



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2021/03.18.17.49-NTC

CONDIÇÕES SINÓTICAS NO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE DE SÃO PAULO NO ANO DE 2019

Antônio Marcos Vianna Campos
Diogo Alessandro Arsego

Relatório de condições sinóticas no
Vale do Paraíba e Litoral Norte de
São Paulo como parte integrante
do projeto Climatologia Estatística
do Vale do Paraíba.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/44C23QH>>

INPE
São José dos Campos
2020

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
Cauê Silva Fróes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2021/03.18.17.49-NTC

CONDIÇÕES SINÓTICAS NO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE DE SÃO PAULO NO ANO DE 2019

Antônio Marcos Vianna Campos
Diogo Alessandro Arsego

Relatório de condições sinóticas no
Vale do Paraíba e Litoral Norte de
São Paulo como parte integrante
do projeto Climatologia Estatística
do Vale do Paraíba.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/44C23QH>>

INPE
São José dos Campos
2020



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

RESUMO

Neste trabalho são descritas as condições sinóticas atuantes no Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo durante o ano de 2019. São destacados os sistemas responsáveis por episódios de chuva intensa, vendavais e tempestades associadas a queda de granizo além de descritas as condições associadas a sucessivos períodos de tempo seco, baixos índices de umidade relativa do ar e valores extremos de temperatura. Durante o ano sistemas da escala sinótica como frentes e cavados estiveram associados aos episódios de chuvas mais intensas e generalizadas enquanto episódios de tempestades associadas unicamente a componente termodinâmica ocorreram com menor frequência.

Palavras-chave: Chuva intensa. Frente fria. Cavado. Condição sinótica. Climatologia.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 Climatologia (1981-2010) mensal de precipitação no Estado de São Paulo.	2
1.2 Climatologia (1981-2010) mensal de temperatura mínima no Estado de São Paulo.	3
1.3 Climatologia (1981-2010) mensal de temperatura máxima no Estado de São Paulo.	4
3.1 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de janeiro de 2019.	10
3.2 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de janeiro de 2019.	11
3.3 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de fevereiro de 2019.	12
3.4 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de fevereiro de 2019.	13
3.5 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de março de 2019.	14
3.6 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de março de 2019.	15
3.7 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de abril de 2019.	16
3.8 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de abril de 2019.	17
3.9 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de maio de 2019.	19
3.10 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de maio de 2019.	19
3.11 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de junho de 2019.	21
3.12 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de junho de 2019.	21
3.13 Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de julho de 2019.	23
3.14 Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de julho de 2019.	23

3.15	Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de agosto de 2019.	25
3.16	Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de agosto de 2019.	26
3.17	Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de setembro de 2019.	27
3.18	Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de setembro de 2019.	28
3.19	Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de outubro de 2019.	29
3.20	Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de outubro de 2019.	30
3.21	Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de novembro de 2019.	31
3.22	Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de novembro de 2019.	32
3.23	Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de dezembro de 2019.	34
3.24	Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de dezembro de 2019.	35
3.25	Precipitação mensal acumulada (barras azuis) e climatologia de precipitação mensal (linha verde).	36
3.26	Índice de Oscilação Antártica no ano de 2019.	38
3.27	Porcentagem do volume útil dos reservatórios em 2019.	40

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Principais dados observados em 2019.	39

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 DADOS ANALISADOS	7
3 ANÁLISE E RESULTADOS	9
3.1 Janeiro	9
3.2 Fevereiro	11
3.3 Março	13
3.4 Abril	15
3.5 Maio	17
3.6 Junho	20
3.7 Julho	21
3.8 Agosto	24
3.9 Setembro	25
3.10 Outubro	27
3.11 Novembro	30
3.12 Dezembro	32
3.13 Resumo Anual do Vale do Paraíba	35
3.13.1 Impacto nos reservatórios	40
4 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

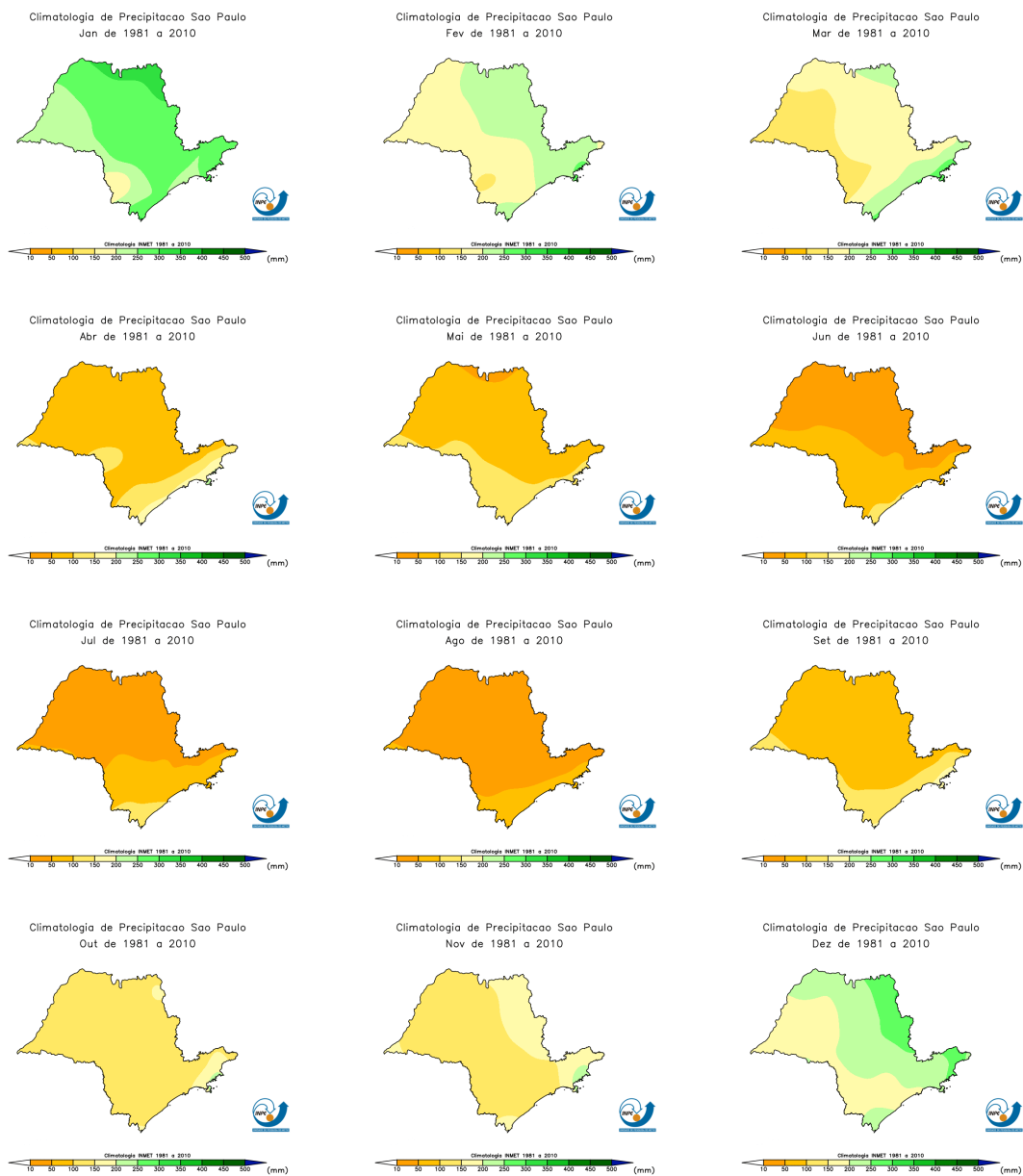
1 INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo é composta por 39 municípios com uma população aproximada de 2,5 milhões de habitantes. A Microrregião de Bragança Paulista é formada por 11 municípios e possui uma população de, aproximadamente, 500 mil habitantes.

O regime de precipitação no Estado de São Paulo, no qual o Vale do Paraíba do Paraíba, Litoral Norte e Região Bragantina estão inseridos, é caracterizado por estações secas e chuvosas bem definidas (GAN et al., 2009; REBOITA et al., 2010; COSTA et al., 2012). Na média, os maiores volumes de precipitação mensal se concentram nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que correspondem a, aproximadamente, 44% da precipitação anual (NUNES; CALBET, 2000; FOLHES; FISCH, 2006). Por outro lado, nos meses de inverno (junho, julho e agosto) são registrados os menores índices de precipitação (cerca de 7% do total anual) (NUNES; CALBET, 2000; FOLHES; FISCH, 2006). Na Figura 1.1 estão dispostas as normais climatológicas mensais (médias de 30 anos para o mês de referência) entre os anos de 1981 a 2010 que evidenciam as características acima relatadas.

Inúmeros são os sistemas meteorológicos atuantes no Sudeste e que, de uma forma ou outra, influenciam no regime de precipitação na Região do Vale do Paraíba, Litoral Norte e Bragantina. Dentre eles podem ser citados: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS, (QUADRO; ABREU, 1999)), sistemas frontais, ciclones, Alta Subtropical do Atlântico Sul, convecção resultante do aquecimento da superfície, Linhas de Instabilidade, entre outros (VASCONCELLOS, 2008; REBOITA et al., 2010).

Figura 1.1 - Climatologia (1981-2010) mensal de precipitação no Estado de São Paulo.

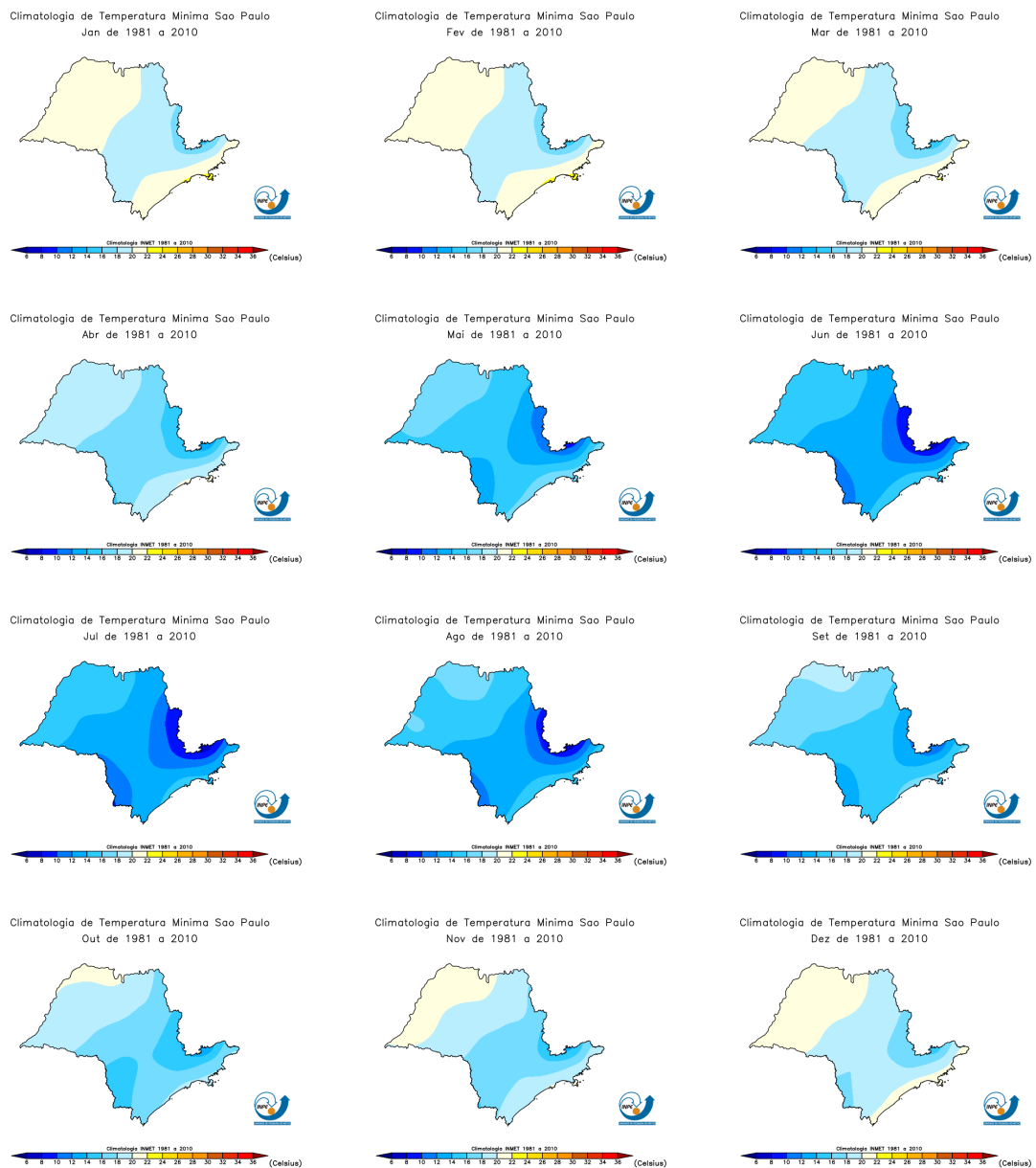


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

A atividade econômica do Vale do Paraíba possui a agropecuária e o turismo dentre suas principais vertentes e variações de temperaturas impactam tanto o setor agropecuário como o setor de comércio e turismo. Com relação às temperaturas, o período mais frio do ano se concentra entre os meses de junho, julho e agosto (FOLHES; FISCH, 2006). O avanço de massas de ar frio, principalmente, nestes meses, resulta em episódios de geadas e temperaturas negativas na Serra da Mantiqueira (GAN et

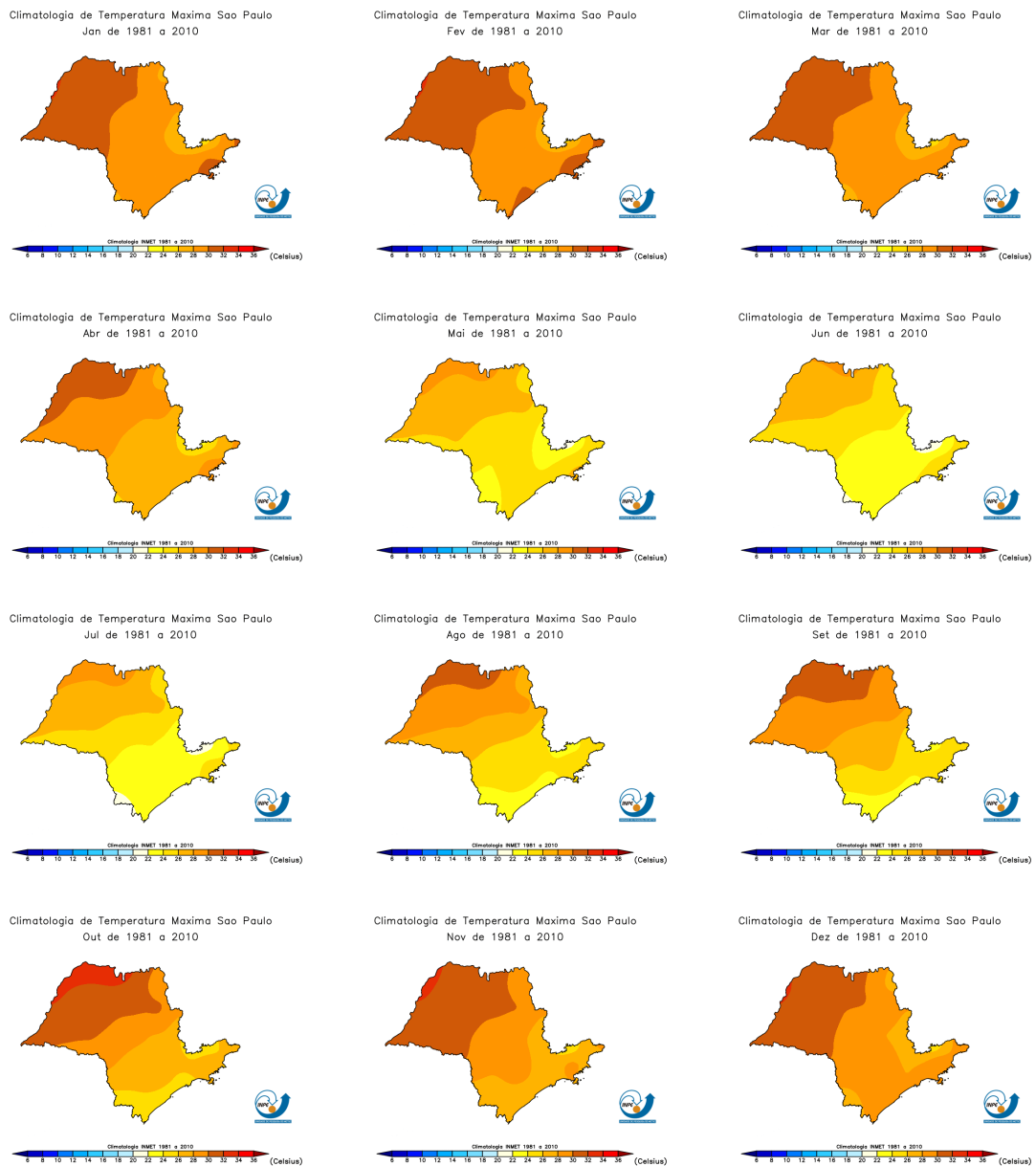
al., 2009). Em Taubaté, a média das temperaturas mais elevada é observada no mês de fevereiro enquanto o mês de outubro é o que apresenta a maior variabilidade na temperatura do ar (FOLHES; FISCH, 2006). Nas Figuras 1.2 e 1.3 estão dispostas as médias climatológicas mensais (médias de 30 anos para o mês de referência) entre os anos de 1981 a 2010 das temperaturas mínimas e máximas no Estado de São Paulo.

Figura 1.2 - Climatologia (1981-2010) mensal de temperatura mínima no Estado de São Paulo.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

Figura 1.3 - Climatologia (1981-2010) mensal de temperatura máxima no Estado de São Paulo.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

Eventos extremos de chuva são responsáveis por inúmeros transtornos a sociedade e, eventualmente, resultam na perda de vidas humanas. Também são frequentes prejuízos resultantes de ventos fortes e, menos frequentemente, episódios de queda de granizo. Embora com menor impacto, episódios de geadas e temperaturas baixas também afetam a atividade econômica da Região. O objetivo deste relatório é destacar os sistemas sinóticos que são responsáveis por extremos de precipitação,

episódios de ventos fortes e queda de granizo além de sistemas responsáveis por ondas de frio e calor no Vale do Paraíba, Litoral Norte e Região Bragantina.

2 DADOS ANALISADOS

Para a elaboração deste relatório foram utilizados dados das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instaladas nos municípios de Bragança Paulista, Taubaté, São Luiz do Paraitinga, Campos do Jordão, Cachoeira Paulista e São Sebastião. Também foram analisados dados provenientes do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e das estações meteorológicas instaladas em São José dos Campos e Guaratinguetá.

Os mapas de acumulados e anomalias mensais são elaborados pelo Grupo de Previsão Climática do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e utilizam-se de dados provenientes do INMET, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Centros Estaduais de Meteorologia. Os mapas de anomalia representam a diferença ponto a ponto entre a variável registrada no mês e ano selecionados e a climatologia (média histórica do período de 1961 a 1990) desta mesma variável. A resolução dos dados é de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ e o método de interpolação utilizado é o método Kriging.

Foram destacados eventos meteorológicos que impactaram a população da região no ano de 2019. Para a descrição dos sistemas meteorológicos atuantes foi adotada uma escrita mais didática como forma de auxiliar na educação e popularização da Ciência e Tecnologia. As cartas sinóticas de superfície e altitude utilizadas para a descrição dos eventos são elaboradas pelo Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC e podem ser acessadas em: <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>.

A Bacia do rio Paraíba do Sul possui área de drenagem de cerca de 55.500 km^2 distribuída pelos estados de São Paulo (13.900 km^2), Rio de Janeiro (20.900 km^2) e Minas Gerais (20.700 km^2) (ANA, 2020). No Estado de São Paulo, as barragens que constituem a Bacia do Paraíba do Sul são: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil. Os dados de volumes útil dos reservatórios estão disponíveis em: <https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/paraiba-do-sul-boletim-mensal>

3 ANÁLISE E RESULTADOS

3.1 Janeiro

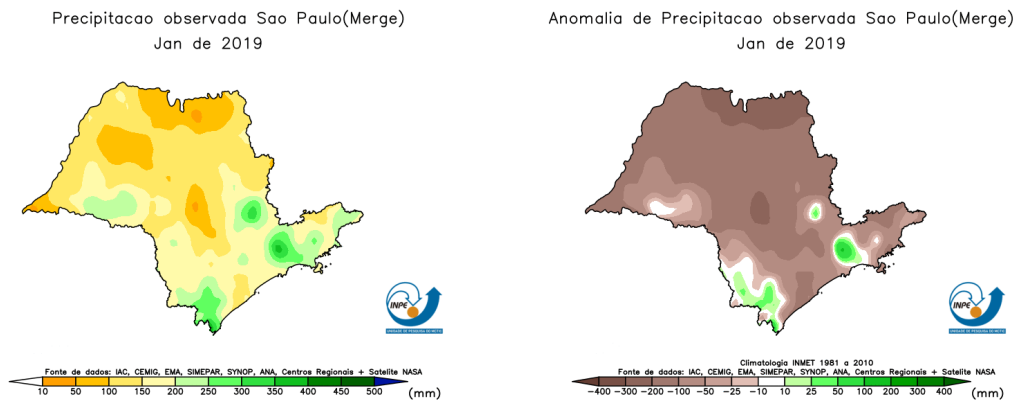
Durante a maior parte de janeiro prevaleceu sobre o Sudeste do Brasil uma circulação anticiclônica (sentido anti-horário) em níveis médios (aproximadamente 6 km). Este padrão de circulação favorece movimentos descendentes (de cima para baixo) que dificultam a formação de nebulosidade significativa e contribuem para a elevação das temperaturas pela compressão do ar (aquecimento adiabático). Além das características citadas, o anticiclone barra o avanço de sistemas frontais que poderiam provocar mudanças nas condições de tempo e trazer consigo um ar mais frio. Desta forma, predominou durante o mês uma condição de tempo mais seco, com chuvas mal distribuídas, pouca nebulosidade e temperaturas elevadas em toda a Região.

No dia 05, a combinação da divergência do escoamento em altos níveis (aproximadamente 11 km de altitude), o aquecimento em superfície e o aporte de umidade favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva generalizadas sobre a Região, inclusive com acumulados significativos em vários municípios. Embora durante a maior parte do tempo, tenha persistido a condição de tempo mais seco associada a presença do anticiclone em níveis médios, em alguns momentos o forte aquecimento diurno combinado com a presença de umidade favoreceram o rompimento dessa “barreira” e resultaram em ocorrência de pancadas de chuva pontualmente intensas que, em alguns casos, vieram também acompanhadas de raios e queda de granizo ou rajadas de vento. Neste sentido, destaca-se a chuva de granizo acompanhada de rajadas de vento que atingiu São José dos Campos no dia 11, em que a ventania associada a tempestade resultou na queda de 40 árvores no município.

No dia 14, houve registro de queda de granizo em Guaratinguetá, embora de forma mais branda e isolada em comparação com o episódio de São José dos Campos. Em Cruzeiro, na tarde do dia 16, uma forte chuva acompanhada de ventania provocou alagamentos, destelhamento de casas e quedas de árvores. No dia 21, mais um episódio de chuva acompanhada de vento e queda de granizo foi observado em São José dos Campos. Ainda no dia 21, uma forte tempestade atingiu Cachoeira Paulista com ventos de 95 km/h que provocaram destelhamentos, quedas de árvores e danos a rede elétrica no INPE. No dia 25, além da termodinâmica (combinação de calor e umidade) a divergência do escoamento em altos níveis contribuiu para a ocorrência de chuvas mais intensas e generalizadas sobre a Região. Destaca-se o Litoral Norte e, especialmente, o município de São Sebastião onde a chuva intensa e persistente resultou em acumulados expressivos e deixaram 52 pessoas desabrigadas.

Embora os episódios acima mencionados tenham registrado acumulados pontualmente expressivos e trouxeram muitos transtornos a população da Região, a manutenção do tempo mais seco durante a maior parte do mês resultou em baixos volumes acumulados (Figura 3.1 - esquerda), considerada a época do ano. Como o mês de janeiro é um dos meses que, em média, são registrados os maiores volumes de precipitação sobre São Paulo e que marca o ápice da estação chuvosa, os volumes registrados em janeiro de 2019, salvo raras exceções, acabaram ficando abaixo da média (tons de marrom na Figura 3.1 - direita) no Estado.

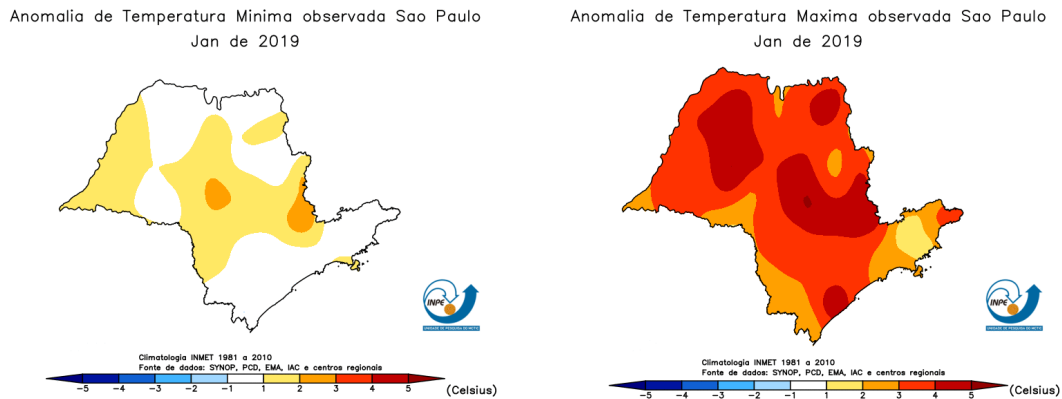
Figura 3.1 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de janeiro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

Como mencionado anteriormente, além de contribuir para um tempo predominantemente seco e com chuvas muito mal distribuídas, o padrão de escoamento estabelecido durante o mês barrou o avanço de sistemas frontais pelo Sudeste. Desta forma, nenhuma frente fria chegou a São Paulo durante o mês e, com isso, persistiu sobre a Região uma massa de ar mais quente e seco. Embora esta característica já possa ser notada no mapa de anomalias de temperatura mínima com temperaturas um pouco acima da média (tons de laranja na Figura 3.2 - esquerda) em alguns pontos, o mapa de temperaturas máximas (Figura 3.2 - direita) evidencia ainda mais o mês extremamente quente que foi registrado em São Paulo. Nota-se que em municípios de Estado, incluído pontos do Vale do Paraíba, as temperaturas máximas ficaram de 4°C a 5°C acima da média histórica do mês (média de 30 anos para janeiro).

Figura 3.2 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de janeiro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.2 Fevereiro

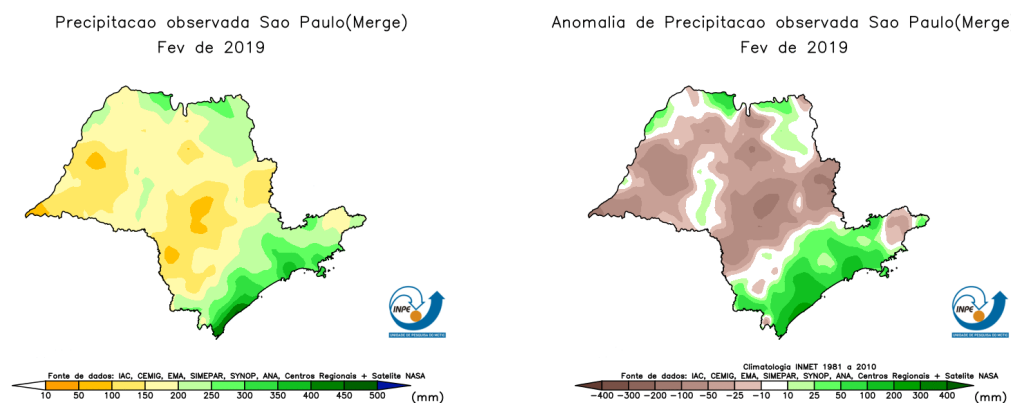
O mês de fevereiro, ao contrário de janeiro, foi de tempo mais instável e com precipitações mais frequentes sobre o Estado de São Paulo, incluído o Vale do Paraíba. Na primeira quinzena do mês, dois sistemas frontais cruzaram o Vale do Paraíba e chegaram ao Rio de Janeiro favorecendo uma condição de tempo instável e chuvas sobre a Região. No dia 27, um sistema frontal que avançou pelo oceano favoreceu a formação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Este sistema alinhou a nebulosidade e as chuvas entre a Região Amazônica e o Sudeste do Brasil e favoreceu acumulados significativos de precipitação em boa parte do Vale do Paraíba, sendo estes valores mais elevados no Litoral Norte.

Com chuvas mais frequentes durante o mês, foram vários episódios que estiveram relacionados a transtornos a população. A primeira frente fria do mês de fevereiro avançou pelo Vale do Paraíba durante o dia 04 e favoreceu chuvas generalizadas sobre a Região, inclusive com acumulados elevados em alguns pontos. No dia seguinte(05), a circulação da alta pressão pós-frontal (sistema com circulação anti-horária que avança na retaguarda da frente fria) manteve a nebulosidade e as chuvas sobre a Região com volumes mais elevados na Serra da Mantiqueira e Litoral Norte. A chuva constante e intensa no Litoral Norte provocou a interdição da Rodovia dos Tamoios. No dia 06, um cavado em níveis médios (área de baixa pressão em, aproximadamente, 6 km de altitude) contribuiu para temporais entre o leste de São Paulo e Rio de Janeiro provocando alagamentos em São Sebastião. A segunda frente fria do mês de

fevereiro cruzou o Vale do Paraíba entre os dias 12 e 13. O avanço do sistema frontal e a posterior circulação associada a alta pressão pós-frontal resultaram em chuvas intensas sobre o Litoral Norte provocando alagamentos em Ubatuba. No fim do mês, a formação do canal de umidade que, pelos critérios e persistência, denominou-se ZCAS favoreceu chuvas generalizadas no Vale do Paraíba com volumes elevados, principalmente, no Litoral Norte.

Conforme destacado anteriormente, o mês de fevereiro foi marcado por chuvas mais generalizadas, frequentes e, em alguns momentos, de forte intensidade sobre o Vale do Paraíba. Na média histórica (média de 30 anos), o mês de fevereiro começa a marcar a redução das precipitações sobre o Estado de São Paulo, embora ainda sejam registrados volumes elevados. Apesar disso, neste ano, o mês de fevereiro registrou maiores volumes de chuva em comparação a janeiro e também em comparação a média climatológica do mês. Na Figura 3.3 (esquerda), nota-se que as chuvas mais significativas se concentraram na faixa leste de São Paulo, incluída a Região do Vale do Paraíba. Na Figura 3.3 (direita) evidenciam-se as precipitações acima da média histórica (tons de verde) de fevereiro em pontos do Litoral Norte e Serra da Mantiqueira.

Figura 3.3 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de fevereiro de 2019.

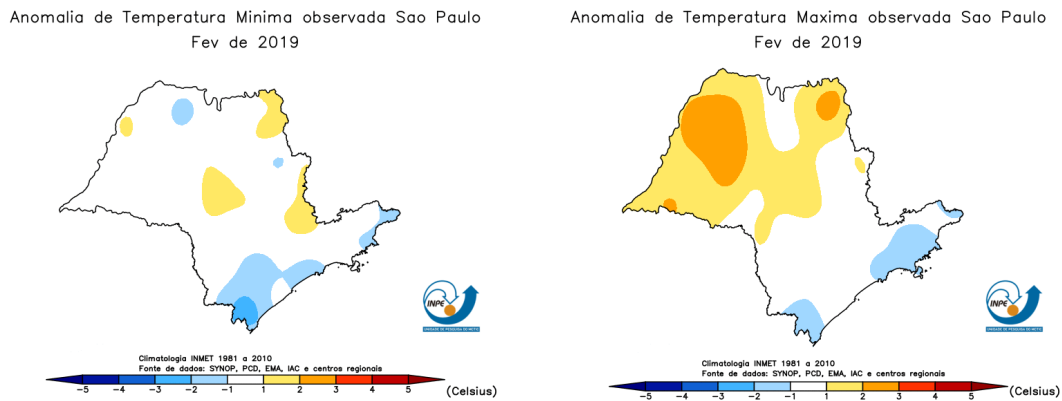


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

O avanço das frentes frias, a atuação da ZCAS e a maior frequência de episódios de chuva contribuíram para mudanças mais frequentes das condições de tempo em fevereiro. Com isso, dias de temperaturas mais elevadas e calor se intercalaram com períodos de chuvas mais frequentes e temperaturas mais amenas. Esta variação nas

condições de tempo contribuiu para temperaturas próximas a média climatológica (média de 30 anos do mês de fevereiro) sobre grande parte de São Paulo. O mapa de temperaturas mínimas (Figura 3.4 - esquerda) demonstra que em pontos da Região Bragantina as mínimas ficaram um pouco acima da média (tons de laranja) e no Vale Histórico as temperaturas ficaram um pouco abaixo da média (tons de azul). Por outro lado, o mapa de temperaturas máximas (Figura 3.4 - direita) apresenta temperaturas um pouco abaixo da média em pontos do Litoral Norte e Alto Vale por conta do tempo mais instável com chuvas mais frequentes e maior cobertura de nuvens.

Figura 3.4 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de fevereiro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.3 Março

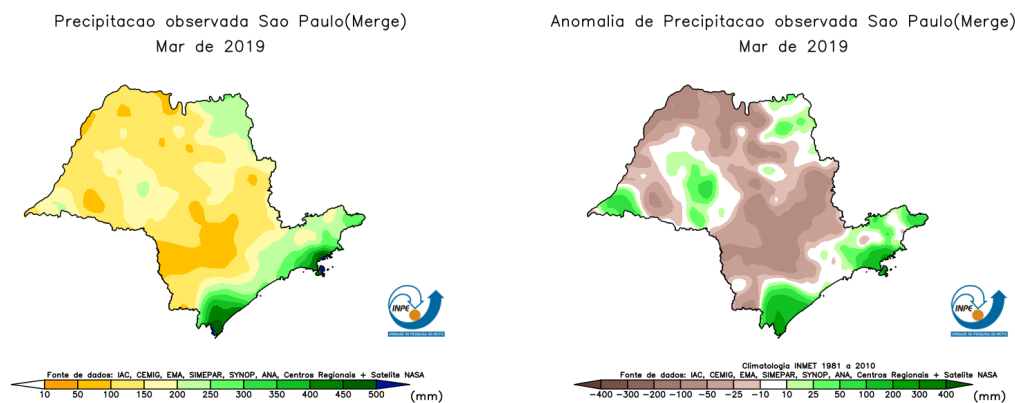
O mês de março iniciou sob influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) configurada no final de fevereiro. Com isso, os três primeiros dias foram de chuvas generalizadas e com acumulados elevados em alguns pontos da Região. Em Ilha Bela e Caraguatatuba ocorreram alagamentos no dia 01. No dia 05, um cavado em níveis médios (área de baixa pressão em, aproximadamente, 6 km de altitude) provocou chuvas pontualmente intensas no Vale do Paraíba que resultaram em deslizamentos em Campos do Jordão. Outro episódio de chuva forte no dia 11 resultou em acumulados expressivos no Litoral Norte e no fechamento da Rodovia dos Tamoios.

No dia 16, o avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da

atmosfera (6 km de altitude) favoreceu chuvas localmente fortes sobre o Vale do Paraíba e resultaram em quedas de barreiras em Santo Antônio do Pinhal e alagamentos em Caraguatatuba. A segunda quinzena do mês foi de chuvas mais fracas intercaladas com dias de tempo mais seco sobre a Região. Em março, apenas um sistema frontal cruzou o Vale do Paraíba entre os dias 21 e 22 provocando chuvas generalizadas sobre a Região.

Os volumes de precipitação observados, especialmente, durante a primeira quinzena de março resultaram em valores elevados sobre parte do Vale do Paraíba (Figura 3.5 - esquerda). Ainda assim, em comparação com a média histórica do mês de março, notaram-se regiões com anomalias negativas (chuva abaixo da média do mês representada pelos tons de marron na Figura 3.5 - direita) em pontos do Alto Vale, Região Bragantina e parte do Vale Histórico. Por outro lado, no Litoral Norte e Serra da Mantiqueira, regiões em que as chuvas foram mais frequentes e intensas, foram observadas anomalias positivas (chuva acima da média representada pelos tons de verde na Figura 3.5 - direita).

Figura 3.5 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de março de 2019.

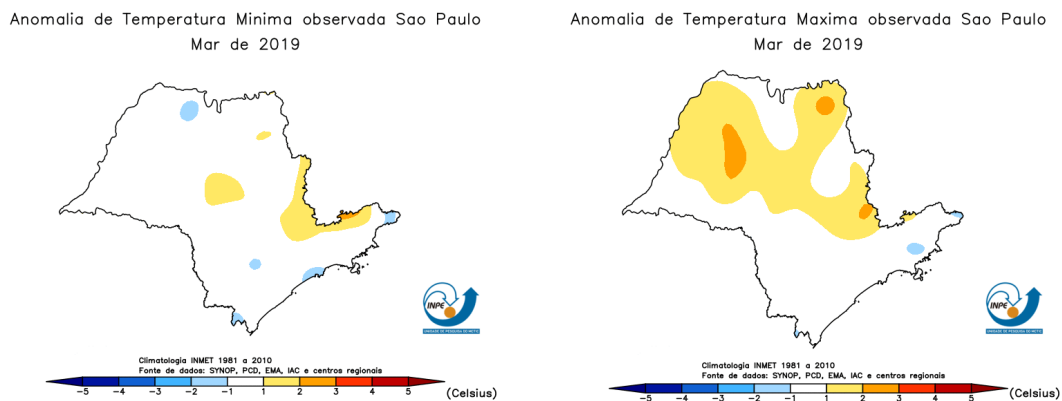


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

Como destacado acima, o mês de março foi caracterizado por episódios de chuvas frequentes e curtos períodos de tempo seco sobre o Vale do Paraíba que favoreceram mudanças mais constantes nas temperaturas da Região. O avanço da frente fria entre os dias 21 e 22 trouxe mudanças mais significativas nas condições de tempo e, de uma forma geral, os últimos dias do mês foram de temperaturas mais amenas enquanto as maiores temperaturas foram observadas nos primeiros dias de março. A combinação

das condições de tempo acima descritas contribuiu para que as temperaturas em março, na maior parte de São Paulo, fossem próximas a média (faixa em branco na Figura 3.6) climatológica (média de 30 anos do mês de março). Mais especificamente para a Região, nota-se que as temperaturas mínimas ficaram um pouco acima da média (tons de laranja na Figura 3.6 - esquerda) próximo a Serra da Mantiqueira.

Figura 3.6 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de março de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.4 Abril

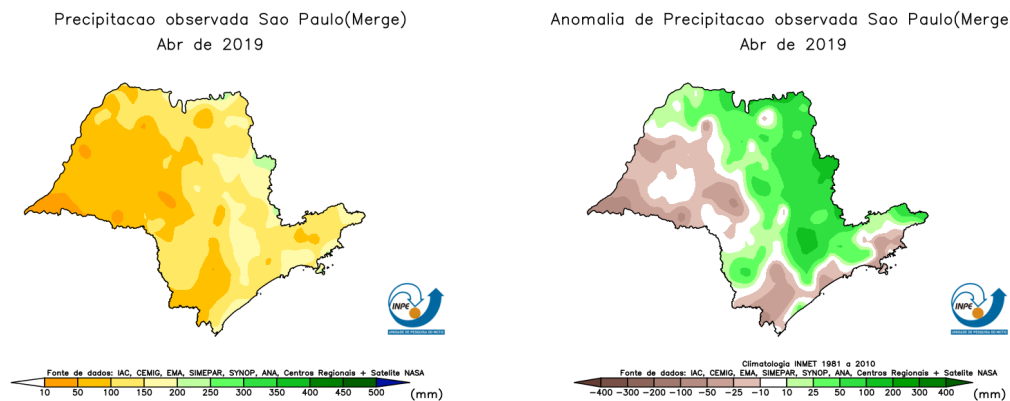
O mês de abril foi marcado pela diminuição de episódios de chuva e também na intensidade dos mesmos, como é esperado para a época do ano, já dando início a um período de tempo predominantemente mais seco na Região. Ainda assim, alguns episódios de chuva pontualmente forte e temporais ocorreram ao longo do período.

Uma frente fria que avançou até o sul de São Paulo favoreceu instabilidades pré-frontais que resultaram em chuvas fortes em pontos do Alto Vale e Serra da Mantiqueira. No dia 14, a combinação do escoamento em altos (11 km de altitude) e baixos (1,5 km de altitude) favoreceram a ocorrência de chuvas pontualmente intensas na Região. O avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da atmosfera (5 km de altitude) no dia 16 favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva acompanhadas de raios em grande parte da Região (registradas no dia 17). No dia 23, também ocorreram chuvas localmente fortes na Região associadas ao deslocamento de um cavado sobre o Sudeste.

O evento mais significativo do mês ocorreu no dia 28 com a aproximação de uma frente fria que provocou chuva em boa parte da Região e ventos fortes, principalmente, no Litoral Norte. Em São Sebastião os ventos chegaram a 96 km/h e provocaram quedas de árvores tanto em São Sebastião quanto em Ilha Bela. Também por conta dos ventos fortes, a travessia da balsa foi interrompida e cerca de 150 mil clientes ficaram sem energia elétrica.

Como destacado acima, ocorreram poucos episódios de chuva significativa na Região e os acumulados, de uma forma geral, foram baixos na maior parte da Região (Figura 3.7 - esquerda). O mês de abril marca, em média, uma redução mais evidente dos totais pluviométricos em grande parte do Brasil central. Esta redução foi observada em pontos da Região, especialmente, no Litoral Norte em que os volumes acumulados em abril de 2019 foram menores (chuva abaixo da média do mês representada pelos tons de marron na Figura 3.7 - direita) do que a média climatológica (média de 30 anos) para o mês. Em pontos da Região Bragantina, Alto Vale e Serra da Mantiqueira e demais pontos de São Paulo que fazem divisa com Minas Gerais os volumes de chuva ficaram um pouco acima da média histórica (chuva acima da média representada pelos tons de verde na Figura 3.7 - direita).

Figura 3.7 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de abril de 2019.

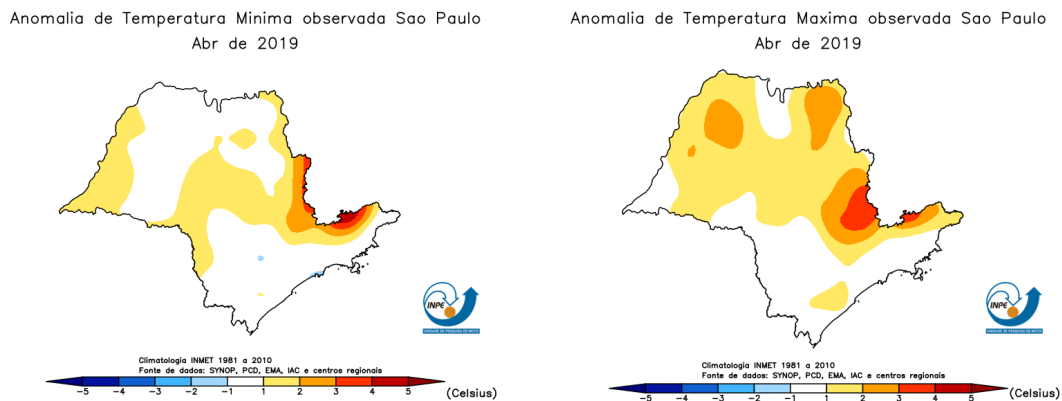


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

A frente fria que avançou pelo Vale do Paraíba no dia 28 foi a única que avançou pela Região durante o mês de abril. Desta forma, durante a maior parte do tempo, a atuação de uma massa de ar mais seco contribuiu para dias de pouca nebulosidade, sem chuva, com baixos índices de umidade relativa do ar e temperaturas elevadas.

A combinação das condições de tempo acima descritas contribuiu para que as temperaturas em abril, na maior parte de São Paulo, fossem acima da média (tons de laranja na Figura 3.8) climatológica (média de 30 anos do mês de abril). Esta característica pode ser observada no mapa de temperaturas mínimas (esquerda) e, principalmente, no de máximas (direita).

Figura 3.8 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de abril de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.5 Maio

Os episódios de chuva durante o mês de maio de 2019, em sua maioria, estiveram associados a atuação de sistemas frontais e a posterior influência do anticiclone (sistema de alta pressão) atuante na retaguarda dos sistema. A primeira frente fria avançou pelo Vale do Paraíba no dia 08 e favoreceu a ocorrência de chuvas, de forma geral, de baixos volumes acumulados sobre a Região.

Outra frente fria passou a influenciar as condições de tempo a partir do dia 14 de maio. Embora durante o avanço do sistema frontal os volumes de chuva tenham sido baixos e mal distribuídos a maior consequência foi observada nos dias posteriores por conta da circulação associada a alta pressão pós-frontal. Entre os dias 16 e 18 o sistema frontal atuou de forma estacionária na altura do Espírito Santo e a circulação (no sentido anti-horário) da alta pressão favoreceu ventos sudeste em direção ao litoral de São Paulo. Com isso, neste período foram registradas chuvas constantes e com volumes elevados, especialmente, no Litoral Norte que resultaram em quedas de barreiras e na interdição das Rodovias Rio-Santos e dos Tamoios além

do desalojamento de famílias nos municípios do Litoral Norte.

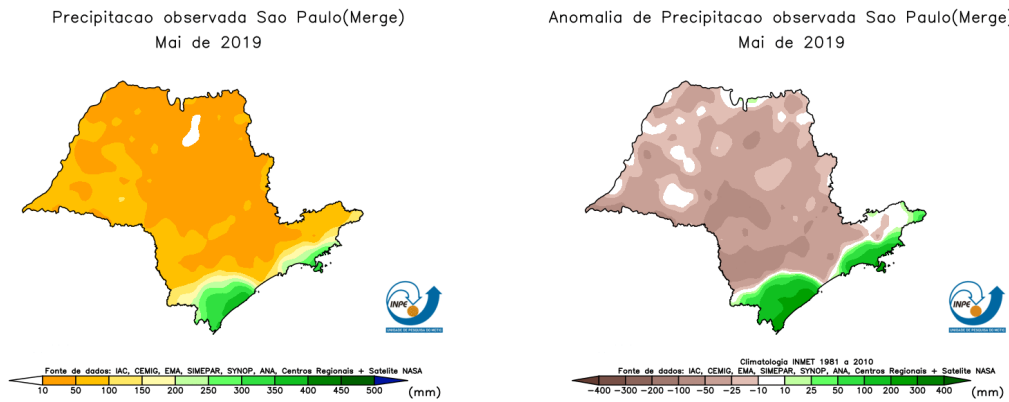
No dia 18, o avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da atmosfera (aproximadamente 6 km de altitude) combinado com o escoamento em baixos níveis que transportava o ar mais úmido do oceano favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva generalizadas e acompanhadas de raios no Vale do Paraíba. Excetuando-se o Litoral Norte, onde as chuvas mais intensas foram registradas no dia 17, este episódio correspondeu a maior chuva do mês na Região.

A terceira frente fria avançou pelo Vale do Paraíba no dia 25 de maio, mas sua passagem resultou apenas em chuvas de fraca intensidade em pontos isolados sendo caracterizada, principalmente, pela queda das temperaturas que provocou.

Conforme destacado acima, a maior parte dos episódios de chuva foram de fraca intensidade e os mesmos ocorreram de forma mal distribuída durante o mês. Esta característica se acentuou pelo interior do Estado de São Paulo com chuvas escassas de baixo volume (Figura 3.9 - esquerda), situação característica para a época do ano. Com isso, a maior parte do Estado de São Paulo registrou chuvas abaixo da média (tons de cinza na Figura 3.9 - direita) histórica do mês (média de 30 anos de precipitação em maio), incluído, parte do Vale, Região Bragantina e pontos da Serra da Mantiqueira. A exceção mais evidente fica por conta da faixa litorânea que teve precipitações mais constantes e com volumes elevados (Figura 3.9 - esquerda) que resultaram transtornos a população. Entre o Vale do Ribeira, Baixada Santista e Litoral Norte de São Paulo as chuvas de maio de 2019 foram superiores (tons de verde na Figura 3.9 - direita) a climatologia para maio (média de 30 anos de precipitação).

Os dois primeiros sistemas frontais que avançaram pelo Vale do Paraíba no mês de maio (08 e 14) atuaram de forma mais litorânea e não estiveram associados ao avanço de uma massa de ar frio pelo interior do continente. Desta forma, durante a maior parte do mês ainda predominou uma massa de ar mais quente sobre o Vale do Paraíba que contribuiu para dias com temperaturas elevadas e sensação de calor, dada a época do ano. O terceiro sistema frontal, atuante no Vale a partir do dia 25, possuía uma forte massa de ar frio associada que avançou até o sul da Região Amazônica. Assim, os dias seguintes foram de temperaturas baixas e sensação de frio na Região, com o registro das menores temperaturas do ano até o momento. Além disso, a forte queda das temperaturas favoreceu episódios de geadas isoladas na Serra da Mantiqueira no dia 27. Como destacado, apesar das temperaturas mais baixas no final do mês, durante a maior parte de maio os dias foram de temperaturas

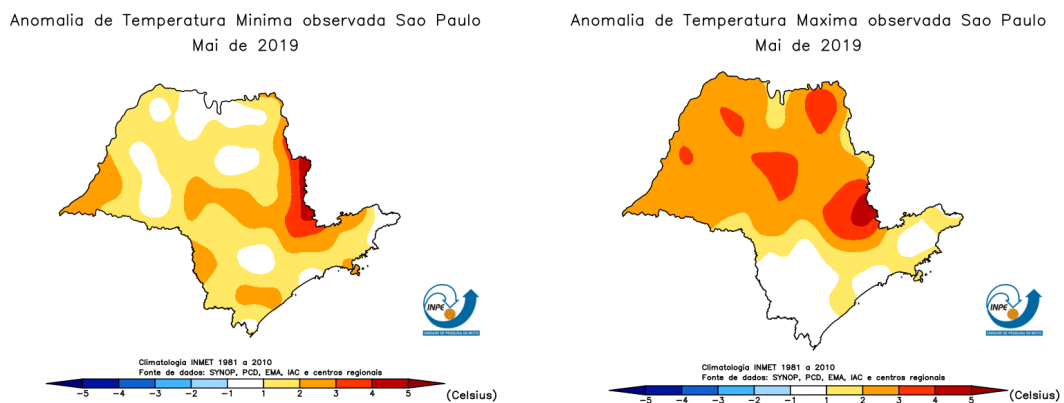
Figura 3.9 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de maio de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

elevadas para a época do ano. Com isso, as temperaturas em maio ficaram acima da média (tons de laranja na Figura 3.10) climatológica (média de 30 anos do mês de maio) em grande parte de São Paulo. Esta característica pode ser observada tanto no mapa de temperaturas mínimas (esquerda) quanto no de máximas (direita).

Figura 3.10 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de maio de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.6 Junho

O avanço de uma frente fria pelo Estado de São Paulo entre os dias 02 e 03 favoreceu a ocorrência de chuvas generalizadas no Vale do Paraíba. Em alguns pontos a chuva veio acompanhada de raios, mas, de uma forma geral, os volumes acumulados foram baixos. No dia 05, a circulação associada ao anticiclone pós-frontal (circulação anti-horária) favoreceu o transporte de umidade para a Região e chuvas, principalmente, no Litoral Norte.

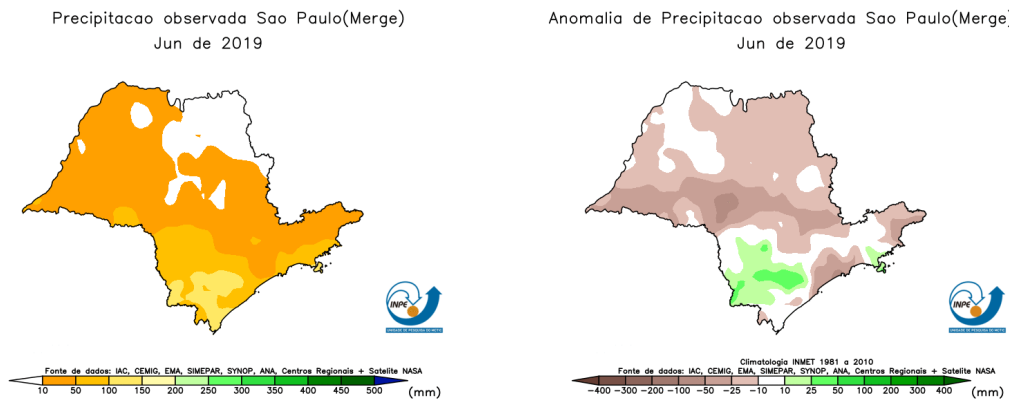
A partir da primeira semana de junho predominou uma condição de tempo mais característica da estação seca sobre o Vale do Paraíba e parte central do Brasil. Em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) estabelece-se uma circulação anticiclônica (no sentido anti-horário) que favorece movimentos subsidentes (de cima para baixo) que dificultam a formação de nebulosidade e contribuem para um rápido aquecimento e para a diminuição dos níveis de umidade relativa do ar.

No dia 20, uma frente fria rompeu o bloqueio estabelecido, mas sem o aporte de umidade proveniente da Amazônia, o sistema cruzou a Região e provocou apenas chuvas de fraca intensidade que atingiram pontos isolados. Após esta data, voltou a se configurar uma condição de tempo mais estável, com pouca nebulosidade e sem chuva no Vale do Paraíba.

Embora o mês de junho seja historicamente caracterizado por tempo seco e com chuvas escassas, conforme destacado acima, junho de 2019 apresentou poucos episódios de chuva e com fraca intensidade. O predomínio da massa de ar mais seco ocorreu em grande parte do Estado de São Paulo e acarretou em baixos volumes acumulados durante o mês (Figura 3.11 - esquerda). Com isso, a maior parte do Estado de São Paulo registrou chuvas abaixo da média (tons de cinza na Figura 3.11 - direita) histórica do mês (média de 30 anos de precipitação em junho), incluído parte do Vale, Região Bragantina e pontos da Serra da Mantiqueira.

As duas frentes frias que avançaram pela Região favoreceram a modificação nas condições de tempo e a queda das temperaturas nos dias seguintes ao seu deslocamento. Foram nestes períodos que foram registradas as menores temperaturas do ano na Região até o momento. Apesar disso, conforme destacado acima, durante a maior parte do mês prevaleceu uma massa de ar mais seco e com uma circulação em níveis médios (6 km de altitude) que favorecia a elevação das temperaturas. Desta forma, nota-se que as temperaturas máximas em junho ficaram acima da média (tons de laranja na Figura 3.12 - direita) climatológica (média de 30 anos do mês de maio)

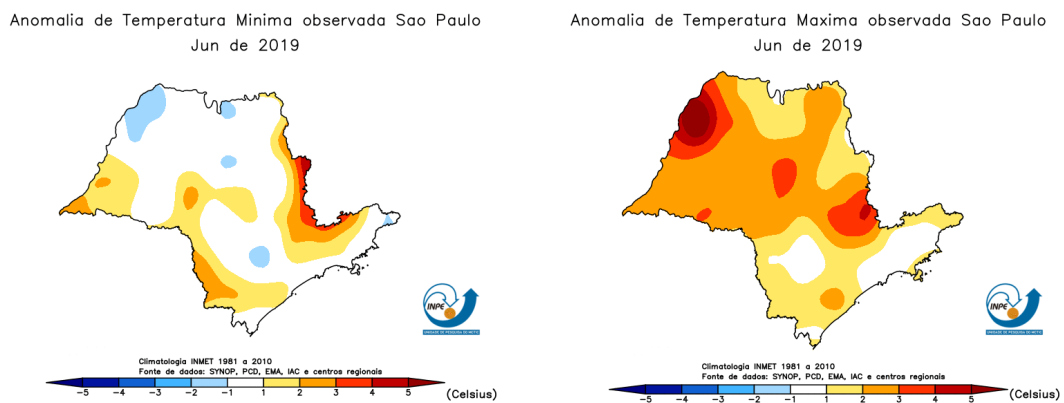
Figura 3.11 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de junho de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

em grande parte de São Paulo. As temperaturas mínimas (Figura 3.12 - esquerda) ficaram acima da média (tons de vermelho) em pontos do Vale do Paraíba sendo esta característica ainda mais acentuada nos pontos da Serra da Mantiqueira.

Figura 3.12 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de junho de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.7 Julho

O começo de julho foi marcado pelo avanço de uma frente fria pelo Estado de São Paulo entre os dias 04 e 05. Com o deslocamento deste sistema, ocorreram chuvas

generalizadas e de forte intensidade na Região do Vale do Paraíba, principalmente, em municípios do Litoral Norte entre os dias 04 e 05.

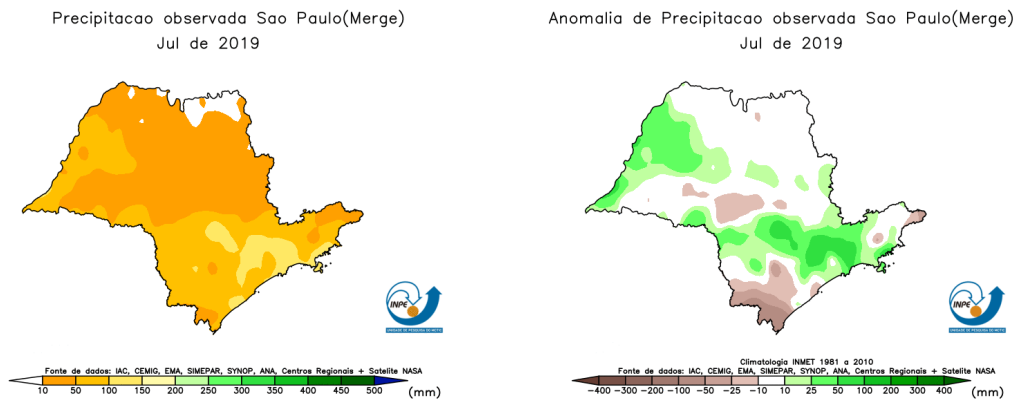
No dia 16, outra frente fria avançou pelo leste de São Paulo. Este segundo sistema apresentou menor atividade convectiva e as chuvas que atingiram apenas pontos isolados da Região foram de fraca intensidade. O terceiro episódio de chuvas sobre a Região também esteve associado ao deslocamento de uma frente fria pelo oceano no dia 31 e, assim como a frente fria do dia 16, a chuva ocorrida sobre o Vale do Paraíba e Litoral Norte ocorreu de forma fraca e isolada.

A maior parte do mês, como esperado para esta época do ano, foi sob influência de uma circulação anticiclônica (sentido anti-horário) em níveis médios da atmosfera (aproximadamente 6 km de altitude). Quando estabelecido, este padrão de circulação favorece movimentos subsidentes (de cima para baixo) que dificultam a formação de nuvens, contribuem para um rápido aquecimento e para a diminuição dos níveis de umidade relativa do ar.

O mês de julho é o que possui a menor média histórica (média de 30 anos) de precipitação mensal acumulada. Desta forma, mesmo com a condição de tempo seco estabelecida durante a maior parte do mês, os poucos episódios de chuva que ocorreram contribuíram para acumulados acima da média em parte do Estado de São Paulo. Na Região, destacam-se, principalmente, pontos do Alto Vale, Região Bragantina e Litoral Norte com chuvas próximos a 50 mm acima da média (tons de verde na Figura 3.13 - direita). Por outro lado, no Vale Histórico a chuva ocorreu de forma mais fraca e isolada durante o mês o que resultou em baixos volumes acumulados (Figura 3.13 esquerda) e anomalias negativas (tons de marron na Figura 3.13 - direita).

A frente fria que avançou pela Região no começo de julho possuía uma forte massa de ar frio associada e contribuiu para grande queda das temperaturas. Desta forma, o período entre o dia 7 e 13 foi de temperaturas muito baixas na Região com as menores marcas do ano, além de temperaturas negativas e episódios de geada na Serra da Mantiqueira. A segunda frente fria que avançou pela Região também provocou queda das temperaturas, embora em menor intensidade e com frio menos persistente. O período com temperaturas baixas na primeira quinzena de julho contribuiu para que a média das temperaturas mínimas tenha ficado abaixo de sua climatologia (média de temperaturas em julho no período de 30 anos) em pontos do Vale, principalmente, no Vale Histórico (tons de azul na Figura 3.14 - esquerda). Como a maior parte do mês teve uma condição de tempo mais seco e pouca nebulosidade, mesmo nos dias que as

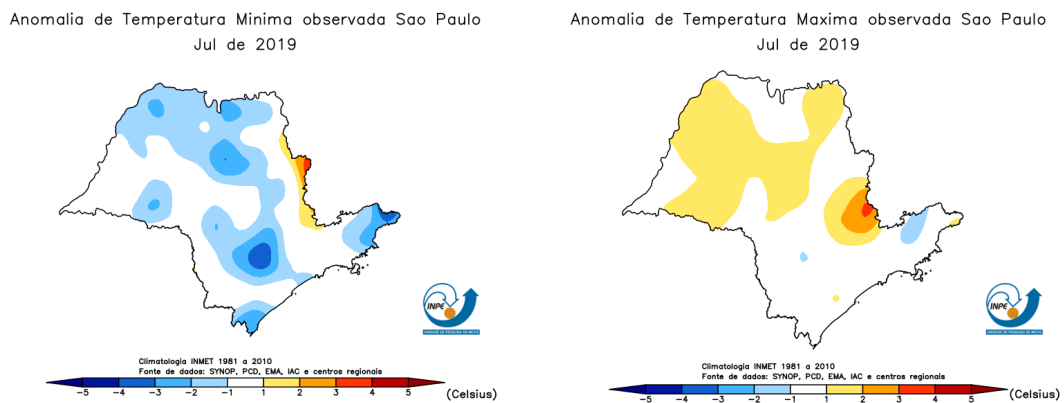
Figura 3.13 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de julho de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

temperaturas mínimas foram baixas, ocorria um rápido aquecimento durante o dia. Assim sendo, grande parte do Vale do Paraíba, Litoral Norte e Região Bragantina teve temperaturas máximas próximas a média histórica para o mês de julho (branco na Figura 3.14 - direita).

Figura 3.14 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de julho de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.8 Agosto

A primeira semana de agosto foi caracterizada pelo avanço de uma frente fria pelo Sudeste do Brasil que cruzou o Vale do Paraíba no dia 03 e favoreceu a ocorrência de chuvas em grande parte da Região. Nos dias 04 e 05 a circulação associada a alta pressão pós-frontal (circulação anti-horária) favoreceu o transporte de umidade do oceano para o continente e manteve o tempo instável com chuvas fracas em parte da Região.

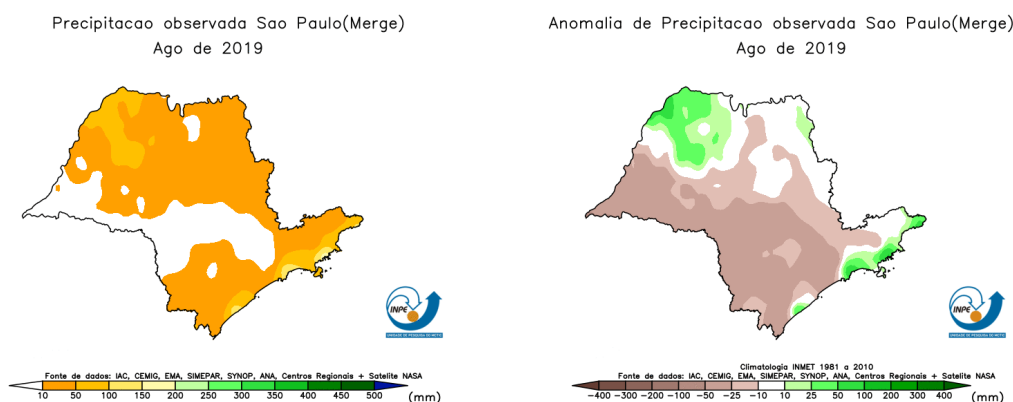
Outra frente fria avançou pela faixa leste de São Paulo entre os dias 13 e 14. Desta vez, o sistema frontal provocou chuvas ainda mais fracas e isoladas em pontos do Vale do Paraíba e Litoral Norte, principalmente. O terceiro episódio de chuvas na Região também esteve relacionado ao avanço de uma frente fria no dia 20 e posterior circulação da alta de pressão que se desloca na retaguarda do sistema. Como é típico para esta época do ano, as frentes frias avançam pelo Sudeste com pouco aporte de umidade e, desta forma, as chuvas associadas ao fenômeno são, geralmente, fracas.

No dia 23, o avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) da atmosfera favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva em grande parte da Região embora, de uma forma geral, os acumulados tenham sido baixos.

O mês de agosto é, na média, um dos mais secos do ano no Estado de São Paulo. Conforme destacado acima, foram poucos os episódios de chuva na Região e os volumes acumulados nestas situações foram, em sua maioria, baixos. Assim sendo, durante grande parte do mês predominou a circulação anticiclônica (sentido anti-horário) em níveis médios da atmosfera (aproximadamente 6 km de altitude). Este tipo de circulação, quando estabelecido, favorece movimentos subsidentes (de cima para baixo) que dificultam a formação de nuvens, contribuem para um rápido aquecimento e para a diminuição dos níveis de umidade relativa do ar. Desta forma, as precipitações esporádicas e de fraca intensidade registradas em agosto de 2019 resultaram em acumulados baixos durante o mês (Figura 3.15 - esquerda) que ficaram, na maior parte do Estado de São Paulo, abaixo da climatologia (tons de marron na Figura 3.15 - direita) para o mês (média de 30 anos de precipitação em agosto).

A passagem da primeira frente fria do mês de agosto que influenciou as condições de tempo na Região entre os dias 3 e 5 favoreceu principalmente o aumento da nebulosidade que resultou em temperaturas máximas mais amenas no Vale do Paraíba. Os outros dois sistemas frontais que avançaram por São Paulo durante o mês (dias

Figura 3.15 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de agosto de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

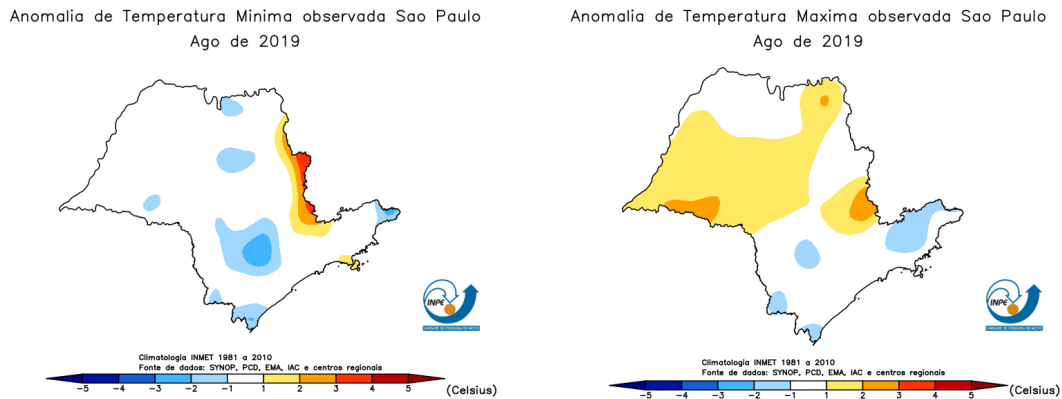
14 e 20) apresentaram características semelhantes com impacto, principalmente, nas temperaturas máximas. Sem o avanço de uma forte massa de ar frio durante o mês, as temperaturas mínimas não sofreram grandes alterações e ficaram próximas (áreas em branco na Figura 3.16 - esquerda) a média climatológica do mês (média de temperaturas em agosto no período de 30 anos) na maior parte do Estado. Mesmo com as quedas nas máximas observadas após os episódios de frente fria, durante a maior parte do mês o sol predominou entre poucas nuvens e os baixos índices de umidade relativa do ar favoreciam a rápida elevação das temperaturas. Desta forma, em pontos de São Paulo as temperaturas ficaram acima (tons de laranja a Figura 3.16 - direita) da média (média de temperaturas em agosto no período de 30 anos), especialmente no oeste e norte do Estado. No Vale do Paraíba, a maior parte da Região registrou temperaturas máximas um pouco abaixo (tons de azul na Figura 3.16 - direita) a normal climatológica (média de temperaturas em agosto no período de 30 anos).

3.9 Setembro

Nos primeiros 6 dias de setembro dois sistemas frontais se deslocaram pelo Vale do Paraíba e contribuíram para condições de tempo mais instável, com bastante nebulosidade e chuva em boa parte da Região. Embora em alguns pontos a chuva tenha sido intensa, como é característico para esta época do ano, a maior parte dos casos de precipitação foi de fraca intensidade.

Depois do dia 06 de setembro se estabeleceu um amplo anticiclone (área de alta

Figura 3.16 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de agosto de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

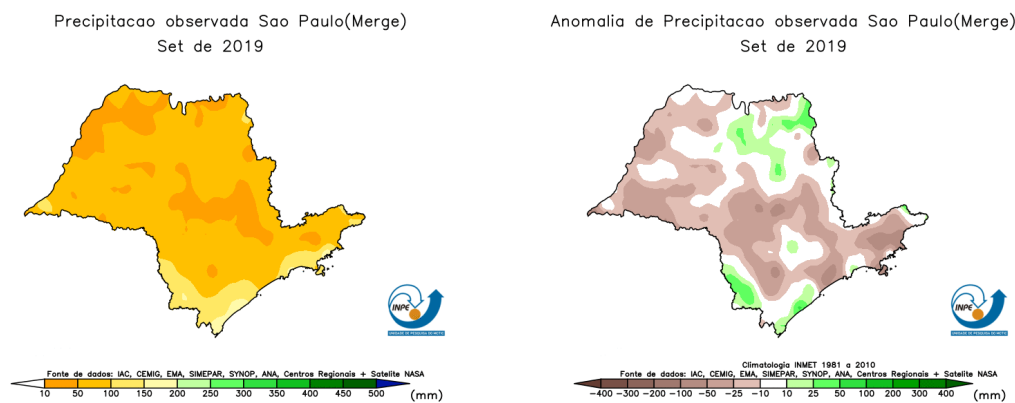
pressão) em níveis médios da atmosfera (6 km de altitude) que manteve estáveis as condições de tempo na maior parte do Brasil central durante grande parte do mês. Este tipo de circulação favorece movimentos subsidentes (de cima para baixo) que dificultam a formação da nebulosidade. Desta forma, se sucederam dias de céu com poucas nuvens, temperaturas muito elevadas e baixos índices de umidade relativa do ar.

O padrão de bloqueio acima mencionado só foi quebrado a partir do dia 20 com o avanço de uma frente fria que favoreceu o aumento da nebulosidade e chuvas, principalmente, no Litoral Norte entre os dias 21 e 22. Posteriormente, entre os dias 25 e 27, a atuação de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da atmosfera (6 km de altitude) também favoreceu dias com mais nebulosidade e chuva em boa parte da Região, embora fracas na maior parte dos casos.

Embora, na média, o mês de setembro marque a elevação dos índices de precipitação sobre a faixa leste de São Paulo, como destacado acima, a maior parte do mês foi influenciada por uma condição de bloqueio na atmosfera que resultou em um grande período de tempo seco, baixos índices de umidade relativa do ar e temperaturas elevadas. Desta forma, nota-se que os acumulados de chuva foram baixos no Estado (Figura 3.17 - esquerda) e que na maior parte de São Paulo ficaram abaixo da climatologia (tons de marron na Figura 3.17 - direita) para o mês (média de 30 anos de precipitação em setembro). Na Região, destacam-se, principalmente, pontos do Litoral Norte em que a precipitação ficou entre 50 a 100 mm abaixo da média para

o mês. Por outro lado, em pontos da Serra da Mantiqueira e Vale Histórico, a chuva de setembro de 2019 foi próxima ou ligeiramente abaixo da média histórica do mês.

Figura 3.17 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de setembro de 2019.



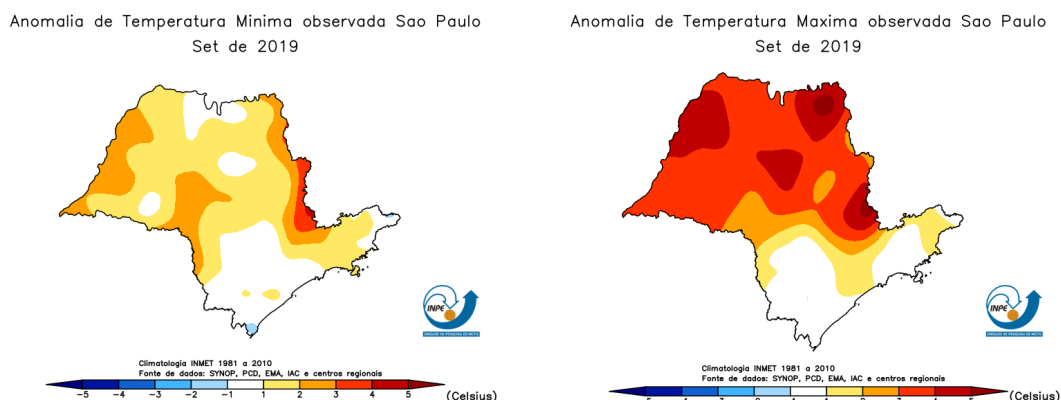
Fonte: Grupo de Previsão Climática.

As três frentes frias que avançaram pela Região durante o mês de setembro se deslocaram de forma mais oceânica e não tiveram uma forte massa de ar frio em sua retaguarda. Desta forma, embora tenham provocado chuvas na Região, a variação das temperaturas foi observada, principalmente, na queda das máximas como reflexo do aumento da nebulosidade. Ainda assim, como relatado acima, a maior parte do mês teve uma situação de pouca nebulosidade e baixos índices de umidade relativa do ar. Como consequência, as temperaturas subiram muito rapidamente durante o dia e resultaram em vários dias com máximas muito elevadas. Os mapas de anomalias de temperatura mínima (Figura 3.18 - esquerda) e máxima (Figura 3.18 - direita) evidenciam que os termômetros, ficaram muito acima da média (tons de vermelho) em grande parte de São Paulo, embora em pontos do Vale e Litoral Norte as temperaturas tenham ficado próximas a média (branco).

3.10 Outubro

No dia 07 de outubro, o avanço de uma frente fria sobre o Estado de São Paulo favoreceu as primeiras instabilidades sobre a Região. Desta forma, foram observados episódios de chuva, de uma forma geral, de fraca intensidade, entre os dias 07 e 10, inicialmente por conta da atuação da frente fria e, posteriormente pela presença de cavados (áreas de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de

Figura 3.18 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de setembro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

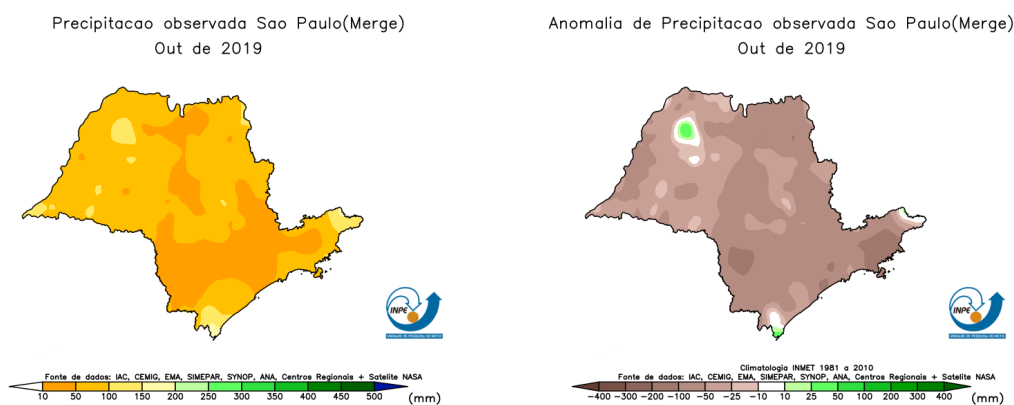
altitude) da atmosfera. No dia 20, outra frente fria se deslocou pelo Estado de São Paulo e favoreceu a ocorrência de chuva em alguns pontos do Vale do Paraíba, especialmente no Vale Histórico e Litoral norte.

O período de maior instabilidade na Região durante o mês de outubro se concentrou entre os dias 24 e 27. Nestes dias, a combinação de temperaturas elevadas, presença de umidade e a propagação de cavados (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) resultaram em chuvas intensas em curto período de tempo, rajadas de vento de forte intensidade e queda de granizo. No dia 24, São José dos Campos registrou chuva intensa em curto período e também queda de granizo no começo da tarde. No dia 25, houve queda de granizo em pontos de Lorena e Cachoeira Paulista no período da tarde. Já na tarde do dia 26, os municípios de Taubaté e Campos do Jordão também tiveram ocorrência de queda de granizo em alguns pontos.

Como destacado acima, os episódios de chuva de outubro de 2019 no Vale do Paraíba ocorreram em dias isolados e, de uma forma geral, foram de baixos volumes acumulados. O único episódio de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) se configurou entre o norte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste o que contribuiu para os baixos volumes de chuva observados em São Paulo. A chuva que atingiu a Região no dia 09 foi a mais abrangente e com os maiores volumes acumulados em grande parte dos municípios. Embora entre os dias 24 e 26 tenham ocorridos episódios de temporais com queda de granizo, por serem de curta duração, estes episódios não

estiveram associados a grandes volumes de chuva. Nota-se que, na maior parte do Estado, os acumulados de chuva em outubro (Figura 3.19 - esquerda) ainda foram baixos (valores inferiores a 100 mm) o que resultou em precipitações abaixo da média mensal (tons de marron na Figura 3.19 - direita). Na Região, nota-se que os valores de precipitação acumulada durante o mês ficaram de 100 a 200 mm abaixo da climatologia de outubro (média de 30 anos do mês).

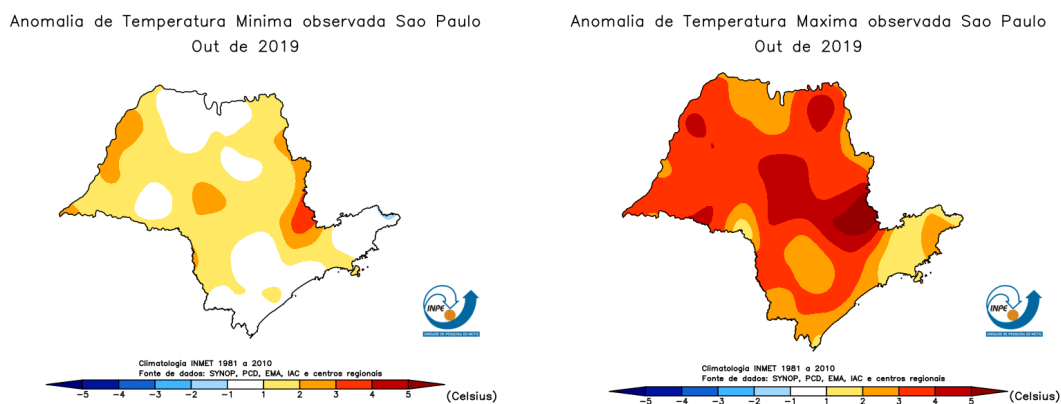
Figura 3.19 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de outubro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

O tempo predominantemente seco durante grande parte do mês contribuiu para a manutenção das temperaturas elevadas com máximas superiores a 30°C durante grande parte de outubro. As duas frentes frias atuantes na Região durante o mês provocaram queda das temperaturas, principalmente, das máximas, mas os dias seguintes já voltaram a se caracterizar por céu com pouca nebulosidade e temperaturas mais elevadas. Em vista disso, os mapas de anomalias de temperatura mínima (Figura 3.20 - esquerda) e máxima (Figura 3.20 - direita) evidenciam que os termômetros, ficaram muito acima da média (tons de vermelho) em grande parte de São Paulo. Para o Vale do Paraíba, nota-se que os valores de temperatura mínima ficaram próximos a média (branco na Figura 3.20 - esquerda), mas as máximas ficaram acima da média do mês (tons de laranja na Figura 3.20 - direita).

Figura 3.20 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de outubro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.11 Novembro

Durante o mês de novembro, 4 frentes frias avançaram pelo Vale do Paraíba e contribuíram em maior ou menor grau para a ocorrência de chuva em pontos da Região. Embora nesta época do ano episódios de chuvas fortes acompanhadas de raios sejam comuns, as chuvas que atingiram a Região, de uma forma geral, não vieram acompanhadas de granizo e rajadas de vento de forte intensidade. Além disso, o episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se configurou durante o mês atuou mais sobre Minas Gerais e Espírito Santo, Estados em que a chuva foi mais intensa durante o mês e trouxe inúmeros transtornos.

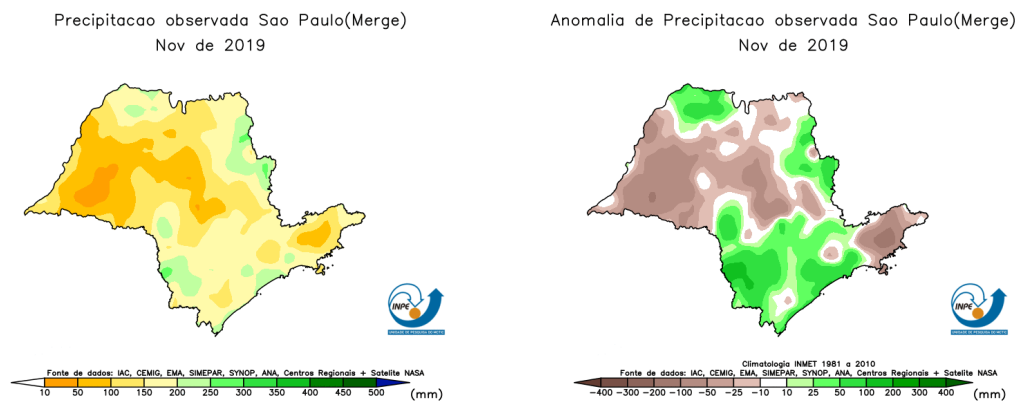
O primeiro episódio de chuva mais intensa sobre a Região ocorreu na Serra da Mantiqueira no dia 09 com o avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) da atmosfera. Entre os dias 11 e 12, a primeira frente fria que se deslocou pelo Estado no mês de novembro favoreceu chuvas que ficaram mais concentradas no Litoral Norte.

No dia 16, a segunda frente fria que atuou no Vale do Paraíba favoreceu chuvas sobre grande parte da Região, mas, de uma forma geral, os volumes acumulados foram baixos. Esta frente, ao alcançar o Espírito Santo deu origem ao episódio de ZCAS acima mencionado. No Vale Histórico, os episódios de chuva mais intensa ocorreram com o avanço de uma frente fria pela Região entre os dias 24 e 25 de novembro. No dia 27, a presença de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (6 km

de altitude) e o transporte de umidade em baixos níveis favoreceram a ocorrência de chuva pontualmente forte, especialmente, sobre a Região Bragantina. No fim do mês (dia 28 e 29), outra frente fria se deslocou pelo leste de São Paulo e favoreceu chuvas generalizadas pela Região, principalmente, no Litoral Norte.

Como destacado acima, embora tenham ocorrido episódios de chuva associados ao avanço das frentes frias e pancadas de chuva influenciadas pela circulação na troposfera média (médios níveis - 6 km de altitude), de uma forma geral, estas chuvas não apresentaram forte intensidade. Além disso, o único episódio de ZCAS durante o mês ocorreu sobre Minas Gerais e Espírito Santo. Este sistema, é um dos principais sistemas associados a precipitação durante a estação chuvosa no Estado de São Paulo e contribui para chuvas intensas e generalizadas. Desta forma, os acumulados de chuva durante o mês de novembro foram baixos, considerada a época do ano, sobre grande parte de São Paulo (Figura 3.21 - esquerda). Como a média histórica da precipitação sobre São Paulo em novembro é elevada, grande parte do Estado apresentou valores abaixo desta média (tons de marron na Figura 3.21 - direita), inclusive grande parte do Vale do Paraíba. Entre o sul de São Paulo, Vale do Ribeira e parte da Região Bragantina podem ser observadas regiões em que a precipitação em novembro de 2019 foi superior a média (tons de verde na Figura 3.21 - direita).

Figura 3.21 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de novembro de 2019.

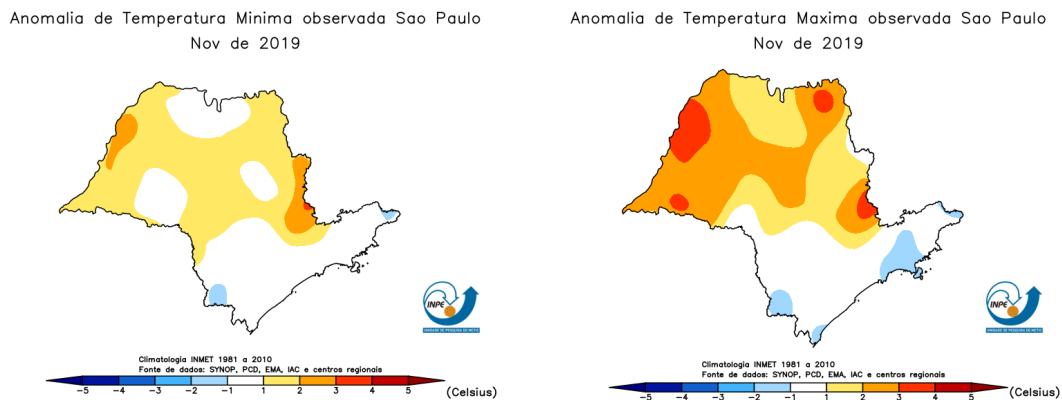


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

Como durante grande parte do mês predominou uma condição de tempo mais seco, céu com poucas nuvens e episódios esporádicos de chuva, as temperaturas ficaram elevadas durante a maior parte do período no Estado. Em vista disso, os mapas de

anomalias de temperatura mínima (Figura 3.22 - esquerda) e máxima (Figura 3.22 - direita) evidenciam que os termômetros, ficaram muito acima da média (tons de vermelho) em grande parte de São Paulo. Na faixa leste de São Paulo, a passagem dos sistemas frontais durante o mês contribuiu para maior presença de nebulosidade que culminaram em temperaturas mais amenas. Desta forma, nesta região, as temperaturas ficaram próximas a média do mês de novembro (branco na Figura 3.22). Mais especificamente, para o Vale do Paraíba, nota-se que em alguns pontos do Litoral Norte as temperaturas máximas chegaram a ficar abaixo da média do mês (tons de azul na Figura 3.22 - direita).

Figura 3.22 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de novembro de 2019.



3.12 Dezembro

O primeiro dia de dezembro teve a influência de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) da atmosfera que propiciaram condições para a ocorrência de pancadas de chuvas fortes e acompanhadas de raios em parte da Região. No dia 02, o avanço de uma frente fria manteve a presença da nebulosidade e a condição para chuva, embora de forma mais isolada. A segunda frente fria do mês de dezembro avançou pela Região entre os dias 05 e 06, favoreceu a ocorrência de chuvas fortes e temporais em alguns pontos, com destaque para Aparecida onde os ventos fortes resultaram na queda de árvores e postes e Bragança Paulista onde foram registrados pontos de alagamentos. Estas duas frentes que passaram pela Região contribuíram para dois episódios de Zonas de Convergência de Umidade e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCOU e ZCAS, respectiva-

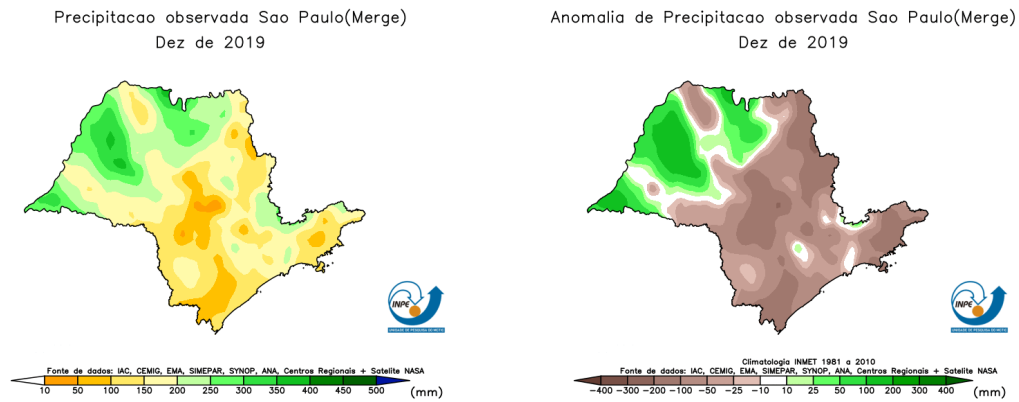
mente) que se estenderam entre o Mato Grosso e o Espírito Santo, faixa em que a chuva na primeira quinzena de dezembro foi muito intensa e generalizada.

Entre os dias 10 e 15 a Serra da Mantiqueira ficou com tempo instável e chuvas constantes que, no dia 13, resultaram em deslizamentos em Campos do Jordão com o registro de dois óbitos. No dia 14, a presença de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) da atmosfera favoreceu chuvas fortes entre a Serra da Mantiqueira e o Vale Histórico. No dia 18, o avanço de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios (aproximadamente 6 km de altitude) da atmosfera combinado ao transporte de umidade em baixos níveis contribuiu para chuvas fortes e generalizadas na Região com maiores volumes registrados na Região Bragantina e Serra da Mantiqueira. Entre 23 e 24 de dezembro, o avanço de uma frente fria pelo litoral de São Paulo organizou a umidade sobre o Vale do Paraíba com chuvas fortes na Região. Posteriormente, esta frente fria favoreceu o terceiro episódio de ZCOU do mês, este organizado entre o Mato Grosso e o Rio de Janeiro.

Como destacado acima, os três episódios de ZCOU/ZCAS (principal sistema associado a chuvas mais generalizadas e persistentes que contribuem para volumes elevados) organizados no mês de dezembro se concentraram ao norte do Estado de São Paulo. Além das chuvas favorecidas pela atuação de sistemas frontais ou cavados ocorreram pancadas de chuva associadas ao calor e a umidade, típicas do verão, mas que apresentam distribuição irregular e, geralmente, são de curta duração sendo, esta característica, também observada no interior do Estado. A ausência de episódios de ZCOU/ZCAS sobre São Paulo fez com que os volumes acumulados durante o mês (Figura 3.23 - esquerda), embora tenham sido elevados em alguns pontos, ficassem abaixo da média em grande parte de São Paulo (tons de marrom na Figura 3.23 - direita). A exceção ficou, principalmente, por conta do oeste do Estado, região em que instabilidades que se formaram entre o Mato Grosso do Sul e Paraná durante o mês se deslocavam de forma mais frequente e contribuíram para volumes de chuva mais elevados (Figura 3.23 - esquerda) e acima da média histórica do mês (tons de verde na Figura 3.23 - direita).

A passagem de frentes frias no começo do mês contribuiu para maiores variações nas temperaturas e períodos de temperaturas mais elevadas se intercalaram com dias de temperaturas mais amenas. Como destacado acima, a maior parte dos eventos de chuva intensa se concentrou na primeira quinzena do mês e, além disso, na segunda quinzena nenhuma frente fria avançou pelo Estado de São Paulo. Com isso, se sucederam dias com temperaturas muito elevadas em toda a Região, principalmente,

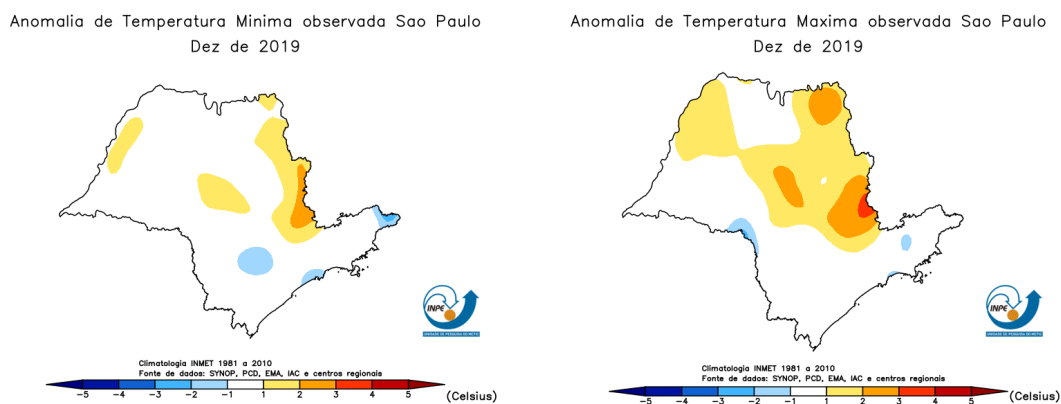
Figura 3.23 - Precipitação acumulada (esquerda) e anomalia de precipitação (direita) durante o mês de dezembro de 2019.



Fonte: Grupo de Previsão Climática.

na última semana do mês. Em vista disso, o mapas de anomalias de temperatura mínima (Figura 3.24 - esquerda) demonstra que, grande parte do Estado de São Paulo teve temperaturas próximas a média mensal (branco na Figura 3 - esquerda). Por outro lado, a segunda quinzena do mês com tempo mais seco e temperaturas elevadas contribuiu para anomalias positivas (temperatura acima da média) das temperaturas máximas em vários pontos de São Paulo (tons de vermelho na Figura 3.24 - direita). No Vale do Paraíba, as temperaturas ficaram mais amenas na primeira semana e mais elevadas na segunda, resultando em valores próximos à média histórica de dezembro, tanto nas mínimas quanto nas máximas, para a maior parte da Região.

Figura 3.24 - Anomalia de temperatura mínima (esquerda) e máxima (direita) durante o mês de dezembro de 2019.

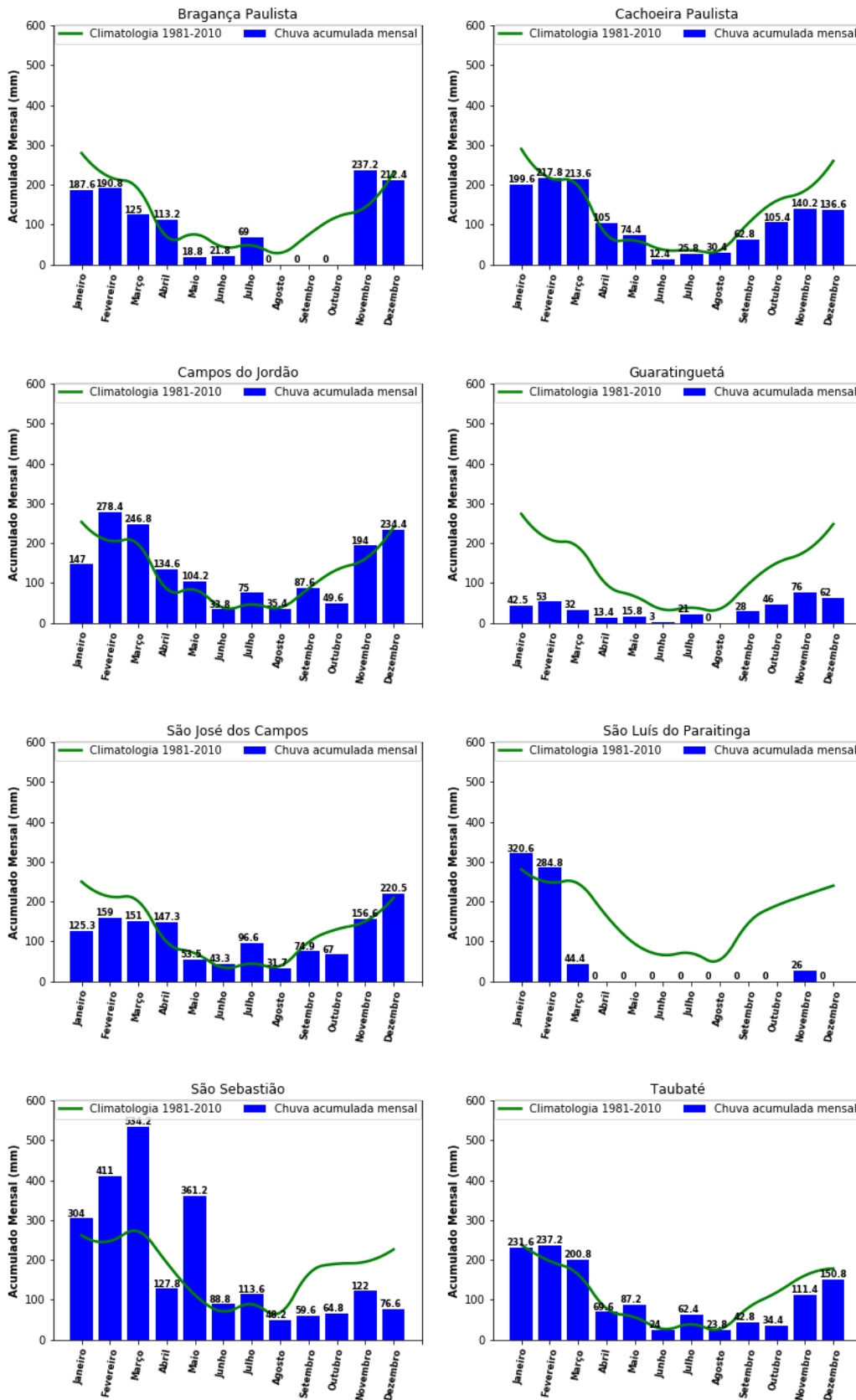


Fonte: Grupo de Previsão Climática.

3.13 Resumo Anual do Vale do Paraíba

Na Figura 3.25, estão dispostos os volumes acumulados de precipitação mensal nas estações meteorológicas destacadas neste estudo. A comparação com a climatologia mensal (linha verde) demonstra que em vários meses ao longo do ano a precipitação em Campos do Jordão foi superior a média histórica mensal. Por outro lado, nota-se que em Bragança Paulista, na maior parte do ano, a precipitação acumulada mensal foi inferior a climatologia. Em São Sebastião, os 4 meses com maiores volumes acumulados se concentraram no primeiro semestre enquanto no segundo semestre o município chegou a registrar valores menores que em pontos da Serra da Mantiqueira, Região Bragantina e Vale. Os baixos valores acumulados registrados em Guaratinguetá e os acumulados mensais sem chuva observados em alguns meses em Bragança Paulista e São Luís do Paraitinga devem-se a problemas ou ausências de medições.

Figura 3.25 - Precipitação mensal acumulada (barras azuis) e climatologia de precipitação mensal (linha verde).



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 3.1 apresenta os valores extremos registrados nas estações de estudo durante o ano de 2019. Nota-se que os principais eventos de chuva concentraram-se nos meses mais quentes do ano e nos meses que concentram, na média os maiores volumes de precipitação acumulada mensal (janeiro a março). As exceções foram os eventos de Guaratinguetá (09/10) no início da estação chuvosa e de São José dos Campos (05/07) quando caracteriza-se a estação seca em São Paulo.

Embora o mês de janeiro tenha sido, predominantemente, de tempo seco e com baixos volumes de precipitação (Figura 3.1), a chuva ocorrida no dia 05 favorecida pela divergência do escoamento em altos níveis e o aporte de calor e umidade em baixos níveis foi o evento com maior volume diário registrado em 2019 nos municípios de Bragança Paulista, Cachoeira Paulista e São Luís do Paraitinga.

O avanço de frentes frias pelo Vale do Paraíba foram responsáveis por episódios de chuvas fortes durante o ano de 2019. Os maiores volumes de precipitação registrados em Campos do Jordão (04/02) e São José dos Campos (05/07) estiveram associados ao deslocamentos de sistemas frontais pela Região.

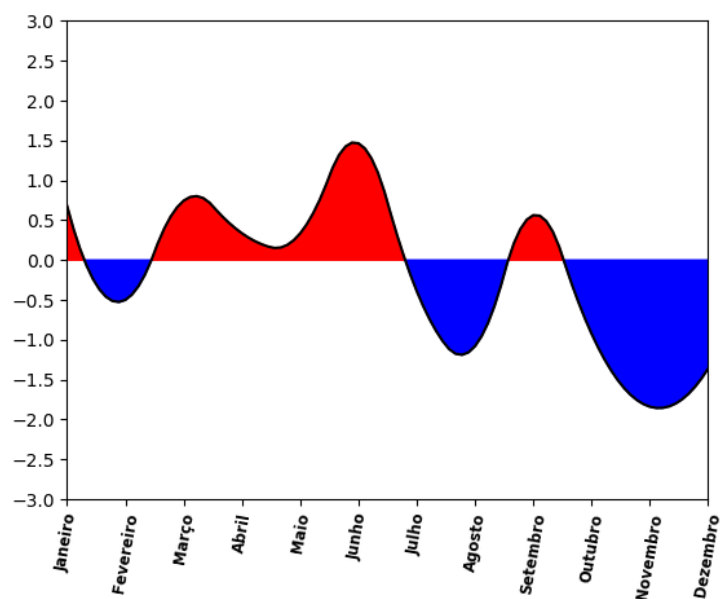
Para os eventos de chuva intensa em Taubaté (17/03) e Guaratinguetá (09/10), o principal mecanismo responsável pelas instabilidades na Região foi o deslocamento de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da atmosfera (6 km de altitude). Por fim, para São Sebastião, a chuva registrada no dia 11/03 foi favorecida pelo deslocamento de forma oceânica de uma frente fria e o suporte de um cavado (área de baixa pressão) em níveis médios da atmosfera (6 km de altitude).

Com relação aos episódios de vento de forte intensidade, no dia 14/01 áreas de instabilidades favorecidas pela divergência do escoamento em altos níveis e o aporte de calor em superfície favoreceram intensos temporais a partir do final da tarde com intensas rajadas registradas nas regiões de Taubaté e São Luís do Paraitinga. A forte tempestade que atingiu Cachoeira Paulista no dia 21/01 foi favorecida pela presença de uma frente fria no oceano que organizou o fluxo de umidade em baixos níveis sobre a Região e a propagação de um cavado (área de baixa pressão) em médios e altos níveis da atmosfera (aproximadamente 6 e 11, respectivamente).

A rajada de vento com maior intensidade (102 km/h) registrada na Região no ano de 2019 ocorreu em São Sebastião no dia 02/06 favorecida pelo avanço de uma frente fria enquanto em Bragança Paulista, assim como no caso de Taubaté e São Luís do Paraitinga foi a divergência do escoamento em altos níveis o principal mecanismo responsável pelos temporais.

A Oscilação Antártica é um padrão de teleconexão que apresenta relação com a trajetória de ciclones extratropicais no Hemisfério Sul (CARVALHO et al., 2005). Em sua fase positiva os ciclones ficam restritos as altas latitudes enquanto em sua fase negativa observa-se o maior deslocamento destes sistemas para latitudes médias. Estudos anteriores demonstram que fases positivas da Oscilação Antártica estão associadas a atuação de frentes frias no município de Maria da Fé, no sul de Minas Gerais (CARDOZO et al., 2015). Na Figura 3.26 está disposta a variação do índice referente a Oscilação Antártica durante o ano de 2019.

Figura 3.26 - Índice de Oscilação Antártica no ano de 2019.



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 3.1 demonstra que as menores temperaturas foram registradas nos meses de julho e agosto, meses em que a Oscilação Antártica estava com índices negativos. Os mapas de anomalias de temperatura mínima (Figuras 3.12, 3.14 e 3.16) dos meses que marcam o auge do inverno demonstram que sobre parte da Região os meses de julho e agosto registraram anomalias negativas (tons de azul) enquanto no mês de junho (mês em que a Oscilação Antártica estava positiva) as temperaturas mínimas ficaram acima da média (tons de vermelho) em parte da Região. Destaca-se que o período de estudo é muito curto e é necessária uma análise mais ampla para verificar se a Oscilação Antártica pode ter relação com períodos mais ou menos frios no inverno sobre parte do Estado de São Paulo.

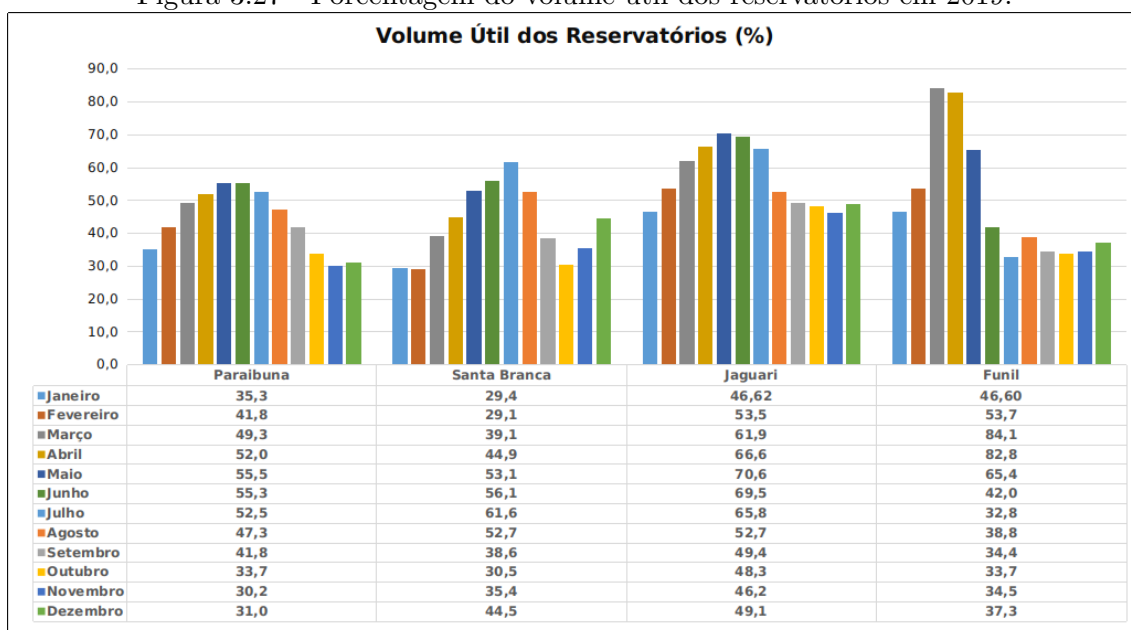
Cidade	Maior chuva diária	Menor temperatura (°C)	Maior temperatura (°C)	Menor umidade relativa do ar (%)	Maior rajada de vento (km/h)
Bragança Paulista	64,2 mm (05/01)	4,9°C (07/07)	35,3°C (30/01)	16% (27/05)	74,16 km/h (05/11)
Cachoeira Paulista	52,2 mm (05/01)	3,6°C (08/07)	37,4°C (02/02)	14% (31/01)	95 km/h (21/01)
Campos do Jordão	77,2 mm (04/02)	-1,2°C (07/07)	29,2°C (02/02)	11% (03/10)	-
Guaratinguetá	32 mm (09/10)	4°C (07/07)	36°C (01/02 - 02/02 - 24/02 - 12/09 - 18/09 - 15/10 - 03/11 - 04/11)	18% (02/10)	-
São José dos Campos	70,2 mm (05/07)	4,2°C (07/07)	36°C (02/02 - 18/09)	11% (18/09)	-
São Luís do Paraitinga	77,2 mm (05/01)	1,8°C (07/07)	35,2°C (12/09)	20% (12/09 - 02/10)	84,2 km/h (14/01)
São Sebastião	171,8 mm (11/03)	14,9°C (15/08)	37,4°C (31/08)	29% (31/08)	102 km/h (02/06)
Taubaté	76,6 mm (17/03)	5°C (07/07)	36,7°C (04/11)	14% (27/10)	87,8 km/h (14/01)

Tabela 3.1 - Principais dados observados em 2019.

3.13.1 Impacto nos reservatórios

O acompanhamento do volume útil dos reservatórios (Figura 3.27) demonstra que os mesmos se elevam nos primeiros meses do ano como reflexo do desenvolvimento da estação chuvosa sobre a faixa leste de São Paulo. Após este período, com o avanço da estação seca no Vale do Paraíba, nota-se a redução do volume dos reservatórios com valores menores no final do ano. Características semelhantes para as barragens de Santa Branca, Jaguari, Paraibuna e Funil com vazões máximas em junho e julho já haviam sido relatadas anteriormente (NUNES; CALBET, 2000)

Figura 3.27 - Porcentagem do volume útil dos reservatórios em 2019.



Fonte: Próprio autor.

4 CONCLUSÕES

A análise dos principais eventos de chuva na Região durante o ano de 2019 demonstra que não há um sistema predominante que seja responsável por episódios intensos de precipitação ou por rajadas de vento de forte intensidade. Apesar disso, nota-se que, na maior parte dos casos, fenômenos da escala sinótica (frentes frias e cavados, principalmente) estiveram associados aos temporais. A seleção dos principais eventos de chuva combinada com técnicas matemáticas como, por exemplo, Análise de Componentes Principais poderiam evidenciar melhor a importância de cada mecanismo no desenvolvimento destas instabilidades.

A respeito das temperaturas, o acompanhamento da Oscilação Antártica e sua relação com episódios prévios de sistemas frontais e ondas de frio de outros anos pode confirmar ou não a sua influência sobre as temperaturas mínimas no Vale do Paraíba durante o inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. **Bacia do Rio Paraíba do Sul - Dados da Bacia**. 2020. Disponível em: <<http://gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html>>. Acesso em: Acessado em: 28 de março de 2020. 7
- CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de frentes frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 9–26, 2015. 38
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; AMBRIZZI, T. Opposite phases of the Antarctic oscillation and relationships with intraseasonal to interannual activity in the tropics during the austral Summer. **Journal of Climate**, v. 18, p. 702–718, 2005. 38
- COSTA, A. d. O. da; SALGADO, C. M.; DINALI, Y. T. Caracterização da precipitação no médio vale do paraíba do sul fluminense. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 1000–1012, 2012. 1
- FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em taubaté (sp). **Revista Ambiente & Água**, v. 1, n. 1, 2006. 1, 2, 3
- GAN, M.; RODRIGUE, L. R.; RAO, V. B. Monção na américa do sul. In: CAVALCANTI, I. F.; FERREIRA, N. J.; SILVA M. G. A. J. DA ANDA DIAS, M. A. F. d. S. (Ed.). **Tempo e Clima no Brasil**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2009. p. 297–316. 1, 3
- NUNES, L. H.; CALBET, N. O. Variabilidade pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia – Rio de Janeiro**. [S.l.: s.n.], 2000. p. 8. 1, 40
- QUADRO, M. F. L.; ABREU, M. L. Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 17, p. 210, 1999. 1
- REBOITA, M.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. D.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na américa do sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010. 1

VASCONCELLOS, F. C. **Variabilidade atmosférica associada a casos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2008. Disponível em:
<<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/01.15.16.05/doc/publicacao.pdf?languagebutton=pt-BR>>. Acesso em: 2020. 1

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programas de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Contam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. Aceitam-se tanto programas fonte quanto os executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.