizado visando criar um perfil representativo dos extremos que ocorreram na bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas. Os máximos e mínimos são importantes por evidenciarem o grau de variabilidade do padrão anual. A média dos valores não seria indicada para visualizar alterações de padrões climáticos por se tratar de uma abstração.

A partir das tabelas geradas, procedeu-se a correlação entre os dados hidrológicos e os dados climáticos, através de gráficos de autocorrelação. Neste caso, elaborou-se gráficos de dispersão a partir do cruzamento dos valores máximos e mínimos total precipitado e cada índice de variabilidade climática.

Conforme descrito no 0, foi utilizado o Diagrama de Dispersão, pois entende-se que este diagrama permite analisar o comportamento simultâneo de duas ou mais variáveis, buscando estabelecer eventuais associações entre elas.

O objetivo de se identificar tendências advém do princípio de que existe uma relação que vem de uma variável, que é independente, e outra variável que é dependente da primeira. Assim sendo, foram correlacionados os cinco índices – Índice de Oscilação Sul (IOS), Índice *Niño* Oceânico (INO), Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), Atlântico Sul Tropical (TSAI) e Atlântico Norte Tropical (TNAI), com os dados de precipitação e vazão.

Para proceder à análise de correlação, supôs-se dois cenários: o primeiro em que o fenômeno climático altera o período chuvoso da região, o que compreenderia os meses de outubro a março; e o segundo em que o fenômeno climático altera o período seco da região, o que compreenderia os meses de abril a setembro.

Foram analisados quatro cenários para cada situação hidrológica: o primeiro considerando que a ocorrência do fenômeno gera um efeito imediato sobre a bacia hidrográfica; o segundo considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 6 meses para produzir efeito sobre a bacia (deslocamento temporal de 6 meses, ou seja, para o dado do índice climático ocorrido em janeiro de 1980, por exemplo, correlacionou-se o dado de precipitação ocorrido em julho de 1980); o terceiro considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 12 meses para produzir efeito sobre a bacia (deslocamento temporal de 12 meses, ou seja, para o dado do índice climático ocorrido em janeiro de 1980, por exemplo, correlacionou-se o dado de precipitação ocorrido em janeiro de 1981); e o último considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 18 meses para produzir efeito sobre a bacia (deslocamento temporal de 18 meses, ou seja, para o dado do índice climático ocorrido em janeiro de 1980, por exemplo, correlacionou-se o dado de precipitação ocorrido em julho de 1981).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussão deste trabalho.

4.1 Processamento de dados

Serão primeiramente apresentados os dados climatológicos e hidrológicos, a partir da apuração da qualidade das informações, conforme requisitos descritos nos capítulos anteriores.

4.1.1 Séries climatológicas

A seguir serão apresentados os dados das séries históricas dos índices representativos dos fenômenos *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI).

4.1.1.1 *El Niño* Oscilação Sul (ENOS)

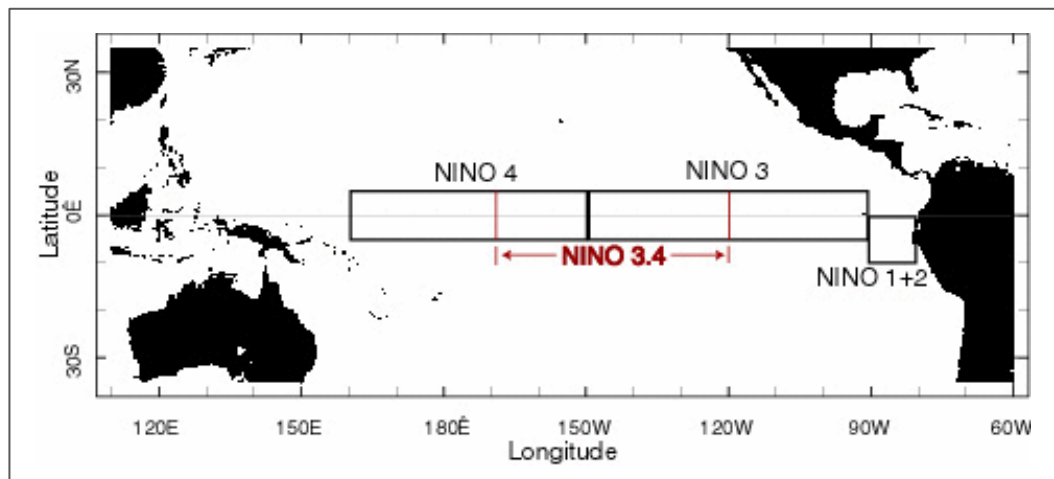
O *El Niño* Oscilação Sul, também conhecido como ENOS, é uma flutuação periódica da temperatura da superfície do mar (*El Niño*) e da pressão do ar da atmosfera sobreposta (Oscilação do Sul) na região do Oceano Pacífico Equatorial.

Estudos demonstraram que uma condição necessária para o desenvolvimento e persistência de convecção profunda nos trópicos (nebulosidade e precipitação aprimoradas) é que a temperatura da superfície do mar (TSM) local seja de 28°C ou mais. Uma vez que o padrão de convecção profunda tenha sido alterado devido à TSM anômala, a circulação atmosférica tropical e subtropical se ajusta ao novo padrão de aquecimento tropical, resultando em padrões anômalos de precipitação e

temperatura que se estendem muito além da região do Pacífico equatorial (NOAA, 2019).

O monitoramento das condições do ENOS se concentra principalmente nas anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em 4 regiões geográficas do Pacífico equatorial (Figura 9). Anomalias da TSM iguais ou superiores a $0,5^{\circ}\text{C}$ ($0,9^{\circ}\text{F}$) na região *Niño* 3,4 (compreendendo partes das regiões *Niño* 3 e 4, de 170°W a 120°W de longitude) são indicativas da fase quente do ENOS (*El Niño*), enquanto anomalias menores ou iguais a $-0,5^{\circ}\text{C}$ ($-0,9^{\circ}\text{F}$) estão associadas a condições de fase fria (*La Niña*) (NOAA, 2019).

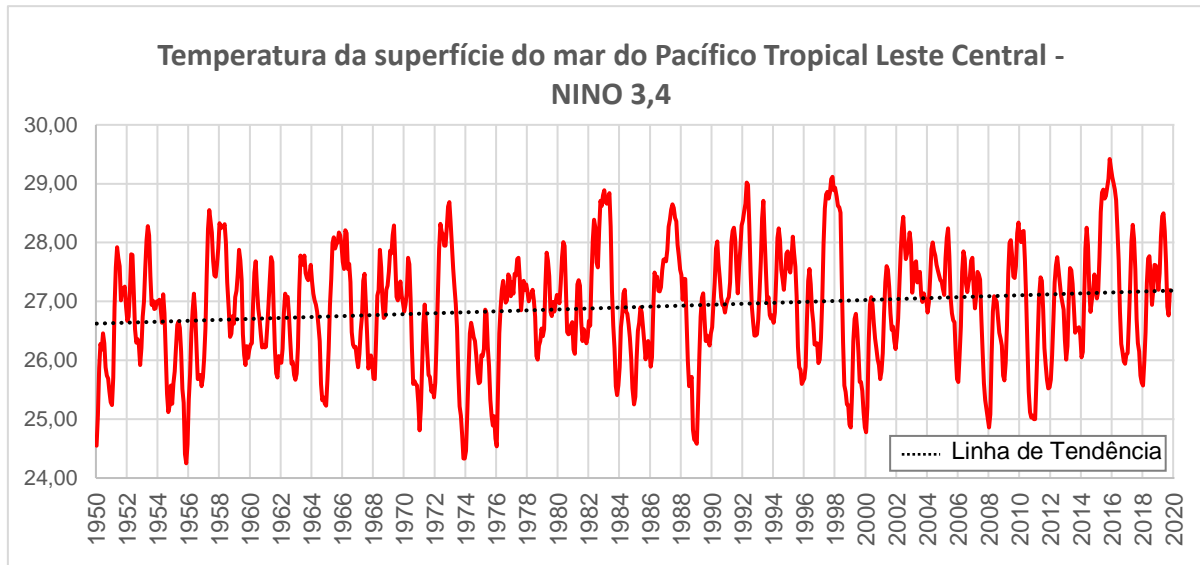
Figura 9 – Regiões NINO.



Fonte: NOAA, 2019.

Ainda de acordo com NOAA (2019), os valores da TSM na região *Niño* 3,4 podem não ser a melhor opção para determinar os episódios de *La Niña*, mas, por consistência, o índice foi definido por anomalias negativas nessa área. A Figura 10 apresenta a representação gráfica da série temporal do índice NINO 3,4. A partir da figura é possível constatar uma tendência de aumento da TSM ao longo da série apresentada. Apesar disso, notou-se que a maioria das anomalias são negativas, o que representa maior frequência de períodos de *La Niña*.

Figura 10 – Série temporal do índice NINO 3,4.



Fonte: A autora (adaptado de NOAA, 2019).

As anomalias da temperatura da superfície do mar em NIÑO 3,4 são calculadas em média nos três meses que terminam com o mês atual, e esse valor é chamado de Índice *Niño* Oceânico (INO). Se o INO exibir condições de fase quente ou fria por pelo menos cinco valores consecutivos, torna-se oficialmente um evento *El Niño* ou *La Niña* (NOAA, 2019). A Tabela 4 apresenta os episódios quentes (*El Niño*) destacados em azul e os episódios frios (*La Niña*) destacados em vermelho para o Índice *Niño* Oceânico, desde o ano de 1950.

Tabela 4 - Episódios frios e quentes por temporada (Continua).

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.2	1	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0	-0.1	0	0.2	0.1	0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0	0	0
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3

Tabela 5 - Episódios frios e quentes por temporada (Continuação).

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2	2	1.7
1966	1.4	1.2	1	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0	0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0
1979	0	0.1	0.2	0.3	0.2	0	0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0	-0.1	0	0.1	0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1	1.1
1995	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.8	-1	-1	-1
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	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1	-1	-1	-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	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	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	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6

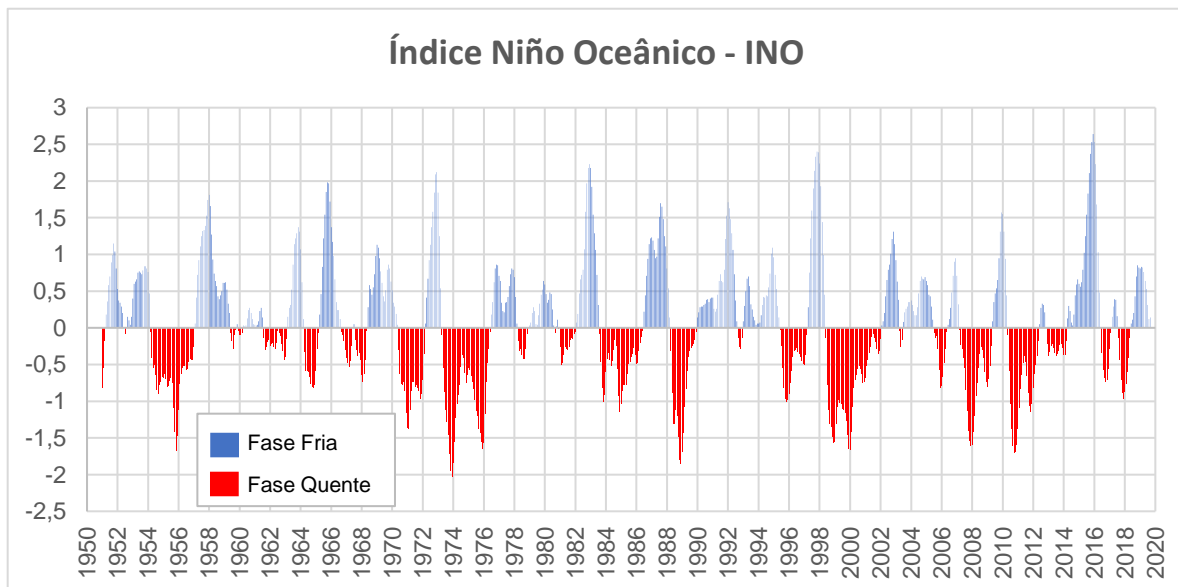
Tabela 6 - Episódios frios e quentes por temporada (Continuação).

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1	1.3	1.6
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1	0.5	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1			

Legenda: **DJF** – Dezembro-Janeiro-Fevereiro; **JFM** – Janeiro-Fevereiro-Março; **FMA** – Fevereiro-Março-Abril; **MAM** – Março-Abril-Maio; **AMJ** – Abril-Maio-Junho; **MJJ** – Maio-Junho-Julho; **JJA** – Junho-Julho-Agosto; **JAS** – Julho-Agosto-Setembro; **ASO** – Agosto-Setembro-Outubro; **SON** – Setembro-Outubro-Novembro; **OND** – Outubro-Novembro-Dezembro; **NDJ** – Novembro-Dezembro-Janeiro.

Fonte: NOAA (2019).

A Figura 11 apresenta a representação gráfica da série temporal do INO.

Figura 11 – Série temporal do Índice *Niño* Oceânico (INO).

Fonte: A autora (adaptado de NOAA, 2019).

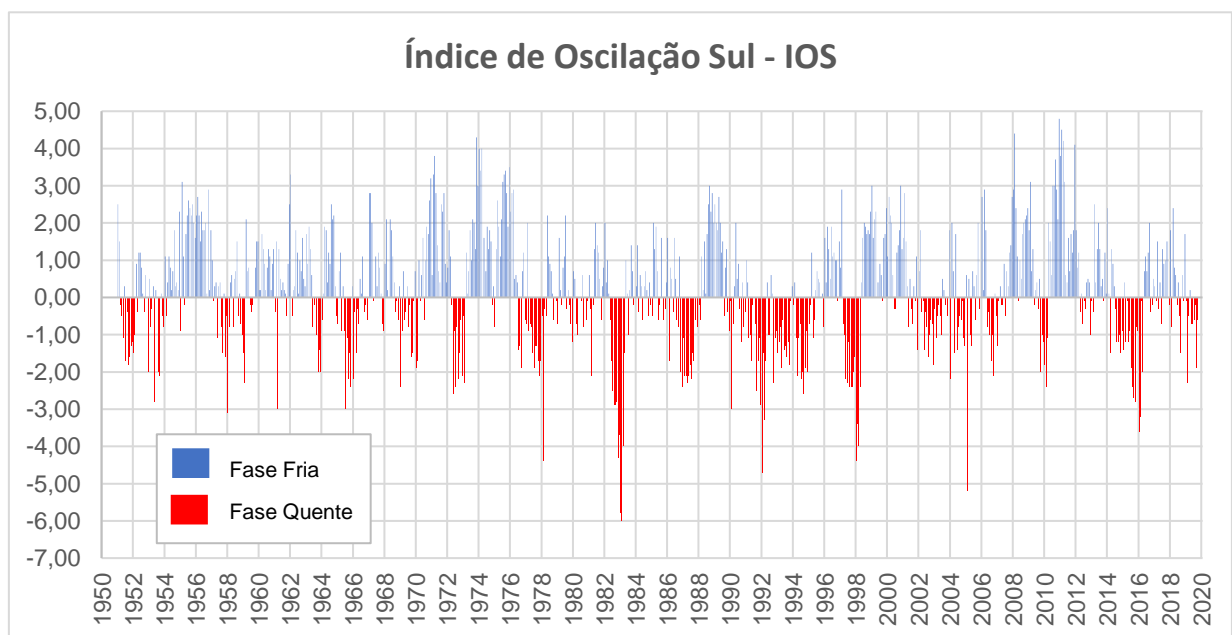
Já a Oscilação Sul descreve uma variação bimodal na pressão atmosférica ao nível do mar entre estações de observação em Darwin, Austrália e Taiti. Por isso, pode ser quantificada por meio do Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a diferença

padronizada entre as duas pressões atmosféricas (em Darwin, Austrália e Taiti). Quando a diferença de pressão enfraquece, o que é fortemente coincidente com as condições do *El Niño*, partes do Pacífico ocidental, como a Austrália, sofrem severas secas, enquanto no outro lado do oceano, fortes precipitações podem causar inundações na costa oeste da América do Sul equatorial (NOAA, 2019).

O Índice de Oscilação do Sul (IOS) é uma medida das flutuações em larga escala na pressão do ar que ocorrem entre o Pacífico tropical ocidental e oriental (ou seja, o estado da Oscilação do Sul) durante os episódios de *El Niño* e *La Niña*. Em geral, as séries temporais suavizadas do IOS correspondem às mudanças nas temperaturas dos oceanos no Pacífico tropical oriental. A fase negativa do IOS representa pressão de ar abaixo do normal no Taiti e pressão de ar acima do normal em Darwin. Períodos prolongados de valores IOS negativos coincidem com águas oceânicas anormalmente quentes em todo o Pacífico tropical oriental, típico dos episódios de *El Niño*. Da mesma forma, períodos prolongados de valores IOS positivos coincidem com águas oceânicas anormalmente frias em todo o Pacífico tropical oriental, típico dos episódios de *La Niña* (NOAA, 2019).

A Figura 12 apresenta a representação gráfica da série temporal do Índice de Oscilação do Sul.

Figura 12 – Série temporal do Índice de Oscilação Sul (IOS).



Fonte: A autora (adaptado de NOAA, 2019).

Verifica-se, a partir da análise da figura, variações de intensidade e frequência para o fenômeno ENOS. Na fase fria (quando o índice é positivo, característico de episódios de *La Niña*) observa-se maior frequência (ocorrência em maior número de vezes). Na fase quente (quando o índice é negativo, característico de episódios de *El Niño*) observa-se maior amplitude ou intensidade, ou seja, com variações de espectro mais amplos. Isso porque enquanto num evento de *El Niño* o IOS chegou a - 5,8, o maior valor registrado para *La Niña* foi 4,8.

Este resultado corresponde, conforme a literatura apresentada, ao aumento na intensidade da estação chuvosa na região norte e nordeste e produz estiagem na região sul do Brasil. Para a região sudeste e centro-oeste, a literatura sobre o fenômeno ENOS é pouco conclusiva.

Pinto, Naghettini e Abreu (2006) concluíram que as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Índico apresentaram-se predominantes como preditores dos modelos de previsão consensual das vazões trimestrais de OND. Por outro lado, nos modelos de previsão consensual das vazões trimestrais de JFM preponderaram, como preditores, as anomalias de TSM da região Índico Sul (AN-IS) e o Índice de Oscilação Sul (IOS), representando o Oceano Pacífico, com o maior peso em todos os modelos.

Cotrim *et al.* (2018) identificaram efeitos do *La Niña* sobre os nevoeiros que ocorriam nos aeroportos do Rio de Janeiro. Galvêncio e Souza (2002) indicaram que em anos de *El Niño* a bacia hidrográfica do rio São Francisco produz mais água do que em anos de *La Niña*. Já Minuzzi *et al.* (2006) concluíram em seu estudo que o fenômeno *El Niño* não exerceu influência sobre o início e final do período chuvoso na região sudeste do Brasil.

Logo, os estudos citados reforçam que a literatura se mostra ainda bastante controversa sobre o comportamento da precipitação frente ao fenômeno ENOS para a região da área de estudo deste trabalho. Contudo, conforme será apresentado no Capítulo 5.2, verificou-se neste trabalho a existência de alterações na precipitação que podem ser correlacionadas ao fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS).

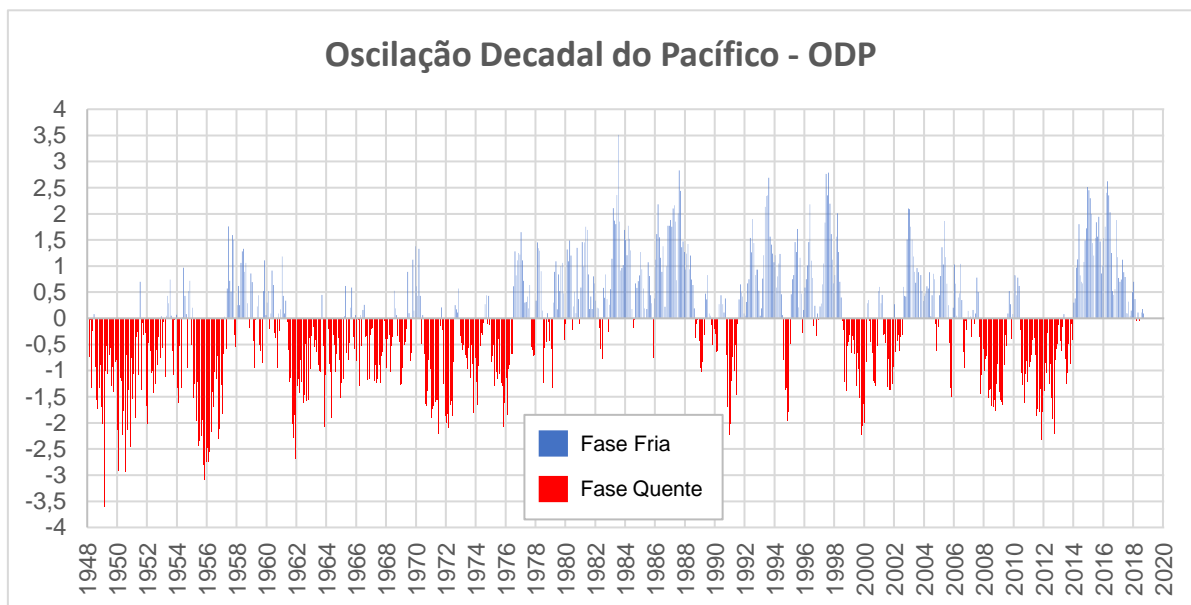
4.1.1.2 Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) é frequentemente descrita como um padrão de variabilidade climática de longa duração que ocorre no oceano Pacífico, semelhante ao *El Niño* Oscilação Sul (ENOS). Assim como observado no fenômeno *El Niño*, os extremos no padrão ODP são marcados por variações generalizadas, a partir das anomalias de temperatura e pressão no Oceano Pacífico, sendo que estes extremos determinam fases quentes e frias (JISAO, 2018).

A ODP tem um valor positivo quando os seguintes padrões ocorrem: (i) a TSM é anormalmente fria no interior do Oceano Pacífico Norte; (ii) a TSM é quente ao longo da costa leste do Pacífico; e (iii) as pressões do nível do mar estão abaixo da média no Pacífico Norte. Quando estes padrões se invertem, a ODP tem um valor negativo (NOAA, 2019).

A Figura 13 apresenta a série temporal da Oscilação Decadal do Pacífico para o período de 1948 a 2019, conforme dados disponibilizados por NOAA (2019).

Figura 13 - Série temporal da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).



Fonte: A autora (adaptado de NOAA, 2019).

A partir da Figura 13 pode-se inferir que de 2014 a 2019 o clima esteve no limite da atuação da fase fria da ODP e, no Brasil, isso representa verões com chuvas abaixo da média. No Centro-Oeste, a ODP leva a verões com chuvas mal distribuídas. No

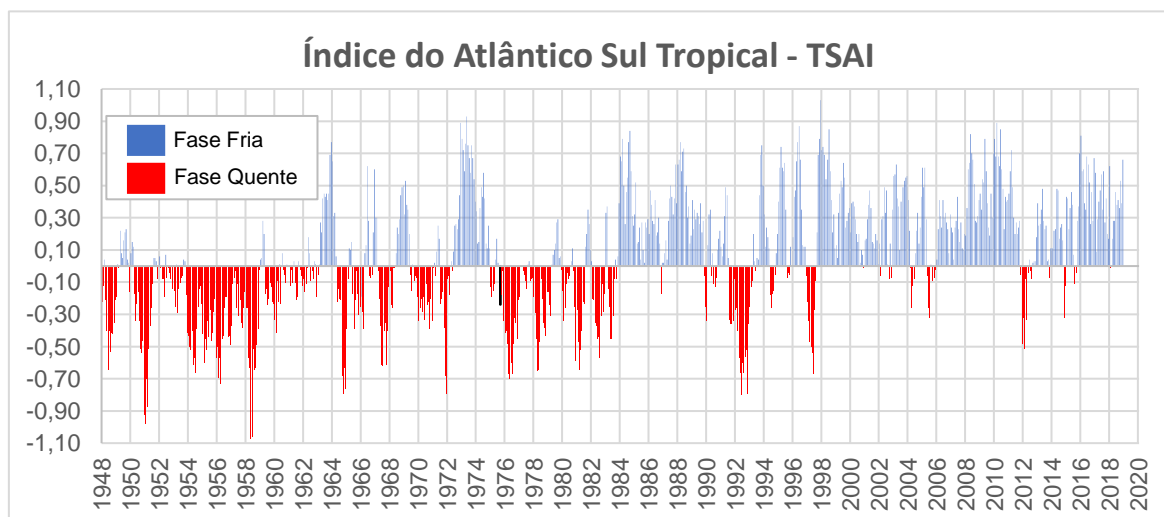
Sudeste, principalmente em Minas Gerais, o fenômeno origina verões secos (AGÊNCIA BRASIL, 2015). Estes resultados ratificam o trabalho de Silva e Galvínio (2011) e vai em desacordo com Queiroz (2013), que ao avaliar as tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais os resultados indicaram uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência das precipitações diárias máximas por ano hidrológico. Neste trabalho não foi confirmada a existência de alterações na precipitação que possam ser correlacionadas ao fenômeno Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

4.1.1.3 Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI)

O padrão de Dipolo no oceano Atlântico Tropical é representado pelo Índice do Atlântico Sul Tropical (TSAI), que é a anomalia da TSM na área do Equador a 20°S e 10°E-30°W, e pelo Índice do Atlântico Tropical norte (TNAI), que é a anomalia da TSM na área de 5°N-23,5°N e 15°W-57,5°W (ENFIELD *et al.*, 1999; MENEZES; BRITO, 2010).

A Figura 14 apresenta a série temporal do Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI), para o período de 1948 a 2019, e a Figura 15 apresenta a série temporal do Índice do Atlântico Tropical Norte (TNAI), para o mesmo período, conforme os dados disponibilizados por NOAA (2018).

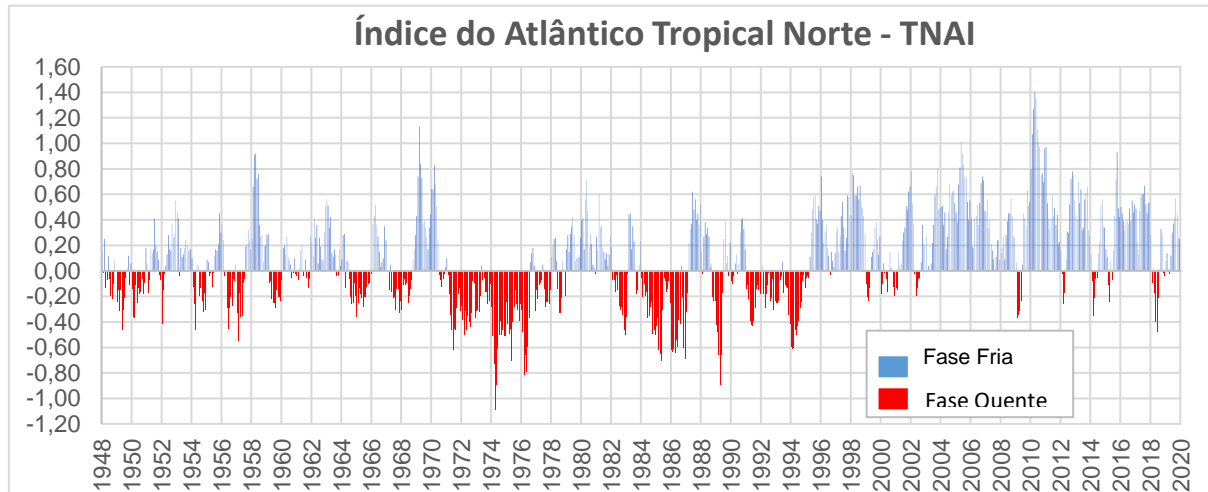
Figura 14 - Série temporal do Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI).



Fonte: A autora, 2019, adaptado de NOAA, 2019.

Ao analisarmos os gráficos das Figuras 15 e 16 é possível inferir que os Índices do Atlântico Tropical, atuam de forma sinérgica, sendo que o TSAI apresentou atuação mais forte na fase quente entre os anos de 1948 e 1958, entre 1964 e 1972 e entre 1976 e 1984, e o TNAI tem atuado mais forte na fase fria, principalmente a partir de 1995.

Figura 15 - Série temporal do Índice do Tropical Norte (TNAI).



Fonte: A autora, 2019, adaptado de NOAA, 2019.

Conforme explicado por Assis *et al.* (2018), o gradiente meridional do Atlântico Tropical controla o regime das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil, especialmente em anos de condições neutras sobre o Pacífico. Assim sendo, pode-se concluir que os resultados apresentados nas Figuras 15 e 16 corroboram na explicação do impacto do fenômeno Dipolo do Atlântico sobre a precipitação da região Nordeste do Brasil, que é desfavorável às chuvas no norte das regiões Norte e Nordeste quando as anomalias são positivas e favorável quando as anomalias são negativas. Na região Sudeste do Brasil os estudos não são conclusivos e não indicam o impacto dos índices sobre a precipitação.

Carpenedo (2018) investigou a atividade convectiva associada às anomalias de TSM no Atlântico tropical, utilizando dos índices climáticos Tropical Sul (TSA) e Tropical Norte (TNA), assim como o padrão espacial sazonal de precipitação e temperatura do ar sobre o Brasil, com foco no Estado de Minas Gerais (MG). Os resultados obtidos mostram que eventos frios do TSA e eventos quentes do TNA estão associados com um deslocamento anômalo para norte (para sul) da Zona de Convergência Intertropical do Atlântico, assim como eventos quentes do TSA e

eventos frios do TNA estão associados com um deslocamento anômalo para sul da Zona de Convergência Intertropical do Atlântico.

A autora ainda verificou que eventos frios do TSA e eventos quentes do TNA estão associados com um padrão espacial de anomalias de precipitação sobre o Brasil semelhante ao padrão de gangorra associado à Zona de Convergência do Atlântico Sul, o que indica uma maior atividade convectiva em eventos frios do TSA e uma menor atividade convectiva eventos quentes do TNA. Contudo, não foi identificado neste trabalho a existência de alterações da precipitação relacionadas ao fenômeno Dipolo do Atlântico.

4.1.2 Séries hidrológicas

A seguir será apresentado o processamento dos dados das séries históricas de precipitações e vazões.

4.1.2.1 Séries pluviométricas

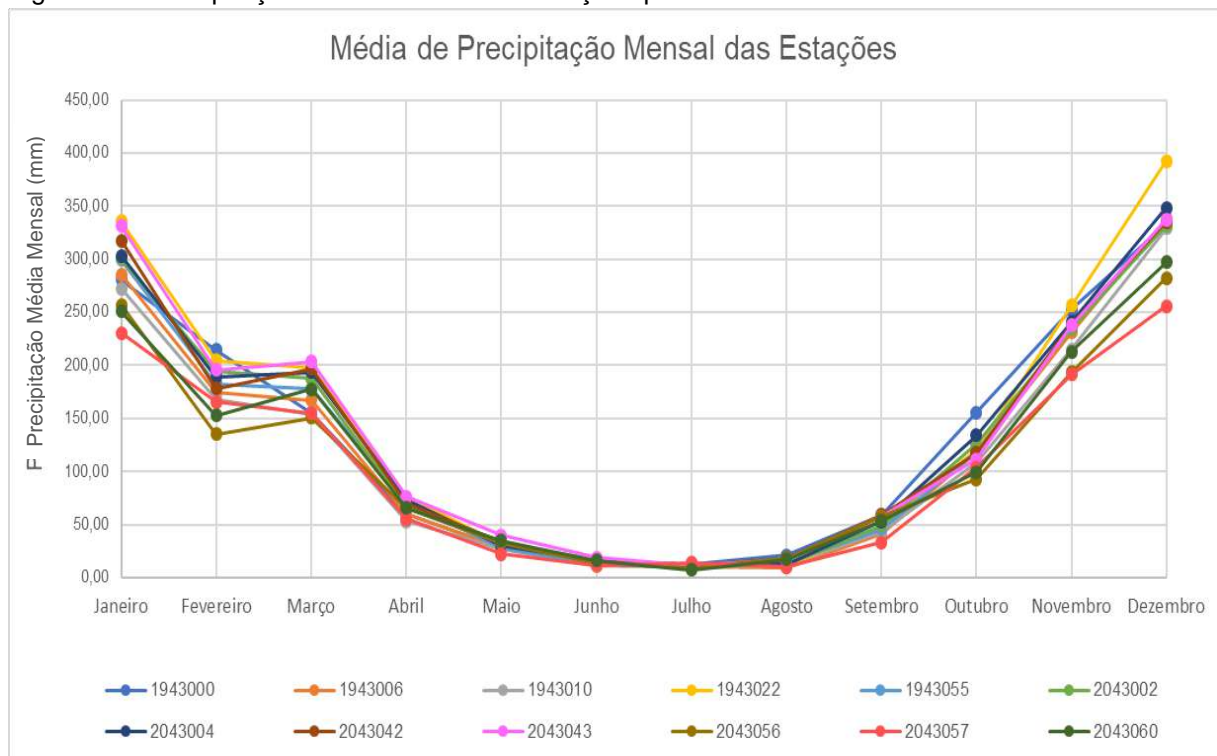
As séries históricas de monitoramento da precipitação mensal de cada uma das 12 estações pluviométricas apresentadas na Tabela 2⁶ foram processadas e consistidas, considerando os valores válidos existentes. A partir destes dados foram elaborados os histogramas de cada estação, que estão disponíveis no APÊNDICE B.

A partir da consolidação dos dados mensais de cada estação, buscou-se desenvolver o perfil hidroclimatológico da bacia. Para tanto, optou-se por agregar o resultado das médias mensais de toda série histórica de cada estação, de forma a compor um gráfico que representasse o perfil das precipitações sobre a bacia. O resultado é apresentado na Figura 16, que representa o perfil da precipitação média mensal das estações monitoradas na bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas.

⁶ A Tabela 2 está disponível no Capítulo 3.2. As estações 1943066 e 2043016 foram excluídas pela ausência de dados consistentes.

Verificou-se que as estações possuem padrão homogêneo de distribuição das chuvas ao longo do ano. Todas as estações possuem o mesmo comportamento hidrológico, onde se verificou um período chuvoso (de outubro a março) com valores de precipitação superiores a 100 mm mensais (sendo especialmente os meses de dezembro e janeiro com valores médios de 300 mm mensais), e um período seco com pouquíssima precipitação, principalmente no trimestre junho, julho e agosto, onde se observou que a precipitação média mensal é inferior a 25 mm.

Figura 16 – Precipitação média mensal das estações pluviométricas da área da bacia.



Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Este perfil hidroclimatológico das estações avaliadas reforça o estudo realizado para o PDRH (2015), citado no Capítulo 0.1.1, em que é apresentado o comportamento sazonal das precipitações na bacia. Também é compatível com o perfil de distribuição da precipitação obtido por Alexandre (2009, p. 43). Nestes estudos também é percebida a maior precipitação entre os meses de novembro e fevereiro e um período bastante seco, compreendido entre os meses de junho a agosto.

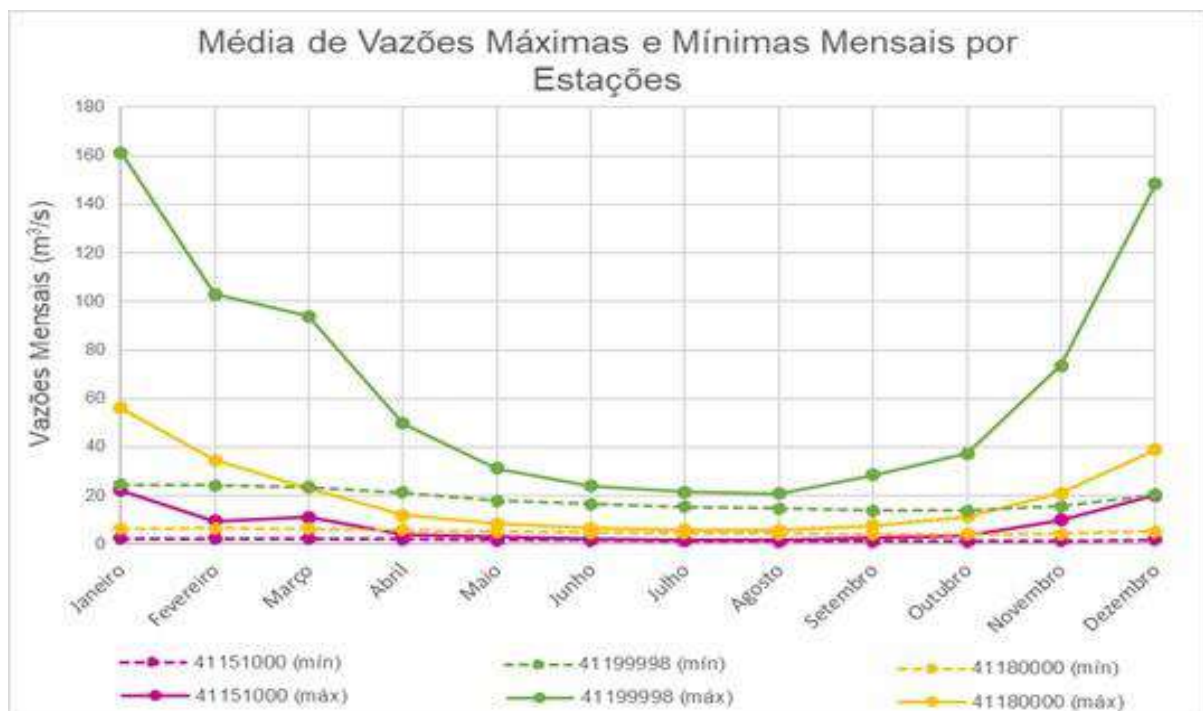
4.1.2.2 Séries fluviométricas

Além do perfil pluviométrico, foi verificado também o perfil fluviométrico, considerando os dados de monitoramento das vazões mensais totais, em m^3/s , das estações fluviométricas apresentadas na Tabela 3. Assim como para os dados pluviométricos, foi realizado um compilado visando obter a média de toda série histórica de cada estação.

Para os dados fluviométricos, contudo, foram traçados dois perfis: um considerando a média das vazões máximas e outro considerando a média das vazões mínimas, tal qual os dados são disponibilizados no Hidroweb®. A Figura 17 apresenta, graficamente, este perfil das médias mínimas e máximas mensais das estações da bacia.

O hidrograma das vazões médias máximas e mínimas são compatíveis com o esperado para a bacia, considerando o perfil das precipitações. O hidrograma, assim como o histograma, também possui um perfil em U, o que demonstra que na bacia o período chuvoso apresenta maiores valores de vazões, principalmente no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro, e no período seco as vazões são reduzidas.

Figura 17 – Médias mensais das vazões máximas e mínimas das estações fluviométricas da área da bacia do Alto Rio das Velhas.



Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Cabe ressaltar que apesar da estação 41199998 apresentar valores mais altos de vazões, comparado às outras duas estações, isto se justifica porque esta estação está mais à jusante, tendo o curso d'água monitorado recebido contribuição de outros cursos d'água ao longo do talvegue. Na Figura 8, onde se apresenta o diagrama unifilar, é possível identificar a posição desta estação frente às demais. As outras duas estações estão localizadas a montante, na cabeceira da bacia, e por isso justifica-se que as vazões sejam menores.

Ressalta-se também que a estação 41151000 tem gradiente praticamente positivo no período entre os meses de fevereiro e março, enquanto nas outras estações o gradiente é definitivamente negativo. Desta forma, o comportamento das estações pluviométricas e fluviométricas não é homogêneo nesse período.

A análise das vazões e precipitações é importante para identificar a existência de tendências nos dados, o qual se poderá correlacionar os cenários identificados com os períodos em que ocorreram a incidência dos índices de variabilidade climática definidos. A partir da análise realizada para este estudo identificou-se escassez de estudos que permitissem comparar o perfil fluviométrico traçado, considerando as vazões de longo prazo. Considerando que existe uma intrínseca relação chuva-vazão, os dados fluviométricos são aqui considerados para ratificarem os resultados obtidos a partir da análise dos dados pluviométricos.

4.2 Avaliação dos resultados

Após a análise e processamento dos dados, buscou-se verificar a existência de correlação entre os índices de variabilidade climática natural e os dados de precipitação e vazão monitorados na bacia. Partiu-se da premissa de que os fenômenos climáticos que estão sendo avaliados neste trabalho seriam capazes de produzir alterações sobre os recursos hídricos da bacia, que pode levar a aumento ou diminuição das precipitações e, conseqüentemente, das vazões.

Conforme explicado no Capítulo 4.3, foram elaborados gráficos de correlação (gráficos de dispersão) a partir do cruzamento dos acumulados mensais precipitados máximos e mínimos (eixo das ordenadas) com os índices de variabilidade climática (eixo das abscissas).

Os índices têm valores adimensionais, representativos da anomalia provocada. Como são mensurados mês a mês, e refere-se a uma média dos valores (seja pressão ou temperatura), o eixo das abcissas foi nomeado por “Anomalia média mensal do índice climático.

Figura 18 – Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice de Oscilação Sul (IOS).



Fonte: A autora, 2019.

O primeiro fenômeno analisado foi o *El Niño* Oscilação Sul – ENOS. Neste trabalho, ele é analisado por dois índices: o Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a diferença padronizada entre as pressões atmosféricas em Darwin, Austrália e no Taiti; e o Índice *Niño* Oceânico – INO, que corresponde à média contínua de três meses de anomalias da superfície da temperatura do mar (TSM) na região NIÑO 3.4 (NOAA, 2018).

São apresentados, respectivamente, os gráficos de correlações com os valores de precipitações mensais máximas (Figura 18) e mínimas (Figura 19) no eixo das ordenadas e com o Índice de Oscilação Sul – IOS no eixo das abscissas, para o período compreendido entre 1951 e 2018.

Para cada índice foram considerados quatro cenários: o primeiro considerando que a ocorrência do fenômeno gera um efeito imediato sobre a bacia hidrográfica; o segundo considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 6 meses para produzir efeito sobre a bacia; o terceiro considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 12 meses para produzir efeito sobre a bacia; e o último considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 18 meses para produzir efeito sobre a bacia.

Buscou-se destacar nos gráficos (área circulada em vermelho) os períodos de maior intensidade do sinal dos fenômenos, de forma a buscar compreender qual ao comportamento da precipitação sobre a bacia nestes casos. Conforme explicado no capítulo anterior, quando o índice é positivo, ele é representativo da fase fria do fenômeno, formando episódios de *La Niña*; já quando o índice é negativo, ele é representativo da fase quente do fenômeno, formando episódios de *El Niño*. A maior anomalia registrada pelo IOS quando da manifestação de *El Niño* foi o valor de -6, em fevereiro de 1983. Já a maior anomalia registrada pelo IOS quando da manifestação de *La Niña* foi o valor de 4,8, ocorrida em dezembro de 2010. Quanto maior a intensidade do fenômeno, supõe-se que maior é a alteração que ele pode produzir sobre o clima local.

Figura 19 – Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice de Oscilação Sul (IOS).



Fonte: A autora, 2019.

A partir da análise dos gráficos das precipitações mensais mínimas verificou-se que, quando se considera a existência de um tempo de resposta de 6 meses, ou de 18 meses, identifica-se uma influência do fenômeno sobre o período seco na região da bacia hidrográfica, tornando o período mais seco, ou seja, reduzindo as precipitações a valores quase nulos, principalmente no período de *El Niño* forte. Isto porque à medida que a intensidade do sinal do fenômeno IOS aumenta, ocorre um aumento da concentração dos dados de precipitação mensal máxima abaixo de 100 mm, principalmente para os meses de julho e agosto (período seco).

Da mesma forma, analisou-se o que ocorre com a bacia quando se tem atuação do fenômeno *La Niña*. Destacou-se nos gráficos (área circulada em vermelho) os períodos de maior intensidade do sinal do fenômeno *La Niña* e comparou-se com o comportamento da bacia.

Os gráficos das precipitações mensais máximas indicam que quando se considera o período chuvoso para o tempo de resposta imediato (sem “lag”), ou mesmo o tempo de resposta de 12 meses, a região apresenta anomalias predominantemente positivas mesmo em eventos fracos de *La Niña*. Ou seja, pode-se considerar, como um dos resultados encontrados da análise de correlação, que quando há manifestação do fenômeno *La Niña* ocorre um aumento do total precipitado mensal sobre a bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas.

Isto porque quando há um aumento do sinal do fenômeno IOS verifica-se uma maior concentração dos dados de precipitação mensal máxima (dados estes predominantes dos meses chuvosos – dezembro, janeiro e fevereiro), ocorrendo casos em que a precipitação mensal máxima (acumulado mensal máximo) ultrapassa os 1.000 mm. Quando comparamos os fenômenos *El Niño* e *La Niña* verifica-se a discrepância em relação à concentração dos dados à medida que se aumenta a intensidade do sinal destes fenômenos.

Nos casos em que há um deslocamento temporal (“lag”) de 6 meses ou de 18 meses, não se verifica nenhuma anormalidade nos gráficos, não sendo possível de correlacionar, desta forma, a atuação do fenômeno a anormalidades de precipitação na bacia hidrográfica.

Figura 20 – Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice *Niño* Oceânico (INO).



Fonte: A autora, 2019.

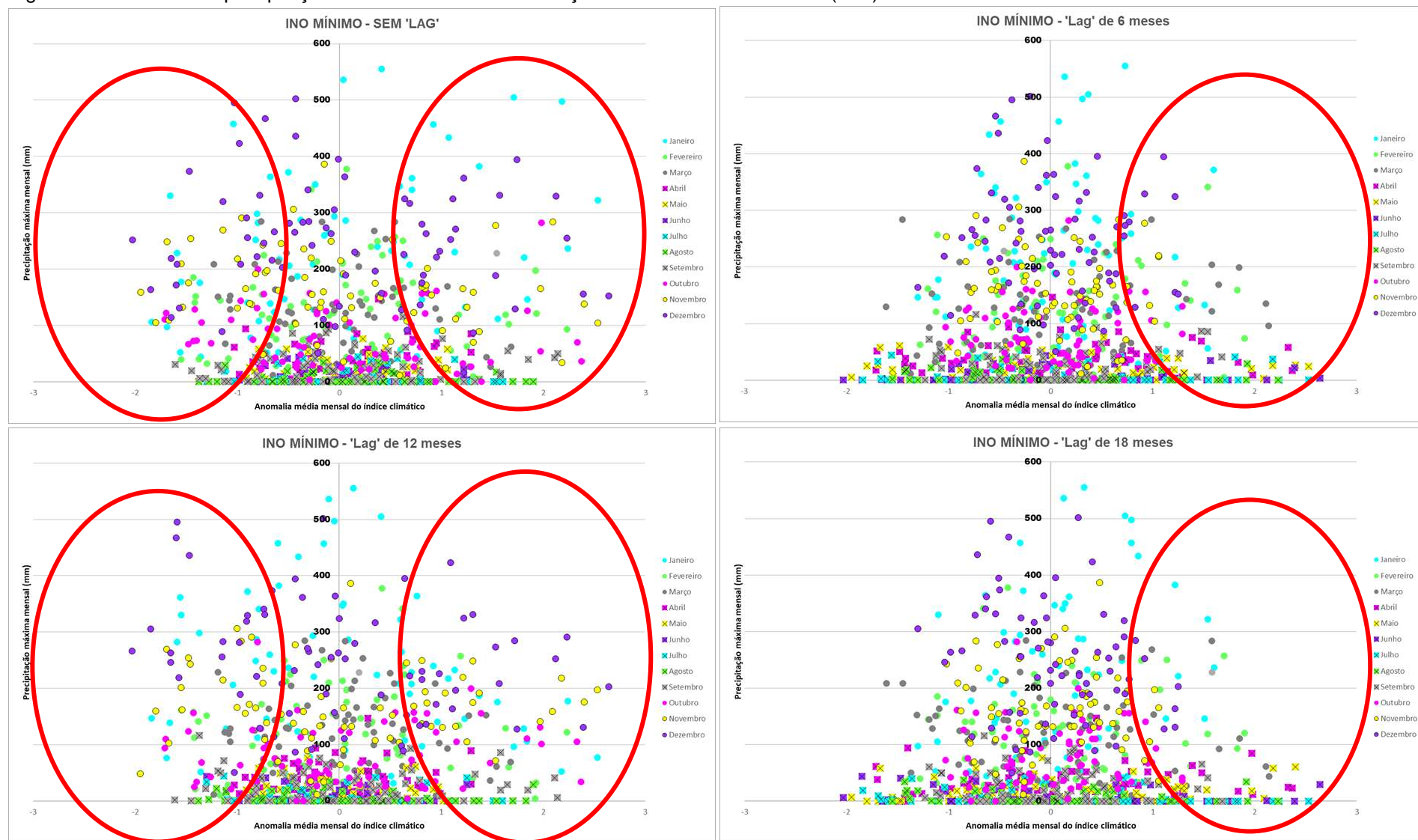
O segundo índice analisado foi o Índice *Niño* Oceânico (INO). Trata-se de outro índice comumente utilizado na literatura para medição do fenômeno ENOS. Para este índice também foram realizadas as correlações entre os valores de precipitações mensais máximas (Figura 18) e mínimas (Figura 19) no eixo das ordenadas e com o Índice *Niño* Oceânico no eixo das abscissas, para o período compreendido entre 1951 e 2018.

Para análise dos gráficos também foram destacados com círculos vermelhos os períodos de maior intensidade do sinal dos fenômenos, visando identificar a resposta da precipitação na bacia.

Assim sendo, ao se analisar os resultados obtidos nas figuras, verificou-se que também para este índice é identificada uma maior concentração dos dados de precipitação máxima mensal (dados estes predominantes do período chuvoso) nos casos em que não há deslocamento temporal ou com “lag” temporal de 12 meses para os valores máximos (Figura 20). Destaca-se, contudo, que estes dados não estão associados a um aumento no valor da média de precipitações mensais. Por isso, estes resultados não são conclusivos quanto a identificação de anomalias na precipitação.

Quando se analisa as precipitações mínimas mensais (Figura 21) para padrões sem deslocamento temporal ou com “lag” temporal de 12 meses percebeu-se que estas aumentaram durante o fenômeno *La Niña*, principalmente no trimestre novembro-dezembro-janeiro. Isto porque, graficamente, também se verifica uma maior concentração dos dados de precipitação máxima mensal quando se tem a manifestação do fenômeno (quando os valores da anomalia média mensal do INO – eixo x – é superior a 1). No caso dos gráficos de precipitações mínimas mensais é mais perceptível o aumento do valor médio da precipitação mínima mensal (em milímetros), dado que quando o fenômeno se manifesta os valores do eixo y (precipitação) tendem a ser maiores que 200 mm.

Figura 21 – Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice *Niño* Oceânico (INO).



Fonte: A autora, 2019.

Quando se analisa estes gráficos quanto à ocorrência do deslocamento temporal de 6 ou de 18 meses percebe-se que tanto para o gráfico de precipitações máximas mensais, quanto para o gráfico de precipitações mínimas mensais, não são identificadas anomalias nos padrões de precipitações, nem para o fenômeno *La Niña*, nem para o fenômeno *El Niño*. Desta forma, assim como no caso do Índice Oscilação Sul (IOS), não é possível correlacionar a atuação do fenômeno a anormalidades de precipitação na bacia hidrográfica.

Desta forma, foi possível perceber a manifestação do fenômeno *La Niña* quando se procede a análise de correlação tanto com o Índice da Oscilação Sul (IOS) quanto com o Índice *Niño* Oceânico (INO). Ressalta-se que as alterações nos padrões de precipitação da bacia são bastante limitadas, principalmente porque se trata de uma área pequena, com apenas 3.347,60 km².

Os resultados encontrados podem ser comparados à literatura consultada. Coelho *et al.* (1999) identificaram que durante os meses de verão com episódios de *El Niño* a região Sudeste não era afetada e durante os meses de verão com episódios de fracas de *La Niña* a região Sudeste apresentava anomalias predominantemente positivas. Cotrim *et al.* (2018) também identificaram que a Oscilação Sul pode estar alterando a frequência de formação de nevoeiros na Baía de Guanabara. Abreu *et al.* (1998) indicaram a existência de deslocamento temporal de seis meses entre a região do *Niño*₁₊₂ e a variabilidade climática na cidade de Belo Horizonte (MG), principalmente no que se refere ao comportamento das temperaturas máximas e ao comportamento pluviométrico local, ligados pela coincidência do ciclo sazonal.

Desta forma, é possível afirmar que os resultados encontrados neste trabalho são consistentes com os resultados obtidos por outros autores.

Como este trabalho analisa uma escala pequena e, por conseguinte, um conjunto menor de dados e de estações, sugere-se, empiricamente, que um fenômeno em escala macro pode influenciar o regime em escala micro, conforme Tucci e Mendiondo (1997).

Destaca-se, contudo, que existe uma carência de estudos que analisem o impacto do Índice *Niño* Oceânico sobre a região Sudeste do Brasil, o que dificultou a percepção dos resultados obtidos.

Figura 22 – Análise das precipitações mensais máximas em função do índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).



Fonte: A autora, 2019.

O **terceiro fenômeno analisado** foi a **Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)**. Conforme explicado no Capítulo 3.4.2, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) possui um padrão semelhante ao *El Niño* em relação à variabilidade climática do Pacífico JISAO (2018).

O fenômeno teve forte atuação da fase quente no período de 1948 a 1976 (aproximadamente). No mesmo período estava atuante a fase fria do IOS. A atuação mais forte da fase fria da ODP ocorreu no período de 1976 a 1998 (aproximadamente), que pode ser relacionada a vários picos de atuação da fase quente do IOS.

Também são apresentados para este índice os gráficos de correlações com os valores de precipitações mensais máximos (Figura 22) e mínimos (Figura 23) no eixo das ordenadas e com o Índice de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) no eixo das abscissas, para o período compreendido entre 1948 e 2018.

Os gráficos também consideram quatro cenários: o primeiro considerando que a ocorrência do fenômeno gera um efeito imediato sobre a bacia hidrográfica; o segundo considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 6 meses para produzir efeito sobre a bacia; o terceiro considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 12 meses para produzir efeito sobre a bacia; e o último considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 18 meses para produzir efeito sobre a bacia.

Verificou-se que para nenhum dos casos identificou-se a ocorrência de correlação entre o índice ODP e a precipitação na bacia. Este resultado é compatível com o encontrado por Queiroz (2013).

Figura 23 – Análise das precipitações mensais mínimas em função do índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).



Fonte: A autora, 2019.

O **quarto fenômeno** analisado é o **Dipolo do Atlântico**. Por sua característica de ser um dipolo, optou-se por analisar o fenômeno considerando tanto seu impacto ao sul quanto a norte do Oceano Atlântico Tropical. É um fenômeno relevante porque, conforme Souza e Nobre (1998), pode influenciar a intensidade e migração norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Tropical. Teve sua fase quente mais atuante no período de 1948 a meados de 1984 e a fase fria mais atuante no período de 1984 a 2018.

São apresentados para este índice os gráficos de correlações com os valores do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI) no eixo das abscissas e os valores de precipitações mensais máximos (Figura 24) e mínimos (Figura 25) no eixo das ordenadas.

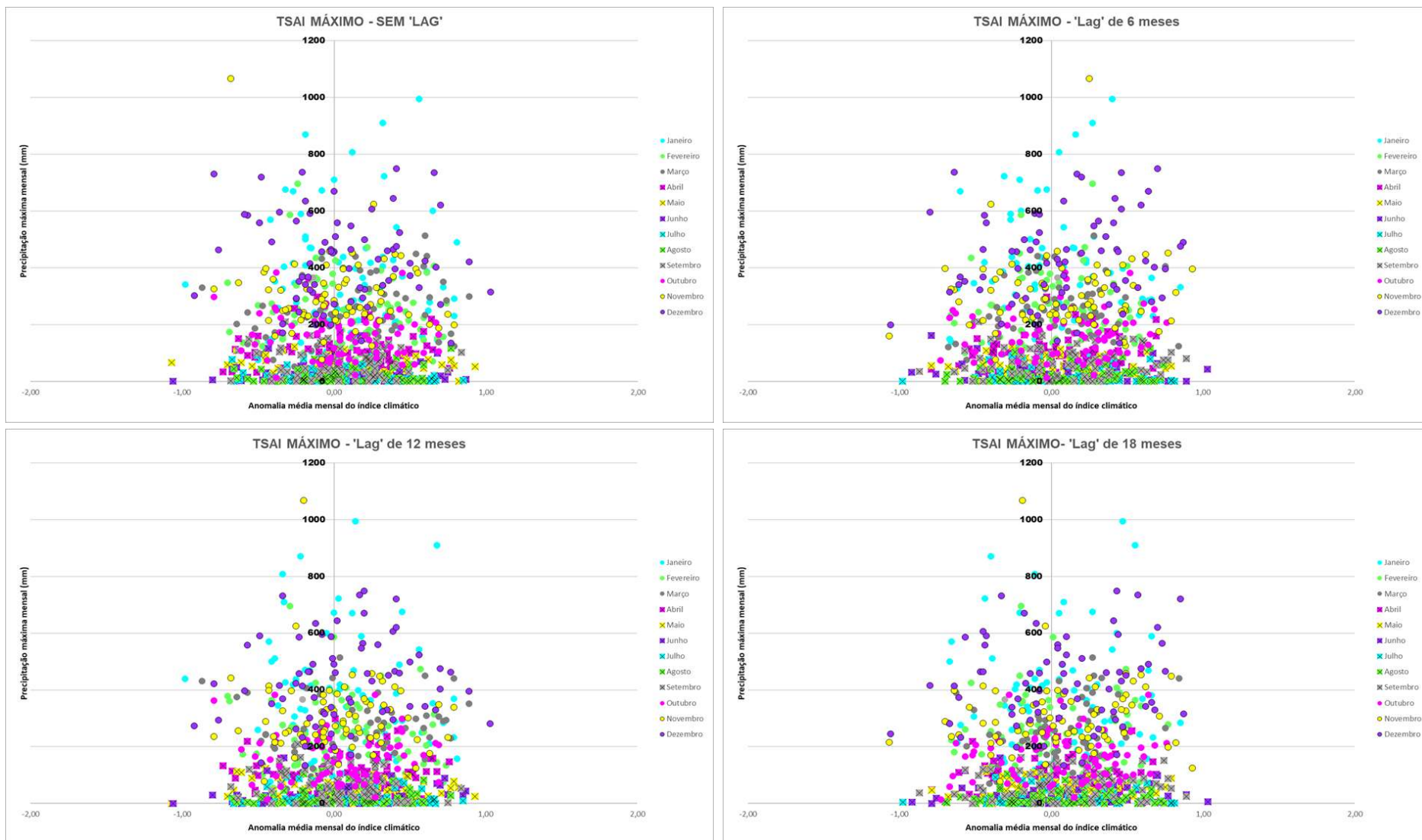
Também são apresentados os gráficos de correlações com os valores do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI) no eixo das abscissas e os valores de precipitações mensais máximos (Figura 26) e mínimos (Figura 27) no eixo das ordenadas, para o período compreendido entre 1948 e 2018.

Conforme explicado, no caso do fenômeno Dipolo do Atlântico foram considerados o índice ao norte e ao sul do Oceano Atlântico.

Os gráficos também consideram quatro cenários: o primeiro considerando que a ocorrência do fenômeno gera um efeito imediato sobre a bacia hidrográfica; o segundo considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 6 meses para produzir efeito sobre a bacia; o terceiro considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 12 meses para produzir efeito sobre a bacia; e o último considerando que a ocorrência do fenômeno pode tardar 18 meses para produzir efeito sobre a bacia.

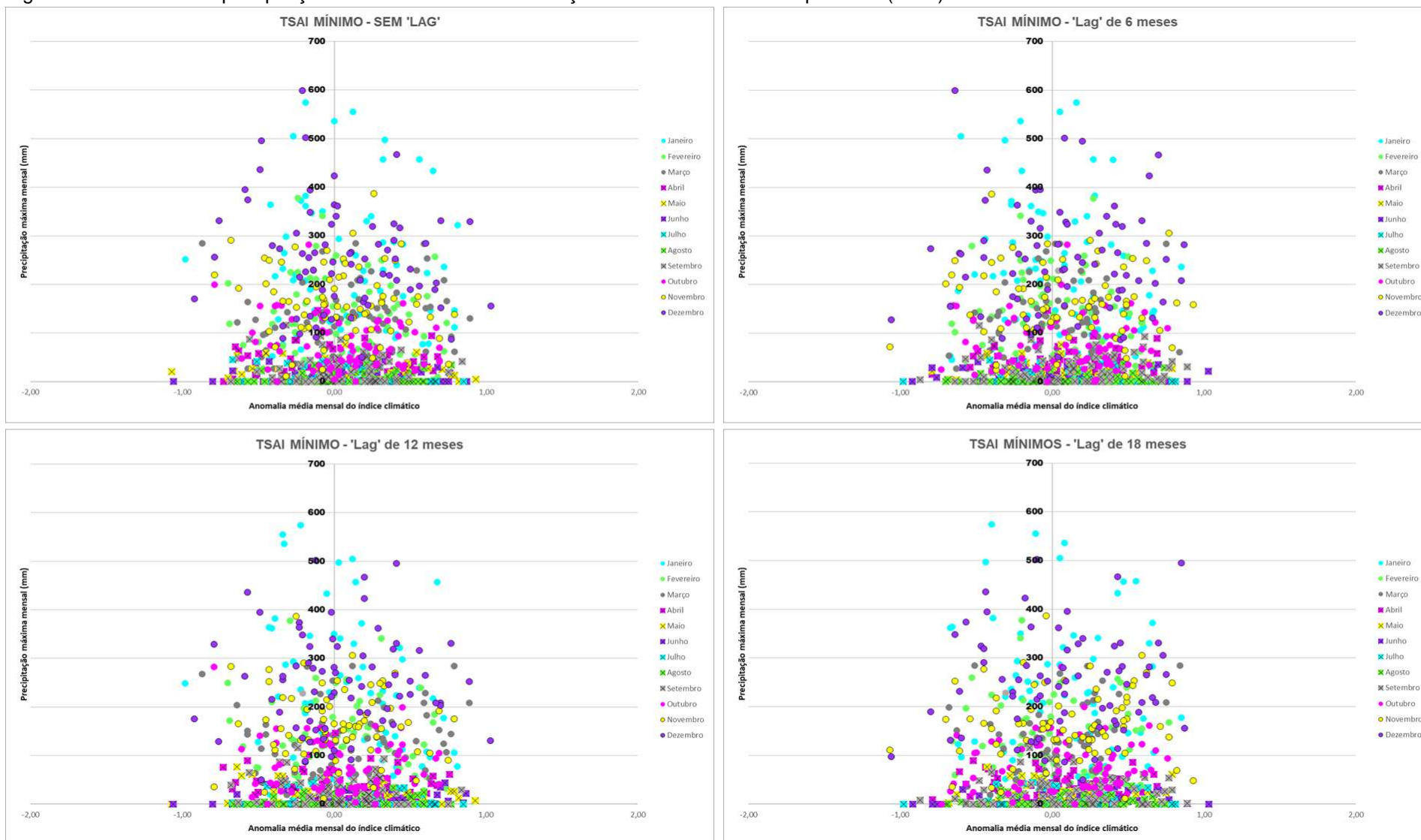
A partir da análise dos gráficos, é possível concluir que nenhum dos dois índices (TSAI e TNAI) são capazes de indicar uma correlação entre a precipitação incidente sobre a bacia do Alto Rio das Velhas e o fenômeno climático Dipolo do Atlântico. Ainda que se considere que a atuação do fenômeno é determinada quando o índice é maior (ou menor) que 0,5 (-0,5), não é possível associar uma variação negativa (redução da precipitação) ou positiva (aumento da precipitação) na bacia. A partir disso, pode-se concluir que o fenômeno Dipolo do Atlântico não apresentou, para a série analisada, qualquer padrão ou sinal de correlação que possa modelar o regime de chuvas na bacia, o que difere dos resultados obtidos por Carpenedo (2018). Conforme Assis *et al.* (2018) este fenômeno é geralmente limitado ao norte da região nordeste do país.

Figura 24 – Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI).



Fonte: A autora, 2019.

Figura 25 – Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI).



Fonte: A autora, 2019.

O Dipolo do Atlântico (TSAI/TNAI) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) são fenômenos que se processam em escalas temporais de anos e décadas (ao contrário do fenômeno ENOS, por exemplo). Por isso, estabelecer correlação entre eles e a precipitação em área limitada torna-se bastante complexo, uma vez que as variações percebidas nos totais precipitados podem não ser em decorrência destes índices (ou seja, uma anomalia na precipitação em um dado ano qualquer pode ser ou não em função da atuação do fenômeno climático sobre a bacia).

Quando se analisa todo o conjunto de dados, considerando todos os índices climáticos, pode-se identificar uma limitada correlação de alguns fenômenos. A maioria dos elementos de grande escala, para a região estudada, não apresentou resultados que permitissem uma associação, exceto para algumas situações específicas do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (IOS/INO).

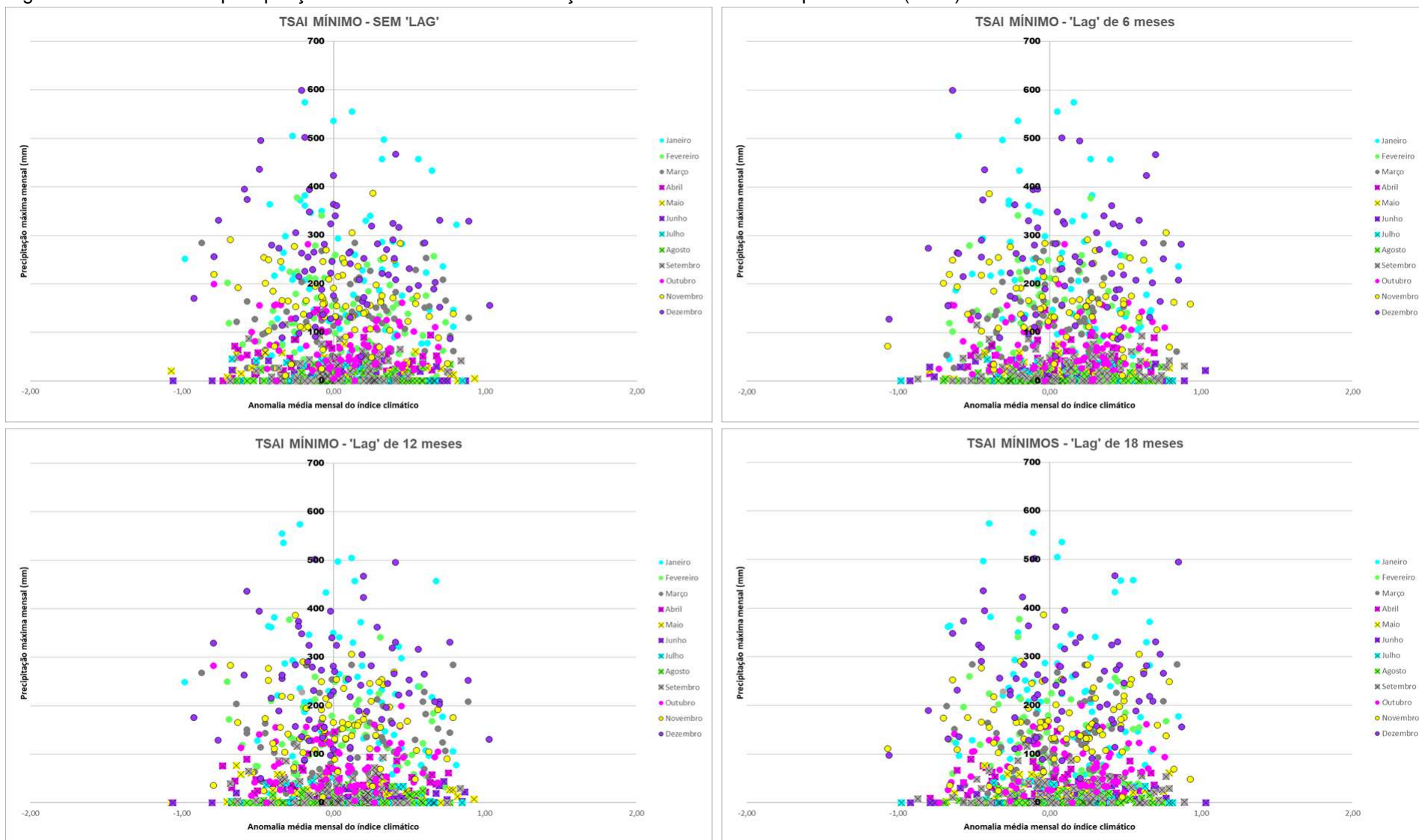
O fenômeno *La Niña*, por exemplo, indicou em algumas situações um aumento na precipitação, e o fenômeno *El Niño*, indicou potencial redução da precipitação no período seco quando considerado um tempo de resposta de 6 meses, ou o tempo de resposta de 18 meses, conforme destacado anteriormente.

Figura 26 – Análise das precipitações mensais máximas em função do Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI).



Fonte: A autora, 2019.

Figura 27 – Análise das precipitações mensais mínimas em função do Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI).



Fonte: A autora, 2019.

Quando se analisa os gráficos de correlação de cada estação (**APÊNDICE C**), estes se mostram insuficientes para concluir sobre as interações entre os fenômenos analisados – IOS, INO, ODP e TSAI/TNAI – e a precipitação registradas na bacia hidrográfica em questão. Principalmente para os índices ODP e TSAI/TNAI, para a maior parte das estações analisadas, verificou-se que os pontos plotados estavam dispersos, o que indicou menor grau (ou ausência) de correlação entre eles.

Se considerar que existe uma correlação entre a precipitação que cai sobre a bacia e vazão dos cursos d'água desta bacia, tornou-se também coerente a análise de correlação das vazões medidas com os índices climatológicos. Em virtude disso, procedeu-se à correlação entre os dados das estações pluviométricas monitorados na bacia do Alto Rio das Velhas com os índices climáticos. Os resultados, por estação, também estão disponíveis no **Apêndice C - Análise de correlação entre os índices climáticos e hidrológicos para as estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do alto rio das velhas**.

Trata-se de 30 gráficos, cujas variáveis e escala são as mesmas dos gráficos apresentados neste capítulo (tendo sido plotados no eixo das abscissas os dados da anomalia média mensal do índice climático e no eixo das ordenadas foram plotados os dados de precipitações mensais (mm) – no caso das estações pluviométricas – e de vazão (m³/s) – no caso das estações fluviométricas). Estes gráficos foram estruturados por estação, sendo que para cada estação foram avaliados máximos e mínimos, e por índice climático (IOS, INO, ODP e TSAI). Por isso, optou-se por manter neste capítulo apenas a análise dos resultados consistidos.

Quando se procede à análise das correlações entre as vazões medidas na bacia e os índices climáticos verifica-se que a correlação é extremamente fraca, assim como verificou-se para os dados pluviométricos. Para qualquer um dos índices (IOS, INO, ODP e TSAI) não foi possível ajustar uma correlação, o que reforça os resultados obtidos para a precipitação. Se a vazão é uma variável dependente da precipitação, então seria esperado que a falta de correlação de uma afete diretamente a outra (BERRI; GHIETTO; GARCÍA, 2002; GRIMM; TEDESCHI, 2009; Cardoso; Silva Dias, 2006; COELHO *et al.*, 2012; CAPOZZOLI; CARDOSO; FERRAZ, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Considerando a revisão bibliográfica apresentada, é possível afirmar que para o Sudeste do Brasil os efeitos de larga escala são de difícil identificação nos seus impactos, especialmente quando se trata de uma área muito limitada. No que se refere à bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas, objeto deste estudo, buscou-se identificar se as precipitações e vazões sofreriam alterações com a ocorrência dos índices de variabilidade climática *El Niño* Oscilação Sul, Oscilação Decadal do Pacífico e Dipolo do Atlântico. O que se verificou foi que, mesmo que se trate de uma microescala, houve influência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul sobre os recursos hídricos superficiais desta bacia. Em relação à Oscilação Decadal do Pacífico e ao Dipolo do Atlântico não foram observadas alterações nos padrões de precipitações e vazões que pudessem ser associadas a estes fenômenos. Este estudo foi pioneiro ao verificar que os fenômenos de larga escala são relevantes para o processo de gestão na bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas

Desta forma, considera-se que para a gestão de recursos hídricos a principal contribuição que este trabalho fornece é a orientação aos gestores e usuários da bacia hidrográfica quanto à tomada de decisão. A partir da informação qualitativa de que em anos de ocorrência de *El Niño* há menor produção de água na bacia, gestores e usuários poderão ser precaver contra estiagens na irrigação e situações de desabastecimento de água em mananciais urbanos. Também podem promover a redução das vazões de referência (de forma a manter mais água reservada), realizar o controle de vazões em reservatórios e preparar campanhas de redução do consumo de água entre os usuários. Da mesma forma, em anos de ocorrência de *La Niña* há maior produção de água e, neste caso, o gestor poderá proceder a um planejamento contra enchentes e inundações, realizar ações de monitoramento de riscos geotécnicos, que podem levar desabamento de residências, soterramentos, perdas materiais, armazenar água em reservatórios, dentre outros.

A literatura consultada indicou que o fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) afeta, por exemplo, as condições climáticas e hidrológicas em escalas de tempo que variam desde a escala sazonal até decenal. Mesmo com algumas diferenças regionais em tempo e amplitude, verificou-se que os artigos citados ao longo do texto, de maneira geral, ratificam a presença de anomalias negativas de chuvas e vazões nas

fases quentes do ENOS e anomalias positivas nas fases frias, sendo considerado que a ocorrência de ambas as fases do fenômeno ENOS afetam a precipitação, a umidade do solo e a evapotranspiração.

Este trabalho utilizou o banco de dados do *National Oceanic & Atmospheric Administration* – NOAA para subsidiar a análise dos padrões dos índices de variabilidade climática natural. As séries de dados disponibilizados pelo NOAA são também utilizadas para monitorar mudanças nas temperaturas da superfície global em todo o mundo, tendo se tornado também parte essencial dos esforços nacionais e internacionais para avaliar as mudanças climáticas, subsidiando o banco de dados dos relatórios do IPCC (LAWRIMORE, 2011). Nas análises aqui realizadas verificou-se, todavia, que os dados ainda são pouco representativos do clima da Terra – trata-se de séries de 70 anos, aproximadamente, sendo que as variações climáticas são percebidas geralmente em escalas multi-temporais.

Todos os países têm elaborado planos para as “mudanças climáticas”, mas, como verificado para os índices abordados neste trabalho, não há um padrão climático que possa ser previsto com grande fidelidade. Marengo (2009) reforça que estudos de longo-prazo sobre tendências e mudanças climáticas na América do Sul são mais raros devido à escassez de dados climáticos e hidrológicos.

A variabilidade climática e os seus impactos sempre estiveram presentes na história da humanidade e vêm deixando o mundo em alerta nos últimos anos, desafiando pesquisadores a desvendar as rápidas e severas mudanças do clima no mundo (KOBAYAMA *et al.*, 2011). Apesar disso, desde os seus primeiros relatórios o IPCC afirma que existe um padrão de aumento da temperatura atmosférica e que este aumento é capaz de provocar um aumento da temperatura da superfície dos oceanos e causar variações nos padrões climáticos da Terra. Em seu 5º Relatório (AR5), o IPCC (2014) reitera, por exemplo, que os efeitos de fenômenos como *El Niño* e *La Niña* podem ser potencializados devido às mudanças climáticas, causando secas mais severas ou grandes inundações.

Deve-se considerar, contudo, que os modelos matemáticos computacionais utilizados para elaboração destes relatórios ainda apresentam grande dificuldade de modelar alguns elementos do clima. No AR5, o IPCC (2014) afirma que a simulação de nuvens em modelos climáticos continua sendo um desafio. Eles explicam que há uma forte evidência de que as incertezas nos processos de nuvem explicam grande parte da propagação na sensibilidade climática modelada, mas que, no entanto, os

vieses na simulação de nuvem levam a erros regionais no efeito de radiação na nuvem de várias dezenas de watts por metro quadrado.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos buscando correlacionar os fenômenos de variabilidade climática natural com as precipitações e vazões monitoradas nas bacias hidrográficas, utilizando os mais diferentes índices, das mais diferentes fontes. Conclui-se que, ainda assim, a literatura ainda é incipiente e apresenta fragilidades quando se trata de variáveis climáticas. Entende-se que, apesar de todos os avanços no campo da Climatologia, a escala de monitoramento dos fenômenos ainda é pequena. As metodologias ainda estão se aperfeiçoando na busca, principalmente, de um entendimento do como/ por que os fenômenos ocorrem.

Por se tratar de fenômenos macro, de escala global, que se processam ao longo do tempo, é difícil perceber claramente suas correlações. Também é questionável a velocidade com que os fenômenos se processam, se existe um hiato temporal necessário para que se possa perceber o impacto do fenômeno na escala da bacia hidrográfica. Entende-se que numa escala microrregional o impacto é percebido mais lentamente do que em macroescalas.

Entende-se que seria necessária uma escala temporal maior, tanto dos índices climáticos quanto dos dados de vazão e precipitação, para que se pudesse confirmar se os processos se correlacionam como esperado. Ainda que empiricamente entenda-se que os fenômenos analisados são capazes de alterar o tempo e/ou o clima sobre as bacias hidrográficas (e, conseqüentemente, a quantidade de água disponível na bacia), as informações sobre os índices destes fenômenos, tais como estão processadas até hoje, permite que se questione o grau de relação entre eles.

Cabe ressaltar que este trabalho possui limitações quanto à suas conclusões pois não foi realizado aqui nenhum tipo de estudo quanto a mudanças no uso e ocupação do solo, que poderiam causar alterações na precipitação/vazão. Ressalta-se também que a bacia estudada está situada na região sudeste, que é considerada uma região de transição climática, cujos processos climatológicos e meteorológicos estão associados a um elevado grau de complexidade.

Assim, recomenda-se para estudos futuros a realização de uma modelagem hidrológica da bacia, a fim de se verificar seu comportamento natural, bem como verificar como se dá a correlação chuva/vazão.

Ademais, sugere-se ampliar para outras regiões do Estado e/ou do país os estudos de correlação entre os índices de variabilidade climática e as séries

hidrológicas, considerando micro e macrobacias hidrográficas, de forma a se comparar os resultados e identificar áreas que podem ser potencialmente afetadas.

Por fim, deseja-se que este estudo seja útil aos gestores de recursos hídricos, servindo-lhes como material de auxílio na tomada de decisão, bem como incentivando-lhes na produção de novos trabalhos, permitindo uma melhoria no Sistema de Gestão de Recursos Hídricos e na gestão da disponibilidade hídrica da bacia.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. de; MOREIRA, A. A. M.; LUCIO, P. S.; TOSCANO, E. M. M.de. Comportamento temporal de séries climáticas. Parte II: Correlação entre variáveis oceânicas tropicais e climatológicas de Belo Horizonte (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, SBMet, Brasília, DF. Anais...CD-Rom. 1998

AGÊNCIA BRASIL. **Fenômeno no Oceano Pacífico leva a verões pouco chuvosos no Brasil**. Empresa Brasil de Comunicação (EBC), 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-01/fenomeno-no-oceano-pacifico-leva-veroes-pouco-chuvosos-no-pais>. Acesso em: 20 dez. 2019.

AHRENS, C. D. **Meteorology Today**: an introduction to weather, climate, and the environment. London: Brooks/Cole, 2009.

ALENCAR, H. E. DE ; BRITO, J. I. B. Relação da Zona de Convergência Intertropical do Atlântico Sul com El Niño e Dipolo do Atlântico. In: **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2010, Belém - PA. A Amazônia e o clima global. Rio de Janeiro: SBMET, 2010.

ALEXANDRE, Gladstone Rodrigues. **ESTUDO PARA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DO REGIME PLUVIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE A PARTIR DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS E MODELOS CLIMÁTICOS**. 2009. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/731M.PDF>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ALVES, B. C. C.; SOUZA FILHO, F. A.; SILVEIRA, C. S. Análise de tendências e padrões de variação das séries históricas de vazões do operador nacional do sistema (ONS). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.l.], v. 18, n. 4, p.19-34, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n4.p19-34>.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/usos-da-agua/abastecimento>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

_____. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. **Cadernos de Recursos Hídricos**. Brasília, DF: CDOC, 2005. p. 1-134. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemand a.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2018.

_____. **Diretrizes e análises recomendadas para a consistência de dados pluviométricos**. Brasília, DF: Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH), 2012. 18 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/inf hidrologicas/cadastro/DiretrizesEAnalisesRecomenda dasParaConsistenciaDeDadosPluviometricos-VersaoJan12.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2019.

_____. **Gestão da água.** Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

_____. **HidroWeb:** sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 31 maio 2018.

_____. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos:** avaliações e diretrizes para adaptação. Brasília: ANA, GGES. 2016.

_____. **Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos:** desafios para a gestão. Brasília, 2010. 20 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20151106083606_Os Efeitos das Mudanças Climáticas sobre os Recursos Hídricos - desafios para a gestão_Link dentro do texto da apresentação.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.

_____. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. In: ANA, Agência Nacional de Águas. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos.** Brasília, DF: SAG, 2011. Cap. 6. p. 1-54. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

_____. **Publicações e estudos sobre mudanças climáticas.** Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos/publicacoes-e-estudos-sobre-mudancas-climaticas>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

_____. RODRIGUEZ, Fernando Antônio (Consultor). **Possibilidades de Aperfeiçoamento da Outorga de Direito de Uso Face às Mudanças Climáticas:** vantagens e desvantagens das experiências internacionais sobre mudanças climáticas e alocação de água. Brasília, DF: 2015. 89 p. Consultoria contratada por meio do Interáguas-IIICA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Documents/Outorga%20de%20direito%20de%20uso%20face%20%C3%A0s%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%20-%20experi%C3%Aancias%20internacionais.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

ARAGÃO, J. O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Bull Inst. Fr. Études Andines*, v.27, n.3, p.839-844, 1998.

ASSIS, Janaina Maria Oliveira de; SOUZA, Werônica Meira de; KOCH, Hagen; SOBRAL, Maria do Carmo Martins. INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO TROPICAIS SOBRE OS ÍNDICES CLIMÁTICOS DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 23, p.411-433, 13 dez. 2018. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60005>.

ÁVILA, Pâmela Lorena Ribeiro; BRITO, José Ivaldo Barbosa de. Relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico e a variabilidade de precipitação de Campina Grande, PB. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 37, p.159-162, 7 mar. 2015. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x16232>. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/16232/pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

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

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosfera, tempo e clima*. Tradução de COSTA, R. C., 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.

BEMVIN.ORG. **Sistemáticas de procedimentos de consistência de dados pluviométricos utilizados em estudos já realizados**. Disponível em: <<http://bemvin.org/anexo-i-procedimentos-para-consistencia-de-dados-pluviometricos.html?page=3>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

BERRI, Guillermo J.; GHETTO, Marcela A.; GARCÍA, Norberto O. The Influence of ENSO in the Flows of the Upper Paraná River of South America over the Past 100 Years. **Journal Of Hydrometeorology**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.57-65, fev. 2002. American Meteorological Society. [http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541\(2002\)0032.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541(2002)0032.0.co;2).

BOMBARDI, Rodrigo J.; CARVALHO, Leila M. V. IPCC global coupled model simulations of the South America monsoon system. **Climate Dynamics**, [s.l.], v. 33, n. 7-8, p.893-916, 15 nov. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-008-0488-1>.

BRASIL. *Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Ministério de Meio Ambiente, 1997.

BRASIL. *Plano Nacional de Adaptação às Mudanças do Clima*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao>>. Acesso em: 20 de ago. 2018.

BRASIL. Resolução nº 603, de 26 de maio de 2015. Define os critérios a serem considerados para obrigatoriedade de monitoramento e envio da Declaração de Uso de Recursos Hídricos – DAURH em corpos de água de domínio da União. Brasília, DF, Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2015/603-2015.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Agência Nacional de Águas (ANA). **Apresentação: HidroWeb**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CAPOZZOLI, Caluan Rodrigues; CARDOSO, Andrea de Oliveira; FERRAZ, Simone Erotildes Teleginski. Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos. **Revista Brasileira de**

Meteorologia, [s.l.], v. 32, n. 2, p.243-254, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863220006>.

CARDOSO; A. O., SILVA DIAS, P. L. The relationship between ENSO and Paraná River flow. **Advances in Geosciences**, European Geosciences Union, 2006, 6, pp.189-193. fahal-00296932f

CARPENEDO, Camila Bertoletti. ATIVIDADE CONVECTIVA ASSOCIADA ÀS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NO ATLÂNTICO TROPICAL E IMPACTOS CLIMÁTICOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 1, p.64-86, 8 nov. 2018. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i0.60355>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60355/36733>. Acesso em: 20 nov. 2019.

CARVALHO, Maria Angélica Garcia de. **MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA ANÁLISE DE DADOS DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL**. 2003. 135 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Maria%20Angelica%20Garcia%20de%20Carvalho_D.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; AMBRIZZI, Tércio. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: *Tempo e clima no Brasil* [S.l.: s.n.], 2009.

CBH VELHAS, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas: Resumo Executivo**. Belo Horizonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2015. 237 p. Disponível em: <<file:///C:/Documentos/Artigos%20Disserta%C3%A7%C3%A3o/Plano%20Diretor%200Velhas.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2019.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L.W. *Applied hydrology*. New York. McGraw-Hill, 1988. 572p.

COELHO, Caio Augusto dos Santos; DRUMOND, Anita Rodrigues de Moraes; AMBRIZZI, Tércio; SAMPAIO, Gilvan. Estudo climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódios extremos da oscilação sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1999, vol.14, no.1, p.49-65. ISSN 0102-7786.

COELHO, Caio A. S.; CAVALCANTI, Iracema A. F.; COSTA, Simone M. S.; FREITAS, Saulo R.; ITO, Ester R.; LUZ, Giovana; SANTOS, Ariane F.; NOBRE, Carlos A.; MARENGO, José A.; PEZZA, Alexandre B. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.237-255, jun. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/met.1324>.

COTRIM, C. S.; SOUZA, L. S.; FERNANDES, A. M.; FILIPPO, A. M.; MARTON, E. Observational Analysis of Fog Events in the Area of the Rio de Janeiro Harbor, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p.

123-132, 20 ago. 2018. Instituto de Geociências - UFRJ.
http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_123_132. Disponível em:
<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/28290>. Acesso em: 07 fev. 2019.

CPTEC, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **EL NIÑO**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

CRUZ, Jussara; TUCCI, Carlos. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s.l.], v. 13, n. 1, p.111-124, 2008. FAP/UNIFESP. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p111-124>.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SILVA, A. A. G.; ASSAD, E. D.; ROSA, C. M. *El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações*. *Revista Plantio Direto*. Ed. Jan./Fev. 2011. P. 18 – 22. Disponível em:
 <https://www.embrapa.br/documents/1355291/17775548/Gilberto+Cunha+et+al_RPD+v21%2C+n1+-+jan-fev+2011+-+ENSO+e+agricultura.pdf/6d7a5f02-f98c-4ff0-83ba-db318705a63d?version=1.0>. Acesso em: 15 de set. 2018.

DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. São Paulo, 2005. 20 p. Disponível em:
 <<http://www.daee.sp.gov.br/outorgaefiscalizacao/guia/capitulo01.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

EC, European Commission. Climate change: Causes of climate change. *Energy, Climate change, Environment - Climate Action*. Disponível em:
 <https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en>. Acesso em: 16 de set. 2018.

ENFIELD, D. B.; MESTAS-NUÑEZ, A. M.; MAYER, D. A.; CID-SERRANO, L. How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures? *Journal of Geophysical Research: Oceans*, [s.l.], v. 104, n. 4, p.7841-7848, 15 abr. 1999. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/1998jc900109>.

FEITOSA, Fernando A. C.; FILHO, João M.; FEITOSA, Edilton C.; DEMETRIO, J. Geilson A. *Hidrogeologia conceitos e aplicações*. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID-UFPE, 2008. 812 p.

FERNANDES, Wilson dos Santos. **METODOLOGIA UNIFICADA PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS A PARTIR DA AGREGAÇÃO DA INFORMAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA REGIONALIZADA**. 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em:
 <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/109M.PDF>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

FLATO, G.; MAROTZKE, J.; ABIODUN, B.; BRACONNOT, P.; CHOU, S.C.; COLLINS, W.; COX, P.; DRIOUECH, F.; EMORI, S.; EYRING, V.; FOREST, C.; GLECKLER, P.; GUILYARDI, E.; JAKOB, C.; KATTISOV, V.; REASON, C.; RUMMUKAINEN, M. 2013: Evaluation of Climate Models. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment*

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter09_FINAL.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

FRASA INGENIEROS CONSULTORES (Espanha). Vale S/A. **COMPLEXO MINA DE FÁBRICA**: Relatório Hidrogeológico de Base - Atualização até o ciclo hidrológico 2014 - 2015. Madri: Frasa Ingenieros Consultores, 2016. 366 p.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S. Relação Entre o Fenômeno *El Niño* e os Totais Mensais Precipitados na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s.l.], v. 7, n. 4, p.113-119, 2002. *Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH*. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p113-119>.

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of Tropical Atlantic variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. *Climate Dynamics*, 22, 839-855, 2004.

GRIMM, Alice M.; TEDESCHI, Renata G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. *Journal Of Climate*, [s.l.], v. 22, n. 7, p.1589-1609, abr. 2009. American Meteorological Society. <http://dx.doi.org/10.1175/2008jcli2429.1>.

GROPPO, Juliano Daniel. **ESTUDO DE TENDÊNCIAS NAS SÉRIES TEMPORAIS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE RIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO COM DIFERENTES GRAUS DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia de Agroecossistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-28072005-140119/publico/JulianoGrosso.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

GWP, Global Water Partnership. *Integrated Water Resources Management: TAC background papers nº 4*. Sweden: Technical Advisory Committee (TAC), 2000. Disponível em: <www.gwpforum.org/gwp/library/TACNO4.PDF>. Acesso em: 01 junho 2018.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Mudanças Climáticas**. Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. *About the IPCC*. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/about/>>. Acesso em: 20 de fev. 2019.

_____. *Alterações Climáticas 2013: A Base Científica (Perguntas Frequentes)*. New York: Cambridge University Press, 2013a. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar5_wg1_spm.pdf>. Acesso em: 01 de set. 2018.

_____. *AR5 Synthesis Report Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>. Acesso em: 18 de ago. 2018.

_____. *Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC, 2007. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>>. Acesso em: 18 de ago. 2018.

JISAO, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean. *The Pacific Decadal Oscillation (PDO)*. JISAO, 2017. Disponível em: <<http://research.jisao.washington.edu/pdo/>>. Acesso em: 25 set. 2018.

KALIMERIS, Anastasios *et al.* Variability modes of precipitation along a Central Mediterranean area and their relations with ENSO, NAO, and other climatic patterns. *Atmospheric Research*, [s.l.], v. 198, p.56-80, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.07.031>.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.R.; MOLLERI, G.; RUDORFF, R. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.

LAWRIMORE, J. H.; MENNE, M. J.; GLEASON, B. E.; WILLIAMS, C. N.; WUERTZ, D. B.; VOSE, R. S.; RENNIE, J. *An overview of the Global Historical Climatology Network monthly mean temperature data set, version 3*, J. Geophys. Res., 116, 2011, doi:10.1029/2011JD016187.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; ROMERO, Vanessa. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 28, n. 4, p.429-440, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862013000400009>.

MARENGO, J. A. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. *Hydrological Processes*, [s.l.], v. 23, n. 22, p.3236-3244, 30 out. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7396>.

MARTINS, Eduardo S. P. R.; BRAGA, Cybelle F. C.; DE NYS, Erwin; SOUZA FILHO, Francisco A.; FREITAS, Marcos A. S. **Impacto das mudanças do clima e projeções de Demanda sobre o processo de alocação de água em Duas bacias do nordeste semiárido**. Série Água Brasil nº 8. 2013. Brazil Water Resources Washington, D.C.: World Bank Group. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/984911468224972725/Impacto-das-mudancas-do-clima-e-projecoes-de-Demanda-sobre-o-processo-de-alocacao-de-agua-em-Duas-bacias-do-nordeste-semiarido>>. Acesso em: 23 out. 2020.

MASTER, Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. **Zona de Convergência Intertropical: Características gerais**. Disponível em: <<http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula15/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MBR. Minerações Brasileiras Reunidas S.A. *Mina de Capão Xavier*: plano de gestão de águas. Belo Horizonte: 2005.

MELILLO, J. M.; TERESE, R.; GARY, W. Y. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, 841 p., 2014. DOI:10.7930/J0Z31WJ2.

MELO, Marília Carvalho de; JOHNSON, Rosa Maria Formiga. O CONCEITO EMERGENTE DE SEGURANÇA HÍDRICA. **Sustentare**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.72-92, 2017. Universidade Vale do Rio Verde (UninCor). <http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4325>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MINAS GERAIS. Portaria IGAM nº 49, de 01 de julho de 2010. Estabelece os procedimentos para a regularização do uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/barragem/Portaria-IGAM-MG-49-2010.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

MINAS GERAIS (Estado). Resolução Conjunta SEMAD e IGAM nº 2237, de 5 de dezembro de 2014. Estabelece procedimentos a serem observados pelos usuários de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais visando ao envio dos dados de monitoramento pluviométrico, limnimétrico e fluviométrico associados a reservatórios para aproveitamento hidrelétrico e para abastecimento público, e dá outras providências. Belo Horizonte, MG, Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2015_ARQUIVOS/MONITORA_RESERVATORIO/RESOLU%C3%87%C3%83O_CONJUNTA_SEMAD_E_IGAM_N%C2%BA_2237_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MINUZZI, Rosandro Boligon; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; COSTA, José Maria Nogueira da; VIANELLO, Rubens Leite. Influência do fenômeno climático *El Niño* no período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Geografia**, Londrina, v. 15, n. 2, p.5-19, jul./dez. 2006.

MINUZZI, Rosandro Boligon; VIANELLO, Rubens Leite; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku. Oscilações climáticas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [s.l.], v. 25, n. 2, p.227-236, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862010000200007>.

MONTE-MOR, Roberto César de Almeida. **ANÁLISE DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM BACIAS DE RIOS INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO MINEIRO**. 2012. 307 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUBD-92RHDP>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. CPRM, 2007. 552p.

NAGHETTINI, Mauro; PORTELA, Maria Manuela. **PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA APLICADAS À HIDROLOGIA**. DECivil, IST, 2011. Disponível em: <http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/HRH/2015_2016%20desactivado/Cap%C3%ADtulo%20HE%20Final%20PT.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. **Climate Indices**: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

_____. **Cold & Warm Episodes by Season**. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 20 jan. 2018.

_____. **El Niño/Southern Oscillation (ENSO)**. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

_____. **Pacific Decadal Oscillation (PDO)**. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo/>>. Acesso em: 5 fev. 2018.

_____. **Southern Oscillation Index (SOI)**. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

NÓBREGA, M. T.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; PAZ, A. R. Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 2, p. 585-595, 2011. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-15-585-2011>

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Sea surface temperature trend in the Atlantic and Pacific Oceans and rainfall variability in Pernambuco. *Mercator*, [s.l.], v. 13, n. 1, p.107-118, 30 abr. 2014. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2014.1301.0008>.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 18, p.276-292, 15 jul. 2016. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.43657>.

Office of the Queensland Chief Scientist. **What factors contribute to floods? (adaptado)**. Disponível em: <<https://www.chiefscientist.qld.gov.au/publications/understanding-floods/what-factors-contribute>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você**: o fenômeno climático. São José dos Campos: Ed. Transtec, 2001. 115 p.

OLIVEIRA, G. M. M.; SOUZA, L. S. Análise de padrões dos índices de variabilidade climática natural: ENSO, ODP e TSA. **XX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Maceió, p.1-15, nov. 2018.

PADUA, Luiz Henrique Resende de. **Regionalização de hidrogramas unitários em bacias não monitoradas do Estado de Minas Gerais**. 2015. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A2SP4H>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação**: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Brasília, DF 2013, Brasil. 28 p.

PEREIRA, M.; KAYSER, R. B.; COLLISCHONN, W. Integração do modelo hidrológico para grandes bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 9, n. 2, p. 21-33, 2012.

PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B.; QUADRO, M. F. L. Uma revisão dos processos de interação oceano-atmosfera em regiões de intenso gradiente termal do Oceano Atlântico Sul baseada em dados observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 31, n. 4, p. 428-453, 2016.

PINHEIRO, M. C. *Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração*, 1º ed. Porto Alegre: ABRH, 2011, 308 p.

PINTO, Eber José de Andrade. **ESTUDO DE INDICADORES CLIMÁTICOS PARA A PREVISÃO DE LONGO TERMO DE VAZÕES NA BACIA DO ALTO SÃO FRANCISCO**. 2005. 269 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/REPA-6MNP5Q/1/20d.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PINTO, Eber; ABREU, Magda; NAGHETTINI, Mauro. Utilização de Indicadores Climáticos na Previsão Probabilística de Precipitações e Vazões na Bacia do Alto São Francisco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.137-151, 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v11n4.p137-151>.

QUEIROZ, Marise Aparecida. **AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL NA FAIXA CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**. 2013. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1049M.PDF>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

RUBIO, R. F. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração**: visão internacional. In: DOMINGUES, A. F., BOSON, P. H. G, ALÍPAZ, S. *A gestão de recursos hídricos e a mineração*. Brasília: Agência Nacional de Águas - ANA, Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, 2006. p. 17-50. Disponível em:

<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2006.asp>. Acesso em: 20 maio 2018.

SALGUEIRO, João Hipólito Paiva de Britto *et al.* Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. **RBRH**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.685-693, 24 out. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011616023>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbrh/v21n4/2318-0331-rbrh-2318-0331011616023.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

SALVIANO, Marcos Figueiredo; GROppo, Juliano Daniel; PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.64-73, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620150003>.

São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. São Paulo, DAEE, 2005. 116 p.

SILVA, B. C.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; CORBO, M. D. Previsão hidroclimática de vazão de curto prazo na bacia do rio São Francisco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 12, n. 3, p. 31-41, 2007. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v12n3.p31-41>

SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Previsão de vazão com modelos hidroclimáticos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 11, p. 15-30, 2006.
SILVA, L. P. *Hidrologia: engenharia e meio ambiente*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SILVA, Djane Fonseca da. Aplicação das análises de ondeletas para previsão climática e na prevenção de risco climático no Estado do Ceará (BR). In: LOURENÇO, Luciano Fernandes; MATEUS, Manuel Alberto (Org.). **Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2013. Cap. 2. p. 235-250. Disponível em: <https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Livros/livro_homenagem_FRebelo/235_250>. Acesso em: 17 abr. 2019.

SILVA, Djane Fonseca da; GALVÍNCIO, Josicleda Domiciano. Estudo da Influência da Oscilação Decadal do Pacífico no Nordeste do Brasil (Study of the Influence of Pacific Decadal Oscillation in Northeast of Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 4, n. 4, p.665-676, 29 nov. 2011. *Revista Brasileira de Geografia Física*. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v4i4.232677>. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232677/26689>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

SOUZA, E. B; NOBRE, P. Uma revisão sobre o padrão de dipolo no atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 31, n. 1, p. 31-44, 1998.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.97-112, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200007>.

_____. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 666 p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; COLLISCHONN, W.; DIAS, P. L. S.; SAMPAIO, G. Long term flow forecast based on climate and hydrological modeling: Uruguay river basin. *Water Resources Research*, v. 39, n. 7, p. 1181, 2003. <http://dx.doi.org/10.1029/2003WR002074>.

TUCCI, Carlos; MENDIONDO, Eduardo. Escalas hidrológicas I: Conceitos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.59-79, 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v2n1.p59-79>.

UN-Water. UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water. Switzerland: United Nations, 2013. 128 p. Disponível em: <<https://www.unwater.org/publications/un-water-policy-brief-on-climate-change-and-water/>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

USA. THE WORLD BANK. *The global water partnership*. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/776821468331144910/The-global-water-partnership>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

USGS, U. S. Geological Survey. **O Ciclo d'água, The water cycle, Portuguese**. Disponível em: < https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/o-ciclo-d-gua-water-cycle-portuguese?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em: 23 out. 2020.

Vásquez P., I. L.; Araujo, L. M. N.; Molion, L. C. B. *et al.* Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. **Climate Dynamics**, [s.l.], v. 50, n. 3-4, p.801-824, 1 abr. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-017-3642-9>.

WMO. World Meteorological Organization. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Genebra, 1989.

APÊNDICE A – Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Bacia do Alto Rio das Velhas

Tabela B.1 – Inventário das estações pluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (Continua).

Código	Nome	UF	Município	Responsável/ Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitora- mento?	Quais os dados disponíveis?	Início do Monitoramento
2043120	Ouro Preto_Parque das Andorinhas	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,37	-43,49	Sim	Não	Não	-	-
2043056	Fazenda Água Limpa Jusante	MG	Ouro Preto	ANA/CPRM	-20,3	-43,62	Sim	Não	Sim	Chuvvas	1984
2043125	Ouro Preto_Alto dom Bosco	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,36	-43,64	Sim	Não	Não	-	-
2043127	Ouro Preto_Estação dom Bosco	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,42	-43,65	Sim	Não	Não	-	-
2043126	Ouro Preto_Vila alegre	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,36	-43,67	Sim	Não	Não	-	-
2043116	Ouro Preto_Santo Antônio do Leite	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,36	-43,72	Sim	Não	Não	-	-
2043060	Itabirito Linigrafo	MG	Itabirito	ANA/CPRM	-20,29	-43,8	Sim	Não	Sim	Chuvvas	1984
2043078	PCH Rio de Pedras Rio Maracujá	MG	Ouro Preto	CEMIG	-20,26	-43,7	Sim	Não	Não	-	-
2043117	Ouro Preto_Subdistrito de Soares	MG	Ouro Preto	CEMADEN	-20,26	-43,66	Sim	Não	Não	-	-

Tabela B.1 – Inventário das estações pluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do Monitoramento
2043076	PCH Rio de Pedras Montante	MG	Itabirito	CEMIG	-20,24	-43,68	Sim	Não	Não	-	-
2043065	PCH Rio de Pedras Barramento	MG	Itabirito	CEMIG	-20,21	-43,73	Sim	Não	Não	-	-
2043077	PCH Rio de Pedras Rio Itabirito	MG	Itabirito	CEMIG	-20,22	-43,8	Sim	Não	Não	-	-
2043016	Rio Acima	MG	Rio Acima	ANA/CPRM	-20,09	-43,79	Sim	Não	Sim	Chuvas	1937
2043002	Lagoa Grande (MMV)	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,18	-43,94	Sim	Não	Sim	Chuvas	1941
2043042	Represa das Codornas (MMV)	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,16	-43,89	Não	Não	Sim	Chuvas	1976
2043057	PCH Codorna Barramento	MG	Nova Lima	ANGLO GOLD	-20,17	-43,89	Sim	Não	Sim	Chuvas	1957
2043043	Represa do Miguelão (MMV)	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,13	-43,95	Não	Não	Sim	Chuvas	1976
2043004	Rio do Peixe (MMV)	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,14	-43,89	Não	Não	Sim	Chuvas	1940
2043079	PCH E Nova Jusante	MG	Nova Lima	ANGLO GOLD	-20,12	-43,87	Sim	Não	Não	-	-
2043114	Nova Lima_Jardim Canad	MG	Nova Lima	CEMADEN	-20,07	-43,99	Sim	Não	Não	-	-
2043071	Belo Horizonte - Fechos	MG	Belo Horizonte	COPASA-MG	-20,07	-43,96	Não	Não	Não	-	-

Tabela B.1 – Inventário das estações pluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do Monitoramento
2043128	Honório Bicalho Montante	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,02	-43,82	Sim	Não	Não	-	-
2043115	Nova Lima_Honório Bicalho	MG	Nova Lima	CEMADEN	-20,02	-43,83	Sim	Não	Não	-	-
2043073	Belo Horizonte - NLIMA - S.R. das Velhas	MG	Belo Horizonte	COPASA-MG	-20,01	-43,83	Não	Não	Não	-	-
1943138	Nova Lima_Oswaldo Barbosa Penna II	MG	Nova Lima	CEMADEN	-20	-43,85	Sim	Não	Não	-	-
1944091	Belo Horizonte_Vila Pinho	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-20	-44,03	Sim	Não	Não	-	-
1943084	SE Barreiro	MG	Belo Horizonte	CEMIG	-20	-43,99	Sim	Sim	Não	-	-
1943136	Nova Lima_Vale do Sereno	MG	Nova Lima	CEMADEN	-19,99	-43,94	Sim	Não	Não	-	-
2043091	Belo Horizonte_Rodovia MG-30	MG	Nova Lima	CEMADEN	-20	-43,9	Sim	Não	Não	-	-
1943148	Raposos	MG	Raposos	ANA/CPRM	-19,96	-43,81	Sim	Não	Não	-	-
1943137	Nova Lima_Centro	MG	Nova Lima	CEMADEN	-19,98	-43,85	Sim	Não	Não	-	-
1943000	Mineração Morro Velho	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-19,98	-43,85	Não	Não	Sim	Chuvas	1900
1943139	Nova Lima_Retiro	MG	Nova Lima	CEMADEN	-19,98	-43,85	Sim	Não	Não	-	-

Tabela B.1 – Inventário das estações pluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do Monitoramento
1943118	Belo Horizonte_Av. Silva Lobo	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-19,94	-43,96	Sim	Não	Não	-	-
1943082	Morro Redondo	MG	Belo Horizonte	COPASA-MG	-19,96	-43,94	Não	Não	Não	-	-
1943066	Mina de Águas Claras	MG	Nova Lima	INMET	-19,93	-43,93	Não	Sim	Sim	Chuvas	1977
1943063	Belo Horizonte (Gameleira)	MG	Belo Horizonte	INMET	-19,93	-43,93	Não	Sim	Não	-	-
1943022	Caixa de Areia	MG	Belo Horizonte	ANA/CPRM	-19,95	-43,91	Sim	Não	Sim	Chuvas	1940
1943119	Belo Horizonte_Taquaril	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-19,92	-43,88	Sim	Não	Não	-	-
1943055	Belo Horizonte (Horto)	MG	Belo Horizonte	INMET	-19,9	-43,92	Não	Sim	Sim	Chuvas	1961
1943140	Sabará_Santa Inês	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-19,89	-43,91	Sim	Não	Não	-	-
1943142	Sabará_Ana Lucia	MG	Sabará	CEMADEN	-19,88	-43,9	Sim	Não	Não	-	-
1944107	Contagem_Eldorado	MG	Contagem	CEMADEN	-19,94	-44,06	Sim	Não	Não	-	-
1943146	CGH Marzagão Barramento	MG	Sabará	FERTILIGAS	-19,9	-43,87	Sim	Não	Não	-	-
1943006	Sabará	MG	Sabará	ANA/CPRM	-19,89	-43,82	Não	Não	Sim	Chuvas	1941
1943010	Caeté	MG	Caeté	ANA/CPRM	-19,9	-43,67	Sim	Sim	Sim	Chuvas	1941
1943123	Caeté_Bom Sucesso	MG	Caeté	CEMADEN	-19,89	-43,66	Sim	Não	Não	-	-
1943120	Caeté_José Brandão	MG	Caeté	CEMADEN	-19,88	-43,67	Sim	Não	Não	-	-

Tabela B.1 – Inventário das estações pluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do Monitoramento
1943122	Caeté_Cidade Jardim	MG	Caeté	CEMADEN	-19,88	-43,66	Sim	Não	Não	-	-
1943121	Caeté_Penedia	MG	Caeté	CEMADEN	-19,85	-43,65	Sim	Não	Não	-	-
1943116	Belo Horizonte_Pampulha	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-19,87	-43,96	Sim	Não	Não	-	-
1943117	Belo Horizonte_AC Jaragua	MG	Belo Horizonte	CEMADEN	-19,87	-43,94	Sim	Não	Não	-	-
1943047	Belo Horizonte (Pampulha)	MG	Belo Horizonte	DEPV	-19,85	-43,95	Não	Sim	Não	-	-
1943078	Capitão Eduardo - CEVAE	MG	Belo Horizonte	COPASA-MG	-19,83	-43,87	Não	Não	Não	-	-
1943141	Sabará_Nossa Senhora de Fátima	MG	Sabará	CEMADEN	-19,87	-43,86	Sim	Não	Não	-	-
1943143	Sabará_Borba Gato	MG	Sabará	CEMADEN	-19,83	-43,84	Sim	Não	Não	-	-

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (Continua).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41148000	Ouro Preto	Rio das Velhas	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,3	-43,55	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41149000	Rio das Velhas (Mont. São Bartolomeu)	Rio das Velhas	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,31	-43,58	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41151200	Ouro Preto	Rio das Velhas	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,3	-43,62	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41151000	Fazenda Água Limpa Jusante	Rio das Velhas	MG	Ouro Preto	ANA/CPRM	-20,3	-43,62	Sim	Não	Sim	Vazões	1994
41149500	Rio das Velhas (Ribeirão Funil)	Rio das Velhas	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,37	-43,63	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41170500	Ouro Preto	Rio Itabirito	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,41	-43,77	Não	Não	Não	-	-
41172000	Ribeirão do Silva (mont. cór. das Almas)	Ribeirão do Silva	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,36	-43,9	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41179000	Ouro Preto	Ribeirão Mata Porcos	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,32	-43,79	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41179500	Ribeirão Mata Porcos (conf. rib. Sardinha)	Ribeirão Mata Porcos	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,31	-43,79	Não	Não	Não	-	-
41181100	Ribeirão Carioca (mont. confluência)	Ribeirão Carioca	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,29	-43,8	Não	Não	Sim	Qualidade da água	

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41185300	Rio Itabirito (Mont. Itabirito)	Rio Itabirito	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,28	-43,8	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41153000	Rio Maracujá (Mont. Conf. Cór. dos Padres)	Rio Maracujá	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,27	-43,71	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41153100	Rio Maracujá (próx. rep. Rio das Pedras)	Rio Maracujá	MG	Ouro Preto	IGAM-MG	-20,26	-43,7	Não	Não	Sim	Cotas	
41153050	PCH Rio de Pedras Rio Maracujá	Rio Maracujá	MG	Ouro Preto	CEMIG	-20,26	-43,7	Sim	Não	Não	-	-
41152000	PCH Rio de Pedras Montante	Rio das Velhas	MG	Itabirito	CEMIG	-20,24	-43,68	Sim	Não	Não	-	-
41185400	Córrego Carioca (mont. cidade Itabirito)	Ribeirão Carioca	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,26	-43,82	Não	Não	Não	-	-
41186000	Itabirito	Rio Itabirito	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,23	-43,8	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41185450	Córrego da Onça (mont. Rio Itabirito)	Ribeirão da Onça	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,22	-43,81	Não	Não	Não	-	-
41185550	Rio Itabirito (jus. cidade Itabirito)	Rio Itabirito	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,22	-43,8	Não	Não	Sim	Cotas	

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41140080	PCH Rio de Pedras Barramento	Rio das Velhas	MG	Itabirito	CEMIG	-20,21	-43,73	Sim	Não	Não	-	-
41181000	Itabirito	Rio das Velhas	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,21	-43,74	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41171500	Rio das Velhas (Mont. Rio Itabirito)	Rio das Velhas	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,21	-43,75	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41180500	PCH Rio de Pedras Rio Itabirito	Rio Itabirito	MG	Itabirito	CEMIG	-20,22	-43,8	Sim	Não	Não	-	-
41185500	Córrego da Onça (mont. Rio Itabirito)	Ribeirão da Onça	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,22	-43,8	Não	Não	Não	-	-
41185600	Rio Itabirito (jus. Cór. da Onça)	Rio Itabirito	MG	Itabirito	IGAM-MG	-20,2	-43,81	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41190300	Córrego Fazenda Velha (mont. Rio das Velhas)	Córrego Fazenda Velha	MG	Rio Acima	IGAM-MG	-20,15	-43,79	Não	Não	Não	-	-
41190200	Rio das Velhas (jus. Rio Itabirito)	Rio das Velhas	MG	Rio Acima	IGAM-MG	-20,14	-43,79	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41195050	Rio Acima	Rio das Velhas	MG	Rio Acima	ANA/CPRM	-20,09	-43,79	Sim	Não	Sim	Vazões	2017
41190700	Lagoa das Codornas	Ribeirão Congonhas	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,18	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41190600	Córrego Lagoa Grande (mont. rep. Codornas)	Córrego Lagoa Grande	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,17	-43,93	Não	Não	Não	-	-

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41190400	Ribeirão Congonhas (mont. Represa Codornas)	Ribeirão Congonhas	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,18	-43,89	Não	Não	Não	-	-
41190502	Corpo da Barragem Lagoa Grande	Córrego Lagoa Grande	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,17	-43,89	Não	Não	Não	-	-
41190800	Ribeirão Cao, da Mata (mont. Rio do Peixe)	Ribeirão Capitão da Mata	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,14	-43,89	Não	Não	Não	-	-
41193200	Rio do Peixe (mont. Rio das Velhas)	Rio do Peixe	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,12	-43,87	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41193000	PCH E Nova Jusante	Rio do Peixe	MG	Nova Lima	ANGLO GOLD	-20,12	-43,87	Sim	Não	Não	-	-
41200010	Rio Acima	Rio das Velhas	MG	Rio Acima	IGAM-MG	-20,06	-43,82	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
40346000	Rio Acima	Córrego do Vilela	MG	Rio Acima	IGAM-MG	-20,06	-43,8	Não	Não	Não	-	-
41195300	Córrego Fechos (Barragem principal)	Córrego Fechos	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,07	-43,96	Não	Não	Não	-	-
41195500	Córrego Seco (captação Fechos)	Córrego Seco	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,07	-43,96	Não	Não	Não	-	-
41195400	Córrego Fechos (Barragem auxiliar)	Córrego Fechos	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,07	-43,95	Não	Não	Não	-	-

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41196010	Ribeirão dos Macacos (mont. Rio das Velhas)	Ribeirão Macacos	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,03	-43,83	Não	Não	Não	-	-
41196000	Ribeirão Macacos (mont. Rio das Velhas)	Ribeirão Macacos	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,03	-43,83	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41199998	Honório Bicalho Montante	Rio das Velhas	MG	Nova Lima	ANA/CPRM	-20,02	-43,82	Sim	Não	Sim	Vazões	1971
41200050	Rio das Velhas (em Bela Fama, alça direita)	Rio das Velhas	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,02	-43,83	Não	Não	Não	-	-
41200060	Rio das Velhas (em Bela Fama, alça direita)	Rio das Velhas	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,01	-43,83	Não	Não	Não	-	-
41231500	Córrego do Barreiro (Parque Burle Marx)	Córrego do Clemente	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-20	-44	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200320	Córrego Mutuca (cap. Mutuca-barrag. principal)	Ribeirão da Mutuca	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,01	-43,97	Não	Não	Não	-	-
41200330	Córrego Capão do Boi (cap. Mutuca - bg. auxili.)	Córrego Capão do Boi	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20,01	-43,97	Não	Não	Não	-	-

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41200070	Ribeirão Água Suja (mont. foz Rio da Velhas)	Ribeirão Água Suja	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-20	-43,89	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200460	Ribeirão da Prata (mont. Rio das Velhas)	Ribeirão da Prata	MG	Raposos	IGAM-MG	-19,97	-43,8	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200455	Ribeirão da Prata (próx. conf. Rio das Velhas)	Ribeirão da Prata	MG	Raposos	IGAM-MG	-19,97	-43,8	Não	Não	Não	-	-
41200430	Raposos	Rio das Velhas	MG	Raposos	ANA/CPRM	-19,96	-43,81	Sim	Não	Sim	Vazões	2017
41200400	Raposos	Rio das Velhas	MG	Raposos	IGAM-MG	-19,98	-43,81	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200350	Rio das Velhas (jus. cór. da Mina)	Rio das Velhas	MG	Raposos	IGAM-MG	-19,98	-43,82	Não	Não	Não	-	-
41200420	Córrego da Mina (mont. Rio das Velhas)	Córrego da Mina	MG	Raposos	IGAM-MG	-19,98	-43,82	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200370	Ribeirão Água Suja (mont. Rio das Velhas)	Ribeirão Água Suja	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-19,98	-43,82	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200360	Córrego da Barragem (em Nova Lima)	Córrego da Barragem	MG	Nova Lima	IGAM-MG	-19,98	-43,86	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41229000	Sabará	Rio das Velhas	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,94	-43,83	Não	Não	Sim	Qualidade da água	

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41237055	Córrego Tapera (conf. Córrego Cabral)	Ribeirão da Tapera	MG	Contagem	IGAM-MG	-19,88	-44,05	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237500	CGH Marzagão Montante	Ribeirão Arrudas	MG	Sabará	FERTILIGAS	-19,9	-43,88	Sim	Não	Não	-	-
41237580	CGH Marzagão Barramento	Ribeirão Arrudas	MG	Sabará	FERTILIGAS	-19,9	-43,87	Sim	Não	Não	-	-
41236000	Sabará	Ribeirão Arrudas	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,88	-43,86	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41200500	Rio das Velhas (mont. rib. Sabará)	Rio das Velhas	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,91	-43,82	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41230700	Rio das Velhas (jus. Ribeirão Sabará)	Rio das Velhas	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,89	-43,83	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41230500	Ribeirão Sabará (prox. foz)	Ribeirão Sabará	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,88	-43,82	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41221000	Córrego do Galinha (mont. Ribeirão do Gaia)	Córrego do Galinha	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,88	-43,78	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41210000	Caeté	Córrego do Caeté	MG	Caeté	ANA/CPRM	-19,9	-43,67	Sim	Não	Sim	Vazões	2015
41211000	Córrego Caeté (jus. lanç. esgoto Caeté)	Córrego do Caeté	MG	Caeté	IGAM-MG	-19,88	-43,67	Não	Não	Sim	Qualidade da água	

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

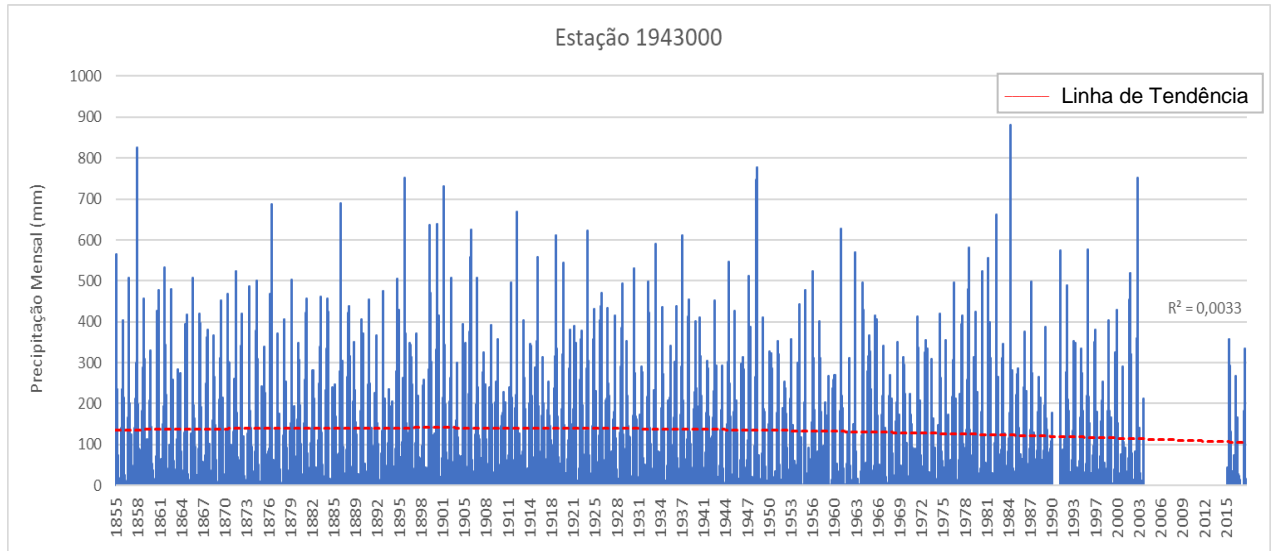
Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41237160	Ribeirão Pampulha (jus. da Barragem)	Ribeirão Pampulha	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,84	-43,96	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237450	Ribeirão das Areias (mont. aterro sanitário)	Ribeirão das Areias	MG	Ribeirão das Neves	IGAM-MG	-19,81	-44,04	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237480	Ribeirão das Areias (jus. aterro sanitário)	Ribeirão das Areias	MG	Ribeirão das Neves	IGAM-MG	-19,81	-44,03	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248400	Córrego Manoel Pereira (P. E. Serra Verde)	Córrego Manoel Pereira	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,96	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248600	Córrego Manoel Pereira (área externa ao PESV)	Córrego Manoel Pereira	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,96	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248505	Corpo Lagoa Maior (fundo)	Lagoa Maior	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248503	Corpo da Lagoa Maior (superfície)	Lagoa Maior	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,95	Não	Não	Não	-	-
41248500	Corpo da Lagoa Maior	Lagoa Maior	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,95	Não	Não	Não	-	-

Tabela B.2 – Inventário das estações fluviométricas da bacia do Alto Rio das Velhas (Região Hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco - Bacia 4), conforme disponível no HIDROWEB® (continuação).

Código	Nome	Rio	UF	Município	Responsável/Operadora	Latitude	Longitude	Estação Telemétrica	Estação Climatológica	Existem dados de monitoramento?	Quais os dados disponíveis?	Início do monitoramento
41248700	Córrego Manoel Pereira (jus. conf. cór. CAMG)	Córrego Manoel Pereira	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,79	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248300	Lagoa Maior (Próx. foz contribuinte noroeste)	Lagoa Maior	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,78	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248150	Corpo da Lagoa Menor	Lagoa Menor	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,78	-43,95	Não	Não	Não	-	-
41248153	Corpo da Lagoa Maior (fundo)	Lagoa Menor	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,78	-43,95	Não	Não	Não	-	-
41248155	Corpo da Lagoa Menor (superfície)	Lagoa Menor	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,78	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41248100	Lagoa Menor do CAMG	Lagoa Menor	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,78	-43,95	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41261000	Santa Luzia	Rio das Velhas	MG	Santa Luzia	IGAM-MG	-19,8	-43,88	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237350	Ribeirão Isidoro (prox. foz Ribeirão do Onça)	Ribeirão Isidoro	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,82	-43,93	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237400	Ribeirão do Onça (mont. ETA Onça)	Ribeirão da Onça	MG	Santa Luzia	IGAM-MG	-19,82	-43,9	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237300	Belo Horizonte	Ribeirão da Onça	MG	Belo Horizonte	IGAM-MG	-19,82	-43,88	Não	Não	Sim	Qualidade da água	
41237000	Sabará	Rio das Velhas	MG	Sabará	IGAM-MG	-19,85	-43,87	Não	Não	Sim	Qualidade da água	

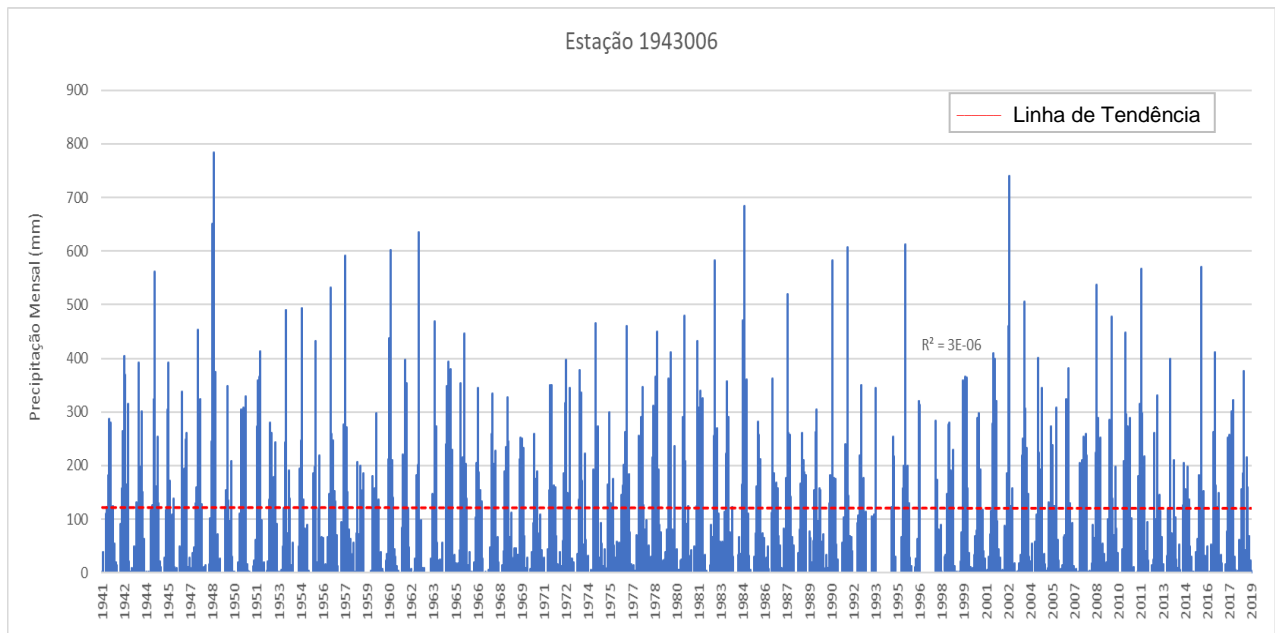
APÊNDICE B – Análise dos Dados das Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Bacia do Alto Rio das Velhas

Figura C.1 - Histograma da precipitação mensal da Estação 1943000.



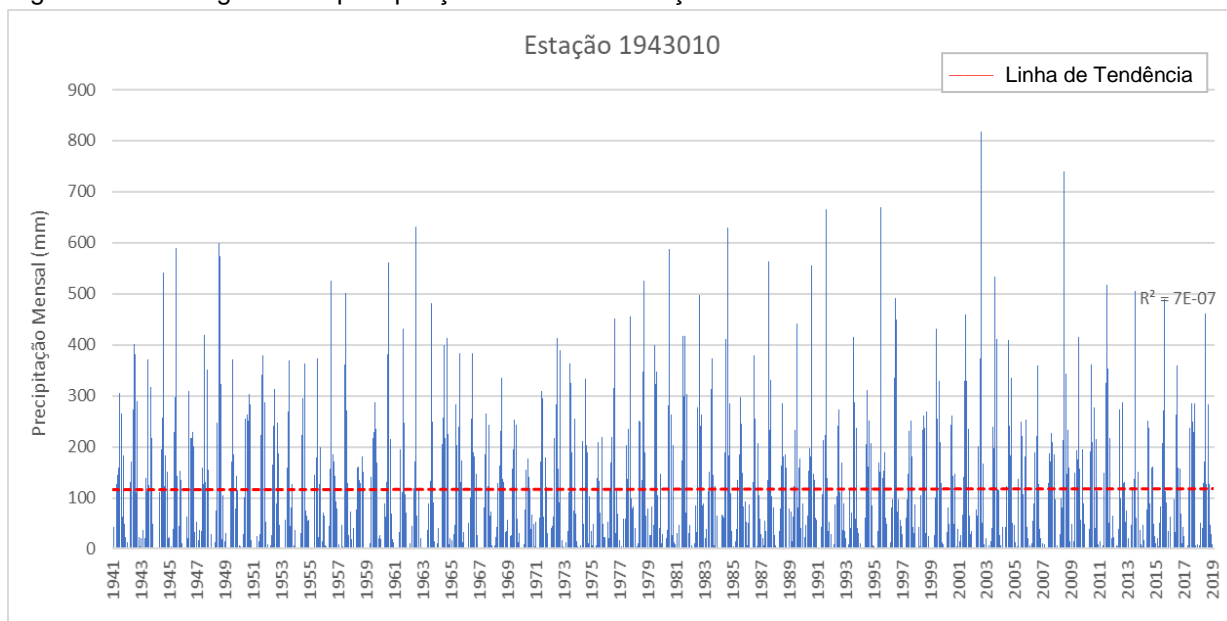
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.2 - Histograma da precipitação mensal da Estação 1943006.



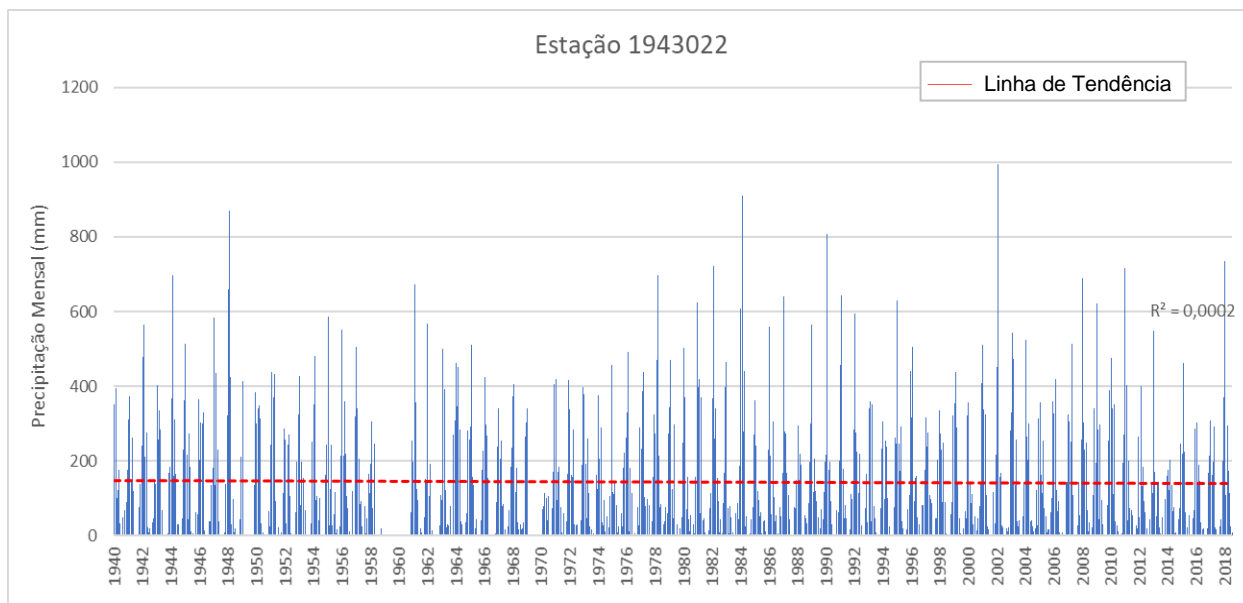
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.3 - Histograma da precipitação mensal da Estação 1943010.



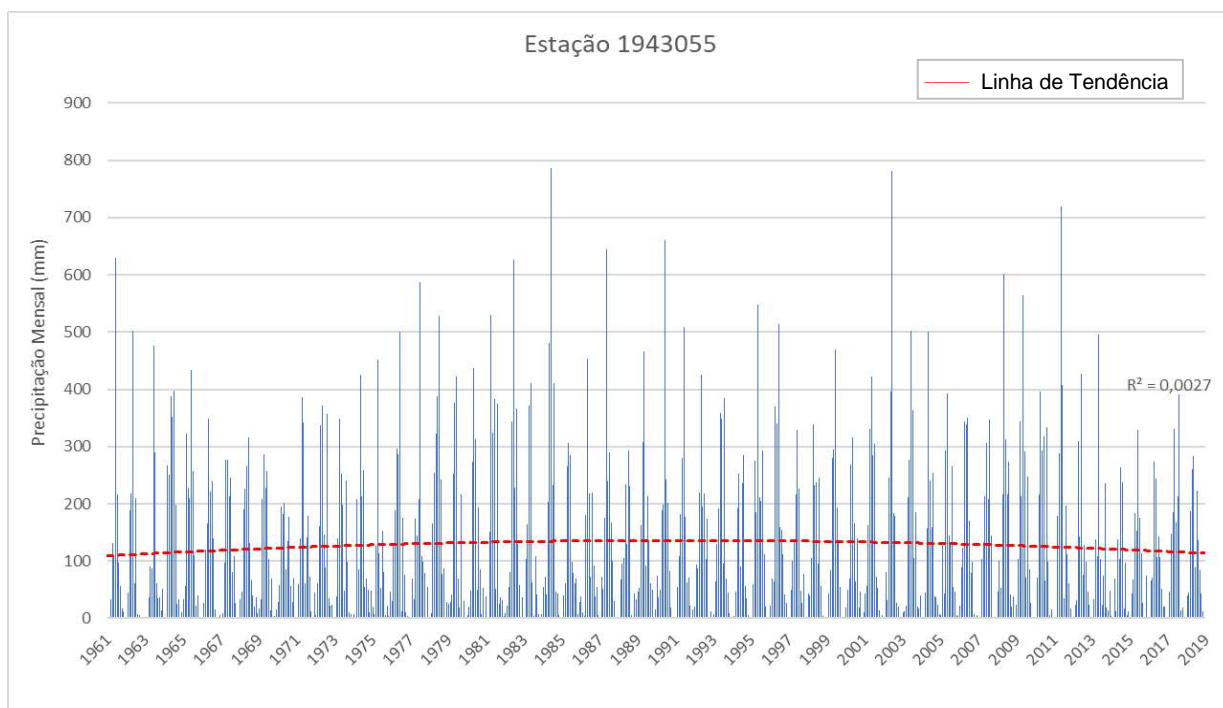
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.4 - Histograma da precipitação mensal da Estação 1943022.



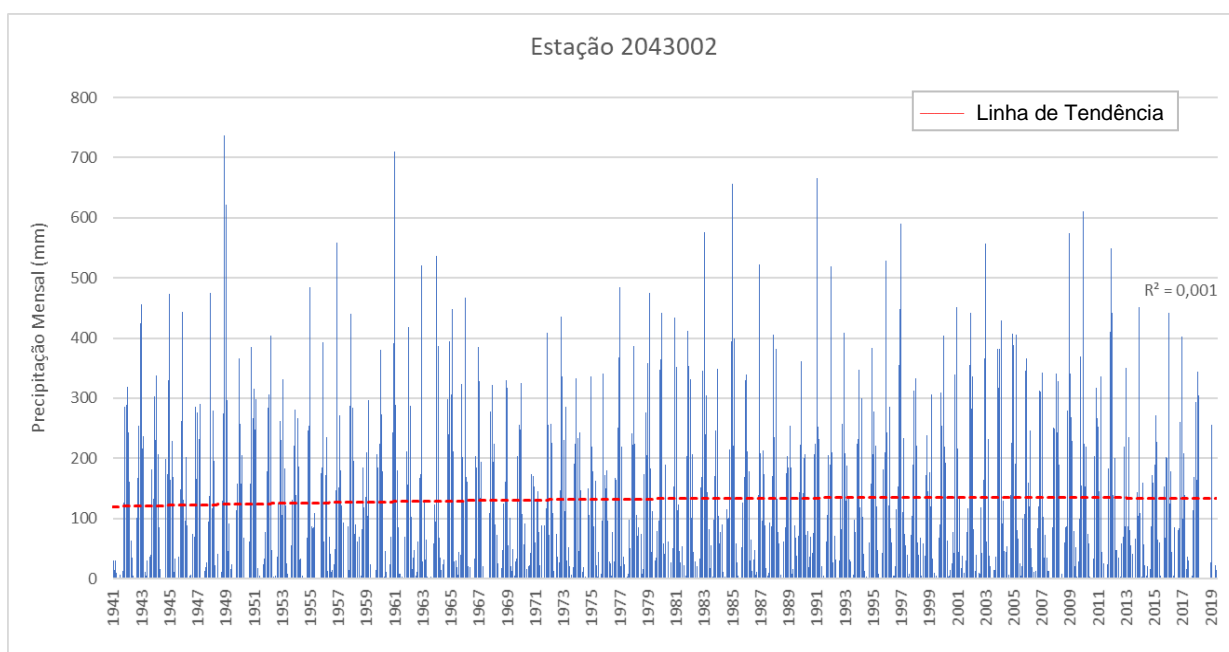
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.5 - Histograma da precipitação mensal da Estação 1943055.



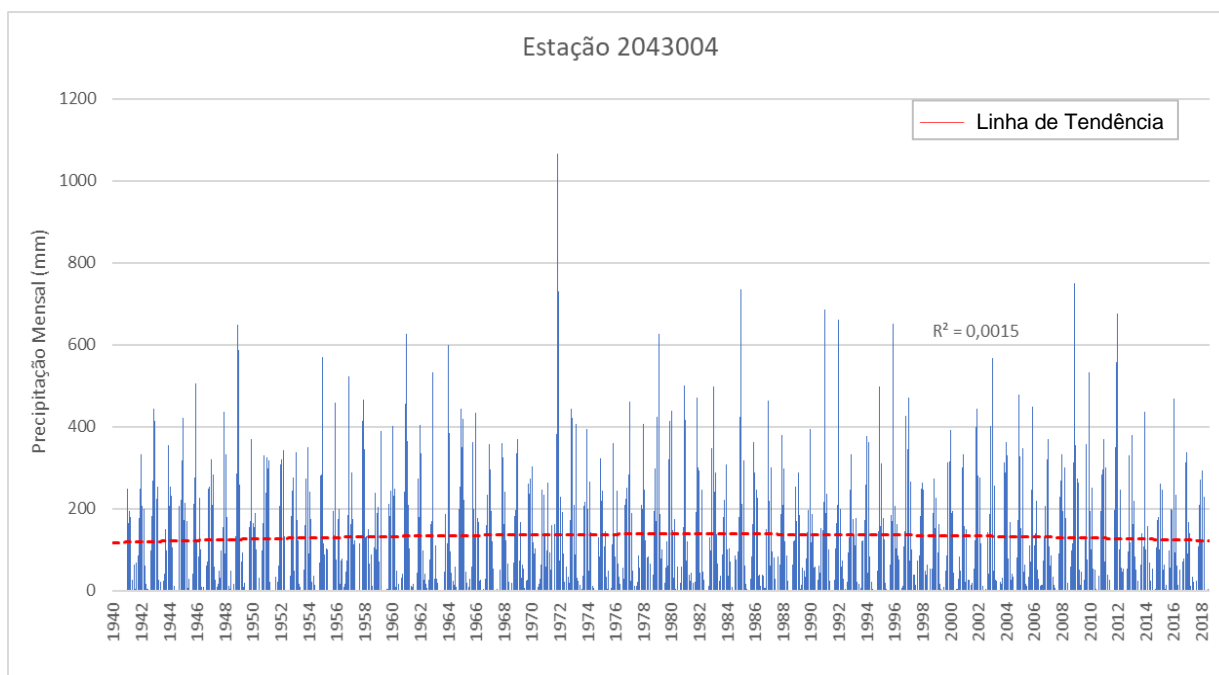
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.6 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043002.



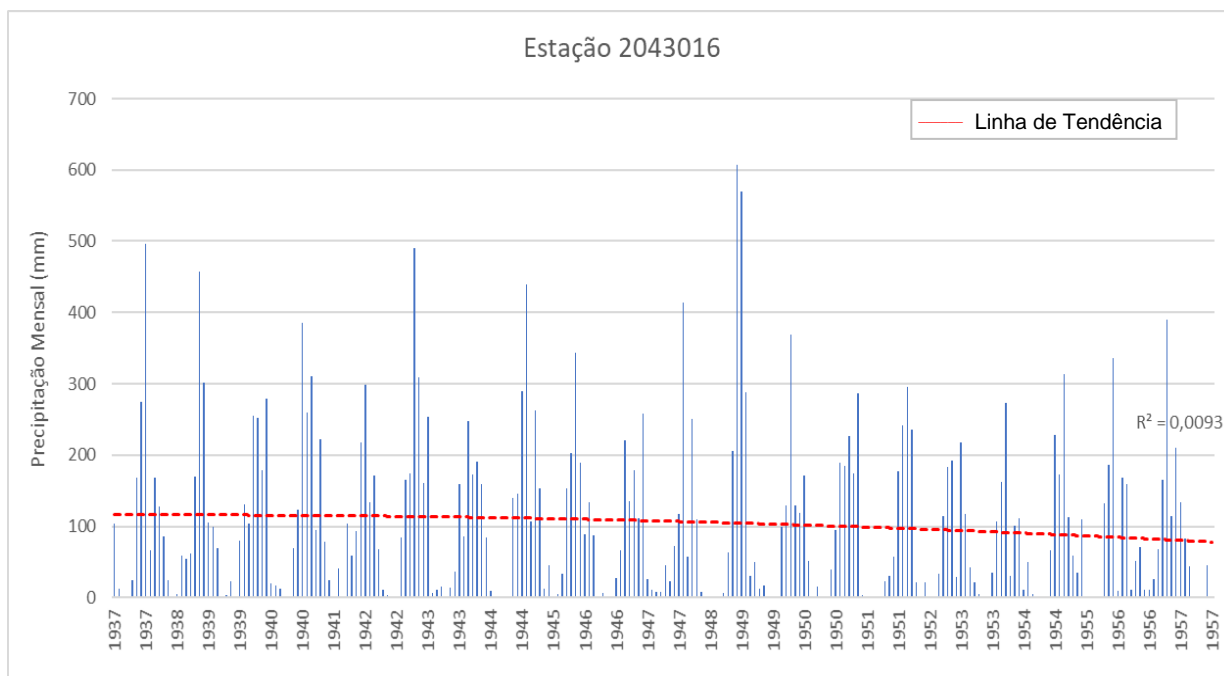
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.7 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043004.



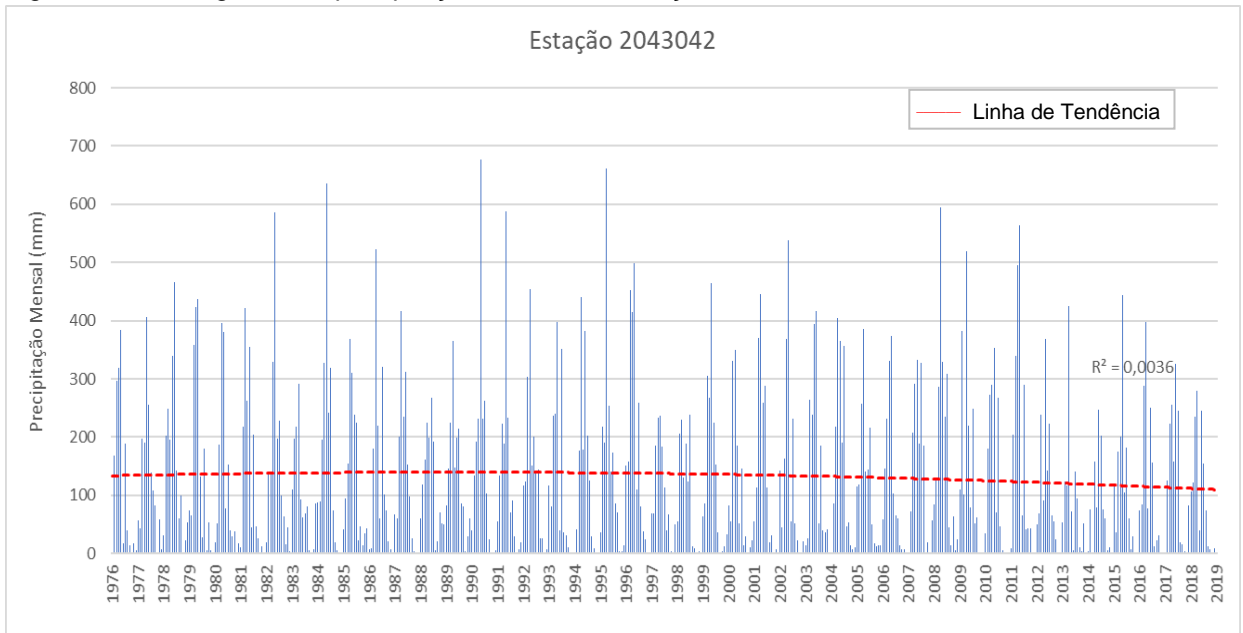
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.8 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043016.



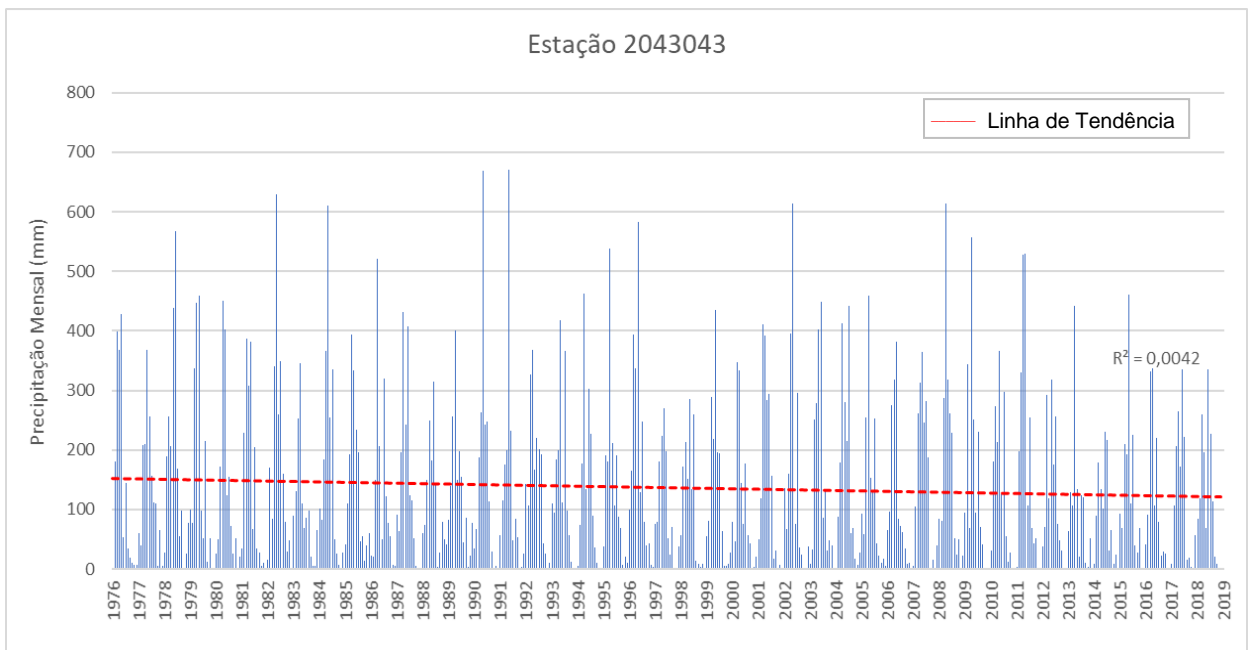
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.9 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043042.



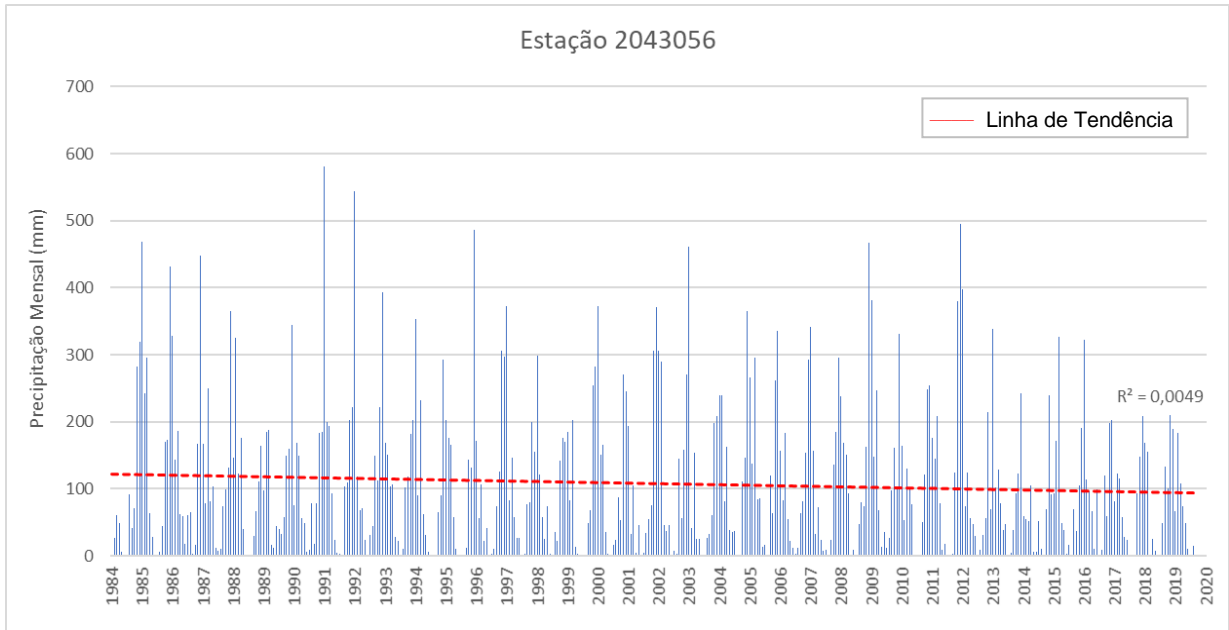
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.10 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043043.



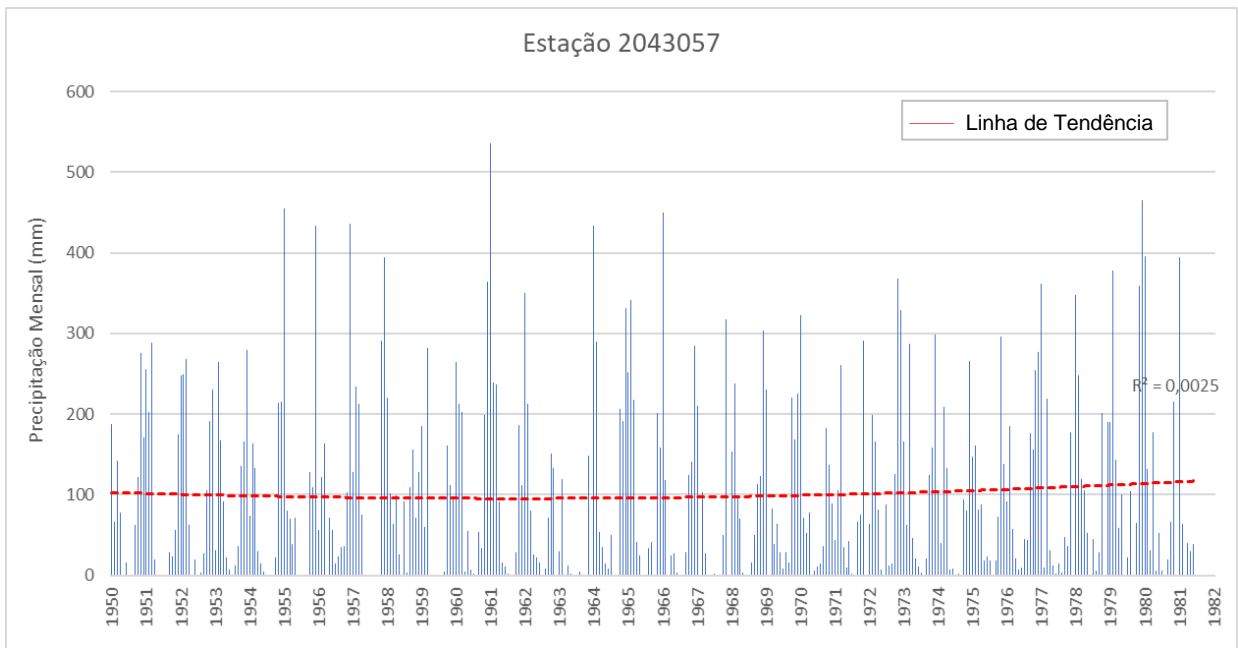
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.11 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043056.



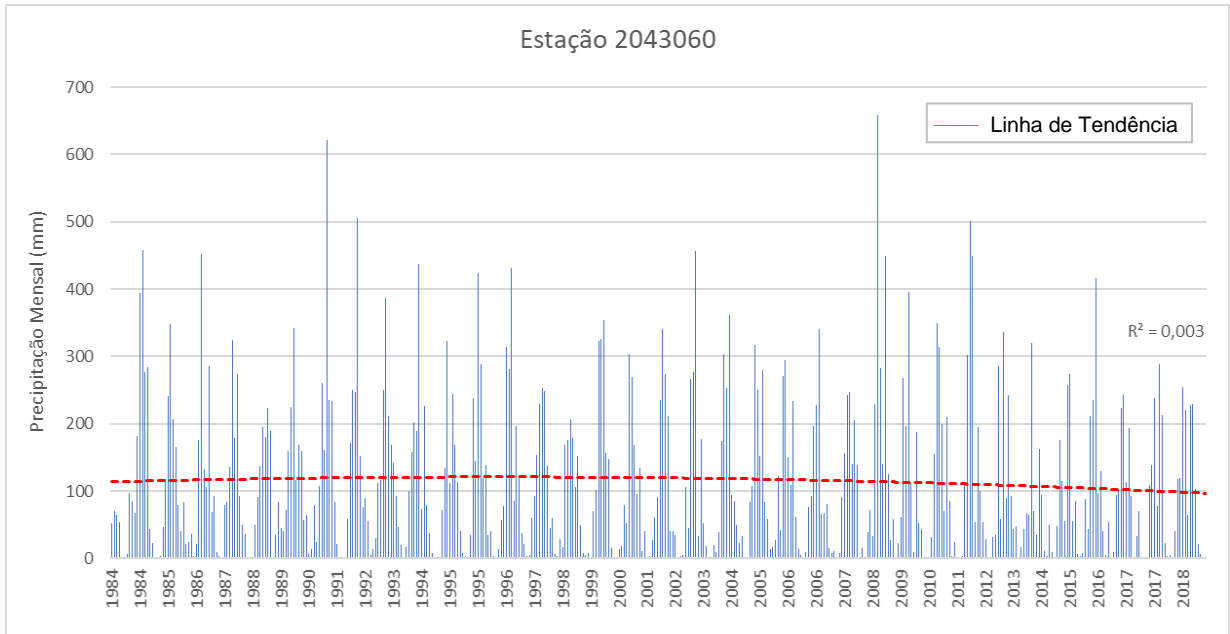
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.12 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043057.



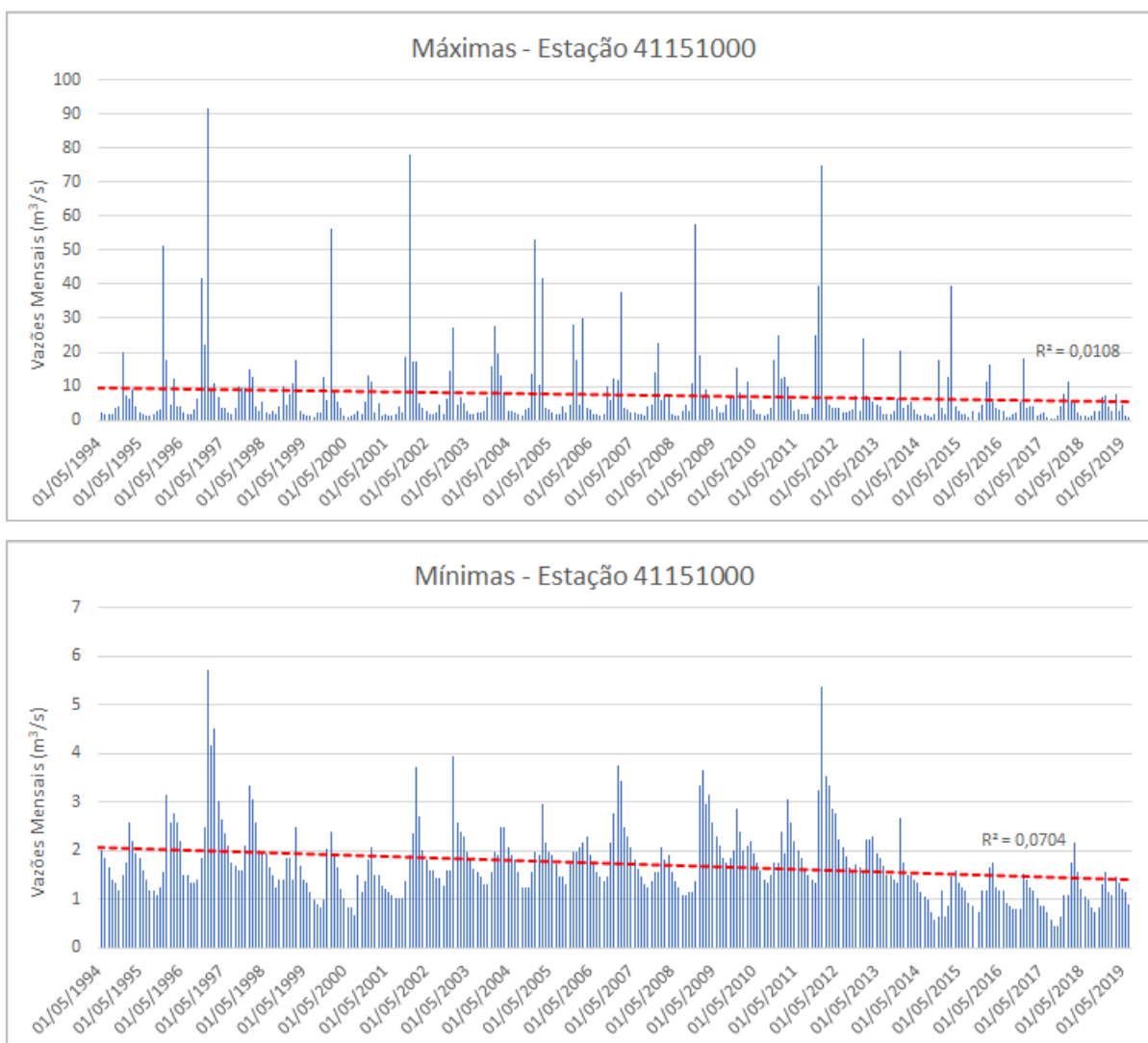
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.13 - Histograma da precipitação mensal da Estação 2043060.



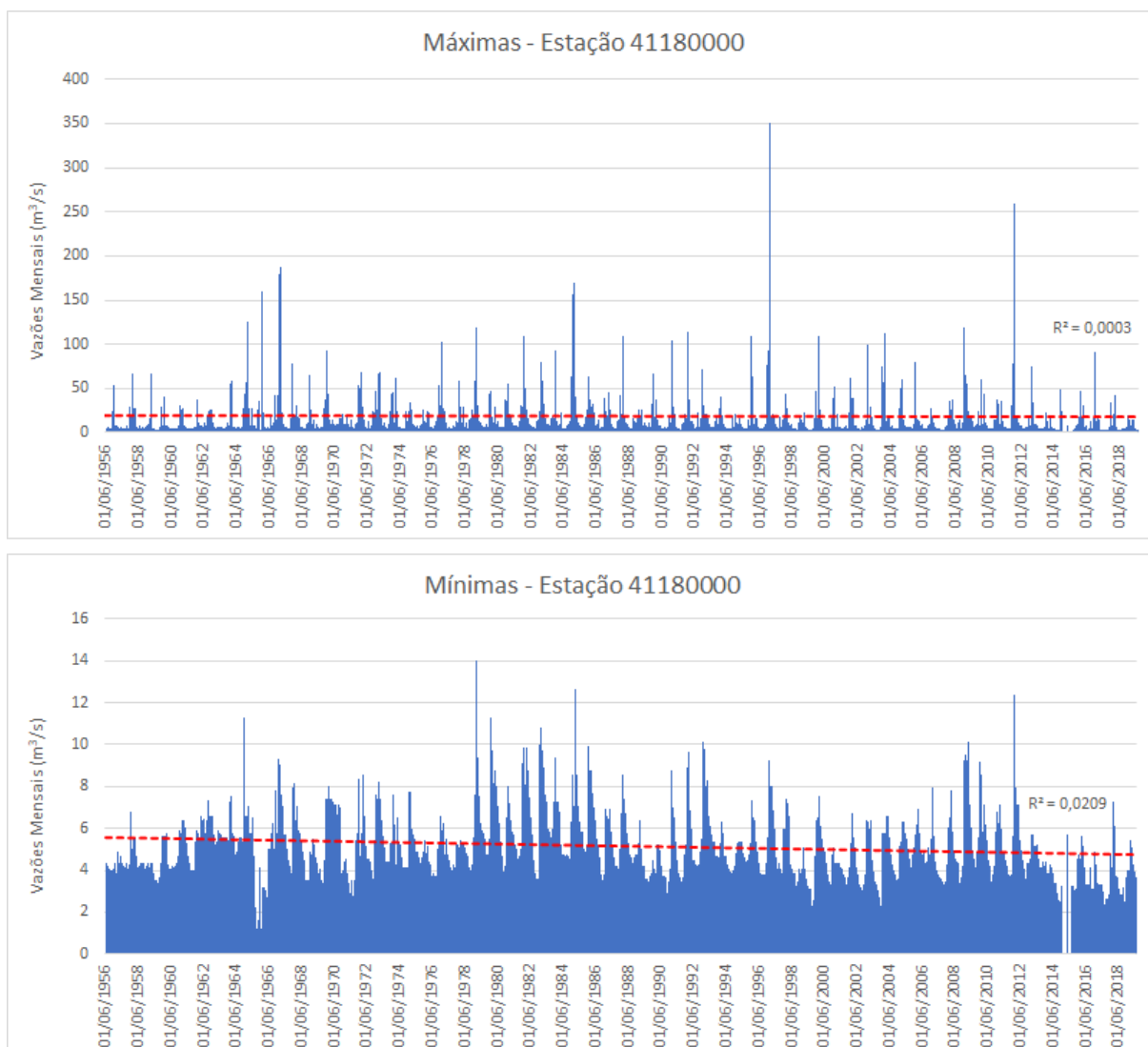
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.14 - Dados de vazões máximas e mínimas mensais da Estação 41151000.



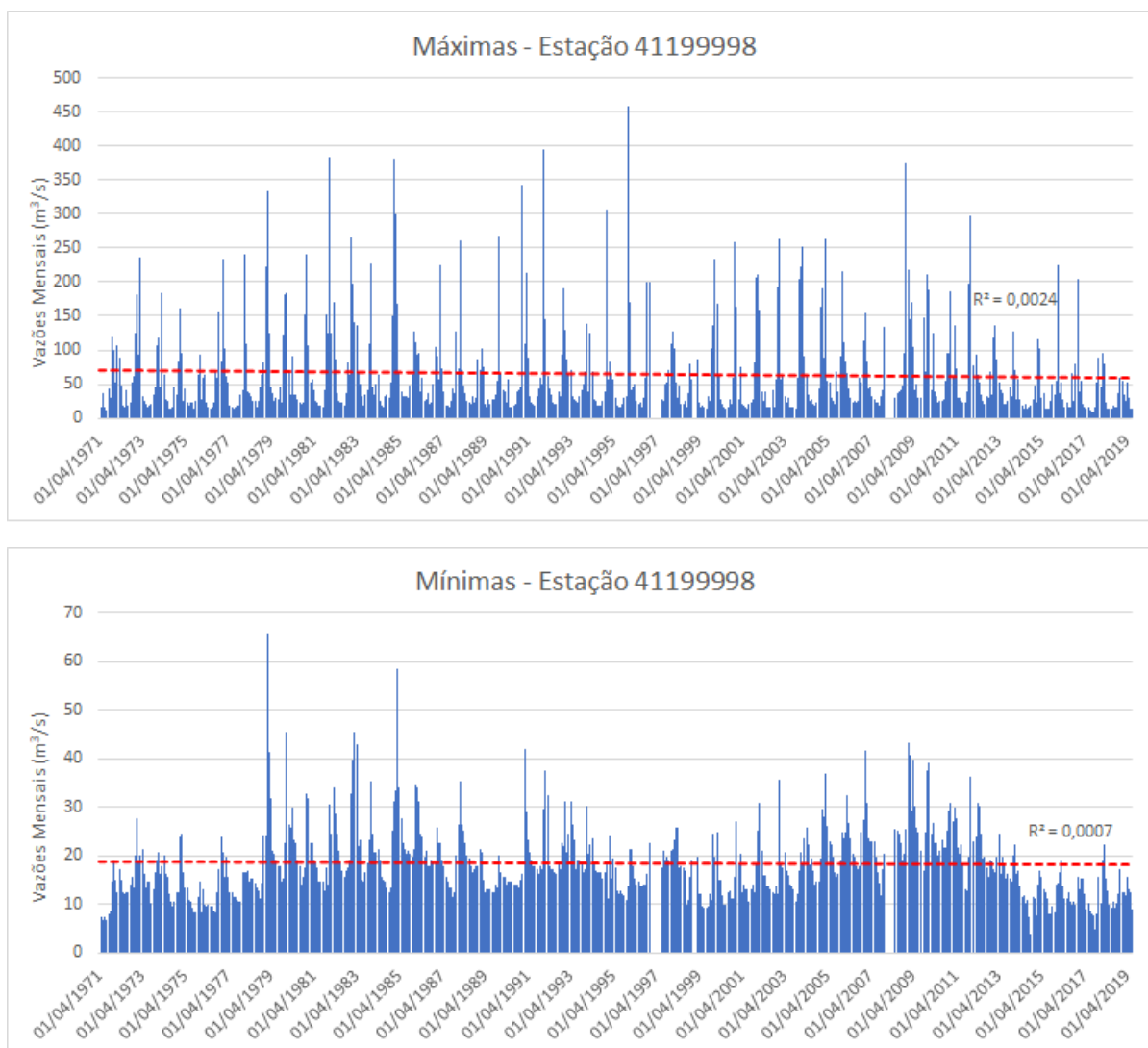
Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

Figura C.15 - Dados de vazões máximas e mínimas mensais da Estação 41180000.



Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

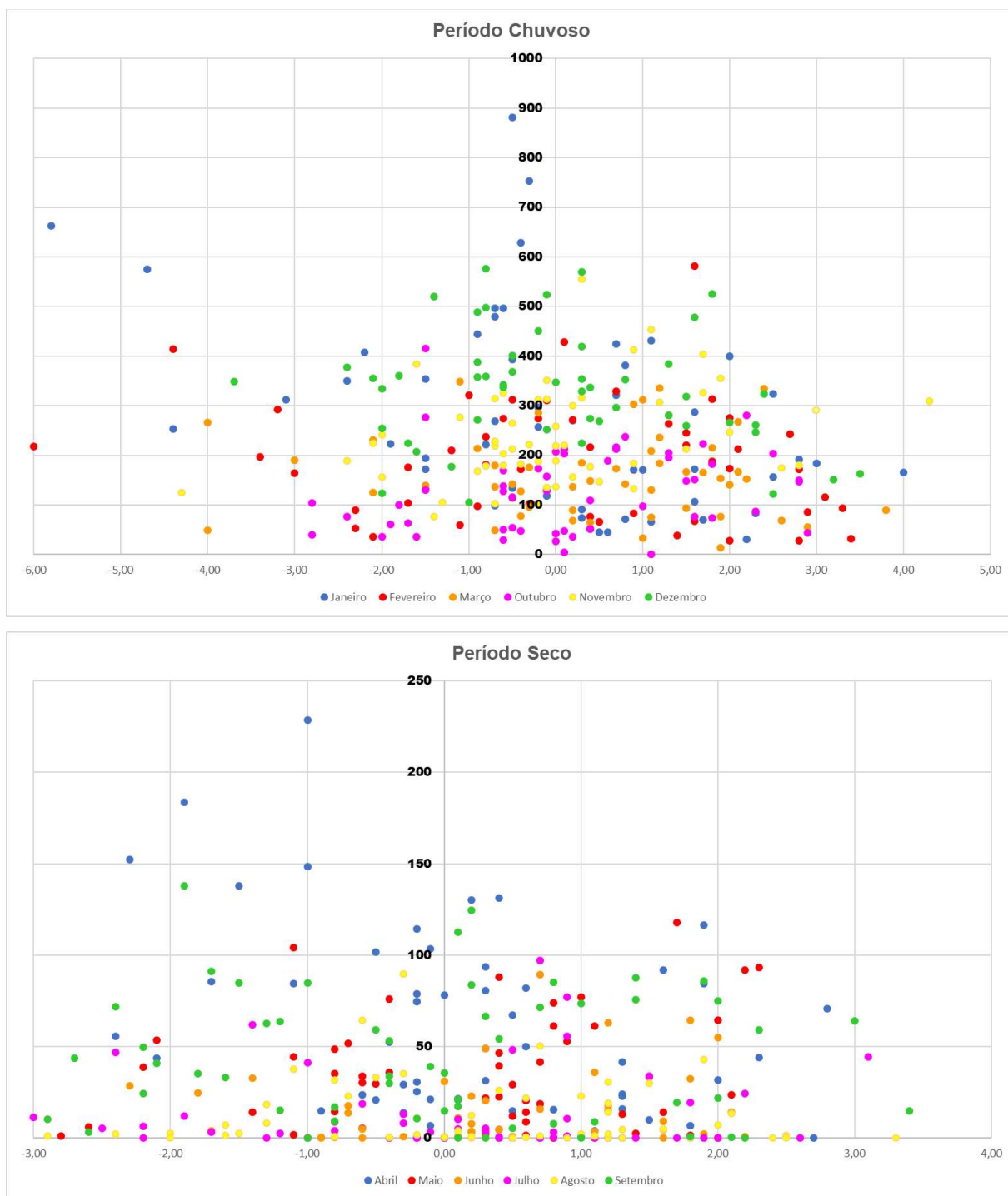
Figura C.16 - Dados de vazões máximas e mínimas mensais da Estação 41199998.



Fonte: A autora, 2019 (adaptado de Hidroweb).

APÊNDICE C – Análise de correlação entre os índices climáticos e hidrológicos para as Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Bacia do Alto Rio das Velhas

Figura D.1 - Análise da Estação 1943000 para o IOS.



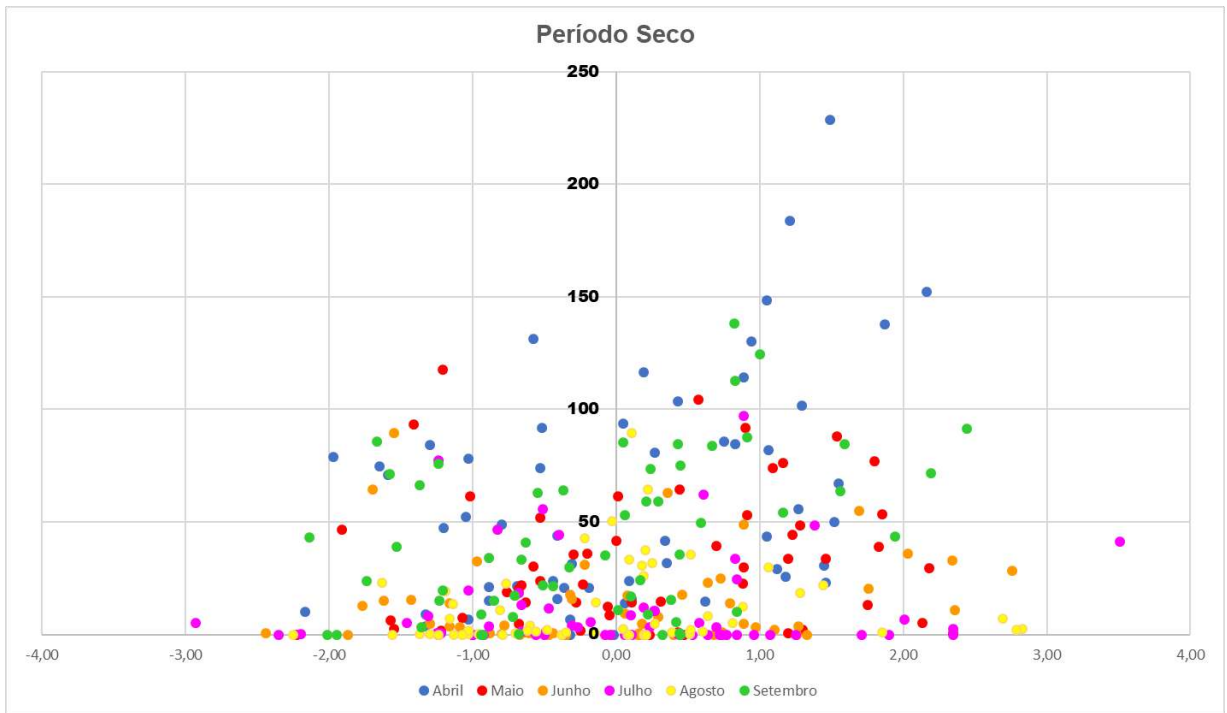
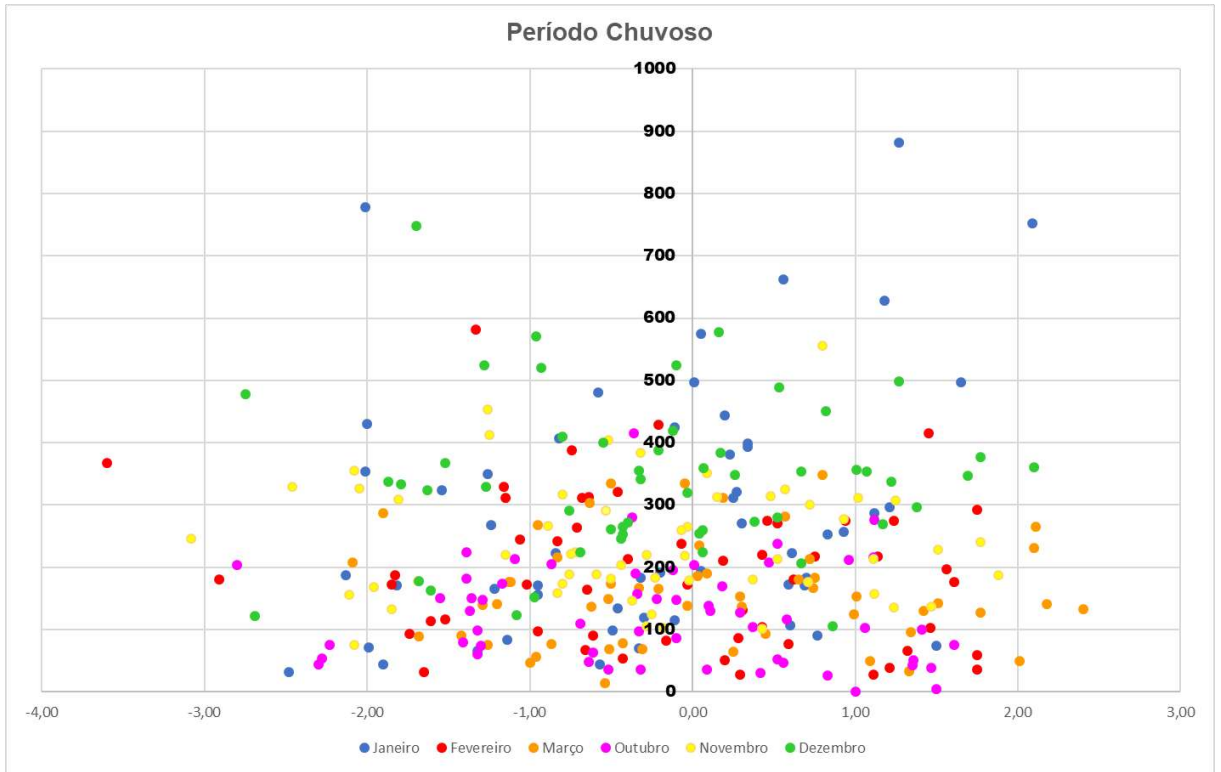
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.2 - Análise da Estação 1943000 para o INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.3 - Análise da Estação 1943000 para o ODP.



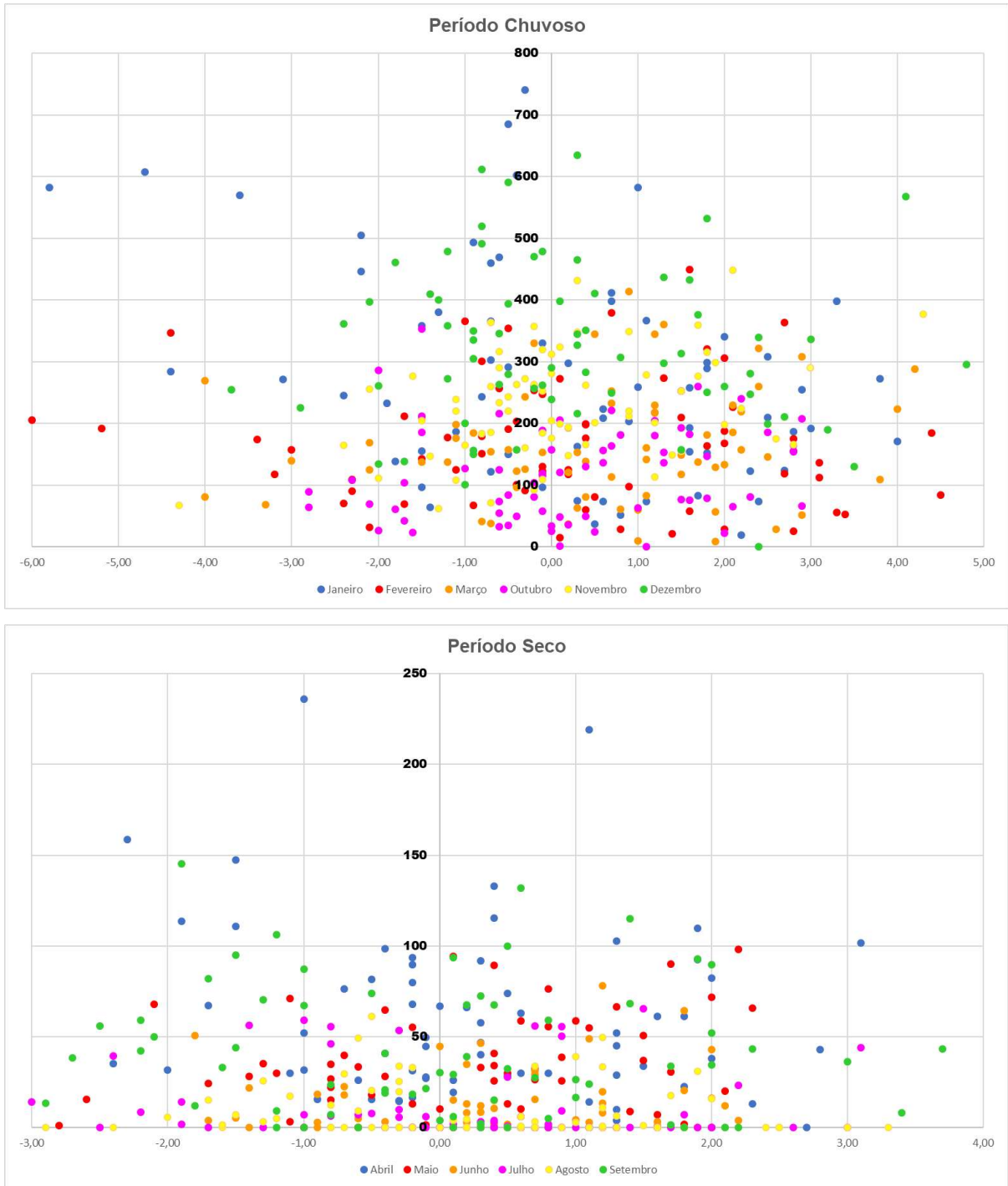
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.4 - Análise da Estação 1943000 para o TSAI.



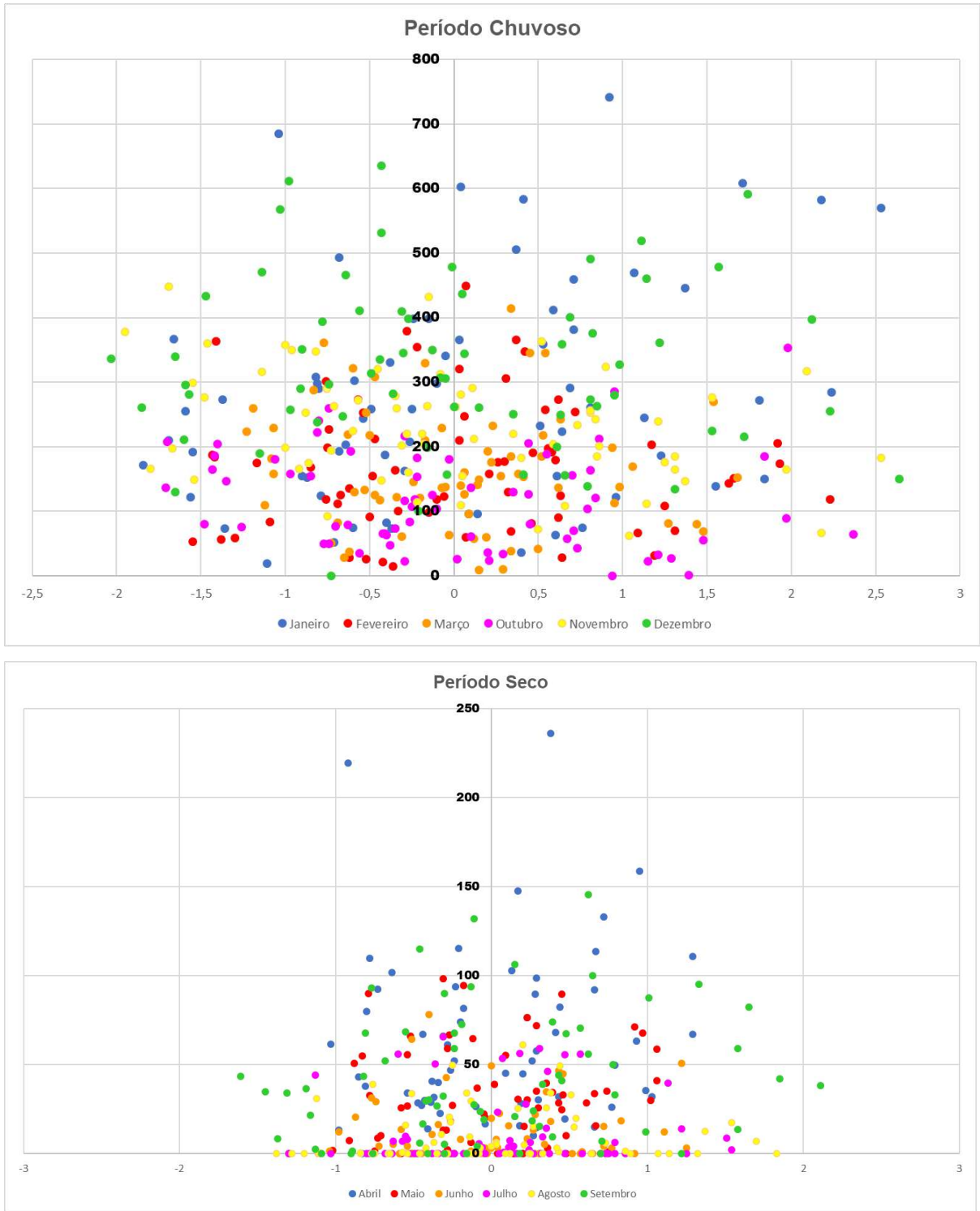
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.5 - Análise da Estação 1943006 para o IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.6 - Análise da Estação 1943006 para INO.



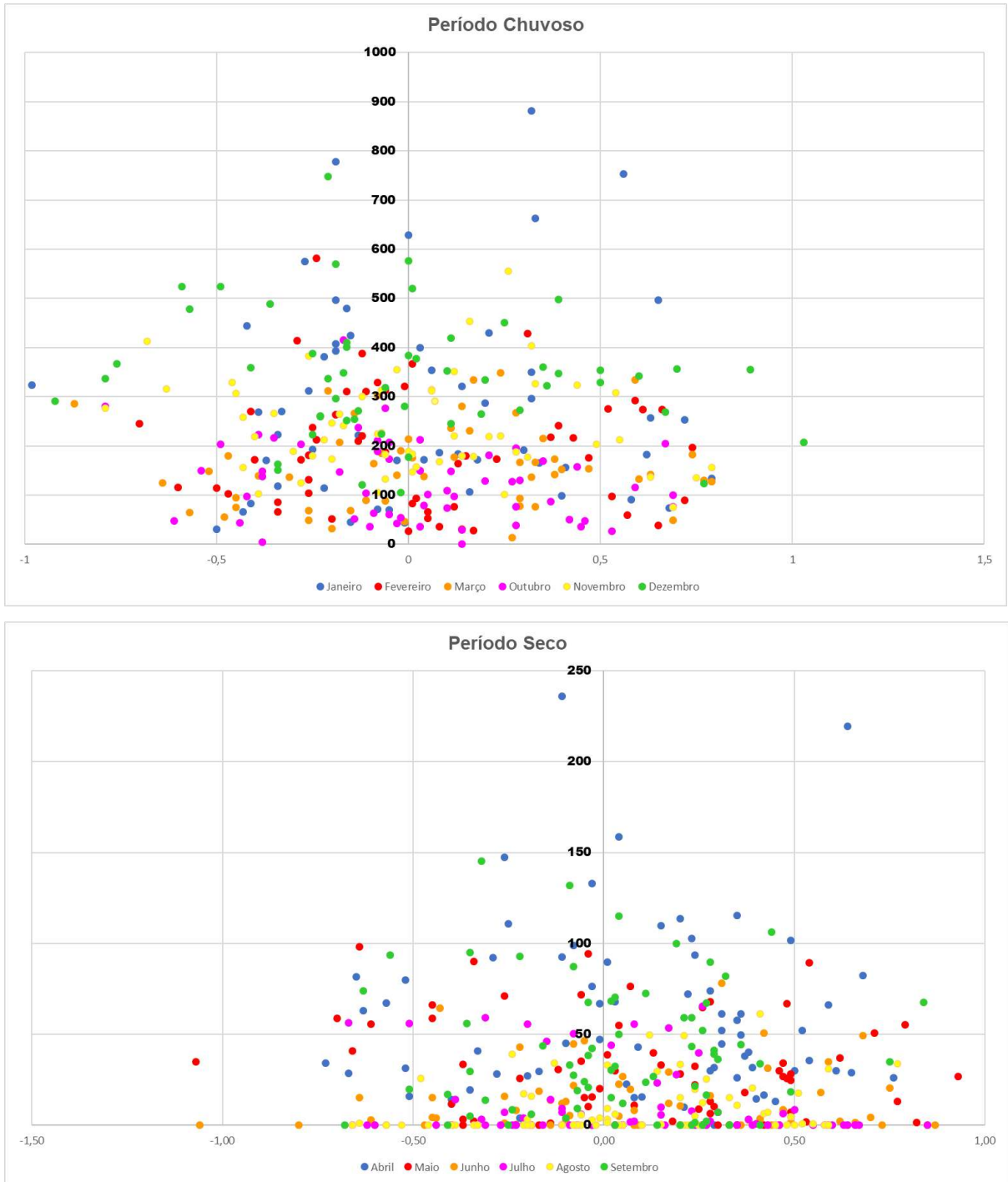
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.7 - Análise da Estação 1943006 para a ODP.



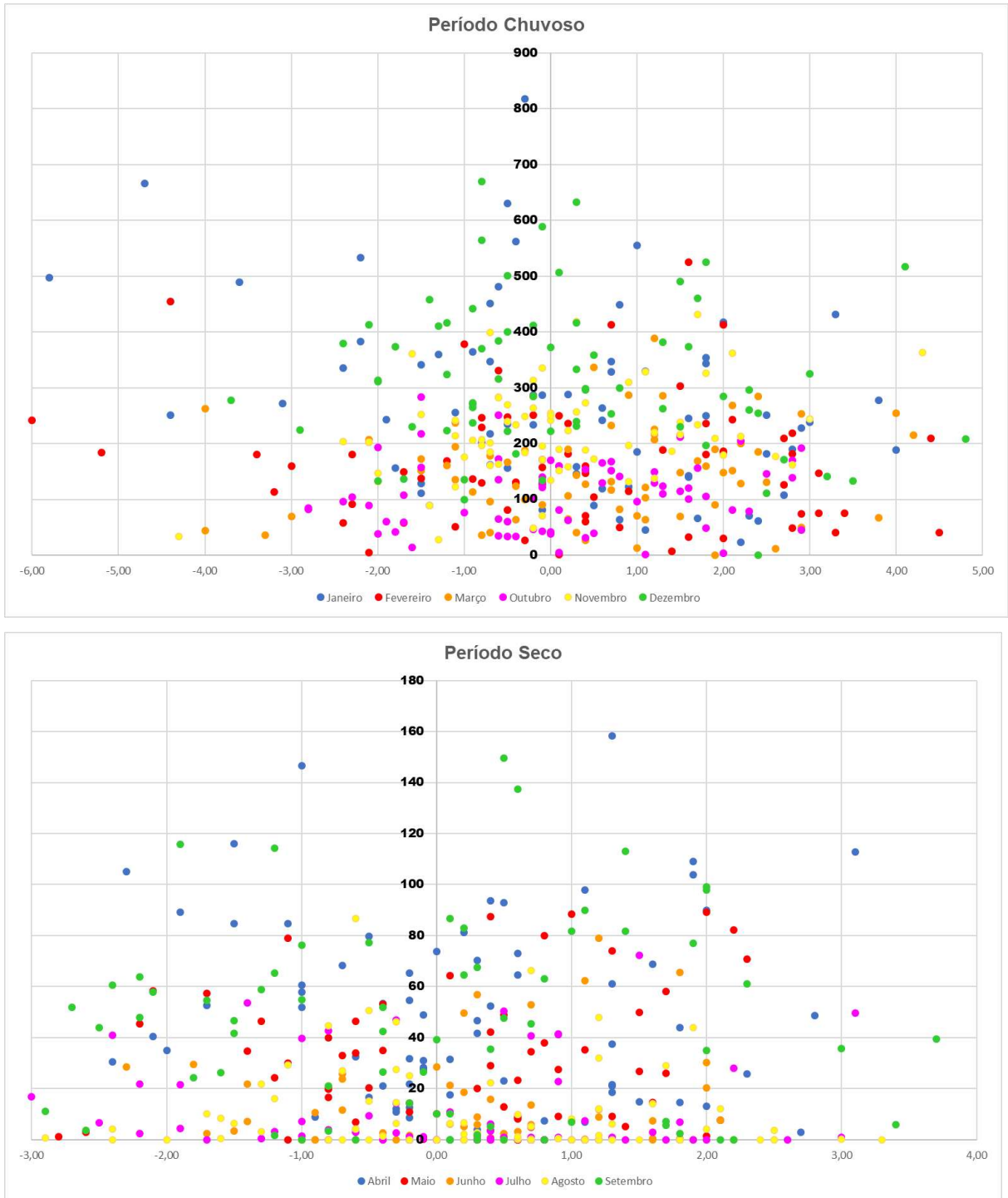
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.8 - Análise da Estação 1943006 para o TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.9 - Análise da Estação 1943010 para IOS.



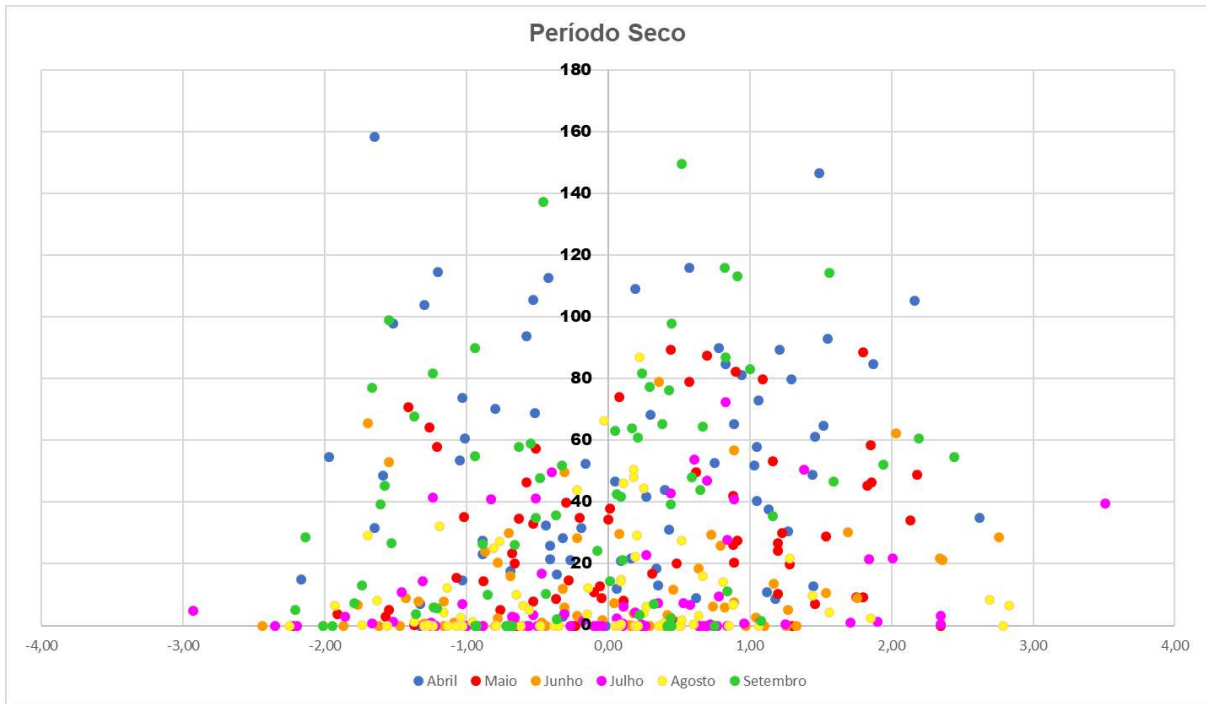
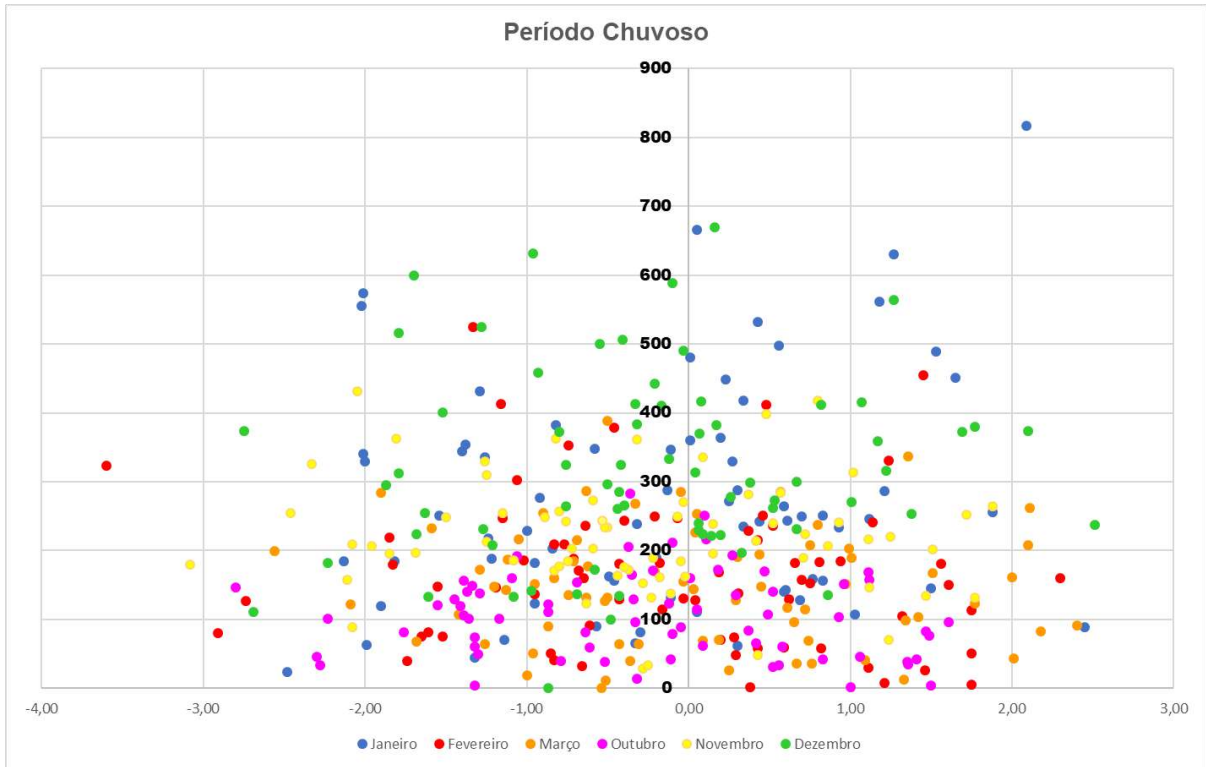
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.10 - Análise da Estação 1943010 para INO.



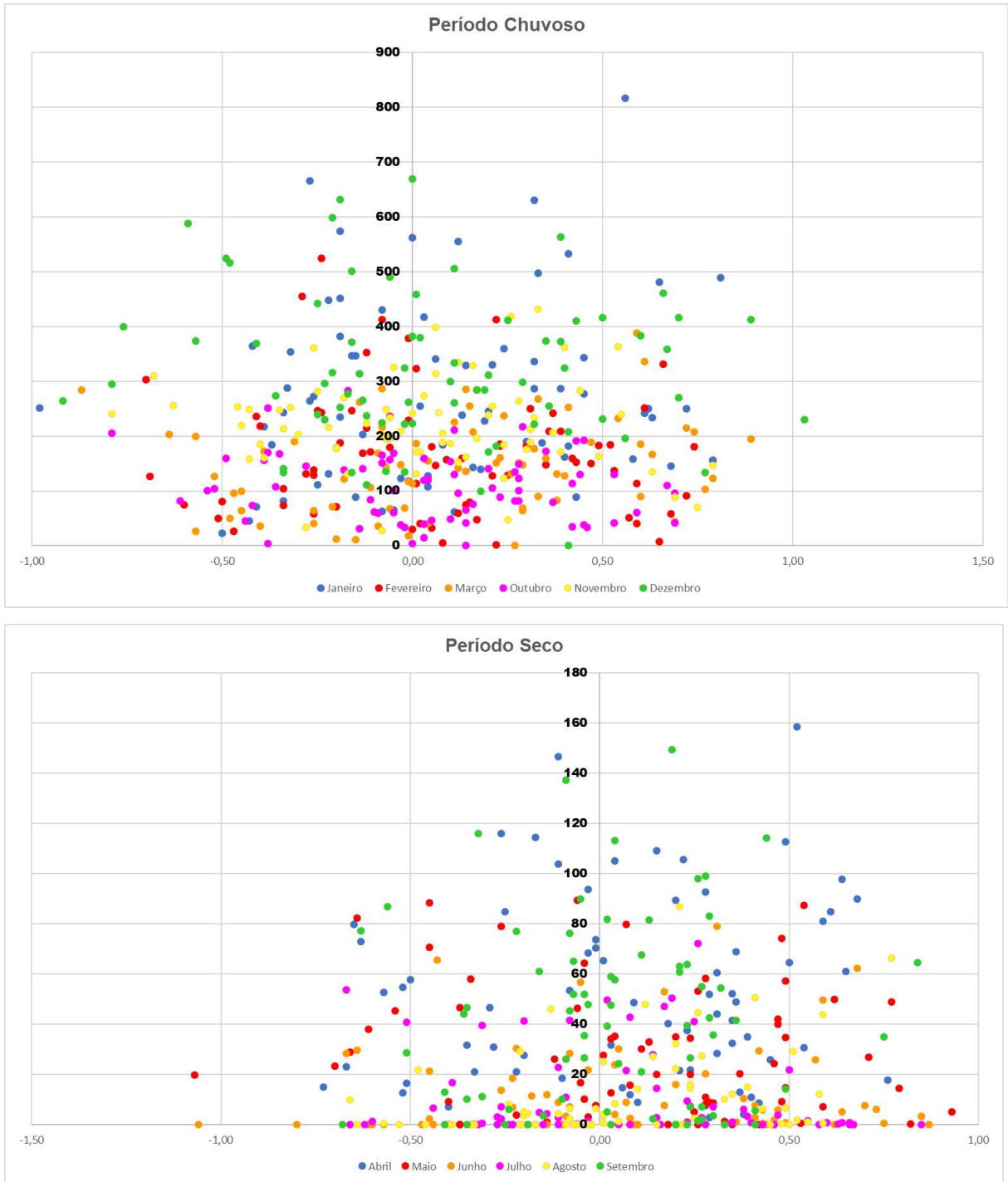
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.11 - Análise da Estação 1943010 para ODP.



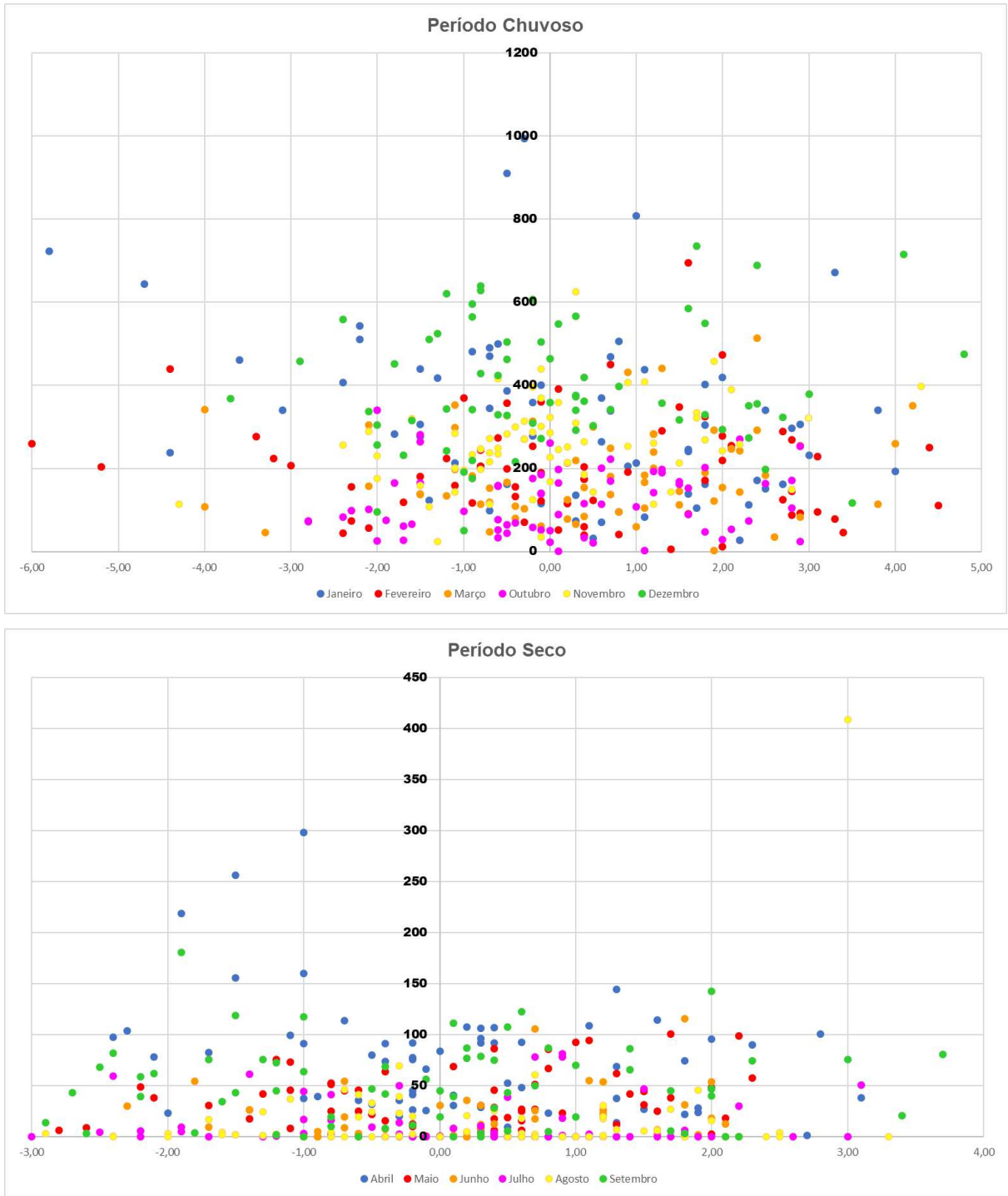
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.12 - Análise da Estação 1943010 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.13 - Análise da Estação 1943022 para IOS.



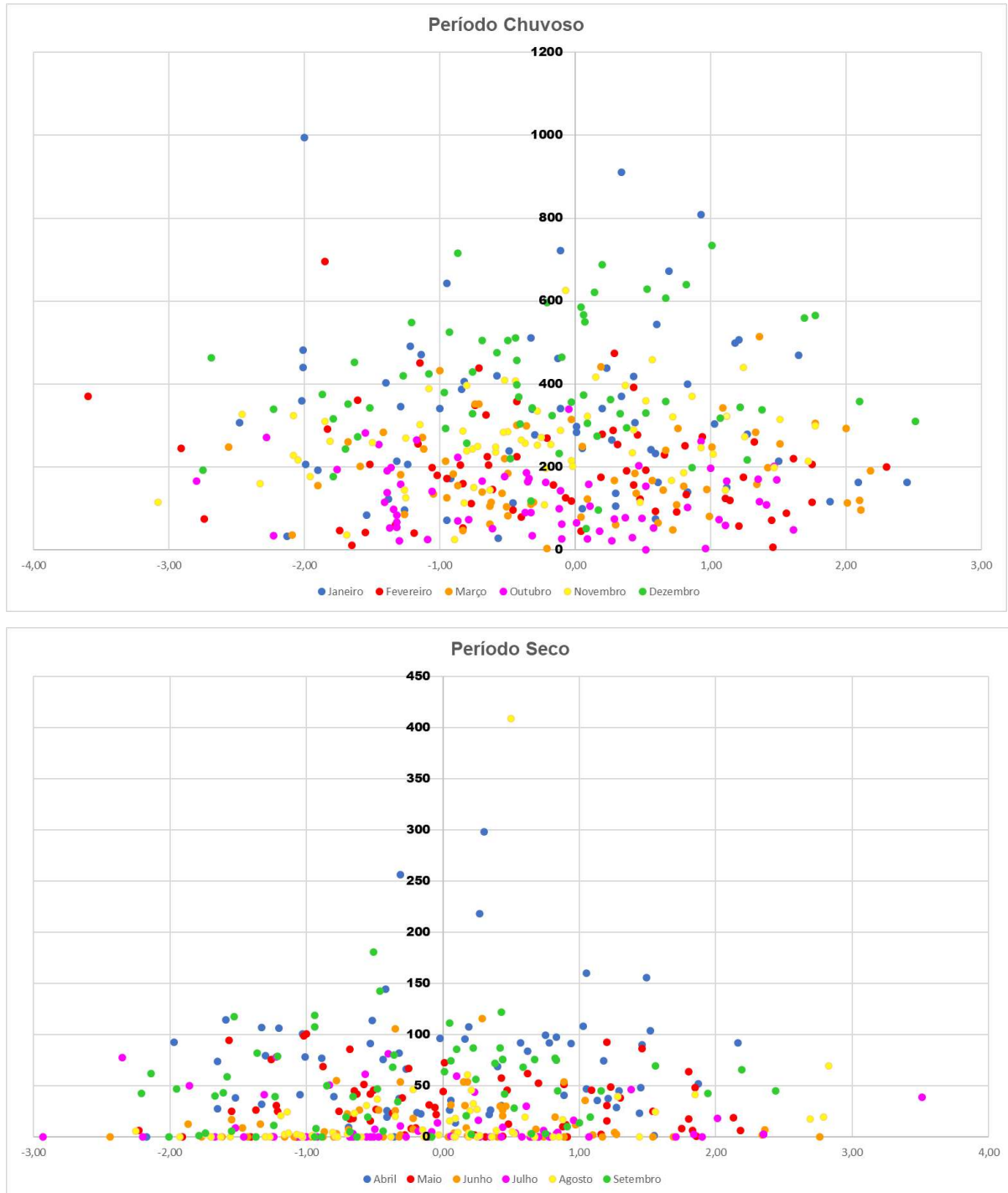
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.14 - Análise da Estação 1943022 para INO.



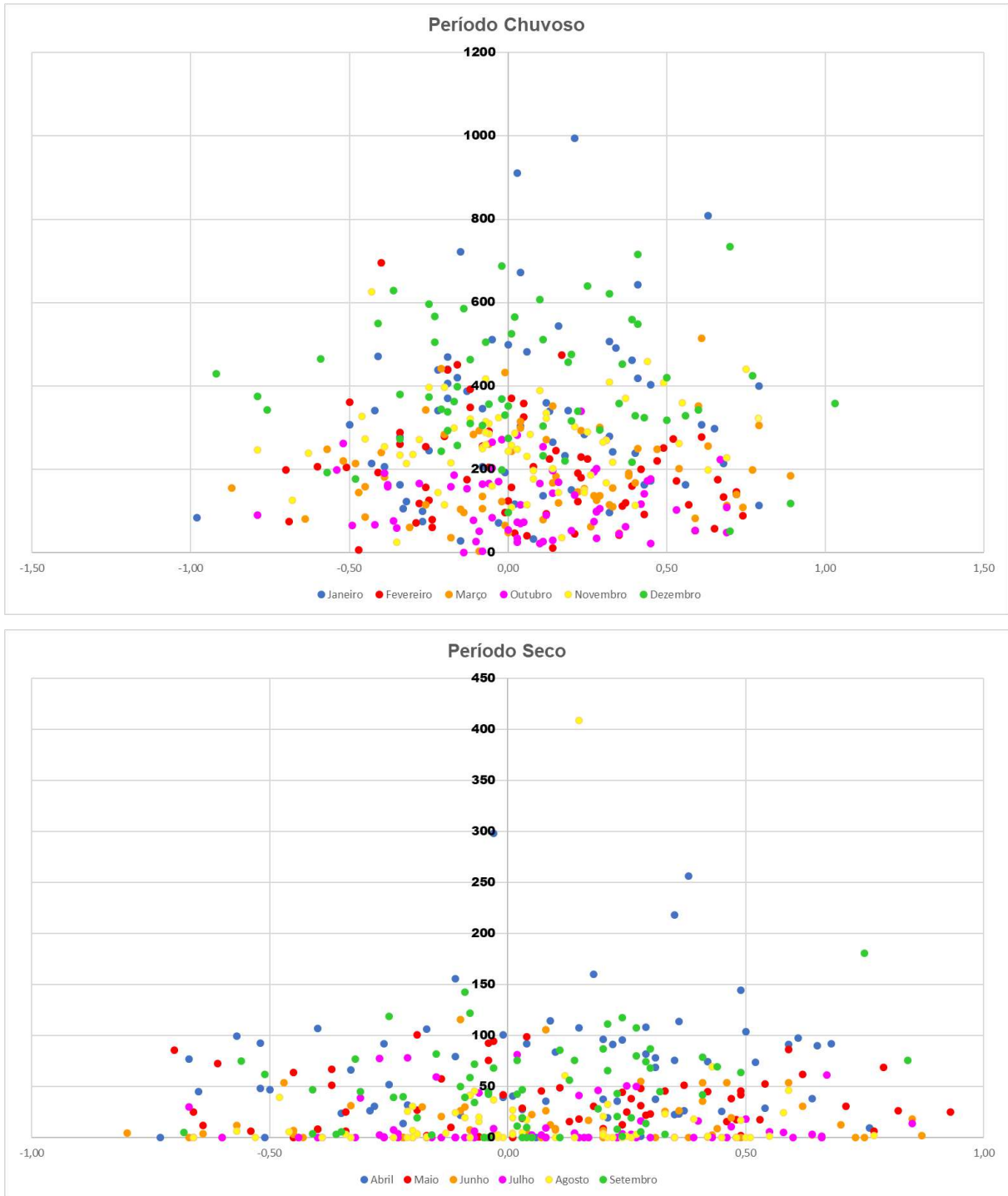
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.15 - Análise da Estação 1943022 para ODP.



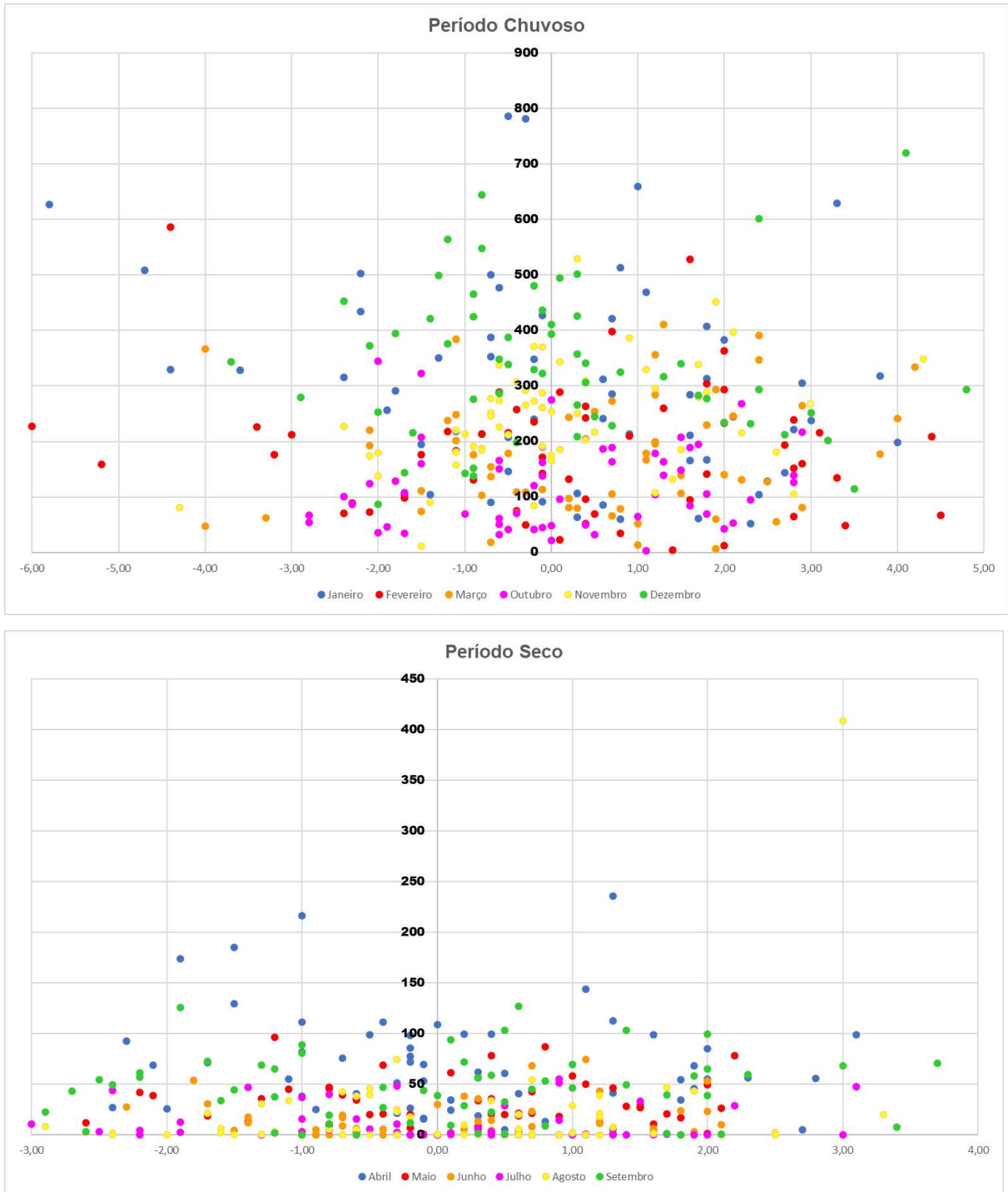
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.16 - Análise da Estação 1943022 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.17 - Análise da Estação 1943055 para IOS.



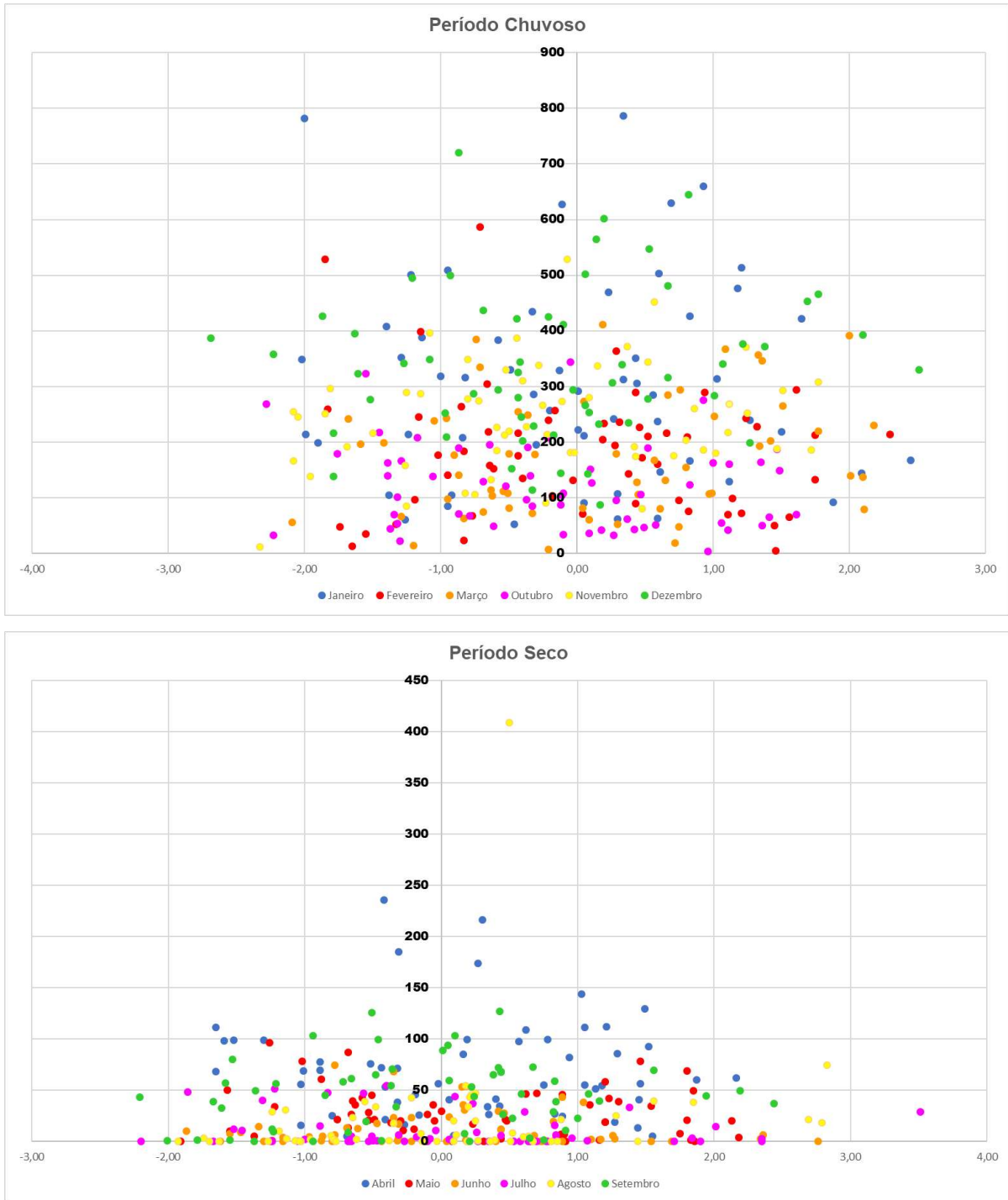
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.18 - Análise da Estação 1943055 para INO.



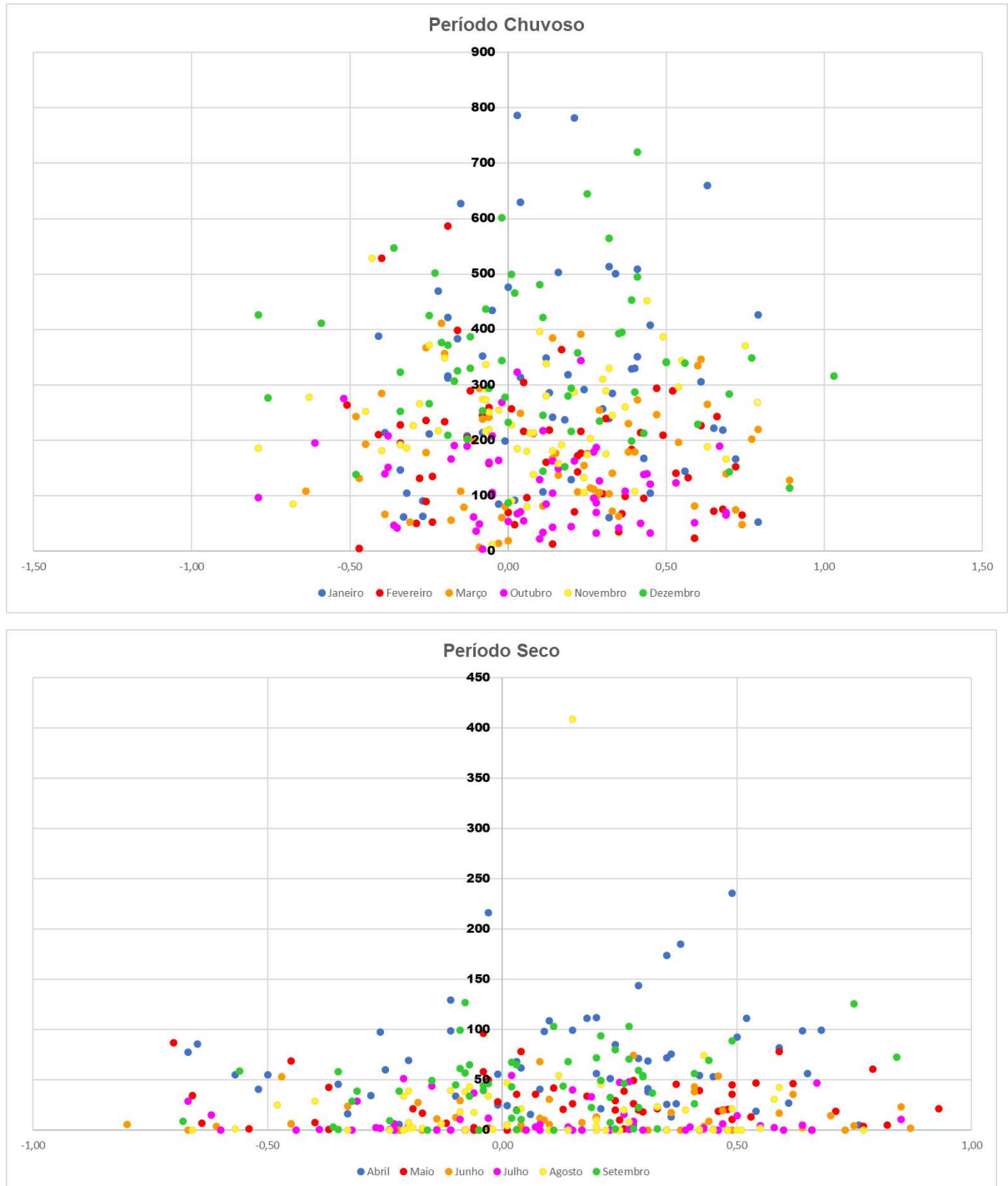
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.19 - Análise da Estação 1943055 para ODP.



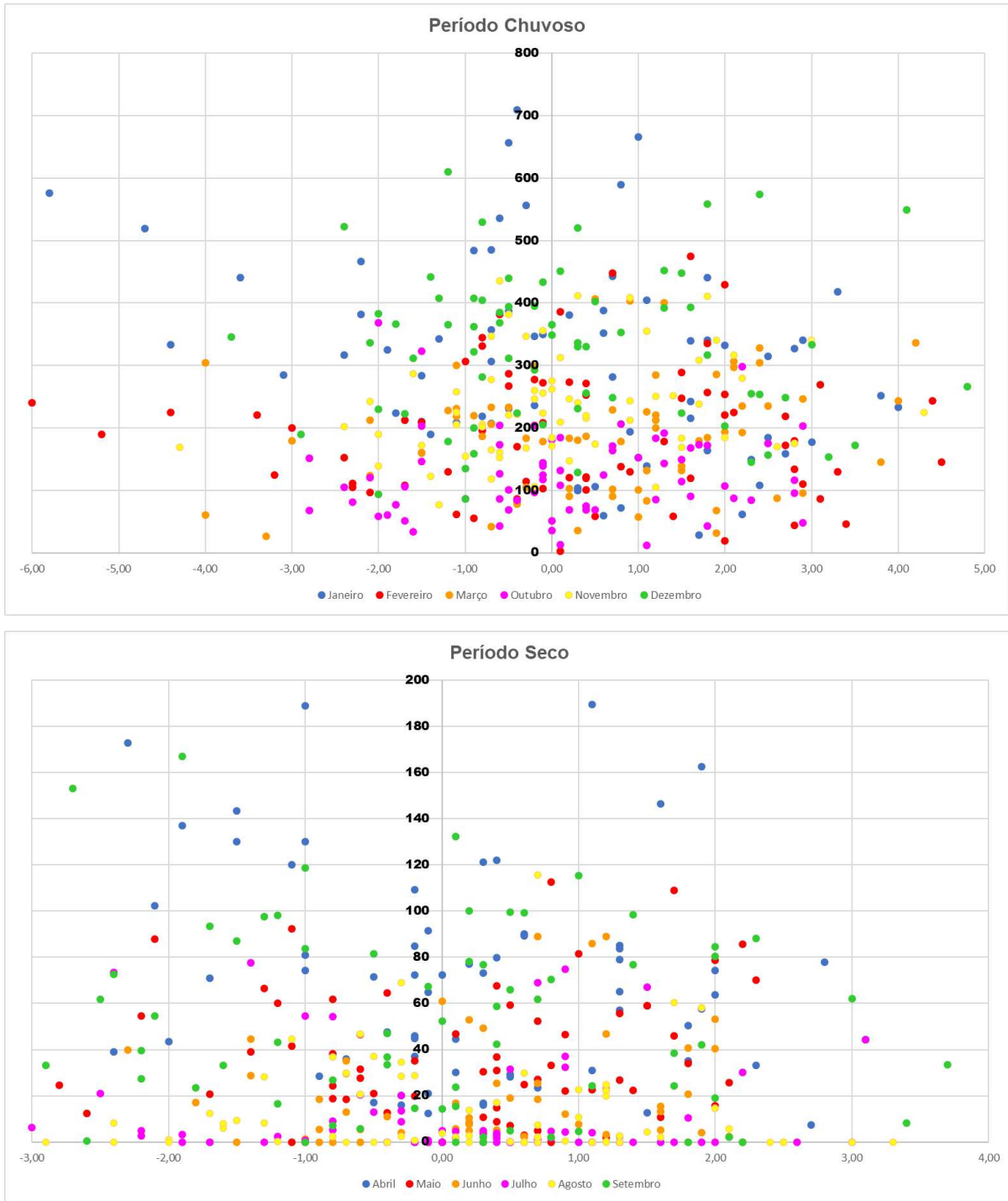
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.20 - Análise da Estação 1943055 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.21 - Análise da Estação 2043002 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.22 - Análise da Estação 2043002 para INO.



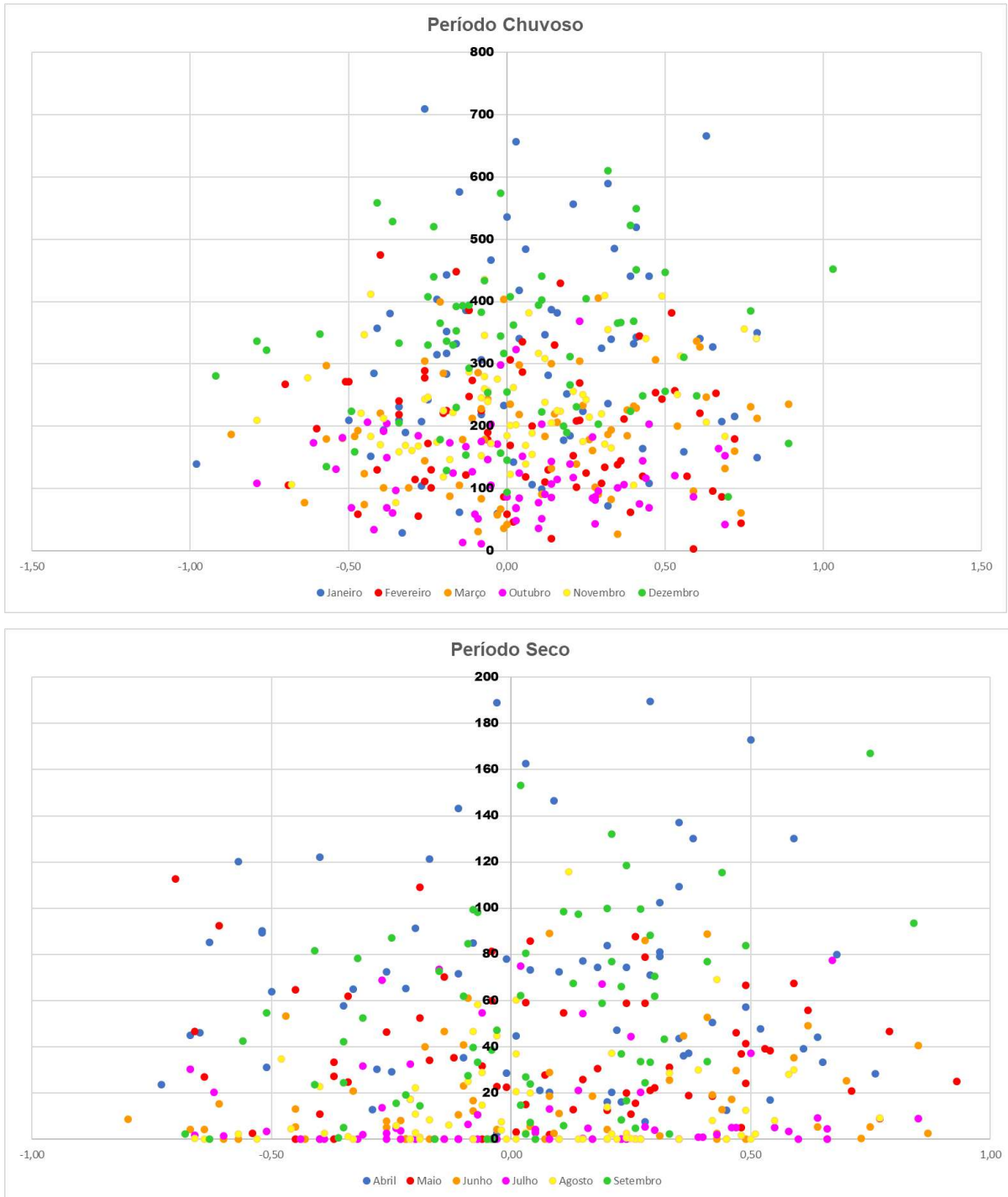
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.23 - Análise da Estação 2043002 para ODP.



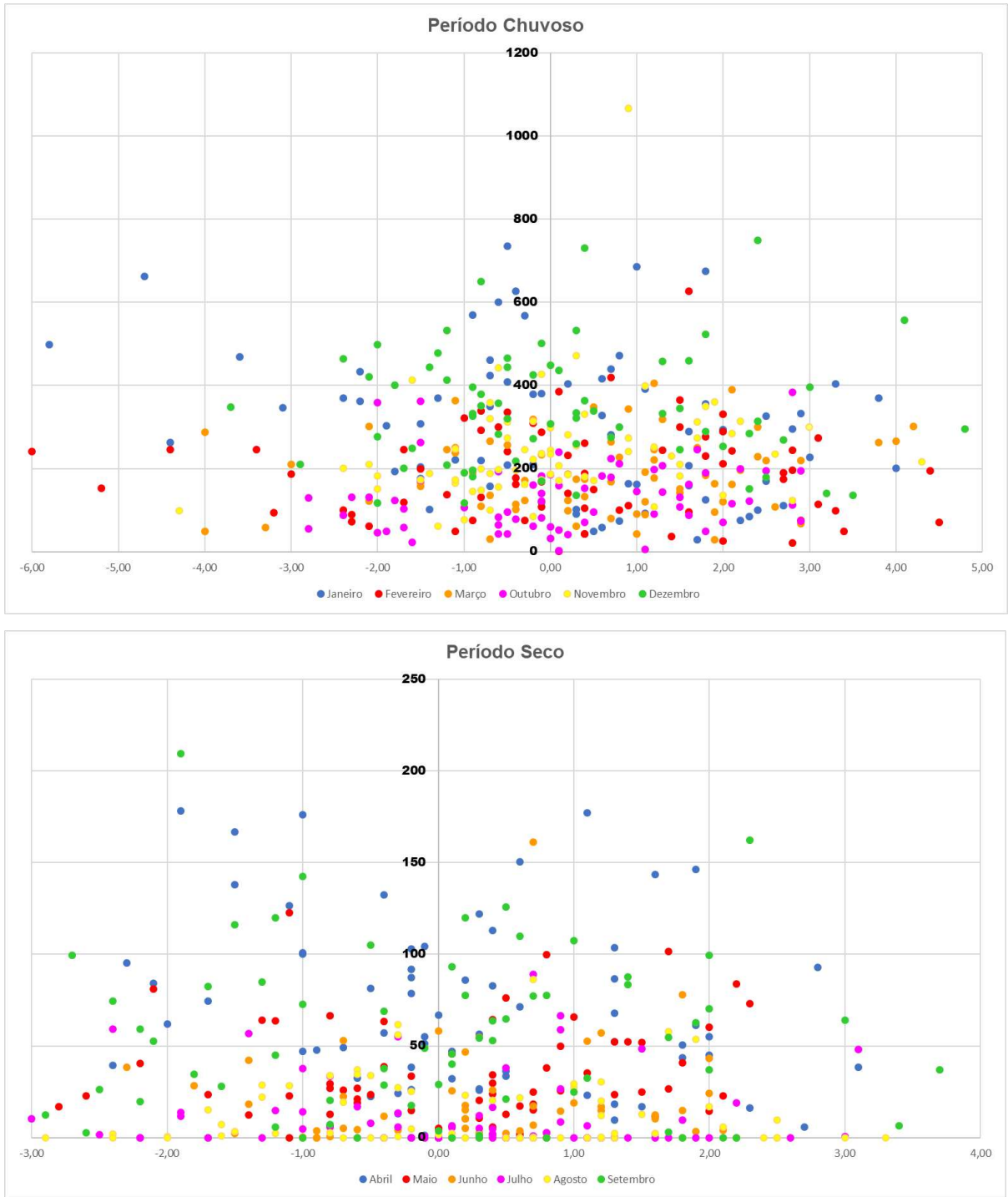
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.24 - Análise da Estação 2043002 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.25 - Análise da Estação 2043004 para IOS.



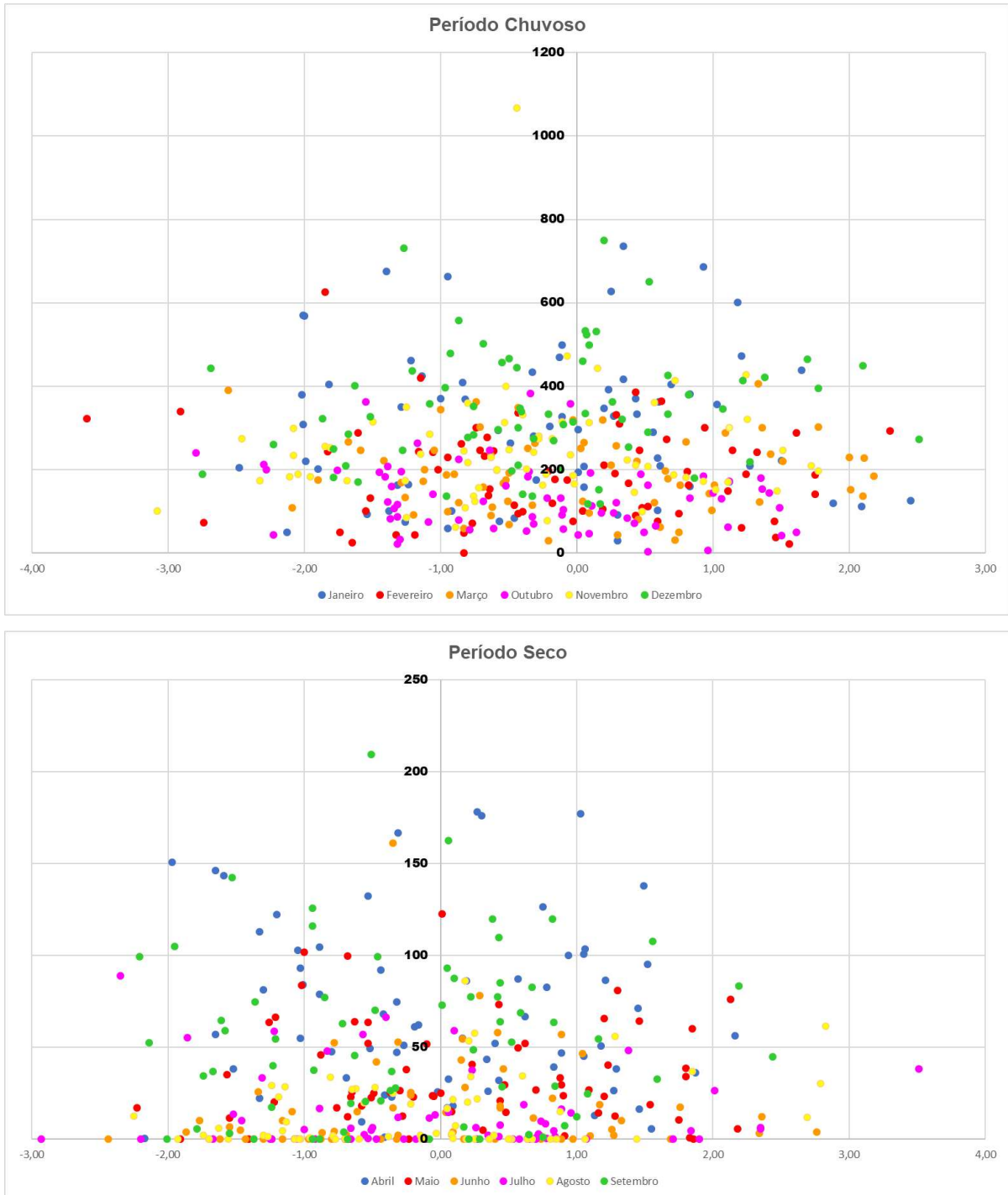
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.26 - Análise da Estação 2043004 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.27 - Análise da Estação 2043004 para ODP.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.28 - Análise da Estação 2043004 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.29 - Análise da Estação 2043042 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.30 - Análise da Estação 2043042 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.31 - Análise da Estação 2043042 para ODP.



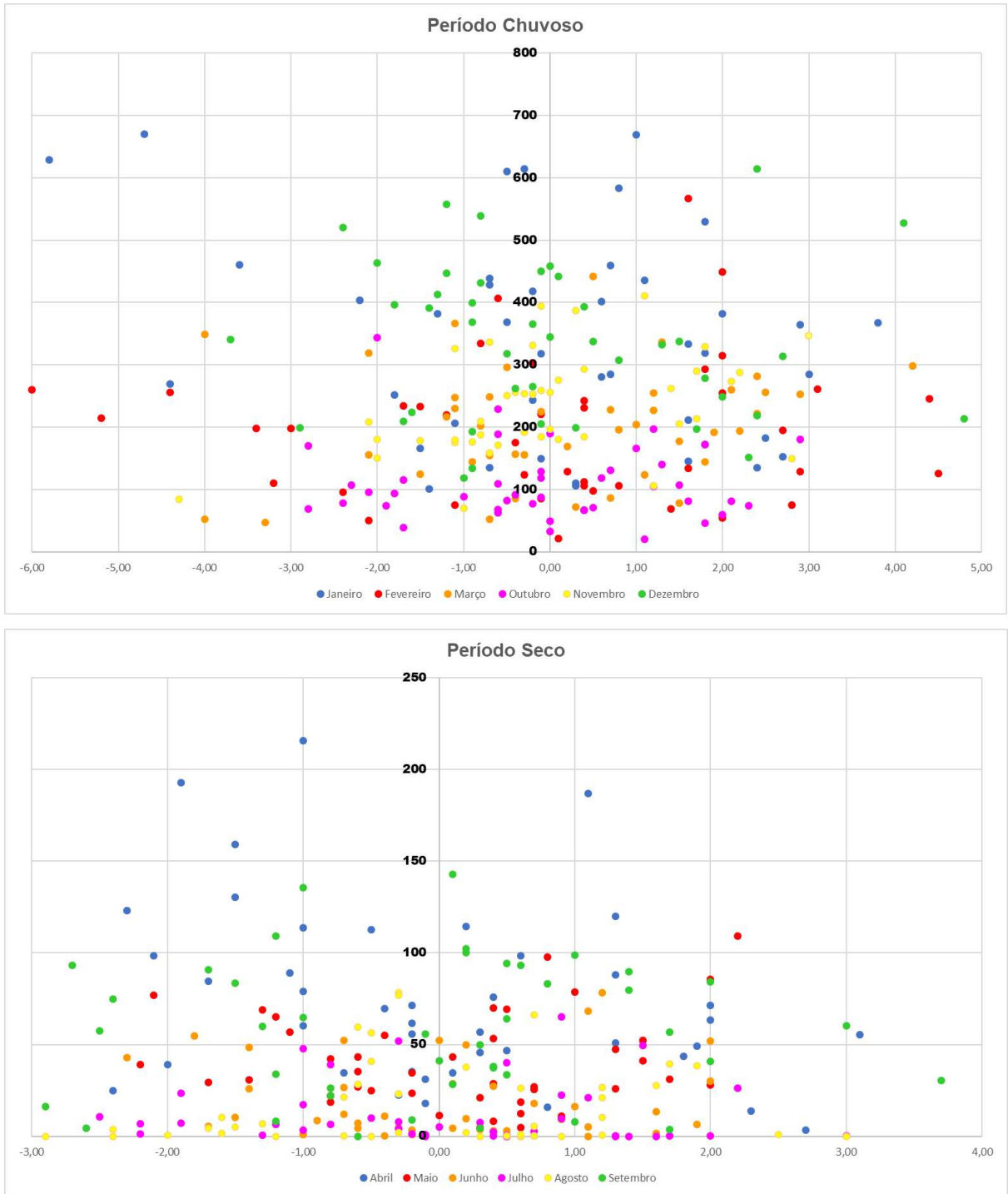
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.32 - Análise da Estação 2043042 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.33 - Análise da Estação 2043043 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.34 - Análise da Estação 2043043 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.35 - Análise da Estação 2043043 para ODP.



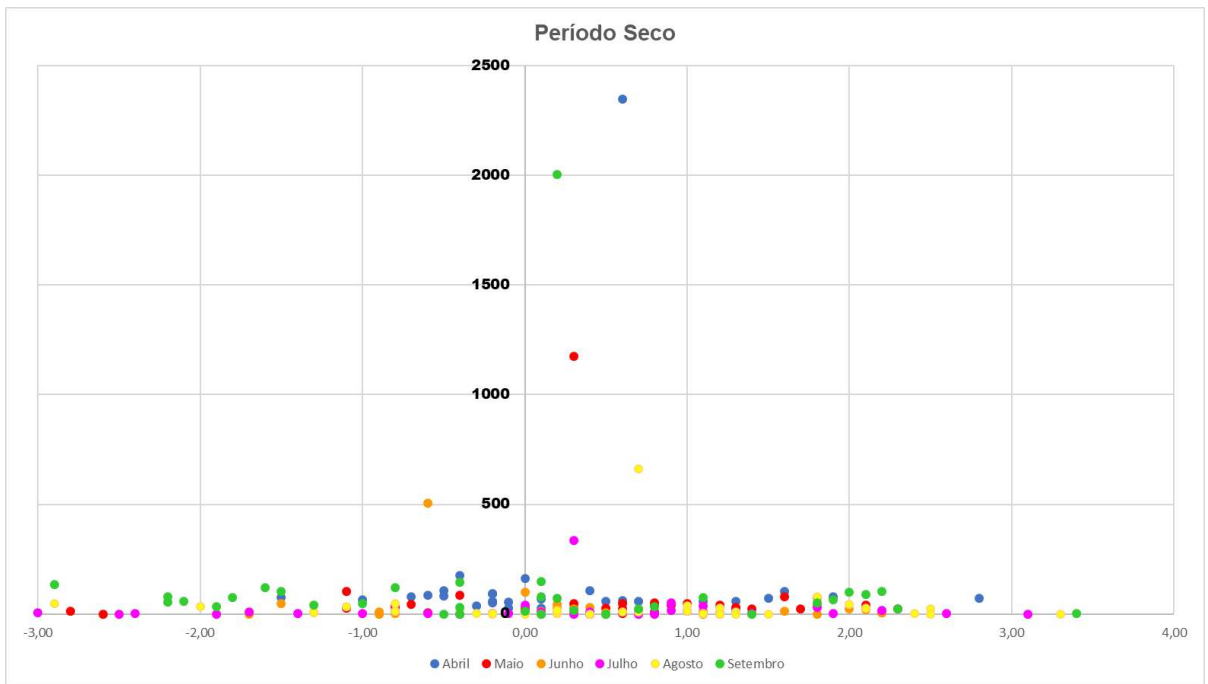
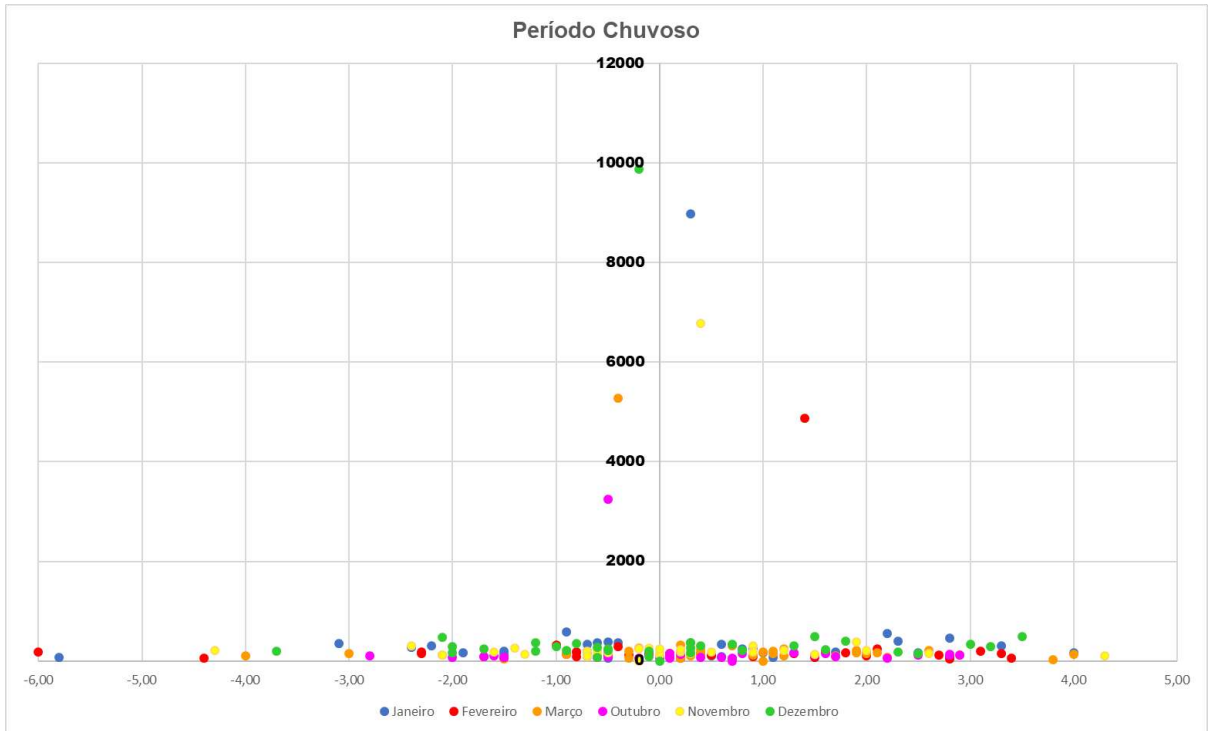
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.36 - Análise da Estação 2043043 para TSAI.



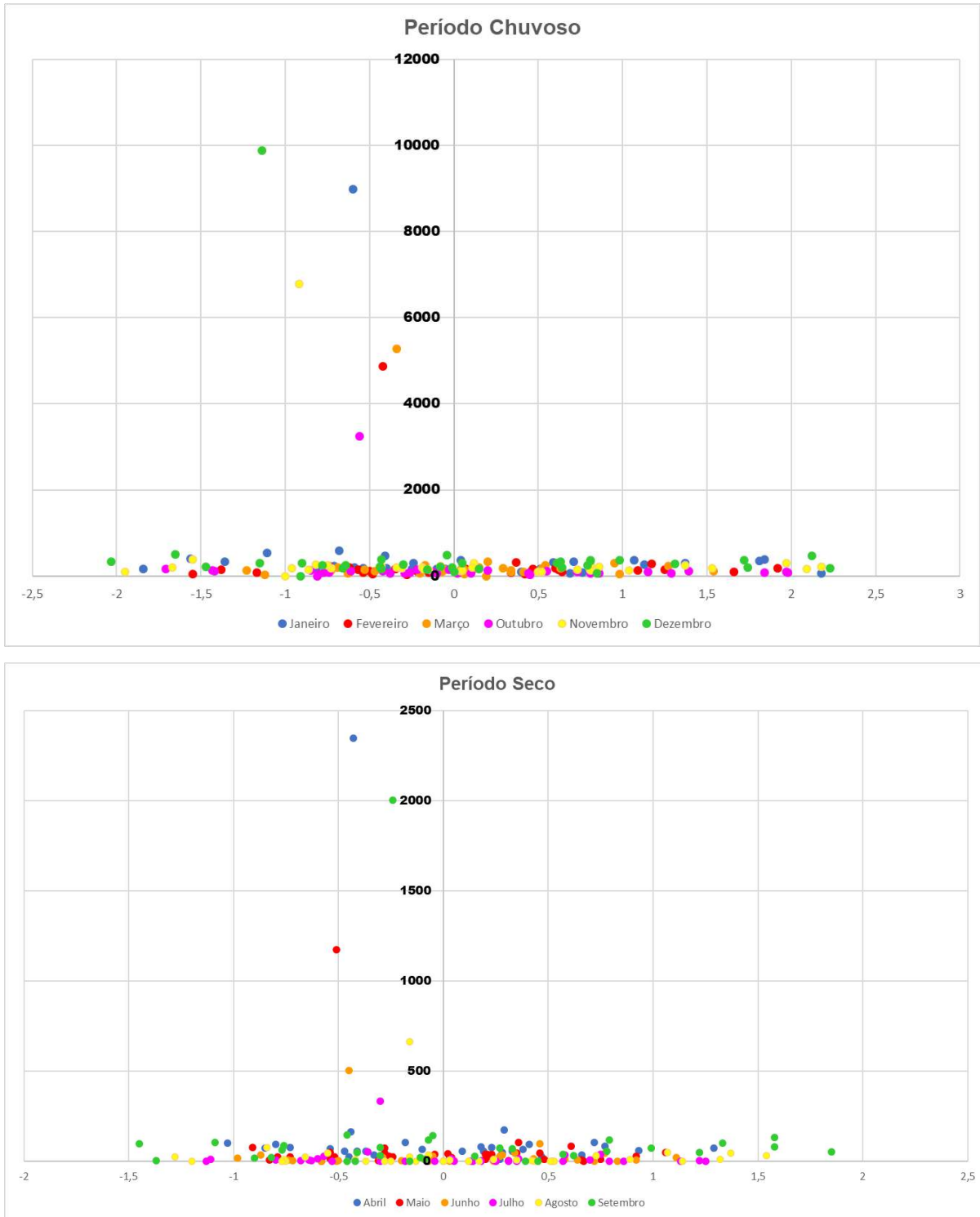
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.37 - Análise da Estação 2043056 para IOS.



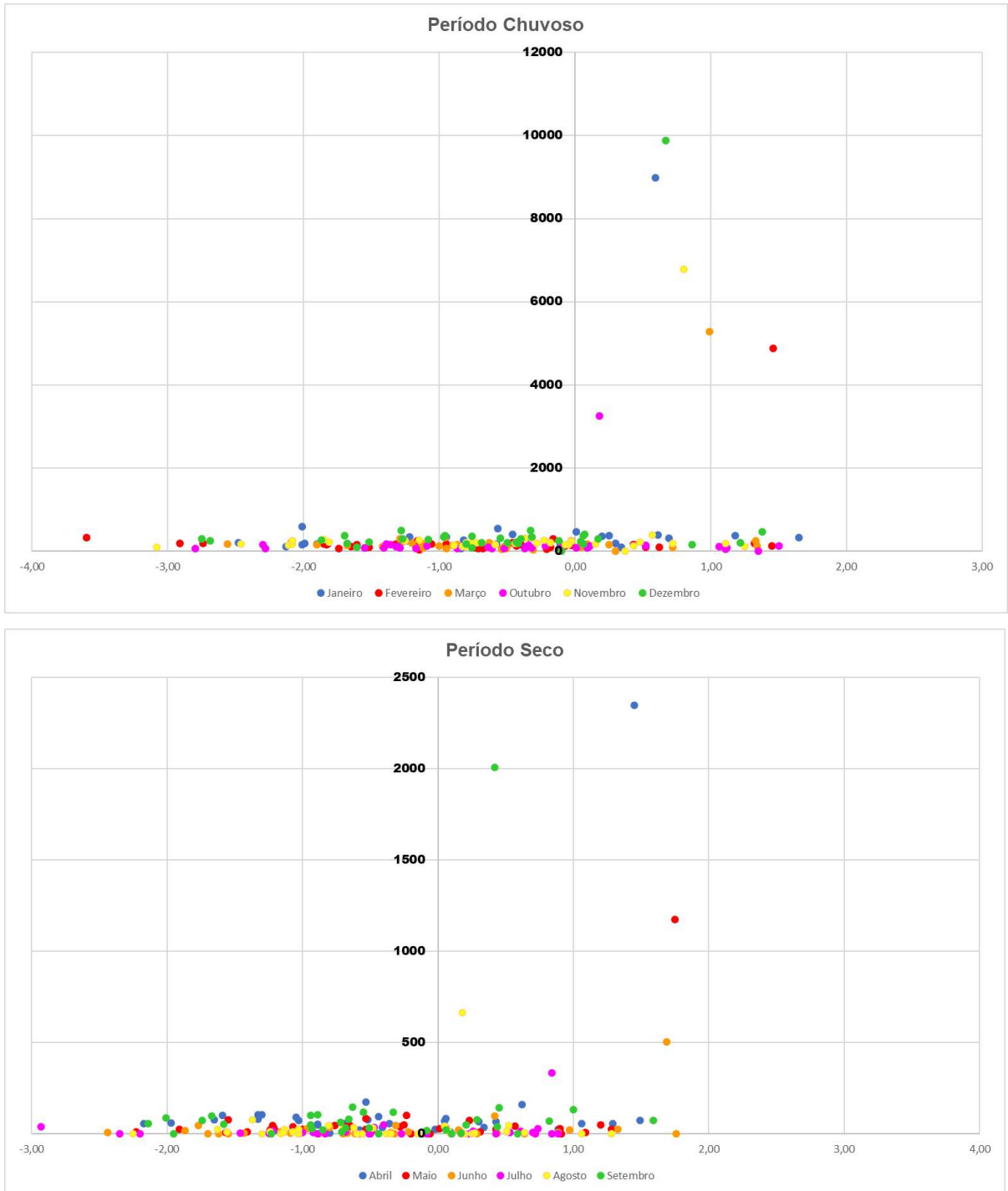
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.38 - Análise da Estação 2043056 para INO.



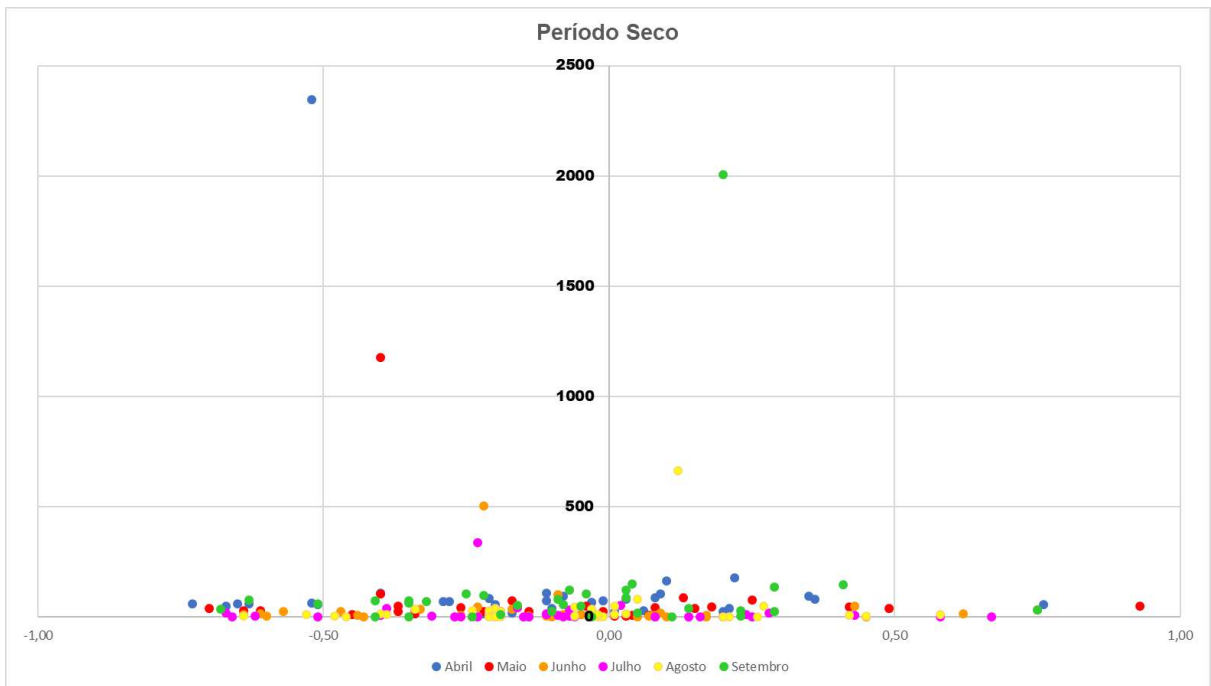
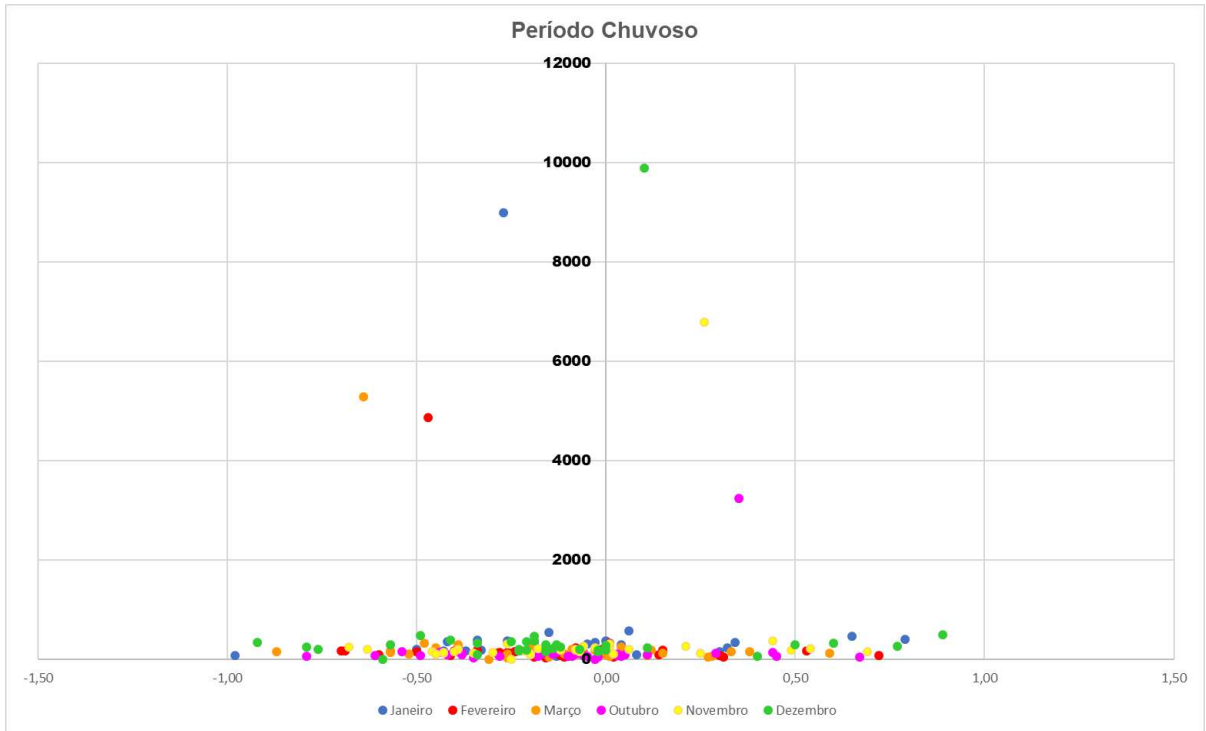
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.39 - Análise da Estação 2043056 para ODP.



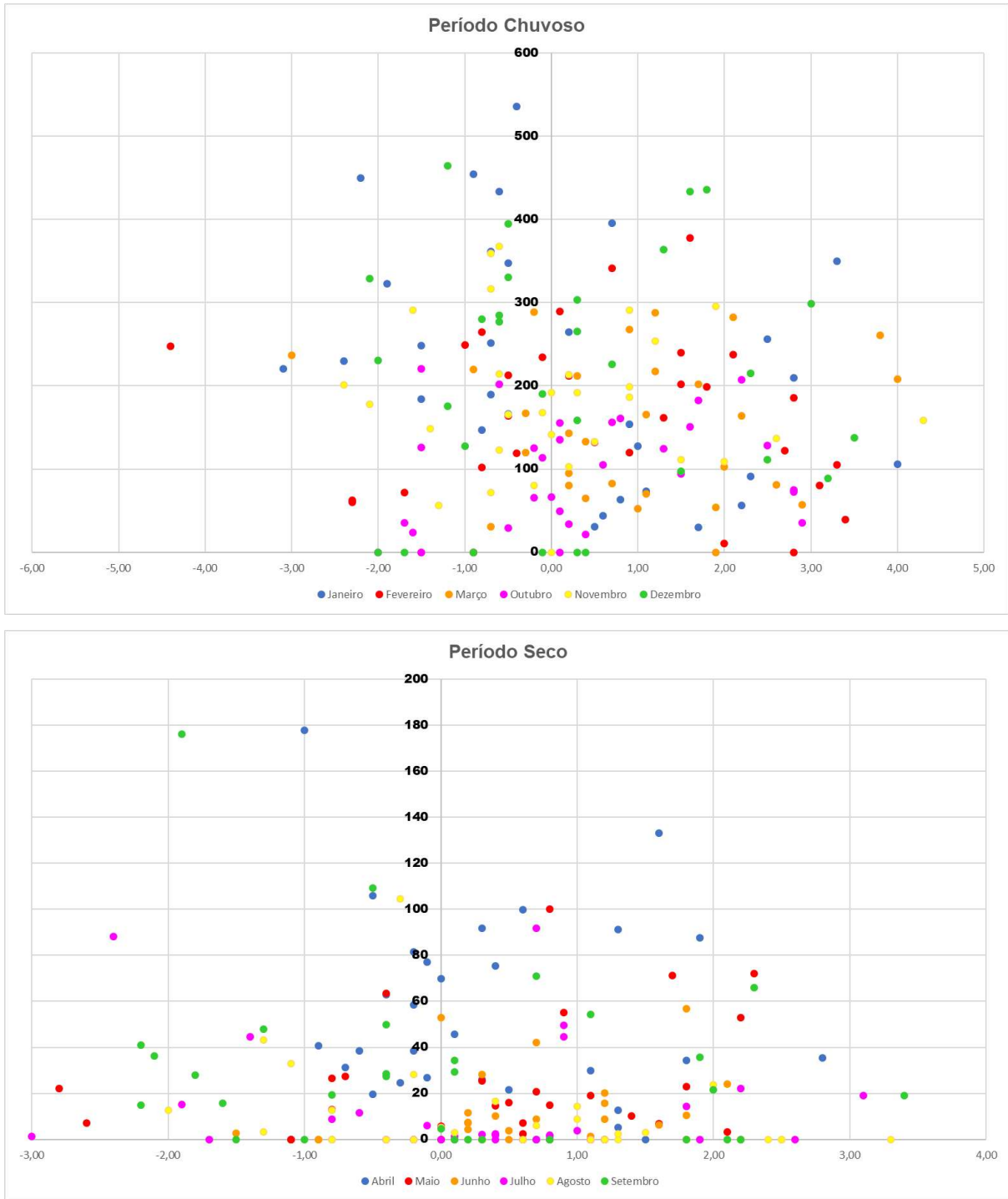
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.40 - Análise da Estação 2043056 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.41 - Análise da Estação 2043057 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.42 - Análise da Estação 2043057 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.43 - Análise da Estação 2043057 para ODP.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.44 - Análise da Estação 2043057 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.45 - Análise da Estação 2043060 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.46 - Análise da Estação 2043060 para INO.



Figura D.47 - Análise da Estação 2043060 para ODP.



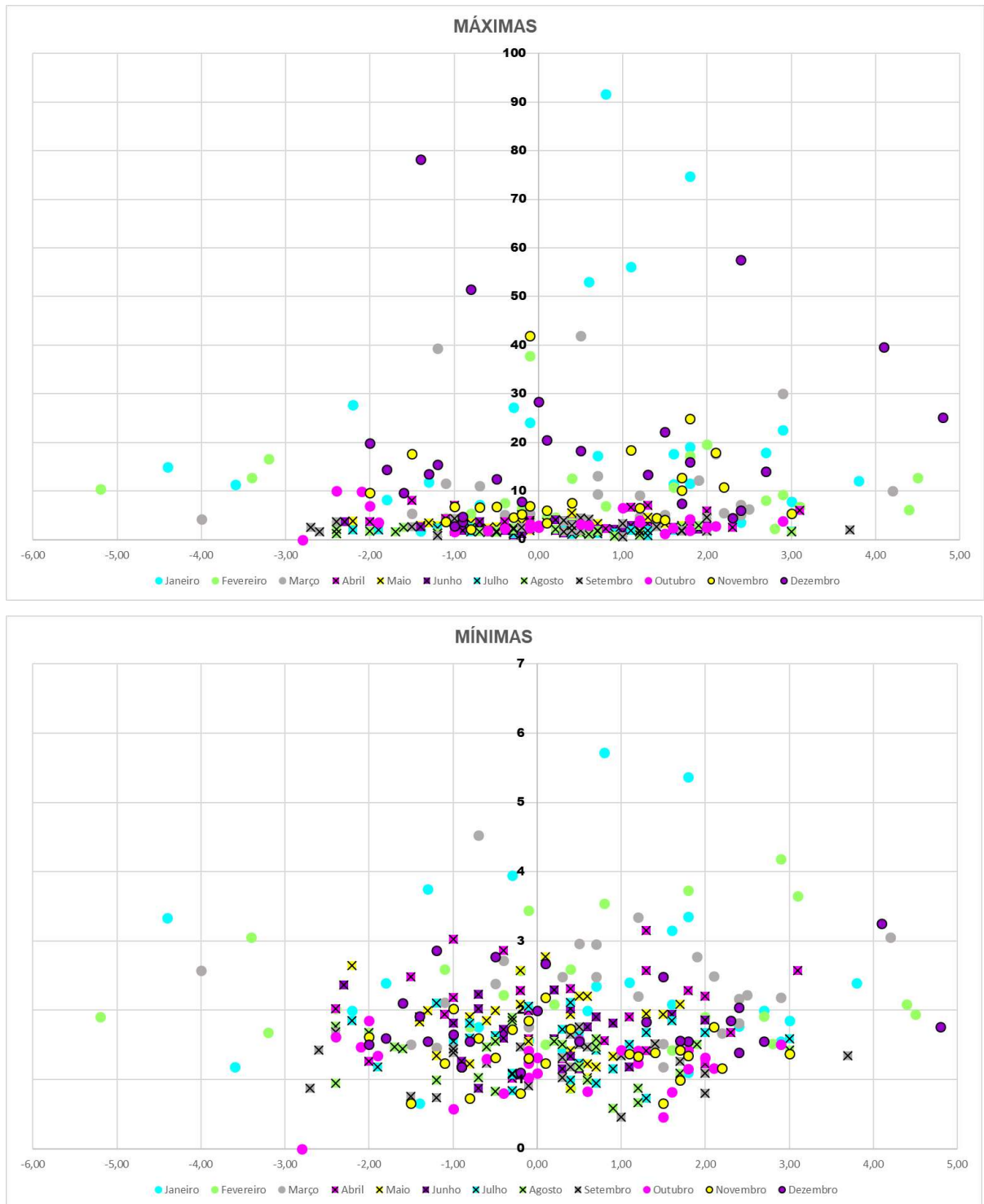
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.48 - Análise da Estação 2043060 para TSAI.



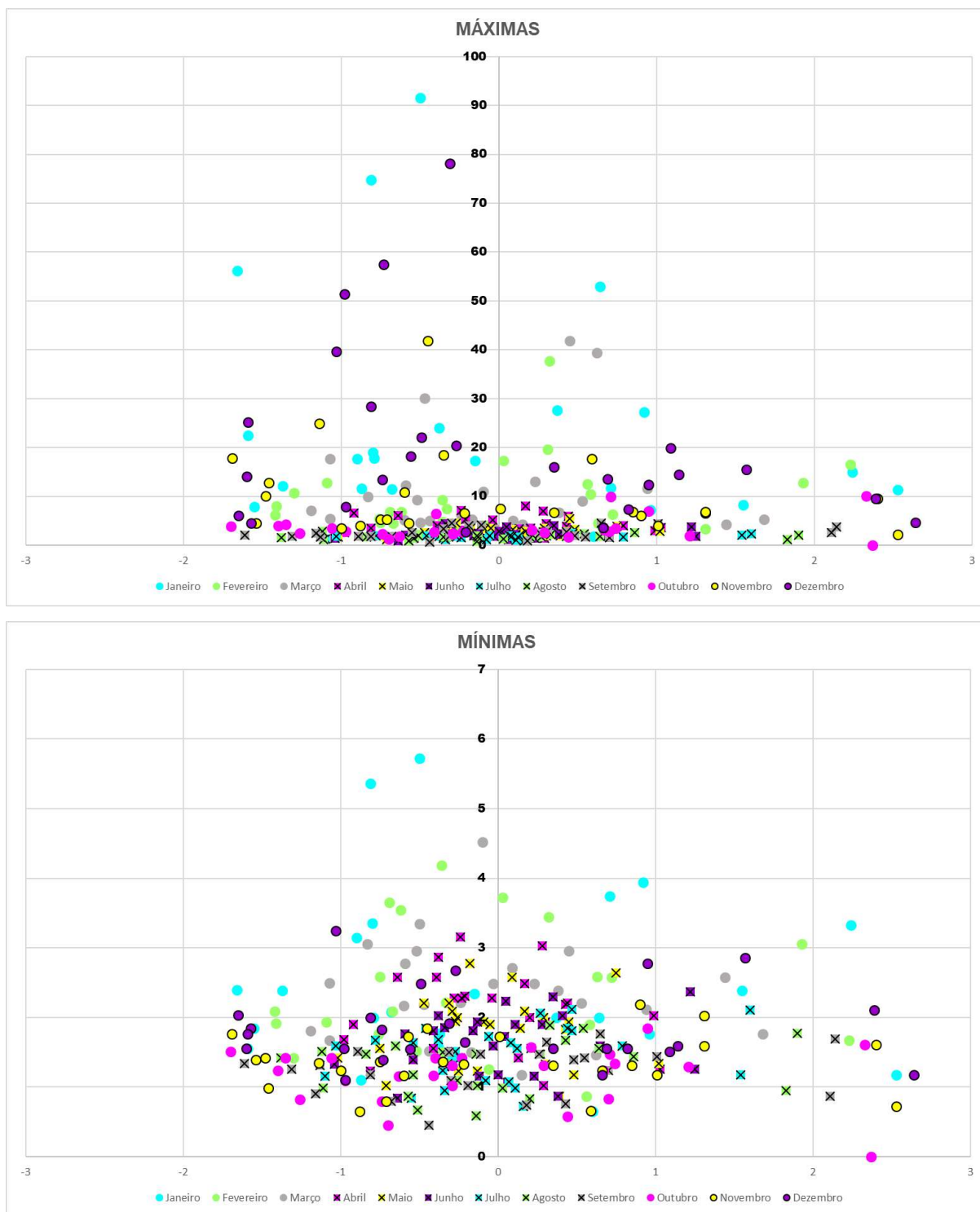
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.49 - Análise da Estação 41151000 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.50 - Análise da Estação 41151000 para INO.



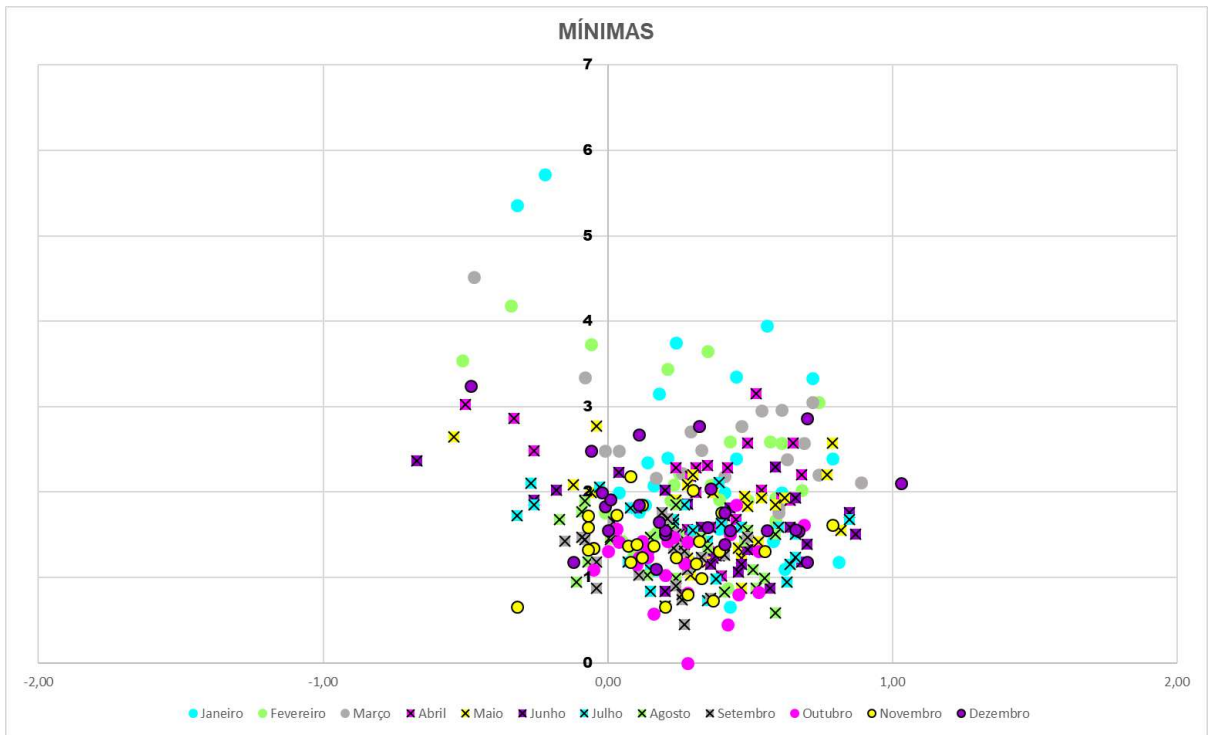
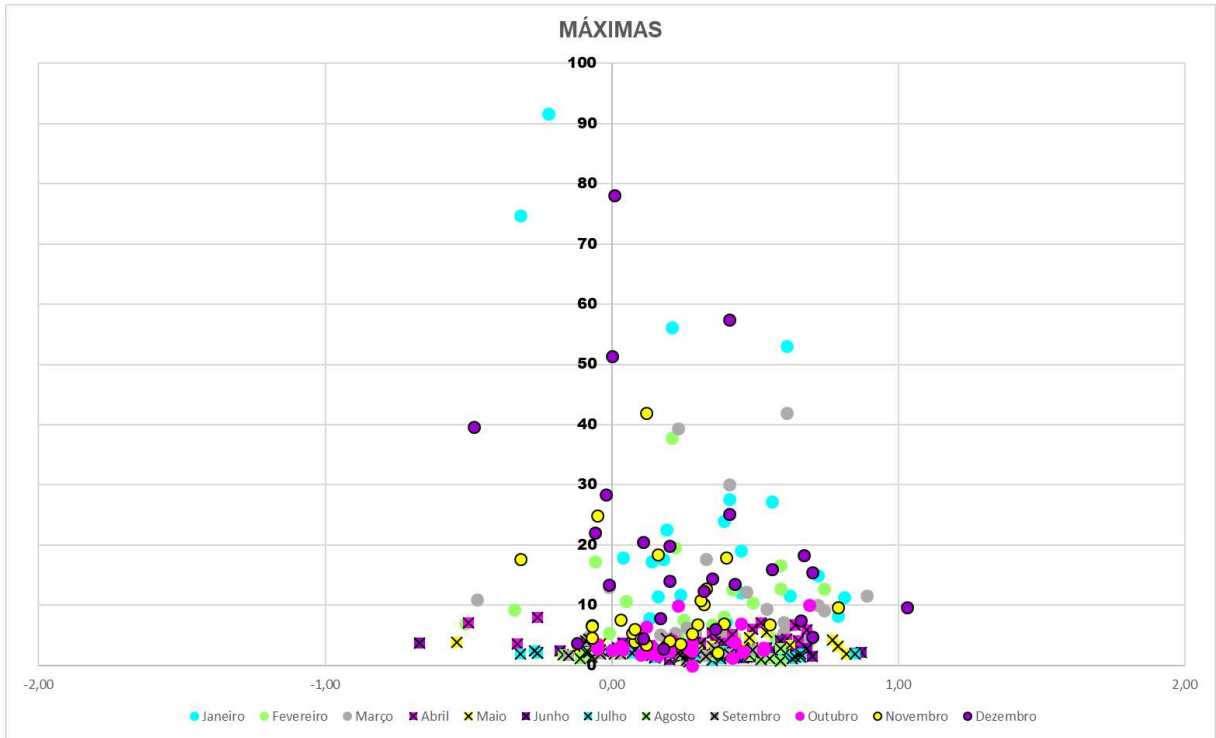
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.51 - Análise da Estação 41151000 para ODP.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.52 - Análise da Estação 41151000 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.53 - Análise da Estação 41151000 para TNAI.



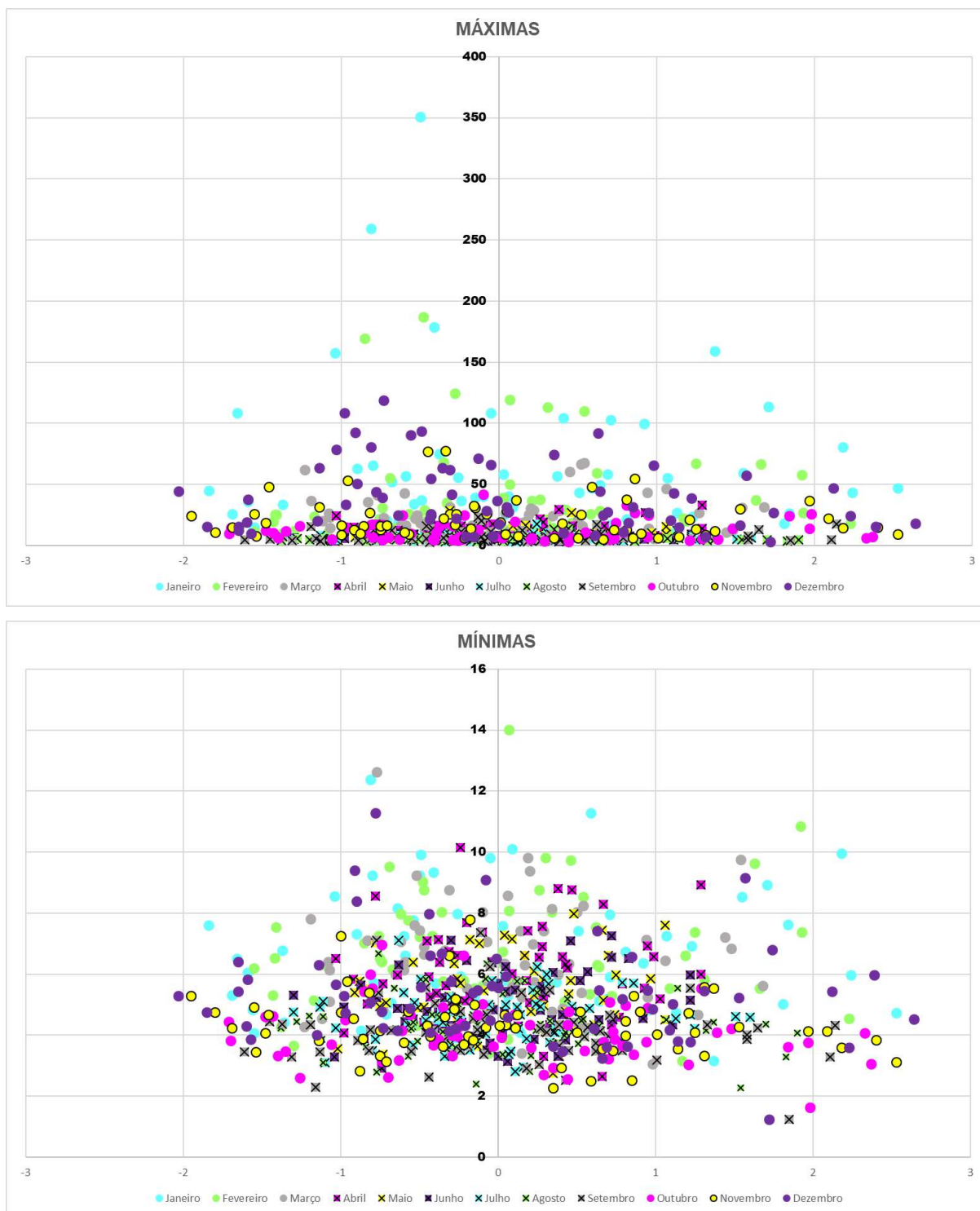
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.54 - Análise da Estação 41180000 para IOS.



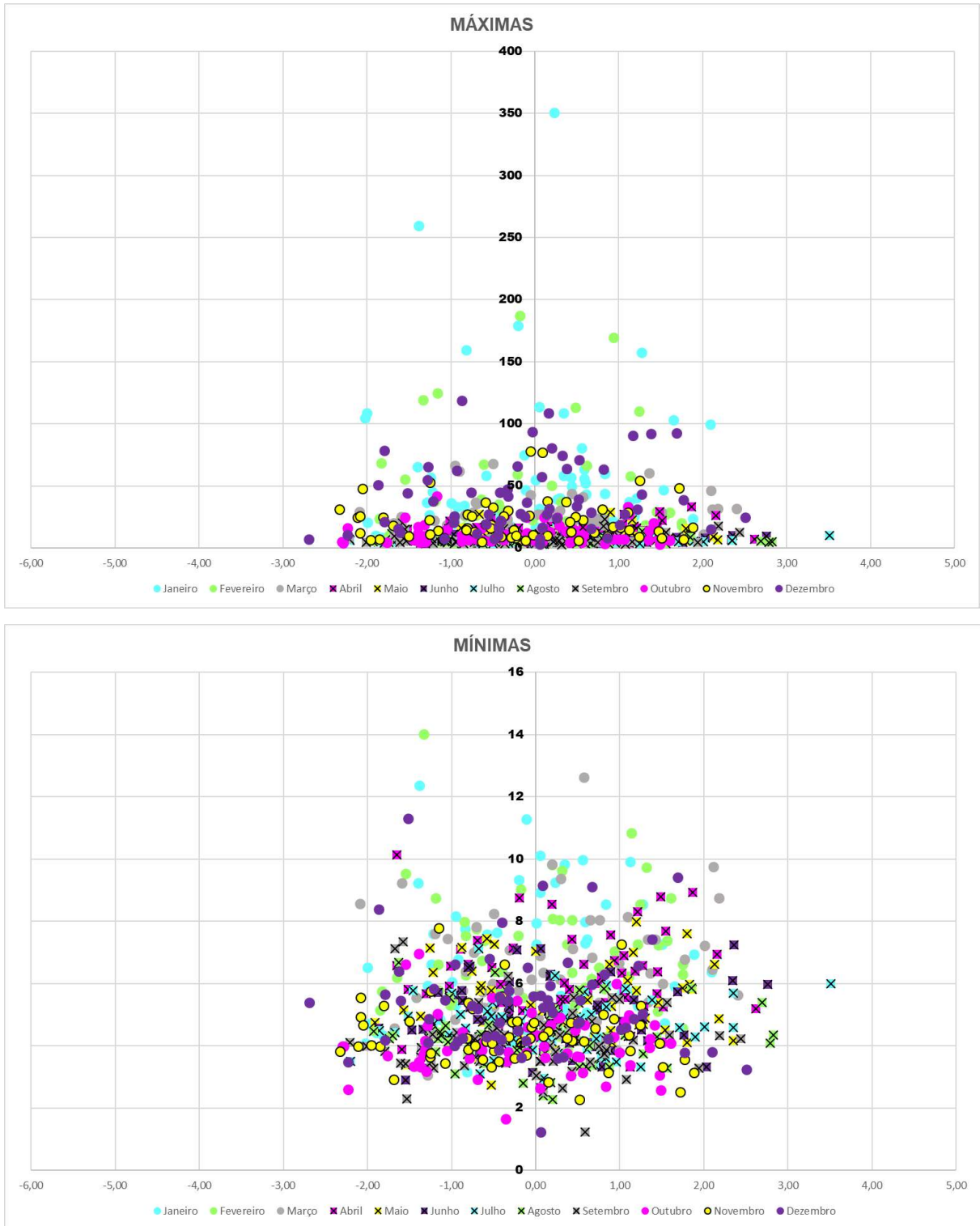
Fonte: A autora, 2020.

Figura D.55 - Análise da Estação 41180000 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.56 - Análise da Estação 41180000 para ODP.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.57 - Análise da Estação 41180000 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.58 - Análise da Estação 41180000 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.59 - Análise da Estação 41199998 para IOS.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.60 - Análise da Estação 41199998 para INO.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.61 - Análise da Estação 41199998 para ODP.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.62 - Análise da Estação 41199998 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

Figura D.63 - Análise da Estação 41199998 para TSAI.



Fonte: A autora, 2020.

ANEXO – Séries históricas dos índices climáticos de referência

Os dados das tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5 foram obtidos no site da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos (*National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*).

Tabela A.1 – Série histórica dos dados referente ao Índice de Oscilação Sul – IOS (Continua).

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1951	2,50	1,50	-0,20	-0,50	-1,10	0,30	-1,70	-0,40	-1,80	-1,60	-1,30	-1,20
1952	-1,50	-1,00	0,90	-0,40	1,20	1,20	0,80	0,10	-0,40	0,60	0,00	-2,00
1953	0,50	-0,80	-0,30	0,30	-2,80	0,20	0,00	-2,00	-2,10	0,10	-0,50	-0,80
1954	1,10	-0,50	0,40	1,10	0,80	0,20	0,70	1,80	0,30	0,40	0,20	2,30
1955	-0,90	3,10	1,10	-0,20	1,70	2,20	2,60	2,40	2,20	2,50	2,00	1,60
1956	2,20	2,70	2,20	1,50	2,30	1,80	1,80	2,00	0,10	2,90	0,20	1,80
1957	1,00	-0,10	0,30	0,40	-1,10	0,30	0,40	-0,80	-1,50	0,10	-1,60	-0,50
1958	-3,10	-0,80	0,40	0,60	-0,80	0,50	0,70	1,50	-0,50	0,10	-0,70	-1,00
1959	-1,50	-2,30	2,10	0,70	0,80	-0,20	-0,40	-0,20	0,00	0,80	1,50	1,50
1960	0,20	0,20	1,70	1,30	0,90	0,20	0,80	1,30	1,10	0,20	0,90	1,30
1961	-0,40	1,50	-3,00	1,30	0,50	0,20	0,40	0,20	0,10	-0,50	0,90	2,50
1962	3,30	-0,50	0,20	0,30	1,80	1,20	0,10	1,00	0,70	1,60	0,50	0,30
1963	1,70	0,90	1,90	1,30	0,60	-0,80	-0,20	0,00	-1,00	-2,00	-1,40	-2,00
1964	-0,60	0,10	1,90	1,80	0,40	1,20	0,90	2,50	2,10	2,20	0,30	-0,50
1965	-0,70	0,70	1,20	-0,90	0,30	-0,90	-3,00	-1,10	-2,20	-1,50	-2,40	0,30
1966	-2,20	-0,40	-1,50	-0,30	-0,70	0,50	0,10	1,10	-0,40	-0,20	0,00	-0,60
1967	2,80	2,80	2,00	-0,10	0,00	1,10	0,30	1,20	0,80	0,10	-0,70	-0,90
1968	0,90	2,10	0,20	0,00	2,10	1,80	1,10	0,40	-0,40	-0,10	-0,60	0,30
1969	-2,40	-0,90	0,70	-0,60	-0,40	0,30	-0,80	-0,20	-1,60	-1,50	-0,10	0,70
1970	-1,90	-1,70	1,00	-0,10	0,60	1,60	-0,60	1,00	1,90	1,70	2,60	3,20
1971	0,60	3,30	3,80	2,80	1,40	0,70	0,40	2,50	2,30	2,80	0,90	0,40
1972	0,80	1,80	1,10	-0,20	-2,60	-0,90	-2,40	-0,80	-2,20	-1,50	-0,60	-2,10
1973	-0,50	-2,30	1,20	0,10	0,70	1,80	1,00	2,10	2,00	1,30	4,30	3,00
1974	4,00	3,40	4,00	1,60	1,60	0,70	1,90	1,30	1,80	1,50	-0,20	0,30
1975	-0,80	1,30	2,60	1,90	1,10	2,10	3,10	3,30	3,40	2,80	1,90	3,50
1976	2,30	2,80	2,90	0,50	0,60	0,40	-1,40	-1,30	-1,90	0,70	1,20	-0,60
1977	-0,70	2,00	-0,90	-0,70	-0,80	-1,50	-1,90	-1,30	-1,30	-1,70	-2,10	-1,70
1978	-0,50	-4,40	-0,30	-0,50	2,20	1,10	0,90	0,70	0,10	-0,60	0,00	-0,10
1979	-0,70	1,60	0,20	-0,20	0,80	1,10	2,20	-0,30	0,20	-0,20	-0,70	-1,20
1980	0,70	0,50	-0,70	-1,00	0,00	0,00	-0,10	0,60	-0,80	0,00	-0,60	-0,10
1981	0,60	-0,30	-2,10	-0,20	1,30	2,00	1,40	1,20	0,50	-0,60	0,30	0,80
1982	2,00	0,40	1,00	0,10	-0,60	-1,70	-2,50	-2,90	-2,90	-2,80	-4,30	-3,70
1983	-5,80	-6,00	-4,00	-1,50	1,00	0,10	-1,00	0,20	1,40	0,70	-0,20	0,00

Tabela A.1 – Série histórica dos dados referente ao índice climático Índice de Oscilação Sul - IOS (Continuação).

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1984	0,30	1,40	-0,40	0,60	0,30	-0,60	0,30	0,70	0,20	-0,50	0,40	-0,20
1985	-0,50	2,00	1,30	1,90	0,70	-0,60	-0,20	1,60	0,00	-0,60	-0,30	0,40
1986	1,60	-1,70	0,80	0,50	-0,40	1,60	0,50	-0,60	-0,80	1,10	-2,00	-2,40
1987	-1,10	-2,10	-2,10	-2,30	-2,10	-1,80	-2,20	-1,50	-1,70	-0,60	0,00	-0,80
1988	-0,20	-0,60	1,10	0,20	1,50	0,10	1,70	2,50	3,00	2,30	2,80	2,00
1989	2,50	2,00	1,80	2,70	2,00	1,20	1,50	-0,50	0,80	1,30	-0,40	-0,90
1990	-0,10	-3,00	-0,70	0,30	2,00	0,50	0,90	-0,30	-1,20	0,40	-0,80	-0,40
1991	1,00	0,40	-1,10	-1,00	-1,70	-0,20	0,00	-0,70	-2,50	-1,70	-1,10	-2,90
1992	-4,70	-1,50	-3,30	-1,70	0,40	-1,00	-1,00	0,60	0,10	-2,30	-1,10	-0,90
1993	-1,50	-1,20	-0,80	-1,90	-0,60	-1,40	-1,30	-1,60	-1,20	-1,80	-0,10	0,30
1994	-0,20	0,40	-1,10	-2,10	-1,10	-0,70	-2,20	-2,00	-2,60	-1,90	-0,90	-2,00
1995	-0,70	-0,20	1,20	-1,10	-0,60	0,20	0,70	0,50	0,40	0,00	0,10	-0,80
1996	1,60	0,40	1,90	1,30	0,50	1,90	1,10	1,20	1,00	1,00	-0,10	1,50
1997	0,80	2,90	-0,70	-1,00	-2,20	-2,30	-1,20	-2,40	-2,40	-2,40	-2,00	-1,60
1998	-4,40	-3,40	-4,00	-2,40	0,40	1,60	2,00	1,90	1,70	1,80	1,70	2,30
1999	3,00	1,60	2,10	2,30	0,40	0,40	0,90	0,60	-0,10	1,60	1,70	2,40
2000	1,10	2,70	2,20	2,00	0,60	-0,30	-0,30	1,20	1,40	1,80	3,00	1,30
2001	1,60	2,80	1,50	0,30	-0,80	0,50	-0,30	-0,70	0,30	-0,10	1,10	-1,40
2002	0,70	1,80	-0,40	-0,10	-1,40	-0,40	-0,80	-1,60	-1,00	-0,60	-0,70	-1,80
2003	-0,30	-1,10	-0,50	-0,20	-0,50	-1,00	0,50	0,20	-0,20	0,00	-0,50	1,80
2004	-2,20	2,00	0,70	-1,50	1,70	-1,40	-0,80	-0,50	-0,60	-0,10	-1,10	-1,30
2005	0,60	-5,20	0,50	-1,00	-1,30	0,70	0,30	-0,60	0,60	2,00	-0,30	0,00
2006	2,70	0,20	2,90	1,80	-0,80	-0,40	-1,00	-1,70	-1,00	-2,10	0,10	-0,50
2007	-1,30	-0,10	0,30	-0,20	-0,20	0,90	-0,50	0,70	0,30	1,20	1,40	2,70
2008	2,90	4,40	2,40	1,10	-0,10	1,00	0,50	1,70	2,00	2,10	2,20	2,40
2009	1,80	3,10	0,70	1,30	-0,20	0,20	0,40	-0,30	0,50	-2,00	-1,00	-1,20
2010	-1,80	-2,40	-1,10	2,00	1,50	0,60	3,00	3,00	3,70	2,90	2,10	4,80
2011	3,80	4,50	4,20	3,10	0,60	0,40	1,60	0,70	1,70	1,20	1,80	4,10
2012	1,80	0,80	1,20	-0,40	0,10	-0,70	-0,10	-0,30	0,40	0,50	0,40	-1,00
2013	-0,10	-0,40	2,50	0,40	1,30	2,00	1,30	0,30	0,50	-0,10	1,20	0,10
2014	2,40	0,10	-1,50	1,30	0,90	0,30	-0,30	-1,20	-1,20	-1,00	-1,50	-0,90
2015	-1,40	0,40	-1,20	-0,10	-1,20	-0,90	-1,90	-2,40	-2,70	-2,80	-0,80	-0,90
2016	-3,60	-3,20	-0,10	-2,00	0,70	1,10	0,70	1,20	2,00	-0,40	-0,20	0,50
2017	0,30	-0,10	1,50	-0,30	0,40	-0,70	1,30	0,90	1,00	1,50	1,50	-0,20
2018	1,80	-0,80	2,40	0,80	0,60	-0,20	0,40	-0,50	-1,50	0,60	-0,10	1,70
2019	-0,10	-2,30	-0,50	0,20	-0,70	-0,70	-0,60	-0,20	-1,90	-0,60		

Fonte: NOAA, 2018.

Tabela A.2 – Série histórica dos dados referente ao Índice *Niño* Oceânico (INO) (Continua).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1951	-0,82	-0,54	-0,17	0,18	0,36	0,58	0,7	0,89	0,99	1,15	1,04	0,81
1952	0,53	0,37	0,34	0,29	0,2	0	-0,08	0	0,15	0,1	0,04	0,15
1953	0,4	0,6	0,63	0,66	0,75	0,77	0,75	0,73	0,78	0,84	0,84	0,81
1954	0,76	0,47	-0,05	-0,41	-0,54	-0,5	-0,64	-0,84	-0,9	-0,77	-0,73	-0,66
1955	-0,68	-0,62	-0,69	-0,8	-0,79	-0,72	-0,68	-0,75	-1,09	-1,42	-1,67	-1,47
1956	-1,11	-0,76	-0,63	-0,54	-0,52	-0,51	-0,57	-0,55	-0,46	-0,42	-0,43	-0,43
1957	-0,25	0,06	0,41	0,72	0,92	1,11	1,25	1,32	1,33	1,39	1,53	1,74
1958	1,81	1,66	1,27	0,93	0,74	0,64	0,57	0,43	0,39	0,44	0,5	0,61
1959	0,61	0,62	0,52	0,33	0,2	-0,07	-0,18	-0,28	-0,09	-0,03	0,05	-0,04
1960	-0,1	-0,1	-0,07	0,03	0,02	0,03	0,13	0,24	0,27	0,2	0,12	0,05
1961	0,04	0,03	0,04	0,09	0,23	0,27	0,14	-0,13	-0,3	-0,26	-0,19	-0,16
1962	-0,24	-0,22	-0,2	-0,26	-0,28	-0,2	-0,04	-0,07	-0,11	-0,22	-0,31	-0,43
1963	-0,4	-0,15	0,15	0,27	0,31	0,52	0,86	1,14	1,22	1,29	1,37	1,31
1964	1,07	0,62	0,12	-0,33	-0,58	-0,58	-0,6	-0,66	-0,76	-0,8	-0,82	-0,78
1965	-0,59	-0,28	-0,07	0,18	0,46	0,83	1,22	1,54	1,85	1,98	1,97	1,72
1966	1,37	1,17	0,98	0,66	0,35	0,24	0,24	0,12	-0,05	-0,1	-0,18	-0,3
1967	-0,41	-0,48	-0,53	-0,45	-0,24	0	0,05	-0,16	-0,3	-0,38	-0,34	-0,44
1968	-0,64	-0,74	-0,62	-0,44	-0,04	0,28	0,58	0,53	0,45	0,55	0,73	0,98
1969	1,13	1,09	0,95	0,77	0,61	0,43	0,36	0,51	0,79	0,86	0,81	0,63
1970	0,51	0,34	0,29	0,19	0,04	-0,3	-0,63	-0,76	-0,77	-0,74	-0,86	-1,15
1971	-1,36	-1,38	-1,12	-0,85	-0,73	-0,74	-0,8	-0,77	-0,82	-0,85	-0,96	-0,9
1972	-0,71	-0,35	0,06	0,41	0,67	0,92	1,13	1,37	1,58	1,84	2,09	2,12
1973	1,84	1,25	0,54	-0,1	-0,54	-0,87	-1,11	-1,28	-1,45	-1,71	-1,95	-2,03
1974	-1,84	-1,55	-1,23	-1,03	-0,91	-0,77	-0,53	-0,37	-0,41	-0,61	-0,75	-0,64
1975	-0,54	-0,57	-0,65	-0,73	-0,83	-0,98	-1,13	-1,2	-1,37	-1,43	-1,55	-1,65
1976	-1,56	-1,17	-0,73	-0,47	-0,28	-0,05	0,18	0,35	0,62	0,81	0,86	0,85
1977	0,71	0,64	0,34	0,23	0,21	0,34	0,35	0,42	0,57	0,73	0,81	0,79
1978	0,69	0,42	0,06	-0,18	-0,31	-0,29	-0,36	-0,42	-0,42	-0,29	-0,08	0
1979	0,03	0,07	0,2	0,28	0,23	0,05	0,04	0,17	0,33	0,45	0,52	0,64
1980	0,59	0,46	0,34	0,38	0,48	0,46	0,25	0,03	-0,07	0,02	0,11	-0,01
1981	-0,26	-0,5	-0,47	-0,37	-0,26	-0,29	-0,3	-0,25	-0,16	-0,13	-0,15	-0,08
1982	-0,05	0,07	0,19	0,47	0,66	0,72	0,79	1,07	1,58	1,97	2,18	2,23
1983	2,18	1,92	1,54	1,29	1,06	0,72	0,31	-0,08	-0,46	-0,81	-1	-0,91
1984	-0,6	-0,42	-0,34	-0,43	-0,51	-0,45	-0,3	-0,16	-0,24	-0,56	-0,92	-1,14
1985	-1,04	-0,85	-0,77	-0,78	-0,78	-0,63	-0,49	-0,46	-0,4	-0,35	-0,27	-0,36
1986	-0,49	-0,47	-0,31	-0,2	-0,12	-0,04	0,22	0,44	0,71	0,94	1,14	1,22
1987	1,23	1,19	1,06	0,95	0,97	1,22	1,51	1,7	1,65	1,48	1,25	1,11
1988	0,81	0,54	0,14	-0,31	-0,88	-1,3	-1,3	-1,11	-1,19	-1,48	-1,8	-1,85
1989	-1,69	-1,43	-1,08	-0,83	-0,58	-0,4	-0,31	-0,27	-0,24	-0,22	-0,16	-0,05
1990	0,14	0,21	0,28	0,29	0,29	0,31	0,33	0,38	0,39	0,35	0,4	0,41
1991	0,41	0,26	0,22	0,26	0,45	0,64	0,73	0,64	0,62	0,79	1,21	1,53
1992	1,71	1,63	1,48	1,29	1,06	0,73	0,37	0,09	-0,13	-0,25	-0,28	-0,13

Tabela A.2 – Série histórica dos dados referente ao Índice *Niño* Oceânico - INO (Continuação).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1993	0,09	0,3	0,5	0,67	0,7	0,57	0,32	0,25	0,15	0,1	0,04	0,06
1994	0,06	0,07	0,17	0,31	0,42	0,41	0,44	0,43	0,55	0,74	1,01	1,09
1995	0,96	0,72	0,53	0,3	0,14	-0,03	-0,24	-0,54	-0,81	-0,97	-1	-0,98
1996	-0,9	-0,75	-0,59	-0,39	-0,31	-0,3	-0,27	-0,32	-0,35	-0,4	-0,45	-0,49
1997	-0,5	-0,36	-0,1	0,28	0,75	1,22	1,6	1,9	2,14	2,33	2,4	2,39
1998	2,24	1,93	1,44	0,99	0,45	-0,13	-0,78	-1,12	-1,31	-1,35	-1,48	-1,57
1999	-1,55	-1,3	-1,07	-0,98	-1,02	-1,04	-1,1	-1,11	-1,16	-1,26	-1,46	-1,65
2000	-1,66	-1,41	-1,07	-0,81	-0,71	-0,64	-0,55	-0,51	-0,55	-0,63	-0,75	-0,74
2001	-0,68	-0,52	-0,44	-0,34	-0,25	-0,12	-0,08	-0,13	-0,19	-0,29	-0,35	-0,31
2002	-0,15	0,03	0,09	0,2	0,43	0,65	0,79	0,86	1,01	1,21	1,31	1,14
2003	0,92	0,63	0,38	-0,04	-0,26	-0,16	0,08	0,21	0,26	0,29	0,35	0,35
2004	0,37	0,31	0,23	0,17	0,17	0,28	0,47	0,64	0,7	0,67	0,66	0,69
2005	0,64	0,58	0,45	0,43	0,29	0,11	-0,06	-0,14	-0,11	-0,29	-0,57	-0,81
2006	-0,79	-0,67	-0,47	-0,28	-0,05	0,04	0,12	0,27	0,48	0,71	0,9	0,95
2007	0,71	0,32	-0,03	-0,23	-0,29	-0,41	-0,54	-0,84	-1,13	-1,4	-1,54	-1,6
2008	-1,59	-1,42	-1,19	-0,92	-0,75	-0,54	-0,35	-0,26	-0,3	-0,41	-0,6	-0,73
2009	-0,8	-0,69	-0,52	-0,24	0,09	0,35	0,47	0,54	0,65	0,95	1,31	1,57
2010	1,55	1,31	0,94	0,44	-0,09	-0,59	-1,03	-1,38	-1,61	-1,7	-1,69	-1,59
2011	-1,37	-1,09	-0,83	-0,64	-0,47	-0,38	-0,46	-0,65	-0,89	-1,06	-1,14	-1,03
2012	-0,81	-0,62	-0,5	-0,38	-0,18	0,05	0,27	0,33	0,31	0,21	0,01	-0,21
2013	-0,38	-0,33	-0,24	-0,21	-0,27	-0,34	-0,38	-0,35	-0,31	-0,23	-0,22	-0,27
2014	-0,37	-0,36	-0,17	0,13	0,3	0,23	0,07	0,03	0,18	0,44	0,59	0,66
2015	0,6	0,56	0,62	0,79	1,02	1,25	1,54	1,83	2,11	2,37	2,53	2,64
2016	2,53	2,23	1,68	1,03	0,48	0	-0,34	-0,57	-0,68	-0,74	-0,71	-0,56
2017	-0,29	-0,06	0,15	0,29	0,39	0,38	0,16	-0,14	-0,44	-0,7	-0,88	-0,97
2018	-0,87	-0,76	-0,6	-0,41	-0,13	0,06	0,11	0,2	0,43	0,7	0,85	0,82
2019	0,81	0,83	0,82	0,76	0,64	0,53	0,31	0,12	0,14			

Fonte: NOAA, 2018.

Tabela A.3 – Série histórica dos dados referente ao índice climático Oscilação Decadal do Pacífico – ODP (Continua).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1949	-2,01	-3,60	-1,00	-0,53	-1,07	-0,70	-0,56	-1,30	-0,93	-1,41	-0,83	-0,80
1950	-2,13	-2,91	-1,13	-1,20	-2,23	-1,77	-2,93	-0,70	-2,14	-1,36	-2,46	-0,76
1951	-1,54	-1,06	-1,90	-0,36	-0,25	-1,09	0,70	-1,37	-0,08	-0,32	-0,28	-1,68
1952	-2,01	-0,46	-0,63	-1,05	-1,00	-1,43	-1,25	-0,60	-0,89	-0,35	-0,76	0,04
1953	-0,57	-0,07	-1,12	0,05	0,43	0,29	0,74	0,05	-0,63	-1,09	-0,03	0,07
1954	-1,32	-1,61	-0,52	-1,33	0,01	0,97	0,43	0,08	-0,94	0,52	0,72	-0,50
1955	0,20	-1,52	-1,26	-1,97	-1,21	-2,44	-2,35	-2,25	-1,95	-2,80	-3,08	-2,75
1956	-2,48	-2,74	-2,56	-2,17	-1,41	-1,70	-1,03	-1,16	-0,71	-2,30	-2,11	-1,28
1957	-1,82	-0,68	0,03	-0,58	0,57	1,76	0,72	0,51	1,59	1,50	-0,32	-0,55
1958	0,25	0,62	0,25	1,06	1,28	1,33	0,89	1,06	0,29	0,01	-0,18	0,86
1959	0,69	-0,43	-0,95	-0,02	0,23	0,44	-0,50	-0,62	-0,85	0,52	1,11	0,06
1960	0,30	0,52	-0,21	0,09	0,91	0,64	-0,27	-0,38	-0,94	0,09	-0,23	0,17
1961	1,18	0,43	0,09	0,34	-0,06	-0,61	-1,22	-1,13	-2,01	-2,28	-1,85	-2,69
1962	-1,29	-1,15	-1,42	-0,80	-1,22	-1,62	-1,46	-0,48	-1,58	-1,55	-0,37	-0,96
1963	-0,33	-0,16	-0,54	-0,41	-0,65	-0,88	-1,00	-1,03	0,45	-0,52	-2,08	-1,08
1964	0,01	-0,21	-0,87	-1,03	-1,91	-0,32	-0,51	-1,03	-0,68	-0,37	-0,80	-1,52
1965	-1,24	-1,16	0,04	0,62	-0,66	-0,80	-0,47	0,20	0,59	-0,36	-0,59	0,06
1966	-0,82	-0,03	-1,29	0,06	-0,53	0,16	0,26	-0,35	-0,33	-1,17	-1,15	-0,32
1967	-0,20	-0,18	-1,20	-0,89	-1,24	-1,16	-0,89	-1,24	-0,72	-0,64	-0,05	-0,40
1968	-0,95	-0,40	-0,31	-1,03	-0,53	-0,35	0,53	0,19	0,06	-0,34	-0,44	-1,27
1969	-1,26	-0,95	-0,50	-0,44	-0,20	0,89	0,10	-0,81	-0,66	1,12	0,15	1,38
1970	0,61	0,43	1,33	0,43	-0,49	0,06	-0,68	-1,63	-1,67	-1,39	-0,80	-0,97
1971	-1,90	-1,74	-1,68	-1,59	-1,55	-1,55	-2,20	-0,15	0,21	-0,22	-1,25	-1,87
1972	-1,99	-1,83	-2,09	-1,65	-1,57	-1,87	-0,83	0,25	0,17	0,11	0,57	-0,33
1973	-0,46	-0,61	-0,50	-0,69	-0,76	-0,97	-0,57	-1,14	-0,51	-0,87	-1,81	-0,76
1974	-1,22	-1,65	-0,90	-0,52	-0,28	-0,31	-0,08	0,27	0,44	-0,10	0,43	-0,12
1975	-0,84	-0,71	-0,51	-1,30	-1,02	-1,16	-0,40	-1,07	-1,23	-1,29	-2,08	-1,61
1976	-1,14	-1,85	-0,96	-0,89	-0,68	-0,67	0,61	1,28	0,82	1,11	1,25	1,22
1977	1,65	1,11	0,72	0,30	0,31	0,42	0,19	0,64	-0,55	-0,61	-0,72	-0,69
1978	0,34	1,45	1,34	1,29	0,90	0,15	-1,24	-0,56	-0,44	0,10	-0,07	-0,43
1979	-0,58	-1,33	0,30	0,89	1,09	0,17	0,84	0,52	1,00	1,06	0,48	-0,42
1980	-0,11	1,32	1,09	1,49	1,20	-0,22	0,23	0,51	0,10	1,35	0,37	-0,10
1981	0,59	1,46	0,99	1,45	1,75	1,69	0,84	0,18	0,42	0,18	0,80	0,67
1982	0,34	0,20	0,19	-0,19	-0,58	-0,78	0,58	0,39	0,84	0,37	-0,25	0,26
1983	0,56	1,14	2,11	1,87	1,80	2,36	3,51	1,85	0,91	0,96	1,02	1,69
1984	1,50	1,21	1,77	1,52	1,30	0,18	-0,18	-0,03	0,67	0,58	0,71	0,82
1985	1,27	0,94	0,57	0,19	0,00	0,18	1,07	0,81	0,44	0,29	-0,75	0,38
1986	1,12	1,61	2,18	1,55	1,16	0,89	1,38	0,22	0,22	1,00	1,77	1,77
1987	1,88	1,75	2,10	2,16	1,85	0,73	2,01	2,83	2,44	1,36	1,47	1,27
1988	0,93	1,24	1,42	0,94	1,20	0,74	0,64	0,19	-0,37	-0,10	-0,02	-0,43

Tabela A.3 – Série histórica dos dados referente ao índice climático Oscilação Decadal do Pacífico – ODP (Continuação).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1989	-0,95	-1,02	-0,83	-0,32	0,47	0,36	0,83	0,09	0,05	-0,12	-0,50	-0,21
1990	-0,30	-0,65	-0,62	0,27	0,44	0,44	0,27	0,11	0,38	-0,69	-1,69	-2,23
1991	-2,02	-1,19	-0,74	-1,01	-0,51	-1,47	-0,10	0,36	0,65	0,49	0,42	0,09
1992	0,05	0,31	0,67	0,75	1,54	1,26	1,90	1,44	0,83	0,93	0,93	0,53
1993	0,05	0,19	0,76	1,21	2,13	2,34	2,35	2,69	1,56	1,41	1,24	1,07
1994	1,21	0,59	0,80	1,05	1,23	0,46	0,06	-0,79	-1,36	-1,32	-1,96	-1,79
1995	-0,49	0,46	0,75	0,83	1,46	1,27	1,71	0,21	1,16	0,47	-0,28	0,16
1996	0,59	0,75	1,01	1,46	2,18	1,10	0,77	-0,14	0,24	-0,33	0,09	-0,03
1997	0,23	0,28	0,65	1,05	1,83	2,76	2,35	2,79	2,19	1,61	1,12	0,67
1998	0,83	1,56	2,01	1,27	0,70	0,40	-0,04	-0,22	-1,21	-1,39	-0,52	-0,44
1999	-0,32	-0,66	-0,33	-0,41	-0,68	-1,30	-0,66	-0,96	-1,53	-2,23	-2,05	-1,63
2000	-2,00	-0,83	0,29	0,35	-0,05	-0,44	-0,66	-1,19	-1,24	-1,30	-0,53	0,52
2001	0,60	0,29	0,45	-0,31	-0,30	-0,47	-1,31	-0,77	-1,37	-1,37	-1,26	-0,93
2002	0,27	-0,64	-0,43	-0,32	-0,63	-0,35	-0,31	0,60	0,43	0,42	1,51	2,10
2003	2,09	1,75	1,51	1,18	0,89	0,68	0,96	0,88	0,01	0,83	0,52	0,33
2004	0,43	0,48	0,61	0,57	0,88	0,04	0,44	0,85	0,75	-0,11	-0,63	-0,17
2005	0,44	0,81	1,36	1,03	1,86	1,17	0,66	0,25	-0,46	-1,32	-1,50	0,20
2006	1,03	0,66	0,05	0,40	0,48	1,04	0,35	-0,65	-0,94	-0,05	-0,22	0,14
2007	0,01	0,04	-0,36	0,16	-0,10	0,09	0,78	0,50	-0,36	-1,45	-1,08	-0,58
2008	-1,00	-0,77	-0,71	-1,52	-1,37	-1,34	-1,67	-1,70	-1,55	-1,76	-1,25	-0,87
2009	-1,40	-1,55	-1,59	-1,65	-0,88	-0,31	-0,53	0,09	0,52	0,27	-0,40	0,08
2010	0,83	0,82	0,44	0,78	0,62	-0,22	-1,05	-1,27	-1,61	-1,06	-0,82	-1,21
2011	-0,92	-0,83	-0,69	-0,42	-0,37	-0,69	-1,86	-1,74	-1,79	-1,34	-2,33	-1,79
2012	-1,38	-0,85	-1,05	-0,27	-1,26	-0,87	-1,52	-1,93	-2,21	-0,79	-0,59	-0,48
2013	-0,13	-0,43	-0,63	-0,16	0,08	-0,78	-1,25	-1,04	-0,48	-0,87	-0,11	-0,41
2014	0,30	0,38	0,97	1,13	1,80	0,82	0,70	0,67	1,08	1,49	1,72	2,51
2015	2,45	2,30	2,00	1,44	1,20	1,54	1,84	1,56	1,94	1,47	0,86	1,01
2016	1,53	1,75	2,40	2,62	2,35	2,03	1,25	0,52	0,45	0,56	1,88	1,17
2017	0,77	0,70	0,74	1,12	0,88	0,79	0,10	0,09	0,32	0,05	0,15	0,50
2018	0,70	0,37	-0,05	0,11	0,11	-0,04	0,11	0,18	0,09			

Fonte: NOAA, 2018.

Tabela A.4 – Série histórica dos dados referente ao Índice Atlântico Tropical Sul - TSAI, representativo do fenômeno Dipolo do Atlântico (Continua).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1948	-0,22	-0,12	0,04	-0,21	-0,40	-0,64	-0,40	-0,53	-0,41	-0,42	-0,35	-0,21
1949	-0,19	0,01	-0,01	0,22	0,08	0,05	0,16	0,21	0,23	0,04	0,02	-0,16
1950	0,08	0,15	0,12	-0,17	-0,34	-0,23	-0,16	-0,34	-0,51	-0,54	-0,46	-0,92
1951	-0,98	-0,70	-0,87	-0,51	-0,37	-0,26	-0,11	0,05	0,05	0,03	-0,08	0,00
1952	0,06	-0,01	-0,08	-0,08	-0,19	0,07	-0,07	-0,01	-0,04	-0,08	0,00	-0,14
1953	-0,15	-0,25	0,01	-0,29	-0,14	-0,10	-0,07	-0,06	0,04	0,03	-0,18	-0,41
1954	-0,43	-0,50	-0,52	-0,40	-0,61	-0,57	-0,66	-0,39	-0,25	-0,14	-0,12	-0,23
1955	-0,42	-0,60	-0,45	-0,52	-0,34	-0,44	-0,27	-0,46	-0,41	-0,28	-0,20	-0,57
1956	-0,50	-0,69	-0,57	-0,73	-0,45	-0,43	-0,26	-0,19	-0,19	-0,44	-0,43	-0,49
1957	-0,37	-0,11	-0,07	-0,03	-0,26	-0,11	-0,31	-0,21	-0,35	-0,38	-0,26	-0,16
1958	-0,26	-0,26	-0,57	-0,63	-1,07	-1,06	-0,51	-0,64	-0,63	-0,49	-0,39	-0,02
1959	0,04	0,05	0,28	0,20	-0,17	-0,14	-0,24	-0,20	-0,10	-0,13	-0,22	-0,23
1960	-0,33	-0,41	-0,09	-0,22	0,01	-0,23	0,08	-0,02	-0,05	-0,10	0,01	0,00
1961	0,00	-0,12	-0,02	-0,10	0,03	-0,10	-0,21	-0,19	0,03	-0,02	-0,06	-0,12
1962	-0,08	-0,16	-0,11	-0,01	0,18	0,08	-0,09	-0,03	-0,08	0,03	0,01	-0,19
1963	-0,05	0,01	0,27	0,21	0,42	0,45	0,43	0,45	0,41	0,45	0,69	0,77
1964	0,65	0,31	0,33	0,06	-0,22	-0,14	-0,20	-0,21	-0,68	-0,79	-0,63	-0,76
1965	-0,39	-0,08	0,11	0,10	0,15	-0,17	-0,39	-0,21	-0,03	-0,17	-0,30	-0,25
1966	-0,19	-0,28	-0,39	0,08	0,13	0,62	0,28	-0,06	-0,07	-0,05	0,21	0,60
1967	0,30	0,30	-0,03	-0,20	-0,37	-0,61	-0,62	-0,40	-0,35	-0,61	-0,40	-0,13
1968	-0,03	-0,24	-0,26	-0,01	-0,01	0,08	0,24	0,20	0,29	0,44	0,49	0,50
1969	0,32	0,53	0,38	0,35	0,20	-0,05	-0,15	0,01	-0,09	-0,06	-0,07	-0,19
1970	-0,34	-0,26	-0,20	-0,28	-0,19	-0,33	-0,11	-0,24	-0,22	-0,39	-0,20	-0,34
1971	-0,01	0,02	-0,06	0,09	0,25	0,17	-0,23	-0,20	-0,16	-0,38	-0,68	-0,79
1972	-0,08	-0,06	-0,18	0,03	-0,03	0,09	0,25	0,26	0,23	0,29	0,44	0,89
1973	0,79	0,72	0,59	0,76	0,93	0,75	0,67	0,58	0,75	0,67	0,54	0,40
1974	0,34	0,14	0,15	0,36	0,49	0,43	0,58	0,42	0,14	0,11	0,25	0,11
1975	-0,13	-0,19	-0,15	-0,11	0,04	0,17	0,02	-0,02	-0,24	-0,18	-0,03	-0,34
1976	-0,41	-0,40	-0,48	-0,67	-0,70	-0,60	-0,67	-0,48	-0,32	-0,35	-0,45	-0,21
1977	-0,19	0,00	0,00	-0,03	-0,05	-0,09	-0,14	0,01	0,03	-0,09	-0,08	-0,07
1978	-0,19	-0,29	-0,45	-0,65	-0,64	-0,47	-0,08	-0,20	-0,35	-0,38	-0,43	-0,16
1979	-0,16	-0,24	-0,31	0,01	0,07	0,10	0,14	0,27	0,29	0,05	0,06	-0,02
1980	-0,15	-0,34	-0,26	-0,11	-0,04	-0,08	-0,06	0,03	0,11	-0,03	-0,25	-0,59
1981	-0,27	-0,47	-0,64	-0,52	-0,40	-0,22	-0,23	0,12	0,20	0,35	0,26	0,10
1982	0,03	-0,20	-0,21	-0,35	-0,37	-0,45	-0,44	-0,57	-0,31	-0,11	-0,28	-0,17
1983	0,33	0,37	-0,14	-0,25	-0,45	-0,45	-0,31	-0,08	0,04	-0,08	0,06	0,39
1984	0,68	0,65	0,79	0,50	0,26	0,46	0,55	0,77	0,84	0,59	0,31	0,25
1985	0,32	0,52	0,14	0,15	0,24	0,04	0,27	0,10	0,02	0,27	0,24	0,29
1986	0,20	0,47	0,38	0,28	0,26	0,41	0,19	0,21	0,30	0,14	-0,17	0,02
1987	0,02	0,08	0,16	0,04	0,28	0,42	0,50	0,43	0,32	0,42	0,63	0,39
1988	0,63	0,66	0,77	0,59	0,71	0,73	0,46	0,50	0,30	0,37	0,14	0,19
1989	0,41	0,23	0,35	0,29	0,33	0,31	0,26	0,39	0,21	0,28	-0,06	-0,25
1990	-0,34	0,13	0,32	0,35	-0,06	0,08	-0,11	-0,13	-0,07	0,10	0,17	0,22
1991	0,12	0,06	0,14	0,31	0,49	0,44	0,05	-0,33	-0,36	-0,36	-0,34	-0,08
1992	-0,27	-0,26	-0,40	-0,57	-0,66	-0,80	-0,60	-0,66	-0,56	-0,52	-0,79	-0,36

Tabela A.4 – Série histórica dos dados referente ao Índice Atlântico Tropical Sul - TSAI, representativo do fenômeno Dipolo do Atlântico (Continuação).

Ano \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1993	-0,25	-0,13	-0,09	0,20	0,03	-0,03	0,05	0,04	0,44	0,69	0,75	0,50
1994	0,32	0,12	0,24	0,18	0,11	-0,18	-0,26	-0,17	-0,15	-0,05	0,08	0,20
1995	0,40	0,61	0,74	0,61	0,59	0,64	0,35	-0,07	-0,04	-0,05	0,12	0,00
1996	0,18	0,43	0,47	0,65	0,77	0,87	0,66	0,35	0,13	0,12	0,12	-0,06
1997	-0,22	-0,34	-0,47	-0,50	-0,54	-0,67	-0,27	-0,09	0,21	0,69	0,79	1,03
1998	0,72	0,74	0,69	0,54	0,54	0,66	0,85	0,59	0,41	0,21	0,32	0,11
1999	0,13	0,05	0,33	0,45	0,53	0,49	0,64	0,55	0,24	0,28	0,33	0,36
2000	0,21	0,39	0,40	0,37	0,29	0,20	0,15	0,20	0,02	0,10	0,07	-0,01
2001	0,16	0,17	0,29	0,38	0,47	0,36	0,15	0,14	0,11	0,20	0,16	0,01
2002	0,14	-0,06	0,29	0,31	0,49	0,33	0,47	0,01	-0,08	0,14	-0,07	0,35
2003	0,56	0,57	0,63	0,42	0,37	0,10	0,40	0,49	0,49	0,53	0,55	0,56
2004	0,41	0,22	-0,01	-0,26	-0,12	-0,08	0,08	0,22	0,33	0,14	0,24	0,43
2005	0,61	0,49	0,61	0,29	-0,06	-0,26	-0,32	0,01	-0,09	0,00	-0,07	-0,02
2006	0,04	0,23	0,41	0,31	0,24	0,41	0,30	0,33	0,27	0,23	0,08	0,32
2007	0,24	0,21	0,04	0,24	0,28	0,43	0,23	0,15	0,27	0,11	0,10	0,20
2008	0,19	0,36	0,60	0,64	0,82	0,70	0,66	0,51	0,28	0,27	0,31	0,41
2009	0,45	0,35	0,54	0,52	0,79	0,59	0,39	0,24	0,19	0,45	0,30	0,70
2010	0,79	0,68	0,89	0,68	0,62	0,85	0,60	0,48	0,23	0,43	0,40	0,41
2011	0,45	0,59	0,72	0,49	0,30	0,20	0,27	0,20	0,24	0,28	-0,05	-0,48
2012	-0,32	-0,51	-0,08	-0,33	-0,04	0,04	-0,03	-0,08	0,02	0,03	0,03	0,18
2013	0,39	0,25	0,26	0,35	0,48	0,28	0,23	0,25	0,03	0,04	-0,07	0,11
2014	0,11	0,22	0,22	0,23	0,48	0,47	0,17	0,24	0,26	0,16	-0,32	-0,12
2015	0,43	0,42	0,23	0,36	0,46	0,38	0,07	-0,11	-0,04	0,28	0,37	0,70
2016	0,81	0,59	0,60	0,39	0,35	0,68	0,63	0,52	0,26	0,46	0,28	0,67
2017	0,58	0,09	0,29	0,40	0,47	0,57	0,35	0,59	0,27	0,42	0,20	0,17
2018	0,62	-0,01	0,17	0,28	0,28	0,46	0,38	0,41	0,36	0,53	0,39	0,66
2019	0,75	0,68	1,02	0,65	0,65	0,58	0,50	0,41	0,48			

Fonte: NOAA, 2018.

Tabela A.5 – Série histórica dos dados referente ao Índice Atlântico Tropical Norte - TNAI, representativo do fenômeno Dipolo do Atlântico (Continua).

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1948	0,16	-0,01	0,25	-0,13	-0,07	0,12	-0,06	-0,19	-0,22	-0,1	0,08	0
1949	-0,24	-0,15	-0,31	-0,15	-0,46	-0,3	-0,21	-0,05	0,02	0,12	-0,11	0,06
1950	-0,14	-0,36	-0,37	-0,11	-0,25	-0,13	-0,18	-0,16	-0,06	-0,18	-0,09	0,18
1951	0,06	-0,17	-0,07	0,17	0,14	0,17	0,41	0,2	0,15	0,09	-0,03	-0,07
1952	-0,41	-0,15	-0,02	0,04	0,13	0,28	0,17	0,16	0,37	0,26	0,28	0,55
1953	0,46	0,41	-0,04	0,18	0,11	0,13	0,18	0,24	0,2	0,16	0,16	0,17
1954	0,1	-0,12	-0,26	-0,46	0,05	0,04	-0,19	-0,13	-0,23	-0,32	-0,17	-0,3
1955	0,09	0,07	-0,04	-0,01	-0,12	-0,01	0,12	0,17	0,16	0,21	0,45	0,3
1956	0,37	0,24	-0,04	0	-0,29	-0,45	-0,29	-0,2	-0,27	-0,06	-0,08	0,05
1957	-0,33	-0,55	-0,17	-0,36	-0,35	-0,09	-0,06	0,19	0,21	0,32	0,23	0,17
1958	0,25	0,66	0,91	0,92	0,72	0,76	0,36	0,27	0,28	0,07	0,19	0,2
1959	0,28	0,29	-0,09	-0,08	-0,22	-0,25	-0,25	-0,29	-0,15	-0,2	-0,2	-0,23
1960	-0,07	0,18	0,2	0,13	0,27	0,1	0,08	0,05	-0,05	-0,01	0,1	-0,02
1961	-0,04	-0,07	0,02	0,17	0,2	-0,04	0	0,09	-0,05	-0,13	-0,06	0,27
1962	0,22	0,12	0,41	0,26	0,36	0,06	0,26	0,19	0,09	0,08	0,3	0,51
1963	0,56	0,51	0,34	0,42	0,14	0,11	0,17	0,13	-0,04	-0,03	0,17	0,04
1964	0,09	0,28	0,29	-0,13	0,08	0,07	-0,06	-0,2	-0,26	-0,25	-0,09	-0,19
1965	-0,36	-0,25	-0,13	-0,18	-0,21	-0,28	-0,2	-0,2	-0,12	-0,1	-0,09	0,01
1966	-0,02	0,37	0,43	0,52	0,36	0,27	0,15	0,03	0,07	0,1	0,35	0,24
1967	0,24	0	-0,15	0,05	-0,16	-0,21	-0,2	-0,3	-0,14	-0,14	-0,33	-0,23
1968	-0,3	-0,11	-0,06	-0,11	-0,09	-0,25	-0,19	-0,14	-0,07	0,09	0,17	0,28
1969	0,43	0,74	1,13	0,84	0,73	0,37	0,39	0,34	0,27	0,17	0,34	0,44
1970	0,64	0,64	0,83	0,68	0,51	0,24	-0,03	-0,07	-0,12	-0,06	-0,02	0,03
1971	0,1	-0,03	-0,18	-0,34	-0,46	-0,62	-0,45	-0,46	-0,29	-0,18	-0,13	-0,31
1972	-0,27	-0,38	-0,5	-0,31	-0,46	-0,35	-0,4	-0,44	-0,33	-0,08	-0,09	-0,37
1973	-0,31	-0,3	-0,32	-0,19	0,04	-0,07	-0,05	-0,16	-0,16	-0,26	-0,23	-0,1
1974	-0,28	-0,51	-0,73	-1,09	-0,89	-0,61	-0,5	-0,39	-0,5	-0,46	-0,51	-0,51
1975	-0,24	-0,41	-0,49	-0,45	-0,7	-0,4	-0,28	-0,15	-0,26	-0,3	-0,39	-0,26
1976	-0,3	-0,48	-0,81	-0,66	-0,79	-0,59	-0,37	0,07	0,14	0,18	0,04	-0,31
1977	-0,15	-0,22	-0,11	-0,09	-0,07	0,05	-0,14	-0,28	-0,24	-0,24	-0,26	-0,15
1978	0,11	0,2	0,25	0,26	0,08	-0,14	-0,33	-0,33	-0,21	0,08	0,01	-0,19
1979	0,17	0,28	0,15	0,29	0,35	0,42	0,28	0,08	0,1	0,1	0,11	0,26
1980	0,4	0,41	0,17	0,56	0,71	0,47	0,19	0,29	0,21	0,05	0,03	-0,02
1981	0,27	0,16	0,6	0,34	0,36	0,18	0,15	0,09	0,14	0,04	0,13	0,27
1982	0,19	-0,07	-0,07	-0,16	-0,03	-0,15	-0,27	-0,3	-0,28	-0,34	-0,46	-0,5
1983	-0,36	-0,02	0,44	0,45	0,17	0,35	0,23	0,01	-0,18	-0,15	0,05	0,23
1984	-0,05	-0,2	-0,1	-0,19	-0,16	-0,37	-0,35	-0,28	-0,24	-0,49	-0,46	-0,5
1985	-0,43	-0,37	-0,62	-0,65	-0,7	-0,3	-0,05	-0,08	-0,16	-0,14	-0,08	-0,25
1986	-0,62	-0,63	-0,61	-0,64	-0,54	-0,59	-0,38	-0,41	0,04	-0,2	-0,6	-0,69
1987	-0,32	-0,17	0,22	0,33	0,37	0,62	0,48	0,56	0,4	0,45	0,36	0,52
1988	0,15	-0,02	0,27	0,38	0,29	0,34	0,27	0,03	0,06	-0,2	-0,23	-0,23
1989	-0,42	-0,48	-0,66	-0,89	-0,66	-0,17	0,25	0,39	0,06	0,12	-0,04	0,22

Tabela A.5 – Série histórica dos dados referente ao Índice Atlântico Tropical Norte - TNAI, representativo do fenômeno Dipolo do Atlântico (continuação).

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1990	-0,08	-0,1	-0,04	0,06	0,13	-0,02	0,06	0,3	0,4	0,41	0,33	0,17
1991	-0,14	-0,11	-0,22	-0,39	-0,42	-0,43	-0,39	-0,29	-0,14	-0,11	-0,15	-0,18
1992	0	0,04	-0,18	-0,29	-0,18	-0,11	-0,01	-0,23	-0,21	-0,06	-0,3	-0,23
1993	-0,25	-0,25	-0,23	-0,07	-0,04	0,07	-0,17	-0,11	-0,12	-0,13	-0,34	-0,41
1994	-0,59	-0,61	-0,6	-0,46	-0,5	-0,43	-0,39	-0,29	-0,24	-0,08	-0,03	-0,13
1995	-0,05	-0,04	-0,05	0,11	0,3	0,48	0,58	0,59	0,4	0,37	0,51	0,47
1996	0,74	0,4	0,22	0,31	0,36	0,18	0,12	-0,03	0,15	0,08	0,03	0,14
1997	0,31	0,34	0,15	0,27	0,43	0,54	0,34	0,16	0,26	0,59	0,58	0,44
1998	0,43	0,77	0,75	0,59	0,59	0,66	0,56	0,67	0,51	0,49	0,43	0,29
1999	-0,1	-0,2	-0,23	-0,13	0,11	0,15	0,17	0,34	0,38	0,25	0,13	0,27
2000	-0,18	-0,1	0,06	-0,01	-0,06	-0,16	0,01	0,15	0,02	0	-0,12	-0,19
2001	-0,13	-0,15	0,15	0,05	0,06	0,24	0,3	0,34	0,51	0,48	0,62	0,66
2002	0,78	0,53	0,37	-0,02	-0,19	-0,13	-0,06	-0,05	0,07	0,36	0,22	0,2
2003	0,27	0	0,04	0	0,06	0,22	0,36	0,59	0,66	0,8	0,48	0,49
2004	0,5	0,51	0,36	0,46	0,17	0,27	0,46	0,68	0,59	0,62	0,63	0,53
2005	0,46	0,38	0,68	0,81	1,01	0,92	0,84	0,74	0,73	0,54	0,4	0,55
2006	0,41	0,19	0,18	0,41	0,43	0,52	0,36	0,53	0,69	0,74	0,71	0,47
2007	0,46	0,56	0,33	0,4	0,21	0,16	0,09	0,01	0,11	0,24	0,24	0,09
2008	0,14	0,18	0,27	0,09	0,28	0,39	0,45	0,45	0,57	0,43	0,27	0,26
2009	0,07	-0,37	-0,34	-0,31	-0,23	0,05	0,45	0,41	0,35	0,63	0,51	0,54
2010	0,8	1,07	1,27	1,4	1,35	1,11	1,01	0,97	0,75	0,77	0,7	0,96
2011	0,97	0,53	0,41	0,33	0,41	0,59	0,43	0,49	0,36	0,44	0,21	0,23
2012	0,16	-0,02	-0,26	-0,17	0,09	0,31	0,3	0,52	0,72	0,78	0,75	0,55
2013	0,44	0,4	0,7	0,53	0,64	0,32	0,34	0,56	0,61	0,66	0,32	0,27
2014	0,13	-0,08	-0,35	-0,21	-0,06	-0,05	0,14	0,23	0,51	0,56	0,35	0,34
2015	0,17	0,11	-0,11	-0,24	0,08	-0,07	0,16	0,43	0,72	0,93	0,49	0,42
2016	0,5	0,45	0,39	0,32	0,38	0,39	0,37	0,49	0,39	0,55	0,46	0,52
2017	0,49	0,23	0,13	0,47	0,58	0,6	0,6	0,67	0,52	0,45	0,53	0,54
2018	0,28	-0,09	0,02	-0,17	-0,4	-0,48	-0,21	0,01	0,33	0,29	-0,01	-0,04
2019	0,08	0,14	0,01	-0,02	0,12	0,3	0,37	0,42	0,57	0,44	0,26	0,25

Fonte: NOAA, 2018.