

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO

**VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO
PAULO: REFLEXOS NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO E IMPACTOS NO
ABASTECIMENTO URBANO**

Rio Claro - SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

PEDRO AUGUSTO BREDÁ FONTÃO

VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: REFLEXOS NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO E IMPACTOS NO ABASTECIMENTO URBANO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia, área de concentração “Organização do Espaço”.

Orientador: João Afonso Zavattini

Rio Claro - SP

2018

F681v Fontão, Pedro Augusto Breda
 Variações do ritmo pluviométrico na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos
 no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano / Pedro
 Augusto Breda Fontão. -- Rio Claro, 2018
 251 p. : il., tabs., mapas

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de
 Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
 Orientador: João Afonso Zavattini

 1. Análise Rítmica. 2. Climatologia Geográfica. 3. Sistema Cantareira. 4.
 crise hídrica. 5. seca. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

PEDRO AUGUSTO BRED A FONTÃO

VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: REFLEXOS NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO E IMPACTOS NO ABASTECIMENTO URBANO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia, área de concentração “Organização do Espaço”.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. João Afonso Zavattini (Orientador)

(Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGCE da UNESP, Rio Claro/SP)

Prof. Dr. Diego Correa Maia

(Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGCE da UNESP, Rio Claro/SP)

Profª. Drª. Sandra Elisa Contri Pitton

(Departamento de Geografia do IGCE da UNESP, Rio Claro/SP)

Prof. Dr. Emerson Galvani

(Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP)

Prof. Dr. Charlei Aparecido da Silva

(Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS)

Resultado: **Aprovado**

Rio Claro - SP, 18 de Outubro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. João Afonso Zavattini, pela valiosa orientação e confiança desde os tempos de iniciação científica no curso de graduação em Geografia do IGCE/UNESP.

Aos professores Dr. Anderson Luis Hebling Christofolletti e Dr. Diego Correa Maia pela participação na banca de qualificação, contribuindo para o amadurecimento desta Tese. Da mesma maneira, aos professores Dr. Emerson Galvani, Dr. Charlei Aparecido da Silva, Dr. Diego Correa Maia e Dr^a. Sandra Elisa Contri Pitton por dedicarem um pouco de seu tempo para ler o material e participar da banca de defesa da presente Tese de Doutorado, avaliando e proporcionando importantes contribuições para o desfecho desse estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, desde abril de 2015 a setembro de 2017, recurso que muito contribuiu para a realização desta pesquisa. Do mesmo modo, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado desde outubro de 2017 até novembro de 2018.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro, pela oportunidade concedida de realizar minha Pós-Graduação, nível de mestrado e doutorado, nesta instituição de prestígio. Igualmente à Universidade Estadual Paulista, que tornou possível o acesso à diversos laboratórios, equipamentos, softwares e bibliotecas ao longo de vários anos de atividades em pesquisa, ensino e extensão.

À professora Dra. Pilar Paneque Salgado e Dr. Jesús Vargas Molina por me receberem muito bem na Universidad Pablo de Olavide, em Sevilha (Espanha), durante a ‘estancia de investigación’ em nível de doutorado. Outrossim, à ‘Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado’ (AUIP) pelo apoio concedido.

Às seguintes instituições, por permitir acesso aos dados através de solicitação: Estação Meteorológica do IAG-USP, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e Agência Nacional de Águas (ANA).

Aos meus pais Antônio Fernando Nogueira Fontão e Maria Luiza Breda Fontão, pelo carinho e afeto dedicado ao longo de toda minha vida.

À Maria Betânia Soares dos Santos pelo amor, dedicação e apoio.

Aos meus amigos, familiares, colegas de república e a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

"O meu presente 'diálogo com a natureza', que principiou pela prática da Geografia, hoje se continua com a ajuda da literatura, das artes plásticas, da música. O tempo perdido nas inócuas discussões departamentais sobre os novos currículos da Geografia, hoje é compensado, por exemplo, ao ouvir a 3ª Sinfonia de Gustaf MAHLER. Composta um século atrás (entre 1893 e 1896), esta peça causou estranheza pelas inovações onde a estruturação contrariava as vigentes regras, vislumbrando-se nela algo de "caótico". Em vez dos quatro movimentos usuais ela foi montada em seis. Além dos mais variados instrumentos de uma grande orquestra sinfônica ela mobiliza solista-contralto, coro feminino, coro infantil (aqui o portador MAHLER demonstra haver captado a mensagem de Beethoven, lançada em sua 9ª sinfonia).

(...)

Não está aí o homem predador da natureza que deseja dominá-la. Antes, vemos aí, o homem sensível captando os sinais que a natureza (sua morada) lhe envia através do dia, da noite, do suceder das estações, dos vegetais e animais. Estes sinais ou mensagens que ele procura captar e que, atingindo o seu coração, o impelem para além dele.

Acredito que este exemplo extraído da criação artística (musical) sirva a uma reflexão equivalente a elaboração científica. O cientista parte em direção à natureza para desvendar-lhe os mistérios que ele quer decifrar. Para dominá-la ou para a sua realização e felicidade pessoal?"

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1995, p. 46-47)

VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: REFLEXOS NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO E IMPACTOS NO ABASTECIMENTO URBANO

Resumo: A presente pesquisa visou, através do paradigma do ritmo climático, a compreensão das variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e seu entorno, e seus reflexos no volume de armazenamento do Sistema Cantareira, principal sistema de abastecimento da metrópole paulista. Pautado nas variações rítmicas, o estudo avaliou em escala regional os sistemas atmosféricos atuantes e os tipos de tempo a eles associados, permitindo compreender a gênese das chuvas e as sequências rítmicas habituais, quase sempre esperadas pela população, e excepcionais (secas ou chuvosas), que favorecem, ou não, o armazenamento hídrico. Ainda, através das cadeias excepcionais de tipos de tempo, a investigação buscou entender as eventuais repercussões e impactos que afetaram diretamente a população da área de estudo no âmbito do abastecimento urbano e da falta d'água. Para tanto, foi aplicado o método da Análise Rítmica em Climatologia no período 2003-2015 para a RMSP e o Sistema Cantareira, relacionando os resultados ao armazenamento hídrico do manancial e à frequência de notícias de jornais publicadas nesse ínterim. Por fim, ao final da pesquisa, realizou-se a análise de discurso e conteúdo das reportagens publicadas nos dois principais jornais locais nos períodos de sequências rítmicas excepcionais (secas) e a síntese dos resultados, complementando-os com informações das notícias de jornais, dados da própria Sabesp e publicações relevantes na área, no intuito de identificar os possíveis impactos que afetaram a região e poderão repercutir futuramente na RMSP e no Sistema Cantareira, de maneira geral, no âmbito da Climatologia Geográfica.

Palavras-chave: Análise Rítmica, Climatologia Geográfica, Sistema Cantareira, crise hídrica, seca.

VARIATIONS OF RAINFALL RHYTHM IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO: INFLUENCES ON WATER STORAGE AND IMPACTS ON WATER SUPPLY

Abstract: The present research aimed, through the climate rhythm paradigm, the understanding of the variations of the rainfall in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP) and its surroundings, and its effects on the water volume of the Cantareira System, the main water supply system of the metropolis of São Paulo. Based on "rhythmic variations", the study evaluated the atmospheric systems and the weather types associated with them on a regional scale, allowing to understand the genesis of rains and the usual "rhythmic sequences", almost always expected by the population, and exceptional (wet or dry) for the region, which favor or not the water storage. Also, through the exceptional chains of weather types, the research sought to understand the possible repercussions and impacts that directly affected the population of the study area in the scope of urban supply and lack of water. For that, the Rhythmic Analysis in Climatology method was applied in the period 2003-2015 for the MRSP and the Cantareira System, relating the results to the reservoir water storage and the frequency of news reports in the newspapers published in that period. Finally, at the end of the research, the content and discourse analysis was made, using newspaper reports published in the two main local newspapers in periods of exceptional rhythmic sequences (droughts), and summarized the results, complementing them with relevant publications, data from Sabesp and featured newspaper articles, in order to identify possible impacts that have affected and may have future repercussions for the Cantareira System and the MRSP, in general, in the scope of Geographical Climatology.

Keywords: Rhythmic Analysis, Geographical Climatology, Cantareira System, water crisis, drought.

VARIACIONES DEL RITMO PLUVIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SÃO PAULO: REFLEXIONES EN EL ALMACENAMIENTO HÍDRICO E IMPACTOS EN EL ABASTECIMIENTO URBANO

Resumen: La presente investigación visó, a través del paradigma del ritmo climático, la comprensión de las variaciones del ritmo pluvial en la Región Metropolitana de São Paulo (RMSP) y su entorno, y sus reflejos en el volumen de almacenamiento del Sistema Cantareira, principal sistema de abastecimiento de la metrópolis paulista. En base a las variaciones rítmicas, el estudio evaluó a escala regional los sistemas atmosféricos actuantes y los tipos de tiempo asociados a ellos, permitiendo comprender la génesis de las lluvias y las secuencias rítmicas habituales, casi siempre esperadas por la población, y excepcionales (secas o lluviosas), que favorecen, o no, el almacenamiento hídrico. Además, a través de las cadenas excepcionales de tipos de tiempo, la investigación buscó entender las eventuales repercusiones e impactos que afectaron directamente a la población del área de estudio en el ámbito del abastecimiento urbano y de la falta de agua. Por lo tanto, se aplicó el método del Análisis Rítmico en Climatología en el período 2003-2015 para la RMSP y el Sistema Cantareira, relacionando los resultados al almacenamiento hídrico del manantial y la frecuencia de noticias de periódicos publicados en el ínterin. Por último, al final de la investigación, se realizó el análisis del discurso y contenido de los reportajes publicados en los dos principales periódicos locales en los períodos de secuencias rítmicas excepcionales (sequías) y la síntesis de los resultados, complementándolos con informaciones de las noticias de periódicos, datos de la propia Sabesp y publicaciones relevantes en el área, con el fin de identificar los posibles impactos que afectaron a la región y podrán repercutir en el futuro en la RMSP y en el Sistema Cantareira, en general, en el ámbito de la Climatología Geográfica.

Palabras clave: Análisis Rítmico, Climatología Geográfica, Sistema Cantareira, crisis hídrica, sequía.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área de estudo: RMSP e Sistema Cantareira.....	36
Figura 2	Distribuição de municípios na RMSP e no Sistema Cantareira.....	39
Figura 3	Evolução da população absoluta na área de estudo, RMSP e São Paulo-SP (1950-2017)..	40
Figura 4	Esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das Células Climáticas Regionais e das articulações destas nas Faixas Zonais, com a área da RMSP (II-d) e do Sistema Cantareira (IV-b) em destaque.....	42
Figura 5	Altimetria da área de estudo - RMSP e Sistema Cantareira em destaque.....	46
Figura 6	Esquema representativo da divisão geomorfológica do estado de São Paulo, com a área de estudo em destaque.....	47
Figura 7	Localização da RMSP, do Sistema Cantareira e das UGRHIS.....	49
Figura 8	Localização dos mananciais de abastecimento urbano da RMSP.....	52
Figura 9	O Sistema Cantareira, suas represas e limites hidrográficos.....	52
Figura 10	Cartogramas da criticidade das chuvas de janeiro a março, entre 2012 a 2014 na região Sudeste.....	58
Figura 11	Repercussão em matérias de jornais abordando o tema da crise hídrica.....	60
Figura 12	Síntese proposta do padrão anual da chuva para a RMSP e o Sistema Cantareira (1985-2014).....	64
Figura 13	Delimitação da Área de Estudo no procedimento de coleta dos dados pluviométricos.....	66
Figura 14	Distribuição dos postos selecionados para o estudo, e respectivo código.....	68
Figura 15	Distribuição geral das estações meteorológicas na área de estudo.....	70
Figura 16	Estações meteorológicas selecionadas para a análise rítmica.....	71
Figura 17	Tipos de volume hídrico e os três índices de armazenamento do Sistema Cantareira.....	81
Figura 18	Média de circulação diária dos jornais Folha e Estadão (2003-2015).....	83
Figura 19	Distribuição anual do total de precipitação na área de estudo: 2003-2006 (a), 2007-2012 (b) e 2013-2015 (c).....	87
Figura 20	Localização dos 4 postos pluviométricos representativos no sentido nordeste-sudoeste....	89
Figura 21	Variabilidade mensal das chuvas pelo modelo Boxplot (1975-2015) nos 4 postos representativos.....	89
Figura 22	Precipitação mensal nos 4 postos representativos e o volume do Sistema Cantareira.....	90
Figura 23	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano de 2003.....	94
Figura 24	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2003.....	94
Figura 25	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2004.....	98
Figura 26	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2004.....	98

Figura 27	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2005.....	101
Figura 28	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2005.....	102
Figura 29	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2006.....	104
Figura 30	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2006.....	104
Figura 31	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2007.....	107
Figura 32	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2007.....	107
Figura 33	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2008.....	110
Figura 34	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2008.....	110
Figura 35	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2009.....	113
Figura 36	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2009.....	114
Figura 37	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2010.....	117
Figura 38	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2010.....	117
Figura 39	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2011.....	120
Figura 40	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2011.....	121
Figura 41	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2012.....	123
Figura 42	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2012.....	124
Figura 43	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2013.....	127
Figura 44	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2013.....	127
Figura 45	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2014.....	130
Figura 46	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2014.....	130
Figura 47	Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2015.....	134
Figura 48	Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2015.....	135
Figura 49	O índice Multivariado de ENOS (IME) no período 1950-2018 - em destaque a série 2003-2015.....	138
Figura 50	Frequência da ocorrência dos episódios de ZCAS no Brasil e na área de estudo (2003-2014).....	139
Figura 51	Síntese do Ritmo Atmosférico na RMSP e no Sistema Cantareira - Período 2003 a 2015.	143
Figura 52	Volume hídrico dos seis principais sistemas produtores de água (2003-2015).....	150
Figura 53	Série temporal do volume total do Sistema Cantareira de 2003 a 2015 (em milhões de m ³).....	152
Figura 54	Produção e consumo mensal de água na RMSP e produção hídrica no Sistema Cantareira.....	154
Figura 55	Sistema Cantareira: localização dos reservatórios e rios principais.....	156

Figura 56	Vazões afluentes do Sistema Cantareira: série 2003-2015 e gráfico Boxplot (1930-2015)	158
Figura 57	Precipitações mensais e o volume armazenado no Sistema Cantareira (2003-2015).....	160
Figura 58	Frequência mensal das notícias selecionadas sobre o tema da pesquisa.....	163
Figura 59	Variações diárias do ritmo pluvial, do armazenamento hídrico e a frequência das notícias de jornais (agosto de 2003 a julho de 2004).....	165
Figura 60	Variações diárias do ritmo pluvial, do armazenamento hídrico e a frequência das notícias de jornais (2014-2015).....	171
Figura 61	Índice de frequência de aparição total das citações por código temático (%).....	182
Figura 62	Frequência de aparição mensal das citações nos jornais Estadão e Folha por códigos temáticos.....	183
Figura 63	Índice de frequência das citações nos códigos temáticos Causa, Consequências e Medidas (%).....	185
Figura 64	Frequência mensal das reclamações de falta de água na Sabesp em São Paulo-SP e na RMSP.....	191
Figura 65	Frequência mensal das reclamações contra a Sabesp no Procon.....	192
Figura 66	Notícia sobre os horários e locais de redução de pressão da água publicada em 27 de janeiro de 2015.....	194
Figura 67	Produção de água no Cantareira e economia obtida pela Sabesp durante a crise hídrica...	195
Figura 68	Evolução do avanço dos sistemas sobre a região atendida pelo Cantareira.....	197

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Municípios da área de estudo e respectivas área e população total.....	38
Tabela 2	Postos pluviométricos selecionados para o estudo.....	67
Tabela 3	Estações meteorológicas selecionadas.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Massas de Ar: origem e critérios para classificação.....	75
Quadro 2	Sistemas Frontais e Sistemas Individualizados: critérios para classificação.....	76
Quadro 3	Atores sociais identificados nos jornais e agrupados por famílias representativas.....	181

LISTA DE SIGLAS

- ABCLima** – Associação Brasileira de Climatologia Geográfica.
- ANA** – Agência Nacional de Águas.
- ANJ** – Associação Nacional de Jornais.
- CIAGRO** – Centro integrado de informações agrometeorológicas.
- COPASA** – Companhia de Saneamento de Minas Gerais.
- CPTEC** – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE.
- DAEE** – Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo.
- EMPLASA** – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano.
- ENOS** – El Niño-Oscilação Sul.
- ESTADÃO** – Jornal 'O Estado de São Paulo'.
- FOLHA** – Jornal 'Folha de São Paulo'.
- IAC** – Instituto Agrônomo de Campinas.
- IAG-USP** – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBOPE** – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística.
- IDEC** – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor.
- IGCE** – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Rio Claro-SP.
- IME** – Índice Multivariado de ENOS.
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia.
- INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- LI** – Linha de Instabilidade.
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente.
- MMP** – Macrometrópole Paulista.
- NOAA** – National Oceanic and Atmospheric Administration.
- OMM** – Organização Meteorológica Mundial.
- PCJ** – Piracicaba, Capivari e Jundiaí.
- PROCON** – Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor.
- RMSP** – Região Metropolitana de São Paulo.
- SABESP** – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
- SIM** – Sistema Integrado Metropolitano.
- TSM** – Temperatura de Superfície do Mar.
- UGRHIS** – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- UNESP** – Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’.
- UPH** – Unidades de Planejamento Hídrico.
- ZCAS** – Zona de convergência do Atlântico sul.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Os fundamentos teóricos norteadores e obras conceituais.....	21
1.1.1. A escola brasileira de Climatologia Geográfica.....	21
1.1.2. O paradigma do ritmo climático e as pesquisas atuais.....	24
1.1.3. As secas, os recursos hídricos e o abastecimento urbano nas metrópoles.....	30
2. A ÁREA DE ESTUDO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	36
2.1. Localização e características do universo de estudo.....	36
2.2. Aspectos climáticos e estudos desenvolvidos na área.....	40
2.3. Aspectos altimétricos e geomorfológicos.....	46
2.4. Hidrografia da área e o abastecimento urbano na RMSP.....	49
2.5. A crise hídrica do biênio 2014-2015.....	56
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	62
3.1. Materiais utilizados na aplicação dos métodos e técnicas.....	62
3.2. Escolha do período de estudo.....	63
3.3. Procedimentos de escolha, coleta e tratamento dos dados pluviométricos.....	65
3.4. Mapeamento geoestatístico dos dados pluviométricos.....	69
3.5. Procedimentos de escolha das estações meteorológicas.....	69
3.6. Análise Rítmica em Climatologia.....	72
3.7. Procedimentos de análise dos fenômenos em escala zonal/global.....	78
3.8. Procedimentos de organização e análise dos dados de armazenamento hídrico.....	80
3.9. Análise de conteúdo e análise de discurso em notícias de jornais.....	82
4. AS VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	85
4.1. Descrição geral da distribuição temporal e espacial das chuvas.....	85
4.2. Variações do ritmo pluvial (2003-2015): participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas na RMSP e no Sistema Cantareira.....	91
4.2.1. Ano 2003.....	93
4.2.2. Ano 2004.....	97
4.2.3. Ano 2005.....	101
4.2.4. Ano 2006.....	103
4.2.5. Ano 2007.....	106
4.2.6. Ano 2008.....	109
4.2.7. Ano 2009.....	113
4.2.8. Ano 2010.....	116
4.2.9. Ano 2011.....	120
4.2.10. Ano 2012.....	123

4.2.11. Ano 2013	126
4.2.12. Ano 2014	129
4.2.13. Ano 2015	134
4.3. Os fenômenos de escala global/zonal no período (2003-2015)	137
4.4. Síntese do ritmo pluvial e as sequências rítmicas	141
5. OS REFLEXOS DO RITMO PLUVIAL NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO	149
5.1. As variações do volume armazenado no Sistema Cantareira (2003-2015).....	151
6. ANÁLISE DOS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO URBANO DA RMSP	162
6.1. Ritmo pluvial, armazenamento hídrico a frequência das notícias de jornais	162
6.2. A Análise de conteúdo e do discurso durante a crise hídrica.....	180
6.3. Avaliação e síntese dos impactos no abastecimento urbano.....	190
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
REFERÊNCIAS.....	204
APÊNDICES	230
APÊNDICE A – Gráfico de análise rítmica do ano 2003 (Estação IAG-USP – São Paulo)	231
APÊNDICE B – Gráfico de análise rítmica do ano 2004 (Estação IAG-USP – São Paulo)	232
APÊNDICE C – Gráfico de análise rítmica do ano 2005 (Estação IAG-USP – São Paulo)	233
APÊNDICE D – Gráfico de análise rítmica do ano 2006 (Estação IAG-USP – São Paulo)	234
APÊNDICE E – Gráfico de análise rítmica do ano 2007 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	235
APÊNDICE F – Gráfico de análise rítmica do ano 2008 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	236
APÊNDICE G – Gráfico de análise rítmica do ano 2009 (Estação IAG-USP – São Paulo)	237
APÊNDICE H – Gráfico de análise rítmica do ano 2010 (Estação IAG-USP – São Paulo)	238
APÊNDICE I – Gráfico de análise rítmica do ano 2011 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	239
APÊNDICE J – Gráfico de análise rítmica do ano 2012 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	240
APÊNDICE K – Gráfico de análise rítmica do ano 2013 (Estação IAG-USP – São Paulo)	241
APÊNDICE L – Gráfico de análise rítmica do ano 2014 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	242
APÊNDICE M – Gráfico de análise rítmica do ano 2015 (Estação IAG-USP – São Paulo).....	243
APÊNDICE N – Gráfico de análise rítmica dos anos 2003 e 2004 (Estação Vargem)	244
APÊNDICE O – Gráfico de análise rítmica dos anos 2005 e 2006 (Estação Monte Verde).....	245
APÊNDICE P – Gráfico de análise rítmica dos anos 2007 e 2008 (Estação Monte Verde).....	246
APÊNDICE Q – Gráfico de análise rítmica dos anos 2009 e 2010 (Estação Monte Verde).....	247
APÊNDICE R – Gráfico de análise rítmica dos anos 2011 e 2012 (Estação Monte Verde)	248
APÊNDICE S – Gráfico de análise rítmica dos anos 2013 e 2014 (Estação Monte Verde).....	249
APÊNDICE T – Gráfico de análise rítmica do ano 2015 (Estação Monte Verde)	250
APÊNDICE U – Capas de cadernos de jornais e gráfico atualizado do Sistema Cantareira	251

1. INTRODUÇÃO

A motivação para a elaboração e o desenvolvimento desse estudo, apresentado na forma de Tese de Doutorado, está relacionada com o interesse do autor em relação às variabilidades climáticas e a preocupação com as suas consequências para a sociedade, particularmente considerando as dificuldades encontradas no planejamento (ou falta de) realizado pelas comunidades e principalmente pelos gestores públicos para enfrentá-las. Tal interesse e inquietação vêm desde a realização de pesquisas durante o curso de graduação (FONTÃO, 2011) e mestrado (FONTÃO, 2014), abordagens fundamentais para o amadurecimento científico, e que levaram a uma aproximação e melhor compreensão das variações do ritmo pluvial ao longo do espaço geográfico, a partir de exemplos práticos e aplicação de técnicas de pesquisa em diferentes regiões do país.

Dessa trajetória direcionada a uma compressão geográfica das variações do fenômeno das chuvas, levando sempre em conta seus efeitos para o ser humano e suas influências e impactos na organização do espaço, um conceito fundamental que se sobressaiu e adquiriu relevância nesses estudos foi a noção de ritmo climático (MONTEIRO, 1971; 2015). Trata-se de um conceito elementar e conveniente devido à sua aplicabilidade nesse tipo de estudo, em particular por sintetizar as características da atmosfera na baixa troposfera e dar um caráter dinâmico às suas oscilações, além de servir de alicerce para numerosos e profícuos estudos já realizados em nível nacional.

A relevância e a prosperidade dos estudos em Climatologia realizados por geógrafos ao longo de mais de meio século no Brasil apontam para o estabelecimento de uma escola brasileira de Climatologia Geográfica (ZAVATTINI, 1998; 2000; 2004). Desse modo, o presente estudo optou por adotar os princípios dessa escola de pensamento como embasamento para o desenvolvimento das pesquisas realizadas, além de buscar continuamente novas perspectivas e inovações que valorizem as relações espaciais e as implicações aos seres humanos no campo da Climatologia.

Além do interesse inicialmente descrito pelas pesquisas relacionadas à variabilidade e ritmo do fenômeno pluvial, outro fator que motivou a realização desse estudo foi a crise hídrica que assolou o sudeste brasileiro durante os anos de 2014 até 2015. A respeito dessa crise, o desejo de aprofundar as pesquisas no tema não veio apenas pela ocorrência de um fenômeno excepcional do ponto de vista meteorológico, que desde meados de 2013 destoou claramente do habitualmente registrado na região, mas principalmente pelas inúmeras

repercussões e impactos à população, especialmente pela falta d'água sentida em várias cidades do sudeste brasileiro ao longo desses anos, com destaque para as grandes aglomerações urbanas.

Na segunda metade do século XX, e início do século XXI, o território brasileiro tem passado por um intenso processo de expansão urbana. Tal dinamismo pode ser verificado no crescimento das principais aglomerações existentes no país e, em específico, na intensificação do processo de metropolização. Um processo que, muitas vezes, pode alterar os ambientes naturais e, por consequência, provocar e ampliar os problemas relacionados aos recursos hídricos nas mais variadas instâncias, sejam elas no abastecimento urbano, controle de cheias, inundações, geração de energia elétrica, entre outras.

No Brasil, nem toda a precipitação é bem distribuída ao longo de seu território. Há tanto regiões bem drenadas o ano todo, quanto outras de elevada irregularidade pluvial e/ou déficit hídrico. Todavia, apesar desta característica, de modo geral “quase a totalidade dos principais aglomerados urbanos do país necessita de investimentos para a oferta de água, incluindo o aproveitamento de novos mananciais ou a adequação dos sistemas produtores” (ANA, 2010, p. 58). Tucci (2008), ao analisar as águas urbanas, elenca uma série de problemas enfrentados por estes aglomerados, pois o aumento destas áreas impermeabilizadas pode gerar perda da qualidade da água pluvial.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, “paralelamente ao aumento das áreas impermeabilizadas, ocorre um adensamento da população e o conseqüente aumento da demanda por água potável, o que torna o abastecimento preocupante” (MMA, 2006, p. 65). É nessa linha de pensamento que Camargo e Pereira (2003, p.55), ao observarem a necessidade crescente de grandes volumes de água para o abastecimento das áreas urbanas, e o decorrente aumento do lançamento de efluentes, repercutindo em longos trechos de rios com água de baixa qualidade, afirmam que “quando a qualidade da água é baixa a estação de tratamento não tem capacidade para torna-la potável, assim há necessidade de buscar este recurso em outro local. Pode-se concluir que a poluição também promove a escassez do recurso hídrico”.

Nesse sentido, a presente investigação optou por escolher a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) como área de estudo. É importante ressaltar que não foi uma escolha por acaso, afinal trata-se do maior aglomerado urbano do país, dotado de uma dinâmica climática intensa e um sistema de abastecimento urbano altamente complexo. A respeito dessa complexidade, verifica-se na metrópole uma intensa urbanização e industrialização que resultaram num quadro de exaustão dos mananciais mais próximos aos centros de consumo,

somados estes à poluição e restrições ambientais. Para suprir as demandas, os municípios dependem da transposição de água de regiões e/ou bacias hidrográficas vizinhas, que é o caso do Sistema Cantareira, maior manancial voltado ao abastecimento urbano e responsável por cerca da metade do fornecimento de água para a RMSP.

Entende-se, portanto, que o ritmo pluvial da RMSP tem ganhado a cada dia mais importância, em especial em situações de excesso ou escassez de chuvas, através de episódios ou períodos de tipos de tempo excepcionais. Episódios estes, que devem ser observados e analisados a nível regional, pois os sistemas de armazenamento de água não se restringem somente aos limites metropolitanos e/ou hidrográficos, todavia o extrapolam através de alterações introduzidas por obras hidráulicas e por efeitos antrópicos das mais diversas ordens. Dessa maneira, ao integrar a atmosfera (variabilidade e ritmo de seus elementos) com o espaço regional (a metrópole, seu dinamismo urbano e respectivas alterações resultantes da transformação do espaço), pretende-se alcançar uma visão geográfico-integrativa dos fenômenos pluviométricos que “nascem” sobre a região, agem nela e com ela interagem.

Assim, o desenvolvimento deste estudo procurou compreender as variações do ritmo pluvial na RMSP e seu entorno, assim como sua variabilidade espacial e temporal nas escalas anual, sazonal, mensal e diária. Pautado nos resultados da análise rítmica (MONTEIRO, 1971; 2015), visou também estabelecer e analisar em escala regional os sistemas atmosféricos atuantes e os tipos de tempo a eles associados, permitindo identificar a gênese das chuvas e as sequências rítmicas habituais e excepcionais para a região, que favorecem, ou não, o armazenamento hídrico no Sistema Cantareira e o abastecimento urbano em partes da RMSP. Desse modo, se propôs avaliar os principais impactos do ritmo das chuvas no abastecimento urbano da população em períodos de excesso de água ou de grandes estiagens, analisando suas repercussões no espaço geográfico e propondo possíveis contribuições e/ou medidas que auxiliem para melhorar a gestão dos recursos hídricos na RMSP.

Partindo das razões iniciais que justificam a realização deste estudo, estruturou-se um roteiro metodológico de pesquisa que buscou, através dos resultados almejados, vislumbrar e alcançar determinados objetivos específicos, que foram apresentados inicialmente no projeto de investigação e orientaram o desenvolvimento da Tese de Doutorado. Dentre eles, o primeiro procurou avaliar a variabilidade (no tempo e no espaço) das chuvas na RMSP e seu entorno, tornando possível ainda a identificação de compartimentos mais ou menos chuvosos, assim como setores mais sujeitos às estiagens e/ou precipitações intensas.

O segundo objetivo em questão buscou verificar os impactos da dinâmica climática no armazenamento hídrico, analisando até que ponto o clima, e sua respectiva dinâmica atmosférica, podem interferir no excesso ou escassez hídrica e identificar, ainda, quais agentes, seja do meio físico, econômico e/ou político podem influenciar neste tema. A terceira meta almejada visou identificar os tipos de tempo e “sequências rítmicas” que acarretam em problemas no abastecimento urbano, redução da pressão fornecida, falta d’água, racionamento e outros possíveis impactos. No propósito de avançar na pesquisa, como quarta proposta buscou-se implementar uma metodologia de análise ambiental através da Climatologia Dinâmica que correlacione os resultados da Análise Rítmica aos volumes de armazenamento no Sistema Cantareira, e, ainda, que avalie a captação e a qualidade do abastecimento de água na metrópole.

No quinto objetivo específico tencionado inicialmente na pesquisa, buscou-se fornecer elementos que contribuam para um entendimento mais aprofundado da influência da “faixa de transição móvel” que divide o Estado de São Paulo em “Climas Zonais A e B” (MONTEIRO, 1973) na RMSP e seu entorno, no ritmo pluvial. Ademais, o sexto e último propósito da investigação intentou contribuir, através dos resultados obtidos (mapas, gráficos, tabelas, entre outros recursos), com uma boa representação e/ou compreensão no que diz respeito à variabilidade das chuvas, armazenamento no Sistema Cantareira e abastecimento urbano em partes da RMSP. Fornecer, ainda, dados e subsídios para pesquisas futuras, planejamento ambiental, urbano, gestão de reservatórios, entre outras atividades voltadas para a melhoria da população.

Por fim, após uma breve introdução do escopo da pesquisa e dos propósitos da mesma, fatores que tornaram possível a elaboração da presente Tese de Doutorado, cabe apresentar e destacar a seguinte hipótese norteadora dessa investigação: ‘A sucessão dos estados atmosféricos sobre a Região Metropolitana de São Paulo apresenta variações rítmicas que podem ocasionar tipos de tempo habitualmente esperados ou aqueles excepcionais, estes geradores de episódios de muita chuva ou longos períodos de seca, cuja frequência e intensidade dos mesmos tem o potencial de refletir no armazenamento hídrico e repercutir em situações para as quais o sistema de abastecimento de água da metrópole não se encontra devidamente preparado’. Isto posto, a seguir serão apresentados e discutidos os fundamentos teóricos e as obras conceituais que inspiraram, influenciaram e direcionaram o presente estudo.

1.1. Os fundamentos teóricos norteadores e obras conceituais

1.1.1. A escola brasileira de Climatologia Geográfica

Primeiramente, ao se considerar toda a trajetória e a construção de um pensamento científico em âmbito nacional, torna-se legítimo reconhecer a existência de uma Climatologia Geográfica particular e exclusiva produzida no Brasil. Tais individualidades encontram-se, em essência, vinculadas ao legado do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro à Geografia Brasileira, ao difundir ao longo de várias décadas de trabalho novos pressupostos teóricos no âmbito da climatologia que irão influenciar várias gerações de pesquisadores.

A introdução do termo “Escola Brasileira de Climatologia Geográfica”, ao final do século XX (ZAVATTINI, 1998; 2000; 2004), procura agregar essa corrente de pensamento e, de forma intrínseca, encontra-se associado ao paradigma do ritmo climático (MONTEIRO, 1971; 2015). Entretanto, o reconhecimento das pesquisas desenvolvidas nessa área vem de longa data, como é o caso de Ribeiro (1982, p. 49) que, em sua época, já apontava que Monteiro “chegou a criar uma 'escola' de Climatologia Dinâmica”. Portanto, direcionados por uma concepção analítica eminentemente geográfica, tal perspectiva aglutinou e tem direcionado uma crescente comunidade de pesquisadores ao longo de décadas e, apesar de tímidos avanços em termos de discurso teórico, vem progredindo de maneira acentuada na aplicação de técnicas mais sofisticadas e soluções inovadoras (SANT’ANNA NETO, 2014).

Partindo desses pressupostos é necessário enfatizar que Monteiro (1962), dentre suas inúmeras contribuições, verifica e diferencia a perspectiva analítico-separatista da concepção dinâmica nos estudos do clima. No entanto, o autor agrega importância à sua concepção ao seguir as bases estabelecidas e fundamentadas pelo geógrafo francês Max Sorre (1951), em sua obra intitulada “*Les Fondements de la Géographie Humaine*”, ao se averiguar uma revisão geográfica no conceito de clima, dando um caráter dinâmico ao defini-lo como a “série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual” (SORRE, 1934; 2006, p.90).

Da mesma forma, Sorre desconstrói a visão contemporânea de sua época (HANN, 1931), estreitamente estática e baseada na condição média do clima enraizada na meteorologia tradicional, ao introduzir a expressão “sucessão habitual”. Tal passagem pode ser reforçada pelo relato de Douguedroit (2005, p. 14), ao afirmar que “*Elle souligne la répétitivité*

interannuelle des saisons mais surtout insiste sur la sensibilité aux écarts à la moyenne; elle mène droit à la notion de variabilité climatique beaucoup plus riche pour la recherche que celle de moyenne”¹.

O pensamento sorreano a respeito do clima teve grande influência na climatologia francófona no início da segunda metade do século XX, direcionando a importantes estudos como é o caso do método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo elaborados por Pédelaborde (1957; 1991), cujas obras tiveram grande influência no Brasil. Monteiro (1971) fundamenta sua obra nesta linha dinâmica de investigação, entretanto adota uma estratégia metodológica diferente, e preocupa-se com o mecanismo sequencial dos tipos de tempo atmosférico ao propor a “Análise Rítmica em Climatologia”.

Ao propor a Análise Rítmica, o autor sugere a análise da dinâmica climática através do paradigma do ritmo climático detalhado ao nível de tempo atmosférico, por meio da representação concomitante dos elementos climáticos fundamentais em nível diário e/ou horário. Nela, a interação dos elementos e fatores climáticos permite revelar a gênese dos fenômenos, oferecendo parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas de caráter geográfico. Precedente a esse estudo clássico (MONTEIRO, 1971), diversas foram as contribuições inovadoras de Monteiro (1962; 1963a; 1963b; 1964; 1969), que já utilizava termos e conceitos que foram aplicados no seu estudo “A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo” (MONTEIRO, 1973; 2000), revelando com maior clareza os procedimentos metodológicos desenvolvidos na análise rítmica.

Para Monteiro (1991, p. 131), a ideia fundamental que norteia tal paradigma é “exatamente aquela de poder sintonizá-lo às demais dinâmicas das outras esferas: dos processos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos e (por que não?) os antrópicos”. Além da compreensão do habitual, espera-se identificar e analisar o oposto, ou seja, as arritmias observadas que podem desencadear episódios extremos em que a sociedade não está necessariamente preparada para enfrentar. Assim, tendo por base o “ritmo como a essência geográfica do clima” (MONTEIRO, 1991, p. 131), o autor estimulou diversos autores a buscar a compreensão da dinâmica, frequência e encadeamento dos sistemas atmosféricos para aplicá-la às variáveis ambientais e sociais.

Diversos foram os estudos que deram sequência aos ensinamentos de Monteiro, podendo-se citar Conti (1975), Tarifa (1975), Aouad (1978) e Barbiéri (1980), como alguns

¹ “Ele enfatiza a repetitividade interanual das estações, mas insiste principalmente na sensibilidade à desvios da média; isso leva à uma noção de variabilidade climática muito mais rica para a pesquisa do que a média” (DOUGUEDROIT, 2005, p. 14, Tradução nossa)

exemplos clássicos que utilizaram a análise rítmica para chegar a resultados práticos. Mesmo na última década, após praticamente meio século das primeiras publicações monterianas, numerosos são os estudos que se utilizam da análise rítmica para a compreensão da dinâmica atmosférica, e aplica-los às mais variadas questões geográficas, como é o caso da dinâmica hídrica (ZANDONADI, 2013; FONTÃO, 2014), saúde e conforto/desconforto (PASCOALINO, 2013; SARTORI, 2014), turismo (MELLO, 2014), riscos e desastres naturais (TAVARES, 2010; STEINKE e BARROS, 2015), percepção da população residente (RIBEIRO, 2015), dentre inúmeras outras.

Zavattini (2004, p. 10) aponta em seu estudo que “se por um lado a evolução do pensamento geográfico tem sido grande no Brasil, por outro lado, os progressos no campo da Climatologia Geográfica, poderiam ter sido maiores”, atribuindo a isso uma utilização até então acanhada do ritmo climático, frente ao seu amplo espectro de possibilidades e aplicações. De outro ponto de vista, Ely (2006) assinala para um enfoque modesto na perspectiva da sociedade e do homem (enquanto produtor do território) nos estudos realizados na Climatologia.

Desse modo, apesar de não ter avançado o que se esperava em termos de discussão teórica e/ou conceitual, não restam dúvidas a respeito de um grande avanço na aplicação de técnicas cada vez mais sofisticadas e soluções inovadoras e instigantes, conforme apontamentos de Sant’Anna Neto (2014). Logo, aproveitando-se desses novos artifícios e metodologias, os novos progressos das pesquisas científicas na área deverão levar em conta e aprofundar ainda mais as bases conceituais de clima e sua relação com as dinâmicas das sociedades, sempre considerando o equilíbrio entre as abordagens investigativas tradicionais e dinâmicas (BARROS e ZAVATTINI, 2009).

Assim, o reconhecimento e o desdobramento dessa escola de pensamento podem ser vistos e analisados através da ótica de diversos autores no âmbito da Climatologia brasileira, em estudos de relevância nacional e internacional. A título de exemplo, algumas iniciativas e novas estratégias podem destacar-se, como é o caso da proposta de uma “Geografia do Clima” (SANT’ANNA NETO, 2001), avanços ambientais a respeito do “Sistema Clima Urbano” (MENDONÇA, 1994; 2015) e o aprofundamento da noção de “Ritmo” (ZAVATTINI, 2003; 2004). Portanto, torna-se relevante uma discussão mais aprofundada a respeito dos desdobramentos dessa escola e do paradigma do ritmo climático, questão que será abordada logo a seguir.

1.1.2. O paradigma do ritmo climático e as pesquisas atuais

Embora a escola brasileira de Climatologia Geográfica tenha tido grande importância através das investigações realizadas e dos progressos científicos obtidos, resultando em incentivo à formação de novos pesquisadores na área, tais práticas metodológicas não são unanimidade entre os cientistas que atuam no campo da Climatologia em nível global. Há de se ressaltar impasses que envolvem a própria história da Climatologia no Ocidente, além de dilemas conceituais que podem levar um observador precipitado, a questionar se ‘seria o paradigma do ritmo climático válido atualmente?’. Para elucidar tal antagonismo, devemos primeiramente compreender a própria evolução do conhecimento científico nesse domínio.

A concepção de clima que perdurou inicialmente nas pesquisas científicas, ao longo do final do século XIX e início do século XX, encontra-se muito associada à publicação clássica do austríaco Julius Hann (1931), considerada por muitos a base da disciplina científica emergente (HEYMANN, 2010). O autor, apesar de considerar as relações espaciais e o envolvimento de todos os fenômenos atmosféricos que afetam os sentidos humanos, trata o clima como uma abstração estatística ao defini-lo como o “estado médio da atmosfera” (HANN, 1931).

Dentre os vários pesquisadores que seguiram e/ou adotaram essa linha da climatologia clássica, destaca-se o russo Wladimir Köppen (1931) ao propor sua classificação climática, que apesar de sua natureza estática, instigou novos pesquisadores a enveredarem no âmbito das classificações em nível global. No campo da Geografia pode-se evidenciar a obra de De Martonne (1909), pois mesmo baseando seus estudos na linha de pensamento de Hann, reconhece que o tempo (atmosférico) não varia de maneira desordenada, levando a uma visão qualitativa da importância dos tipos de tempo. Sant’Anna Neto (2015, p. 33) reforça essa colocação, ao afirmar que: “Emmanuel De Martonne foi um dos pioneiros a se preocupar com uma definição geográfica do clima, em sua primeira versão do *Traité du Géographie Physique*, publicado originalmente em 1909”.

A visão clássica da climatologia, que predominou até a metade do século XX passou a ser questionada, em especial com o advento da meteorologia dinâmica pela influência das escolas de Bergen e Chicago (BJERKNES e SOLBERG, 1922; ROSSBY, 1939). Tais avanços possibilitaram as bases físicas e conceituais e uma climatologia dinâmica, que através da análise sinótica, influenciou cientistas a considerarem a atuação e recorrência dos os tipos

de tempo, e respectivas massas de ar e/ou frentes, nas suas análises. Pédelabore (1957; 1991), Pagney (1972; 1976), Sánchez (1976; 1990), dentre outros, são exemplos de cientistas que seguiram nessa linha e, inclusive, desencadearam suas análises fundamentados no conceito sorreano de clima. No Brasil, as influências dessas ideias ficam claras nas obras do professor Monteiro, assunto já abordado no subtópico anterior, e cuja trajetória leva o autor a propor o paradigma do ritmo climático (MONTEIRO, 1971).

Nesse momento, a Geografia dominava os estudos de caráter climáticos e exercia forte influência nas análises em nível espacial, ultrapassando o simples atributo descritivo ao introduzir e buscar a explicação dos fenômenos, dando estímulo para o crescimento da climatologia sinótica e da climatologia aplicada. No Brasil, Monteiro (1971) inovou ao propor a análise rítmica, algo que uniu a circulação atmosférica ao regional/local e transpôs uma noção de sequência e recorrência desses tipos de tempo no espaço geográfico.

Todavia, apesar desse momento histórico, denominado por Pagney (2012, p. 7) como “*la phase de maturité*”, em virtude de ser um período dotado de grandes progressos nos estudos da climatologia dinâmica, tais avanços passaram a ser deixados de lado e/ou marginalizados aos poucos com a prosperidade dos físicos atmosféricos e outros profissionais oriundos das ciências exatas, que passaram a introduzir uma visão quantificada da atmosfera, além dos desdobramentos da modelização resultante da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1938; 1950; 1973). A essa teoria, somam-se o surgimento das novas perspectivas de abordagem na ciência geográfica a partir da segunda metade do século XX, destacando-se a chamada revolução quantitativa e teórica da Geografia, na qual Burton (1977, p. 70) descreve a Climatologia como o ramo que “abrange a massa contínua aparentemente mais tratável e quantificável que os geógrafos se preocuparam em estudar”. Nessa perspectiva, na “Nova Geografia” (CHRISTOFOLETTI, 1976, p. 93) os modelos passam a se tornar “instrumentos básicos de análise”.

A efervescência dessas ideias e a preocupação em focalizar as questões geográficas sob a perspectiva “sistêmica” (CHRISTOFOLETTI, 1979) revitalizou diversas formas de abordagem científica, e em específico na Geografia Física. Do mesmo modo, transformou-se também a ciência em nível mundial, como foi o caso da Meteorologia através da adoção e aperfeiçoamento dos Modelos de Circulação Global (EDWARDS, 2011), utilizando equações envolvendo a dinâmica dos fluidos e da termodinâmica para uma modelagem da atmosfera, estas subsidiadas pela evolução dos satélites e sistemas computacionais.

É importante ressaltar que a visão sistêmica também trouxe avanços à climatologia produzida por geógrafos. Um bom exemplo é a climatologia aplicada produzida pelo francês Péguy (1986; 1989; DOUGUEDROIT e MARCHAND, 2007) e pelo estadunidense Thornthwaite (1961; MATHER, 2005), ambos defensores da adoção de métodos quantitativos pela comunidade geográfica, além das renovações propostas pelo britânico Oke (1973) no âmbito do clima urbano. No Brasil, Monteiro (1976; 2015) propôs o Sistema Clima Urbano, teoria base de muitos estudos urbanos e locais realizados até a atualidade. Porém, reconhece-se que, apesar das inovações propostas, a mudança na perspectiva de pesquisadores e a forte influência das ciências atmosféricas acabaram tirando o foco da produção científica elaborada por geógrafos, sobretudo por utilizarem-se muito pouco de técnicas e modelos matemáticos (HEYMANN, 2010).

Nessa perspectiva, o clima passou a ser definido por diversos pesquisadores como a descrição, através do uso da estatística, do estado do sistema climático durante um período específico, no caso um intervalo mínimo de 30 anos conforme recomenda a Organização Meteorológica Mundial (GATES, 1988). Douguedroit (2005, p. 17) reforça tal colocação ao afirmar que *“L’application de la théorie générale des systèmes à la climatologie fut le fondement de l’élaboration du nouveau paradigme de cette science, celui de «l’état du système climatique»”*². Essa nova concepção possibilitou avanços em alguns campos de pesquisa, como é o caso da modelagem e no estudo das Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), todavia distanciou o ser humano das análises climáticas, ampliando o enfoque temporal em detrimento do espacial.

Da mesma maneira, as já conhecidas divergências entre meteorologistas e geógrafos, especificamente no ramo da climatologia, se acentuaram ainda mais. Pagney (2012) aponta para um período de marginalização da Climatologia Geográfica francesa a partir dos anos 1980, com o avanço da modelagem e a formação de uma nova comunidade científica. No Brasil, a Climatologia Geográfica seguiu através da formação de novas gerações de pesquisadores influenciados pelo paradigma do ritmo climático e profundamente enraizada no meio acadêmico, em especial após a aposentadoria e desfecho das carreiras de Monteiro (1991) e Edmond Nimer (1989).

Skaggs (2004), ao analisar tendências na produção científica internacional até o início do século XXI, notou que cada vez mais os geógrafos-climatólogos têm optado por publicar suas pesquisas em periódicos de outras áreas científicas, especialmente voltados às ciências

² “A aplicação da teoria geral dos sistemas à climatologia foi o fundamento para a elaboração do novo paradigma dessa ciência, a de ‘o estado do sistema climático’” (DOUGUEDROIT, 2005, p. 17, Tradução nossa)

exatas. Quiring (2007) também nota tal tendência, e constata que o fator contrário não tem acontecido, ou seja, profissionais das áreas da ciência atmosférica tem requerido pouco as revistas geográficas. Nesse sentido, a perda de influência dos geógrafos nesse domínio da pesquisa científica, a formação de consensos (ORESQUES, 2004; PEARCE *et al.*, 2017) da comunidade científica internacional à valorização do sistema climático, que impulsionaram pesquisas voltadas à tendência e projeções climáticas com ampla base matemático-estatística, e um relativo abandono da variável espacial e das escalas frente às tendências temporais e/ou históricas seriam indícios (ou motivos) que ‘invalidariam o paradigma do ritmo climático’?

A resposta para essa incerteza pode ser encontrada na própria concepção do paradigma do ritmo climático, na leitura de obras clássicas e no desdobramento das pesquisas brasileiras em Climatologia Geográfica. Monteiro (1976; 1991) não nega a existência de um sistema climático, conforme se pode notar no trecho abaixo, ao comentar sua obra a respeito do sistema clima urbano (SCU):

“É necessário pois, estar ciente de que o clima de um “lugar” – em qualquer das suas ordens escalares superiores ou inferiores – é função dos fluxos de energia que o percorrem no sentido vertical e horizontal. No primeiro caso trata-se de ou deve-se considerar a radiação solar, girando o problema em torno da conjunção dos quatro grandes fatores a ela pertinentes (...) A partir dessas componentes verticais, definem-se na superfície terrestre os centros de ação, massas de ar, frentes, ou seja, todo o complexo conjunto de sistemas da circulação horizontal, cuja atuação vem completar o quadro geral dos fluxos energéticos num dado lugar.” (MONTEIRO, 1991, p. 45-46).

Um ponto que chama a atenção é que, ao reconhecer a ideia de um sistema climático, o autor valoriza as escalas e o nível de hierarquia organizacional do Clima, ou seja, a própria dinâmica e circulação dos sistemas atmosféricos contribui para a organização espacial das unidades climáticas regionais. Desse modo, o ato de conceituar e abordar um clima exclusivamente global, por meio de tendências matemático-estatísticas e desprezando a importância das escalas para os seres vivos, afasta necessariamente os seres humanos dessas análises, lacuna que tem sido cada vez mais sentida na ciência e demandado novas pesquisas de cunho geográfico.

Pierre Pagney (2012), em sua última grande publicação, defendeu como solução para os impasses metodológicos a aceitação conjunta das diferentes abordagens da Climatologia, caso da climatologia analítica, sinótica e modelização, e as respectivas contribuições de cada campo teórico. Barros e Zavattini (2009) também apontam para um equilíbrio entre as diferentes abordagens de forma integrada no espaço regional, visando vislumbrar e

compreender o verdadeiro quadro climático. O retorno crescente das contribuições dos geógrafos nos mais diferentes espaços científicos vai ao encontro das ideias defendidas anteriormente, destacadas que:

“Le système climatique n’est pas au centre des préoccupations des géographes. C’est avant tout l’affaire des modélisateurs. La géographie intervient à partir du moment où sont abordés les niveaux d’échelle qui articulent le système global, donc là où se dessine la territorialisation climatique, dans laquelle s’insèrent la présence et l’activité humaine. C’est à partir de là que l’on débouche sur les différents climats de la terre et sur leurs potentialités. On aboutit alors au diptyque fondamentalement géographique que constitue le lien entre climats et sociétés. L’auteur de ces lignes adhère à cette position, qui permet, aux niveaux d’échelle inférieurs à l’échelle globale de la modélisation, de réinvestir la climatologie dynamique (ou synoptique)”³ (PAGNEY, 2012, p. 43).

Desse modo, a Climatologia Geográfica reconhece essa diferença de escalas e busca por fim investigar e contribuir para o ser humano, considerando suas relações espaciais, processos de ocupação e repercussões a partir da dinâmica da atmosfera. E, nesse caso, nada melhor do que o ritmo como paradigma de análise do ambiente e das atividades humanas para se chegar a importantes resultados. O crescimento quantitativo e qualitativo das pesquisas desenvolvidas no Brasil, dentre elas na revista e nos eventos realizados pela Associação Brasileira de Climatologia Geográfica (ABCLima), é um importante indicativo. A respeito dessa questão, Monteiro (1995, p. 8) redige o seguinte comentário:

“Estudar o clima como simples comportamento da atmosfera seria meteorologia que, ela mesma, em grande parte liga-se a preocupação prática com a previsão do tempo, o que não deixa de vinculá-la à atividade humana. O que a climatologia que me preocupou almejava era relacionar a dinâmica da baixa atmosfera, em seu comportamento caótico, discernindo-lhe um possível ‘ritmo’, para relacionar este comportamento complexo e difícil aos ritmos das atividades humanas. Não se tratou de um viés particular do antropocentrismo” (MONTEIRO, 1995, p. 8).

Na Geografia Física, diversos autores têm defendido cada vez mais a aproximação e a interação das variáveis ambientais com o ser humano (RHOADS, 2004). Perry (1995), por exemplo, considera que um climatólogo deverá ter uma base sólida na ciência e ao mesmo

³ “O sistema climático não está no centro das preocupações dos geógrafos. É acima de tudo o negócio dos modeladores. A geografia intervém a partir do momento em que se abordam os níveis de escala que articulam o sistema global, onde se desenha a territorialização climática, na qual se insere a presença e a atividade humana. É a partir daí que desdobramos nos diferentes climas da terra e em suas potencialidades. O resultado então remete ao dualismo fundamentalmente geográfico que constitui a ligação entre climas e sociedades. O autor dessas linhas adere a essa posição, que permite, nos níveis de escalas inferiores à escala global de modelagem, reinvestir na climatologia dinâmica (ou sinótica)” (PAGNEY, 2012, p. 43, Tradução nossa)

tempo estar familiarizado com as ciências sociais, ou seja, seja capaz de analisar e compreender a relações entre os seres humanos. E é nesse contexto que várias iniciativas têm reaproximado a climatologia da perspectiva geográfica, ao propor e estudar a interação e a relação das variáveis ambientais com o ser humano, a partir de um ponto de vista espacial.

Na comunidade francófona, recentemente pôde-se constatar uma aproximação de pesquisas com a comunidade brasileira (MENDONÇA, 2005; MADORÉ, 2009; BÉTARD *et al.*, 2011; DUBREUIL *et al.*, 2014, entre outros), fator esse que poderá proporcionar novos avanços científicos no futuro. Além disso, despontam iniciativas interessantes como é o caso da reaproximação metodológica e novas discussões teóricas a respeito do conceito de tipos de tempo, pela comissão "*Climat et Société*" do Comité Nacional Francês de Geografia em suas reuniões (CARREGA, 2004).

De acordo com Douguedroit (2004), a noção de tipos de tempo foi desenvolvida de forma diferente nas línguas francesa, alemã e inglesa ao longo da última metade do século XX. Embora haja semelhanças evidentes entre ambas, a concepção francesa de tipos de tempo apresenta-se mais moderna em termos metodológicos e de caráter geográfico ao distinguirem-se os termos "*type de temps*" e "*type de circulation*" (DURAND-DASTÈS, 2004; VIGNEAU, 2004), ao contrário da concepção anglo-saxônica de "*weather-types*" (LAMB, 1950) e a alemã "*Grosswetterlagen*" (BAUR, 1948; HESS e BREZOWSKY, 1952), que fundem precipitadamente os tipos de tempo e a circulação atmosférica no mesmo conceito. O retorno das pesquisas em Climatologia envolvendo a dinâmica atmosférica e os tipos de tempo, de caráter singular devido às suas possibilidades de aplicação nas variáveis geográficas, valoriza-se ainda mais pela proposta do paradigma do *ritmo* climático de Monteiro (1971), elaborada sob forte influência da escola francesa de Sorre e Pèdelaborde.

Na comunidade anglo-saxônica, paralelamente despontam iniciativas que têm valorizado as pesquisas da Climatologia sob o ponto de vista geográfico. Um exemplo peculiar foi o ensaio realizado por Bryson (1997, p. 454), no qual o autor expôs seu ponto de vista e sua insatisfação a respeito das definições usuais de clima apresentando argumentos, axiomas e corolários que o levou à definição de "*Climate (climatic status) is the thermodynamic/hydrodynamic status of the global boundary conditions that determine the concurrent array of weather patterns*". Tal reflexão retrata a insuficiência conceitual que tem limitado o desenvolvimento de um corpo teórico da Climatologia e, apesar de não estabelecer uma relação clara com as escalas e a circulação atmosférica, amplia os horizontes ao abandonar a interpretação meramente estatística e abstrata do clima (MCGREGOR, 2006).

Apesar de diferenças teóricas previamente descritas, a classificação dos tipos de tempo tem evoluído a partir do desenvolvimento da Climatologia Sinótica (YARNAL *et al.*, 2001). Recentemente, diversas foram as novas metodologias que surgiram para a classificação sinótica de tipos de tempo, dentre elas destaca-se a “*Spatial Synoptic Classification*” (SCC) para os Estados Unidos (SHERIDAN, 2002) e Europa ocidental (BOWER *et al.*, 2007). Tal sistema de classificação oferece diversas possibilidades de aplicação nas variáveis geográficas (HONDULA *et al.*, 2014; DIXON *et al.*, 2016), inclusive tendo sido realizadas aplicações da metodologia no Rio de Janeiro (ARMOND, 2014) e em São Paulo (FONTÃO *et al.*, 2018), comparando-a com a análise rítmica. No entanto, deve-se ter cautela ao aplicá-la e relacioná-la individualmente à metodologia proposta por Monteiro (1971; 1973), tendo em vista que se trata de um sistema de classificação automático e objetivo (LEE e SHERIDAN, 2015), não tendo sido elaborada e classificada diretamente pela interpretação empírica e com o auxílio de cartas sinóticas.

Por fim, é importante ressaltar que seja através da discussão, da reaproximação de conceitos fundamentais ou pela divulgação das pesquisas em diferentes linguagens (OGASHAWARA, 2014; BEREZUK *et al.*, 2017; FONTÃO e ZAVATTINI, 2017, dentre outras) e/ou países (FRATIANNI e ZAVATTINI, 2009; ZAVATTINI e FRATIANNI, 2016), a escola brasileira de Climatologia Geográfica tem ampliado seu leque de possibilidades aos pesquisadores. A aplicação do paradigma do ritmo climático na RMSP apresenta sua relevância por ampliar a compreensão dessa dinâmica atmosférica em uma região de extrema importância em nível nacional, dar um novo olhar à análise rítmica do ponto de vista temporal e ampliam-se as possibilidades da aplicação de seus resultados às problemáticas envolvendo o ser humano, como é o caso do abastecimento urbano.

1.1.3. As secas, os recursos hídricos e o abastecimento urbano nas metrópoles

Inicialmente, deve-se deixar claro o inquestionável valor da água para o Planeta, posto que, sem este importantíssimo elemento, não seria possível a existência da vida como nós, seres humanos, conhecemos. Dito isso, ao discutirmos ou analisarmos a respeito de um tema tão relevante quanto os recursos hídricos, deve-se ter certa cautela, apreço e consciência do valor inestimável desse recurso, e não necessariamente no sentido financeiro da palavra, mas sim na essência da necessidade desse líquido para a sobrevivência.

No tocante à essa demanda, embora seja essencial à vida humana e à economia regional de todo o mundo, observam-se ameaças constantes à dinâmica do ciclo hidrológico e em relação a quantidade e qualidade da água. A respeito desses indícios, Tundisi (2006, p. 25) indica que “Essas ameaças decorrem devido ao uso excessivo da água para várias atividades humanas. Tais usos excessivos incluem águas superficiais e subterrâneas, que são reservas importantes e substanciais de água em algumas regiões do planeta.”. Ademais, nem sempre a distribuição dos recursos hídricos ocorre de maneira homogênea para a população em nível global e regional, gerando um acesso desigual à água (RIBEIRO, 2008).

Diversos são os conceitos detrás da seca e da escassez dos recursos hídricos, geralmente associadas a longos períodos de precipitação pluviométrica reduzida e severas estiagens, possíveis de gerar impactos à população de um determinado local. A respeito disso, Paneque Salgado (2015a; 2015b) assinala que a terminologia difusa motiva certa ambiguidade entre os conceitos de seca (temporária e natural), déficit hídrico (temporário e antrópico) e escassez (permanente e antrópica), devendo-se atentar à duração e a origem do fenômeno. O próprio conceito de estiagem torna-se algo difuso, visto que há a estiagem habitual – intervalos temporais de baixa pluviosidade que ocorrem regularmente em alguns meses do ano – bem como a utilização do termo para se referir à alguns episódios específicos. Kobiyama *et al.* (2006) assinalam que a forma crônica da estiagem seria o fenômeno das secas.

Diante disto, Wilhite e Glantz (1985) propuseram uma classificação das secas amplamente aceita na comunidade científica, dividindo-a em quatro categorias: secas meteorológicas, secas agrícolas, secas hidrológicas e secas socioeconômicas. No caso da seca meteorológica, Wilhite (2000, p. 7) afirma que “*The natural event (i.e., meteorological drought) is a result of the occurrence of persistent large-scale disruptions in the global circulation pattern of the atmosphere*”. Nesse caso, há uma variável espacial na sua área de ocorrência, e a origem natural (e quase imprevisível) do fenômeno elucida que há pouco, ou nada, a se fazer para evitá-la diretamente. Todavia, a vulnerabilidade às secas, isto é, as repercussões (e as respostas) do fenômeno no espaço são determinadas pelas características geográficas do local e pelos fatores socioeconômicos, cujos efeitos podem ser atenuados pelo planejamento e por ações mitigadoras.

No caso dos recursos hídricos, verifica-se com maior intensidade as repercussões das secas hidrológicas, que se encontram relacionadas com os efeitos dos períodos secos (pouca chuva) na hidrologia superficial e subterrânea, interferindo diretamente nas vazões e no

armazenamento hídrico. Nesse contexto, Wilhite (2000, p. 12) ressaltam que “*Hydrological drought may continue for many months or years, since recharge of reservoirs and groundwater is a long process*”, ou seja, além dos efeitos das precipitações reduzidas demorarem a repercutir nos mananciais e reservatórios, o processo de recuperação pode se tornar extremamente lento, a depender das circunstâncias, das chuvas e da dimensão do reservatório.

Em geral, deve-se considerar o fenômeno das secas como um risco natural, complexo e caracterizado por múltiplos parâmetros, sendo a compreensão dos mesmos necessária para reduzir seus impactos através da gestão de riscos (MISHRA e SINGH, 2010). Os métodos tradicionais de gestão das secas, baseados na compreensão desse fenômeno como uma ‘crise’, não necessariamente se mostram eficiente para mitigar os grandes impactos causados, além de gerar um aumento na vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento público de água (PANEQUE SALGADO, 2015b).

De modo específico, a adoção de metodologias mais modernas para a gestão de riscos das secas, por meio do planejamento e da participação mais proativa da sociedade, aparece como alternativa em alguns países para reduzir as vulnerabilidades com uma visão mais sustentável dos recursos hídricos (WILHITE, 2017). É neste contexto que na Península Ibérica, por exemplo, passou-se a questionar o denominado paradigma hidráulico tradicional (SAURÍ e DEL MORAL, 2001), surgindo um movimento denominado “Nueva Cultura del Agua” (AGUDO, 2008, p. 1), numa crítica e questionamento ao modelo de gestão baseado unicamente na construção de grandes obras de infraestrutura, trazendo água de locais cada vez mais distantes, na busca de satisfazer as crescentes demandas hídricas em uma perspectiva meramente produtivista. As discussões a respeito de uma nova cultura de gestão da água e novos paradigmas para lidar com essa questão ainda permanecem intensas em termos globais.

No Brasil, apesar da atual legislação sobre recursos hídricos ser considerada avançada nos meios acadêmicos, a implementação efetiva da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída na Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), ainda apresenta várias adversidades na sua execução, em particular no tocante à uma real participação da população e dos diferentes atores sociais na gestão das águas (JACOBI e BARBI, 2007; MAGALHÃES JR, 2017). Outrossim, a implementação do aparato legal de gestão das águas avança de modo distinto nas diferentes regiões do vasto território brasileiro, e no caso específico das secas, há uma carência e necessidade do país avançar em políticas e abordagens mais proativas de enfrentamento das secas, enquanto os órgãos gestores continuam priorizando políticas reativas

para o enfrentamento de “crises” episódicas (DE NYS *et al.*, 2016, p. 13), numa perspectiva política tradicional.

É neste âmbito que Whately e Campanili (2016) publicaram a obra “O século da escassez”, defendendo que, em relação à água, questão central não é a disponibilidade ou a falta dela em si, mas a forma de utilização desse recurso, cuja má gestão tem levado a uma perda de qualidade e destruição de vastas áreas de mananciais, sobretudo nas regiões metropolitanas. Em relação a isso, um dos grandes desafios metropolitanos atuais é que as cidades criem condições para assegurar a qualidade de vida sem interferir negativamente e prejudicar o meio ambiente do seu entorno (JACOBI, 2006). Hespanhol (2008, p. 154), ao criticar a importação de águas de locais cada vez mais distantes para as metrópoles e defender a necessidade de um novo paradigma de gestão dos recursos hídricos, baseado na conservação e reuso da água, aponta que: “As grandes concentrações urbanas e industriais, como é o caso da RMSP, ainda utilizam práticas ortodoxas para atender à demanda para abastecimento público e industrial”.

No que se refere aos recursos hídricos metropolitanos, a inviabilidade de utilizar a maioria dos mananciais mais próximos tem a ver com a negação das potencialidades dos rios urbanos, num processo histórico de descaso nas grandes metrópoles brasileiras (ALMEIDA e CARVALHO, 2010), a exemplo da atual situação de contaminação das águas do rio Tietê na Grande São Paulo. Relativamente a isso, os recursos hídricos originados pelas precipitações, mesmo que presentes na área da metrópole, deixam de ser viáveis para o aproveitamento urbano. Monteiro (2015, p. 118) interpela esta e outras questões contíguas ao colocar que:

“As chuvas violentas não podem ser dissociadas da drenagem, do escoamento areolar e fluvial. Assim, em termos de S.C.U. (Sistema Clima Urbano), o núcleo do sistema está inevitavelmente ligado ao ambiente em que se integra. Nesse ponto, a análise do sítio urbano é fundamental, não em termos de relação dialética homogeneidade-heterogeneidade, como em termos de centripetria e centrifugia de drenagem.

(...)

“Ora, é sabido que, por diversos motivos, das mais variadas naturezas, as cidades e áreas metropolitanas brasileiras apresentam deficiências congênitas e crônicas: crescem em proporção inversa à capacidade administrativa e planejadas e dotá-las de infraestrutura. Nesse ponto, a grande metrópole nacional – São Paulo – na região economicamente mais desenvolvida, não difere muito de Recife – metrópole nordestina. O uso do solo, entre nós, é mais uma questão de livre-arbítrio de uma especulação imobiliária desenfreada que danifica a cidades tanto do ponto de vista ecológico quanto social. Pelo menos as cidades novas e, sobretudo, as criadas, deveriam merecer grande atenção nesse sentido (MONTEIRO, 2015, p. 120).

Tais problemas urbanos, conforme discutidos neste tópico, tem limitado e agravado o abastecimento público de água nas metrópoles brasileiras e mundiais, em especial relacionados aos riscos atmosféricos e suas vulnerabilidades a situações de excepcionalidade climática (MENDONÇA, 2010), destacando-se nesse caso as secas meteorológicas (e posteriormente, secas hidrológicas). Em relação a isso, o agravamento no quadro dos reservatórios de abastecimento urbano pode causar inúmeros impactos à população de uma metrópole, com destaque para a falta d'água. E é neste contexto que se insere a denominada 'crise hídrica' de 2014-2015 na RMSP, assunto que será melhor desenvolvido e explorado nos capítulos posteriores dessa Tese.

Em nível mundial, vários são os casos de metrópoles que enfrentaram (ou enfrentam atualmente) grandes secas, que impactaram diretamente no abastecimento urbano de água da população. Por se tratar de um espaço relativamente pequeno dotado de um grande número de habitantes, a dimensão dos problemas apresenta-se maior e num quadro agravante. A título de exemplo, pode-se citar a seca excepcional enfrentada entre 2012-2015 na região densamente povoada da Califórnia, Estados Unidos (AGHAKOUCHAK, 2015; HE *et al.*, 2017), que afetou diretamente os mananciais e reservatórios de abastecimento urbano da região, e mais recentemente a seca enfrentada na Cidade do Cabo (2017-2018), África do Sul (MULLER, 2018), com sérias restrições no acesso à água potável.

Nesse sentido, questões envolvendo o abastecimento urbano tornam-se cada vez mais relevantes, e as medidas valorativas de planejamento frente aos riscos de secas ganham notoriedade. Do ponto de vista rítmico, Ribeiro (1975), a mais de quatro décadas atrás, já relacionava as variáveis temporais e atmosféricas às demandas de água para o consumo no meio urbano, na cidade de Bauru-SP. Numa abordagem mais voltada à apropriação dos recursos hídricos, Custódio (1994) investigou de modo mais aprofundado em seu mestrado o abastecimento urbano da RMSP. Nada obstante, apesar destas referências exemplificadas, principalmente nos últimos anos emergiram centenas de pesquisas relacionadas à essa temática no território brasileiro, valorizando a importância do assunto.

Na RMSP, o abastecimento urbano torna-se uma questão extremamente significativa e complexa, tema que será abordado em maiores detalhes nos próximos capítulos dessa Tese. Todavia, a princípio, é preferível citar as considerações apontadas por Ribeiro (2011, p. 130), ao comentar a restrita oferta hídrica da metrópole e seus conflitos:

“Outro aspecto que não pode deixar de ser comentado é o uso da água na RMSP. Embora majoritariamente ele se destine ao setor do abastecimento público, é insuficiente e pode entrar em colapso em curto prazo, a manterem-se os níveis de crescimento do consumo da água. Por isso, é fundamental iniciar a discussão do que se quer fazer com a água na maior metrópole brasileira. Seria conveniente manter indústrias intensivas no uso da água diante do cenário de estresse hídrico atual? É justo permitir a captação por meios próprios de água subterrânea para fins industriais em um cenário de estresse hídrico?”

(...)

“O quadro é desconfortável, pois é iminente a falta de água de qualidade. As chuvas intensas permitem a reposição parcial da oferta hídrica, o que não leva a Região Metropolitana de São Paulo a uma situação de escassez hídrica, mas sim de estresse hídrico, dada a dificuldade em conseguir água de qualidade para abastecimento público. Por isso, é necessário e urgente discutir os rumos do uso da água para evitar constrangimentos e acirramentos de tensões” (RIBEIRO, 2011, p. 130).

Deve-se ressaltar, por fim, que o apontamento em questão foi publicado no ano de 2011, período em que, segundo o autor, as chuvas eram intensas. No entanto, nos dias atuais, sabe-se que a metrópole passou por um quadro delicado de chuvas (poucos volumes) entre os anos de 2013 a 2015, e cujas consequências foram noticiadas pela mídia nacional e internacional, e os impactos repercutiram diretamente na população residente da RMSP. Desse modo, prossegue-se a presente investigação, almejando e esforçando-se para que os resultados obtidos nessa Tese de Doutorado possam, dessa vez, contribuir para conscientizar os órgãos gestores e atores sociais envolvidos para a importância do planejamento dos recursos hídricos.

2. A ÁREA DE ESTUDO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

2.1. Localização e características do universo de estudo

No que diz respeito ao universo de estudo, primeiramente devemos considerar que a presente pesquisa optou por aplicar suas análises do *ritmo* pluvial aos reflexos no armazenamento hídrico. Diante disso, além da metrópole é necessário abranger na área de estudo todos os limites hidrográficos dos mananciais voltados ao abastecimento urbano da região, e dentre eles destaca-se o Sistema Cantareira, principal manancial e que extrapola os limites legais da RMSP em quase toda sua área. Portanto, a base territorial da pesquisa abrangerá toda a extensão político-administrativa da RMSP e as bacias hidrográficas integrantes do Sistema Cantareira que, sobrepostos as duas áreas, possuem a extensão de 9.941,2 Km², localizadas e ilustradas na Figura 1.

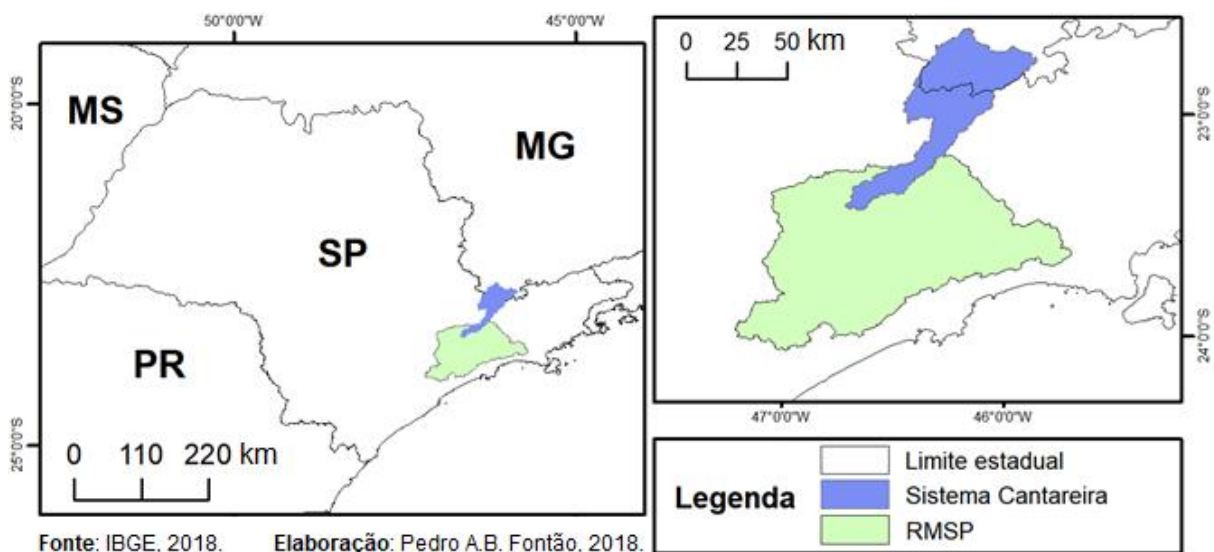


Figura 1 – Localização da área de estudo: RMSP e Sistema Cantareira.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) se destaca por ser atualmente o maior e mais populoso aglomerado urbano do Brasil e de todo o hemisfério Sul do Planeta. Trata-se de um adensamento com uma área total de 7.947,28 Km², inserido no setor leste do estado de São Paulo e tendo a capital paulista como sede de um total de 39 municípios conurbados entre si (EMPLASA, 2018). Além da RMSP, o leste paulista possui ainda nas suas proximidades outras importantes aglomerações, a título de destaque as Regiões Metropolitanas da Baixada

Santista (ao sul) e de Campinas (a noroeste), formando nesse conjunto de aglomerados urbanos a grande Macrometrópole Paulista (MMP).

Cabe ressaltar que o status de Região Metropolitana foi instituído pela Lei Complementar Federal nº 14, de 1973, e disciplinada pela Lei Complementar Estadual nº 94, de 1974. No entanto, desde a década de 1950 já se utilizava o termo Grande São Paulo para referir-se à capital paulista e os municípios circunvizinhos próximos, em processo de conurbação. Existem diversas formas de referir-se à RMSP e sua magnitude em termos de concentração urbana, como é o caso dos termos megacidade (ONU, 2017) e cidade global (GAWC, 2017), não restando dúvidas a respeito de sua condição de grande metrópole nacional (IBGE, 2018).

O processo de surgimento, crescimento e expansão da RMSP é um tema que já foi estudado e divulgado por diversos autores e pontos de vista (GROSTEIN, 2001; TOLEDO, 2004; MEYER *et al.*, 2004; MARQUES, 2005), sendo esse um componente importante para compreender o próprio processo de urbanização brasileira. A metrópole paulistana do século XXI apresenta-se como uma região altamente complexa, dotada de espaços heterogêneos e um ritmo urbano acelerado (VÉRAS, 2001), além de apresentar diversos problemas e vulnerabilidades de ordem socioambiental à população residente, a exemplo da baixa disponibilidade hídrica para o abastecimento urbano (ANA, 2010).

Na área de estudo, o Sistema Cantareira se destaca por ser um dos maiores sistemas produtores de água do mundo e responsável por produzir metade da água consumida pelos habitantes da metrópole, assunto que será discutido de maneira mais detalhada ao longo desse estudo. Trata-se de um conjunto que compõe seis grandes reservatórios interligados por um complexo sistema de túneis e uma estação elevatória de bombeamento, abrangendo uma área de drenagem total de 2307 Km². Apesar de abastecer a RMSP, o sistema envolve um total de 12 municípios e possui cerca de 45% de sua área no estado de Minas Gerais (4 municípios) e o restante no estado de São Paulo (8 municípios), sendo que apenas três municípios mineiros estão totalmente inseridos na área, enquanto os demais têm apenas parte de seu território dentro da área de drenagem do sistema (WHATELY e CUNHA, 2007).

Assim, a área de estudo que abrange toda a RMSP e o Sistema Cantareira possuem juntos e de maneira sobreposta um total de 48 municípios. A Figura 2 ilustra individualmente a distribuição dos municípios ao longo de cada um dos limites, tornando possível visualizar a abrangência territorial em ambos os casos. Os municípios incluídos na figura encontram-se numerados em ordem alfabética e podem ser visualizados individualmente na Tabela 1,

indicando no elenco o nome, estado, população total (IBGE, 2018) e o respectivo código de cada um.

Tabela 1 – Municípios da área de estudo e respectivas área e população total.

Cód.	Município	Estado	Popul. (2017)	Cód.	Município	Estado	Popul. (2017)
1	Arujá	SP	86.430	25	Juquitiba	SP	31.027
2	Barueri	SP	267.534	26	Mairiporã	SP	95.601
3	Biritiba-Mirim	SP	31.793	27	Mauá	SP	462.005
4	Bragança Paulista	SP	164.163	28	Mogi das Cruzes	SP	433.901
5	Caieiras	SP	98.223	29	Nazaré Paulista	SP	18.121
6	Cajamar	SP	73.921	30	Osasco	SP	697.886
7	Camanducaia	MG	22.057	31	Piracaia	SP	26.991
8	Carapicuíba	SP	396.587	32	Pirapora do Bom Jesus	SP	18.174
9	Cotia	SP	237.750	33	Poá	SP	115.488
10	Diadema	SP	417.869	34	Ribeirão Pires	SP	121.848
11	Embu das Artes	SP	267.054	35	Rio Grande da Serra	SP	49.408
12	Embu-Guaçu	SP	68.270	36	Salesópolis	SP	16.903
13	Extrema	MG	34.344	37	Santa Isabel	SP	56.014
14	Ferraz de Vasconcelos	SP	188.868	38	Santana de Parnaíba	SP	131.887
15	Francisco Morato	SP	171.602	39	Santo André	SP	715.231
16	Franco da Rocha	SP	149.502	40	São Bernardo do Campo	SP	827.437
17	Guararema	SP	28.978	41	São Caetano do Sul	SP	159.608
18	Guarulhos	SP	1.349.113	42	São Lourenço da Serra	SP	15.465
19	Itapeçerica da Serra	SP	170.927	43	São Paulo	SP	12.106.920
20	Itapeva	MG	9.618	44	Sapucaí-Mirim	MG	6.850
21	Itapevi	SP	229.502	45	Suzano	SP	290.769
22	Itaquaquecetuba	SP	360.657	46	Taboão da Serra	SP	279.634
23	Jandira	SP	121.492	47	Vargem	SP	10.143
24	Joanópolis	SP	12.947	48	Vargem Grande Paulista	SP	50.346

Fonte: IBGE, 2018.

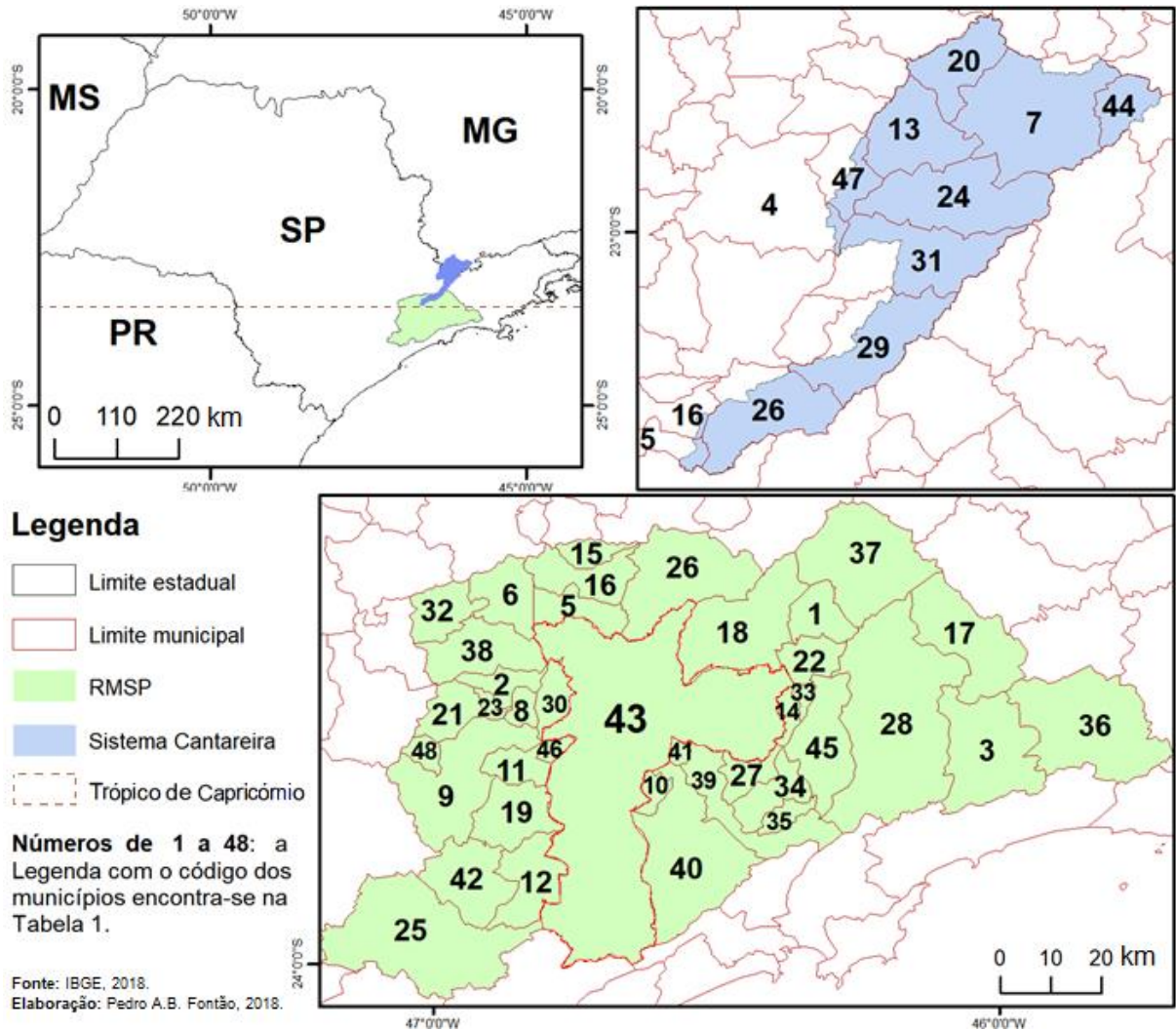


Figura 2 – Distribuição de municípios na RMSP e no Sistema Cantareira.

A Tabela 1 expõe a dimensão populacional de São Paulo-SP e sua preeminência numérica em relação aos outros 47 municípios existentes na região, concentrando um total de 55,8% dos habitantes que se encontram (direta ou indiretamente) na área de estudo. Em termos gerais, a porção central da RMSP apresenta uma densidade populacional extremamente elevada (EMPLASA, 2018), cujo crescimento e expansão da mancha urbana metropolitana atribuiu aspectos de centralidade à cidade de São Paulo (LENCIONI, 2008), ao passo que a região do Sistema Cantareira e as zonas nos limites da metrópole apresentam menor grau de ocupação e de dimensão populacional, além da presença de áreas de proteção de mananciais e Unidades de Conservação (WHATELY e CUNHA, 2007; ALVIM *et al.*, 2015). No tocante à essa questão, a Figura 3 exibe um gráfico do crescimento da população absoluta da área de estudo, da RMSP e de São Paulo-SP, a partir da década de 1950.

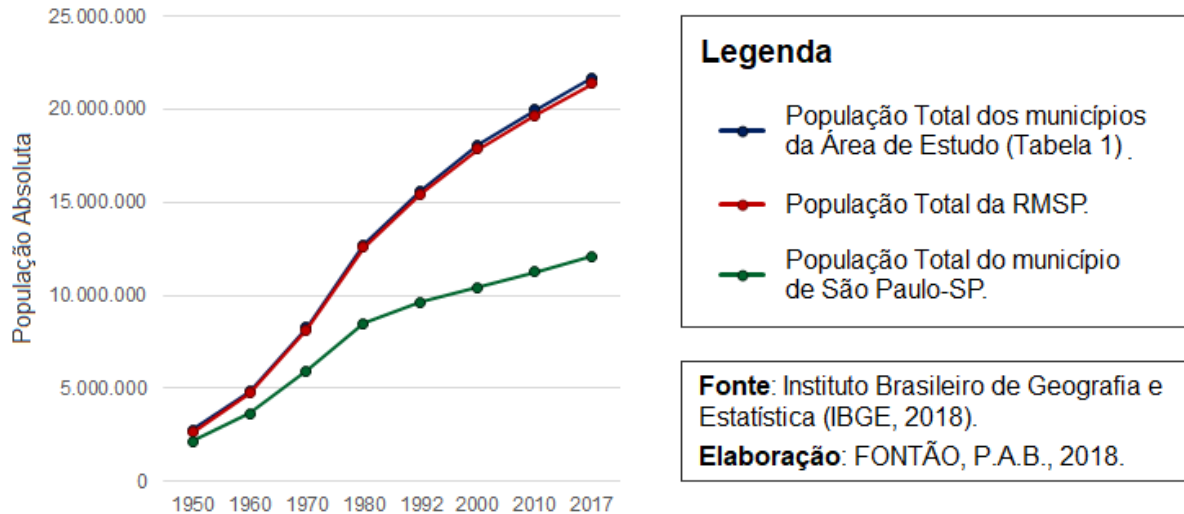


Figura 3 – Evolução da população absoluta na área de estudo, RMSP e São Paulo-SP (1950-2017).

Desde os anos 1950 até 1980, verificou-se um crescimento proeminente da população tanto na RMSP quanto no município de São Paulo, inclusive num ritmo mais elevado que a tendência da população brasileira (IBGE, 2018). Logo após 1980, a evolução dos índices populacionais da RMSP foi mais intensa que no município paulistano, reduzindo um pouco a concentração dos indivíduos na capital e expandindo o número de habitantes nas outras cidades da metrópole. A partir da década de 1990, com a inclusão dos dados populacionais da área de estudo, verificou-se valores muito próximo aos da RMSP, indicando uma proporção pequena de residentes nas áreas do Sistema Cantareira em relação ao total de moradores.

2.2. Aspectos climáticos e estudos desenvolvidos na área

A RMSP apresenta uma série de estudos e análises científicas realizadas ao longo do século XX e início do século XXI, e que servem de base para esta obra e ajudam a compreender o comportamento e a dinâmica dessa região, dotadas de grande variabilidade tanto nos elementos climáticos quanto na circulação dos sistemas atmosféricos. Apesar do ineditismo proposto nesse estudo ao analisar o *ritmo* pluvial em uma longa série histórica, despreendendo-se do importante conceito de ano-padrão ao ampliar seus horizontes de investigação, e aplicar de maneira singular o paradigma do *ritmo* climático ao armazenamento hídrico da região no intento de averiguar os impactos no abastecimento urbano da metrópole, esse não é a primeira investigação a aplicar a análise rítmica na região de São Paulo e nem a

considerar as variabilidades da chuva e os impactos climáticos aos seres humanos na metrópole. Tais estudos encontram-se discutidos a seguir, procurando ressaltar as grandes contribuições individuais de cada um, em especial para o desenvolvimento dessa obra.

Em relação às primeiras pesquisas envolvendo o estado de São Paulo, a criação da comissão geográfica e geológica no final do século XIX contribuiu bastante para a prosperidade dos estudos, através do reconhecimento físico e territorial da região e a instalação das primeiras estações meteorológicas (SANT'ANNA NETO, 2001; 2015). Na primeira metade do século XX, diversas foram as pesquisas realizadas no período, procurando publicar os dados meteorológicos e explicar as particularidades regionais do clima de São Paulo. Do mesmo modo, destacam-se nesse período os avanços no campo da meteorologia sinótica introduzidos por Serra (1939), Ferraz (1939) e Serra e Ratisbonna (1942), e que contribuíram para o entendimento da circulação atmosférica na América do Sul e, mais especificamente, no sudeste brasileiro.

De maneira científica, destaca-se como importante contribuição para a região paulista a tese de doutorado de Ary França (1946) intitulada “Estudo sobre o clima da bacia de São Paulo”. Nessa tese, o autor descreve o comportamento dos principais elementos meteorológicos e inclui em sua análise a evolução do tempo, a partir das massas de ar e da circulação da atmosfera, afirmando que as massas de ar se sucedem no decorrer do ano na região assim como as perturbações frontais. Trata-se de uma visão bem moderna para seu tempo, em que o autor incorpora os avanços metodológicos de sua época e enfatiza que sua intenção “não foi a de proceder a um estudo estritamente climatológico, mas a de realizar uma pesquisa plenamente geográfica” (FRANÇA, 1946, p. 52).

Ao longo da metade do século XX, diversas pesquisas preocupavam-se com a classificação climática nacional e das regiões brasileiras, destacando-se entre elas a aplicação de metodologias estrangeiras como é o caso das classificações de Köppen e de Thornthwaite, que podem ser conferidas para o estado de São Paulo na publicação de Rolim *et al.* (2007). Tal estudo aplica as duas metodologias para dados mais atuais e realiza uma comparação entre ambas, atualizando estudos clássicos como a obra de Setzer (1966).

Entretanto, optando no momento por não entrar nos méritos de diferentes classificações climáticas e/ou análises elaboradas para o estado de São Paulo e a capital paulista, apresenta-se a importante contribuição de Monteiro (1973; 2000) ao desenvolver seu estudo intitulado “A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo” na forma de Atlas. O autor inova e difere das demais classificações de caráter estático ao adotar critérios

dinâmicos para a regionalização, apoiado pela obra de Strahler (1951). Na Figura 4, encontra-se a síntese dos resultados obtidos pelo autor e, em destaque, a RMSP inserida na Bacia Paulistana e o Sistema Cantareira localizado ao norte.

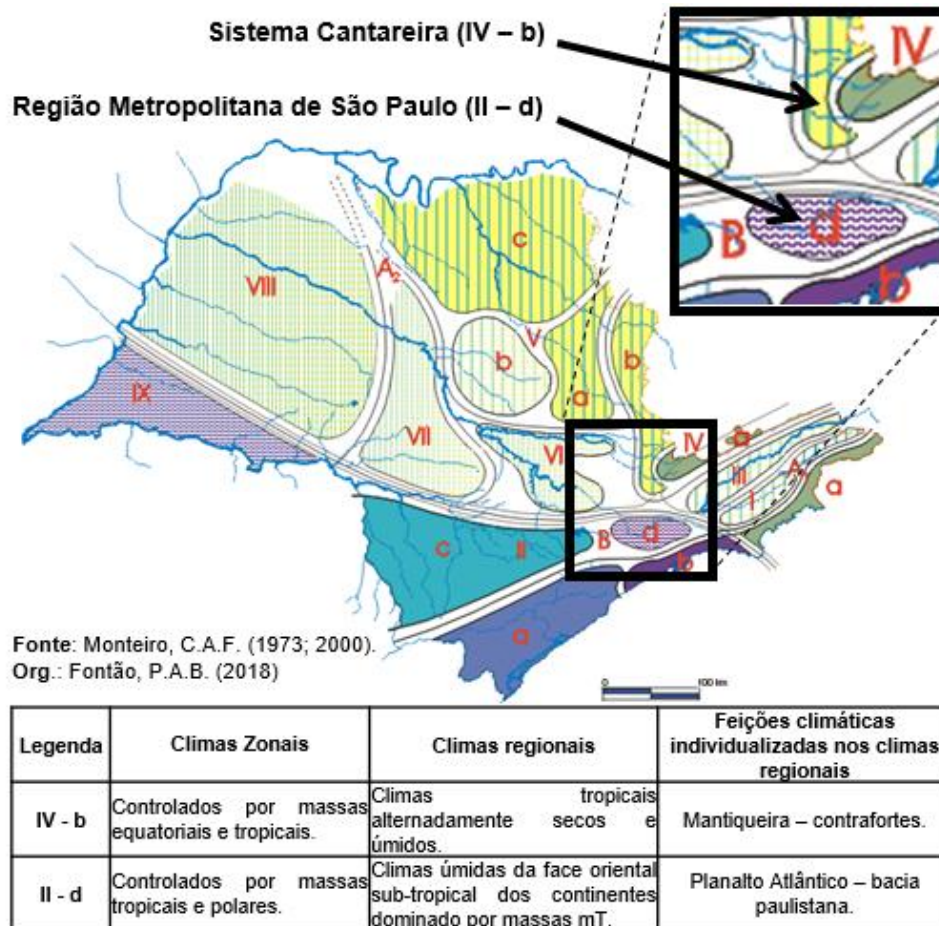


Figura 4 - Esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das Células Climáticas Regionais e das articulações destas nas Faixas Zonais, com a área da RMSP (II-d) e do Sistema Cantareira (IV-b) em destaque.

Nessa obra, o autor aponta a existência de uma faixa de transição móvel dividindo o Estado de São Paulo em duas porções e que, devido ao dinamismo atmosférico, definem-se dois grandes grupos climáticos chamados de “Climas Zonais A e B”. Ao sul desta faixa predominam climas regionais úmidos, de maior regularidade pluviométrica ao longo do ano e grande influência do ar polar. Ao norte, encontram-se os climas controlados por massas equatoriais e tropicais, com maior ou menor intensidade a existência de um período seco, e chuvas concentradas na primavera-verão, a exceção da região litorânea.

Da análise da figura é possível notar a Bacia Paulistana (II-d) inserida ao sul da faixa de limite entre os dois climas zonais. Nela, encontra-se quase a totalidade da área urbana da

metrópole paulistana. Entretanto, um fato que chama a atenção é o Sistema Cantareira estar inserido ao norte desta faixa de transição climática, e em partes, localizado nos contrafortes da Mantiqueira. Tal complexidade climática poderá gerar cenários distintos de precipitação, mesmo em localidades próximas, realidade climática e locacional que foi levada em conta durante a realização desse estudo.

Em sua tese de doutorado, Monteiro (1969) analisou a relação entre a Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do país, setor onde se insere o estado de São Paulo. O autor revela, a partir de suas análises, que para esse período a gênese das chuvas encontra-se na circulação atmosférica regional, comandada predominantemente pelos diferentes fluxos de invasão polar através da incursão das massas de ar e atuação de sistemas frontais. Ao abordar a atmosfera de uma forma dinâmica, a obra contribui para o entendimento da sucessão dos tipos de tempo habituais e excepcionais na região, além de favorecer e auxiliar estudos que utilizem a análise rítmica, como é o caso dessa tese.

Tarifa (1975), em sua tese de doutoramento, realizou uma análise semelhante à tese de Monteiro, aplicando suas investigações no estado de São Paulo em um período oposto (primavera-verão). Em sua obra intitulada “Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo”, o autor enfatiza a importância das incursões polares para a gênese das chuvas na região mesmo nos meses de primavera e verão, habitualmente mais quentes e chuvosos, afirmando que “da combinação rítmica dos diferentes tipos e fluxos polares e consequentes cadeias de tipos de tempo, atinge-se o condicionamento temporal das chuvas em diferentes graus de intensidade acima ou abaixo do habitual” (TARIFA, 1975, p. 79).

Ao longo da década de 1970, diversas foram as pesquisas realizadas utilizando-se o paradigma do *ritmo* climático a partir dos pressupostos metodológicos difundidos por Monteiro. Dentre elas, Conti (1975) analisou o efeito orográfico na gênese da chuva na região “lesnoreste paulista”, e apesar de não abranger a cidade de São Paulo, contempla a Serra da Mantiqueira onde se encontram as nascentes do Sistema Cantareira, afirmando que “embora, quanto à gênese, as chuvas sejam eminentemente frontais, o relevo é importante, sobretudo, como elemento orientador da distribuição regional do fenômeno pluvial”. Toledo (1973) analisa os tipos de tempo para o ano 1968 na Bacia do Alto Tietê, região quase sobreposta à RMSP, todavia distancia-se do paradigma do *ritmo* ao focar em uma visão mais quantitativa. Tavares (1975), apesar de realizar sua pesquisa no *ritmo* climático de Campinas-SP, amplia a dimensão espacial de suas análises ao aplicar um transepto num eixo entre os municípios de Limeira-SP a São Paulo-SP.

Na década de 1980, uma pesquisa que chamou a atenção em sua época e colocou a RMSP em destaque para um problema de grande relevância foi o desenvolvimento e publicação da tese de Lombardo (1985), na qual a autora analisa e comprova a ocorrência do fenômeno das ilhas de calor na metrópole, com intensidades variando conforme a localidade e a condição sinótica atuante. Essa investigação, além de inovar com a utilização de técnicas sofisticadas para sua época, ainda influenciou uma série de trabalhos posteriores a ele, que trataram de investigar e aprofundar ainda mais a respeito do fenômeno em foco no meio urbano, como é o caso dos estudos elaborados por Ferreira *et al.* (2010), Catuzzo (2013), Vemado e Pereira Filho (2016), Barros e Lombardo (2016), dentre outros.

Em um período um pouco mais recente, em virtude de um conhecimento mais consolidado a respeito das variáveis climáticas no território brasileiro e a partir da formação de uma nova geração de cientistas, os estudos climáticos envolvendo a Região Metropolitana de São Paulo passaram a ter um foco voltado à aplicação dessa variabilidade aos problemas regionais e urbanos. É o caso, por exemplo, da poluição do ar aplicado às doenças respiratórias em crianças da grande São Paulo em um estudo realizado por Sobral (1988), e de uma análise gráfica do conforto térmico aplicado ao estado de São Paulo por Vasconcellos (1988).

Alves Filho (1996) analisou para um decênio (1982-1991) a ocorrência dos episódios pluviais intensos na RMSP. O autor associa que a expansão da mancha urbana tornou a região mais vulnerável às inundações, e considera tais episódios de chuva como “manifestações extremas do ritmo, perfeitamente esperadas” (ALVES FILHO, 1996, p. 186). A respeito dos procedimentos utilizados no estudo, destaca-se a maneira como o autor relaciona o episódio, sua gênese, a distribuição da pluviosidade e os impactos urbanos, sistematização que irá contribuir na realização da presente obra. Na sua tese de doutorado, Alves Filho (2003) aprofunda sua investigação através da análise rítmica do ano de 1991.

Tarifa (2001), ao analisar o *ritmo* e os resultados de pesquisas na área de clima urbano da RMSP, atenta para considerar as interações e o *ritmo* das atividades humanas, e corrobora às ideias defendidas por Azevedo (2001). Tratando a respeito do *ritmo* como alternativa para identificar as vulnerabilidades e repercussões enfrentadas pela população, Marandola Jr. (2013) atenta para a necessidade de articulação entre as escalas climáticas e as escalas de produção e consumo do espaço. Nesse caso, os enquadramentos em nível espacial que permitam relacionar o *ritmo* pluvial às dinâmicas da população acabam sendo de fundamental importância no planejamento e gestão de riscos e vulnerabilidades.

Decorrido mais de um século do início das medições climatológicas na capital paulista, e ao longo do estado, a região passou a contar com longas séries históricas de dados climáticos, principalmente da variável precipitação. Apoiado nessas longas séries começaram a surgir novos estudos analisando o comportamento, tendência e eventuais alterações dessas variáveis, como é o caso da análise das chuvas elaborada em nível estadual por Sant’Anna Neto (1995; 2000) e Dufek e Ambrizzi (2008), para a cidade e RMSP por Cabral (1997; 2002), Sugahara *et al.* (2012), Dias *et al.* (2013). Obregón *et al.* (2014) e Lima e Rueda (2018), e em nível regional por Zandonadi *et al.* (2016) e Vásquez Panduro *et al.* (2018).

Cabe ressaltar que, apesar da presente obra não ter como foco a análise de tendências estatísticas, conhecer tais resultados é algo relevante para a compreensão da variabilidade das chuvas ao longo do tempo na área de estudo. Nesse sentido, os estudos recentes apontam para uma tendência ao aumento das chuvas no interior da área urbana da RMSP nos últimos anos, atrelando ainda a alteração no padrão de ocorrência das chuvas aos efeitos da urbanização e das ilhas de calor mais intensas, além do aumento na frequência e intensidade dos eventos meteorológicos extremos (NOBRE *et al.*, 2010; PIVETTA, 2012).

Apesar disso, a própria ocorrência dos eventos extremos remete às variabilidades inerentes do *ritmo* dessa região, cuja posição geográfica próxima ao Trópico de Capricórnio denota um limiar de transição climática em nível zonal (MONTEIRO, 1973; ZAVATTINI, 2009). Em escala local, fica evidente que o uso e ocupação do solo da RMSP promoveram alterações significativas nas repercussões da baixa troposfera, principalmente nas zonas de maior urbanização dos municípios, todavia a gênese dos fenômenos remete à circulação atmosférica em uma escala de atuação zonal e/ou regional, e é nessa dinâmica que essa obra optou por dar enfoque para a compreensão dos fenômenos que irão repercutir em menor escala.

A respeito da circulação atmosférica em maior escala, dinâmica essa que abrange os mananciais que compõe o abastecimento urbano da região, Morais *et al.* (2010) afirma que os “reservatórios de abastecimento de água da RMSP estão submetidos às influências das frentes frias, que atingem o Sudeste com ventos e precipitações, os quais interagem nos mecanismos de seu funcionamento”. Assim, ao considerar a vasta área de estudo contemplada na pesquisa, devem-se considerar os sistemas atmosféricos atuantes, seu encadeamento e *ritmo*, além das manifestações em nível local a partir das regiões urbanizadas e de suas características geográficas, como é o caso do relevo e do efeito orográfico, que será detalhado no próximo tópico.

2.3. Aspectos altimétricos e geomorfológicos

A compreensão geográfica das formas do relevo é algo fundamental para a realização de um estudo que busca compreender o *ritmo* pluvial, em específico pela relação direta entre as disposições geomorfológicas e sua influência no volume das precipitações, através do efeito orográfico (MONTEIRO, 1991). Desse modo, a Figura 5 ilustra a altimetria em nível regional, utilizando dados na escala 1:250.000 (MIRANDA, 2005), evidenciando o relevo de toda a área de estudo e contemplando a RMSP e o Sistema Cantareira sobrepostos.

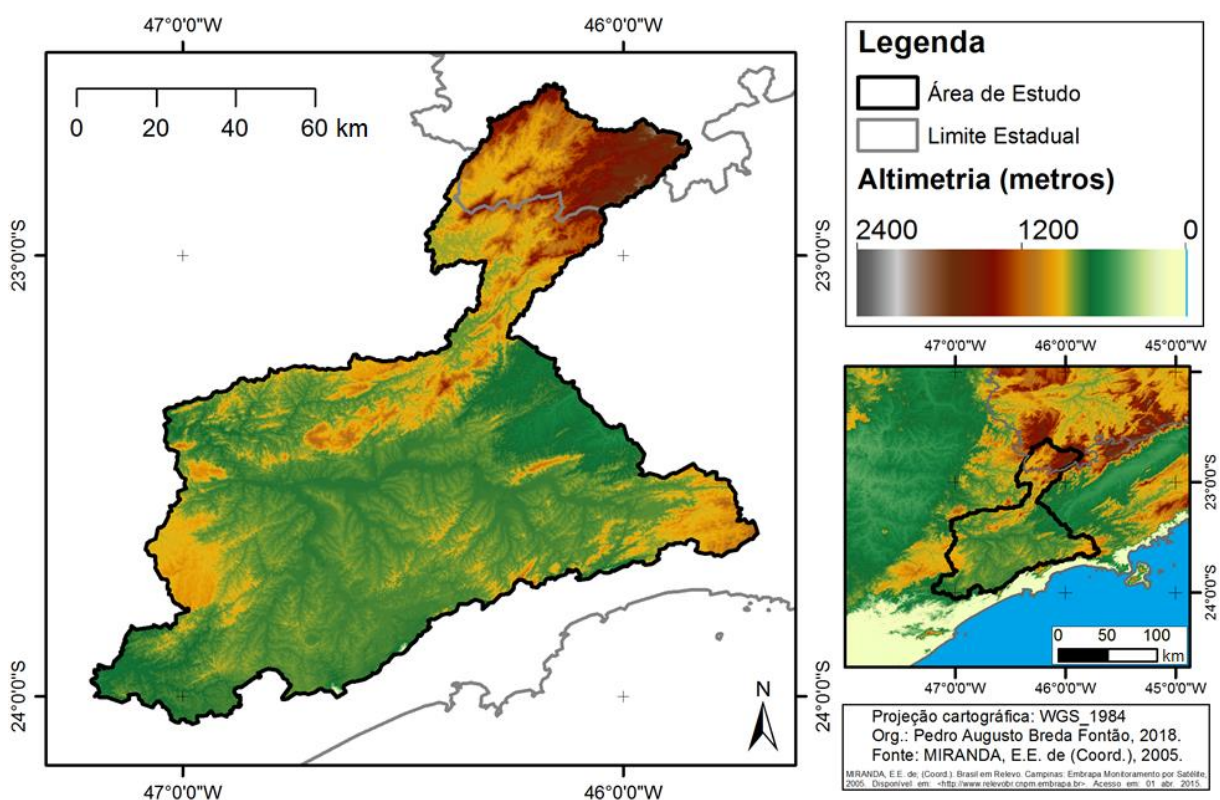


Figura 5 – Altimetria da área de estudo - RMSP e Sistema Cantareira em destaque.

A princípio, pode-se verificar na figura uma discrepância altimétrica entre a área central da capital paulista, abrangendo as planícies fluviais dos principais rios paulistanos, e a região ao norte do mapa onde se localizam as nascentes do Sistema Cantareira. Tal circunstância, facilmente notada em uma análise preliminar, ocorre devido às duas zonas localizarem-se em compartimentos espaciais distintos da província do Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964; PONÇANO, 1981). Em relação à essa regionalização, a Figura 6 torna em evidência a divisão geomorfológica elaborada pelo Almeida (1964) *apud* Martinelli (2009), com a área de estudo em destaque.

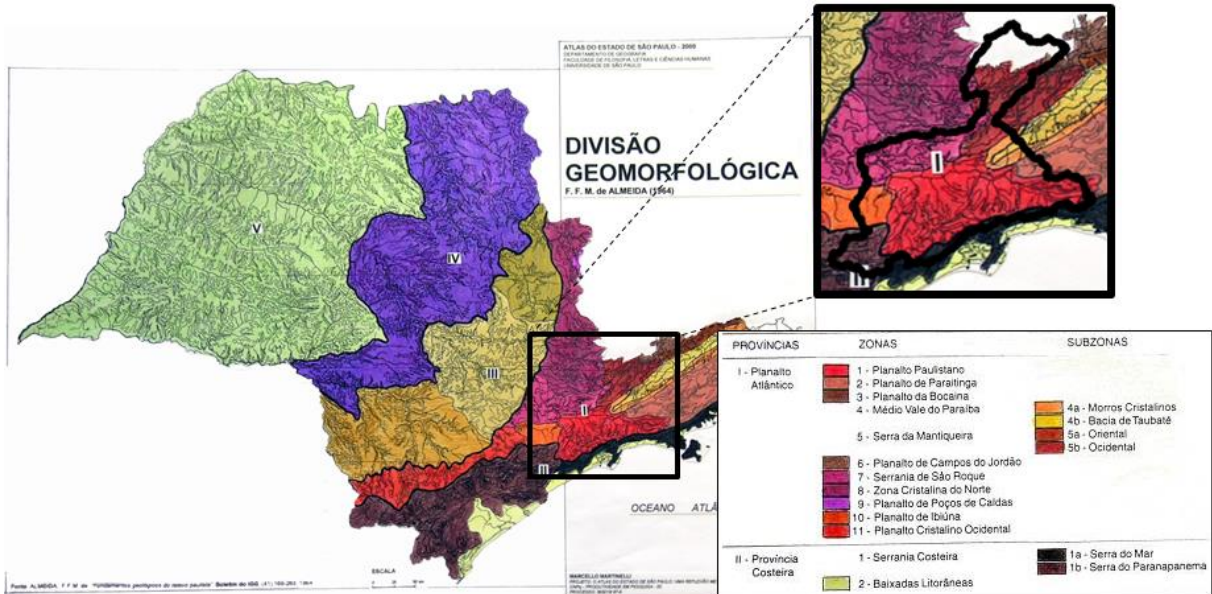


Figura 6 - Esquema representativo da divisão geomorfológica do estado de São Paulo, com a área de estudo em destaque.

Fonte: Almeida (1964) *apud* Martinelli (2009).

Org.: FONTÃO, P.A.B. (2018).

O sítio urbano da RMSP e sua área de ocupação mais antiga insere-se quase integralmente em um pequeno compartimento na porção sul-oriental da província do Planalto Atlântico brasileiro, denominado Bacia de São Paulo (ou Planalto de São Paulo, ROSS e MOROZ, 1997). Esse compartimento distingue-se pela presença de uma pequena bacia de sedimentação moderna, drenada pelos principais rios da bacia do Alto Tietê e encaixada em meio à terrenos mais acidentados e antigos. A respeito dessa região, Ab'Sáber (p.88, 1953) afirma que:

“Trata-se de um patamar relativamente extenso e muito bem definido do Planalto Atlântico Brasileiro, cuja topografia na região se traduz por um relevo ondulado e suave, onde se sucedem colinas de diversos níveis, terraços fluviais descontínuos e alongadas planícies de inundação. (...) Tal amplitude altimétrica, extremamente modesta em face conjunto topográfico do Planalto Atlântico, liga-se a um complexo de fatores regionais, entre os quais se destaca a história geológica pós-cretácea da região, a fase deposicional pliocênica que determinou a formação da Bacia de São Paulo, e a evolução geomórfica pós-pleiocênica responsável pela elaboração das linhas atuais do relevo. (...) É sem dúvida, porém, a existência de uma pequena bacia sedimentar fluviolacustre moderna, de idade possivelmente pliocênica, alojada na região de São Paulo, que explica o relevo pouco movimentado e homogêneo das colinas tabulares suavizadas aí observáveis” (AB’SÁBER, p.88, 1953).

A Bacia de São Paulo individualiza-se em relação à bacia hidrográfica do Alto Tietê como um todo devido à representar exclusivamente o conjunto de terrenos pliocênicos

fluviolacustres da bacia sedimentar paulistana, enquanto a divisão hidrográfica abrange todos os terrenos drenados desde a nascente na região de Salesópolis, até a região de Salto de Itu, onde se inicia o médio vale superior (AB’SÁBER, 2007). Em termos locais, a Bacia de São Paulo insere-se no reverso da Serra do Mar, sobressaindo alguns trechos dessa unidade próximos à sudeste-leste da RMSP, e a outros setores serranos e planálticos de estrutura complexa típicos do Planalto Atlântico, como é o caso da Serra da Mantiqueira onde encontra-se a maior parcela do Sistema Cantareira.

As nascentes do Sistema Cantareira inserem-se na região do Planalto e Serra da Mantiqueira (ROSS e MOROZ, 1997), em uma faixa serrana de maciços acidentados e altitudes sensivelmente mais elevadas que a RMSP no setor de domínio dos mares de morros. A respeito disso, Ab’Sáber (1973) profere o seguinte comentário a respeito da região do Sistema Cantareira, que no momento estava em construção:

“A região que se estende desde o norte da Serra da Cantareira, até os altos vales do Rio Atibaia e Jaguari, presta-se admiravelmente para evidenciar o sistema de compartimentação de terrenos antigos de São Paulo, sujeitos à alternância de processos morfoclimáticos intertropicais e à ação continuada de ascensão epirogênica” (AB’SÁBER, p.2, 1973).

(...)

“Em termos de posição topográfica, todos os elementos que constituem o relevo regional, em seu conjunto, encontram-se em cotas sensivelmente mais elevadas do que as similares do Planalto Paulistano: suas planícies aluviais em calha (alto Jaguari, Jacareí, Cachoeira) estão em altitudes quase tão altas quanto à das colinas mais elevadas da região de São Paulo, enquanto os interflúvios maciços de suas serranias encontram-se em níveis tão elevados quanto os mais elevados setores da Serra da Cantareira. Daí é fácil, à custa de pequenas e médias barragens, formar sucessivos reservatórios vinculados ao sistema global, que vem sendo progressivamente instalado pela Comasp, ao norte da Cantareira” (AB’SÁBER, p.8, 1973).

Assim, para a realização das análises dessa obra deve-se ter em vista que as nascentes do Sistema Cantareira se encontram fora da realidade geomorfológica do sítio urbanizado da RMSP, a dezenas de quilômetros de distância nas bordas dos altos maciços da Serra da Mantiqueira. Há de se destacar ainda a Serra da Cantareira, que apesar do nome não possui uma relação direta em termos de extensão com o sistema de abastecimento urbano, se encontra situada ao norte do município de São Paulo-SP e constitui uma espécie de barreira topográfica para a chegada das águas do Sistema Cantareira, assunto que será discutido no próximo tópico.

2.4. Hidrografia da área e o abastecimento urbano na RMSP

A RMSP tem seus limites inseridos, quase a totalidade, dentro da bacia do Alto Tietê, um dos seis compartimentos da bacia do Tietê, fragmento localizado no setor centro/sudeste da Região Hidrográfica do Paraná, conforme pode ser visualizado na Figura 7. A bacia do Alto Tietê, à vista disso, pertence a uma das 22 unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHIS) do estado de São Paulo, agregadas para fins de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de inovações (SIGRH, 2017), e base das Unidades de Planejamento Hídrico (UPH) em nível nacional (ANA, 2018). Ainda, os limites metropolitanos extrapolam uma pequena parcela de sua área em direção a outras seis unidades de gerenciamento vizinhas, sendo elas: Piracicaba-Capivari-Jundiaí (PCJ) ao norte; Tietê-Sorocaba a oeste; Paraíba do Sul a leste; Litoral Norte a sudeste; Baixada Santista a sul; e Ribeira de Iguape a sudoeste.

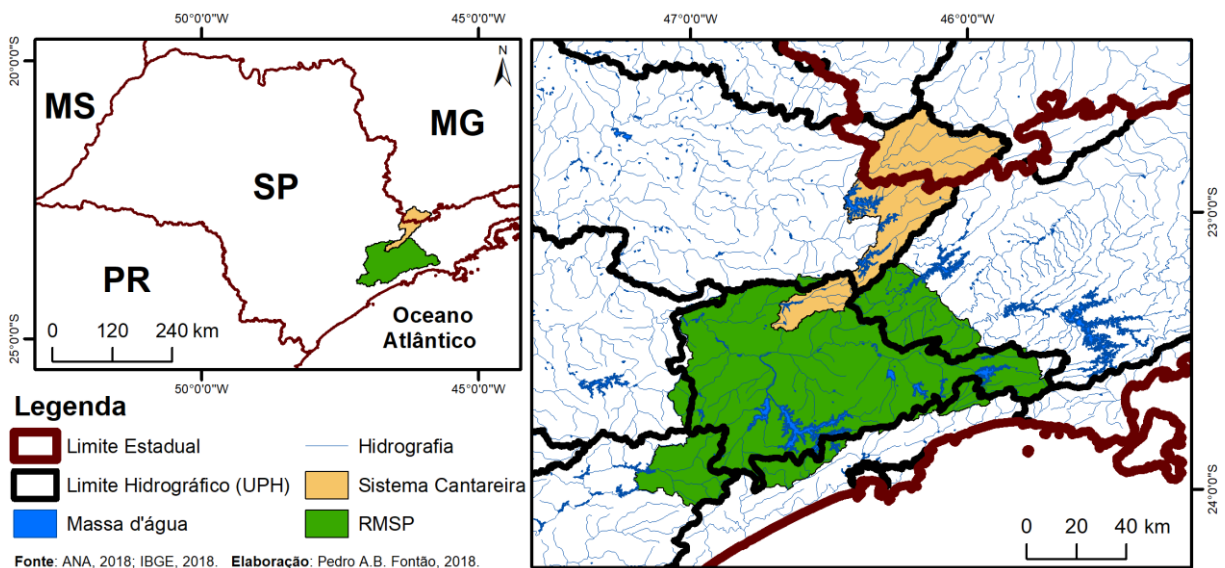


Figura 7 – Localização da RMSP, do Sistema Cantareira e das UGRHIS.

Ainda que a RMSP contemple um total de 39 municípios, Guararema-SP, Juquitiba-SP, Santa Isabel-SP e Vargem Grande Paulista-SP não integram os limites hidrográficos do Alto Tietê. Todavia, embora a área externa à bacia seja relativamente grande, suas populações em conjunto correspondem a cerca de 0,5% do total de habitantes metropolitanos. Por conseguinte, 99,5% da população da RMSP estão localizados na área da bacia do Alto Tietê (FUSP, 2009).

No que concerne a distribuição hídrica da bacia, o curso d'água mais importante desta delimitação é o próprio rio Tietê, cujas nascentes se encontram em terras do município de

Salesópolis-SP. Os principais tributários desta drenagem principal, na margem direita, são os rios Paraitinga, que desemboca na cidade de Biritiba-Mirim-SP, e o rio Juqueri, que deságua entre os municípios de Santana do Parnaíba-SP e Pirapora do Bom Jesus-SP. Já na margem esquerda, os principais afluentes são os rios Jundiá e Taiçupeba, que desembocam no município de Mogi das Cruzes-SP e Suzano-SP, respectivamente, e os rios Tamanduateí e Pinheiros, que deságuam no município de São Paulo-SP. O rio Tietê percorre cerca de 130 km desde sua nascente até a Barragem de Rasgão, definido como limite hidrográfico desta unidade de gerenciamento (Alto Tietê). Todavia, o rio prossegue seu trajeto, transpondo o estado de São Paulo em direção a noroeste até o município de Itapura-SP, em sua foz no rio Paraná, divisa com o estado do Mato Grosso do Sul.

No que diz respeito à hidrografia da RMSP, o primeiro fato que chama a atenção é a grande importância dos rios para o surgimento e crescimento da cidade de São Paulo (MONBEIG, 2005), a exemplo do nascimento da vila de São Paulo próxima às margens do rio Tamanduateí e o papel do rio Tietê nas expedições bandeirantes. Entretanto, apesar da importância da rede fluvial e das raízes históricas, o processo intenso de urbanização ao longo do tempo levou a uma deterioração dos recursos hídricos regionais, e “passaram a ser vistos como obstáculos ao crescimento urbano, tornando-se alvo de intervenções e transformações” (GOUVEIA, 2016, p.1). Em relação a esse processo, destacaram-se a ocupação das áreas de várzea e a canalização dos grandes cursos d’água, a exemplo dos rios Tietê e Pinheiros (CUSTÓDIO, 2004), implicações que levaram a uma supressão dessas drenagens da paisagem urbana da cidade.

Dessa maneira, a intensa urbanização e industrialização resultaram num quadro de exaustão dos mananciais mais próximos aos centros de consumo da RMSP, principalmente se considerar a poluição e as restrições ambientais dos rios inseridos no núcleo urbano. Para suprir as demandas de abastecimento, os municípios dependem da importação de água de regiões e/ou bacias hidrográficas vizinhas. Silva e Porto (2003) reforçam que a expansão destes sistemas de abastecimento não é algo simples, pois dependerá de negociação com bacias vizinhas, visto que a região como um todo apresenta fortes demandas hídricas. Cabe ressaltar, ainda, que em virtude de a metrópole paulistana possuir atualmente uma população superior a 20 milhões de habitantes e estar localizada numa região de cabeceira, “a Bacia do Alto Tietê é considerada uma das bacias com menor disponibilidade hídrica por habitante no Brasil” (WHATELY e DINIZ, 2009, p.17).

É neste contexto que, atualmente, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) atua como operadora do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), complexo de mananciais composto por várias represas e seis principais sistemas produtores de água para o abastecimento urbano, de maneira a articular e integrar esse serviço, armazenando os recursos hídricos durante períodos chuvosos para que o fornecimento de água à população possa ser mantido durante o restante do ano, inclusive durante a estiagem. Tais sistemas apresentam um ponto em comum, pois se localizam nas periferias e/ou distantes das áreas de intensa ocupação do solo, sendo eles: Alto Tietê, Cantareira, Cotia (Alto e Baixo), Guarapiranga, Rio Claro e Rio Grande. Dentre os citados, pode-se considerar o Sistema Cantareira como o mais importante para esta finalidade, pois é responsável por produzir cerca de 33 mil litros de água por segundo, recurso suficiente para abastecer um número próximo da metade de toda a população da RMSP, um número superior a 9 milhões de pessoas diariamente, a depender do período avaliado (SABESP, 2018). A Figura 8 torna em evidência e localiza os limites hidrográficos desses mananciais em relação à RMSP.

Na figura, é possível notar que o Sistema Cantareira se insere ao norte da RMSP, sendo que a maior parte da sua área está situada na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba-Capivari-Jundiaí (PCJ), fora dos limites da região metropolitana. No caso, o Sistema Cantareira possui um total de seis reservatórios integrados através de túneis, e regularizados em barragens, sendo cinco delas na região das nascentes da bacia do PCJ e um na bacia do Alto Tietê. A Figura 9 indica como funciona esse sistema, a partir de um esquema de perfil no sentido nordeste-sudoeste.

Nesse sistema de abastecimento, o primeiro reservatório está a 845 metros de altitude e recebe águas das microbacias dos rios Camanducaia e Jaguari, cujas nascentes estão localizadas no sul do estado de Minas Gerais. Drenando por gravidade, as águas dos reservatórios Jaguari-Jacareí passam pelas represas Cachoeira e Atibainha, alimentadas neste trajeto por alguns importantes tributários, entre eles dois importantes rios que darão origem ao nome delas (rios Cachoeira e Atibainha), até chegar ao reservatório Paiva Castro. Através de bombeamento em um desnível geográfico de cerca de 120 metros, as águas do reservatório Paiva Castro são transpostas pela estação elevatória de Santa Inês em direção ao reservatório Águas Claras, já na bacia do Alto Tietê. Desse último reservatório, responsável por regular a vazão e manter o fluxo contínuo, as águas drenam novamente por gravidade até a Estação de Tratamento de Água (ETA) Guaraú, já bem próxima a área urbana da RMSP, responsável pelo tratamento e distribuição destas para o abastecimento urbano.

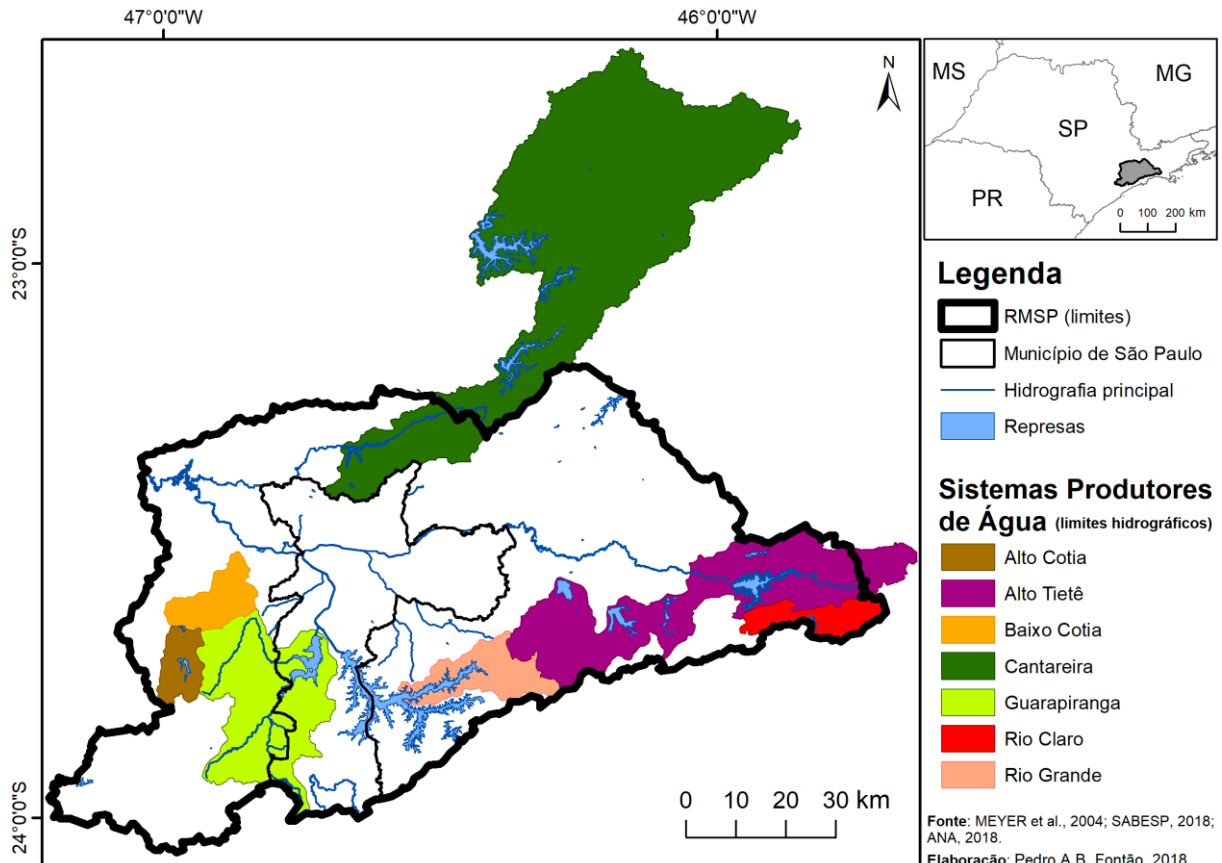


Figura 8 – Localização dos mananciais de abastecimento urbano da RMSP.

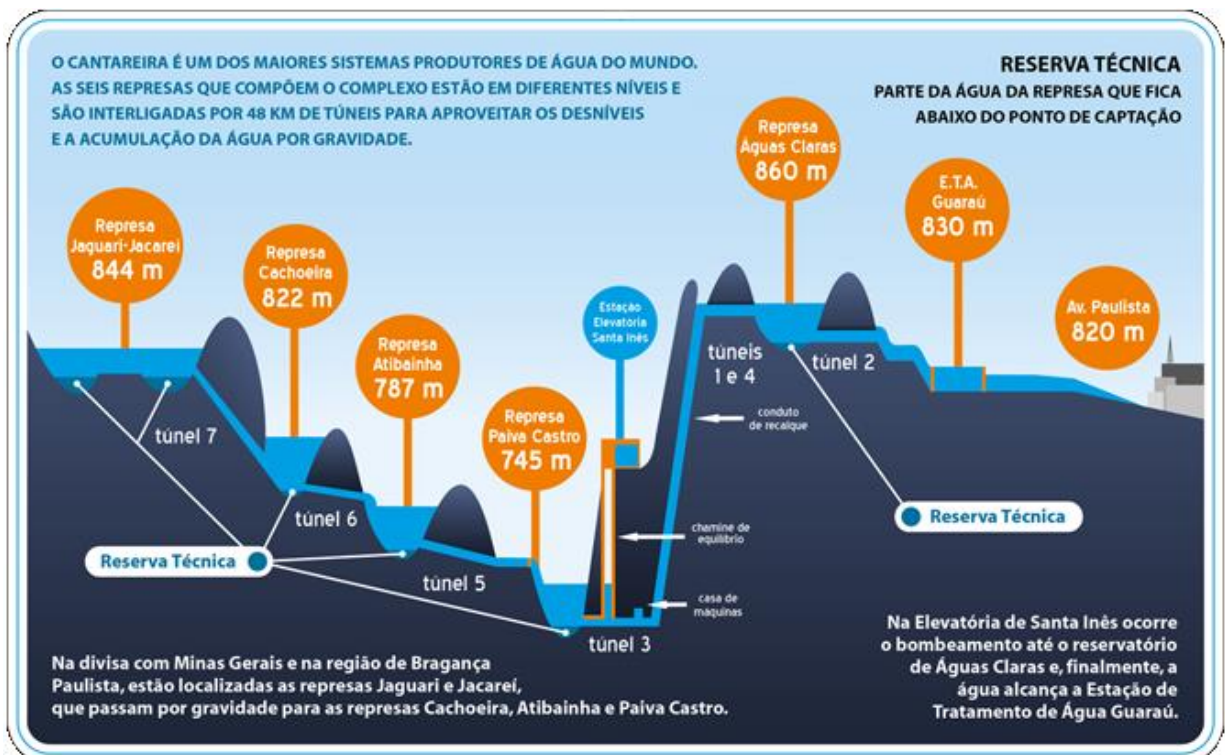


Figura 9 – O Sistema Cantareira, suas represas e limites hidrográficos.

Fonte: SABESP, 2018.

Diante dos limites hidrográficos do Sistema Cantareira, dispostos 45% de sua área no estado de Minas Gerais, é possível verificar a complexidade do regime hidrológico apresentado (WHATELY e CUNHA, 2007). Apesar de este sistema ser o principal fornecedor de água para a Região Metropolitana, intimamente vinculada à bacia do Alto Tietê, quase todas suas águas provêm de precipitação registrada em outras regiões e sub-bacias hidrográficas. Tal desvio e transferência destes recursos hídricos devem ser considerados, assim, em estudos que integrem as variáveis climáticas ao armazenamento hídrico e respectivo abastecimento urbano. Ainda, deve-se atentar à importância das bacias do PCJ para o interior paulista, com amplo destaque para a Região Metropolitana de Campinas, que recebe uma parcela limitada de água do Sistema Cantareira por meio da defluência para jusante definida em outorga (COMITÊS PCJ, 2018).

A região da Serra da Cantareira, onde se localizava o sistema velho de captação ao norte da cidade de São Paulo, contribuiu como um dos sistemas de abastecimento da área urbana desde o final do século XIX até a década de 1970, com o término das obras do Sistema Cantareira atual (SABESP, 2017). Nesse sentido, as novas demandas por recursos hídricos para a metrópole, principalmente na década de 1960, levaram a uma busca por alternativas para captação de água que levaram à construção do Sistema Cantareira, finalizado no ano de 1974. A respeito dessa questão, Ab'Sáber (1973, p.4) realiza o seguinte comentário:

“Entre 1960 e 1970 processou-se o grande salto em termos de captação de águas, à maior distância, fora do compartimento de planalto onde se instalou e cresceu a área metropolitana principal de São Paulo. De certa forma, a ideia de ir buscar águas além da Cantareira, por meio de sucessivas barragens, grandes túneis e alguns canais de ligação, atinge agora um campo novo e até então não previsto: busca-se captar águas provenientes dos altos blocos de serras cristalinas da Mantiqueira Ocidental, através da barragem de altos rios que drenam para W e NW do Estado (Atibaia e Jaguari)” (AB’SÁBER, 1973, p.4).

Assim, ressalta-se que tal momento histórico representou uma mudança em termos de captação de água na metrópole. Porém, há de considerar do mesmo modo o período que acarretou a realização dessa obra, cuja ocorrência de anos secos na década de 1960 certamente contribuiu para acentuar as necessidades por novas alternativas de recursos hídricos. Em relação a isso, Monteiro (1971, p.11) elabora a seguinte observação que, apesar de abordar a área metropolitana de São Paulo da década de 1970, aponta uma problemática de caráter atemporal:

"O abastecimento urbano em água conduz a um equacionamento racional do aprovisionamento. Se o volume dos reservatórios tornava-se insuficiente ao volume populacional e sobretudo, se o ritmo climático atual agia de modo a colocar em carência um produto vital, todo um novo sistema de abastecimento teve que ser planejado e construído para assegurar as disponibilidades da região metropolitana (...) Um 'ano sêco', assim tomado por um simples critério de inferioridade em relação aos índices normais poderá ou não implicar na ocorrência e diferentes 'estados de sêca' considerados como períodos em que a ocorrência de chuva foi insuficiente a prover as determinadas e diferentes necessidades" (MONTEIRO, 1971, p.11).

No início da década de 1990, um exemplo de iniciativa que reconhece a complexidade que envolve a questão dos recursos hídricos para o abastecimento urbano foi a realização de um concurso em parceria entre a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e prefeituras locais, para a busca de ideias voltadas a um melhor aproveitamento das águas na RMSP. A iniciativa mostrou-se interessante, ao ponto que buscava alternativas por meio da comunidade técnico-científica, tendo em vista os usos múltiplos desse recurso, para a proteção e conservação das águas. Um fator que se sobressai no livro de publicação é que, dentre os membros pertencentes à Comissão Julgadora o professor Aziz Nacib Ab'Sáber, na condição de jurado do concurso, deu a seguinte declaração na época para os três projetos aprovados:

"O que eu vou dizer aos membros das três equipes são críticas que interessam às três. Em primeiro lugar, a questão bibliográfica. É impossível estudar as águas de uma região em termos da hidrologia, da hidrografia, sem levar em conta a dinâmica climática. Faltou em todos os trabalhos referências sobre o ritmo do clima. Isto é positivamente injustificável. (...) É impossível tratar a questão das cheias, da questão dos momentos que criam embaraços muito grandes para a funcionalidade dos sistemas, sem levar em conta os espasmos no ritmo da dinâmica climática regional" (MELFI, 1992, p. 122-123).

Ao apontar tais considerações, em especial em um concurso voltado ao tema, o professor revela um aspecto muito recorrente nas grandes obras planejadas e executadas na RMSP: o fato de desconsiderar a dinâmica e o *ritmo* climático. Apesar de avanços e bom desempenho no campo da engenharia, o ato de não considerar durante o planejamento a variabilidade e o ritmo climático, e em particular os episódios excepcionais, podem resultar em problemas futuros.

Outra questão que sucinta um debate em relação aos recursos hídricos regionais é a Represa Billings, localizada à sudeste da RMSP e considerada o maior reservatório regional de água. Entretanto, apesar de seu expressivo volume d'água e uma região hidrográfica de 582,8 Km², o bombeamento das águas do rio Tietê para geração de energia elétrica e controle

de cheias comprometeu a qualidade da represa há cerca de meio século. Com exceção de algumas unidades menos poluídas da represa, caso do braço Rio Grande e braço Taquecetuba, que contribuem diretamente com a transferência de água para os Sistemas Rio Grande e Guarapiranga respectivamente (SABESP, 2017), a maior parte das águas encontram-se poluída e indisponível para utilização no abastecimento urbano.

A respeito da gestão das águas, especialmente tratando-se da Represa Billings e de outras drenagens contaminadas, Capobianco e Whately (2002, p. 7) afirmam que:

“A Região Metropolitana de São Paulo é um caso exemplar de má gestão dos recursos hídricos. Água há. Basta verificar, em qualquer mapa da cidade, os rios de bom tamanho como o Tietê e o Pinheiros, e mais de uma centena de rios menores e córregos drenando toda a região. Há, ainda, várias represas de grande porte como a Guarapiranga e a Billings, e vastas áreas de mananciais que praticamente envolvem toda a Metrópole. É, sem dúvida, uma região naturalmente bem servida de água. Mas a falta de planejamento e responsabilidade tem provocado a contaminação dos rios, córregos e represas e a ocupação desordenada das regiões de mananciais” (CAPOBIANCO e WHATELY, 2002, p. 7).

Do mesmo modo, Ross (2008, p. 346) reafirma esse conjunto de questões e problemáticas ao redigir que:

“Pode-se sintetizar que não falta água na Grande São Paulo, mas que é necessário melhor administrá-la. Os volumes de água precipitadas sobre a cidade nos meses de verão se escoam na superfície do solo quase que totalmente, face à alta impermeabilização. Por essa razão, ainda causam fortíssimas inundações, promovem deslizamentos de terra e promovem grandes transtornos e prejuízos aos habitantes da cidade. A qualidade das águas é péssima. As águas de superfície dos rios Tietê e seus tributários de alto curso são totalmente poluídas pelos resíduos líquidos e sólidos nelas descartados e que transformaram estes rios em verdadeiros canais de esgoto a céu aberto (...) A deficiência de água de boa qualidade e quantidade na alta bacia do Tietê obriga a importação de águas das altas bacias vizinhas” (ROSS, 2008, p. 346).

Custódio (2012) reforça tais comentários ao defender que houve uma apropriação perversa e excludente dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Alto Tietê, sobretudo nas áreas de várzea, vinculada a uma sucessão de políticas públicas equivocadas. Para Prette (2000) a gestão ambiental, principalmente dos mananciais, é algo necessário à sobrevivência da metrópole, visto que os recursos se encontram comprometidos tanto pela ocupação quanto pela sobreposição de outros usos além do abastecimento. Relacionado a isso, Gaviolli (2013) aponta que houve um crescimento na demanda por água tratada nos últimos anos, entretanto as decisões tomadas sobre o tema geralmente ocorrem nos momentos emergenciais,

relacionados às situações de escassez. É o caso, por exemplo, das elevadas oscilações e baixos volumes nos sistemas Cantareira e Alto Tietê em relação aos outros mananciais, verificadas por Lima (2015) para os últimos anos.

Recentemente, em específico no biênio 2014-2015, o abastecimento urbano na RMSP entrou em pauta novamente e voltou a ser amplamente debatido pela comunidade científica devido à crise hídrica enfrentada pela região Sudeste do Brasil, assunto que será abordado a seguir. Entende-se, portanto, que o tema tem ganhado a cada dia mais importância, em especial em situações de excesso ou escassez pluvial, através de episódios ou períodos de tipos de tempo excepcionais.

2.5. A crise hídrica do biênio 2014-2015

Durante o período compreendido entre os anos 2014-2015, um assunto intimamente relacionado ao dinamismo atmosférico destacou-se e ganhou repercussão nos meios de comunicação nacionais, através do ritmo pluvial excepcional. Não se tratam de situações de vulnerabilidade às chuvas intensas, ou episódios de cheias e/ou inundações que tem ganhado destaque por, infelizmente, desencadear impactos intensos e tragédias no centro-sul brasileiro. Trata-se, entretanto, da escassez de recursos hídricos desencadeada por um longo período de baixa precipitação no sudeste brasileiro, e de maneira específica, no estado de São Paulo.

Neste sentido, a estiagem afetou diversos municípios paulistas, impactando a população nos mais variados âmbitos através da falta d'água. Entretanto, como se trata de uma área densamente povoada, intensamente urbanizada e de grande importância econômica, a crise hídrica no estado atingiu sua maior repercussão na RMSP, e em específico, na possibilidade de esgotamento do Sistema Cantareira, que comprometeria o abastecimento urbano da metrópole. Tal eventualidade, somada às incertezas e dificuldades de se prever as chuvas nesta região altamente problemática, desencadeou perturbações econômicas à metrópole e, inclusive, reflexos deste tema na política nacional.

Para atenuar a crise, o Sistema Cantareira foi obrigado a utilizar uma reserva técnica de água de difícil acesso, pois fica abaixo do nível de captação dos túneis. Essa reserva é denominada volume morto, cuja primeira cota passou a ser utilizada em 18 de maio de 2014, contendo 182,5 bilhões de litros de água, e a segunda cota, resultante do esgotamento da primeira, dia 24 de outubro de 2014, contendo 105,4 bilhões de litros. Porém, deve-se

considerar que desde 2004 há um alerta sobre a insuficiência deste Sistema, sobretudo no Artigo 16 da renovação de sua outorga, que recomenda à Sabesp “estudos e projetos que viabilizem a redução de sua dependência do Sistema Cantareira” (DAEE, 2004, p.5). No final de 2003, o sistema estava à beira do colapso, ameaçando uma crise de abastecimento, que felizmente não ocorreu. Todavia, fica uma questão não resolvida, pois se tal excepcionalidade já ocorreu uma vez, “por que não adotar medidas de planejamento para evitar uma futura?”.

Apesar da SABESP (2015, p. 10) apontar como o único “fator gerador” da crise a “gravidade e a excepcionalidade da seca”, diversas são as causas que podem ser apontadas para a falta d’água na RMSP. De acordo com Machado, associados à falta de chuvas, há fatores como a demanda crescente pelo uso da água; a vontade política (ou falta de) para o desenvolvimento de obras de infraestrutura e saneamento; degradação ambiental dos mananciais; desperdício do próprio Sistema; expansão urbana desordenada e a falta de um real envolvimento e conhecimento por parte da população (MACHADO *et al.*, 2013; POSTALI, 2017).

Porém de maneira geral, mesmo considerando as múltiplas questões que envolvem este quadro de escassez, é inegável reconhecer que os baixos índices de chuva, registrados desde meados de 2013 e ao longo de 2014, não foram suficientes para a recarga dos mananciais que abastecem a região metropolitana no período habitualmente mais chuvoso. O regime hídrico das precipitações no estado tende a concentrar as chuvas no período de outubro a março (SANT’ANNA NETO, 1995), tocante à primavera e verão. Todavia, segundo dados divulgados pelo Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo (ESTAÇÃO IAG-USP, 2017), esta foi a temporada com menos chuvas desde 1969, antes mesmo da criação do Sistema Cantareira, em 1973. A Figura 10, retirada do encarte especial sobre a crise hídrica elaborada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), permite visualizar através de cartogramas as anomalias de chuva ocorridas nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março) dos anos 2012, 2013 e 2014.

No sudeste brasileiro, e de maneira específica na região da área de estudo, as chuvas no verão de 2014 foram extremamente baixas para o período, ficando entre os 3 piores verões em termos de volume total de chuvas já registradas, considerando pluviômetros com mais de 50 anos de dados. Todavia, deve-se considerar a variabilidade e o ritmo pluvial ao analisar essa situação, afinal não foi a primeira vez que houve um ano padrão (ou período) seco na região (FONTÃO e ZAVATTINI, 2016), e certamente não será a última. Jacobi *et al.* (2015) avaliam que, ao constatar as baixas precipitações no período primavera-verão entre 2013 e

2014 já se configurava um possível cenário de escassez hídrica, porém a negação de uma possível crise prejudicou a gestão hídrica na região, atrasando e comprometendo medidas efetivas para atenuar os impactos.

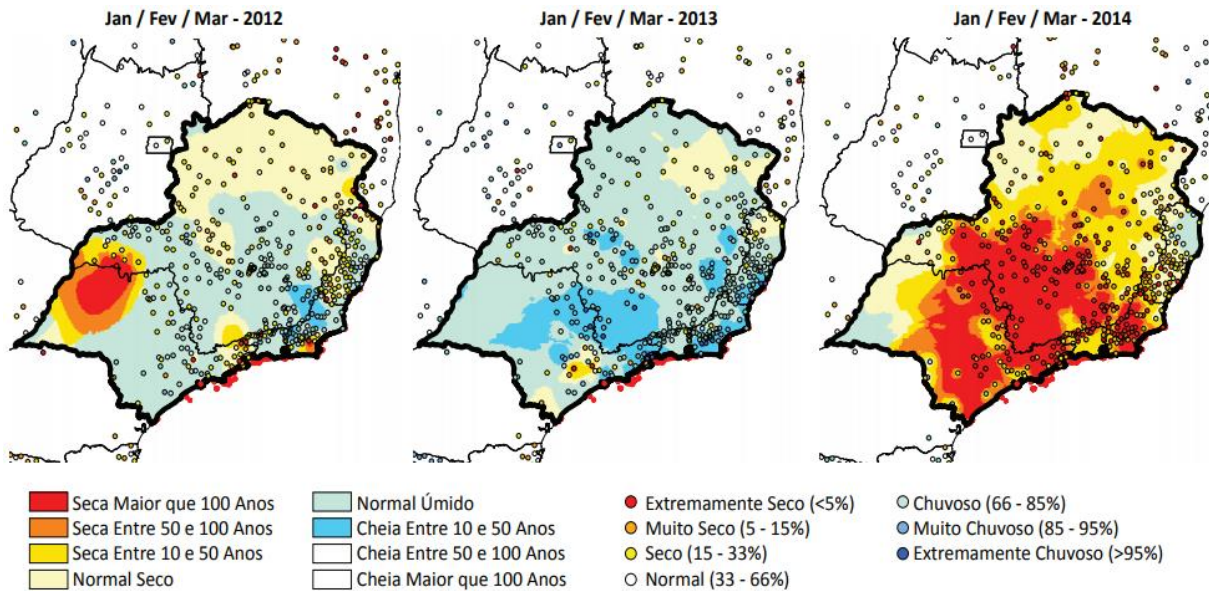


Figura 10 – Cartogramas da criticidade das chuvas de janeiro a março, entre 2012 a 2014 na região Sudeste.

Fonte: ANA, 2015.

Devido às repercussões dessa crise, diversos foram os estudos científicos realizados para compreender, explicar e mitigar os efeitos prejudiciais à população. Em uma edição especial da revista “GeoUSP”, por exemplo, Custódio (2015, p. 451) defende que não se trata de uma “crise nova”, mas apenas uma nova fase de uma crise secular, potencializada pela gestão e planejamento frágeis. Procurando abarcar uma visão mais ampla a respeito do assunto, a autora afirma que:

“O clima tem ritmo, mas também é variável, sujeito a excepcionalidades. Desta feita, a estiagem que atinge o Sudeste e o Centro-Oeste do país, entre 2014 e 2015, pode ser encarada como um fato previsível, comum ou como uma exceção, tudo depende da formação acadêmica ou/e técnica do relator (engenheiro, climatólogo, ambientalista, geógrafo, jornalista) ou do partido político ao qual ele pertence. De fato, a estiagem existe e é uma das mais severas das últimas décadas, mas não se pode dizer que seja uma raridade na história e na geografia da região, e a causa primordial da crise. (...) Mas a crise mesmo é causada pela poluição dos recursos hídricos da bacia do Alto Tietê, limitando em muito o estoque de águas para o abastecimento doméstico” (CUSTÓDIO, 2015, p. 451)

A falta de planejamento e investimentos para uma população cada vez mais em crescimento é defendida por uma série de pesquisas realizadas (CESAR NETO, 2015; THÉRY e MELLO-THÉRY, 2015), além de oferecer novas perspectivas a respeito da precipitação e refutar a noção de imprevisibilidade desse fenômeno (RODRIGUES e VILLELA, 2015). Discussões como essas e divulgação de resultados de estudos relevantes a respeito do assunto também foram abordadas em outras publicações especiais de revistas científicas, como é o caso das revistas “Estudos Avançados” (CÔRTEZ *et al.*, 2015) e “Scientific American Brasil” (CAPOZZOLI, 2015).

Além das edições específicas em periódicos, diversos autores publicaram e continuam produzindo artigos com estudos a respeito desse tema, e mesmo após a retomada das chuvas como no ano de 2016, continua motivando interesse e inquietações. Coelho *et al.* (2016a; 2016b), por exemplo, através de uma análise da meteorologia sinótica atribui como causa das baixas precipitações no verão de 2014 a existência de um bloqueio para a passagem de sistemas frontais devido ao estacionamento anômalo do sistema de alta pressão sobre a região sudeste do Brasil. Tais resultados, assim como outras pesquisas a respeito do tema, serão associados e comparados aos resultados da análise rítmica no decorrer dessa obra.

Em virtude das repercussões negativas à população, diversas foram as notícias em jornais e revistas de grande circulação a respeito desse acontecimento, evidenciando principalmente os problemas relacionados à falta d’água. A Figura 11 ilustra, por exemplo, um mosaico contendo algumas edições dos jornais Folha de São Paulo (FOLHA, 2018) e O Estado de São Paulo (ESTADÃO, 2018), que realizaram matérias significativas a respeito do tema ao longo dos três anos da crise.

Ao verificar a relevância que os jornais deram ao assunto, certamente já é possível ter uma noção de como a crise hídrica afetou a população da RMSP, através da falta d’água nas residências ocorridas devido à redução de pressão nas tubulações, segundo justificativa da SABESP (2017). Do mesmo modo, a possibilidade de um eventual colapso no sistema de abastecimento urbano passou a alarmar e mudar hábitos entre a população metropolitana.

Em uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE, 2018), em um questionário na sua plataforma *web* no início de 2015, apenas 11% dos internautas paulistas achavam que o problema da crise hídrica se resolveria em no máximo um ano, frente à 30% que consideravam que seriam necessários pelo menos cinco anos. Numa outra questão, apontavam que são três os agentes responsáveis por solucionar a escassez de água: governo estadual (67%), Sabesp (64%) e a própria população (62%). Um

outro ponto que se destacou nessa pesquisa foi que 85% dos internautas declararam que haviam diminuído o tempo no banho devido à crise hídrica, 58% deixaram de lavar o quintal e 54% o carro/moto, evidenciando uma mudança importante nos hábitos de consumo de água.



Figura 11 – Repercussão em matérias de jornais abordando o tema da crise hídrica.

Fonte: ESTADÃO, 2018; FOLHA, 2018.

Transcorrido o ano de 2015, e passada a situação mais agravante no abastecimento público do estado de São Paulo e, de maneira específica, dos reservatórios da RMSP, o episódio intitulado ‘crise hídrica’ pode ser analisado com maior cautela e integridade de sua trajetória. Com relação a isso, Magalhães (2016, p. 24) afirma o seguinte:

“Há algum tempo, foi construído o Sistema Cantareira (o nome vem de uma planície localizada na área metropolitana), que importa água de uma bacia hidrográfica que abastece outras regiões do Estado de São Paulo. As águas do Sistema Cantareira são armazenadas em reservatórios que compõem o sistema metropolitano de abastecimento. Antes da seca de 2014 em São Paulo, cerca de 70% da demanda de água da Região Metropolitana era atendida por esse sistema. Ocorre que, devido à seca que afeta essa região, os reservatórios alcançaram um nível muito baixo, causando uma das maiores crises de abastecimento de água já enfrentadas pelo Estado de São Paulo. Uma parte da população normalmente abastecida pelo Sistema Cantareira foi transferida para outros sistemas, que também não tinham muito espaço para expansão. A população da cidade de São Paulo precisou aprender a viver com menos água, atividades econômicas se realocizaram, a crise hídrica e de abastecimento se

transformou em problema político de primeira grandeza, tanto em nível estadual quanto federal. Pode levar alguns anos para que o nível de água dos reservatórios seja repostado, dependendo da intensidade das próximas estações chuvosas” (MAGALHÃES, 2016, p. 24).

À vista disso, o Sistema Cantareira retomou aos poucos as condições de regularidade no decorrer de 2016. Passado o episódio, é possível que muitas pessoas se esqueçam do fenômeno das secas na metrópole, mas é inevitável afirmar que ela voltará (DE NYS *et al.*, 2016). Por isso, tendo em vista que é infactível elaborar uma previsão do interstício entre os eventos de secas meteorológicas e hidrológicas, deve-se dispor de políticas de planejamento proativas e voltadas a reduzir os riscos e a vulnerabilidade a novos episódios, ao invés de mobilizar-se somente nos períodos críticos, limitando-se à uma ‘gestão de crise’.

Assim, ao propor uma análise do ritmo pluvial, a presente obra almeja compreender e contribuir para que futuras situações de ‘crise’ como essa possam ser previstas, planejadas e seus efeitos venham a ser atenuados por meio de medidas proativas dos órgãos gestores. Para tanto, os resultados serão apresentados e discutidos visando a real compreensão da gênese pluvial e da sucessão dos sistemas atmosféricos (respectivos tipos de tempo e seus encadeamentos) ao longo dos anos. Desse modo, o processo de armazenamento hídrico e os impactos no abastecimento durante a crise hídrica serão melhor discutidos nos resultados da investigação, ou seja, neste subtópico, buscou-se unicamente apresentar uma descrição prévia do episódio, que será melhor analisado e avaliado no decorrer do estudo.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1. Materiais utilizados na aplicação dos métodos e técnicas

A presente pesquisa utilizou uma série de dados de caráter secundário fornecidos por agências das mais diversas esferas governamentais, assim como *softwares* para a manipulação, tratamento, análise e mapeamento dos mesmos. Em relação aos dados, todos foram obtidos de maneira legal através de bancos de dados *online* e/ou solicitação formal às entidades responsáveis pela geração e manutenção dos mesmos. Ressalta-se que na legislação brasileira, a Lei nº 12.527/2011, regulamentada pelo Decreto nº 7.724/2012 e conhecida como “Lei de Acesso à Informação” (UNIÃO, 2013), contribuiu muito para facilitar o processo de acesso aos dados e informações públicas a respeito das variáveis utilizadas nessa pesquisa.

Para o processo de obtenção de dados diários (e mensais) do volume das chuvas, visando a elaboração das cartas pluviométricas, foram utilizados dados disponibilizados integralmente pela rede *Hidroweb* administrado pela Agência Nacional de Águas (ANA), que tornou possível visualizar a distribuição de diversos postos pluviométricos e respectivas informações disponíveis ao longo da área de estudo. Além da rede da ANA, do mesmo modo foram elencados e obtidos dados de postos pluviométricos fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Os dados das estações meteorológicas utilizados na Análise Rítmica foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), Centro integrado de informações agrometeorológicas vinculado ao Instituto Agrônomo de Campinas (CIIAGRO-IAC) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As cartas sinóticas foram disponibilizadas pela Marinha do Brasil e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, assim como o CPTEC também tornou possível o acesso às imagens das diversas bandas dos satélites GOES-8, GOES-10 e GOES-12. Em alguns casos, o acesso às imagens de satélite foi feito através da *National Climatic Data Center* da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), pelo *International Satellite Cloud Climatology Project* (KNAPP, 2008). Para a avaliação dos fenômenos de escala zonal/global, utilizou-se os dados do Índice Multivariado

do El Niño-Oscilação Sul da NOAA (2018) e o banco de análises da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) do Boletim Climanálise do CPTEC/INPE (CLIMANÁLISE, 2018).

No tocante ao armazenamento hídrico, os dados referentes ao volume de armazenamento dos reservatórios e sistemas de abastecimento, vazões afluentes, coleta, captação e consumo de água foram fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), tanto por banco de dados *online* quanto por solicitação direta à empresa. Em relação às análises das notícias de jornais, recorreu-se ao Acervo *Online* das edições impressas dos dois principais jornais locais de grande circulação: Folha de São Paulo (FOLHA, 2018) e O Estado de São Paulo (ESTADÃO, 2018). Para a análise qualitativa das notícias e a codificação das citações (assuntos e atores), empregou-se o *software* Atlas.ti 7.5.4, da *GmbH, Berlin*.

A respeito dos softwares utilizados no processo de manipulação, análise e construção dos gráficos, podem-se destacar o *Microsoft Excel 2016* para a manipulação e tratamento dos dados pluviométricos, fluviométricos e meteorológicos, e o *Microsoft Power Point 2016* para a elaboração dos gráficos de análise rítmica, visto que mantém a mesma plataforma do *Excel* e permite modificar e substituir os dados nos gráficos, procedimento que apresentou bom desempenho em um estudo anterior (FONTÃO, 2014). Para a elaboração dos gráficos pelo modelo Boxplot, utilizou-se o *software R Project for Statistical Computing 3.5*.

Quanto à elaboração dos materiais necessários, a especialização geoestatística dos dados e produção dos materiais cartográficos desta pesquisa, utilizaram-se os *softwares* *Surfer 13*, da *Golden Software Inc*, *ArcGIS 10.0*, da *ESRI* e *Quantum GIS (QGIS) 2.8*, da *Creative Commons*. Para a elaboração e tratamento das figuras, utilizou-se o *software CorelDRAW Graphics Suite X7*, da *Corel Corporation*.

3.2. Escolha do período de estudo

A escolha do período de estudo, antes de tudo, trata-se de uma etapa primordial e necessária para o desenvolvimento da pesquisa. No que diz respeito às propostas e finalidades da realização dessa tese, selecionar um período de tempo razoável e que corresponda às expectativas acaba sendo uma tarefa complexa e que necessita bastante cautela para não comprometer o bom andamento da investigação. Em vista disso, vários foram os fatores considerados para elencar o período e análise, que serão descritos e discutidos abaixo.

Apesar de diversos estudos em nível nacional e internacional optarem pela escolha de um período de 30 anos ou mais, conforme recomenda a Organização Meteorológica Mundial (OMM), a própria fundamentação teórica que dá suporte à realização dessa tese já contribui para libertar-se desse preceito, sobretudo por não tratar-se de um estudo baseado na estatística ou análise de tendências, como é o caso de diversas pesquisas que contemplam os períodos das “normais climatológicas” de 30 anos (INMET, 2017). Dessa maneira, entende-se que uma série histórica de dados inferior a três décadas pode ser suficiente para a compreensão do *ritmo* pluvial, visto que o foco das análises é no nível diário, buscando identificar o encadeamento dos sistemas atmosféricos e, a partir disso, verificar as consequências dessa circulação no armazenamento hídrico e abastecimento urbano.

A maioria dos estudos envolvendo a Análise Rítmica tende a utilizar o conceito de ano-padrão, introduzido por Monteiro (1973) no intuito de selecionar anos (ou períodos) representativos do *ritmo* habitual ou excepcional dos elementos climáticos. Em um estudo anterior, Fontão e Zavattini (2016) elaboraram uma classificação dos anos padrão para a RMSP e o Sistema Cantareira através do método da fórmula de Sturges, no intuito de verificar esse parâmetro da pluviosidade para as duas regiões. A Figura 12 demonstram os resultados obtidos a partir dessa investigação.

Classificação dos anos padrão para a Região Metropolitana de São Paulo																															
Ano	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Total
Seco	X																		X											X	3
Tend. a Seco										X					X		X														3
Habitual					X	X		X	X				X	X		X	X		X	X	X	X	X			X		X		15	
Tend. a Chuv.	X	X	X								X															X		X		6	
Chuvoso							X					X													X					3	

Classificação dos anos padrão para o Sistema Cantareira																															
Ano	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Total
Seco																			X											X	2
Tend. a Seco	X					X												X											X	4	
Habitual		X		X			X	X	X				X	X	X	X	X		X	X	X	X			X		X			16	
Tend. a Chuv.	X						X																	X		X				4	
Chuvoso				X							X	X													X					4	

Figura 12 – Síntese proposta do padrão anual da chuva para a RMSP e o Sistema Cantareira (1985-2014).

Fonte: Fontão e Zavattini, 2016.

Na figura, é possível verificar que em um período de 30 anos, houve a ocorrência de anos completamente distintos do ponto de vista pluvial, inclusive entre a área urbana da RMSP e o Sistema Cantareira. No entanto, mesmo reconhecendo o valor e a importância dos

anos padrão nos estudos em Climatologia Geográfica, o intuito dessa tese é ir além do desmembramento anual para avançar na compreensão da circulação atmosférica e dos tipos de tempo. Diante disso, optamos por escolher um período superior a uma década, e que permita avaliar a variabilidade dos sistemas atmosféricos ao envolver anos habituais e extremos (secos e chuvosos), alternando-se ao longo do tempo e da influência tanto da variabilidade quanto dos fenômenos climáticos.

Outro fator que contribuiu na escolha do período de estudo foi devido ao Sistema Cantareira, gerenciado pela SABESP, dispor de dados sistemáticos do volume armazenado e captado, em monitoramento diário, que datam a partir do início ano de 2003. Desse modo, analisando-se a ocorrência de anos padrão secos (2003 e 2014) e chuvosos (2009), alternando-se ao longo de anos habituais, além de ser um período recente e com variedade e facilidade no acesso a dados, a presente investigação optou por escolher o período compreendido entre os anos de 2003 a 2015 para realizar suas análises.

3.3. Procedimentos de escolha, coleta e tratamento dos dados pluviométricos

Partindo do período-base para a realização das análises desse estudo, compreendido entre os anos 2003 a 2015, a presente etapa procurou avaliar a disponibilidade dos dados pluviométricos na região estudada, sendo um procedimento de extrema importância num estudo que almeja compreender o *ritmo* pluvial, e visualizar a distribuição do fenômeno ao longo do espaço. Por conseguinte, serão descritos a seguir os procedimentos aplicados na identificação, coleta, seleção, manipulação, tratamento e análise dos dados de precipitação.

Primeiramente, devemos considerar como área de estudo toda a localidade que contempla a RMSP e seus mananciais para abastecimento urbano, dentre eles destacando-se o Sistema Cantareira. A partir dela, para a identificação de postos pluviométricos existentes, procurou-se delimitar uma área padrão que leve em consideração toda a metrópole e seus mananciais, além de pluviômetros localizados no seu entorno, visando preencher as lacunas deixadas entre os pontos amostrais. Assim, foi delimitado um quadrante localizado entre os paralelos de 22°30' a 24°12' latitude Sul e 45°36' a 47°18' longitude Oeste, conforme se pode verificar na Figura 13.

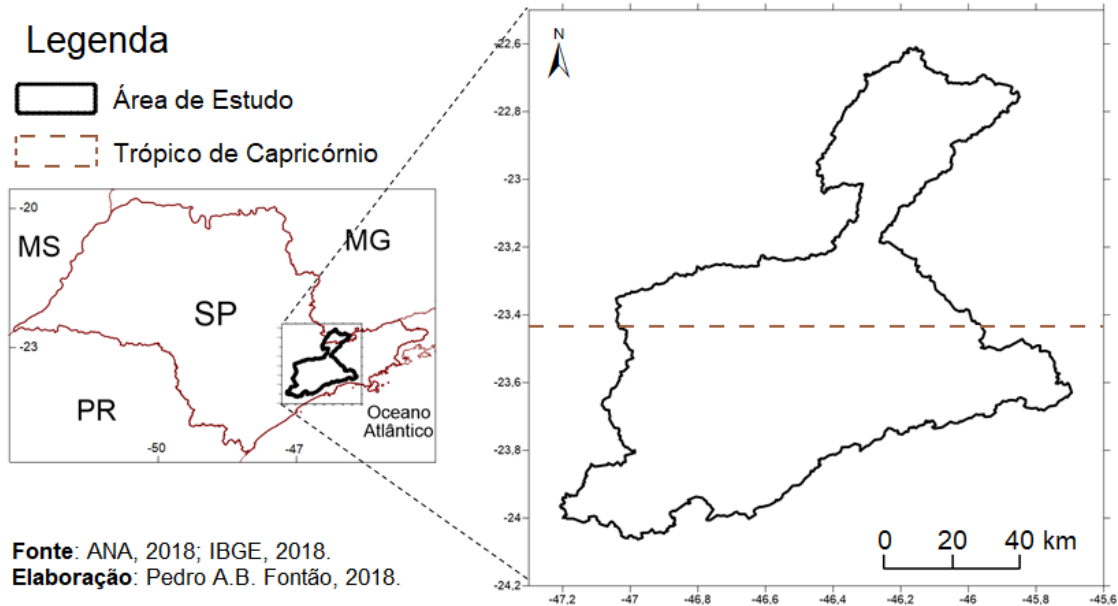


Figura 13 – Delimitação da Área de Estudo no procedimento de coleta dos dados pluviométricos.

A partir do quadrante delimitado, foram levantados todos os pluviômetros existentes no interior dessa localidade. De maneira geral, a maioria dos postos encontrava-se desativados e/ou com grandes lacunas nas séries de dados, visto que se trata de uma região de ocupação antiga no território brasileiro. Dessa maneira, procurou-se focar na existência de dados consistentes e recentes para a série histórica escolhida (2003-2015) através do uso de planilhas, adotando procedimentos similares a outros estudos já consagrados no âmbito da Climatologia Geográfica (BOIN, 2000; ZANDONADI, 2009; AMARAL, 2012; FONTÃO, 2014; dentre outros).

Em relação aos critérios adotados para garantir a qualidade dos dados, visto que em alguns casos o estudo irá demandar cartas pluviométricas em nível mensal e diário, adotou-se um padrão na análise e escolha dos postos pluviométricos através de planilhas digitais. A respeito desse padrão de avaliação individual dos postos, o primeiro deles foi considerar apenas os postos que existiram e possuem dados no período 2003-2015, a partir de um processo de seleção. Dando sequência ao processo, foram verificadas as falhas e/ou ausência de dados para todos esses postos nesse período, selecionando somente os que possuem ao menos dois terços dos dados para cada mês, ou seja, a existência de um ou mais meses com o número superior a 10 falhas diárias descartava o posto para utilização na pesquisa.

Os critérios e adotados para a seleção dos postos pluviométricos visaram a obtenção de dados consistentes para o prosseguimento do estudo. Dando sequência, aplicou-se o padrão descrito para todos os pluviômetros localizados na área delimitada, gerados e/ou sob

responsabilidade das seguintes entidades: ANA, DAEE, IAC, COPASA e SABESP. Dessa etapa, foi possível selecionar um total de 51 postos com dados consistentes, sendo 30 deles localizados no interior da área de estudo e 21 deles no entorno, conforme distribuídos na Tabela 2 e espacializado pela Figura 14.

A distribuição dos postos reflete bastante a ocupação urbana regional, visto que áreas de maior inclinação do relevo e menor densidade de ocupação acabaram apresentando uma menor quantidade de dados pluviométricos. Entretanto, apesar da existência de algumas lacunas no interior da área de estudo, a densidade de postos apresenta-se relativamente boa e a aplicação da geoestatística pretenderá contribuir para a visualização das chuvas ao longo desses hiatos.

Tabela 2 – Postos pluviométricos selecionados para o estudo.

Cód.	Nome do Posto	Agência	Lat.	Long.	Cód.	Nome do Posto	Agência	Lat.	Long.
1	Serra Negra	DAEE	-22,60	-46,70	27	Barragem Paiva Castro	SABESP	-23,33	-46,68
2	Socorro	DAEE	-22,60	-46,53	28	Santa Isabel	DAEE	-23,33	-46,23
3	Holambra	DAEE	-22,63	-47,05	29	Guarau	DAEE	-23,43	-46,65
4	Usina Ester	DAEE	-22,67	-47,22	30	Sao Bento	DAEE	-23,43	-46,28
5	Monte Alegre Do Sul	DAEE	-22,70	-46,67	31	Baixo Cotia	DAEE	-23,55	-46,87
6	Arcadas	DAEE	-22,72	-46,83	32	Roselandia	DAEE	-23,57	-46,93
7	Sapucai-Mirim	ANA	-22,75	-45,74	33	Ponte Nova	DAEE	-23,57	-45,97
8	Camanducaia	COPASA	-22,75	-46,14	34	Barragem Taiaçupeba	SABESP	-23,57	-46,29
9	Fazenda Monte D'Este	DAEE	-22,78	-47,03	35	Barragem Ponte Nova	SABESP	-23,58	-45,97
10	Pinhalzinho	DAEE	-22,78	-46,60	36	Guaio	DAEE	-23,60	-46,37
11	Vargem	CIIAGRO-IAC	-22,89	-46,41	37	Barcelona	DAEE	-23,62	-46,56
12	Braganca Paulista	DAEE	-22,93	-46,53	38	Barragem Jundiá	SABESP	-23,63	-46,20
13	Joanópolis	DAEE	-22,93	-46,27	39	Barra. R. do Campo (R.C.)	SABESP	-23,64	-45,83
14	Braganca Paulista - IAC	CIIAGRO-IAC	-22,97	-46,55	40	Campestre	DAEE	-23,65	-46,55
15	Barragem Jacareí T7	SABESP	-22,97	-46,32	41	Cachoeira Da Graca	DAEE	-23,65	-46,95
16	Fazenda Primavera	DAEE	-23,00	-46,72	42	Observatório IAG	DAEE	-23,65	-46,63
17	Barragem Cachoeira	SABESP	-23,05	-46,32	43	Fazenda N.S. Aparecida	ANA	-23,66	-46,00
18	Piracaia	CIIAGRO-IAC	-23,05	-46,35	44	Barragem Guarapiranga	SABESP	-23,67	-46,73
19	Indaiatuba	DAEE	-23,08	-47,22	45	Caucaia Do Alto	DAEE	-23,68	-47,02
20	Atibaia	CIIAGRO-IAC	-23,12	-46,57	46	Diadema	DAEE	-23,68	-46,61
21	Sape	DAEE	-23,13	-45,72	47	Barra. P. Beicht (Cotia)	SABESP	-23,72	-46,96
22	Fazenda Santa Rita	DAEE	-23,17	-47,13	48	Mato Do Gado	DAEE	-23,72	-47,12
23	Barragem Atibainha	SABESP	-23,17	-46,39	49	Barragem Rio Grande	SABESP	-23,77	-46,53
24	Nazaré Paulista	DAEE	-23,18	-46,40	50	Parelheiros	DAEE	-23,83	-46,73
25	Pararangaba	DAEE	-23,18	-45,80	51	Juquitiba - II	ANA	-23,94	-47,07
26	Igaratá	DAEE	-23,20	-46,15					

Fonte: ANA, 2018; DAEE, 2018; SABESP, 2018.

Em relação às falhas ocorridas nos dados em até 10 dias do mês, utilizou-se o mesmo padrão utilizado em um estudo anterior para preencher individualmente as lacunas (FONTÃO, 2014). Trata-se da técnica retratada por Bertoni e Tucci (2009), que utiliza a média aritmética diária dos três postos mais próximos ao posto pluviométrico falho, desde que se encontrem alocados em uma região altimétrica semelhante e que disponham dos dados no período faltante. Assim, apesar do valor original ser irrecuperável, essa técnica aproxima-se o máximo possível da realidade.

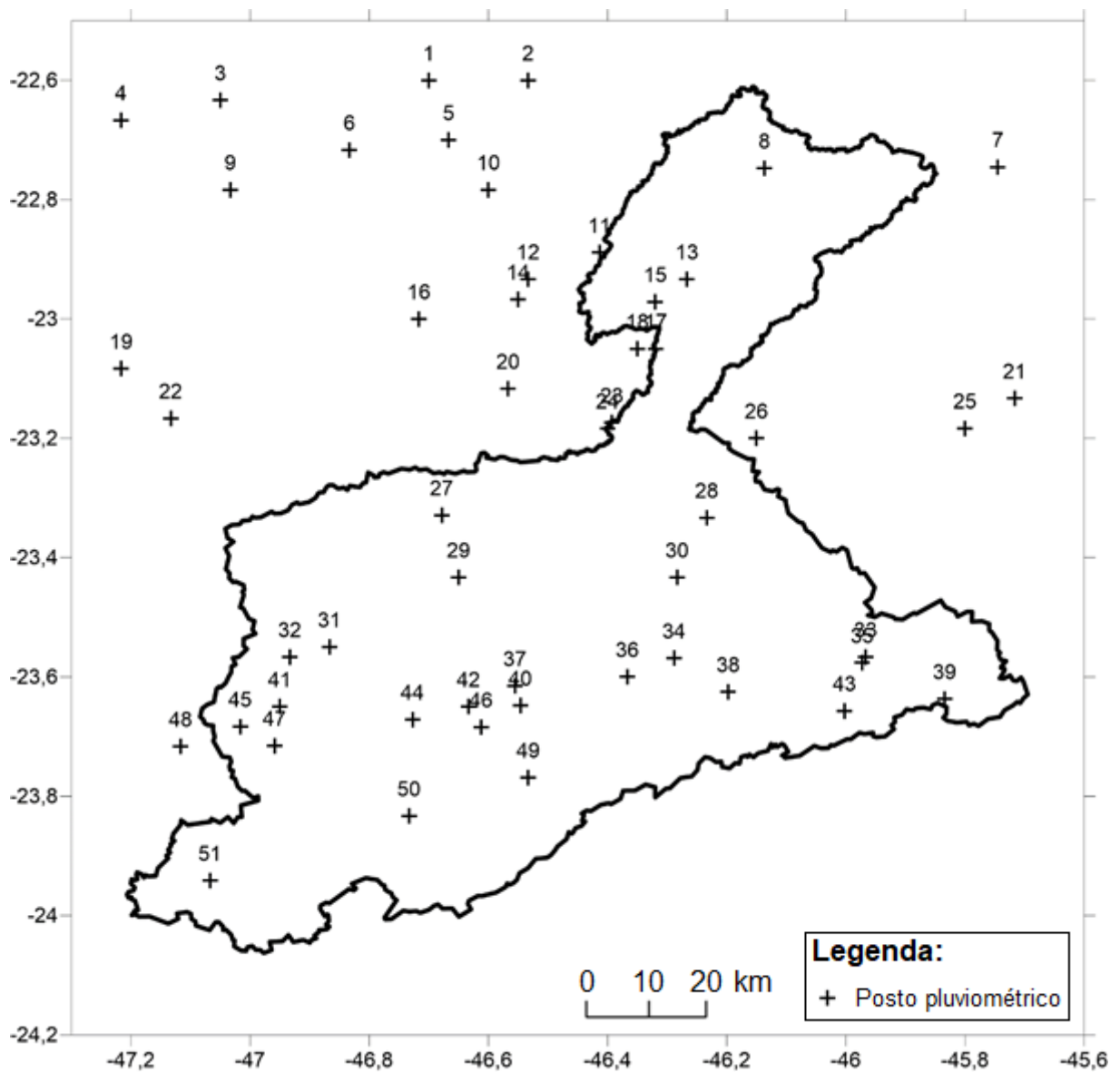


Figura 14 - Distribuição dos postos selecionados para o estudo, e respectivo código.

3.4. Mapeamento geoestatístico dos dados pluviométricos

Tendo como base os 51 postos pluviométricos identificados e selecionados no procedimento anterior, desponta-se o interesse e a necessidade de estrutura-los em cartas pluviométricas para visualizar a distribuição do fenômeno em nível espacial. Para o mapeamento da precipitação, esse estudo optou pelo método de interpolação geoestatística da krigagem ordinária (ou *ordinary kriging*), pelo *software Surfer* 13. Tal técnica permite a continuidade dos fenômenos no espaço inclusive através de lacunas entre os pontos de amostragem (FLORES, 2000), sendo que a existência de estações próximas à área de estudo visa compensar, mesmo que parcialmente, os vazios próximos às bordas da área de estudo, durante o processo de interpolação (SILVA, 2001; BARROS, 2003).

A escolha da krigagem não foi algo aleatório, dado que se trata da técnica que melhor adapta-se para estudos envolvendo a variável precipitação, conforme pode ser constatado em uma análise comparativa de técnicas para interpolação espacial elaborado por Tabios e Salas (1985). Mesmo em estudos recentes, tal método apresenta grande eficiência por apresentar linhas de isoietas mais suavizadas (LUCAS *et al.*, 2014) e melhor desempenho através de estudos comparativos envolvendo parâmetros de validação de modelos geoestatísticos (VIOLA *et al.*, 2010; MELLO e OLIVEIRA, 2016).

3.5. Procedimentos de escolha das estações meteorológicas

O processo de escolha das estações meteorológicas apresenta fundamental importância para o prosseguimento da Análise Rítmica, procedimento primordial e elementar dessa tese, intimamente relacionada ao paradigma do *ritmo* climático. Para tanto, foram levantadas todas as estações existentes na área de estudo, tendo por base a disponibilidade de dados em séries históricas e a localização no interior da RMSP e do Sistema Cantareira, através de elenco fornecido pelo INMET, CIIAGRO-IAC e IAG-USP. Ressalta-se que existem outras estações na região, todavia encontram-se sob administração de instituições particulares e de difícil acesso aos dados, e nesse caso acabaram não sendo contempladas. A Figura 15 torna em evidência a distribuição espacial de todas essas estações, e as respectivas instituições responsáveis pela geração, manutenção e disponibilidade dos dados.

Partindo de todas as estações meteorológicas localizadas no interior e proximidades da região foco dessa investigação, primeiramente é importante ressaltar algumas questões. Apesar de existirem outras estações na região como, por exemplo, os postos Piracaia, Extrema, Nazaré Paulista e Bom Jesus dos Perdões, ambos administrados pelo CIIAGRO-IAC, tais estações só entraram em operação durante o ano de 2008, ou seja, praticamente na metade da série histórica 2003-2015, e diante disso não foram considerados e mapeados. No caso da estação Monte Verde (INMET), suas atividades de coleta de dados iniciaram-se no dia 19 de dezembro de 2004, porém foi considerada no mapeamento diante da baixa disponibilidade de estações que cobriam a região do Sistema Cantareira.

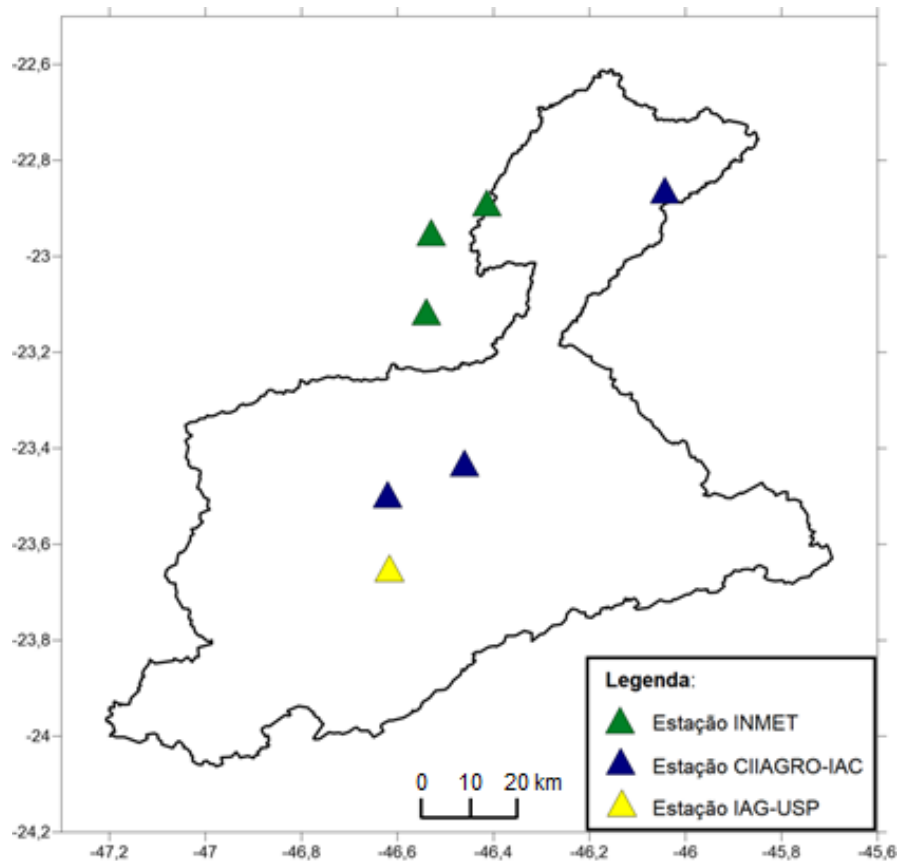


Figura 15 – Distribuição geral das estações meteorológicas na área de estudo.

Para a realização desse estudo, optou-se pela escolha de duas estações meteorológicas localizadas em áreas distintas, sendo uma delas no interior da RMSP e outra no interior do Sistema Cantareira. Dentre os motivos, além de contar com outra área monitorada para auxiliar na compreensão da dinâmica atmosférica, diz respeito à ambas porções estarem em regiões climatológicas individualizadas e distintas (MONTEIRO, 1973; 2000). Entretanto, levando em consideração eventuais falhas e/ou períodos com dados ausentes, optamos por

selecionar uma estação principal e outra de suporte, localizada nas proximidades e dando apoio no caso de inconsistência de dados meteorológicos. Assim, a Figura 16 localiza as duas estações escolhidas para o prosseguimento desse estudo, e as respectivas estações de apoio próximas. No caso do Sistema Cantareira, optou-se por selecionar, além da estação de apoio, o posto pluviométrico de Joanópolis (DAEE) para auxiliar na pluviometria em nível diário. A Tabela 3 resume as informações de localização, altitude e a agência responsável por ambas as estações escolhidas para o prosseguimento desse estudo.

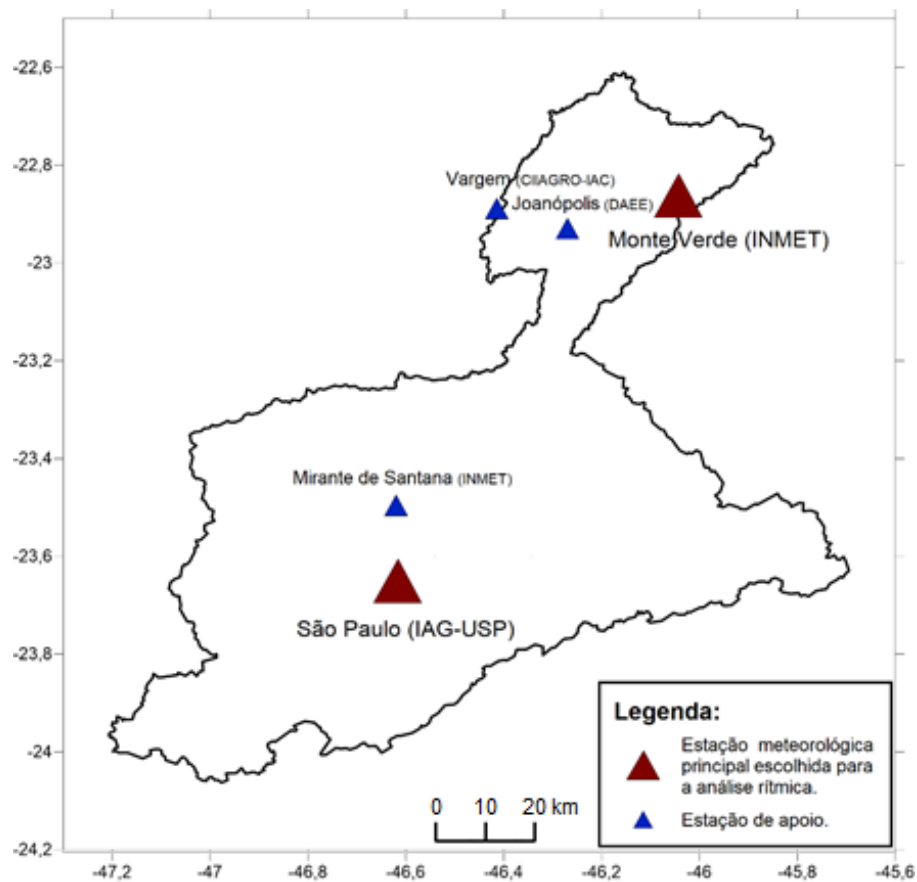


Figura 16 – Estações meteorológicas selecionadas para a análise rítmica

Tabela 3 – Estações meteorológicas selecionadas.

Região	Nome do Posto	Agência	Função	Latitude	Longitude	Altitude
Sistema Cantareira	Monte Verde	INMET	Principal	-22,86	-46,04	1545 m
	Vargem	CIIAGRO - IAC	Auxiliar - apoio	-22,89	-46,41	845 m
	Joanópolis	DAEE	Auxiliar - pluviometria	-22,93	-46,27	920 m
RMSP	São Paulo - IAG-USP	IAG - USP	Principal	-23,65	-46,62	760 m
	Mirante de Santana	INMET	Auxiliar - apoio	-23,50	-46,62	786 m

Fonte: ANA, 2018.

A figura e a tabela permitem visualizar as duas estações escolhidas para a aplicação e construção do gráfico da análise rítmica, sendo elas as Estações Meteorológicas de São Paulo (IAG-USP) e a Estação Meteorológica Monte Verde (INMET). Para fins de apoio, escolheram-se respectivamente a Estação Meteorológica Mirante de Santana (INMET) para contribuir na análise da RMSP e a Estação Meteorológica Vargem (CIAGRO-IAC) para fins de auxiliar na análise do Sistema Cantareira, e que devido à proximidade geográfica darão suporte em períodos de ausência de dados. No caso do Sistema Cantareira, adotou-se também o posto pluviométrico Joanópolis (DAEE) para contribuir com dados de maneira a auxiliar eventuais falhas e/ou ausência de registros de pluviometria

3.6. Análise Rítmica em Climatologia

Nesta etapa da pesquisa, a estratégia metodológica utilizada buscou empregar um tratamento dinâmico aos dados climáticos visando analisar as variações do *ritmo* pluvial, a partir da interpretação da atuação dos sistemas atmosféricos em nível regional para uma escala de tempo diário-horária. Para tanto, aplicou-se o procedimento da Análise Rítmica, idealizado e apresentado por Monteiro (1971), e constituindo-se como um método já consagrado e disseminado através de uma série de estudos realizados no âmbito da Climatologia Geográfica brasileira.

O primeiro passo foi a obtenção dos dados meteorológicos, a partir das estações já selecionadas anteriormente. Os dados coletados referem-se aos seguintes elementos climáticos em nível diário e/ou horário, quando disponíveis, para os horários sinóticos (9hrs, 15hrs, 21hrs – horário oficial de Brasília), máxima e mínima: pressão atmosférica em milibares (mb), temperatura do ar em graus centígrados (°C), umidade relativa do ar em porcentagem (%), precipitação em milímetros totais diários (mm) e vento, em velocidade máxima diária (m/s) e respectiva direção. No caso da estação IAG-USP, obteve-se ainda a insolação, em total de horas diárias de sol (h) e cobertura de nuvens, numa escala de 0 a 10.

A partir dos dados obtidos, foram gerados gráficos em nível diário através do *Excel*, e posteriormente exportados para documentos padronizados em *Power Point*, confeccionando os Gráficos de Análise Rítmica, evidenciando a variação dos elementos diariamente e de maneira sequencial. Os gráficos gerados encontram-se nos Apêndices A a T, num formato

compatível para a impressão em formato A4 (210x297mm). Ressalta-se que, para a identificação dos tipos de tempo a partir da circulação atmosférica, tais gráficos foram relacionados às cartas sinóticas e imagens de satélite geradas para os horários sinóticos, e obtidas através da Marinha do Brasil, CPTEC/INPE e NOAA.

Desse modo, o procedimento foi aplicado visando identificar os sistemas atmosféricos que atuavam sobre as duas regiões da área de estudo, de maneira individual para os dois períodos do dia. Para tanto, realizou-se uma análise conjunta entre a observação sequencial das Cartas Sinóticas, procurando visualizar a circulação e deslocamento dos sistemas de pressão atmosférica que influenciavam as regiões em foco, a apreciação das Imagens de Satélite, de maneira a complementar e reforçar as observações sinóticas na identificação dos sistemas, e a observação das variações dos dados no Gráfico de Análise Rítmica, tornando possível verificar as repercussões em nível local dos sistemas atmosféricos que foram identificados em escala sinótica na estação meteorológica observada.

Apesar da identificação dos sistemas atmosféricos serem feitas de maneira individual e sem o auxílio direto de um *software* estatístico, vale ressaltar que um método empírico para tal finalidade, apesar das críticas recebidas no século 21 devido ao alto grau de subjetividade envolvido (HUTH *et al.*, 2008), tende a aproximar o pesquisador no entendimento da circulação atmosférica e a dinâmica da região durante a realização da pesquisa. Devido a essas razões, Yarnal *et al.* (2001) consideram válida a aplicação desse tipo de procedimento, mesmo após a introdução dos métodos automáticos (ou híbridos) para classificação sinótica que se encontram, sobretudo, amparados pela estatística (LEWIS *et al.*, 2015). Independentemente da escolha do método adotado no estudo, que nesse caso em particular apoia-se na concepção francesa, todos os tipos de classificações para sistemas atmosféricos (e tipos de tempo) apresentam algum grau de subjetividade inerente (LEE e SHEDIRAN, 2015), e são essas imprecisões ou dubiedades que exigem a experiência de um pesquisador qualificado na área.

Portanto, o processo de classificação dos sistemas atmosféricos, a nível regional, adotou um sistema de categorização baseado nas posições relativas das massas de ar e frentes na América do Sul (SERRA e RATISBONA, 1942), através dos fluxos em baixos níveis troposféricos dos anticiclones, ciclones e passagens frontais, bem como a resposta desses sistemas nos elementos climáticos em uma menor escala. A nomenclatura utilizada na identificação dos sistemas atmosféricos na Análise Rítmica, ao longo de décadas que transcorreram após as primeiras publicações de Monteiro (1971; 1973), passou por algumas

alterações nas denominações e, apesar de algumas propostas divergentes entre nomes e/ou classes, o propósito da classificação e sua finalidade permanecem equivalentes. Para não entrar em pormenores, este estudo optou por utilizar a base proposta por Zavattini e Boin (2013), por detalhar o avanço dos sistemas frontais e identifica os sistemas atmosféricos da seguinte maneira:

- **Sistemas Tropicais e/ou Equatoriais:** Massa Tropical Atlântica (**mTa**), Massa Tropical Atlântica Continentalizada (**mTac**), Massa Tropical Continental (**mTc**), Linhas de Instabilidade em Massa Tropical (**LI**) e Massa Equatorial Continental (**mEc**).
- **Sistemas Polares:** Massa Polar Atlântica (**mPa**), Massa Polar Velha (**mPv**), Massa Polar Velha Continentalizada (**mPvc**).
- **Sistemas Frontais:** Frente Polar Atlântica (**FPA**), Frente Polar Reflexa (**FPR**), Frente Polar Atlântica em Dissipação (**DIS**), Repercussão da Frente Polar Atlântica (**REP**), Frente Polar Atlântica Estacionária (**EST**), Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno no Continente (**QTE**) e Frente Polar Atlântica Oclusa (**OCL**).

De maneira geral, a origem distinta das massas de ar (tropical, equatorial ou polar) ou a natureza frontal revela a variedade de sistemas atmosféricos que vão atuar sobre o território brasileiro. Os diferentes fluxos de ar que podem interferir no sudeste brasileiro podem ser agregados da seguinte maneira:

- **Correntes de Sul:** $mPa + mPv/mPvc + FPA$ eixo principal, em dissipação, oclusa, estacionária + FPR.
- **Correntes de Leste:** $mTa + mTac + LI + FPA$ com setor quente de retorno no continente + Repercussão da FPA.
- **Corrente de Norte:** mEc .
- **Corrente de Oeste:** $mTc + LI$.

As massas de ar que podem ser observadas na região sudeste do Brasil e, especialmente na região da área de estudo, conforme anteriormente descritas podem ser classificadas pela origem tropical (mTa , $mTac$ e mTc), equatorial (mEc) ou polar (mPa , mPv e $mPvc$). O Quadro 1 apresenta uma breve descrição origem de cada uma delas, e explica os

critérios utilizados para classificar esses sistemas atmosféricos de maneira empírica, com base na análise das cartas sinóticas, imagens de satélite e no gráfico de Análise Rítmica.

Quadro 1 - Massas de Ar: origem e critérios para classificação.

Tipo	Origem	Critério para classificação
mTa	Tem origem no Anticiclone (semifixo) do Atlântico Sul, cujo sistema de alta pressão sobre as latitudes tropicais apresenta características de alta temperatura e umidade.	A presença de isóbaras do setor de alta pressão provenientes de leste e nordeste envolvendo e influenciando a área de estudo, através dos fluxos de ar observados na carta sinótica, reforçados pelas características tropicais observadas nos dados meteorológicos, como altas temperaturas e umidade relativa.
mTac	Este sistema é formado a partir da mTa, quando permanece no interior do continente por alguns dias e, embora ainda tenha alta pressão, perde suas propriedades originais, diminuindo principalmente umidade relativa.	Sempre precedido pela mTa e apresentando um padrão de pressão semelhante a essa massa de ar, distingue-se pela mudança significativa nos dados meteorológicos observados, como é o caso da diminuição considerável da umidade relativa, aumento da temperatura máxima, céu claro e insolação elevada.
mTc	Origina-se a partir do sistema de baixa pressão do Chaco na região tropical à leste dos Andes, com circulação ciclônica de superfície e anticiclônica nos níveis superiores, como consequência da depressão termo-orográfica intermitente. Possui características de uma massa de ar quente e seca.	A presença de isóbaras do setor de baixa pressão do centro da América do Sul influenciando a área de estudo, através do fluxo de ar proveniente de oeste. Nos dados meteorológicos, observa-se uma diminuição da umidade relativa, elevação da temperatura máxima, céu limpo e elevada insolação.
mEc	A sua área de origem é a região do alto Amazonas, com forte umidade relativa e altas temperaturas, e geralmente associada à acentuada convergência e instabilidade convectiva.	Durante os meses mais quentes (verão), a massa pode estender-se rumo ao Brasil continental, diminuindo sistematicamente sua presença em direção ao litoral, locais onde só aparece sob a influência de um sistema frontal. Pode-se identificar através de isóbaras do setor de baixa pressão provenientes de norte em direção ao sudeste brasileiro, através dos fluxos de circulação secundária observados na carta sinótica.
mPa	Tem sua origem no oceano Atlântico ao sul da América do Sul, associada ao Anticiclone Polar migratório. Apresenta baixas temperaturas como principal característica e, devido à alta pressão atmosférica, essa massa de ar tende a fluir para as menores latitudes.	Ocorre sempre após a passagem de uma frente fria, quando acontece a incursão desse sistema anticiclônico. Além de observar a alta pressão influenciando a região através das cartas sinóticas, deve-se observar nos dados a presença de temperaturas mais baixas, a pressão atmosférica elevada para a área de estudo e a conservação de suas características originais.
mPv	Este sistema é formado a partir da mPa, quando permanece fora da região de origem por alguns dias e perde suas propriedades físicas originais (tropicalização), aumentando principalmente sua temperatura.	Na carta sinótica, deve-se observar a incursão e a influência do anticiclone polar na área de estudo. No entanto, difere claramente da mPA pela diminuição sensível da pressão atmosférica original, além da maior temperatura ao adquirir as características tropicais.
mPvc	Semelhante à mPv, este sistema é formado a partir de mPa quando perde suas propriedades originais. No entanto, sua modificação ocorreu pela trajetória continental da migração do anticiclone, diminuindo principalmente a umidade relativa.	Apresenta os mesmos critérios da mPv, no entanto, é classificado como mPvc quando a trajetória do anticiclone ocorre pelo continente, resultando em umidade relativa muito baixa.

Fonte: MONTEIRO, 1969; 1973; 2000; NIMER, 1989; SERRA e RATABONA, 1942; ZAVATTINI e BOIN, 2013; FONTÃO e ZAVATTINI, 2017.

A incursão do ar polar da latitude média em direção às latitudes mais baixas está ligada ao avanço das frentes frias, cuja trajetória e movimento exibem um comportamento diferente ao longo do ano. Em geral, a origem dos sistemas frontais na região da área de estudo encontra-se nos avanços da mPa em direção ao Sudeste brasileiro, geralmente

associada a tipos de tempo nublados e chuvosos, com ocorrência de ventos fortes e queda na temperatura. Durante o outono e o inverno, a penetração do ar polar é mais intensa no sudeste brasileiro, enquanto na primavera e no verão essa incursão apresenta maior resistência pelas massas de ar tropicais. O Quadro 2 apresenta os diferentes tipos de sistemas frontais que atuam na RMSP, e explicam os critérios utilizados para a classificação de cada tipo. Além disso, o quadro fornece informações sobre a Linha de Instabilidade Tropical (LI), sistema individualizado que devido a encontrar-se associado às massas de ar, não pode ser classificado como uma frente.

Quadro 2 - Sistemas Frontais e Sistemas Individualizados: critérios para classificação.

Tipo	Critério para classificação
FPA	Esse sistema é representado na carta sinótica por um símbolo específico nos limites do avanço da mPa em direção à área de estudo. Uma queda na temperatura e pressão atmosférica deve ser observada nos dados meteorológicos, além de um aumento da umidade, nebulosidade e possível precipitação.
FPR	Este sistema ocorre quando, após o ar polar ter avançado sobre a região, observa-se a formação de uma calha induzida no anticiclone formando uma linha de instabilidade, que pode ser identificado na carta sinótica pelo símbolo da frontogênese sobre o oceano. O aumento da umidade e nebulosidade pode ser observado nos dados meteorológicos.
DIS	A frente em dissipação é representada na carta sinótica como uma frontólise sobre a região. Nos dados, verifica-se um aumento da insolação e a diminuição da umidade e nebulosidade podem ser observadas ao longo do dia.
REP	Este sistema é classificado quando a aproximação da FPA é observada através da carta sinótica, porém não chega a atuar diretamente sobre a área de estudo. Mesmo assim, uma mudança significativa já pode ser observada nas variáveis climáticas, como um aumento da nebulosidade e umidade, diminuição da amplitude térmica e, na maioria dos casos, ocorrência de precipitação pouco intensa.
EST	Este sistema possui um símbolo específico para frente estacionária na carta sinótica e pode ser classificado quando um sistema frontal está se movendo muito devagar ou está estacionado por alguns dias na região. Tais episódios vêm associados à elevada nebulosidade e ocorrência de precipitação.
QTE	Trata-se da ocorrência do setor quente de retorno do sistema frontal no continente, que pode ser identificado como uma frente quente na carta sinótica. Normalmente, encontra-se associado a uma maior nebulosidade e temperatura, além da ocorrência de precipitação.
LI	Linhas de instabilidade podem aparecer em massas de ar, especialmente na mTa e mTc, identificadas na carta sinótica como um cavado ou calha influenciando o sistema atmosférico. Essas linhas de pressão intensificam o movimento convectivo, gerando instabilidade na massa de ar. O aumento da umidade e precipitação geralmente pode ser observado a partir de sua ocorrência.

Fonte: MONTEIRO, 1969; 1973; 2000; NIMER, 1989; SERRA e RATISBONA, 1942; ZAVATTINI e BOIN, 2013; FONTÃO e ZAVATTINI, 2017.

Após a identificação de todos os sistemas atmosféricos, duas vezes ao dia para o período entre 2003 a 2014, o próximo passo trata-se de uma análise dos dados gerados através do ponto de vista qualitativo. Dessa maneira de interpretar o *ritmo* pluvial, destaca-se a observação e comparação da frequência dos sistemas atmosféricos ao longo dos dias, meses e

estações do ano, tornando possível identificar tipos de tempo mais recorrentes, sistemas atmosféricos habituais ou distintos em uma sequência contínua. Através do ritmo, visto como um retorno regular, grosso modo, às mesmas condições atmosféricas e padrões climáticos ano após ano, ou período após período, a análise irá buscar identificar o encadeamento dos sistemas atmosféricos e sua recorrência na região, seja habitualmente esperada, resultando em condições para as quais a população residente e os mananciais para abastecimento hídrico estão preparados, ou situações excepcionais, resultando em condições e episódios extremos para a região em foco.

No processo de elaboração da Análise Rítmica em Climatologia, diversas foram as bibliografias mais recentes que auxiliaram na realização dessa investigação (FONTÃO 2014; FONTÃO e ZAVATTINI, 2017; MONTEIRO, 2015; ZAVATTINI, 2009; ZAVATTINI e BOIN, 2013, e inúmeras outras). Todavia, procurou-se nessa Tese valorizar os fundamentos teóricos clássicos, obras que, apesar de antigas em termos de datas e aparatos tecnológicos, possuem orientações fundamentais e um elevado valor científico para a ciência contemporânea, como é o caso das colocações a seguir feitas por Monteiro (1969, p. 13), a quase meio século atrás:

"Acreditamos que a abordagem alcança o nível geográfico quando colocamos a análise dos tipos de tempo em seqüência contínua. Embora nas mais diferentes escalas de tempo ou espaço - desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região até a análise episódica de um fenômeno local - será necessária a continuidade da seqüência. Por coerência com a noção de "sucessão" de que se reveste o caráter geográfico do clima. Porque só o encadeamento dos estados atmosféricos mostra os "tipos" esquematizados na análise meteorológica precedente, em suas perspectivas reais, revestidos de suas infinitas gradações e facetas. Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a seqüência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica".

(...)

"Esta análise dinâmica é fundamental à definição dos sistemas morfoclimáticos (...); dá-nos conta do fornecimento da água, cujos mecanismos de escoamento e infiltração seguem um ritmo que não pode ignorar aquele de onde provêm" (MONTEIRO, 1969, p. 13).

Tais afirmações corroboram com a ideia fundamental que norteia o paradigma do ritmo climático e propõe integrar a análise dinâmica às outras esferas geográficas como, por exemplo, o fornecimento da água. Em uma publicação um pouco mais recente, Monteiro

(1991, p. 131) dá continuidade à suas convicções redigindo que é “exatamente aquela de poder sintonizá-lo às demais dinâmicas das outras esferas: dos processos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos e (por que não?) os antrópicos”. Portanto, o presente estudo procurou a partir dos resultados obtidos nessa análise, observar as arritmias na sucessão dos estados atmosféricos, ou seja, sequências excepcionais de tipos de tempo que podem ser capazes de desencadear episódios extremos e impactos em que a sociedade não está necessariamente preparada para enfrentar.

3.7 Procedimentos de análise dos fenômenos em escala zonal/global

Em referência aos fenômenos em escala zonal/global, cuja grandeza e proporção escalar (temporal e espacial) extrapolam os domínios e as sequências temporais avaliadas na Análise Rítmica, antes de tudo deve-se reconhecer o indiscutível valor e relevância de considerá-los e investigá-los no campo científico, tendo em vista a importância de seus ciclos e oscilações na atmosfera do Planeta. No entanto, por tratar-se de um estudo que focaliza suas análises numa série temporal relativamente curta (13 anos) e num âmbito regional restrito (RMSP e seu entorno), quase em nível sub-regional, enfatiza-se que múltiplos fenômenos, ciclos climáticos e questões de maior abrangência (temporal e espacial) não serão priorizados nesse tópico, procurando atender-se aos de maior repercussão na esfera geográfica.

Dessa maneira, o presente estudo optou por selecionar e dar ênfase às repercussões geográficas dos dois seguintes eventos na área de estudo: as oscilações do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), particularmente enfatizando e avaliando o registro temporal das anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) positivas (El Niño) e negativas (La Niña) no oceano Pacífico equatorial, e a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no território brasileiro, sobretudo quando estruturada e posicionada sobre a região de estudo, exercendo influência direta.

No caso do ENOS, adquiriram-se os dados em nível mensal (1950-2015) do Índice Multivariado de ENOS (IME) propostos e elaborados por Wolter e Timlin (1998; 2011), e disponibilizados de forma atualizada pelo *Earth System Research Laboratory* da NOAA (2018). Do mesmo modo, obteve no elenco da NOAA um histórico dos episódios de El Niño e La Niña, conforme o período de ocorrência e a intensidade dos mesmos. Para não entrar em questões teórico-conceituais mais amplas, o presente estudo optou por analisar os dados

através de gráficos gerados em *Microsoft Excel* 2016 e levou-se em conta as publicações na área (OLIVEIRA, 1999; COELHO *et al.*, 2002; MINUZZI, 2006, dentre outros).

A ZCAS, embora seja um fenômeno um pouco mais recente na literatura científica (KOUSKY, 1988; KODAMA, 1992), têm apresentado certo destaque nos últimos anos, inclusive revelando-se em notícias e informações divulgadas pelos meios de comunicação. De maneira geral, o mecanismo é retratado no glossário *online* do CPTEC/INPE (2018) da seguinte maneira:

“pode ser identificada, na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul, ou ainda em padrões de distribuição de radiação de onda longa. Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estão ainda totalmente definidos, porém, estudos indicam que esse sistema sofre influências de fatores remotos e locais. Aparentemente as influências remotas modulam o início, duração e localização da ZCAS, enquanto os fatores locais são determinantes para a ocorrência desse”.

(...)

“Nos fatores remotos a simulação de uma onda estacionária associada à um modelo de circulação geral da atmosfera mostrou que a existência dessa onda estava vinculada à convecção na região tropical e nas próprias Zonas de Convergência” (CPTEC/INPE, 2018).

Assim, levando-se em conta a possibilidade de ocorrerem divergências metodológicas no processo de classificação por parte do investigador e/ou meteorologista frente ao modelo teórico-conceitual de ZCAS, utilizou-se como fonte de dados os registros mensais de perturbações atmosféricas sobre o Brasil divulgados e analisados pelo Boletim Climanálise (CLIMANÁLISE, 2018), elaborados por pesquisadores do CPTEC/INPE. Nele, encontram-se publicados todos os episódios de ZCAS configurados no território brasileiro nos anos 2003-2014, cabendo ressaltar que o ano 2015 mostrou-se ausente devido ao fim das edições do boletim. A partir da análise empírica dos episódios e das descrições contidas na publicação, elaborou-se um gráfico sintetizando temporalmente todos os eventos ocorridos no Brasil e os que efetivamente repercutiram e interferiram, mesmo que durante apenas alguns dias, na área de estudo. Estudos recentes na área contribuíram para avaliar em maiores detalhes os resultados (QUADRO *et al.*, 2016; DUTRA *et al.*, 2018, dentre outros).

3.8. Procedimentos de organização e análise dos dados de armazenamento hídrico

O procedimento de levantamento e coleta dos dados de volume (índice armazenado) dos sistemas produtores, vazões afluentes, produção e consumo de água foi feito através do *website* e/ou solicitação direta à Sabesp (2018), entidade responsável por gerar, manter e gerir tais dados. Tal Companhia é encarregada, atualmente, pela operação direta dos serviços de captação, tratamento e distribuição de água em 34 dos 39 municípios que compõem a RMSP, além de fornecer água de forma indireta (no regime de atacado) aos outros 5 restantes que possuem companhias de saneamento sob administração municipal: Guarulhos, Mauá, Mogi das Cruzes, Santo André e São Caetano do Sul (SABESP, 2017).

Em relação aos mananciais e sistemas produtores de água para o abastecimento público da RMSP, a Sabesp (2018) é a responsável por gerenciar o Sistema Integrado Metropolitano (SIM), basicamente composto por um conjunto de represas e barragens, cuja principal finalidade é armazenar água durante o período chuvoso, visando garantir o abastecimento durante o período de estiagem. Ademais, essas reservas hídricas são úteis para o controle de cheias, retendo parte da vazão que alcançaria as áreas urbanizadas da RMSP e, dessa maneira, são capazes de evitar ou reduzir os impactos das inundações. O SIM é composto por várias represas e seis grandes sistemas produtores de água para o abastecimento público, e que dispõe do índice armazenado (em %) divulgado diariamente pela Sabesp, a saber: Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro e Cotia.

A respeito do índice de armazenamento divulgado pela Sabesp, trata-se do percentual do Volume Útil armazenado em relação ao Volume Total dos reservatórios que compõe cada sistema. Para Lopes e Santos (2002, p.6), o Volume Útil de um reservatório corresponde ao “volume compreendido entre os níveis d'água mínimo operacional e máximo operacional (...) é o volume efetivamente destinado à operação do reservatório, ou seja, ao atendimento das diversas demandas de água”, formulado e dimensionado por um método específico e, nesse caso, elaborado e tratado quantitativamente pela Sabesp.

No tocante ao Sistema Cantareira, principal manancial de abastecimento e foco dessa investigação, destacou-se durante a crise hídrica a utilização de sua reserva técnica, também conhecida pelo conceito de Volume Morto, que corresponde à “parcela do volume total do reservatório inativa ou indisponível para fins de captação de água. Corresponde ao volume do reservatório compreendido abaixo do NA (nível d'água) mínimo operacional” (LOPES e SANTOS, 2002, p.5). No caso, além das adversidades enfrentadas no sistema, cuja situação excepcional levou à utilização do Volume Morto, houve a necessidade de reestruturar a

metodologia de cálculo do índice de armazenamento, e a Sabesp passou a divulgar três índices diferentes, conforme descreve a Figura 17.

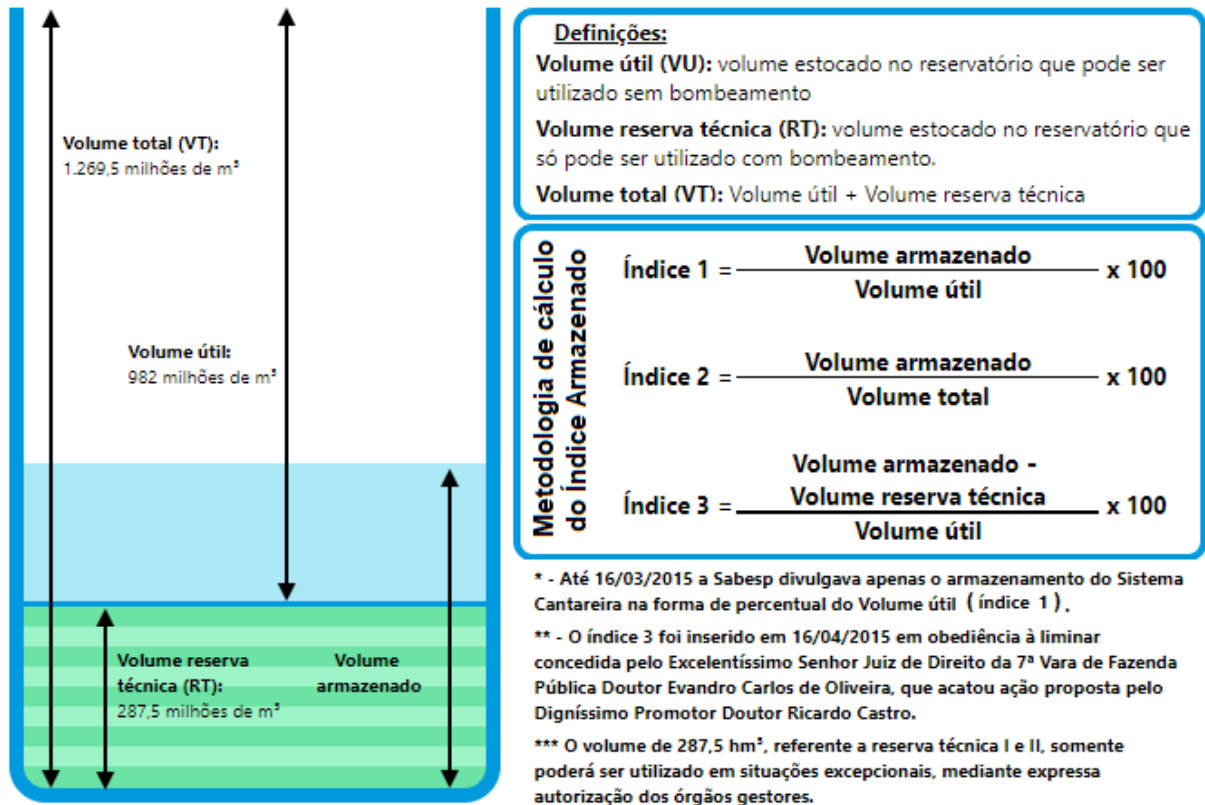


Figura 17 – Tipos de volume hídrico e os três índices de armazenamento do Sistema Cantareira

Fonte: SABESP, 2018 – Adaptado.

Desse modo, tendo em vista a intrínseca relação entre o ritmo pluvial e o armazenamento hídrico, realizou-se a descrição dos dados e uma análise detalhada do Sistema Cantareira. Entretanto, deve-se deixar claro que, apesar de existirem outras variáveis que podem influenciar nos processos de interceptação das chuvas, esta etapa privilegiou o controle dominante da variável precipitação na vazão afluente e, por sua vez, na recarga dos reservatórios inseridos nos limites hidrográficos do sistema, além de considerar as variações dos volumes de produção hídrica (captação) efetuados no sistema. Posteriormente, analisou-se de maneira sintética as sequências atmosféricas habituais e excepcionais que, além de relacionar-se com o ritmo pluvial, promoveram cadeias de tipos de tempo favoráveis (ou não) à recarga dos volumes hídricos.

Por fim, para a confecção dos gráficos, utilizou-se na maioria dos casos o *Excel 2016* e, na elaboração dos diagramas pelo modelo Boxplot, empregou-se o software *R Project for*

Statistical Computing 3.5. No caso dos gráficos Boxplot, trata-se de um instrumento metodológico que revela os quartis, a mediana e os valores extremos num determinado conjunto de dados. Apesar de alguns pesquisadores na área de Climatologia Geográfica utilizarem e defenderem a aplicação desse método estatístico para a identificação dos anos padrão (SILVESTRE *et al.*, 2013; SCHNEIDER e SILVA, 2014), procurou-se somente estabelecer parâmetros válidos para avaliar os volumes habituais (e excepcionais) de precipitação e das vazões médias mensais afluentes do Sistema Cantareira.

3.9. Análise de conteúdo e análise de discurso em notícias de jornais

A presente etapa da investigação busca verificar e analisar os impactos no abastecimento urbano da RMSP desenrolados durante os anos de 2003 a 2015 e, por meio da frequência e conteúdo das notícias de jornais de grande circulação divulgadas no período, presumir e estabelecer uma relação entre a periodicidade das publicações a respeito do tema, e respectivas questões abordadas, às variações do ritmo pluvial e do volume armazenado no Sistema Cantareira, dando ênfase aos períodos de maior repercussão dos impactos à população. Para tanto, a pesquisa apoia-se na avaliação de notícias por intermédio da utilização de procedimentos sistemáticos e objetivos para agrupar e descrever conteúdos, no caso destacando-se a análise de conteúdo proposta por Laurence Bardin (2010), além de outras publicações relevantes acerca do tema e da análise de discurso (PÊCHEUX, 1988; 2006; SONNETT *et al.*, 2006; PANEQUE SALGADO, 2015a; 2015b, dentre outros).

Isto posto, Bardin (2010) elenca e organiza os procedimentos da pesquisa em três fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados (e interpretação dos mesmos). Raigada (2002) detalha e aprofunda a respeito da metodologia da análise de conteúdo, e reforça as alternativas técnicas utilizando os recursos de *softwares* disponíveis. Ademais, deve-se atentar às diferenças teóricas entre a Análise de Discurso e a Análise de Conteúdo (CAREGNATO e MUTTI, 2006). Em geral, levando-se em conta diversas publicações auxiliares a respeito do tema (GODOI *et al.*, 2006; MOZZATO e GRZYBOVSKI, 2011, dentre outros), um fato que se sobressai é a necessidade primordial de planejar bem todas as etapas da investigação antes de executar, pois caso houver a necessidade de retroceder um estágio da pesquisa, o trabalho será árduo visto que o ensaio terá que ser todo refeito.

Diante disso, o primeiro passo da pesquisa foi restringir e selecionar quais os documentos a serem analisados, no caso os jornais diários de grande circulação. Segundo a Associação Nacional de Jornais (ANJ, 2018), os periódicos Folha de São Paulo (FOLHA, 2018) e O Estado de São Paulo (ESTADÃO, 2018) são os dois principais jornais que abrangem de maneira específica a RMSP, e contam com notícias que abordam os principais assuntos e fatos diários que ocorrem na Grande São Paulo através dos cadernos Cotidiano (FOLHA) e Cidades/Metrópole (ESTADÃO). A Figura 18 ilustra, na forma gráfica, o número de exemplares que circulam diariamente entre os anos 2003 e 2015.

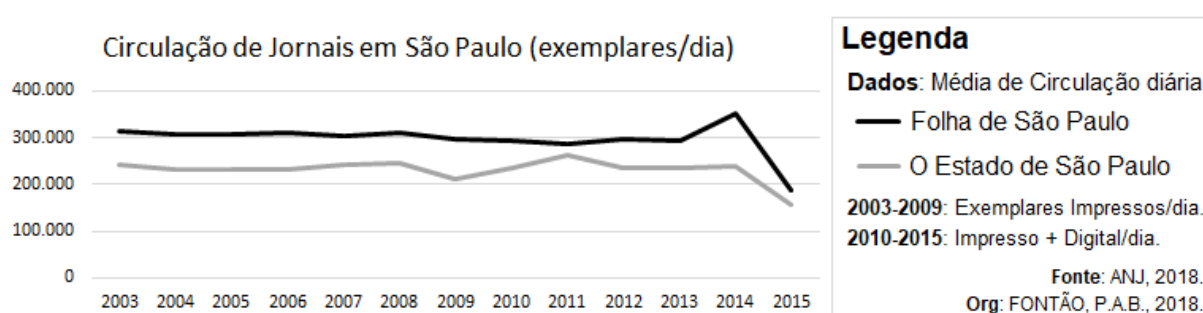


Figura 18 – Média de circulação diária dos jornais Folha e Estadão (2003-2015).

Com exceção do ano 2015, que sofreu um declínio, ambos os jornais contaram em média com valores superiores a 200 mil exemplares diários, demonstrando a influência dos periódicos na metrópole paulista. Por conseguinte, recorreu-se ao Acervo *Online* (Edição Impressa) da Folha e do Estadão para identificar e selecionar as notícias divulgadas nos cadernos Cotidiano e Cidades/Metrópole, referentes aos temas de interesse dessa pesquisa: seca, abastecimento urbano (e respectivos impactos) e falta d'água. Utilizou-se para auxiliar na identificação das notícias, as seguintes palavras-chave: água, seca, cantareira, abastecimento. Todavia, apesar do auxílio das palavras para distinguir as notícias, recorreu-se a leituras diárias das edições visando verificar se havia efetivamente referência aos temas de interesse dessa investigação. Deve-se ressaltar, ainda, que somente foram elencadas notícias relacionadas à Área de Estudo definida no projeto de investigação, ou seja, quando o assunto abordado era sobre outra região (interior de São Paulo ou outros estados brasileiros), a reportagem era desconsiderada.

Dessa maneira, realizou-se o *download* de todas as páginas com notícias e notas técnicas referentes aos assuntos dessa pesquisa publicados nos cadernos Cotidiano (Folha) e Cidades e Metrópole (Estadão) no período 2003-2015, e organizou-se todo o elenco pela data de ocorrência em planilhas do *Microsoft Excel*. Quando houve alguma nota a respeito do tema

na capa do jornal, adotou-se um processo semelhante de organização e registro. Tais procedimentos visam tornar possível avaliar a frequência e a quantidade com que essas notícias de jornais são publicadas, e verificar períodos de baixa (ou nenhuma) ocorrência de notícias sobre o tema e intervalos de tempo cujas notícias são recorrentes (e quase diárias) a respeito de determinado assunto.

Assim, elencou-se o período de maior frequência das notícias a respeito do tema para realizar um estudo de caso de natureza qualitativa e quantitativa a partir da análise descritiva e exploratória do conteúdo, auxiliada pelo *software* de pesquisas qualitativas *Atlas.ti 7.5.4*, da *GmbH, Berlin* (GODOI *et al*, 2006; ARIZA *et al.*, 2015). Nessa análise de conteúdo, efetuou-se a leitura individual de todas as reportagens selecionadas visando identificar e destacar, por meio da codificação individual, citações nas notícias (ou “*Quatations*” – trechos relevantes que exprimiram opinião sobre algum tema pré-selecionado) que exprimissem opiniões a respeito do episódio em destaque (seca/falta d’água) e que abordassem os seguintes temas: Causa, Consequências e Medidas Adotadas.

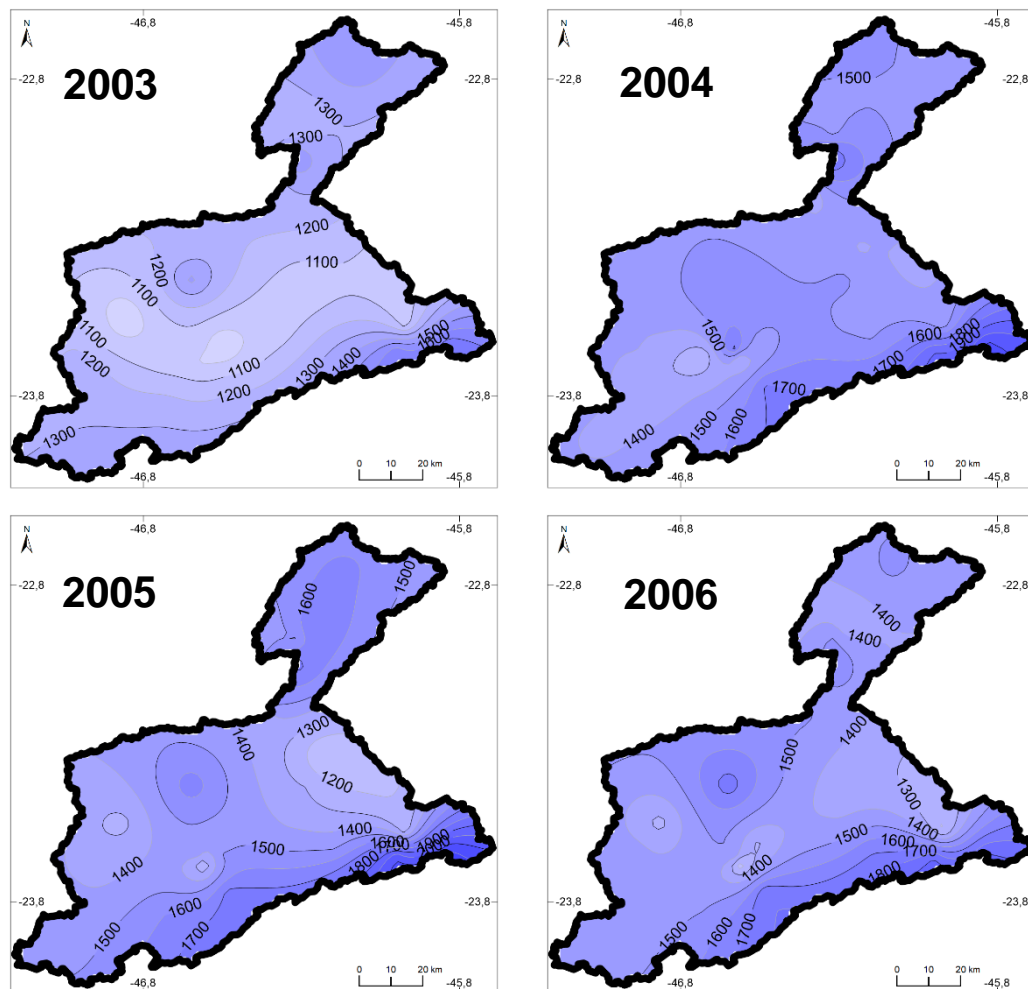
Do mesmo modo, no exato momento que as citações eram individualizadas e destacadas nas notícias por meio do *software* (referente ao tema/opinião), codificou-se conjuntamente quais foram os agentes (Atores sociais) que expressaram pareceres e/ou interpretações acerca desse assunto abordado, adotando um código individual para referência de cada um dos atores sociais (instituições, organizações, esferas de Governo, etc) que discorreram sobre determinados assuntos, e que posteriormente foram agrupados em famílias de códigos. Nesse contexto, ressalta-se que, caso a citação tenha sido concebida por dois ou mais atores sociais, pode-se acumular mais de um código (agente) por citação.

Por fim, na posse de todas as citações publicadas (e respectivos códigos), foi realizada uma análise interpretativa e a discussão dos resultados obtidos (temas/opiniões e atores) na busca por entender os processos que afetaram gestão das águas, e avaliar em sequência cronológica as principais famílias de atores protagonistas nos debates em questão. Dessarte, analisou-se os discursos a respeito das **causas** apontadas para o problema em destaque, as principais **consequências** que a RMSP pode ter enfrentado e quais foram as **medidas** adotadas (e por quem) para mitigar e/ou solucionar o problema enfrentado. Para auxiliar no desenvolvimento dessa etapa, foram utilizadas publicações recentes da área de estudo, e que abordam o tema por um ponto de vista convergente (JACOBI *et al.*, 2015; MARTIRANI e PERES, 2016; BICUDO, 2017; CHECCO, 2018; dentre outros).

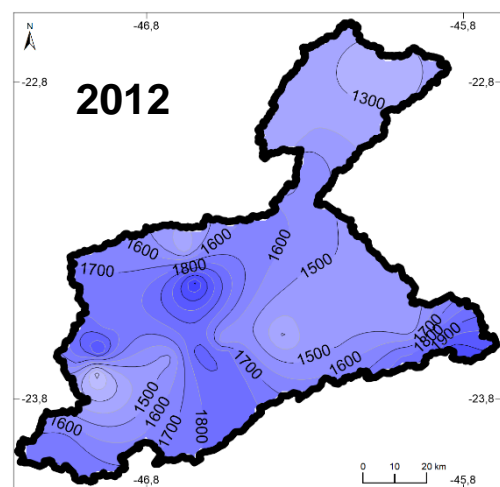
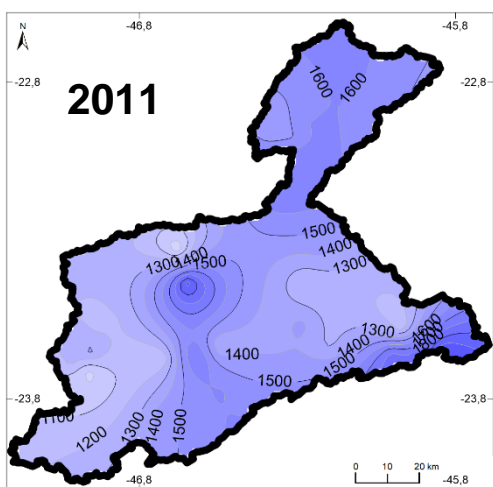
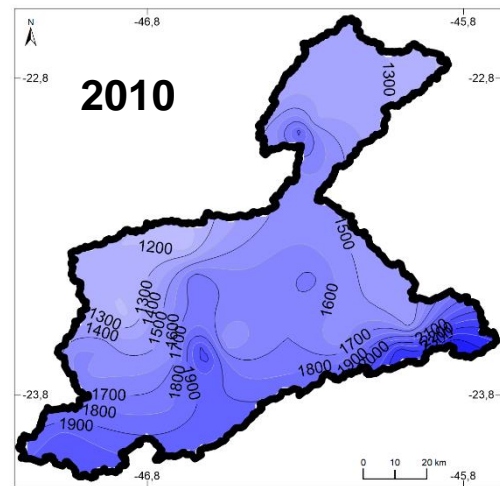
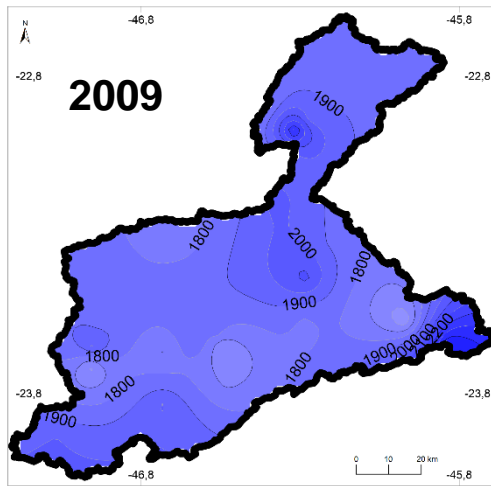
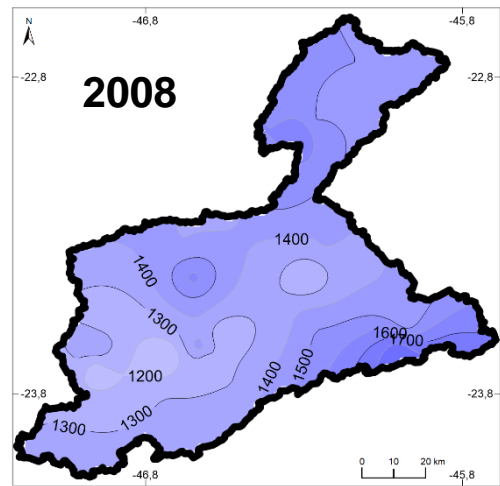
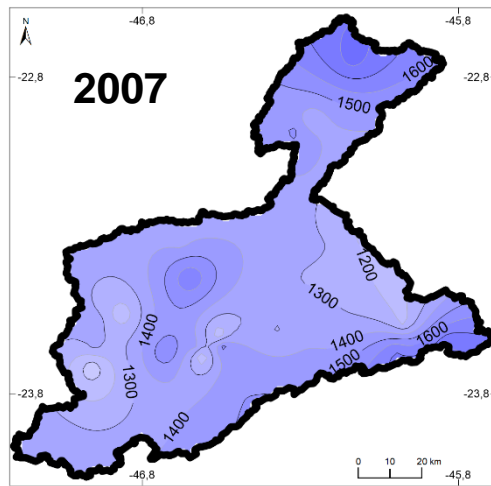
4. AS VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Descrição geral da distribuição temporal e espacial das chuvas

A partir das sessões anteriores, foi possível visualizar todo o processo para a escolha, arranjo e tratamento dos dados pluviométricos, seja em escala anual, sazonal, mensal ou diária, além dos procedimentos metodológicos previstos para especializar as chuvas, dando uma visão mais ampla do fenômeno ao longo do espaço. Trata-se de procedimentos visando sempre melhorar a representação e análise da distribuição pluvial, ao longo de toda a área de estudo. Assim, a princípio em escala anual, foi possível gerar um total de 13 cartas pluviométricas ilustradas através da Figura 19 que evidenciam a variabilidade dos volumes totais de chuvas que precipitaram ao longo dos anos 2003 a 2015.



(a)



(b)

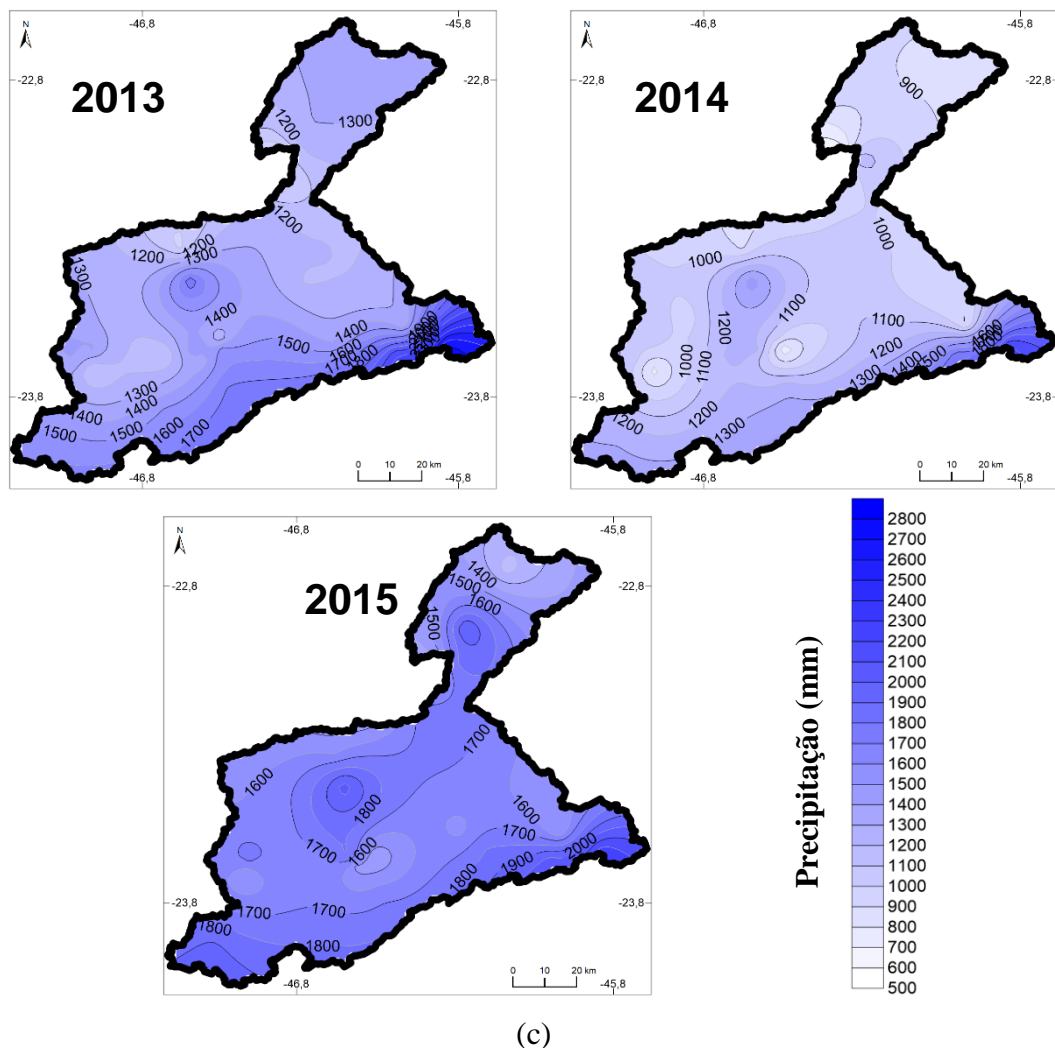


Figura 19 – Distribuição anual do total de precipitação na área de estudo: 2003-2006 (a), 2007-2012 (b) e 2013-2015 (c).

Em uma análise primária das cartas pluviométricas verificam-se os anos 2014 e 2003, respectivamente, como os mais secos em nível de distribuição regional. Do mesmo modo, o ano de 2009 mostrou-se mais chuvosos em relação aos demais, em termos de volume total. Comparando-se as diferentes regiões ilustradas, e considerando a variabilidade anual, de modo geral o interior do Sistema Cantareira revelou-se mais chuvosos que a área central da RMSP desde 2003 até o ano de 2009. Todavia, sobretudo a partir de 2012, já se verificam menores volumes anuais de precipitação na região setentrional da área de estudo e, em específico, no setor onde inserem-se os mananciais do Sistema Cantareira, contrapondo-se à área central e sul da metrópole paulista, mais chuvosa no período em termos espaciais.

Na condição de elencar o setor mais chuvoso da área de estudo, desconsiderando nesse caso a variabilidade interanual, destaca-se indiscutivelmente o setor sudeste da metrópole

onde localiza-se a Serra do Mar, característica já bastante conhecida e amplamente estudada devido ao relevo e sua maior proximidade com o Oceano Atlântico (SANT'ANNA NETO, 1995; BLANCO, 1999; CABRAL, 2002; PELLEGGATTI e GALVANI, 2010, dentre outros). Porém, apesar dessa constatação, a variabilidade pluviométrica ao longo dos anos é algo imprescindível na área de estudo, cujos totais anuais oscilaram consideravelmente no período, principalmente por tratar-se de uma série histórica relativamente curta (13 anos), havendo inclusive 17 postos pluviométricos que superaram 1000 mm de amplitude nos dados.

A precipitação reduzida ao longo dos últimos anos da série no Sistema Cantareira sugere algumas questões que não são possíveis de resposta numa análise em nível anual de dados, todavia sua elucidação é de caráter essencial para o avanço da pesquisa científica. Nesse sentido, é importante ressaltar que foram elencados e organizados todos os dados de precipitação em nível sazonal e mensal, visando prosseguir na investigação e apoiar nas análises das chuvas, tendo em vista a auxiliar (posteriormente) nos resultados da análise rítmica.

No entanto, ressalta-se que, no momento, transcrever todas as cartas pluviométricas elaboradas em nível sazonal/mensal tornou-se árduo e inoportuno, visto que se trata de um grande volume de imagens e que pouco acrescentariam nessa etapa para o prosseguimento da Tese, visto que não é o real foco dessa investigação. Deve-se ressaltar que, para a série histórica de 13 anos, gerou-se um total de 156 cartas mensais e 52 cartas sazonais, que auxiliaram no processo descritivo da Análise Rítmica. Desse modo, considerando que tal etapa se preocupa essencialmente com uma descrição geral e introdutória das precipitações, visando proporcionar fundamentos para prosseguir à uma análise detalhada do ritmo pluvial, a presente pesquisa optou por transcrever somente as cartas pluviométricas geradas em nível anual.

Dando sequência às análises descritivas da variabilidade (temporal e espacial) das chuvas, no intuito de compreender as precipitações habituais e excepcionais em nível mensal, selecionou-se 4 postos representativos no sentido nordeste-sudoeste, que se encontram arranjados aproximadamente na forma de um transepto, sendo eles: Posto 8 - Camanducaia (ao norte do Sistema Cantareira), Posto 13 - Joanópolis (área central do Sistema Cantareira), Posto 24 - Nazaré Paulista (ao sul do Sistema Cantareira) e Posto 42 – Observatório IAG (fora dos limites hídricos do Sistema Cantareira, localizado na cidade de São Paulo). A localização dos postos citados pode ser conferida na Figura 20, e a variação dos dados mensais através do modelo Boxplot (1975-2015) podem ser observados na Figura 21.

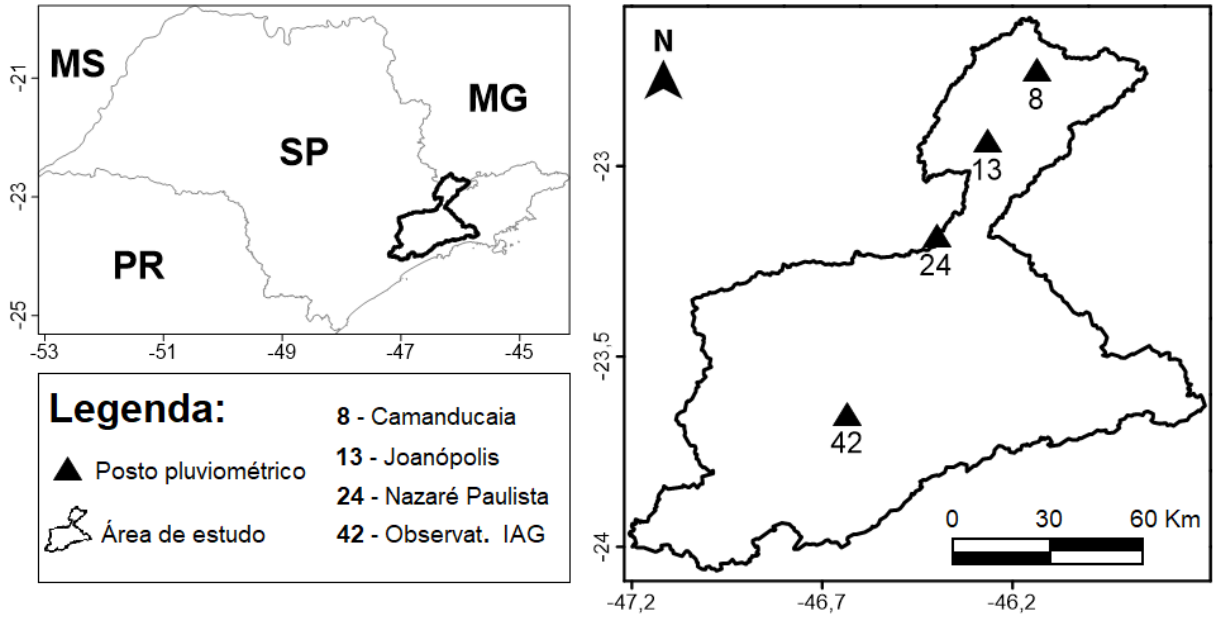


Figura 20 – Localização dos 4 postos pluviométricos representativos no sentido nordeste-sudoeste.

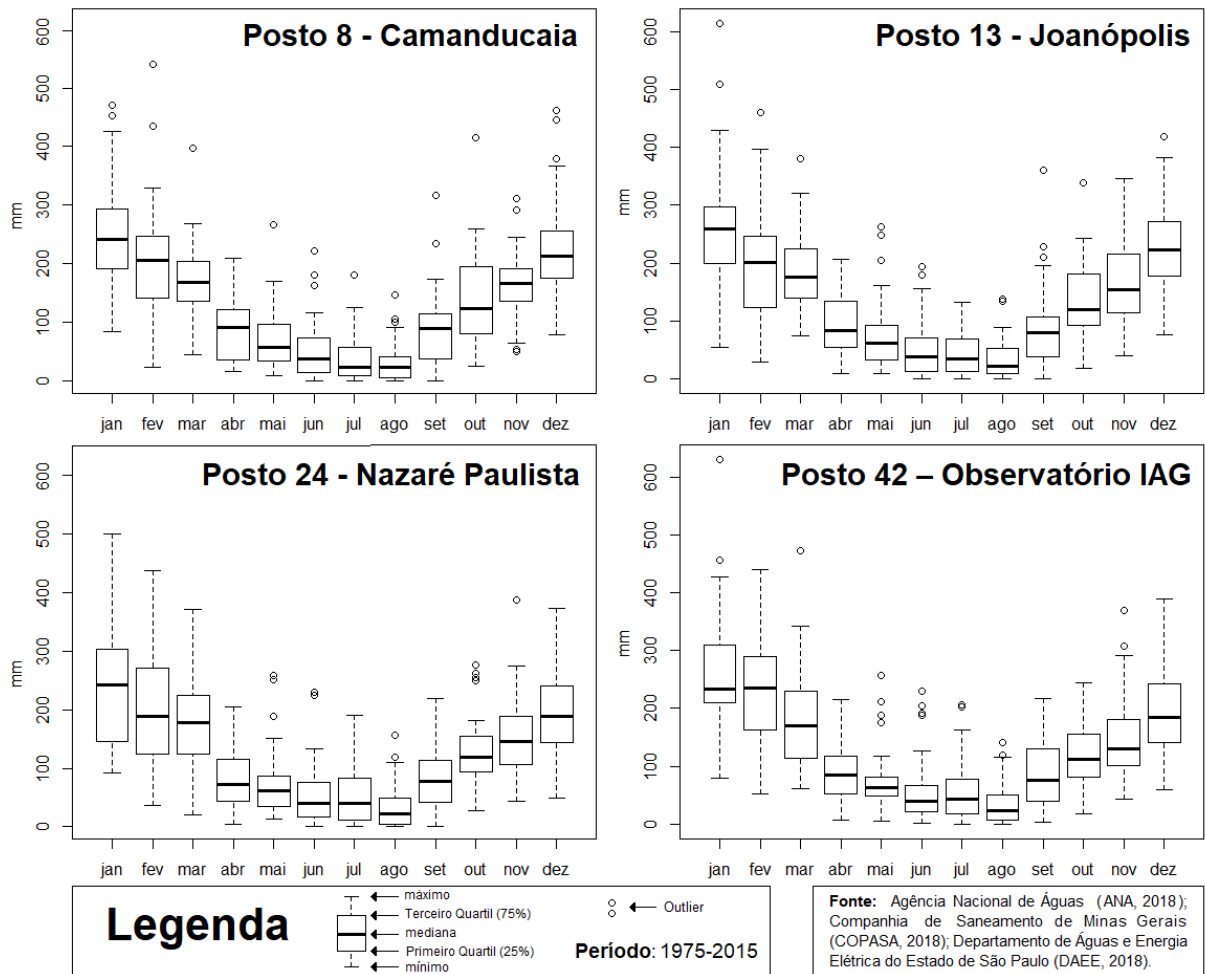


Figura 21 - Variabilidade mensal das chuvas pelo modelo Boxplot (1975-2015) nos 4 postos representativos.

De maneira geral, nos 4 postos é possível notar um regime hídrico bem definido, mesmo considerando a variabilidade e/ou períodos extremos, havendo uma concentração das chuvas nos trimestres janeiro-fevereiro-março e outubro-novembro-dezembro (primavera e verão austrais). Deste regime, típico das regiões tropicais paulistas (SANT'ANNA NETO, 1995), nota-se uma redução da precipitação ao longo do mês de abril até setembro, agravando-se nos meses de junho-julho e, principalmente, no mês de agosto. A grande presença de outliers, ou seja, valores extremos, reforça a grande variabilidade das chuvas mensais, com destaque para a existência de meses excepcionalmente chuvosos em relação ao habitual apresentado nos quartis mais frequentes de cada posto pluviométrico.

Partindo dos 4 pluviômetros citados anteriormente na Figura 20, foram elaborados também gráficos de distribuição das chuvas em nível mensal ocorridas em sequência durante período de estudo (2003-2015) e que, por tratar-se de uma análise vinculada aos principais mananciais de abastecimento da metrópole, foram relacionados à variabilidade do volume do Sistema Cantareira, elaborada segundo o volume útil total estipulado em 982 milhões de m³, além de indicar os dois momentos de inclusão do chamado “volume morto” (PORTO *et al.*, 2014; SABESP, 2018) ocorrida nos dias 16 de maio e 24 de outubro de 2014, adicionando, respectivamente, 182,5 milhões de m³ e 105 milhões de m³ ao cálculo do volume total do sistema. A Figura 22 ilustra os dados pluviométricos e fluviométricos dispostos sequencialmente.

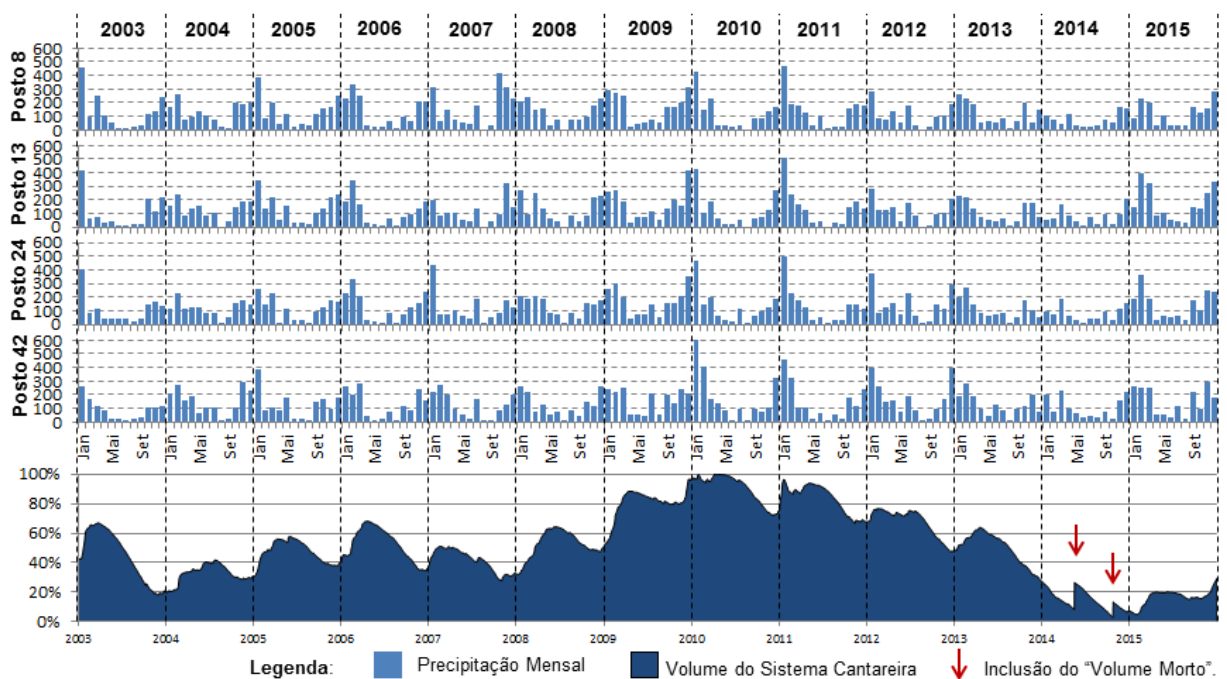


Figura 22 - Precipitação mensal nos 4 postos representativos e o volume do Sistema Cantareira.

Ao observar as precipitações mensais pelos postos em transepto no sentido nordeste-sudoeste, é possível notar alguns períodos de chuva mais elevada no setor setentrional como é o caso, por exemplo, dos meses de outubro de 2007 a março de 2008 (primavera e verão). Em um sentido oposto, nota-se também situações onde ocorre tal desigualdade intrarregional, a título de exemplo a ocorrência de chuvas bem mais volumosas na área meridional no período de janeiro a março de 2010 e 2012.

No caso do período de outono-inverno, apesar de algumas exceções (a exemplo de julho de 2009), as diferenças interregionais no total das chuvas mensais mostraram-se inferiores à primavera e verão, devido à pouca precipitação nos meses de abril a setembro, havendo casos inclusive de ausência de registros de chuva em alguns meses de anos específicos (2007, 2008, 2011 e 2012). A precipitação muito baixa durante o outono-inverno não necessariamente caracteriza um ano seco, entretanto, quando ocorre redução dos volumes pluviais em trimestres habitualmente úmidos (primavera-verão), eventualmente pode-se ocasionar possíveis problemas e déficit hídrico, como é o caso dos anos 2003 e 2014 em que registraram-se baixos volumes de chuva em trimestres habitualmente úmidos

A partir da análise da figura, verifica-se a precipitação mensal ocorrida nos postos para toda a série (2003-2015), destacando-se no período um volume elevado do Sistema Cantareira entre os anos de 2007 a 2011. Todavia, entre os anos 2012 e 2014, a precipitação mensal mostrou-se pouco volumosa ao longo de sua sazonalidade. O volume do Sistema Cantareira acompanhou tal dinâmica, principalmente ao observar que no ano 2010 o sistema havia atingido um índice de 100% e, desde a metade de 2011, seu volume passou a diminuir aos poucos. Após 2012, apesar de alguns incrementos sazonais, o sistema apresentou queda expressiva até o ano de 2014, necessitando da inclusão do “volume morto”, sendo um aumento artificial nos dados através da água abaixo da bomba de captação (SABESP, 2018).

4.2. Variações do ritmo pluvial (2003-2015): participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas na RMSP e no Sistema Cantareira

Primeiramente, é importante ressaltar que esta etapa da pesquisa é fundamental para o desenvolvimento e progresso da presente Tese de Doutorado, visto que se encontra fundamentada no paradigma do *ritmo* climático. Nesse sentido, a proposta firme e, quiçá ousada, de realizar a análise rítmica para uma série histórica contínua e que abrange um

elevado número de anos em sequência busca contribuir para o desenvolvimento de uma nova perspectiva desse procedimento metodológico, além de abranger uma nova trajetória temporal (2003-2015) para avaliar a dinâmica da atmosfera à nível regional.

Para tanto, os resultados obtidos através da aplicação da Análise Rítmica aos dados dos anos de 2003 a 2015, que abrangem as variações diárias e horárias de diversos elementos climáticos (temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, precipitação, insolação, vento - direção e intensidade - e nebulosidade), registrados na RMSP pela estação meteorológica de superfície do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP), encontram-se sintetizados nos Apêndices A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L e M, um para cada ano da série histórica. De maneira semelhante, no Sistema Cantareira, aplicou-se a Análise Rítmica para os anos 2003 e 2004 através dos dados da Estação Vargem (temperatura, umidade relativa e precipitação), cujos resultados estão sintetizados no Apêndice N, e para os anos 2005 a 2015 por meio dos dados da Estação Monte Verde (pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa e precipitação), com resultados que se encontram nos Apêndices O, P, Q, R, S e T.

Nessa perspectiva, a partir da representação gráfica comparativa das variações têmpora-espaciais dos sistemas atmosféricos segundo seu registro diário/horário na RMSP e no Sistema Cantareira, durante os anos 2003 a 2015, realizou-se uma análise detalhada de tais resultados no intuito de verificar as variações rítmicas da pluviosidade ao longo da área de estudo. Deve-se ressaltar, no entanto, que a observação das chuvas e sua associação aos sistemas atmosféricos em sucessão visou observar a participação e a resposta dos diferentes tipos de fluxos e perturbações atmosféricas na ocorrência de episódios chuvosos e no volume total precipitado. Desse modo, buscou-se definir as "sequências rítmicas" tidas como recorrentes na região, bem como aquelas que não o são, apreendendo nessa análise as sequências de tipos de tempo habitualmente esperadas e as sequências rítmicas excepcionais, estas provocadoras de inúmeros transtornos na região, e que podem desencadear episódios de chuvas intensas e/ou grandes estiagens.

Isto posto, à princípio foi feita a descrição geral do ritmo pluvial (anual, sazonal e mensal) e a síntese sazonal e mensal da participação dos sistemas atmosféricos em cada um dos anos (2003-2015), contando nesta etapa com o auxílio do "índice de participação" (MONTEIRO, 1964) e frequência das massas de ar e sistemas frontais, calculado segundo o registro diário das cartas sinóticas, duas vezes ao dia, nas unidades espaciais da RMSP e do Sistema Cantareira. Para verificar a gênese das chuvas em nível sazonal, os totais diários de

precipitação pluviométrica foram diretamente associados aos sistemas atmosféricos identificados empiricamente pela Análise Rítmica, somando-se os volumes precipitados no decorrer de cada tipo de tempo responsável pelo episódio chuvoso, averiguados por meio das cartas sinóticas e imagens de satélite. No caso, utilizou-se na RMSP a precipitação diária da estação meteorológica de superfície do IAG-USP, enquanto no Sistema Cantareira aproveitou-se os dados da estação pluviométrica auxiliar Joanópolis (DAEE), ambas as estações contando com dados integrais (sem falhas) no período de 2003 a 2015.

Em relação à síntese dos resultados da análise rítmica, a frequência mensal e anual dos sistemas atmosféricos encontra-se decompostas em porcentagem na forma gráfica, de maneira clara, objetiva e tornando possível realizar comparações entre diferentes anos e/ou períodos, através das Figuras 23 a 47 (números ímpares), que serão apresentadas e descritas posteriormente. Do mesmo modo, a gênese pluvial foi subdividida em nível sazonal por meio de gráficos circulares, de dimensão proporcional ao volume das chuvas trimestrais, e seus resultados aparecem nas Figuras 24 a 48 (números pares). Tais imagens, tanto as que ilustram o índice de participação dos sistemas atmosféricos quanto as que apresentam a gênese das chuvas, encontram-se subdivididas em Sistemas Frontais, Massas de Ar Tropicais e Massas de Ar Polares, no intuito de facilitar a observação e as análises realizadas.

Por fim, essa etapa da pesquisa optou por apresentar no presente capítulo subdivisões anuais para realizar a descrição analítica e sintética da frequência dos sistemas atmosféricos e da gênese das chuvas na RMSP e no Sistema Cantareira, ressaltando-se que apesar da síntese dos resultados estar disposta em parágrafos sazonais, a Análise Rítmica em Climatologia foi realizada em nível diário/horário, e os resultados individuais encontram-se nos Apêndices citados anteriormente. No caso da descrição sazonal, optou-se por utilizar trimestres representativos das quatro estações austrais (1º Trimestre – verão, 2º Trimestre – outono, 3º Trimestre – inverno, 4º Trimestre – primavera). Assim, a seguir são apresentados os resultados dessa análise, e que contribuíram para a identificação das “sequências rítmicas” habituais e excepcionais ao longo do tempo na área de estudo.

4.2.1. Ano 2003

Os gráficos de Análise Rítmica elaborados e analisados na escala diária para o ano de 2003 podem ser conferidas nos Apêndices A e N, com dados representativos da RMSP e do

Sistema Cantareira, respectivamente. No tocante à síntese dos resultados obtidos através da análise rítmica, a Figura 23 ilustra participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e a Figura 24 apresente a gênese pluvial deste ano, fragmentada para as quatro estações representativas do ano.

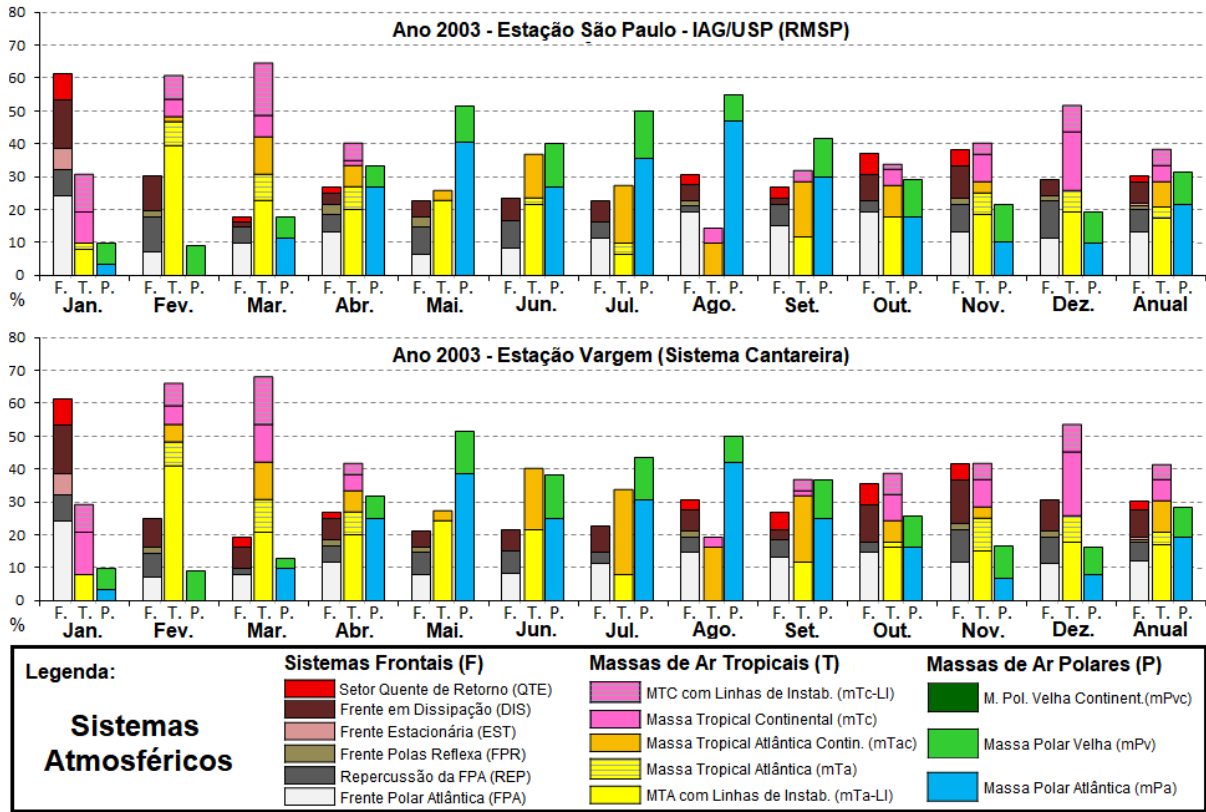


Figura 23 – Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano de 2003.

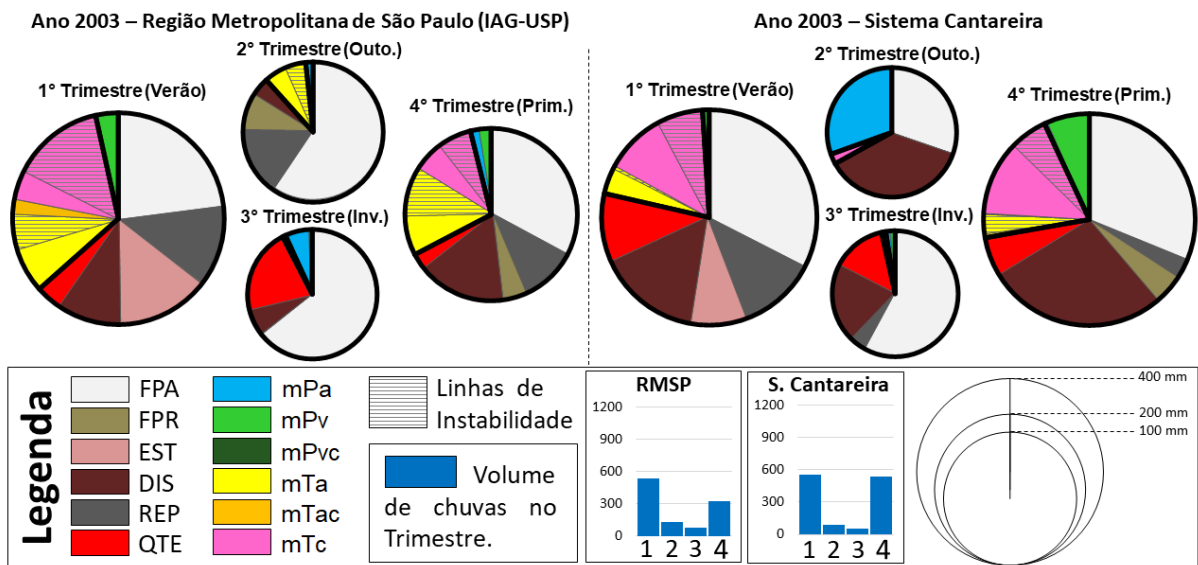


Figura 24 – Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2003.

O primeiro trimestre do ano, representativo do **verão**, iniciou-se com uma atuação intensa de sistemas frontais no mês de janeiro. Nesse mês, as correntes do sul exerceram um maior controle da circulação regional, com amplo destaque para o período entre os dias 21 e 31, cujo embate entre o avanço do eixo principal da FPA e a resistência por parte do setor quente de retorno no continente (QTE) resultou em elevada precipitação e estacionamento do sistema frontal (EST) sobre a região de estudo, impactando tanto a RMSP quanto o Sistema Cantareira. Entretanto, apesar desse ano iniciar a partir de um mês de janeiro chuvoso, tal período precede de um ano pouco úmido (2002 – tendente a chuvoso). E, apesar da constatação de elevados índices de chuva em janeiro de 2003, a forte atuação frontal não persistiu no restante do trimestre, no qual as passagens frontais mostraram-se menos frequentes e efêmeras, havendo um predomínio de dias (e semanas) seguidos de tipos de tempo quentes, secos e estáveis (mTa, mTac e mTc, sem linhas de instabilidade) como, por exemplo, entre os dias 22 de fevereiro e 04 de março.

Devido às questões apontadas anteriormente, o primeiro trimestre resultou em um total de chuvas não muito elevadas, e mostrou-se pouco habitual ao concentrar intensa atividade frontal no início e uma sucessão de massas de ar tropicais e estáveis no restante do período, resultando num volume total de 536,8 mm na RMSP, sendo 63,5% de origem frontal e 36,5% a partir de massas tropicais e polares, e no Sistema Cantareira 554,5 mm, com 78,4% de origem frontal e 21,6% derivadas ao longo da participação de massas de ar.

No segundo trimestre, a entrada do **outono** sucedeu na ampliação do papel das correntes de sul no controle da circulação atmosférica em nível regional, entretanto apresentou uma participação significativa das correntes de leste, principalmente da massa tropical atlântica, resultando em dias sequenciais com temperaturas mais elevadas do que habitualmente esperadas. Notou-se um total de 9 passagens do eixo principal da FPA, porém a configuração e sucessão de ciclos evolutivos de ondas de frio (MONTEIRO, 1963a) chegou a perdurar por semanas na região, como foi o caso, por exemplo, dos dias 19 de abril a 1º de maio e de 4 a 23 de maio. Tais ciclos resultaram, após a modificação e perda das características originais da mPa, em sequências de dias (ou semanas) com predomínio de massas de ar tropicais secas e estáveis. A forte oposição das correntes do leste às do sul proporcionou uma menor pluviosidade no período (132,6 mm na RMSP e 87,6 mm no

Sistema Cantareira), acarretando em precipitações apenas durante os rápidos e vigorosos avanços das frentes e do ar polar sobre a área de estudo.

No **inverno**, o terceiro trimestre mostrou-se pouco chuvoso e apresentou uma maior influência das correntes de sul, com destaque para ondas de frio intensas entre os dias 11 e 14 de julho, 10 e 13 de agosto e 17 a 19 de agosto. Trata-se de invasões polares relativamente fortes, de fluxo “contínuo” e “dominante” (MONTEIRO, 1969, p. 54), com passagens frontais rápidas. A entrada mais vigorosa do ar polar e a forte presença de sistemas anticiclônicos contribuiu bastante para a baixa precipitação no período, decorrendo somente 73,8 mm na RMSP e 55,8 mm no Sistema Cantareira, que foram registradas durante o avanço de frentes e/ou durante a entrada do ar polar.

Durante o início do quarto trimestre, correspondente à entrada da **primavera**, a RMSP e seu entorno encontravam-se sob forte estiagem desde o mês de fevereiro, devido às baixas precipitações registradas. No entanto, no período entre 7 a 12 de outubro, a região contou com duas passagens frontais seguidas que dominaram as condições do tempo, no qual a ação de um setor quente de retorno nas frentes contribuíra para volumes mais elevados de chuva, que pareciam trazer boas perspectivas. Entretanto, elas não se concretizaram, pois com a invasão de um intenso anticiclone polar atlântico encerrou-se esse ciclo de instabilidade atmosférica. Ao longo do final de outubro e dos meses de novembro e dezembro, apesar de terem sido registrados 11 avanços da FPA sobre a região, os episódios pluviais não chegaram a repercutir em elevadas volumes de chuva na metrópole, com exceção do mês de dezembro no Sistema Cantareira, onde houve uma maior resposta das precipitações aos sistemas frontais, principalmente pela obstrução exercida pelas correntes de oeste (mTc) e atuação das instabilidades de noroeste.

Nesse contexto, notou-se uma primavera amena em relação às temperaturas habitualmente esperadas, com presença significativa da mPa e mPv, e um menor índice de precipitação, registrando apenas 325,7 mm na RMSP. No caso do Sistema Cantareira, o volume total mostrou-se um pouco mais elevado (538,3 mm no trimestre), devido, principalmente, à maior repercussão dos sistemas frontais no setor setentrional da área de estudo, com destaque para os primeiros dez dias do mês de dezembro. Dessa maneira, a gênese pluvial apresentou maior influência de sistemas frontais no Sistema Cantareira (72,5%) do que na RMSP (67,3%), com destaque para uma grande participação de sistemas intertropicais nas precipitações (28,8% na RMSP e 20,8% no Sistema Cantareira).

Em suma, tratou-se de um ano de pluviosidade reduzida, com um período de estiagem excepcional registrado entre os últimos dias de fevereiro e o início de outubro. Com exceção da intensa atividade frontal no mês de janeiro (cerca de 60% dos dias), que resultou em bastante chuva, a forte ação de massas intertropicais estáveis reduziu a participação dos mecanismos frontológicos no restante do verão, repercutindo em uma maior presença de tipos de tempo quentes e secos, até a ampliação da ação das correntes de sul no final de março. A forte estiagem registrada ao longo do outono e inverno, devido à um maior papel das correntes de leste e aos fluxos contínuos e/ou dominantes de ar polar constatados, resultou em um número elevado de tipos de tempo sequenciais ensolarados e com baixa umidade relativa, ocasionando vários dias e/ou semanas seguidas com condições favoráveis à evaporação. No caso da primavera, notou-se uma diferença sensível entre as chuvas na RMSP e no Sistema Cantareira, onde apesar das precipitações serem reduzidas ao longo de toda a área de estudo, os avanços dos sistemas frontais sofreram uma maior resistência ao norte da metrópole, ampliando as precipitações na área setentrional.

Desse modo, apesar da elevada frequência de sistemas frontais no ano (30,4% dos dias na RMSP e 30,2% no Sistema Cantareira), essa presença não se refletiu em volumes elevados de chuva. Os tipos de fluxos de sul que predominaram durante o ano apresentaram um papel marcante, favorecendo dias e/ou semanas com tipos de tempo favoráveis à evaporação e prolongando o período de estiagem na área de estudo. Em relação à gênese das chuvas no ano, a maior parte dos volumes ocorreram sob influência de sistemas frontais, principalmente no Sistema Cantareira (69,6% na RMSP e 80,4% no Sistema Cantareira).

4.2.2. Ano 2004

Para o ano de 2004, pode-se conferir os gráficos de Análise Rítmica com dados referentes à RMSP e ao Sistema Cantareira nos Apêndices B e N, respectivamente. Em relação à síntese dos resultados, a Figura 25 expõe o índice de participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, enquanto a Figura 26 apresenta os resultados da gênese das chuvas de 2004 em nível sazonal, a partir de trimestres representativos das quatro estações do ano.

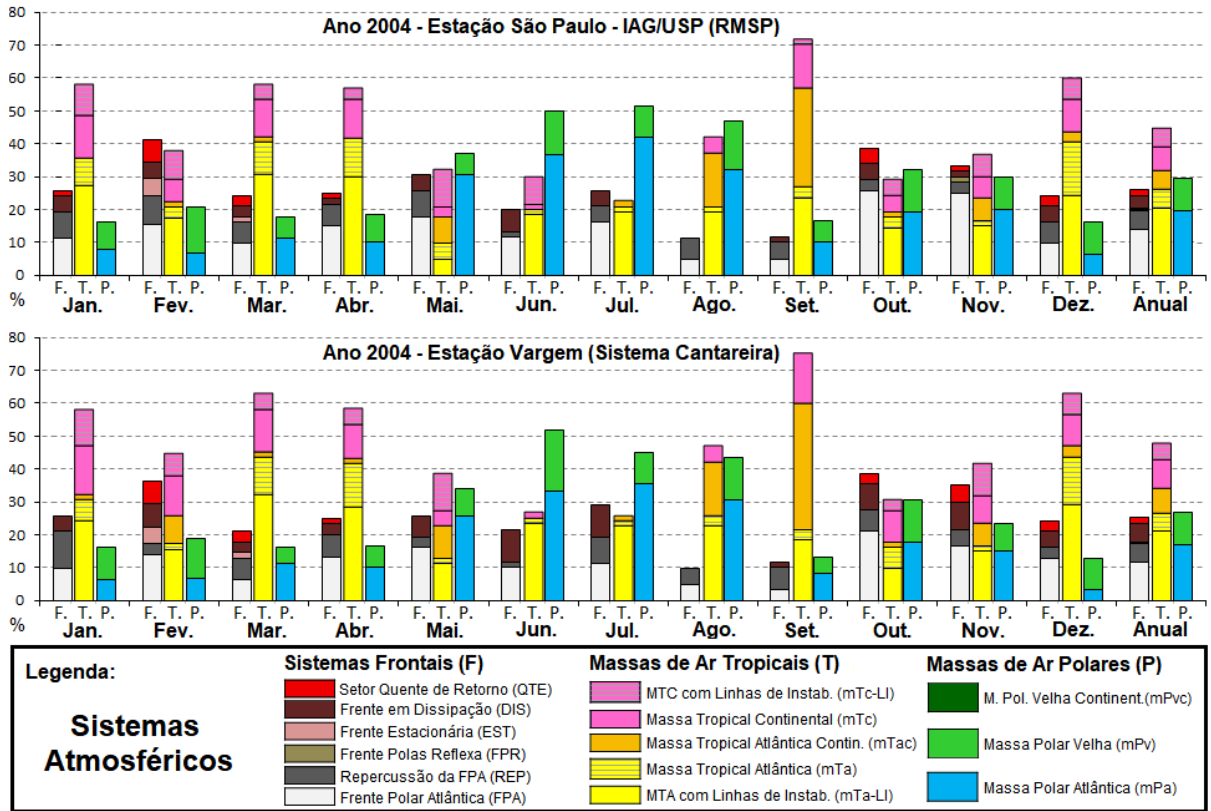


Figura 25 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2004.

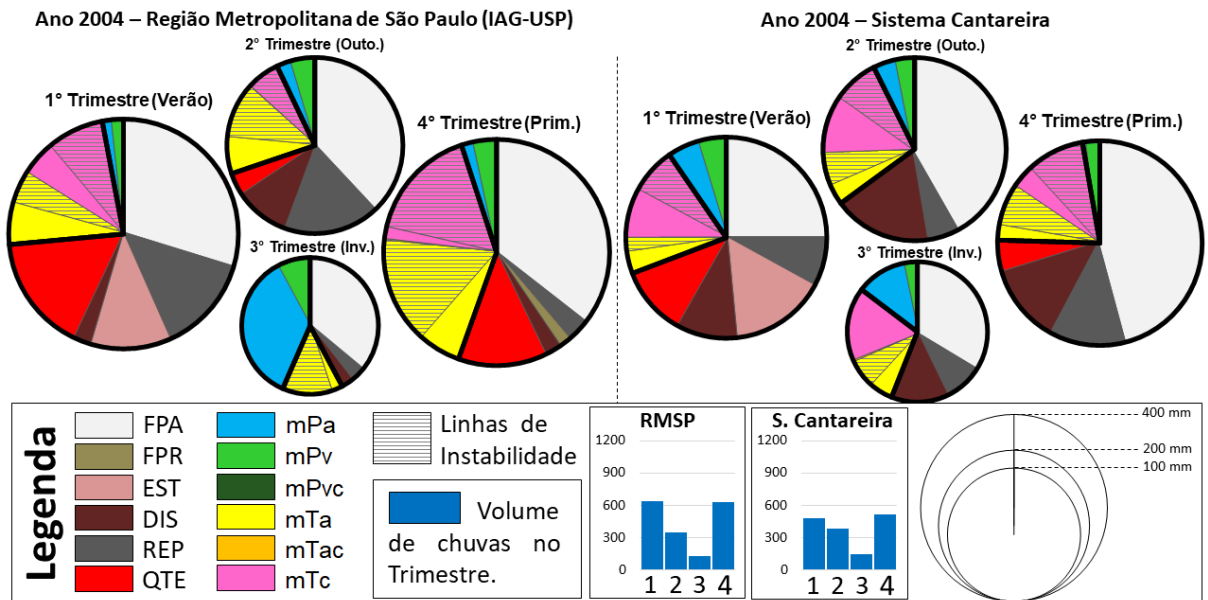


Figura 26 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2004.

O primeiro trimestre de 2004, relativo ao **verão** desse ano, trouxe à tona um quadro pluvial antagônico em relação à primavera anterior, desenrolada no final do ano de 2003. Primeiramente, destaca-se a precipitação mais elevada na RMSP (638,1 mm) em relação ao Sistema Cantareira (476,4 mm), no qual apesar de ambas as regiões apresentarem uma gênese

pluvial semelhante em termos de circulação regional, as chuvas mostraram-se mais intensas e volumosas no setor meridional em referência ao trópico de capricórnio, onde localiza-se a estação IAG-USP. Outra característica marcante desse verão foi um leve aumento na intensidade dos fluxos polares do tipo “interrompido” e, posteriormente, “oscilante” (TARIFA, 1975), responsáveis por chuvas volumosas na região como, por exemplo, no episódio ocorrido entre os dias 24 a 28 de janeiro, 19 e 26 de fevereiro e 3 a 7 de março, cuja resistência ao avanço dos sistemas frontais levaram à uma ação intercalada entre o anticiclone polar e as massas intertropicais, que resultou na atuação do setor quente de retorno e no estacionamento (EST) da frente polar atlântica sobre a região da área de estudo, combinações rítmicas que geraram longo ciclo de instabilidade e volumes mais elevados de chuva.

Vale destacar que, apesar dos episódios pluviais registrados e um predomínio de tipos de tempos mais úmidos na região, as massas de ar frias (mPa e mPv) apresentaram uma significativa presença nesse trimestre (18,2% dos dias na RMSP e 17,1% no Sistema Cantareira), com destaque para o vigoroso fluxo de ar polar observado após uma rápida passagem frontal no dia 20 de março, que apesar de poucas chuvas, contribuiu para uma sensível redução nas temperaturas. Nesse verão, a gênese pluvial a partir de sistemas frontais foi de 73,5% na RMSP e 69,2% no Sistema Cantareira, sobressaindo-se em relação ao papel dos fluxos de leste e/ou oeste, massas de ar responsáveis por 23,5% e 21,2% da gênese das precipitações, respectivamente.

No segundo trimestre, constatou-se um **outono** bastante chuvoso em relação ao habitualmente esperado na área de estudo (349,5 mm na RMSP e 378,3 mm no Sistema Cantareira), principalmente durante o mês de abril, onde a ampliação na participação das correntes de leste ou intertropicais dificultaram e/ou bloquearam o avanço das correntes do sul. Após o dia 24 de abril, o bloqueio atmosférico foi rompido e a mPa passou a exercer maior influência na região, entretanto mesmo ao longo dos meses de maio e junho, o fluxo de ar polar mostrou-se “interrompido” e/ou “alternado”, contribuindo para um elevado número de dias chuvosos e instabilidade atmosférica. As chuvas estiveram geneticamente associadas aos sistemas frontais (69,8% na RMSP e 64,9% no Sistema Cantareira), todavia as linhas de instabilidade favoreceram a participação da mTa e mTc na geração das chuvas (23,1% e 27,7%, respectivamente).

A partir do terceiro trimestre, relativo ao **inverno**, as correntes de sul mostraram-se mais intensas nos dois primeiros meses (julho e agosto), enquanto o mês de setembro apresentou um amplo domínio de massas de ar intertropicais (71,7% dos dias de setembro na

RMSP e 75% no Sistema Cantareira), provenientes de longos ciclos em sequência sob domínio anticiclônico na região, com destaque para o papel da mTa e mTAc. A pouca pluviosidade nesse inverno mostrou-se associada à dois episódios de avanços polares no mesmo mês, entre 8 a 11 e 16 a 20 de julho, e à alguns episódios convectivos associados às linhas de instabilidade tropicais na mTa durante o mês de setembro.

No quarto trimestre, apesar do início da **primavera**, os meses de outubro e novembro mostraram-se bastante influenciados pelas correntes do sul, e caracterizaram importantes avanços de sistemas frontais sobre a área de estudo, chegando a configurar dez passagens do eixo principal da FPA somente nos dois primeiros meses, que ocasionou um aumento na atividade pluvial. Dentre tais sucessões, destacou-se nitidamente o episódio ocorrido nos dias 27 e 28 de novembro, engendrado pelo lento avanço da FPA e por meio do setor quente de retorno (QTE), que resultou em notáveis 140,1 mm acumulados em 48 horas na estação de São Paulo, enquanto no Sistema Cantareira, devido à sua posição geográfica mais ao norte de onde verificou-se a base do sistema, precipitou um volume de apenas 28,6 mm no mesmo período.

Por fim, cabe ressaltar que o volume total das chuvas na primavera foi considerável, registrando-se um total de 623,6 mm na estação São Paulo e 509,7 na região dos mananciais, em Joanópolis. Levando em conta a forte participação das correntes de sul, na RMSP as chuvas mostraram-se 55,5% originadas a partir de sistemas frontais, enquanto no Sistema Cantareira o índice foi de 75,5%. Tais valores percentuais ocorrem devido às chuvas do tipo convectiva, boa parte delas associadas às linhas de instabilidade tropicais, que precipitaram principalmente no mês de dezembro, resultando em uma gênese a partir de sistemas tropicais no valor de 39,5% na metrópole e 21,8% nos mananciais do Cantareira.

Em linhas gerais, ao longo desse ano verificou-se precipitações mais bem distribuídas e espaçadas ao longo do tempo. Apesar de um número menor de dias sob atuação de sistemas frontais nesse ano em relação ao ano anterior (30,4% em 2003 e 26% em 2004 na RMSP; 30,2% em 2003 e 25,3% em 2004 no Sistema Cantareira), notou-se em 2004 uma maior frequência de tipos de tempo com condições pouco favoráveis à evaporação. No tocante à gênese pluvial, houve um predomínio das frentes na ação das chuvas no ano (63,1% na RMSP e 67,8% no Sistema Cantareira), porém vale ressaltar que os fluxos intertropicais de leste e oeste exerceram um importante papel nas chuvas convectivas, principalmente quando associados às linhas de instabilidades.

4.2.3. Ano 2005

Os resultados da Análise Rítmica elaborada para o ano de 2005, em nível diário, podem ser conferidas nos Apêndices C e O, pranchas que contém os gráficos com dados representativos da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente. Em relação à síntese dos resultados obtidos através desse procedimento metodológico, pode-se conferir na Figura 27 a frequência mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e na Figura 28 a gênese pluvial de 2005 decomposta em quatro trimestres, representativos das estações meridionais do ano.

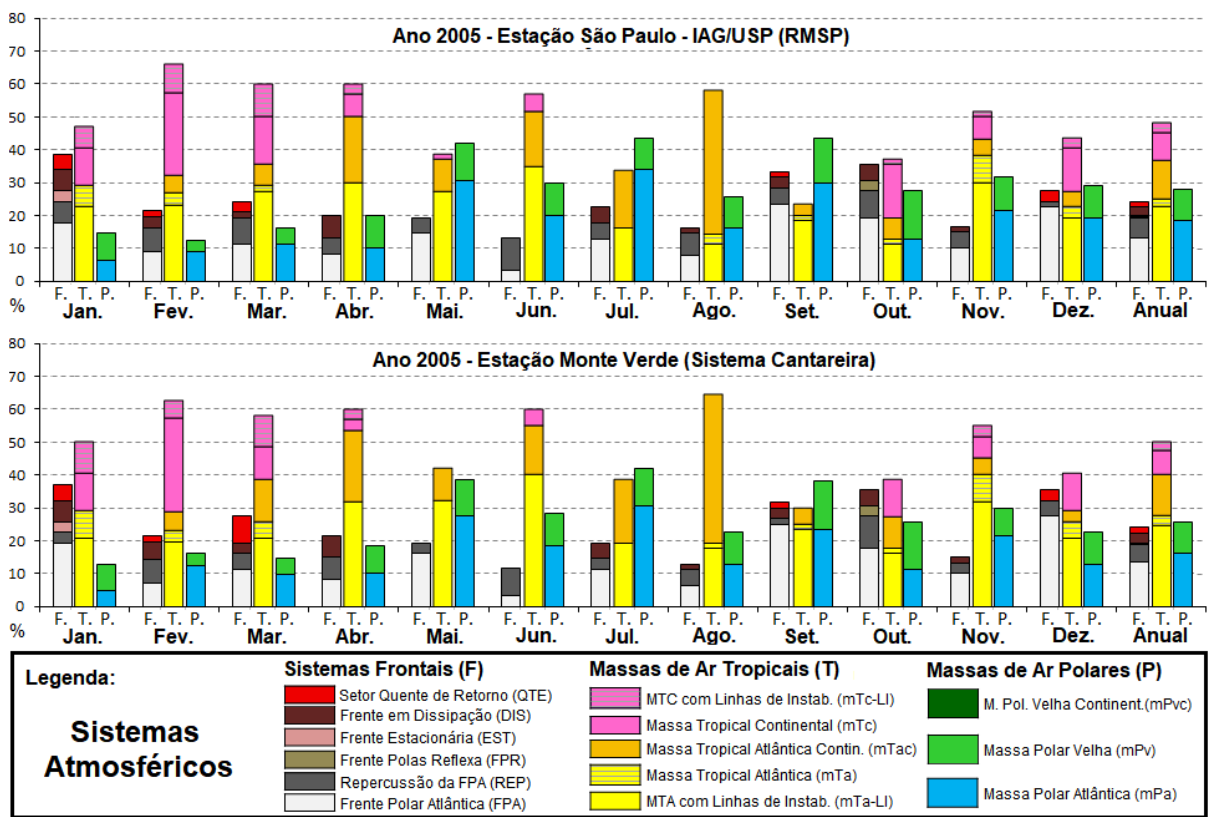


Figura 27 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2005.

O primeiro trimestre de 2005, referente ao **verão** desse ano, mostrou-se chuvoso na região, principalmente no Sistema Cantareira onde foi registrado um volume de 698,6 mm, contraposto aos 566,9 mm na estação IAG-USP. As precipitações, além de volumosas, mostraram-se muito associadas aos avanços frontais do tipo “interrompido” (TARIFA, 1975), como por exemplo, os episódios chuvosos dos dias 16 a 22 de janeiro e 14 a 18 de março. Embora o trimestre tenha contado com um número elevado de dias com domínio de massas intertropicais (mTa e mTc), decorrendo na metrópole 57,5% do trimestre sob atuação de sistemas tropicais e 56,9% no Cantareira, o tipo de fluxo polar constatado contribuiu

significativamente para as chuvas no período, sobretudo no setor setentrional da área de estudo, colaborando para um verão úmido e próximo ao habitualmente esperado nessa estação do ano. Nesse sentido, os sistemas frontais contribuíram em 76,4% na gênese pluvial da RMSP e 67,5% no Sistema Cantareira.

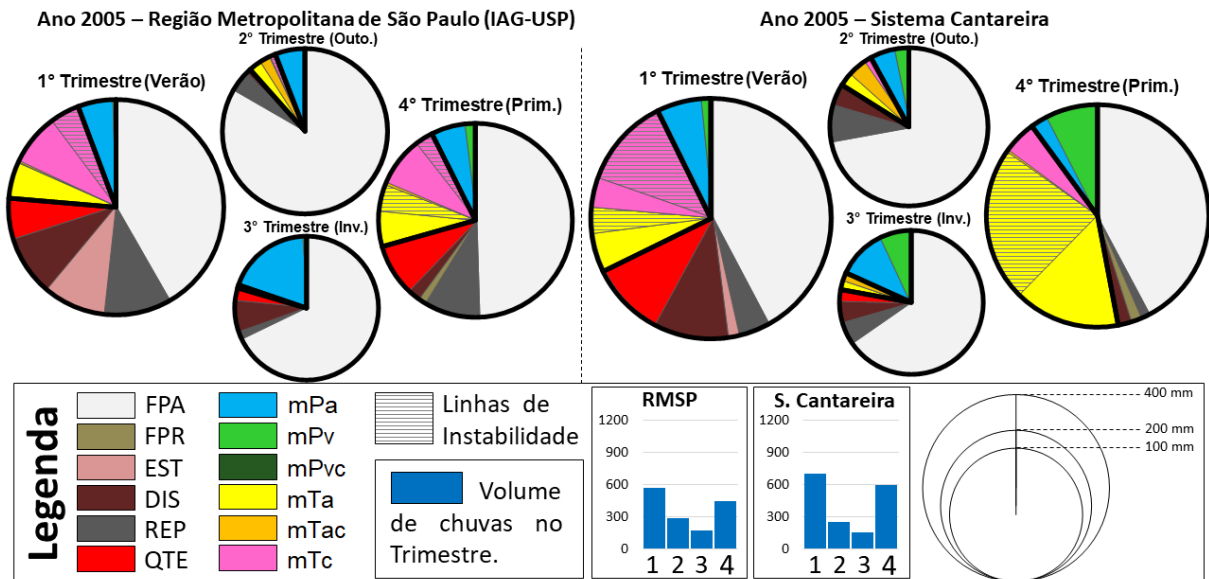


Figura 28 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2005.

No segundo trimestre, relativo ao **outono**, a participação de sistemas anticiclônicos de origem intertropical mostrou-se elevada, com destaque para a mTa e a mTac, que contribuíram para um índice trimestral de 51,8% dos dias sob ação de massas de ar tropicais na RMSP e de 54% do período no Sistema Cantareira. Tais características derivaram de um bloqueio e/ou em avanços alternados e menos vigorosos de ar polar, que originaram episódios chuvosos durante o avanço dos sistemas frontais, com amplo destaque para o período entre 21 e 25 de maio, no qual avançaram duas frentes sucessivas sobre a área de estudo, e geraram um acumulado de chuva nos dias 24 e 25 (48 horas) de 149,6 mm na metrópole e 127,5 mm no Cantareira, volumes pouco habituais para essa época do ano.

Com a entrada do **inverno** de 2005 manteve-se as características observadas na estação anterior, apresentando um terceiro trimestre com uma participação tímida dos sistemas polares (37,6% na RMSP e 34,3% no Sistema Cantareira) em relação aos sistemas tropicais (38,4% na RMSP e 44,4% no Sistema Cantareira). Nos dois primeiros meses, julho e agosto, as invasões do anticiclone polar não chegaram a provocar muita chuva, limitando-se a apenas alguns milímetros precipitados e dando sequência a vários dias e/ou semanas de estabilidade atmosférica. Já no caso de setembro observou-se uma maior atividade de sistemas

frontais, decorrendo no período cinco avanços do eixo principal da FPA, cuja instabilidade provocada resultou num maior volume de chuvas precipitadas e em tipos de tempo mais úmidos, findando prematuramente o período de estiagem. A gênese pluvial fora predominantemente frontal, apresentando 79,6% das chuvas originadas por sistemas frontais na RMSP (para um total de 168,8 mm) e 77,9% no Sistema Cantareira (para um total de 155,4 mm).

O quarto trimestre, relativo ao **verão** de 2005, contou com alturas de chuva mais elevadas no Sistema Cantareira (592,7 mm) em comparação à RMSP (444,1 mm) no mesmo período. Sobretudo, tratou-se de um período de grande alternância de tipos de tempo, cuja ação de correntes perturbadoras de sul e leste contribuíram para uma grande oscilação das temperaturas e elevada umidade. No caso do Sistema Cantareira, notou-se grande atividade das linhas de instabilidade tropicais sobre a mTa, fator que resultou numa elevada gênese pluvial do tipo convectiva nessa região (47% originadas por sistemas frontais e 42,9% por sistemas tropicais) se comparado à RMSP (70,6% originadas por sistemas frontais e 22% por sistemas tropicais).

Em síntese, tratou-se de um ano com precipitações próximas ao habitualmente esperado, além de chuvas mais elevadas ao norte da área de estudo, onde encontram-se o Sistema Cantareira (1693,6 mm), em relação à área da RMSP (1460,2 mm), sugerindo uma maior contribuição para a recarga dos mananciais *nesse* ano. O padrão e a trajetória da circulação atmosférica secundária observada tornaram possível uma menor penetração do ar polar, levando as correntes perturbadoras de sul a provocar chuvas elevadas em alguns casos, devido aos seus sucessivos avanços e recuos. Em relação às chuvas, notou-se uma distribuição mais equilibrada ao longo do ano, além de uma retomada prematura das precipitações em setembro, contribuindo para uma estiagem pouco intensa na região.

4.2.4. Ano 2006

Os gráficos de Análise Rítmica elaborados e analisados na escala diária para o ano de 2006 podem ser conferidas nos Apêndices D e O, quadros que ilustram os dados representativos da RMSP e do Sistema Cantareira. Em referência à síntese dos resultados obtidos através dos procedimentos metodológicos aplicados, a Figura 29 ilustra a participação

mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e a Figura 30 apresente a gênese pluvial deste ano, divididas em quatro estações representativas do ano.

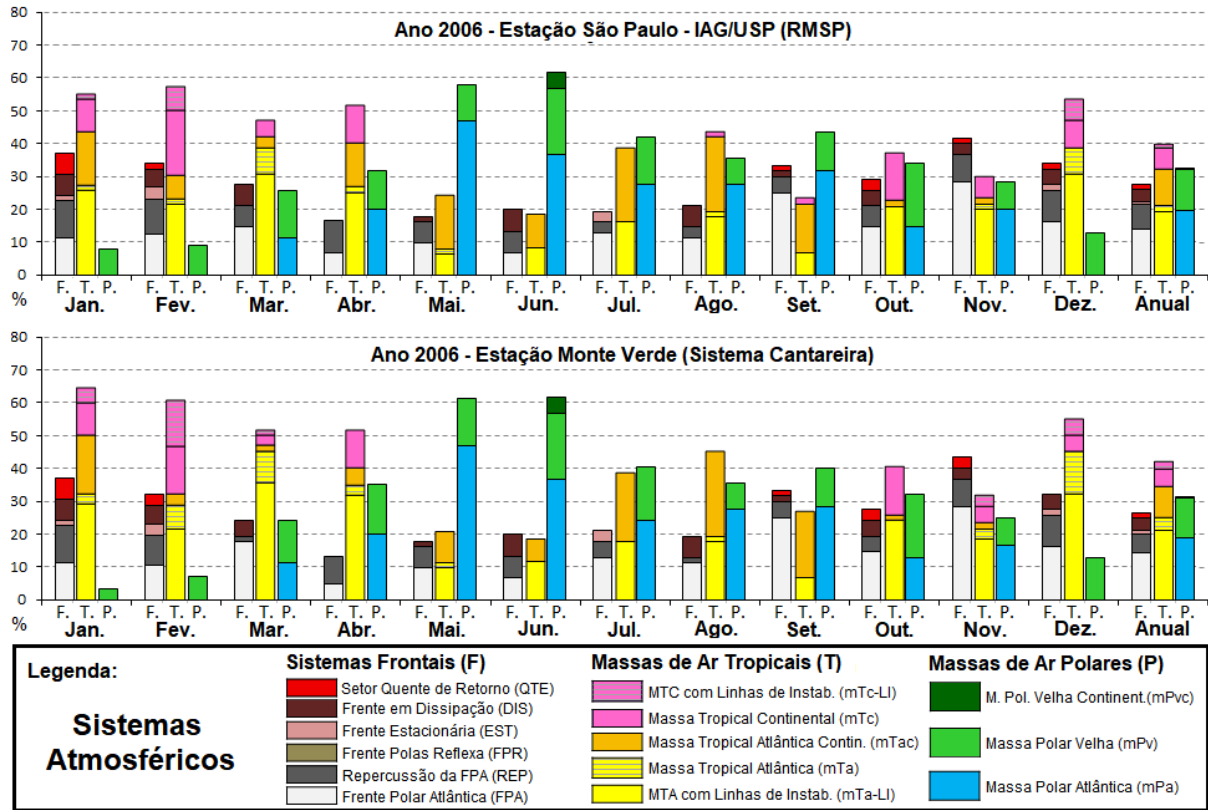


Figura 29 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2006.

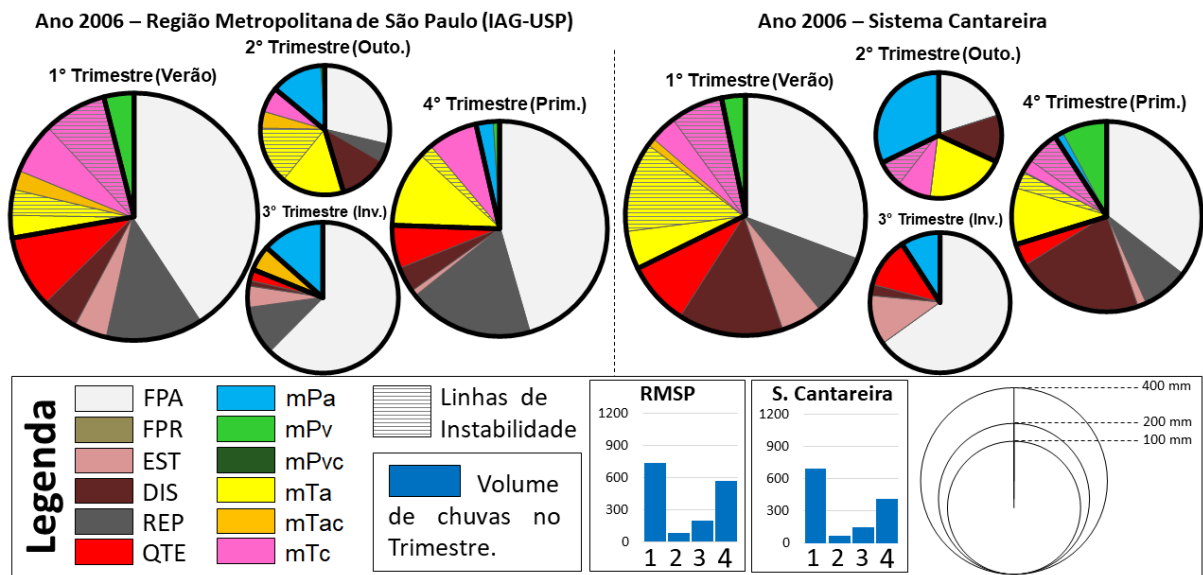


Figura 30 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2006.

No primeiro trimestre de 2006, que faz referência ao **verão** desse ano, verificou-se um período mais chuvoso em relação aos verões anteriores, principalmente na RMSP (731,1 mm na metrópole e 694,1 mm no Sistema Cantareira). Os fluxos das correntes do sul, em alguns momentos interrompidos e em outros oscilantes, certamente contribuíram para chuvas mais elevadas e distribuídas ao longo de episódios pluviais nos três de meses de análise. Desses episódios, pode-se citar como exemplo os avanços de sistemas frontais registrados nos dias 1 a 5 e 28 a 31 de janeiro, 5 a 14 de fevereiro e 28 a 30 de março, que assinalaram chuvas elevadas e sequências de tipos de tempo úmidos e instáveis. No tocante à gênese das chuvas no período, o fenômeno ocorreu sobretudo sob influência dos sistemas frontais, acarretando em 72,2% do volume total na RMSP e 67,2% no Sistema Cantareira.

O segundo trimestre de 2006 mostrou-se pouco chuvoso, configurando-se em um **outono** sob forte ação de massas de ar de origem polar (50,2% dos dias sob ação de sistemas polares na RMSP e 52,7% no Sistema Cantareira). Apesar da primeira quinzena do mês de abril apresentar um predomínio de massas de ar intertropicais, prolongando por algumas semanas características temporais típicas de verão, os avanços das correntes de sul que se sucederam após o dia 15 desse mês, com anticiclones mais vigorosos e fluxos dominantes, passaram a configurar a circulação atmosférica do período. Nesse sentido, a gênese pluvial após o dia 15 de abril mostrou-se restrita a poucos volumes registrados durante algumas passagens frontais, totalizando no trimestre apenas 79,2 mm na RMSP, sendo 40,7% originada em sistemas tropicais, 45,5% em sistemas frontais e 13,8% em sistemas polares, além de 63,6 mm no Sistema Cantareira, sendo que 36% dessas precipitações tiveram origem em sistemas tropicais, 31,9% em sistemas frontais e 32,1% em sistemas polares.

No terceiro trimestre, relativo ao **inverno**, as correntes de sul continuaram gerando grande influência nos tipos de tempo, todavia observou-se longos intervalos entre a evolução de uma onda de frio até o avanço do próximo sistema frontal resultando, após a perda das características originais do anticiclone migratório, em sucessivos dias e/ou semanas sob ação da mTa e mTac como, por exemplo, o intervalo entre 29 de julho e 17 de agosto. Apesar disso, as precipitações mostraram-se um pouco mais elevadas em relação ao outono, principalmente devido à uma maior resistência aos avanços dos sistemas frontais sobre a região, sistemas que foram responsáveis por 81,1% das chuvas na RMSP (200,5 mm no total) e 90,9% no Sistema Cantareira (144,8 mm no total).

A **primavera** de 2006 aproximou-se bastante do habitualmente esperado para o período, com sucessivos avanços das correntes perturbadoras do sul no trimestre,

principalmente nos meses de novembro e dezembro, e uma ação oscilante dos fluxos polares, produzindo sucessivos avanços e recuos desses sistemas sobre a região, que resultaram que episódios pluviais intensos como, por exemplo, entre os dias 25 e 30 de novembro, 3 a 7 de dezembro e 19 a 27 de dezembro, além da chuva intensa registrada na estação IAG-USP no dia 31 de dezembro devido à última frente do ano (93,1 mm em 24 horas). Desse modo, as chuvas tiveram sua origem principalmente a partir da atuação dos sistemas frontais (75,5% na RMSP, num total de 567,1 mm, e 70,3% no Sistema Cantareira, num total de 414,5 mm).

Em termos gerais, o ano de 2006 compatibilizou com o padrão habitual da circulação atmosférica secundária na área de estudo, correspondendo às observações constatadas em estudos anteriores envolvendo o ritmo climático (MONTEIRO, 1969; 1973, TARIFA, 1975, dentre outros). A região inserida ao sul da área de estudo, onde localiza-se a estação IAG-USP, registrou um total de 1577,9 mm e mostrou-se mais chuvosa em relação à região dos mananciais ao norte da área, que registrou 1317 mm, invertendo o processo observado no ano anterior. Outro fator que apresentou relativo destaque foi a grande influência das correntes de sul, que contribuíram para um outono e inverno mais amenos e de grande influência polar, além de chuvas mais concentradas nos meses de verão e primavera, padrão típico do regime hidrológico do estado de São Paulo (SANT'ANNA NETO, 1995).

4.2.5. Ano 2007

A respeito do ano de 2007, pode-se conferir os gráficos de Análise Rítmica elaborados com dados referentes à RMSP e ao Sistema Cantareira nos Apêndices E e P, respectivamente. No tocante à síntese dos resultados, a Figura 31 expõe o índice de participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, enquanto a Figura 32 apresenta os resultados da gênese das chuvas de 2007 em nível sazonal, a partir de trimestres representativos das quatro estações do ano.

O primeiro trimestre, correspondente ao **verão** de 2007, denota uma participação significativa de massas de ar tropicais nos três primeiros meses, com um total de 64,9% do período na RMSP e 67,7% no Sistema Cantareira. Á vista disso, tratou-se de um período sob grande influência das correntes de leste e oeste, resultando em tipos de tempo com temperaturas mais elevadas e relativa estabilidade atmosférica. Entretanto, as chuvas mostraram-se próximas ao habitual, sobretudo com volumes salientes na área mais ao sul da área de estudo, devido às interrupções no avanço das correntes perturbadoras do sul sobre a

região, resultando no avanço mais lento, recuo e no estacionamento dos sistemas frontais (EST), equilíbrio dinâmico que foi traduzido em episódios pluviais de grande intensidade.

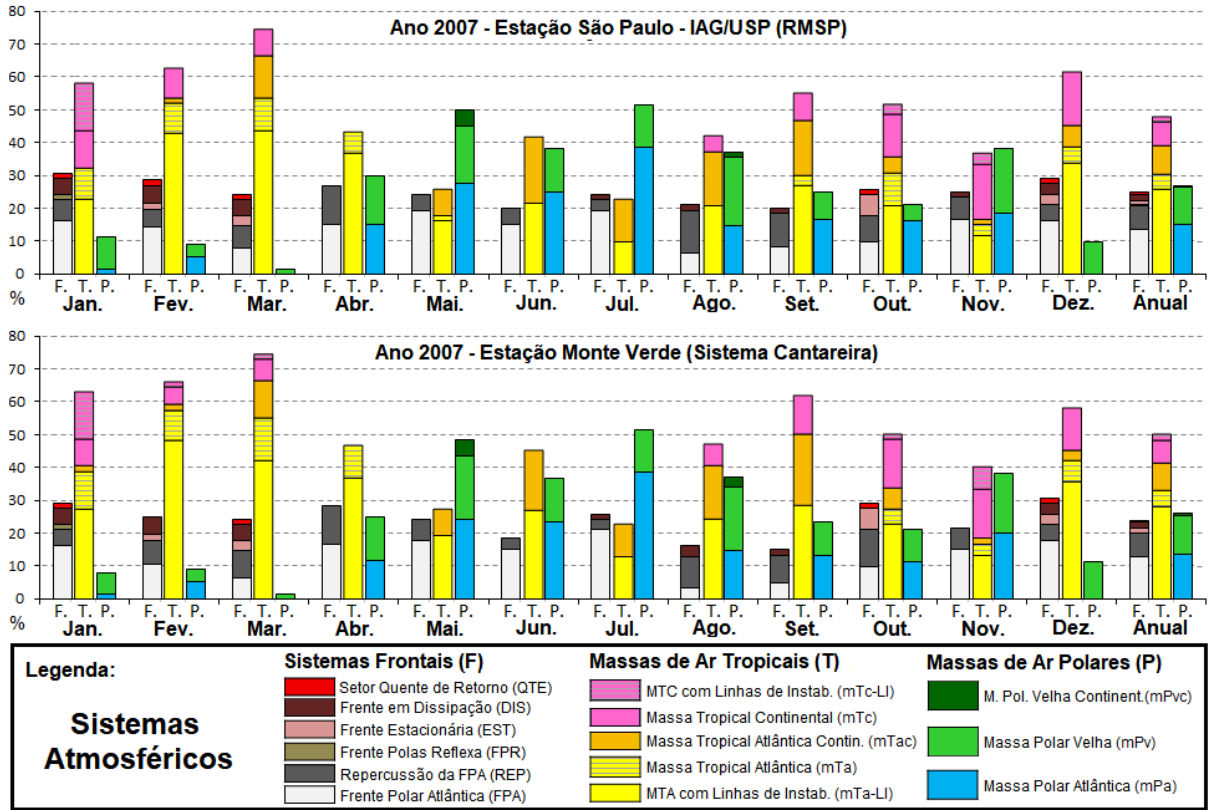


Figura 31 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2007.

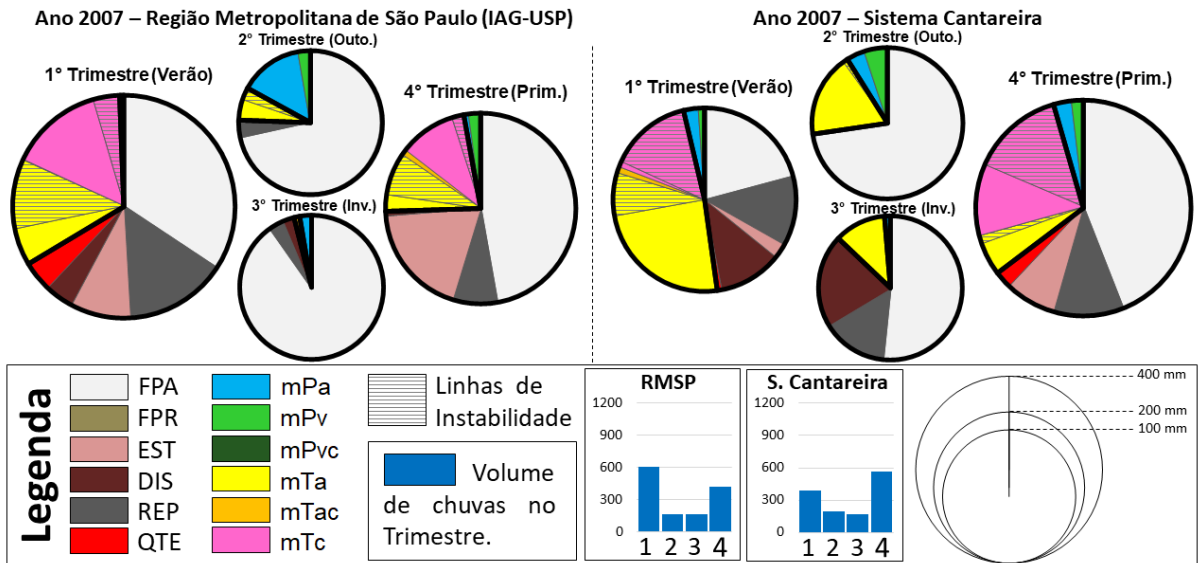


Figura 32 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2007.

Dois exemplos de episódios responsáveis por aguaceiros de grande concentração na RMSP, e que não repercutiram em chuvas tão abundantes no Sistema Cantareira, ocorreram entre os dias 5 e 11 de fevereiro e 11 a 20 de março. Em virtude dessa repercussão mais intensa, nesse verão a metrópole mostrou-se mais chuvosa em relação à área dos mananciais. Desse modo, a gênese das chuvas na RMSP apresentou 66,4% das chuvas de origem frontal e 33% de sistemas tropicais, para um total de 605,6 mm, enquanto no Sistema Cantareira constatou-se 47,8% de origem frontal e 48,5% tropical, num total de 388,5 mm.

No segundo trimestre, relativo ao **outono**, o período iniciou com um mês de abril mais quente em relação ao habitual, e apesar da entrada de algumas frentes ao longo do mês, manteve-se o perfil observado após o dia 22 de março, exibindo relativa influência das correntes de leste, principalmente da massa tropical atlântica, sobre a região. Após o dia 25 de abril, com a entrada mais vigorosa das correntes de sul, em alguns casos resultando em precipitações, passou-se a observar na área de estudo uma tímida ampliação do papel dos sistemas polares. Sem embargo, a participação dos sistemas tropicais no período foi de 36,9% na RMSP e 39,7% no Sistema Cantareira, em face da participação dos sistemas polares que foi de 39,4% e 36,7%, respectivamente. Nesse sentido, a gênese pluvial mostrou-se sobretudo relacionada aos sistemas frontais (75,6% na RMSP, para um total de 157,9 mm, e 72,7% no Sistema Cantareira, para um total de 196,8 mm), e vinculada quase sempre ao eixo principal da FPA.

Em relação ao terceiro trimestre, alusivo ao período de **inverno**, tal período iniciou com dois episódios de avanços frontais sucessivos que registraram elevada precipitação no mesmo mês, compreendidos entre os dias 14 e 18 e 23 e 25 de julho, e cujo avanço da mPa repercutiu em uma onda de frio intensa entre os dias 26 a 30. Trataram-se de dois eventos chuvosos que contribuíram com elevados volumes numa época habitualmente seca, em pleno período de estiagem, e que possivelmente atenuaram a seca observada nos dois meses seguintes (agosto e setembro). Desse modo, quase toda a chuva do período teve sua gênese na ação dos sistemas frontais, sendo 96% dos 164,3 mm precipitados na RMSP e 87,1% do volume total de 169,2 mm observados no Cantareira.

O quarto trimestre, relacionado ao período de **primavera**, iniciou-se sobre um longo período sem chuvas significativas, oriundo de um agosto e setembro secos sobre a região. E, apesar de iniciar sob influência das correntes do sul, o mês de outubro mostrou-se pouco chuvoso até o dia 20, quando ocorreu um avanço menos pujante da frente polar,

estabelecendo um relativo equilíbrio dinâmico (barométrico) sobre a área de estudo e permanecendo estacionária (EST) durante cerca de 4 dias, e repercutindo em chuvas mais volumosas. Tal situação tornou a ocorrer entre os dias 31 de outubro e 4 de novembro, nesse caso com influência das correntes de oeste e linhas de instabilidades tropicais, além do período entre 19 e 22 de dezembro.

Por conseguinte, no caso da primavera de 2007 a gênese das chuvas mostrou-se principalmente associadas à sistemas frontais, sendo 74,5% para um volume de 416,1 mm na RMSP e 64,7% de um total de 568,2 mm no Sistema Cantareira. No caso dos mananciais do setor norte da área de estudo, verificou-se uma maior repercussão pluvial nos episódios de tipos de tempo frontais, e sobretudo, na influência das correntes de oeste (mTc) associadas às linhas de instabilidade, que resultaram em mais chuva ao longo do quarto trimestre no Sistema Cantareira.

Em suma, o ano de 2007 apresentou totais pluviométricos muito próximos nas duas áreas selecionadas (RMSP – 1343,9 mm e Sistema Cantareira – 1322,7 mm). Apesar de nenhuma das duas porções da região ter apresentado totais anuais elevados, o verão mostrou-se mais chuvoso na metrópole enquanto a primavera resultou em chuvas um pouco mais volumosas no Sistema Cantareira. O fluxo rítmico dos tipos de tempo observados ao longo do ano resultou em uma estiagem um pouco mais intensa que o habitual para a região, todavia as precipitações de origem frontal observadas em julho, de caráter excepcional para esse mês, contribuíram para atenuar os possíveis efeitos de uma estiagem mais profunda sobre a área de estudo.

4.2.6. Ano 2008

Os resultados obtidos por meio da Análise Rítmica do ano de 2008 podem ser conferidas, em nível diário, nos Apêndices F e P. Tais gráficos contém as variáveis meteorológicas, em nível diário/horário, da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente, além dos sistemas atmosféricos identificados para dois horários diário (9hrs e 21hrs – horário de Brasília). Em relação à síntese dos resultados obtidos através desse procedimento metodológico, pode-se conferir na Figura 33 a frequência mensal e anual dos sistemas

atmosféricos (frontais, tropicais e polares), e na Figura 34 a gênese das chuvas de 2008 decomposta em quatro trimestres, representativos das estações do ano.

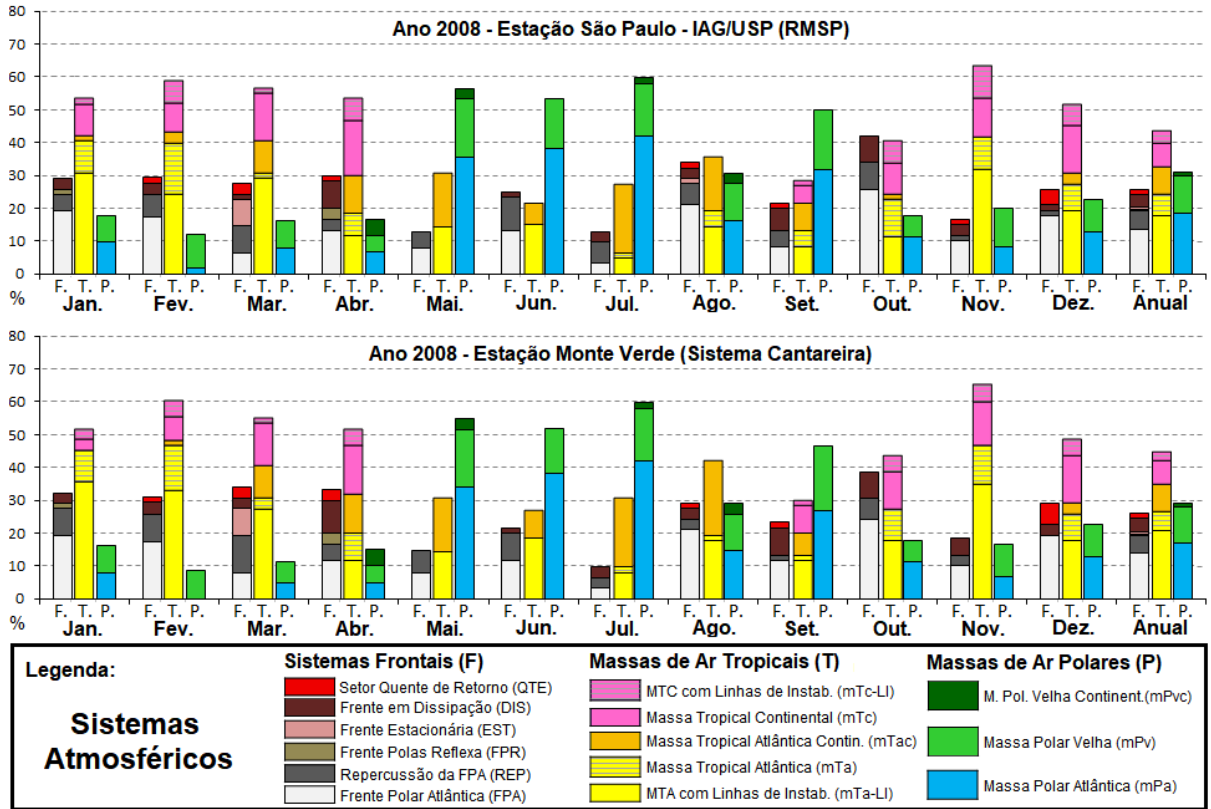


Figura 33 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2008.

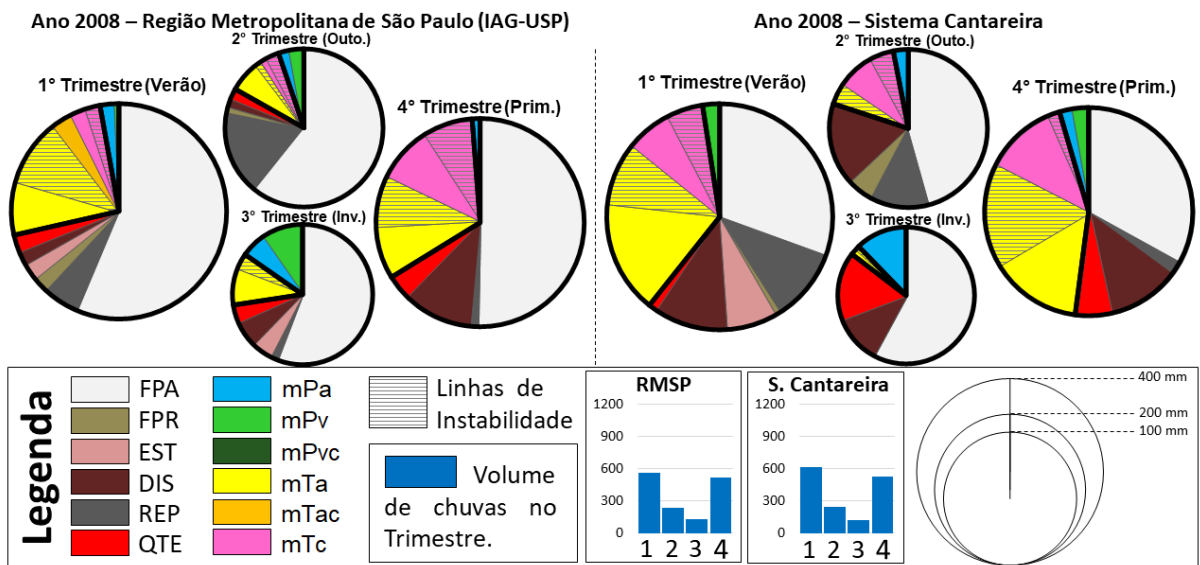


Figura 34 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2008.

No primeiro trimestre de 2008, referente ao **verão** desse ano, nota-se uma sequência intercalada de tipos de tempo e um embate entre as correntes de leste, oeste e sul, dinamismo que repercutiu em movimentos ondulatórios nas isóbaras e uma presença significativa de linhas de instabilidade. No mês de janeiro, verificou-se a passagem de três frentes sobre a região de estudo, no qual destaca-se o episódio entre os dias 19 e 25 de janeiro uma vez que, além de provocar precipitações pelo avanço do eixo principal da FPA, trouxe temperaturas pouco habituais para esse mês através do avanço vigoroso do anticiclone polar (mPa). Além disso, destacaram-se outros dois eventos nesse período: o embate entre as correntes perturbadoras do sul e os sistemas intertropicais entre os dias 20 e 25 de fevereiro, episódio que provocou muita chuva principalmente ao sul da área de estudo, e o avanço e estacionamento do sistema frontal sobre a região entre os dias 11 e 18 de março, que gerou maior repercussão pluvial na área dos mananciais ao norte.

Isto posto, o volume total das chuvas no trimestre foi relativamente próximo entre ambas as estações meteorológicas, apesar de um leve acréscimo à norte da área de estudo: 556,5 mm na RMSP e 610,5 mm no Sistema Cantareira. No que diz respeito à gênese pluvial, a metrópole apresentou 71,4% do volume precipitado sob influência de sistemas frontais, enquanto 25,7% ocorreu sob atuação dos sistemas tropicais, enquanto no Sistema Cantareira registrou-se 60,7% e 36,9%, respectivamente, dando ênfase para uma maior influência das chuvas convectivas e uma maior diversificação da repercussão do tipo frontal na região dos mananciais.

O segundo trimestre, relativo ao **outono**, verificou-se um mês de abril com um dinamismo bem próximo ao constatado no verão, havendo um embate entre os diferentes fluxos atmosféricos. No entanto, após o dia 29 um avanço frontal mais vigoroso, seguido de uma nova frente no dia 2 de maio, estabilizou o tempo atmosférico ao longo do mês e deu origem a longos ciclos evolutivos de ondas de frio, que perduraram até o início do mês de agosto. Nessa perspectiva, a gênese pluvial mostrou-se frontal em 83,2% na RMSP (de um total de 236 mm) e 80% no Sistema Cantareira (de um total de 239,6 mm), além de contribuir com 11,6% e 16,9%, respectivamente, por meio da ação de sistemas tropicais.

O terceiro trimestre, onde encontra-se o período de **inverno**, inicia-se com um mês de julho sem registro de precipitações e sob intensa ação de sistemas anticiclônicos, principalmente massas de ar de origem polar. Entretanto, logo no início do mês de agosto (dias 2 a 10), ocorre um forte embate entre a incursão sucessiva de três frentes sobre as massas de ar que atuavam na região, ocorrendo precipitações bem distribuídas ao longo da

área de estudo. Tais chuvas, decorridas em um mês habitualmente mais seco, auxiliaram para descontinuar a estiagem que se desenrolava na região. No mês de setembro, perdurou-se a influência das correntes de sul, cujos embates com as massas de ar intertropicais resultaram em ondulações isobáricas e linhas de instabilidade, provocando nesse período algumas chuvas de pouca intensidade e tipos de tempo mais úmidos. No tocante à gênese das chuvas, estas concentradas no início de agosto e espaçadas ao longo de setembro, destacou-se a influência dos sistemas frontais em 72,6% dos 131,2 mm precipitados na RMSP e em 85,4% dos 124,1 mm no Sistema Cantareira.

No quarto trimestre, constatou-se uma **primavera** bastante dinâmica e variável em termos de fluxos atmosféricos, refletindo em tipos de tempo distintos ao longo dos três meses de análise. O mês de outubro registrou quatro avanços do eixo principal da FPA, cujos fluxos das correntes de sul sofreram alternância com as correntes de leste e oeste (massas de ar intertropicais), ocasionando dias com características atmosféricas distintas ao longo desse período e chuvas bem distribuídas ao longo do tempo, na maioria de baixa intensidade. No mês de novembro, tal dinamismo manteve-se até um avanço polar mais intenso entre os dias 16 e 18, que estabilizou o tempo durante o restante do mês sob a ação de sistemas anticiclônicos (mPa por três dias e, posteriormente, mPv e mTa), verificando-se apenas alguns episódios de chuva convectiva momentânea. Já no mês de dezembro, os sistemas frontais foram responsáveis por chuvas de volume mais elevados, onde de maneira evidente se destaca o período entre os dias 17 a 26, que contou com o avanço (e recuo) de três frentes, que contribuíram para chuvas superiores a 180 mm em dez dias ao longo de toda a região.

Dessa maneira, a primavera contou com alturas de chuva trimestrais próximas do habitualmente esperado para a metrópole paulista e seu entorno, e não havendo grandes diferenças entre a RMSP (514,7 mm) e o Sistema Cantareira (522,6 mm). No que diz respeito à gênese pluvial, além dos episódios significativos de chuvas provocadas pelos sistemas frontais (66,2% na RMSP e 52,1% no Sistema Cantareira), notou-se uma importante parcela de precipitações de origem convectiva, e provocadas pela atuação das massas de ar intertropicais, e suas correntes com ou sem linhas de instabilidade (32,6% na RMSP e 43,4% no Sistema Cantareira).

No geral, tratou-se de um ano cuja circulação atmosférica secundária mostrou-se bastante dinâmica e as chuvas transcorreram de maneira bem distribuída ao longo do tempo, mesmo não precipitando um volume total muito elevado. Por conseguinte, o total anual das chuvas mostrou-se levemente superior no Sistema Cantareira, que registrou um volume de

1496,8 mm, enquanto na RMSP o valor foi de 1438,4 mm. No tocante à gênese das chuvas anuais, os sistemas frontais foram responsáveis por proporcionar a maior parte das precipitações, todavia os sistemas intertropicais também apresentaram um papel considerável nessa gênese, devido às linhas de instabilidades e ao dinamismo das correntes de leste e oeste observadas.

4.2.7. Ano 2009

Os gráficos de Análise Rítmica que foram elaborados e analisados na escala diária para o ano de 2009 podem ser conferidas nos Apêndices G e Q, contendo os dados representativos da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente. No que diz respeito à síntese dos resultados obtidos através da análise rítmica, a Figura 35 ilustra a participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e a Figura 36 exibe a gênese das chuvas nesse ano, fragmentada para as quatro estações.

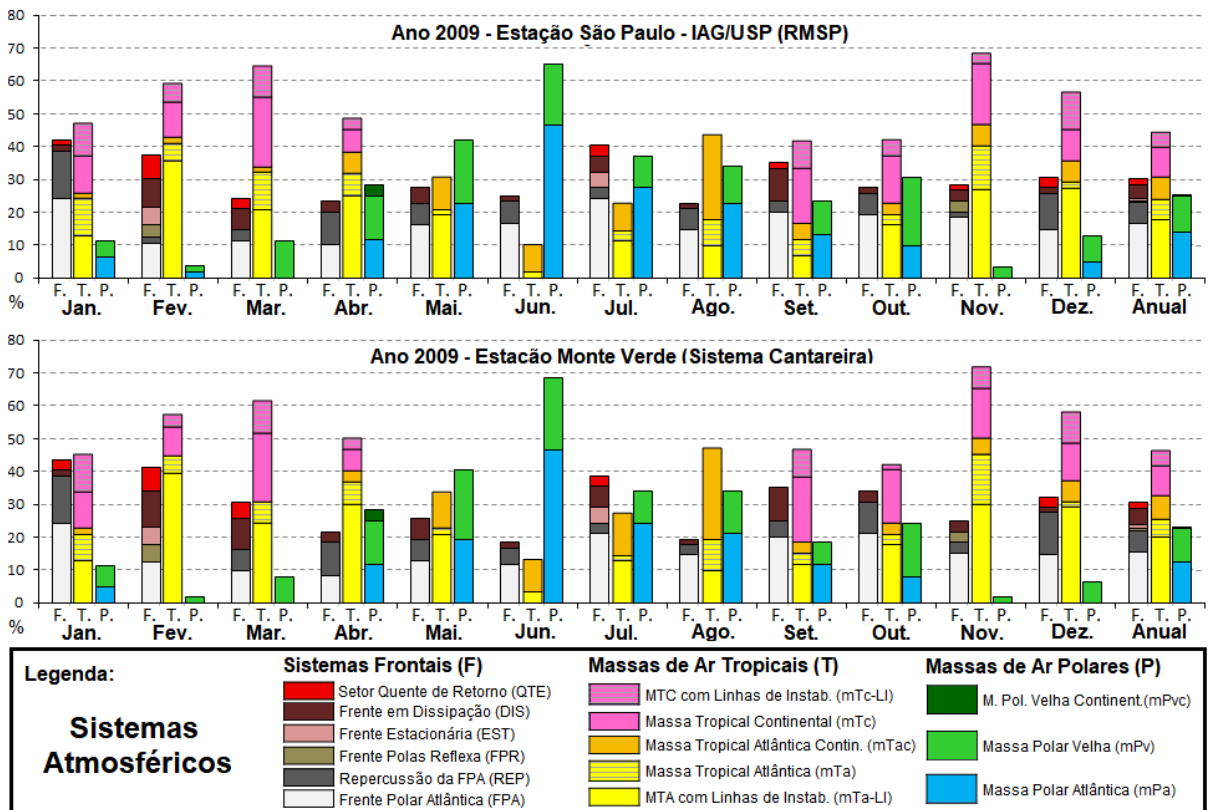


Figura 35 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2009.

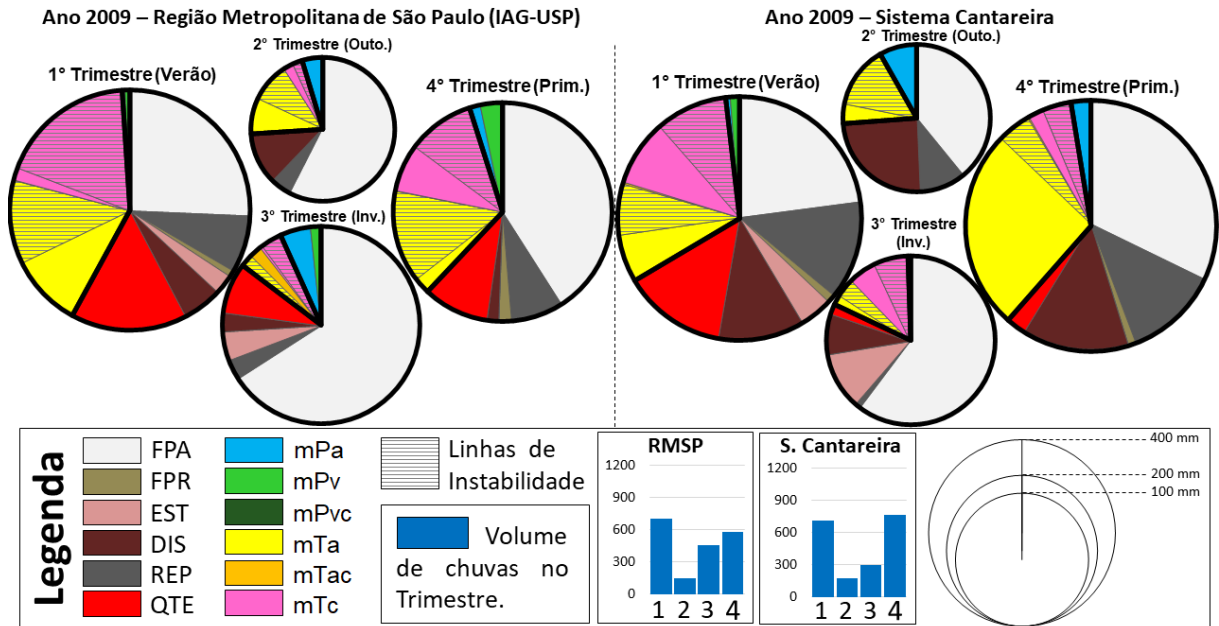


Figura 36 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2009.

No primeiro trimestre deste ano, correspondente ao período de **verão**, verificaram-se chuvas elevadas e uma grande variabilidade entre os sistemas atmosféricos, que contribuíram para tipos de tempo muito úmidos ao longo dos três meses. A respeito disso, destacou-se no trimestre a elevada frequência de sistemas frontais: 34,5% na RMSP e 38,4% no Sistema Cantareira. Tal índice de participação de tipos de tempo de origem frontal, dividido em diferentes eixos da frente, demonstrou o grande embate rítmico entre as correntes do sul e as massas de ar intertropicais que atuaram na região, e que contribuiu para vários episódios pluviais, no qual se destacam dois principais. No primeiro, ocorrido entre os dias 8 e 15 de fevereiro, observou-se primeiramente o avanço da frente polar reflexa, que resultou em muita chuva, e dois dias depois verificou-se o avanço do eixo principal da frente (FPA), que permaneceu estacionária durante alguns dias sobre a área de estudo, gerando instabilidade e precipitações regulares. Em relação ao segundo episódio, ocorrido entre os dias 12 a 19 de março, esse evento inicia-se com o avanço de uma frente sobre a região e que posteriormente permitiu a atuação de um anticiclone já alterado (mPv), porém, no dia 17, houve o recuo da frente que estava ao norte da área de estudo (Minas Gerais), trazendo novamente instabilidade para a região e provocando chuva excessiva, principalmente na região metropolitana (139,3 mm em 24 horas, no dia 17).

Ao longo de todo o verão, foram registrados 699,7 mm de chuvas na RMSP e 711 mm no Sistema Cantareira, volumes ligeiramente superiores os verões anteriores (2003-2008) em

ambas as estações meteorológicas. Uma parcela considerável das chuvas teve sua gênese a partir da ação dos sistemas frontais (58% na RMSP e 66,5% no Cantareira), todavia tais precipitações não se resumiram somente aos tipos de tempo originados nos diferentes eixos da frente, havendo, do mesmo modo, uma importante contribuição dos sistemas intertropicais no volume total do período (41% na RMSP e 31,7% no Cantareira).

O segundo trimestre, relativo ao **outono**, apresentou chuvas mais reduzidas e próximas do habitual no período, contando com uma maior influência das correntes do sul sobre a área de estudo, e destacando-se a intensa ação das massas de ar polares no mês de junho. Nessa perspectiva, observou-se 10 frentes ao longo dos três meses, que tornaram possível a entrada mais vigorosa dos sistemas anticiclônicos. Em relação à gênese pluvial, a despeito de algumas chuvas convectivas no mês de abril originadas por sistemas intertropicais, que totalizaram 23,8% das precipitações na metrópole e 18% na porção dos mananciais, a maior parte das chuvas tiveram origem em sistemas frontais, com índices de 74% na RMSP e 73,8% no Sistema Cantareira, para um volume total de 150,1 mm e 173,2 mm, respectivamente.

Em relação ao **inverno** de 2009, tal trimestre registrou uma dinâmica atmosférica excepcional se comparado ao mesmo período de inverno em outros anos. As chuvas mostraram-se excepcionalmente elevadas na região da metrópole (453 mm), entretanto também foram consistentes na área do Cantareira (297,3 mm). Nesse sentido, durante o inverno a radiação solar foi pouco intensa para o período e notou-se que as correntes do sul se mostraram menos vigorosas, devido principalmente à baixa intensidade isobárica dos anticiclones e a forte resistência das correntes atmosféricas nas imediações do trópico, originadas da vertente leste e, no caso do mês de setembro, dos fluxos de oeste.

Quando consideramos apenas os índices de participação dos sistemas atmosféricos nesse inverno, de fato verificamos uma grande quantidade de dias sob atuação de sistemas frontais (32,6% na RMSP e 31% no Sistema Cantareira), acima do habitual no período, fato que indicou um maior número de dias úmidos e, a partir da análise do ritmo pluvial, constatou-se a ausência de longos períodos sucessivos de atuação das massas de ar estáveis. Tal padrão de circulação atmosférica, do tipo interrompido (MONTEIRO, 1969), impossibilitou o estabelecimento de uma sequência de estiagem e restringiu a ação de tipos de tempo mais favoráveis à evaporação. Outrossim, a gênese pluvial mostrou-se fortemente associada aos sistemas frontais (85,4% na RMSP e 82% no Sistema Cantareira), contando com um importante contributo na etapa de incursão da frente (FPA).

O quarto trimestre, referente à **primavera** de 2009, iniciou-se com um mês de outubro de chuvas não muito intensas em termos de volume, mas bem distribuídas ao longo dos 30 dias. A circulação atmosférica ficou à cargo dos fluxos do sul, com algumas invasões polares, cambiado em alguns casos pelas correntes de oeste (mTc). Posteriormente, nos meses de novembro e dezembro, observou-se uma série de avanços frontais de menor vigor e uma participação significativa de massas de ar intertropicais (55,6% na região metropolitana e 52,1% nos mananciais do Cantareira), cuja resistência às correntes do sul e o aparecimento de linhas de instabilidade contribuíram para diversas precipitações na região. Nesse período, as chuvas mostraram-se elevadas na região, tanto em relação ao volume quanto no número de dias. No caso dos totais pluviométricos, o Sistema Cantareira mostrou-se consideravelmente mais chuvoso em relação à metrópole, apresentando um volume de 763,4 mm frente aos 580,9 mm registrados na RMSP. Em relação à gênese pluvial, ainda que o maior percentual tenha natureza frontal (62% na RMSP e 61,5% no Sistema Cantareira), uma parcela importante teve sua origem nos sistemas tropicais (33,1% e 36%, respectivamente).

Em linhas gerais, 2009 pode ser considerado um ano excepcional chuvoso, visto que apresentou chuvas bem distribuídas ao longo do período e totais pluviométricos bastante elevados para a região (1883,7 mm na RMSP e 1944,9 mm no Sistema Cantareira). Os mecanismos reguladores do ritmo propiciaram sucessivos avanços frontais durante o ano e, por meio de um arranjo temporal bem distribuído, proporcionou intervalos profundamente estreitos de domínio tropical marítimo entre as invasões polares, com destaque para o inverno. Devido a isso, predominou em 2009 tipos de tempo mais úmidos e pouco favoráveis à evaporação, restringindo a ocorrência de estiagem na área de estudo, além de terem sido observados episódios pluviais relevantes no verão, inverno e primavera. No tocante à gênese das chuvas, os sistemas frontais foram os que mais contribuíram nos volumes totais, com índices de 67,1% na RMSP e 67,5% no Sistema Cantareira, no entanto os sistemas tropicais também apresentaram o percentual expressivo de 29% na metrópole e 30% nos mananciais, respectivamente.

4.2.8. Ano 2010

A respeito do ano de 2010, pode-se verificar os gráficos de Análise Rítmica referentes aos dados da RMSP e ao Sistema Cantareira nos Apêndices H e Q, respectivamente. Em

referência à síntese dos resultados, a Figura 37 expõe o índice de participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, enquanto a Figura 38 apresenta os resultados da gênese pluvial de 2010 em nível sazonal, a partir de trimestres representativos das quatro estações do ano.

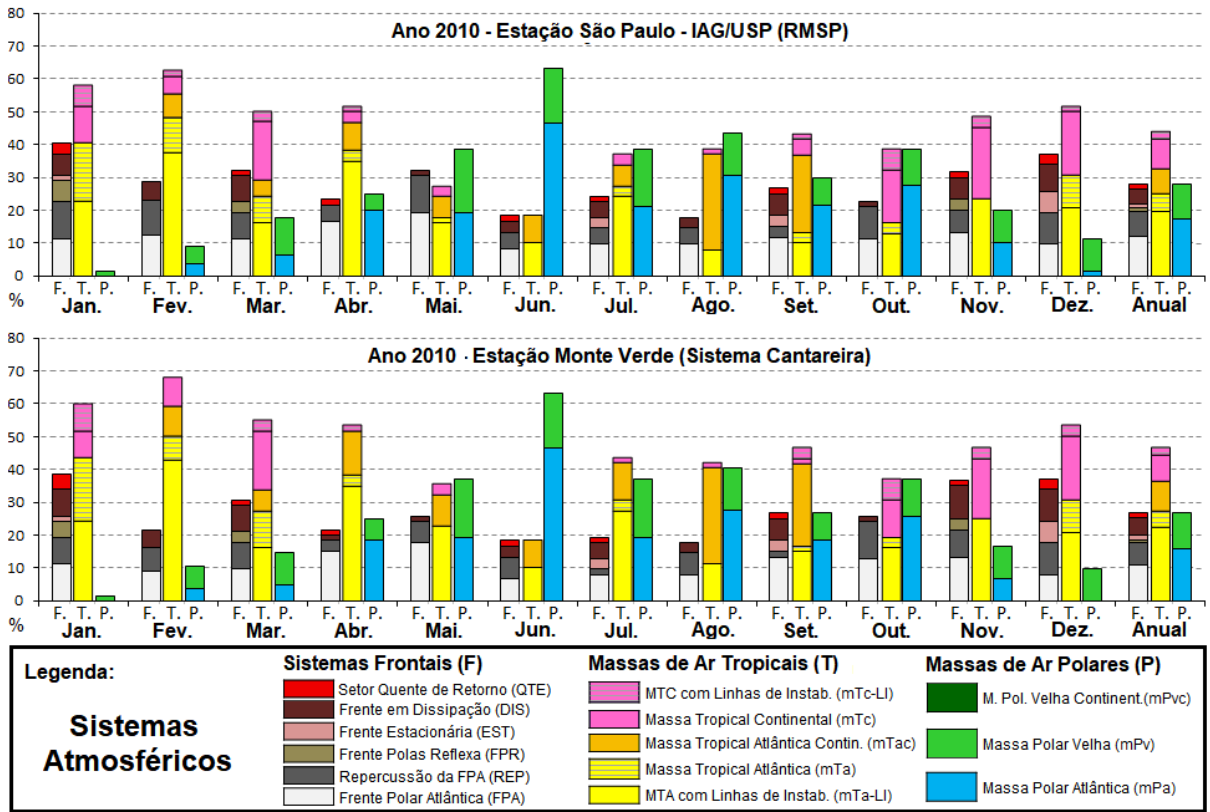


Figura 37 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2010.

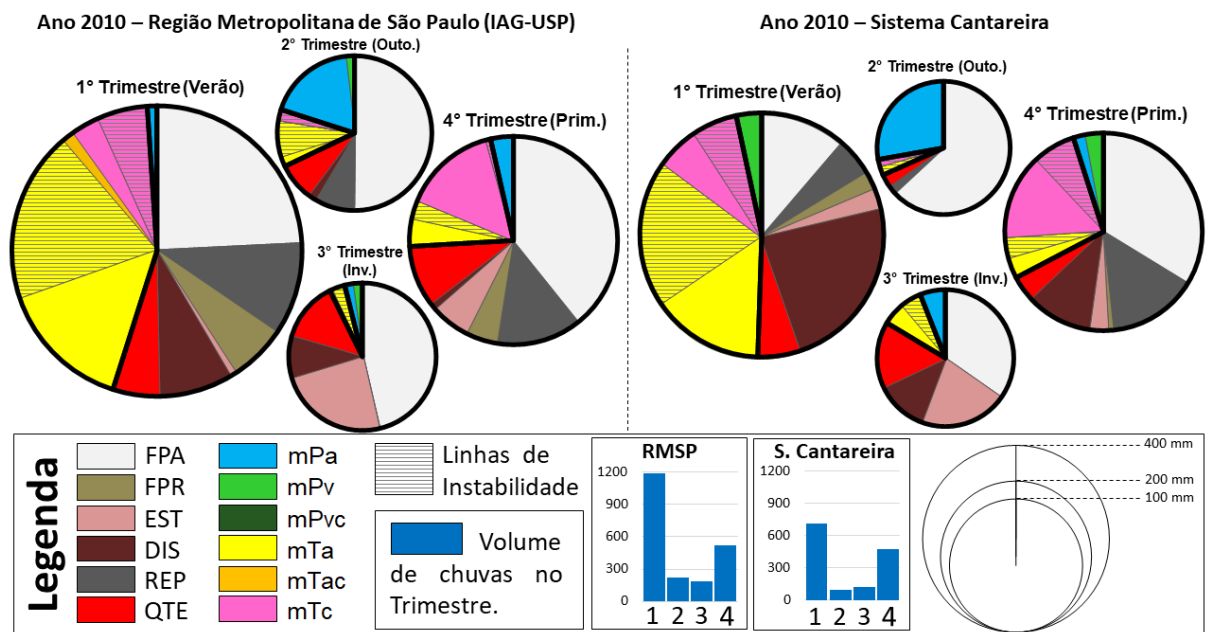


Figura 38 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2010.

O primeiro trimestre de 2010 mostrou-se um **verão** extremamente chuvoso na RMSP, com significativo destaque para as chuvas excessivas que ocorreram no setor austral da área de estudo, sobretudo ao sul do trópico de capricórnio. Em linhas gerais, observou-se um ritmo com atributos distintos ao habitualmente esperado na região, cuja circulação atmosférica fomentou um total de 1194,8 mm precipitados na RMSP e 712,6 mm no Sistema Cantareira, valores de características díspares e antagônicas, principalmente por tratar-se de localidades muito próximas. Nesse período, foram registrados 13 avanços de mecanismos frontológicos sobre a metrópole, no qual prevaleceram os fluxos polares do tipo interrompido (TARIFA, 1975), com ênfase para o longo período de instabilidade atmosférica engendrado pelo avanço (retorno e estacionamento) de duas frentes entre os dias 16 e 28 de janeiro, que propiciou elevados índices de chuva ligadas a tais tipos de tempo.

Sem embargo das repercussões chuvosas ligadas aos tipos de tempo frontais, um outro fator que contribuiu para os volumes expressivos registrados sobretudo na estação IAG-USP foram as chuvas convectivas, amiudadamente associadas às linhas de instabilidade alinhadas ao anticiclone tropical atlântico (mTa-LI), à exemplo da tempestade ocorrida no dia 4 de fevereiro, que produziu volumes de 97,2 mm na RMSP e apenas 1,7 mm registrados no Sistema Cantareira. Desse modo, considerando os argumentos descritos anteriormente pode-se interpretar a gênese pluvial dessa estação, que na RMSP foi 54,9% frontal e 44% de sistemas tropicais, enquanto no Sistema Cantareira o índice foi de 50,5% frontal e 46,1% tropical, valores relativamente equilibrados ao levar em conta a grande quantidade de chuvas registradas no período.

No segundo trimestre, relacionado ao **outono**, notou-se um início de abril bastante úmido, associado à um avanço mais lento do sistema frontal. A partir da entrada da primeira massa polar do outono no dia 7, cujas ondulações e perturbações atmosféricas persistiram até o dia 9 e repercutiram em alguns volumes de precipitação, iniciou-se um longo ciclo evolutivo de uma onda de frio, processo de domínio e tropicalização do anticiclone que perdurou até o dia 23. Posteriormente, a partir do aumento das incursões austríferas do ar polar, o controle das condições atmosféricas sobre a região permaneceu a cargo das correntes de sul, passando a ocorrer somente algumas parcas precipitações de origem frontal, com exceção de volumes mais elevados provocados pelo avanço frontal ocorrido entre os dias 8 e 10. Nesse sentido, as chuvas tiveram sua gênese em maior número a partir da ação de sistemas frontais (67,9% para

224,2 mm na RMSP e 68,3% para 97,3 mm no Sistema Cantareira), salientando-se algumas chuvas que foram associados à entrada do anticiclone polar (20% e 27,8%, respectivamente).

O terceiro trimestre, relativo ao **inverno**, apresentou certa estabilidade atmosférica ao longo do tempo, em especial na segunda quinzena do mês de agosto, que contou com tipos de tempo mais secos e a influência do anticiclone tropical (mTa e mTac). No entanto, entre os dias 13 a 16 de julho e 24 a 29 de setembro, notaram-se dois episódios frontais distintos que repercutiram em grande instabilidade a partir da atuação e estacionamento dos mecanismos frontológicos sobre a área de estudo, provocando chuvas mais volumosas para o período e rompendo a sequência de estiagem sazonal. À vista disso, a gênese das chuvas foi principalmente frontal, revelando índices de 92,7% para 190 mm na RMSP e 83,6% para 123,5 mm no Sistema Cantareira.

No caso do quarto trimestre, correspondente à **primavera** austral de 2010, verificou-se um ritmo de sucessão bastante intenso e uma grande alternância de tipos de tempo, cujo encadeamento resultou no predomínio de dias mais úmidos e uma melhor distribuição de episódios de chuva ao longo do tempo, apesar de não muito volumosas. Tal dinamismo atmosférico do período, que resultou em bastante instabilidade, também contou com a influência das correntes de oeste, que trouxeram a presença da mTc em diferentes situações e, em alguns casos, a ação das linhas de instabilidade tropicais que favoreceram a formação de chuvas convectivas. Em relação ao papel das correntes de sul na circulação secundária, notou-se 13 avanços de sistemas frontais, com destaque para os dias 11 a 18 de dezembro, onde ocorreu o estacionamento do mecanismo frontológico e prolongou-se gerando um corredor de umidade, ocasionando precipitações mais elevadas sobre a região. Em relação à gênese pluvial da primavera, os sistemas frontais apresentaram um papel de destaque no período (74,1% de 516,4 mm na RMSP e 67,3% de 469,5 mm no Sistema Cantareira).

Em termos gerais, o ano de 2010 apresentou um ritmo atmosférico bastante dinâmico que favoreceu a ocorrência de precipitações mais volumosas, especialmente na parcela meridional da área de estudo. Nesse caso, as chuvas na RMSP mostraram-se superiores ao Sistema Cantareira em todos os trimestres analisados, resultando em um volume anual de 2125,4 mm na metrópole e 1402,9 mm nos mananciais do Cantareira, valores que retratam, conforme observado nas análises, um ano de maior influência e repercussão dos sistemas frontais na área mais ao sul do Trópico de Capricórnio. Desse modo, apesar dos volumes anuais da metrópole indicarem claramente um ano-padrão chuvoso (ou muito/extremamente chuvoso), tal parâmetro não se aplica necessariamente ao setor norte da região, conforme já

foi exposto anteriormente nas Figuras 12, 19 e 21. Em relação à estação mais seca (outono-inverno), verificaram-se alguns episódios chuvosos num período habitualmente pouco úmido, e que eventualmente contribuíram para minimizar e abreviar os efeitos da estiagem. No tocante à gênese pluvial, apesar da importante contribuição das chuvas convectivas, mostrou-se 60% originada pelos sistemas frontais para ambas as regiões analisadas.

4.2.9. Ano 2011

Os gráficos de Análise Rítmica, elaborados e analisados na escala diária para o ano de 2011, podem ser conferidas nos Apêndices I e R, contendo gráficos elaborados com dados representativos da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente. No tocante à síntese dos resultados obtidos através da análise rítmica, a Figura 39 expõe a participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e a Figura 40 apresente a gênese pluvial de 2011, fragmentada para as quatro estações sazonais.

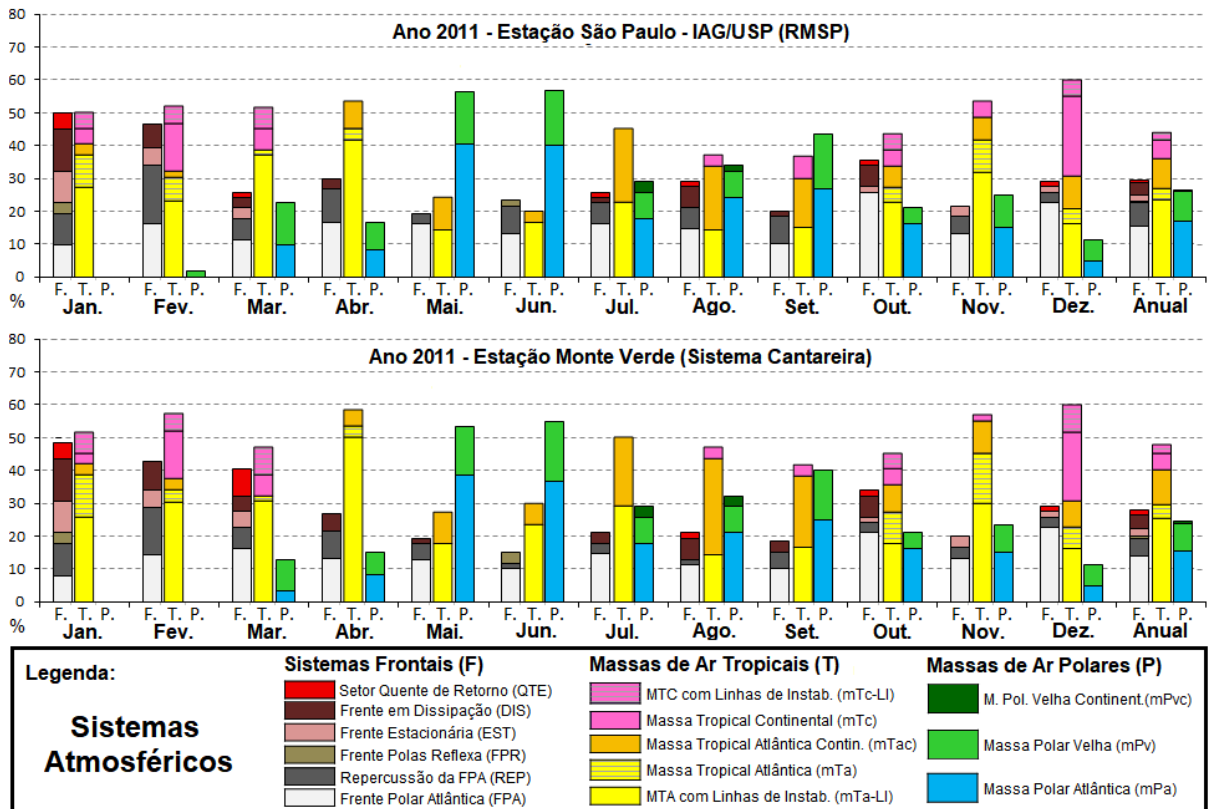


Figura 39 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2011.

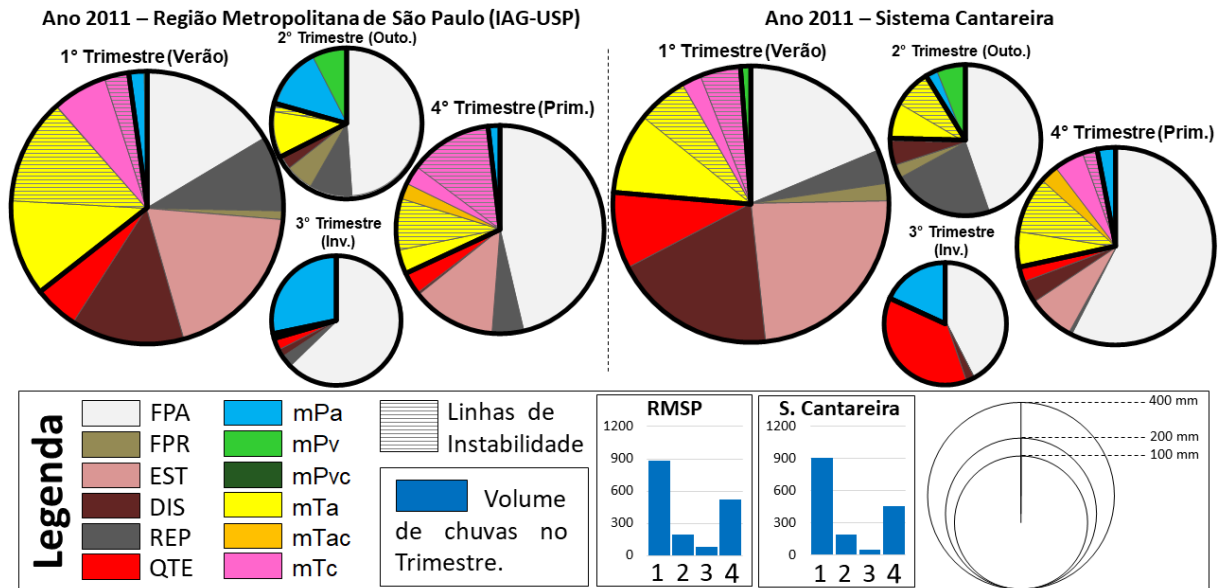


Figura 40 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2011.

O primeiro trimestre, associado ao **verão**, apresentou chuvas abundantes e excepcionais em relação ao habitual do período, dando sequência à um ciclo de precipitações elevadas iniciado desde o ano de 2009 na região. No entanto, nessa estação o volume total das precipitações mostrou-se equilibrado entre ambas as localidades em foco, registrando inclusive valores ligeiramente superiores no setor setentrional da área de estudo (885,3 mm na RMSP e 904 mm no Sistema Cantareira). Outrossim, outro fator de destaque nesse verão foi a elevada frequência de sistemas frontais, principalmente nos dois primeiros meses do ano, que oscilaram ao longo do período nos mais diferentes eixos de deslocamento da frente em virtude de um fluxo de circulação atmosférica do tipo interrompido (TARIFA, 1975). Tal dinamismo, resultante da oposição e/ou bloqueio imposto pelos sistemas intertropicais aos fluxos polares, acarretou no recuo e estacionamento das frentes sobre a região em diversas ocasiões e repercutiu em episódios pluviais intensos como, por exemplo, nos dias 1 a 6 e 8 a 15 de janeiro, 14 a 18 de fevereiro e 27 de fevereiro a 8 de março.

Nesse sentido, predominaram durante o verão tipos de tempo mais úmidos e uma forte presença de massas de ar tropicais (mTa, principalmente) e dos mecanismos frontológicos por elas engendrados, em oposição à parca frequência de massas de ar de origem polar. A respeito da gênese pluvial, notoriamente nessa estação os sistemas frontais mostraram-se mais influentes no volume total das chuvas (64,5% na RMSP e 76,4% no Sistema Cantareira), apesar de uma importante contribuição dos sistemas intertropicais no montante total (33,4% e 22,4%, respectivamente).

No início do segundo trimestre, correspondente ao **outono** de 2011, notou-se um mês de abril com ampla presença da massa tropical atlântica e forte resistência à invasão dos fluxos polares, entrave que só foi rompido com a entrada de uma frente no dia 24. No restante do trimestre, com a ampliação do papel das correntes de sul no controle da circulação atmosférica em nível regional, verificaram-se tipos de tempo mais estáveis sob influência dos anticiclones, perturbados somente em algumas ocasiões com a entrada de uma nova frente. Em linhas gerais, as precipitações ocorreram basicamente durante as passagens frontais e não sendo registrados grandes volumes diários, totalizando 191,3 mm na RMSP (67,5% com gênese nos sistemas frontais) e 192,5 mm no Sistema Cantareira (75,4% de origem frontal).

O terceiro trimestre de 2011, referente ao **inverno**, mostrou-se pouco chuvoso na região da metrópole e circovizinhança, somando somente 81,7 mm no IAG-USP e 48,5 mm em Joanópolis. No geral, notou-se uma forte presença de sistemas anticiclônicos, tais como as massas de ar de origem tropicais (mTa, mTac e mTc) ou polares (mPa, mPv e mPvc), que contribuíram para a ocorrência de tipos de tempo secos e estáveis, mais favoráveis à evaporação. As chuvas, restritas a alguns episódios, tiveram sua gênese pela ação direta dos sistemas frontais em 70,5% na metrópole e 81,6% no Cantareira.

No quarto trimestre, com a entrada da **primavera**, passou-se a observar chuvas frontais logo na primeira quinzena de outubro, findando um período de estiagem mais intensa do que as ocorridas nos anos anteriores. Do mesmo modo, alguns avanços frontais passaram a sofrer maior oposição das massas intertropicais como ocorrido, por exemplo, nos dias 13 a 17 de novembro, que produziu um episódio pluvial intenso sobre a região. Sem embargo, é importante ressaltar que as chuvas tiveram sua gênese muito associada às repercussões dos sistemas frontais e mantiveram-se próxima ao habitualmente esperado no período, totalizando 522,2 mm na RMSP (68,1% gênese frontal) e 456,2 mm no Sistema Cantareira (71,6% gênese frontal), ressaltando a ocorrência de volumes mais elevados no setor meridional da metrópole.

Em suma, trata-se de um ano que se inicia extremamente chuvoso e associado a fluxos polares do tipo interrompido, cujo recuo e estacionamento das frentes manifestou-se em episódios pluviais intensos. No entanto, no período de outono-inverno notou-se uma redução sensível das precipitações, resultando numa estiagem um pouco mais intensa que as registradas nos anos anteriores. As chuvas da primavera iniciadas logo no mês de outubro, embora concentradas em episódios pontuais, mantiveram-se mais próximas do habitual ao longo do trimestre, destacando-se o fato de ocorrer menores índices de chuva na parcela norte da área de estudo. Isto posto, foram registrados no total anual 1680,5 mm na RMSP, sendo

66,2% de gênese nos sistemas frontais e 28,3% de origem nos sistemas tropicais, enquanto no Sistema Cantareira anotou-se 1601,2 mm, compondo-se 75,2% frontal e 21,8% tropical.

4.2.10. Ano 2012

Os resultados obtidos por meio de aplicação da Análise Rítmica do ano de 2012 podem ser observados nos Apêndices J e R. Tais gráficos contém dados das variáveis meteorológicas, em nível diário/horário, da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente, e plotado ao gráfico os sistemas atmosféricos identificados para os dois horários sinóticos diário (9hrs e 21hrs – horário de Brasília). Em relação à síntese dos resultados, pode-se conferir na Figura 41 a frequência mensal e anual dos sistemas atmosféricos (frontais, tropicais e polares) e na Figura 42 a gênese pluvial de 2012 decomposta em quatro trimestres, representativos das estações do ano.

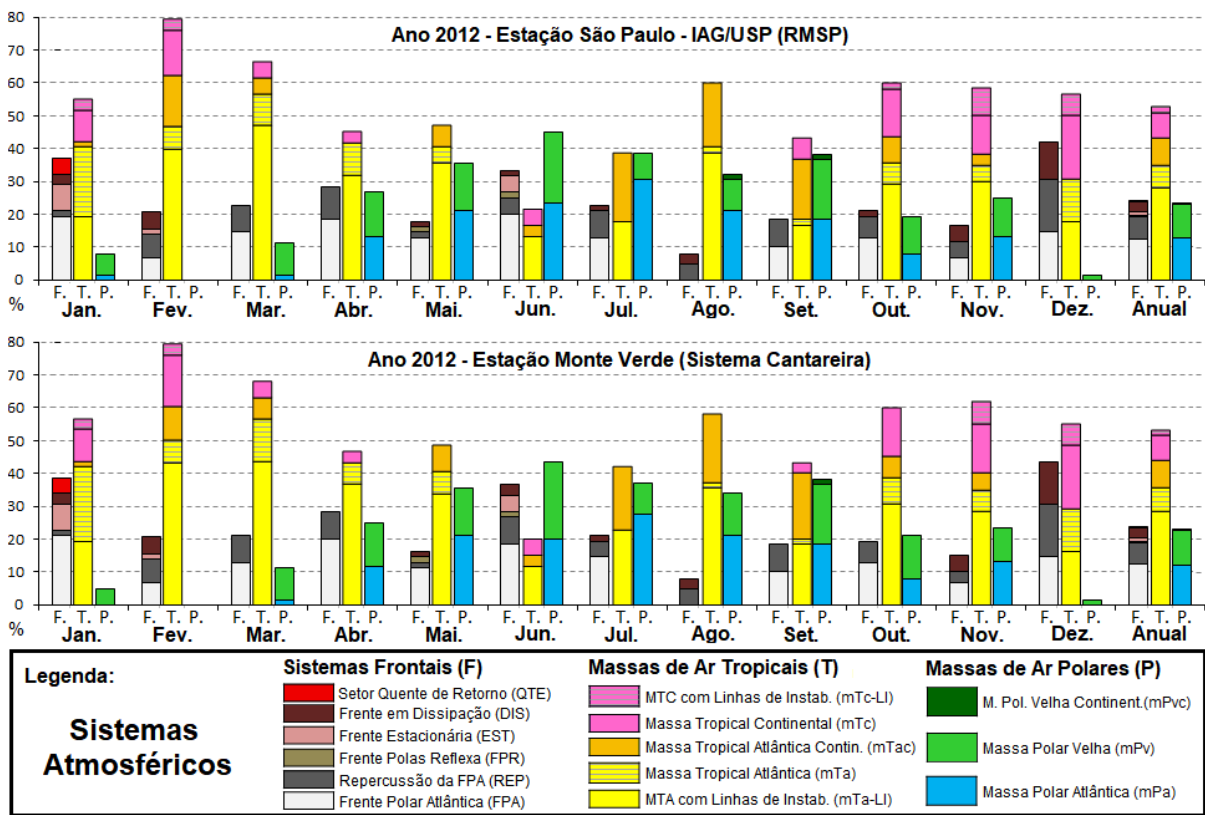


Figura 41 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2012.

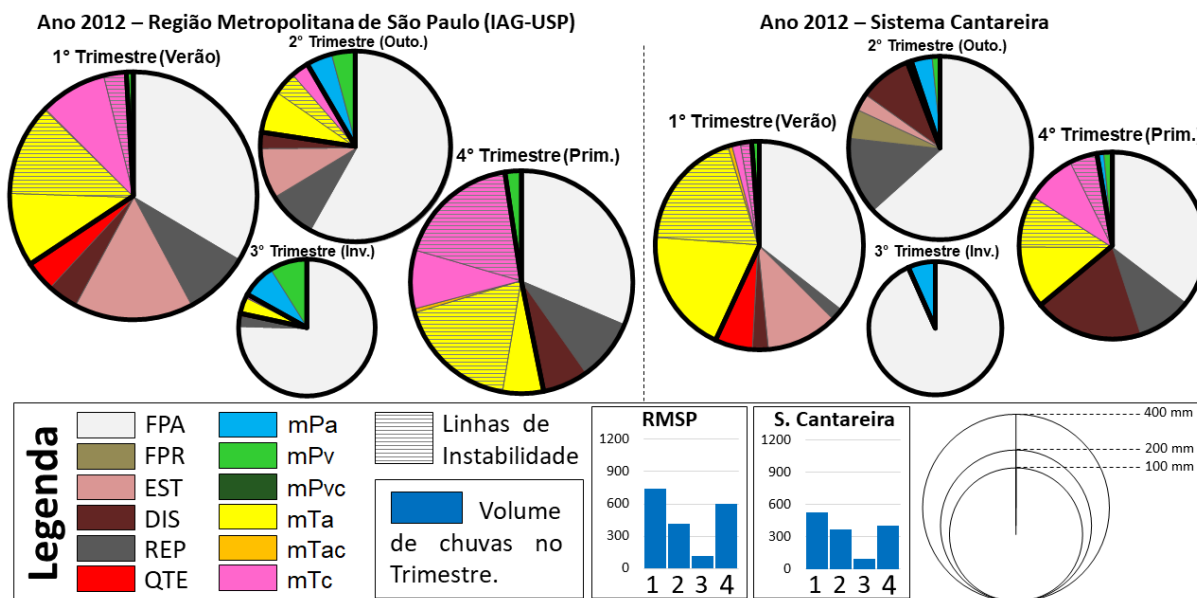


Figura 42 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2012.

No primeiro trimestre, período correspondente ao **verão**, as chuvas mostraram-se mais volumosas no setor austral da região, registrando 738,2 mm na RMSP e 526,9 mm no Sistema Cantareira. Particularmente nos meses de janeiro e fevereiro, as correntes atmosféricas advindas do sul sofreram bastante resistência ao adentrar na região, provocando a interrupção dos fluxos e o estacionamento das frentes sobre a metrópole, circunstância que gerou maior repercussão pluvial no sul da área de estudo como foi o caso, por exemplo, dos episódios ocorridos entre os dias 14 a 22 e 25 a 28 de janeiro e 9 a 14 de fevereiro. No entanto, apesar da participação expressiva dos tipos de tempo de origem frontal na primeira metade do trimestre, notou-se uma frequência elevada de dias sob influência das massas de ar intertropicais, sobretudo da mTa, que atuou durante boa parte do verão em sucessão e em alguns casos influenciada por linhas de instabilidade. Dessa forma, no tocante da gênese pluvial, as chuvas na RMSP foram 65,7% associadas a sistema frontais e 33,4% a sistemas tropicais, enquanto o Sistema Cantareira produziu índices de 56,9% e 41,9%, respectivamente.

O segundo trimestre de 2012 abrange um **outono** pouco habitual em relação ao recorrente na região, revelando-se chuvoso devido ao padrão rítmico dos fluxos polares do tipo “interrompido” e, posteriormente, “alternado” (MONTEIRO, 1969). Devido à tal dinâmica analisada, o outono desse ano mostrou-se ademais pouco rigoroso em termos de temperatura, sobretudo pela menor participação da mPa. Em relação à gênese das chuvas, os sistemas frontais fomentaram a maioria dos episódios pluviais, principalmente ao norte da

região, sendo responsáveis por 77,4% dos 417,2 mm precipitados na RMSP e 94,2% do volume total de 371 mm no Sistema Cantareira.

O terceiro trimestre de 2013, tal qual a estação de outono, revelou-se como um **inverno** pouco rigoroso em termos de temperatura, apresentando tipos de tempo mais amenos somente em poucas ondas de frio que ocorreram em julho e na última semana de setembro. Entretanto, ao contrário da estação anterior, o inverno mostrou-se pouco chuvoso na área de estudo, apresentando precipitações basicamente associadas aos avanços do eixo principal da frente (FPA) sobre a região e às ondulações barométricas observadas durante as incursões do anticiclone polar (mPa/mPv). Nesse sentido, a RMSP registrou 78,4% do total de 111,8 mm de chuvas no trimestre com gênese associada aos sistemas frontais e o Sistema Cantareira teve um índice de 93,3% para o volume total de 93,7 mm.

No **verão** de 2012, equivalente ao quarto trimestre do ano, a precipitação total foi de 599,7 mm na RMSP e 400,4 mm no Sistema Cantareira, destacando-se o fato de ocorrer volumes de chuva mais reduzidos na parcela setentrional da área de estudo, parâmetro que foi observado ao longo de todo o ano e reincide nessa estação. Outrossim, alguns episódios onde observaram-se linhas de instabilidade associadas às massas tropicais (mTa-LI e mTc-LI) repercutiram em chuvas convectivas de volumes mais elevados no setor austral da metrópole como, por exemplo, os episódios pluviais ocorridos nos dias 9 e 10 de novembro e 6 e 19 de dezembro. Nessa perspectiva, a gênese pluvial na RMSP apresentou índices de 46,8% de sistemas frontais e 50,8% de sistemas tropicais, enquanto no Sistema Cantareira os valores foram de 64% e 33,3%, respectivamente, destacando-se o fato da importante contribuição das chuvas convectivas na metrópole, além da maioria das chuvas terem sido registradas no mês de dezembro, período de maior frequência de tipos de tempo de origem frontal e de massas de ar com linhas de instabilidade.

Em síntese, apesar do ano de 2012 ter se mostrado chuvoso no interior da metrópole paulista, as áreas de recarga do Sistema Cantareira inseridas ao norte da região não apresentaram esse mesmo aspecto, registrando inclusive precipitações abaixo do habitual no segundo semestre. Durante o ano, sobretudo no primeiro semestre, as correntes do sul avançaram por meio de fluxos pouco vigorosos que repercutiram em precipitações mais elevadas na altura do trópico, destacando-se a forte oposição por parte dos sistemas intertropicais, todavia não avançaram com a mesma influência até a área setentrional na altura do estado de Minas Gerais. Do mesmo modo, a circulação atmosférica analisada constatou que os distúrbios e convergências provocadas pelas linhas instabilidade tropicais atingiram de

maneira mais intensa a região metropolitana e repercutiram em mais chuva ao sul da região, colocando em destaque um contraste intraregional no ritmo da circulação atmosférica desse ano, dentro de uma escala mais reduzida.

A partir das colocações anteriores, pode-se interpretar as alturas de chuvas anuais registradas em ambos os pluviômetros: 1866,9 mm na RMSP e 1392,0 mm no Sistema Cantareira. Ademais, constatou-se em nível anual uma frequência bastante elevada de massas de ar tropicais (52,5% dos dias na RMSP e 53,2% no Sistema Cantareira), principalmente da mTa, contraposto à baixa participação das massas de ar polares durante o ano (23,5% dos dias na RMSP e 22,9% no Sistema Cantareira), sugerindo um ano mais quente em relação ao habitual. Em relação à gênese pluvial anual, a RMSP apresentou 63% das chuvas associadas à sistemas frontais e 33% delas relacionadas a sistemas tropicais, enquanto o Sistema Cantareira obteve índices de 71,3% e 25,6%, indicando uma maior parcela de chuvas convectivas na metrópole.

4.2.11. Ano 2013

Os gráficos de Análise Rítmica que foram elaborados e analisados para o ano de 2013, na escala diária, podem ser conferidas nos Apêndices K e S, contendo os dados representativos da RMSP e do Sistema Cantareira, respectivamente. No que diz respeito à síntese dos resultados obtidos por meio da análise rítmica, a Figura 43 ilustra e transcreve a frequência mensal e anual dos sistemas atmosféricos, e a Figura 44 expõe a gênese das chuvas nesse ano, fragmentada para as quatro estações austrais.

O primeiro trimestre de 2013, referente ao **verão**, iniciou-se relativamente chuvoso e próximo ao habitualmente esperado para o período, apresentando um número considerável de dias de chuva, embora não registrando volumes tão elevados em 24 horas. Ao longo dos três meses, notou-se na região uma influência considerável dos fluxos polares na constituição dos tipos de tempo, cujo embate por parte dos sistemas tropicais gerou uma série de perturbações e linhas de instabilidade nas massas de ar, sobretudo na tropical atlântica (mTa-LI). Tal parâmetro dos fluxos polares observado pode ser interpretado como tipo “oscilante”, dada sua afinidade com o padrão descrito a quase meio século por Tarifa (1975, p. 69). Em relação à distribuição espacial das precipitações no trimestre, a despeito de haver um valor um pouco mais elevado na metrópole, mostrou-se equilibrada ao registrar 660,2 mm na RMSP e 586,8

no Sistema Cantareira. No tocante à gênese pluvial, constatou-se índices percentuais muito próximos entre a origem frontal e convectiva nas duas regiões: 46,9% sob influência dos sistemas frontais e 49,2% dos sistemas tropicais na RMSP e 44,3% frontais e 49,2% tropicais, respectivamente, no Sistema Cantareira.

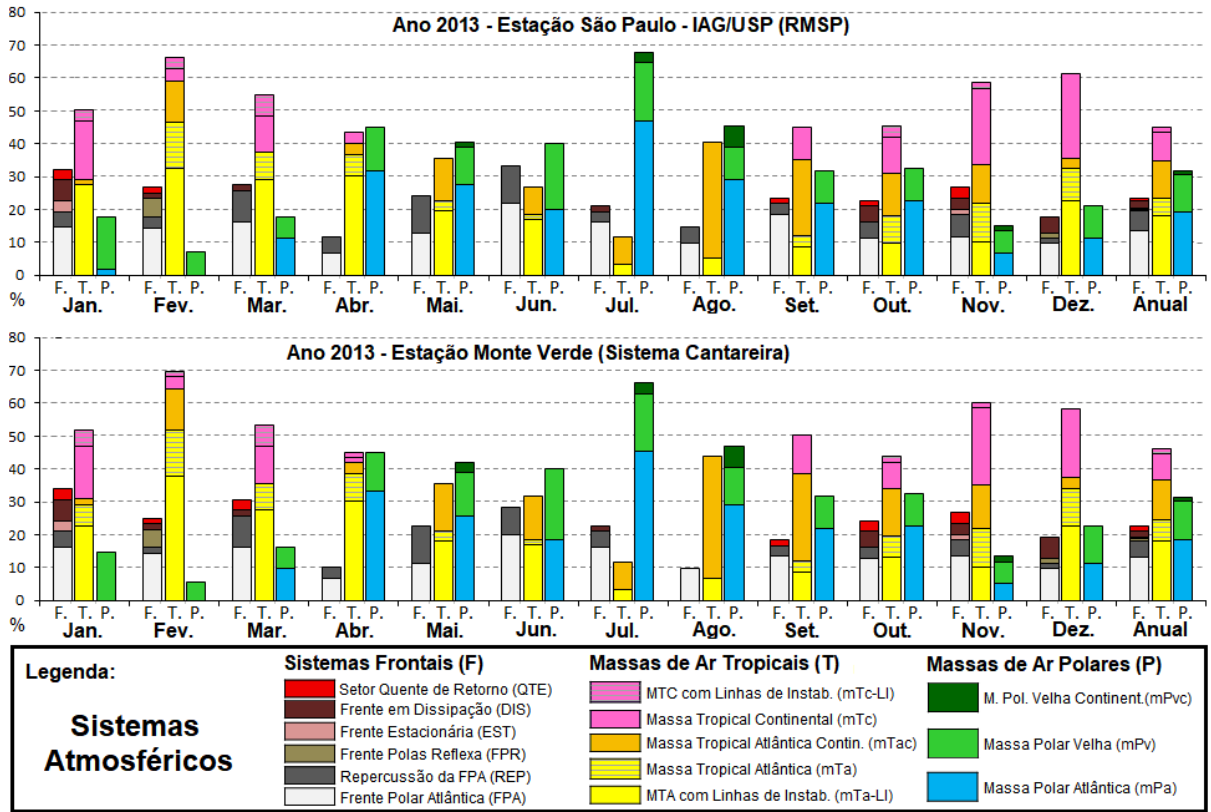


Figura 43 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2013.

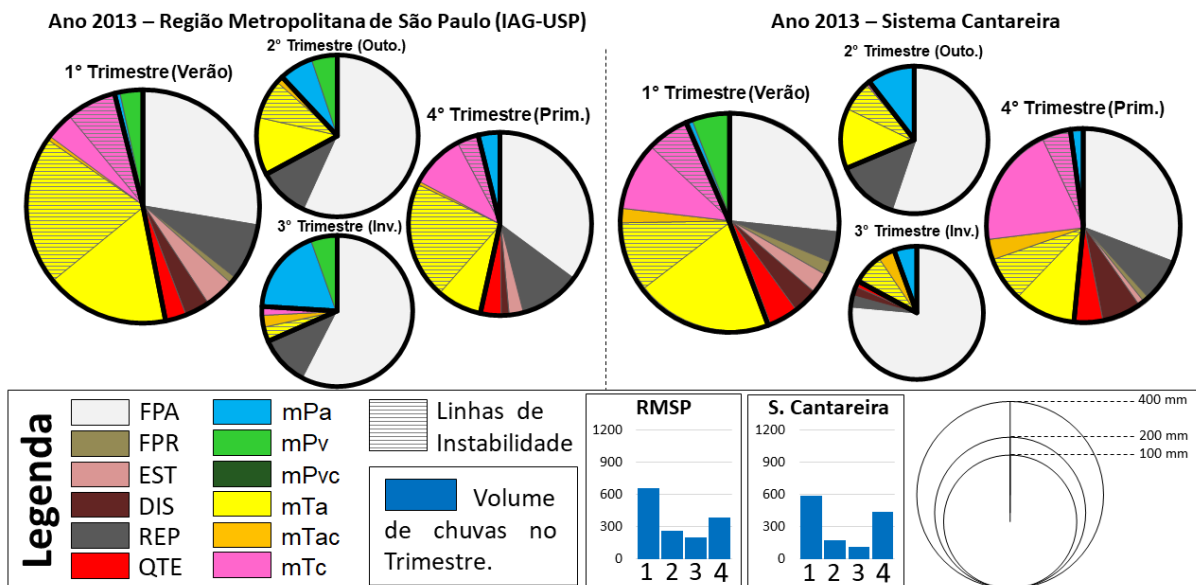


Figura 44 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2013.

A entrada do **outono**, período análogo ao segundo trimestre, exprimiu uma maior participação de fluxos vigorosos das correntes do sul, principalmente após a segunda metade do mês de abril. Sem embargo, notou-se também o estabelecimento de intervalos mais longos (de vários dias ou semanas) nos ciclos de evolução de uma onda de frio até o aquecimento pré-frontal como, por exemplo, entre os dias 13 de abril e 5 de maio. No início de abril ocorreram chuvas convectivas associadas à mTa e, após o dia 13 do mesmo mês, as precipitações encontraram-se associadas à incursão do eixo principal da frente na região. Devido a esses fatores, a gênese pluvial mostrou-se 67,1% associada à sistemas frontais e 20,9% a sistemas tropicais para um total de 262,2 mm na RMSP e obteve índices de 68,7% de frentes e 20,8% de massas intertropicais com relação a um volume de 172,1 mm no Sistema Cantareira.

No terceiro trimestre, período correspondente ao **inverno**, notou-se uma participação significativa das massas de ar polares ao longo dos três meses (48,2% do período nos dois sítios de análise), exprimindo um inverno mais rigoroso em relação ao habitual. Tal fator é complementado por meio do registro de significativas ondas de frio no período, destacando-se a forte incursão anticiclônica de ar polar (mPa) entre os dias 23 e 30 de julho, atingindo seu auge dia 24 com registros de temperaturas extremamente baixas para a região. Nesse sentido, as precipitações mostraram-se muito associadas aos fluxos das correntes do sul, essencialmente a alguns episódios de avanço do eixo principal da frente, precipitando um volume total de 196,5 mm na RMSP, 68,5% relacionada diretamente sistemas frontais e 24,1% aos sistemas polares, e um volume de 107,8 mm no Sistema Cantareira, contando com um índice de 82,9% de gênese frontal e 5,6% de sistemas polares.

Em relação ao quarto trimestre de 2013, constatou-se uma **primavera** pouco chuvosa em relação ao habitual, sobretudo no mês de dezembro. De maneira geral, os volumes diários de precipitação mostraram-se reduzidos, mesmo no período entre 21 a 24 de novembro, onde observou-se uma maior resistência ao avanço dos mecanismos frontológicos. Apesar das chuvas terem iniciado desde o final do inverno, findando o ciclo estiagem, durante a primavera verificou-se uma participação significativa dos sistemas polares sobre a região, cujos fluxos anticiclônicos mais vigorosos contribuíram para a redução dos contrastes térmicos e barométricos na circulação atmosférica e uma maior estabilidade nos tipos de tempo. No final da primavera, notou-se um dezembro de parca influência frontal, dando

sequência à uma sucessão de massas de ar estáveis, principalmente na segunda metade do mês.

No caso da primavera, foram registrados 382,6 mm na RMSP e 435,8 mm no Sistema Cantareira. Malgrado a modesta quantia a mais de chuvas no setor setentrional da área de estudo, que mesmo assim não é suficiente para aproximar-se do habitual no período, tal conjuntura é adversa ao observado durante o decorrer do ano, onde verificou-se maior altura de chuvas na região da metrópole em relação aos mananciais ao norte. Em relação à gênese das chuvas, constatou-se uma menor influência direta das frentes no volume total, apresentando na RMSP um índice de 53,5% de sistemas frontais e 42,7% de sistemas tropicais e, no Sistema Cantareira, 51,6% associados às frentes e 46,3% relativo às massas de ar tropicais.

No geral, o ano de 2013 apresentou no decorrer do ano uma forte participação de sistemas anticiclônicos, tanto de características tropicais (mTa/mTac) quanto polares (mPa/mPv). O total das chuvas registradas no período foi de 1501,5 mm na RMSP e 1302,5 mm no Sistema Cantareira, mostrando-se inferior no setor norte da área de estudo, circunstância que vem sendo observada em sequência desde o ano de 2010. A despeito do primeiro trimestre registrar chuvas próximas ao habitual, e ao longo do restante do ano os dias chuvosos não serem necessariamente incomuns, não foram verificados grandes episódios de aguaceiros e/ou chuvas volumosas em curtos períodos. Ademais, decorreram sequências de dias (e semanas) de tipos de tempo estáveis, em especial no inverno, com tipos de tempo estáveis e mais secos, favorecendo a evaporação. Com relação à gênese pluvial, o papel anual dos sistemas frontais mostrou-se reduzido (54,9% na RMSP e 53,1% no Sistema Cantareira) em relação aos outros anos analisados anteriormente, além de constatar-se uma participação significativa dos sistemas tropicais (37,1% na metrópole e 41,4% nos mananciais, respectivamente).

4.2.12. Ano 2014

Para o ano de 2014, pode-se conferir os gráficos de Análise Rítmica elaborados com dados referentes à RMSP e ao Sistema Cantareira nos Apêndices L e S, respectivamente. Em relação à síntese dos resultados obtidos, a Figura 45 revela o índice de participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos e a Figura 46 exhibe os resultados da gênese pluvial de 2014

que foram elaborados em nível sazonal, a partir de trimestres representativos das quatro estações austrais.

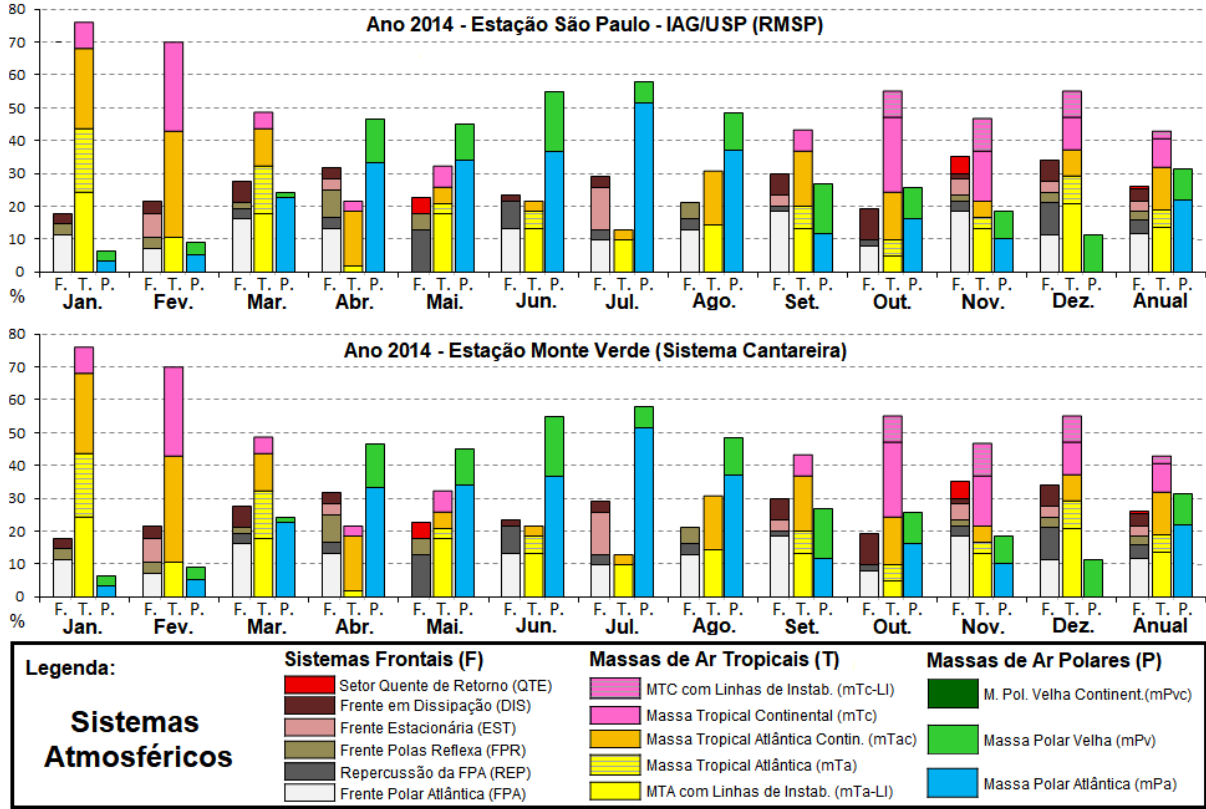


Figura 45 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2014.

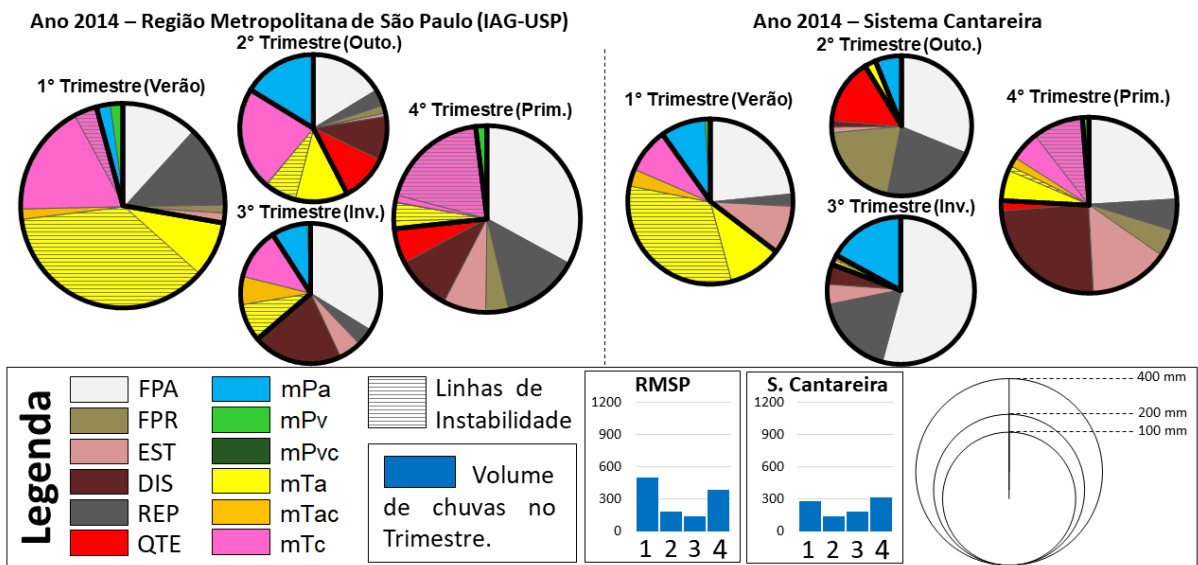


Figura 46 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2014.

O primeiro trimestre nitidamente destacou-se como um **verão** excepcionalmente seco na área de estudo, sobretudo na região setentrional onde localizam-se os mananciais do Sistema Cantareira. O índice de participação das massas de ar, principalmente das massas intertropicais, mostrou-se exageradamente elevado nos meses de janeiro (75,8% nas duas áreas analisadas) e fevereiro (69,6% em ambas as regiões), revelando um bloqueio atmosférico às correntes do sul, que barrou a entrada e atuação mais intensa de sistemas frontogênicos sobre a região. Do mesmo modo, os tipos de tempo permaneceram durante boa parte do verão ensolarados e com temperaturas bastante elevadas, dispondo de condições bastante favoráveis à evaporação. Vale ressaltar que, apesar da parcela subtropical da metrópole mostrar-se mais chuvosa, como pôde-se observar nas chuvas mais volumosas presentes no gráfico de análise rítmica da estação IAG-USP, tal influência de origem frontal (e perturbações por linhas de instabilidade) não ocorreu nas áreas inseridas ao norte do Trópico de Capricórnio.

Desse modo, as chuvas trimestrais atingiram um volume de 504,6 mm na RMSP e 281 mm no Sistema Cantareira. Tais desigualdades, verificadas no índice de precipitação, reforçam os apontamentos anteriores a respeito da circulação atmosférica no período, onde observou-se uma sucessão de massas de ar tropicais estáveis entre os dias 18 de janeiro e 12 de fevereiro e somente 7 avanços frontais ao longo dos três meses, além de episódios de chuvas convectivas concentradas somente na metrópole como, por exemplo, entre os dias 13 e 16. Isto posto, a gênese pluvial do verão mostrou-se predominantemente convectiva e associada às massas de ar intertropicais (com ou sem linhas de instabilidade) em 68,1% do volume total na RMSP e 54,8% no Sistema Cantareira, enquanto o índice de chuvas associado aos sistemas frontais foi de 27,7% e 35,4% nas duas localidades, respectivamente.

Com a chegada do **outono**, o segundo trimestre sobreveio dotado de uma maior participação das correntes do sul, fato que resultou numa participação pouco expressiva das massas tropicais ao longo dos três meses (25,2% dos dias em ambas as regiões analisadas). Todavia, devido aos fluxos mais vigorosos do ar polar, as passagens frontais sobre a região não resultaram em chuvas muito elevadas, a despeito da atuação de diferentes eixos da frente. Dessa forma, os volumes totais registrados pelos pluviômetros foram de 183,7 mm na RMSP (42,4% de sistemas frontais, 41,3% tropicais e 16,3% polares) e 138,6 mm no Sistema Cantareira (91,3% de sistemas frontais, 2,6% tropicais e 6,1% polares), ressaltando-se uma maior atividade convectiva na gênese das chuvas na metrópole em relação à região dos mananciais setentrionais.

Em relação ao terceiro trimestre, o **inverno** deu seguimento ao padrão de circulação atmosférica observado na estação anterior, e resultou numa maior participação das correntes do sul e predomínio de invasões polares do tipo “contínuo” e/ou “dominante” (MONTEIRO, 1969), sucedendo à entrada de anticiclones mais intensos que acarretaram em sequências de tipos de tempo estáveis e pouco úmidos decorrentes do ciclo de evolução de uma onda de frio. Tal parâmetro sinótico motivou volumes ligeiramente superiores de precipitação de origem frontogenética no Sistema Cantareira, por efeito da posição mais setentrional desse setor da área de estudo. Desse modo, foram registrados 187,8 mm de chuvas no Cantareira e 138,3 mm na RMSP, sendo que a gênese frontal mostrou-se superior na região dos mananciais ao norte (80,8% sistemas frontais, 2,2% intertropicais e 17% polares), enquanto na metrópole as chuvas convectivas propiciadas pelas massas intertropicais, com ou sem linhas de instabilidades, foram ligeiramente superiores (63,7% sistemas frontais, 27,2% intertropicais e 9,1% polares) devido à influência de algumas precipitações convectivas no mês de setembro.

O quarto trimestre, referente à **primavera**, iniciou-se com uma atuação significativa da massa de ar polar e deu sequência a um embate entre as massas intertropicais (mTa, mTac e mTc) no campo sinótico, resultando num mês de outubro pouco chuvoso e, apesar de um início com temperaturas amenas, sucedeu à tipos de tempo estáveis, quentes e de baixa umidade relativa do ar. Tais características contribuíram para prolongar a forte estiagem que já vinha sendo monitorada e, apesar de algumas chuvas registradas no início de novembro, só foram ocorrer volumes significativos no final de novembro (na metrópole) e no início de dezembro (no Cantareira). Dessarte, logo após o desenrolar de um ano pouco chuvoso, a circunstância de um mês de outubro excepcionalmente seco (25,4 mm na metrópole e 25 mm no Cantareira), a elevada frequência de tipos de tempo propícios à evaporação e o retardamento para recuperar o déficit hídrico ao longo da primavera evidentemente causaram consequências e/ou impactos à população paulistana, tendo em vista que o regime das precipitações no estado de São Paulo tende a concentrar a maior parte das chuvas entre outubro a março (SANT’ANNA NETO, 1995).

No entanto, deve-se ressaltar que a retomada da atividade frontal no final de novembro, e sobretudo no mês de dezembro, resultou em alguns episódios pluviais de maior relevância na área de estudo, como foi o caso dos períodos entre 22 a 27 de novembro e 22 a 25 de dezembro onde verificou-se o estacionamento dos sistemas frontais que atuavam sobre a região. Isto posto, a altura de chuvas no trimestre foi de 390,2 mm na RMSP e 319,3 mm no Sistema Cantareira, quantidades acanhadas em relação ao habitualmente esperado, todavia,

diferentemente do verão, contou com uma maior proporção de sistemas frontais (73,3% na metrópole e 75,8% no Cantareira) na gênese pluvial em relação aos sistemas tropicais (24,7% e 22,9%, respectivamente).

Em síntese, o ano de 2014 iniciou-se com uma forte participação das massas de ar tropicais, que atravancaram o avanço das frentes e engendraram uma forte estabilidade atmosférica caracterizada por tipos de tempo de considerável amplitude térmica, insolação intensa e, durante alguns dias na metrópole, provocaram pancadas de chuva localizadas no setor meridional da área de estudo. Em virtude dessa sequência de tipos de tempo as chuvas, quando ocorreram, precipitaram volumes escassos e mal distribuídos na região, concentrados sobretudo no setor sul da RMSP. Malgrado o mês de março, cujas passagens frontais ocasionaram chuvas significativas, ao longo do outono-inverno, de abril a setembro, as precipitações seguiram insuficientes na região, perdurando longos dias seguidos sob o domínio de massas de ar estáveis (polares e tropicais) e tipos de tempo ensolarados e pouco úmidos, até o próximo avanço frontal.

A primavera em questão começa ainda sobre os efeitos da estiagem, cujas poucas passagens frontais no mês de outubro produziram volumes insignificantes de chuva e prevaleceram tipos de tempo quentes e secos, atípicos para essa época do ano, prolongando por semanas o cenário favorável à evaporação. A partir do mês de novembro as passagens frontais passaram a repercutir em chuvas mais intensas, embora concentradas na área da metrópole, e somente no mês de dezembro que os tipos de tempo mais instáveis e chuvosos passariam a prevalecer sobre o Sistema Cantareira, contribuindo parcialmente para atenuar esse trimestre atípico em relação ao habitual.

À vista disso, registrou-se durante o ano um total de 1216,8 mm na RMSP e 926,7 mm no posto de Joanópolis (ao norte da área), totais pouco usuais de chuva na região, principalmente nos mananciais do Cantareira. Nessa perspectiva, destacaram-se os elevados índices de participação dos sistemas tropicais na gênese das chuvas na cidade de São Paulo (45,5% na metrópole e 25,3% no Cantareira), em especial quando comparados aos índices dos sistemas frontais (48,7% e 66,9%, respectivamente), cujos valores do posto IAG mostraram-se muito próximos no percentual, enquanto no Sistema Cantareira os valores foram mais discordantes, devido eventualmente à escassez de chuvas no verão e primavera – quadro agravante que claramente ocasionou impactos à população paulistana.

4.2.13. Ano 2015

A respeito do ano 2015, pode-se verificar os gráficos de Análise Rítmica relativos aos dados da RMSP e ao Sistema Cantareira nos Apêndices M e T, respectivamente. No tocante à síntese dos resultados, a Figura 47 expõe o índice de participação mensal e anual dos sistemas atmosféricos, enquanto a Figura 48 ilustram por meio de gráficos circulares os resultados da gênese pluvial em nível sazonal, a partir de trimestres representativos das quatro estações austrais do ano.

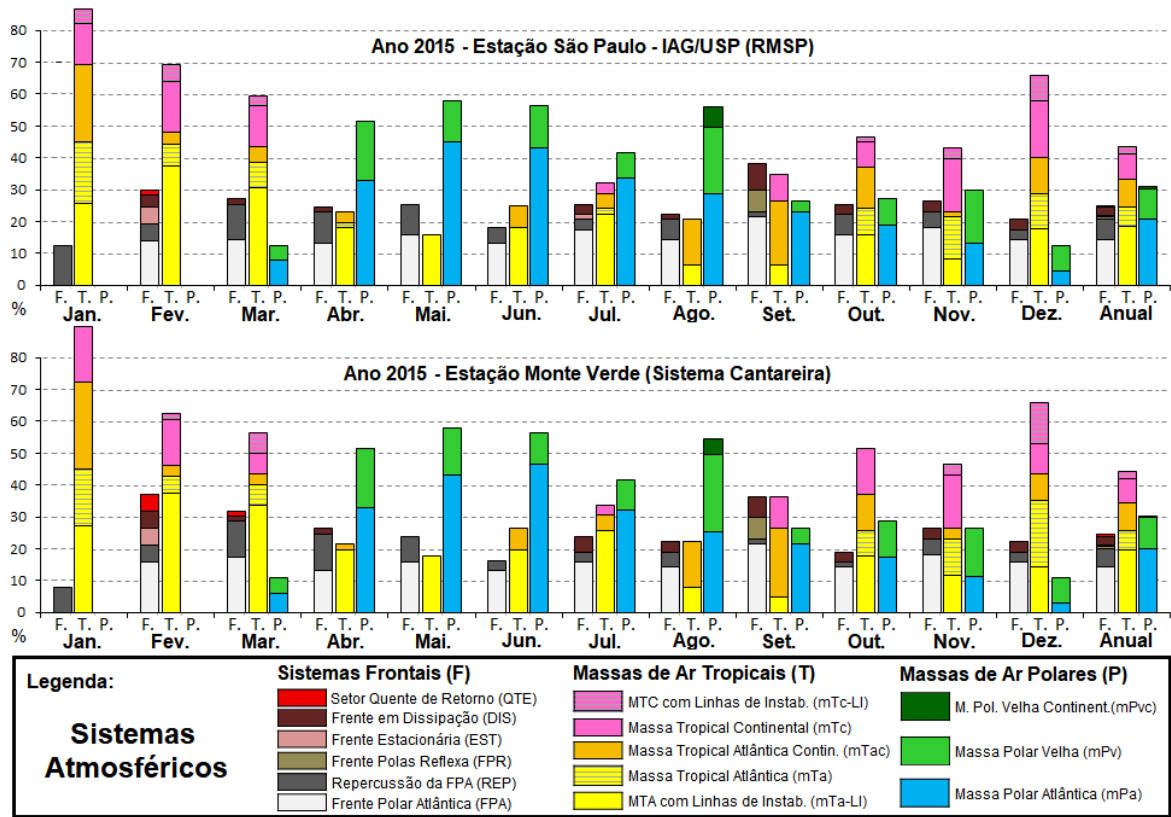


Figura 47 - Frequência dos sistemas atmosféricos em nível mensal e anual no ano 2015.

O primeiro trimestre, referente ao **verão** de 2015, iniciou-se mais uma vez com uma longa sequência de massas de ar tropicais (mTa, mTac e mTc) e sem a ocorrência de chuvas substanciais nos prelúdios do mês de janeiro, num ritmo similar ao verão do ano anterior. No entanto, diferentemente de 2014, os meses de fevereiro e março mostraram-se excepcionalmente chuvosos em relação ao habitual, sobretudo na parcela setentrional da região, onde inserem-se os mananciais do Sistema Cantareira. Além dos aguaceiros de origem convectiva, que foram registrados com frequência desde o final de janeiro pela influência das linhas de instabilidade nas massas tropicais, constatou-se a ação vigorosa da Frente Polar

Atlântica e inflexões como, por exemplo, entre os dias 14 a 19 e 25 a 28 de fevereiro e 21 e 23 de março, que ocasionaram chuvas mais volumosas e bem distribuídas sobre a superfície regional.

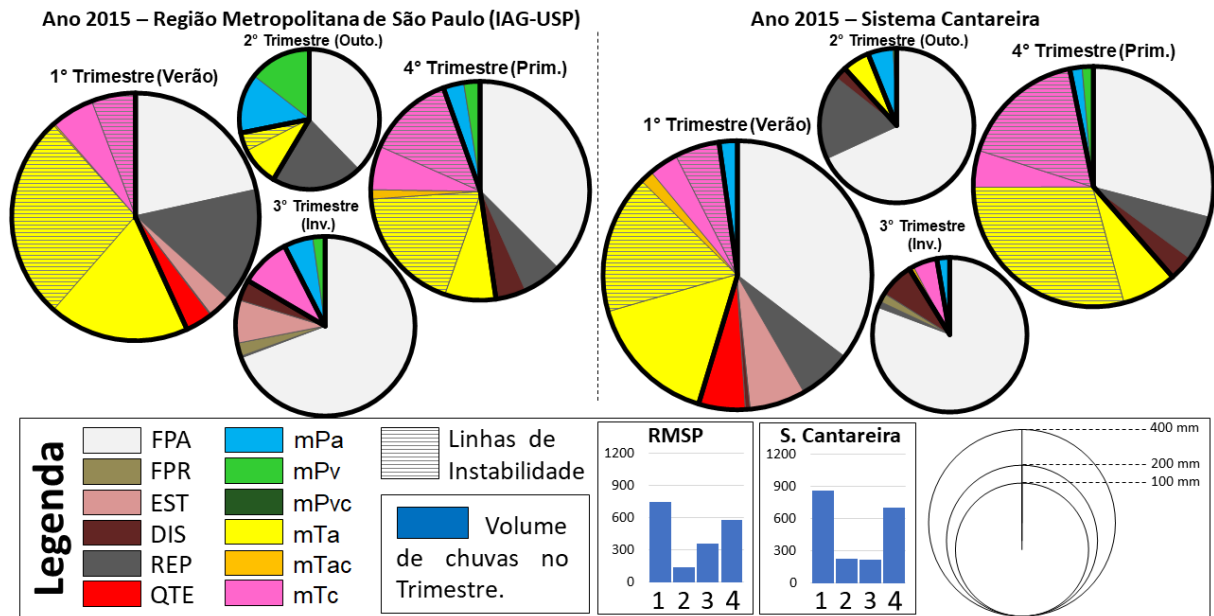


Figura 48 - Gênese pluvial na RMSP e no Sistema Cantareira para o ano de 2015.

Em virtude dos aspectos descritos acima, relativas à circulação atmosférica secundária, observou-se um verão com maior influência de tipos de tempo instáveis que o anterior, transcorrendo sequências de vários dias úmidos, nublados e/ou encobertos e chuvas quase constantes, que totalizaram no trimestre 749,7 mm na RMSP e 860,1 mm no Sistema Cantareira. No mês de janeiro, a participação das massas de ar tropicais foi extremamente elevada, chegando a 91,9% dos dias em ambas as regiões analisadas, entretanto, nos demais meses (fevereiro e março), transformou-se o quadro e os sistemas frontais passaram a ter uma participação expressiva. No que concerne à gênese pluvial, o índice de chuvas associadas aos sistemas frontais foi de 43,2% na metrópole e 56,8% no Cantareira, enquanto dos sistemas tropicais foi de 54,7% e 43,1%, respectivamente, revelando nesse período uma maior influência das frentes no engendramento das chuvas no setor norte da área de estudo.

No **outono**, com o advento do segundo trimestre, os fluxos polares mais vigorosos passaram a perdurar sobre a região logo no início do mês de abril, em consequência de um avanço da Frente Polar entre os dias 6 e 7, passando a prevalecer, nos dias posteriores, um papel mais amplo das correntes do sul no controle da circulação atmosférica regional, trazendo temperaturas mais amenas e estabilizando o tempo ao longo dos ciclos evolutivos

das ondas de frio, como habitualmente acontece na Grande São Paulo e entorno. Por esse motivo, as chuvas escassearam e a gênese pluvial, como era de se esperar, tornou-se quase exclusivamente frontal ou associadas às invasões polares, precipitando 140 mm na RMSP, 58,6% deles geneticamente associadas aos sistemas frontais e 28,1% no decorrer da ação dos sistemas polares, enquanto no Sistema Cantareira precipitou 229,7 mm, 88,3% frontais e 6,1% polares, respectivamente. Ressalta-se, de maneira pertinente, os resultados pluviais superiores no Cantareira em relação à metrópole nesse trimestre engendrados, sobretudo, pela Frente Polar e suas repercussões.

No caso do terceiro trimestre, relativo ao **inverno**, o período inicia-se com dois avanços frontais entre os dias 1 a 5 e 7 a 9 de julho, que repercutiram em chuvas significativas na RMSP, todavia não apresentaram resultados expressivos no Sistema Cantareira. Na sequência, entre os dias 25 e 26 do mesmo mês, as chuvas desse episódio frontal já se mostraram mais intensas ao norte da metrópole. Desta forma, devido à ação frontal de julho, reduziram-se os efeitos da estiagem habitual observada de agosto, período onde prevaleceram tipos de tempo ensolarados e de baixa umidade do ar em sequência, impulsionados pelas massas de ar estáveis de origem anticiclônica – tanto polares quanto habituais.

O mês de setembro inicia-se com uma forte atividade frontal sobre a região, repercutindo em bastante chuva e, após uma sucessão de massas de ar estáveis entre os dias 13 e 25, tornam a ocorrer volumes significativos de chuva, cessando o mês já num novo ritmo de sucessão e cadência característica pela alternância entre os diferentes sistemas atmosféricos, permitindo uma maior frequência de tipos de tempo mais úmidos no decorrer dos próximos meses. No terceiro trimestre, ao contrário do outono, as chuvas ocorreram em maior volume na RMSP (361,3 mm) do que no Sistema Cantareira (218,4 mm), originadas também, na maior parte, pela atividade dos sistemas frontais (83,5% na metrópole e 91,2% nos mananciais ao norte).

No que tange a **primavera**, correspondente ao quarto trimestre, constatou-se um período bastante chuvoso e orientado pela grande alternância entre os sistemas polares e sistemas tropicais, e quase sempre regulados pelos avanços e/ou recuo das frentes sobre a região. Nesse seguimento, registrou-se no Sistema Cantareira um volume bastante elevado de chuvas para o setor (706,7 mm), enquanto na RMSP os totais em milímetros mostraram-se um pouco mais próximas ao habitual (578,4 mm). Contudo, ao avaliar a gênese pluvial, nota-se uma particularidade nestes índices: na metrópole, 47,7% das chuvas tiveram origem nos sistemas frontais e 46,8% apresentam origem nos sistemas tropicais, enquanto no Sistema

Cantareira os valores são de 38,5% frontais e 5,3% tropicais, respectivamente. No caso do setor norte da área de estudo, notou-se uma quantidade significativa de aguaceiros geneticamente associados às linhas de instabilidade em massas tropicais, fator que ajuda a explicar essa distinção constatada no período.

Em suma, tratou-se de um ano que, apesar de partir de um mês de janeiro dotado de uma longa sequência de massas de ar tropicais geradoras de tipos de tempo estáveis e de longas sequências de dias ensolarados e secos, reverteu o quadro aterrador constatado no ano anterior, mostrando-se bastante chuvoso ao longo do ano 2015, sobretudo no setor do Sistema Cantareira. Nesse sentido, afora as chuvas excessivas de alguns episódios nos meses fevereiro e março, as precipitações mostraram-se mais ou menos regulares ao longo do restante do ano, mesmo durante os períodos típicos de estiagem, além de ocorrer um retorno antecipado das precipitações em setembro, fator que limitou um bocado as sequências de tipos de tempo favoráveis à evaporação. Isto Posto, as chuvas anuais no Sistema Cantareira mostraram-se excepcionalmente elevadas (2014,9 mm) e um tanto superiores à RMSP (1829,4 mm), fato que contrasta bastante com os volumes registrados no ano anterior. Destes totais anuais, a RMSP apresentou gênese pluvial com índices de 53,7% em sistemas frontais e 40,9% em sistemas tropicais, enquanto no Cantareira os percentuais foram de 56,8% e 40,1%, respectivamente.

4.3. Os fenômenos de escala global/zonal no período (2003-2015)

No intuito de verificar a sucessão e influência de outros fenômenos não apreendidos em escala regional e sazonal, todavia com considerável potencial de favorecer o ritmo exposto anteriormente, elegeu-se alguns fenômenos de maior escala (temporal e espacial) que se destacam na área de estudo, por interferir nas pulsações dos fluxos extras e intertropicais e, em consequência, apresentar reflexos na dinâmica pluvial. Deve-se salientar que, devido à série reduzida (13 anos), diversos ciclos climáticos e questões de maior abrangência temporal não serão abordadas, esmiuçadas e discutidos nesse tópico, à exemplo das Mudanças Climáticas globais. Assim, optando por não desviar do âmago desse estudo ou adentrar em tópicos que carecem de uma abordagem mais aprofundada, enfocou-se em realçar as repercussões geográficas dos dois seguintes temas: as oscilações do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), e respectivas anomalias positivas (El Niño) e negativas (La Niña) de

TSM no Pacífico equatorial, e a formação e configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a área de estudo.

Em relação à oscilação sul, a Figura 49 transcreve a variação do Índice Multivariado de ENOS (IME) no período de 1950 até 2018 e, logo abaixo, a série 2003-2015 em destaque. Nela, é possível observar os desvios padronizados do índice e, quanto maior o distanciamento em relação ao zero, maior a intensidade dos El Niños (positivo) e La Niñas (negativo), destacadas no gráfico.

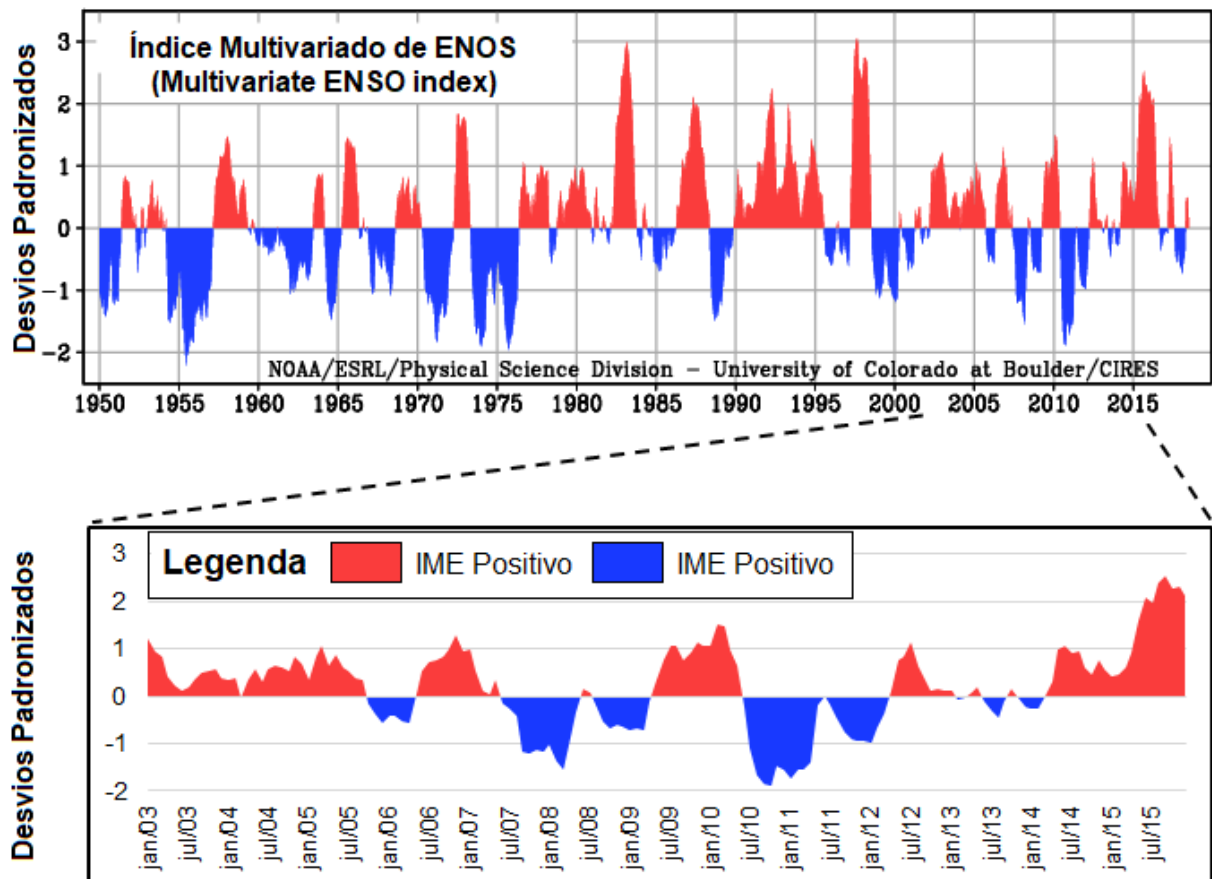


Figura 49 - O índice Multivariado de ENOS (IME) no período 1950-2018 - em destaque a série 2003-2015.

Fonte: WOLTER e TIMLIN, 1998; NOAA, 2018.

Org.: FONTÃO, P A. B., 2018.

O índice multivariado de ENOS retrata as fases frias e quentes nas anomalias de TSM no Pacífico Equatorial, cujas oscilações barométricas interagem com a circulação atmosférica e provocam variabilidade climática interanual. Desse modo, inteirar-se dessas ocorrências pode auxiliar na interpretação dos resultados. No período de estudo, verificou-se cinco ocorrências de El Niño, sendo de fraca intensidade entre os anos 2004-2005 e 2006-2007,

moderado entre 2002-2003 e 2009-2010 e atribuído como muito forte entre 2015-2016. A La Niña manifestou-se três vezes, sendo categorizada como fraca entre 2011-2012, moderada no intervalo 2007-2008 e forte entre 2010-2011 (NOAA, 2018).

Na região Sudeste do Brasil, uma característica trivial é que El Niño pode interagir provocando aumento das temperaturas, enquanto na La Niña, observa-se o efeito contrário (OLIVEIRA, 1999). Na área de estudo, apesar de não haver uma correlação direta e bem definida entre a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña com a variabilidade interanual das precipitações no sudeste brasileiro (COELHO *et al.*, 2002), durante os eventos considerados muito fortes, o período chuvoso pode tardar a terminar no estado de São Paulo (MINUZZI *et al.*, 2006). No caso da Figura 12, apresentada anteriormente, nota-se uma certa correspondência entre anos padrão chuvosos e tais episódios de El Niño. A despeito desse estudo não ter contemplado o ano de 2016, para avaliar o desfecho do episódio de El Niño muito forte (2015-2016), notou-se em 2015 um advento prematuro da estação chuvosa da primavera, manifestando-se bastante úmida no trimestre.

A respeito da ZCAS na região de estudo, a Figura 50 sintetiza todos os episódios ocorridos no território brasileiro, registrados e descritos no Boletim Climanalise, elaborados e divulgados mensalmente até o final de 2014 pelo CPTEC/INPE (CLIMANÁLISE, 2018). Da mesma forma, indica quais episódios de ZCAS efetivamente repercutiram e influenciaram a área de estudo, mesmo que somente durante alguns dias do seu ciclo.

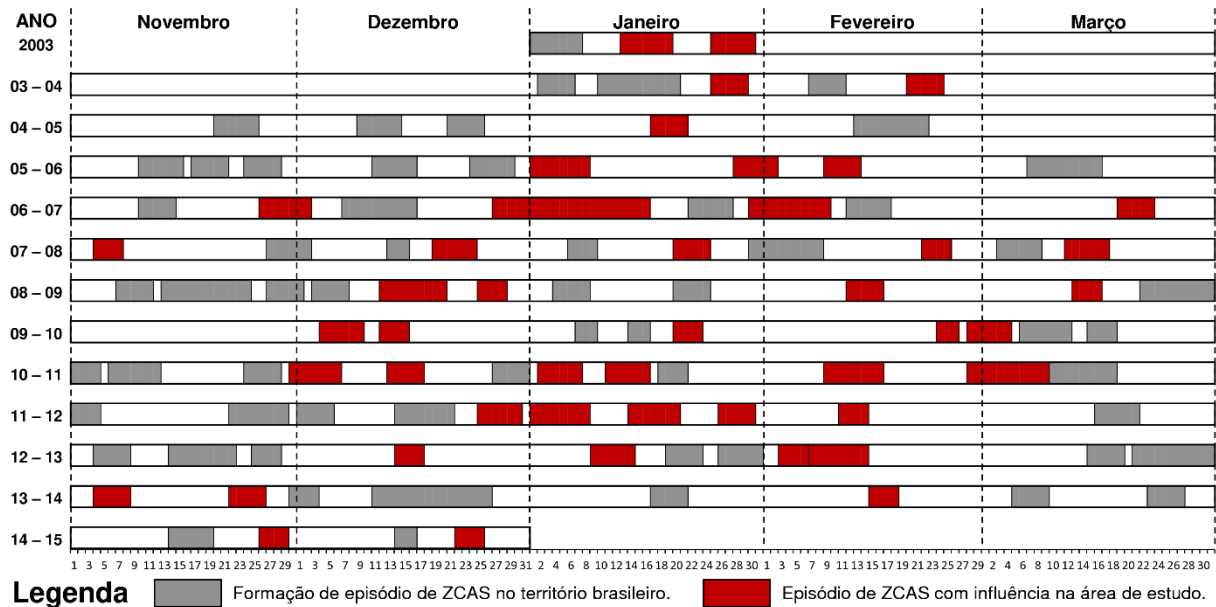


Figura 50 – Frequência da ocorrência dos episódios de ZCAS no Brasil e na área de estudo (2003-2014).

Fonte: CLIMANÁLISE, 2018.

O gráfico descrito na figura indica uma certa frequência de formação da ZCAS após o mês de novembro, motivadas pelo aumento da atividade convectiva e, por conseguinte, pelo início do período mais chuvoso do território centro-sul brasileiro, persistindo até o término do mês de março. Na região da RMSP e entorno, as ZCAS concentraram-se entre os meses de dezembro a fevereiro do ano seguinte, e apresentaram uma presença mais expressiva entre os anos 2006 a 2011, tanto em número de ocorrências quanto em extensão. Ressalta-se que, mesmo nos anos menos chuvosos, houve casos onde a ZCAS chegou a se configurar sobre a área de estudo, entretanto o número de ocorrências foi bem reduzido e, além das lacunas entre as ocorrências que foram observadas, notou-se que o número de dias em que elas perduraram foram menores.

Quando confrontado com os resultados da análise rítmica, os episódios de ZCAS mostraram-se na maior parte das vezes associados, na escala sinótica, ao avanço vagaroso da Frente Polar Atlântica sobre a área, numa trajetória mais lenta e entrelaçada, e caracterizada por uma maior atividade convectiva. Nesse seguimento, durante os episódios pode-se notar nos gráficos de Análise Rítmica um agrupamento significativo de sistemas frontais, nas variadas inflexões da Frente Polar (Frente Estacionária, Setor Quente de Retorno no Continente, Frente em Dissipação e outros). Nada obstante, apesar da relação qualitativa evidente entre ambas as questões, deve-se sempre atentar que não se trata de uma correlação direta entre as duas, visto que os sistemas frontais e as ZCAS possuem critérios específicos e distintos de formação e definição.

A título de exemplo, no segmento entre os dias 13 a 17 de dezembro de 2010, o avanço da Frente Polar Atlântica sobre a cidade de São Paulo sofreu forte resistência, sofrendo inclusive um recuo e, posteriormente, estacionando sobre a metrópole, perdurando até dissipar-se somente no dia 17. A entrada de umidade amazônica nos altos níveis da atmosfera em direção à RMSP naturalmente contribuiu para intensificar a convergência de umidade do sistema frontal (ZCAS), produzindo em cinco dias 143,1 mm na estação IAG e 49,4 mm no posto Joanópolis, evidenciando o estacionamento da frente no setor do trópico de capricórnio e, nesse caso, uma menor repercussão no Sistema Cantareira. Já uma situação oposta também é possível de ocorrer, como foi o caso dos 15,2 mm de chuvas na metrópole e 94,5 mm no Sistema Cantareira na ZCAS do dia 13 a 19 de janeiro de 2003, influenciados pelo recuo do sistema frontal (QTE) que estava no estado de Minas Gerais em direção à área

dos mananciais, setor norte onde concentrou a maior parte dos aguaceiros do intervalo temporal.

Por suposto, a persistência de uma banda de nebulosidade convectiva durante a primavera-verão no sentido nordeste-sudeste, sobre a RMSP e entorno, alimentando a confluência com umidade e contribuindo para a intensidade de episódios pluviais torna-se um mecanismo de grande potencial na recarga de reservatórios hídricos, independentemente da denominação e/ou preceitos julgados. Armani e Galvani (2011), em uma análise do nordeste paulista, atribuem em suas análises uma certa relação entre as ZCAS às descrições clássicas dos tipos de tempo influenciados pela massa Equatorial continental, evidentemente com certa ponderação ao sugerir estudos mais detalhados de atualização e adequação da linguagem.

Isto posto, cabe recordar que, nesse levantamento dos episódios, o ano de 2015 mostrou-se ausente do gráfico devido ao fim das edições do Boletim Climanálise no final do ano 2014. Ainda que existem diversas outras fontes de registros dos episódios de ZCAS, preferiu-se não incluir diretamente os dados na figura para não haver divergências, visto que durante o processo de caracterização de ocorrência do fenômeno por parte do pesquisador pode haver (ou não) divergências entre meteorologistas, a partir das configurações reais do evento frente ao modelo teórico-conceitual. Em suma, as ZCAS associam-se à circulação de vários sistemas atmosféricos, dentre eles os sistemas frontais semi-estacionários e próximos à costa do sudeste brasileiro, mostrando-se assim um fenômeno de maior escala, e que vale ser considerada ao sumariar as análises dos resultados de uma pesquisa. Dessarte, a investigação procurou atentar-se sobretudo às repercussões geográficas do fenômeno, e não ao processo de classificação em si.

4.4. Síntese do ritmo pluvial e as sequências rítmicas

Primeiramente, deve-se ressaltar que, apesar da peça analítica empregada anteriormente ter subdividido os anos em trimestres, o ensaio original da pesquisa e o procedimento de identificação dos sistemas atmosféricos foram realizados de maneira decomposta em duas unidades diárias (9hrs e 21hrs, horário local), tornando possível relacionar os diferentes elementos climáticos e seus incessantes modos de encadeamento e sucessão ao longo do tempo cronológico. Nessa escala, foi possível atentar aos mecanismos

da circulação atmosférica secundária, cujo ritmo habitual, à nível regional, implicou em passagens frontais incessantes que, a intervalos relativamente regulares, renovavam os tipos de tempo e repercutiam nas escalas mais reduzidas do espaço geográfico.

Nesse ponto de vista, empenhando-se no intuito de compreender os processos, e não necessariamente modelos e/ou mecanismos estáticos, focou-se em apreender as arritmias que destoavam do padrão habitual constatado, pois foram nelas que despontaram e intensificaram os episódios e/ou eventos extremos, desencadeados pelas cadeias de tipos de tempo propícias (ou não) ao déficit ou recarga dos reservatórios dos mananciais da Grande São Paulo e, em consequência, provocaram adversidades e impactos no abastecimento hídrico da metrópole.

Apoiado nisso, e com a pretensão de sintetizar o ritmo de sucessão dos tipos de tempo na RMSP e no Sistema Cantareira ao longo de todo o período de estudo (2003-2015), confeccionou-se a Figura 51, que sintetiza em dois painéis para cada uma das localidades os resultados da Análise Rítmica: o primeiro representando o quadro-síntese diário (9 e 21 horas) de todos os sistemas atmosféricos que atuaram sobre o setor avaliado, e o segundo resume a atuação dos sistemas conforme as propriedades de origem (sistemas frontais, massas de ar tropicais ou massas de ar polares).

Em relação aos painéis apresentados na ilustração em questão, referente à síntese do ritmo climático, é preciso deixar claro que se trata de uma figura extremamente complexa e relevante nessa pesquisa, visto que exige uma boa base conceitual dos desdobramentos da Climatologia Geográfica brasileira e, ainda, torna possível análises interpretativas bastante profundas a respeito da circulação atmosférica e do reconhecimento de sequências rítmicas habituais ou excepcionais para a área de estudo. No tocante à essa questão, Monteiro (2015, p. 17) sugere que:

“a singela identificação dos tipos de tempo atuantes na região (...) em nosso entendimento, os tipos de tempo devem ser vistos ‘em cadeias’. Os tipos de tempo não devem ser apenas identificados e arquivados; eles devem ser observados em sequência, isto é, em ‘cadeias de tipos de tempo’. Através disso é que se poderá alcançar o ritmo climático, capaz de exibir a tendência habitual, sem esquecer os desvios extremos” (MONTEIRO, 2015, p. 17).

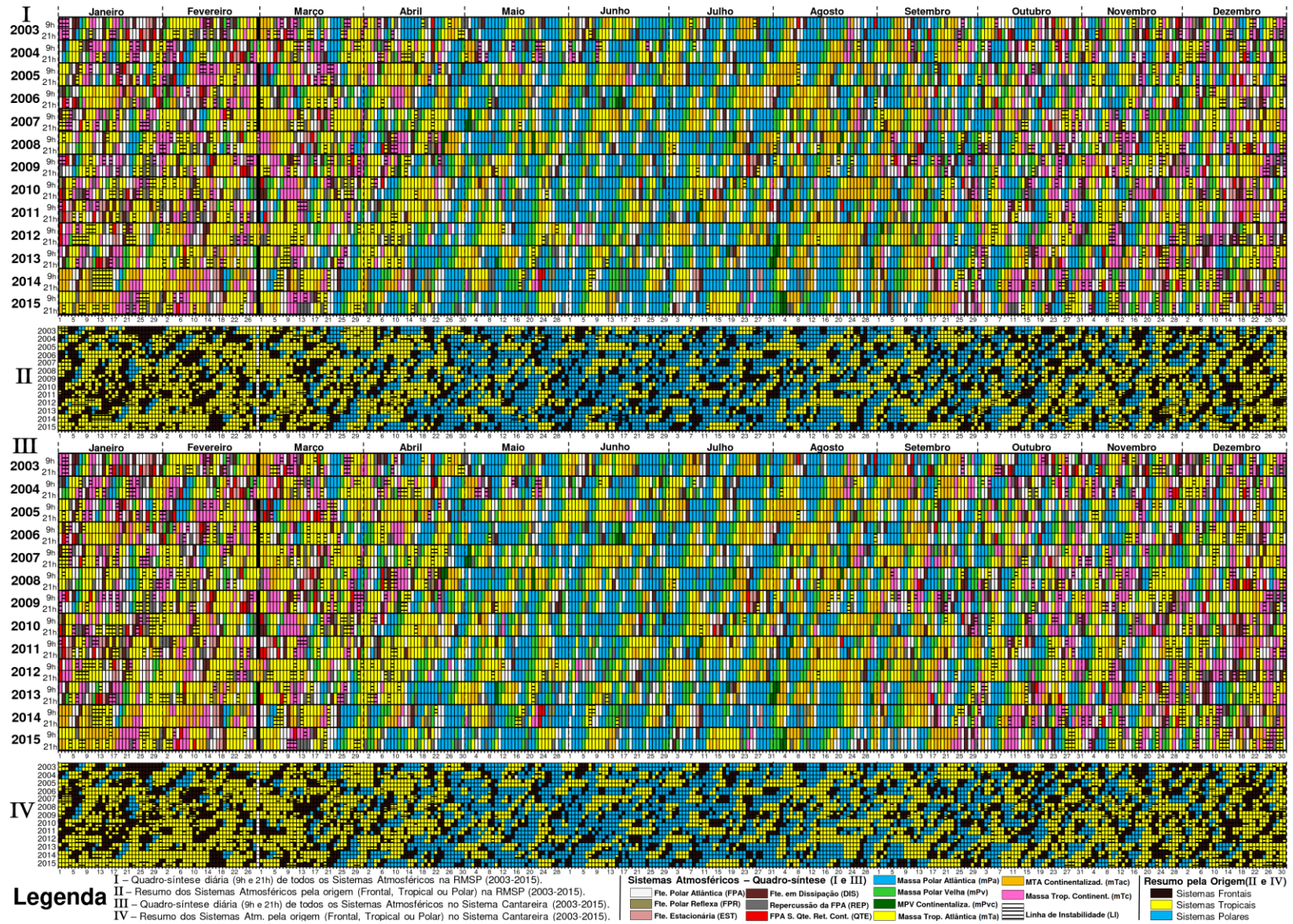


Figura 51 - Síntese do Ritmo Atmosférico na RMSP e no Sistema Cantareira - Período 2003 a 2015.

À vista disso, analisou-se os sistemas atmosféricos identificados na pesquisa buscando apreender nesse processo alguns parâmetros válidos para a compreensão do habitual e excepcional. Da figura, numa análise preliminar, se sobressai basicamente dois grandes “períodos semestrais”, ou seja, uma primavera-verão de participação significativa das massas tropicais e, em diversas situações, linhas de instabilidade e uma maior assiduidade da mTc, enquanto no outono-inverno decorre uma atuação relevante das massas de ar polares. No entanto, em ambos os períodos se sobressai o papel controlador dos sistemas frontais nos encadeamentos dos sistemas atmosféricos, em geral, no outono-inverno prevalece a presença do eixo principal da Frente Polar e suas repercussões, enquanto na primavera-verão os avanços frontais sofrem uma maior resistência ao avanço, englobando de maneira mais regular as diferentes inflexões da frente.

O papel em evidência dos sistemas frontais, conforme foi constatado, vai de encontro às ideias propostas originalmente por Tarifa (1975, p. 70), a quase meio século, no qual o autor já indicava que “o que se altera é o ritmo de evolução e propagação dos fluxos polares, em função dos graus de intensidade do anticiclone polar”. E é exatamente na assiduidade desses sistemas e nas particularidades dos avanços, constatadas e examinadas por meio das trajetórias e transcritas no quadro-síntese pelos seus diferentes eixos, que consistiram ao longo da série as maiores irregularidades observadas na Análise e que, por consequência, repercutiram em episódios ou período excepcionais e arritmias na pluviosidade (chuvas extremas ou longas estiagens).

Eventualmente, deve-se ter certa dose de cautela ao avaliar as representações climatológicas no intuito de sintetizar e definir um panorama rítmico, evitando assim atentar-se exclusivamente a alguns segmentos – ou momentos – daquela sucessão contínua da circulação atmosférica, e realizar uma análise meramente episódica em detrimento das periodicidades e regularidades ao longo do ano. Acerca dessa colocação, ressalta-se que é incontestável a importância dos estudos de caso na análise de episódios impactantes e imediatos como, por exemplo, enchentes e inundações. Todavia, é evidente e indiscutível que a investigação restrita a um evento extremo (momentâneo) não resume e define o comportamento do ritmo pluvial em uma longa série, e menos ainda as tendências anuais no armazenamento hídrico de reservatórios de abastecimento urbano – mesmo que gere uma contribuição efêmera.

Nesse sentido, enfatiza-se a importância de avaliar a periodicidade dos eventos chuvosos e, particularmente, o comportamento dos sistemas frontais, que foram responsáveis

pela maior parte da gênese pluvial nos trimestres – com amplo destaque para o outono-inverno – conforme analisado nesse capítulo. Em relação a isso, deve-se atentar que houveram trimestres, sobretudo de primavera-verão, onde o papel desses sistemas da gênese das chuvas foi mais restrito, ora na RMSP, ora no Sistema Cantareira, ou em ambos. Outro ponto de destaque é o avanço e a evolução do ciclo vital das ondas de frio (MONTEIRO, 1963a; 1963b), tendo em vista que os fluxos de ar do sul e a entrada do anticiclone (mPa) gera um ínterim de tipos de tempo que repercutem em estabilidade atmosférica sobre a região, cujo intervalo de retorno aos mesmos estados atmosféricos precedentes, no caso um novo avanço da Frente Polar, pode ser variável, durando desde poucos dias até várias semanas.

Desse modo, no seguimento contínuo que expõe, de maneira sintética, os 13 anos ininterruptos (2003-2015) do ritmo de sucessão dos tipos de tempo na RMSP e no Sistema Cantareira, é possível notar as variações nas diferentes escalas: interanual, sazonal e mensal, além das alternâncias entre as sequências de dias correlacionados (encadeamento de tipos de tempo) e, ademais, as variações atmosféricas diárias/horárias (tipos de tempo tradicionais). Por tratar-se de uma série ampla, totalizando 4748 dias, sucederam nesse longo período ritmos habituais e excepcionais para a região, e compuseram encadeamentos diferenciados que, outrossim, retornaram, de modo mais ou menos regular, aos mesmos estados atmosféricos originadores, a despeito de terem gerado repercussões pluviais e/ou condições momentâneas distintas na região.

A análise dos encadeamentos de tipos de tempo nessa pesquisa foi feita de maneira empírica, observando de modo sucessivo as sequências dos tipos de tempo. Na Figura 51, apresentada anteriormente, é possível experimentar essa prática ao analisar – da esquerda para a direita e de cima para baixo – a sucessão dos sistemas atmosféricos para ambas as regiões de estudo. No caso do resumo dos Sistemas Atmosféricos pela origem (Frontais, Tropicais ou Polares), tal quadro auxilia na interpretação geral do ritmo, permitindo visualizar desde o avanço e atuação esparsa de sistemas frontais (as vezes, desdobrada por vários dias) às séries e intervalos temporais das massas de ar (Tropicais e Polares) que predominaram na região. O quadro-síntese diária dos Sistemas Atmosféricos já possibilita uma análise mais avançada, visto que permite observar os tipos de sistemas atmosféricos que atuaram de maneira discriminada na área e, através dos de fluxos originadores, as características sintéticas do tipo de tempo que predominaram.

No semestre primavera-verão, de modo sintético, nota-se habitualmente uma grande alternância entre os fluxos de leste e oeste, e ordinariamente formam-se linhas de

instabilidade nas massas de ar tropicais, impulsionadas por sistemas frontais que avançam no sul do país. A Frente Polar, devido ao maior grau de aquecimento da superfície austral do Planeta nesse período, apresenta certa resistência para avançar além do Trópico de Capricórnio com destino às porções setentrionais do território brasileiro, às vezes perdurando por vários dias sobre a área de estudo. Tal cadência rítmica, regulada pela Frente Polar e suas inflexões, gera tipos de tempo frontais úmidos, caracterizados normalmente por vários dias nublados e/ou encobertos, amplitude térmica reduzida e, geralmente, chuvas abundantes e frequentes no período. O intenso dinamismo de sistemas atmosféricos – alternância das massas de ar tropicais Atlântica e Continental, quase sempre reguladas pelos avanços dos sistemas frontais e, eventualmente, alguns dias influenciados por massas de ar polares (na maior parte, já envelhecidas) – acaba sendo característico do habitual no decorrer dessas duas estações na área de estudo.

Sem embargo, algumas arritmias são verificadas ao longo da série, sobretudo nos anos e/ou trimestres considerados excepcionais nas análises anteriores. Por exemplo, o ano 2009, atribuído como chuvoso, passa a apresentar sequências rítmicas típicas de primavera-verão já no início do mês de setembro, abreviando a estiagem característica do período. Do mesmo modo, algumas primaveras e verões considerados chuvosos apresentaram uma atividade sobremodo da Frente Polar, principalmente relacionada às suas inflexões, estendendo-se durante vários dias seguidos pela atuação dos diferentes eixos da frente, influenciando consideravelmente na gênese das chuvas (Frente Estacionária, Setor Quente de Retorno no Continente, dentre outras inflexões).

No caso das primaveras e verões pouco chuvosos, fator considerado agravante no armazenamento hídrico justamente por ser o período onde habitualmente concentram-se a maior parte dos aguaceiros, notou-se uma baixa alternância das cadeias rítmicas, predominando na maior parte do tempo uma sucessão de massas de ar estáveis que, apesar do calor, pouco produziam em termos de precipitações volumosas. A título de exemplo, o verão de 2014 – que já apresentava tal quadro no final do de 2013 – passou por uma longa sequência de massas de ar tropicais (Atlântica e Continental) estáveis, responsáveis por um bloqueio atmosférico ao avanço das frentes que prejudicou as chuvas normalmente frequentes nessa época. Ademais, no início da primavera, a ação estabilizadora das massas de ar polares (mPa, mPv, mPvc) e das massas tropicais – em detrimento da atuação expressiva das frentes no decorrer do ano 2014 – perdurou até praticamente a segunda metade de novembro,

produzindo sucessões de tipos de tempo secos, ensolarados, de elevada amplitude térmica e insolação, prorrogando a intensa estiagem desse ano.

Em relação ao outono-inverno, semestre característico pela ampliação do papel das correntes atmosféricas do sul, verifica-se habitualmente uma sucessão de cadeias rítmicas associadas à passagem da Frente Polar Atlântica e o ciclo vital das ondas de frio, cujo encadeamento dos sistemas mostra-se nitidamente associados ao avanço do anticiclone sobre a área de estudo produzindo, após uma rápida passagem frontal que causa alguns poucos dias de tipos de tempo instáveis e eventualmente alguma precipitação, vários dias consecutivos sob influência de massas de ar polares e, após o envelhecimento das mesmas, massas de ar tropicais, com destaque para a Tropical Atlântica e sua atuação no setor continental. Devido a isso, as chuvas mostram-se basicamente associadas às frentes, cujas passagens geralmente são rápidas e não produzem volumes muito elevados.

Entretanto, nos trimestres excepcionais chuvosos de outono ou inverno, pode-se notar uma certa resistência ao avanço dos fluxos polares, gerando inflexões na frente e, em consequência, vários dias chuvosos num período normalmente seco, a exemplo do que ocorreu nos anos 2009 e 2010. No caso das arritmias que prejudicam o armazenamento hídrico, pode-se destacar dois fatores principais no encadeamento dos tipos de tempo, que efetivamente foram verificados, por exemplo, em 2014: avanços vigorosos e dominantes do anticiclone polar, que produziram pouca ou nenhuma chuva durante a passagem da frente e longos dias/semanas de estabilidade atmosférica durante o ciclo até o próximo sistema frontal (retorno), e também a persistência na atuação das cadeias rítmicas típicas de inverno ao longo do início da primavera (meses de outubro e novembro), estendendo por semanas/meses o predomínio de tipos de tempo mais estáveis, ensolarados, secos e de elevada amplitude térmica.

Assim, torna-se em evidência períodos habituais, característicos pelo equilíbrio entre as alternâncias nos sistemas atmosféricos, e que produziram tipos de tempo cuja população encontra-se adaptada e acostumada. Do mesmo modo, a frequências e sucessões de tipos de tempo excepcionais, sobremodo para o período mensal/sazonal, encontram-se resumidas nesse capítulo e, nas análises mais específicas, devem ser averiguadas com certa cautela, essencialmente devido às cadeias rítmicas terem sido prejudiciais à população da Grande São Paulo e seu entorno por causar, dentre outras adversidades, poucos volumes de chuva na longa estiagem de 2014 e sucessivas cadeias de tipos de tempo com condições favoráveis à

evaporação de água nos reservatórios do Sistema Cantareira, destinado ao armazenamento e captação hídrica para o abastecimento público.

5. OS REFLEXOS DO RITMO PLUVIAL NO ARMAZENAMENTO HÍDRICO

Primeiramente, deve-se deixar claro que a questão envolvendo o armazenamento hídrico é extremamente complexa e delicada, visto que envolve diversos elementos e fatores que podem influenciar nesse fluxo. Do mesmo modo, as maneiras de abordar esse assunto e realizar uma investigação científica podem ser feitas a partir de diversas metodologias, muitas vezes utilizando-se de técnicas *quantitativas* e modelos matemáticos (LABADIE, 2004; RANI e MOREIRA, 2010; MARINHO FILHO *et al.*, 2013, dentre diversos outros), assunto que já foi abordado com maiores detalhes na descrição da metodologia da pesquisa. No entanto, esse estudo, apesar de utilizar dados já tratados quantitativamente (SABESP, 2018), pretende privilegiar nas análises uma visão *qualitativa* e eminentemente geográfica dos reflexos da circulação atmosférica (e dos tipos de tempo) no armazenamento de água do Sistema Cantareira, principal reserva hídrica da RMSP.

Nesse tópico, além da incidência e distribuição da precipitação, elemento de relevância incontestável para o armazenamento hídrico, a presente investigação optou por considerar a ação dos sistemas atmosféricos (ritmo e sequência) e elencar as sequências rítmicas ideais (ou não) para o armazenamento de água, conforme os resultados discutidos no capítulo anterior em maiores detalhes. Paralelamente, avaliou-se as repercussões dessa dinâmica nas vazões afluentes dos principais reservatórios e no volume hídrico do Sistema Cantareira. Desta maneira, a primeira questão a ser abordada nesse item será a de verificar como o Sistema Cantareira se situa em relação aos outros mananciais de abastecimento urbano da metrópole, em termos do índice armazenado (volume) em nível diário para toda a série histórica (2003-2015). A Figura 52 ilustra o índice diário do volume armazenado dos seis principais sistemas de abastecimento urbano da RMSP, a localização geográfica de seus limites hidrográficos e o respectivo volume útil total.

De modo geral, pode-se verificar que todos os sistemas passaram por condições desfavoráveis na segunda metade dos anos 2003 e 2014, chegando a índices inferiores a 50% nos seis conjuntos analisados, ainda que guardadas as devidas proporções de cada um dos mananciais. No caso do Sistema Cantareira, houve a necessidade de recorrer à reserva técnica (volume morto), assunto que será posteriormente discutido em maiores detalhes. Em contrapartida, entre os anos 2009 a 2011, observaram-se índices extremamente elevados no volume armazenado dos mananciais, atingindo (e superando – em alguns casos) o volume total dos reservatórios em todos os sistemas, exceto no Guarapiranga, com ápice de 96,6%.

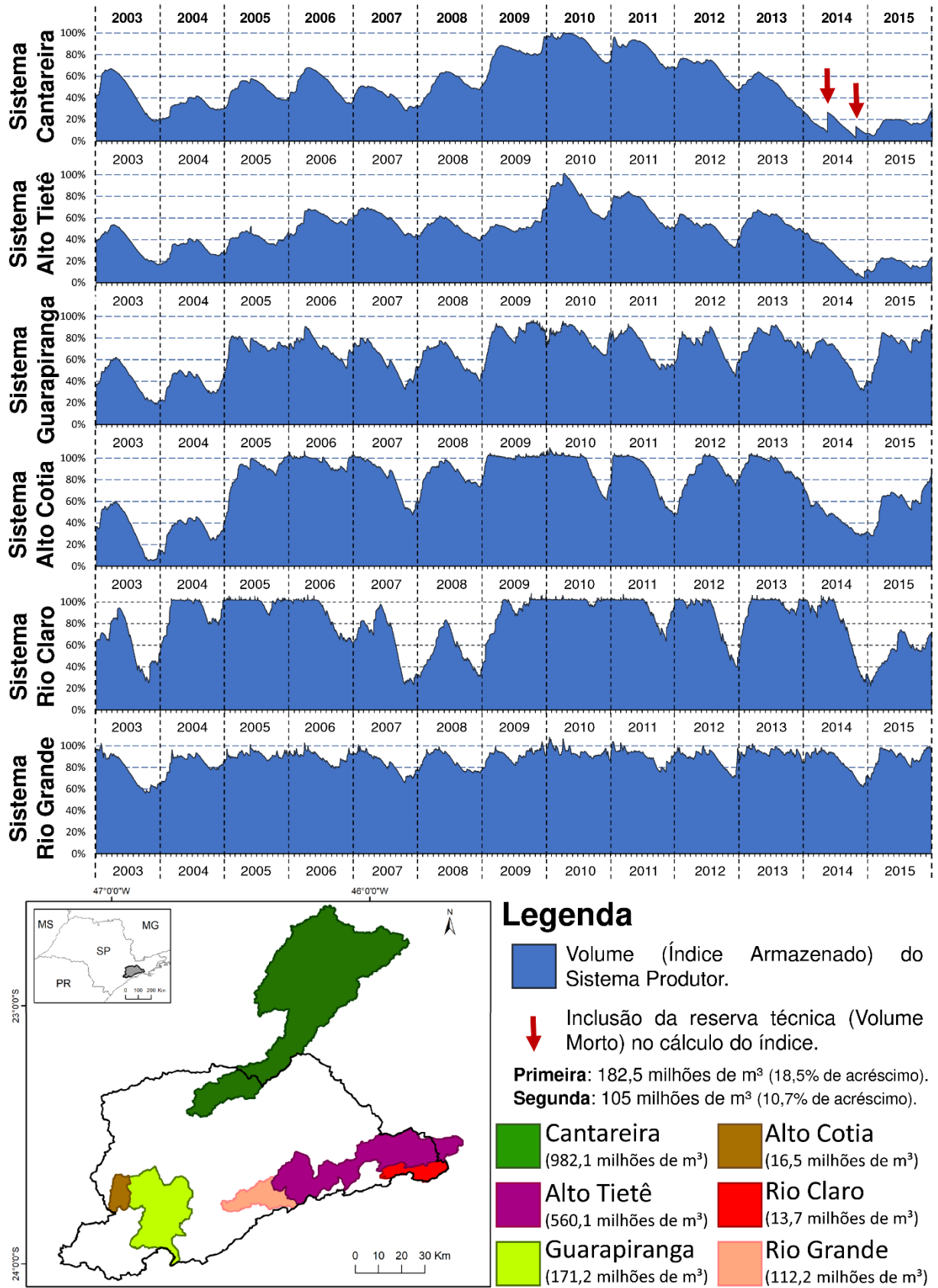


Figura 52 – Volume hídrico dos seis principais sistemas produtores de água (2003-2015).

Apesar disso, quando comparado o volume útil total de cada um dos mananciais de abastecimento, o Sistema Cantareira destaca-se indubitavelmente com seus 982,1 milhões de m³ totais. Outro fator que chama a atenção é que a área do Cantareira se encontra totalmente inserida ao norte do Trópico de Capricórnio, enquanto todos os outros sistemas inserem-se na área meridional do trópico e localizam-se em latitudes mais próximas ao núcleo urbano da RMSP. Tais características reforçam a importância de investigar em maiores detalhes esse sistema de abastecimento urbano e ainda a necessidade de considerar a sua localização geográfica para analisar os reflexos do ritmo pluvial no armazenamento hídrico de seus mananciais.

5.1. As variações do volume armazenado no Sistema Cantareira (2003-2015)

Inicialmente, um ponto que chama atenção ao observar as variações do volume do Sistema Cantareira, como no caso na imagem apresentada anteriormente (Figura 52), são os aumentos instantâneos no índice de armazenamento do sistema ocorridas durante o ano de 2014, artimanha que ficou conhecida como inclusão do “volume morto”, sendo uma medida que só pode ser utilizada em situações excepcionais mediante expressa autorização dos órgãos gestores. A respeito disso, é importante ressaltar que o cálculo do volume do Sistema Cantareira enfrentou duas questões principais durante o período 2003-2015: a Renovação da Outorga no ano de 2004, por meio da Portaria DAEE nº 1213/2004 (DAEE, 2004), e a inclusão da reserva técnica, chamada de “volume morto”, durante a crise hídrica no ano de 2014.

Em relação à Outorga de 2004 do Sistema Cantareira, com prazo de dez anos (DAEE, 2004) e prorrogada posteriormente até 2017 (ANA-DAEE, 2014; DAEE, 2015), tratou-se do documento que, dentre outras resoluções, renovou a determinação de concessão das vazões máximas médias mensais para fins de abastecimento público e alterou o volume útil operacional do sistema. Nesse caso, mudou-se o referencial do nível mínimo operacional do reservatório Jaguari-Jacareí da cota de 829 metros para 820,8 metros acima do nível do mar (ARCE, 2018). Tal fator resultou na incorporação de 212 milhões de m³ ao Volume Útil do Sistema Cantareira, recursos que anteriormente pertenciam à reserva técnica, e após o dia 1º de setembro de 2004 o índice 100% do volume passou a representar os atuais 982,1 milhões m³. E, apesar dos dados da Sabesp (2018) registrarem uma mudança no índice armazenado de

21,1% para 37,7% entre os dias 31 de agosto e 1º de setembro de 2004, esse estudo optou por utilizar o novo índice desde o início de 2003 (982,1 milhões de m³) em todas as figuras e gráficos, visando reduzir as distorções e facilitar as análises.

No caso da inclusão das duas reservas técnicas, ou “volume morto” (PORTO *et al.*, 2014; SABESP, 2018), tratou-se de uma medida adotada pela Sabesp nos dias 16 de maio de 2014, acrescentando 182,5 bilhões de m³ (18,5%) da reserva técnica ao volume útil, e 24 de outubro de 2014, incluindo mais 105 bilhões de m³ (10,7%). Tal questão, apesar da necessidade de adoção dessa medida por parte da Companhia, gerou certa apreensão (e até polêmica) à população no período, além de representar distúrbios no cálculo do índice de armazenamento, visto que eleva “artificialmente” o volume ao alterar a base de comparação e tornar possível atingir valores superiores a 100%. No dia 17 de março de 2015, a Sabesp passou a divulgar um segundo índice (Índice 2) e, após 16 de abril de 2015, adotou um terceiro índice (Índice 3). Assim, tencionando não entrar em conflito acerca das diferentes metodologias de cálculo, a Figura 53 apresenta o gráfico da variabilidade do volume do Sistema Cantareira em milhões de m³ armazenados.

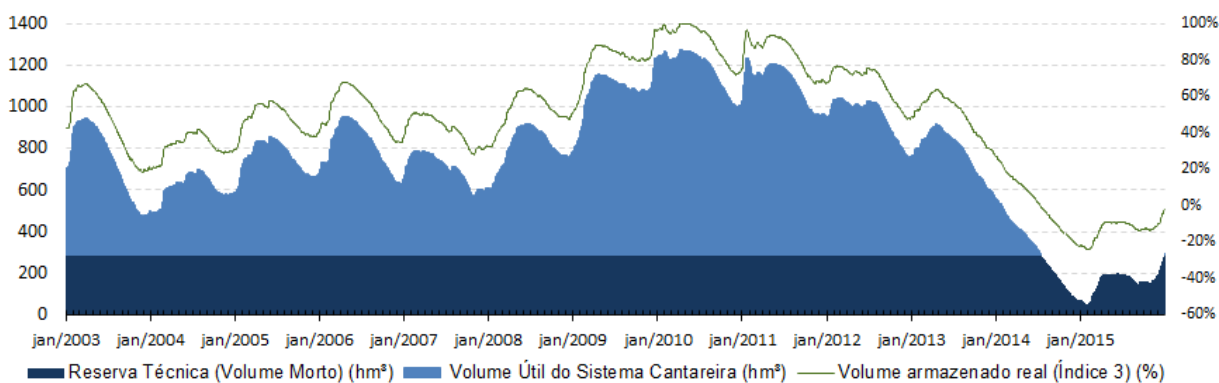


Figura 53 – Série temporal do volume total do Sistema Cantareira de 2003 a 2015 (em milhões de m³).

O gráfico expõe as variações do armazenamento hídrico do Sistema Cantareira (volume útil e “volume morto” em milhões de m³) e o índice armazenado do sistema em relação ao volume útil, ou seja, oscilando em relação ao total de 982,1 milhões de m³ (índice 3). Nesse caso, os dados foram elaborados em nível diário para toda a série (2003-2015), destacando-se nitidamente o período compreendido entre os dias 13 de julho de 2014 a 29 de dezembro de 2015, fase em que os reservatórios se mostraram quase vazios e o sistema chegou a operar num nível abaixo do volume útil estabelecido. Ainda que no final do ano de

2003 tenha sido registrado volumes significativamente baixos, foi durante a crise hídrica (2014-2015) que o sistema passou por circunstâncias mais delicadas e operou por um bom tempo em níveis críticos.

Apesar disso, ressalta-se que desde o final do ano de 2003, os órgãos gestores dos recursos hídricos na RMSP já haviam verificado um princípio de ‘crise’, motivado pelo encadeamento de tipos de tempo favoráveis à evaporação que foram verificados a partir do mês de fevereiro, e agravado pelo prolongamento da estiagem até meados da primavera. No entanto, nesse caso, a situação foi favorecida pelas fortes chuvas verificadas em 2004, e preterida após as mudanças realizadas nos critérios do nível mínimo operacional do Sistema Cantareira.

Durante a renovação da outorga de 2004, ainda com as circunstâncias do ano anterior recentes na memória e buscando solucionar eventuais conflitos pela água com as regiões vizinhas (principalmente a Região Metropolitana de Campinas), a resolução, além de determinar a vazão de retirada para a RMSP (31 m³/s, tendo ainda mais 2m³/s do Rio Juquery, na bacia do Alto Tietê) e a bacia do Piracicaba (PCJ – 5 m³/s), estabeleceu a possibilidade de rateio entre ambas e um Banco de Águas. A respeito disso, Whately e Cunha (2006) comentam o seguinte:

“A nova licença prevê a retirada de, no máximo, 31 mil litros por segundo de água pela Sabesp, para abastecimento da RMSP, e 5 mil litros por segundo para as bacias PCJ. O volume mínimo de água a ser revertido para a RMSP é de 24,8 mil litros/s e 3 mil litros/s para o PCJ. O banco de águas permite o armazenamento do volume não utilizado no período de chuvas para uso em períodos de estiagem, ou seja, funciona como uma poupança para as regiões utilizarem em períodos mais críticos. Para monitorar o banco de águas, a ANA e o DAEE passaram a emitir, desde agosto de 2004, comunicado conjunto informando à Sabesp e ao Comitê PCJ o saldo para o mês subsequente, obtido a partir da contabilização dos volumes não utilizados a que cada região tem direito, para posterior compensação” (WHATELY e CUNHA, 2006, p. 14)

Nesse caso, tratou-se de uma medida adequada para o momento, pois garantiu certa regularidade na vazão de retirada, e passou a perdurar na série ao longo dos anos – inclusive nos períodos excepcionalmente chuvosos e de abundância hídrica nos sistemas (2009-2011), que foram potencializados pelas cadeias rítmicas amplamente favoráveis à geração de profusos aguaceiros. Entretanto, diante das fortes perdas no volume hídrico do sistema desde o final de 2013, engendradas pelo predomínio de sequências rítmicas com tipos de tempo secos e ensolarados, e em meio à situação aterradora do biênio 2014-2015, tal medida deixou

de ser respeitada para não provocar um eventual colapso do Sistema Cantareira. A Sabesp (2016, p. 28), em resposta a uma consulta pública da Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP), confirma essa redução gradual da produção de água, ao afirmar que:

“É importante ressaltar que, a partir de março de 2014, a ANA e o DAEE vêm determinando o volume de água que a Sabesp pode captar do Sistema Cantareira, com base nos índices pluviométricos, afluência de água, nível dos mananciais e nossas solicitações de captação com base nessas informações. Para efeitos de comparação, antes da crise, a Sabesp tinha autorização para captar 33,1m³ /s da Bacia do PCJ e da Bacia do Rio Juqueri; em dezembro de 2015, estávamos aptos a captar apenas 13,5m³/s” (SABESP, 2016, p. 28).

À vista disso, foi feita uma solicitação diretamente à Sabesp (2018) requerendo os dados da produção total de água na RMSP, da produção hídrica somente do Sistema Cantareira e o consumo doméstico total na RMSP, ambos em nível mensal para toda a série (2003-2015). A Figura 54 ilustra, na forma gráfica e contínua, os dados fornecidos pela Companhia a respeito das variáveis solicitadas, indicando a produção e o consumo hídrico na metrópole e a produção hídrica na Estação de Tratamento de Água Guaraú, do Sistema Cantareira.

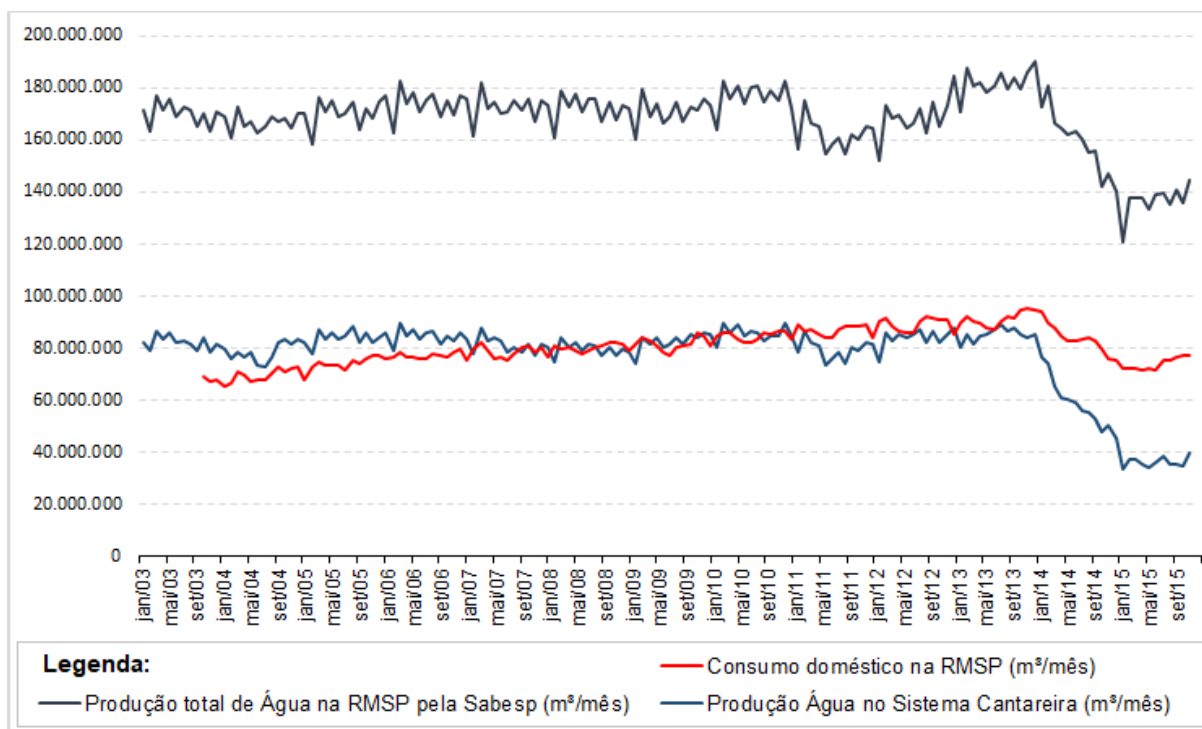


Figura 54 – Produção e consumo mensal de água na RMSP e produção hídrica no Sistema Cantareira.

Fonte: Sabesp, 2018.

A análise da figura permite constatar que, entre o início de 2003 ao mês de janeiro de 2014, a produção de água na metrópole e no Cantareira permaneceu mais ou menos estável, realçando uma estreita variabilidade entre os meses do ano. No caso do consumo, notou-se uma leve tendência de alta, saltando em torno de 65 milhões de m³/s no mês de janeiro de 2004 para um valor próximo a 95 milhões de m³/s em janeiro de 2014. Contudo, após janeiro de 2014, as quedas observadas em ambas as séries do gráfico foram abruptas até janeiro de 2015, principalmente no Sistema Cantareira, que reduziu em mais da metade sua produção hídrica mensal.

Ao traçar um paralelo entre as Figuras 53 e 54, nota-se que, mesmo com as reduções no consumo e no fornecimento de água do Cantareira ao longo do ano de 2014, o sistema continuou perdendo volumes hídricos até basicamente o mês de fevereiro de 2015, numa tendência contínua de redução que quase esgotou a reserva técnica e, conseqüentemente, liquidaria a capacidade produtiva do Sistema Cantareira. Tal situação de colapso, caso viesse a se concretizar efetivamente, indubitavelmente teria causado impactos ainda mais intensos à população paulistana, visto que se trata do maior manancial de abastecimento urbano da metrópole, cuja população supera os 20 milhões de habitantes.

Nessa lógica, avalia-se que a estratégia baseada na redução da produção hídrica do Sistema Cantareira após janeiro de 2014, aliada a medidas visando a diminuição do consumo e, posteriormente, da produção de água nos outros sistemas que também passavam por dificuldades, trataram-se de medidas atenuantes e emergenciais que, apesar de amenizar e retardar um pouco as perdas, correu um risco desmedido de secar efetivamente o maior manancial metropolitano. Acerca desse apontamento, deve-se deixar claro que não se trata de uma crítica efêmera às atitudes circunstanciais adotadas pelos órgãos gestores, tendo em vista que os caminhos e alternativas em meio à crise realmente eram restritos, mas sim uma consideração a respeito da falta de planejamento do setor à gestão dos recursos e riscos hídricos, ao desconsiderar as variações do ritmo pluvial (e o incidente de 2003-2004) somadas à tendência evidente de crescimento do consumo.

Desse modo, os impactos e as conseqüências à população serão abordadas e explorados com maiores detalhes no próximo capítulo, bem como serão averiguadas algumas medidas e estratégias adotadas pelos órgãos gestores. No momento, o enfoque desse tópico será pautado em aprofundar um pouco mais acerca do Sistema Cantareira, analisando as variações hídricas de seus reservatórios de forma minuciosa. Isto posto, a Figura 55 exibe o

mapa do sistema com as principais drenagens e a localização específica dos reservatórios hídricos, que se encontram interligados por 48 Km de túneis para aproveitar os desníveis e acumulação da água por gravidade até a Estação Elevatória Santa Inês (represa Paiva Castro), conforme já descrito anteriormente nesta Tese na caracterização da área de estudo.

Em relação aos reservatórios hídricos em questão, Mélo Júnior *et al.* (2015), numa análise hidrológica dos sistemas produtores de água da metrópole, inferiram que as vazões afluentes ao Sistema Cantareira no período de 2013/2014 determinaram a rápida depleção do reservatório. Ressalta-se que, em nível regional, Frederice e Brandão (2016) apontam que, desde a implantação e operação do Sistema Cantareira, verificaram-se sensíveis alterações no regime fluvial dos principais rios da bacia PCJ a jusante, a despeito de um pequeno aumento nas precipitações a partir da década de 1970, ao passo que Nobre *et al.* (2016) reportaram uma tendência de queda nas vazões do sistema a partir de 2011, devido a redução das chuvas.

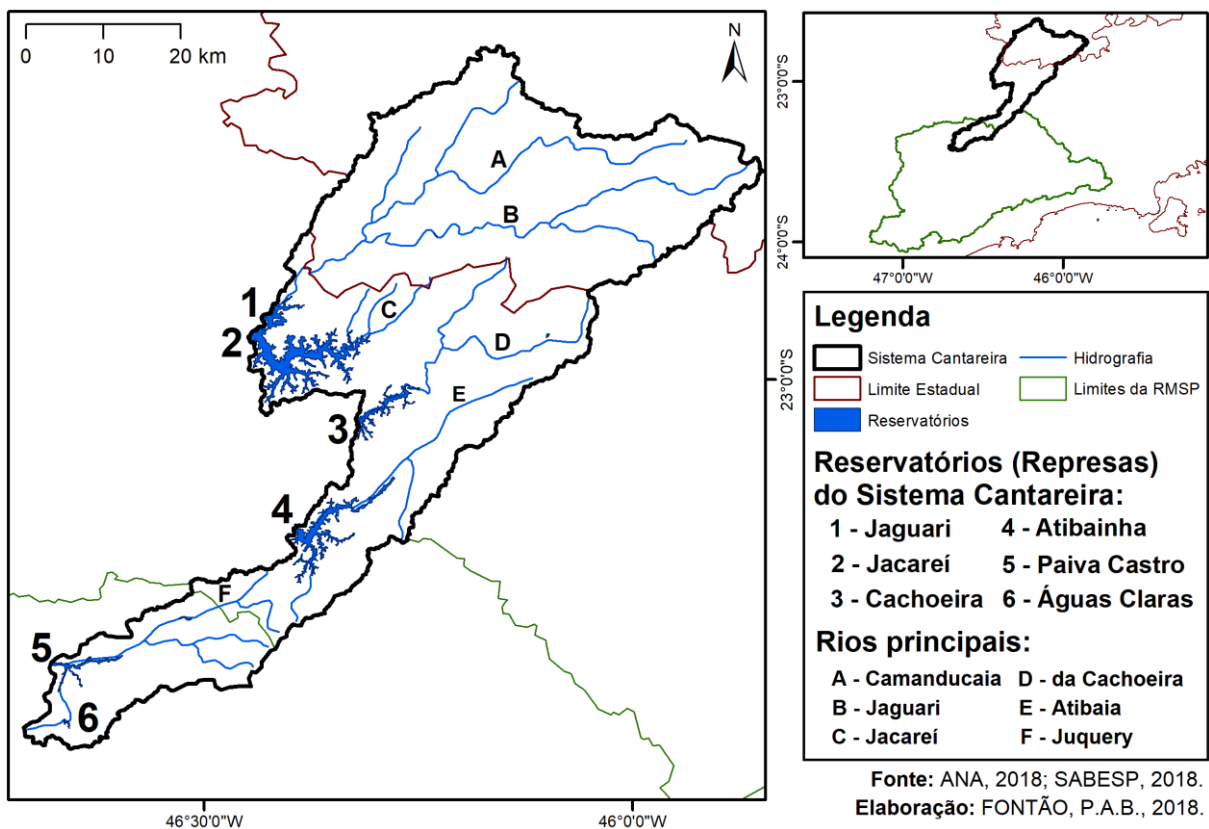


Figura 55 – Sistema Cantareira: localização dos reservatórios e rios principais.

No intuito de examinar efetivamente as variações hídricas dos principais tributários do Sistema Cantareira no período de estudo dessa pesquisa (2003-2015), levantaram-se os dados

das vazões afluentes dos reservatórios do sistema, ou seja, a vazão que chega a determinada represa. Tais dados, relativos ao monitoramento do Sistema Cantareira, consistem numa série temporal iniciada em 1930, referentes às vazões médias mensais dos rios principais (Jaguari, da Cachoeira, Atibaia e Juquery), afluentes ao aproveitamento dos reservatórios do sistema (Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e na conjunção de ambos os quatro).

Desta forma, a Figura 56 expõe os gráficos elaborados em sequência mensal das vazões afluentes nos quatro principais reservatórios e a soma delas, para o período de estudo (2003-2015). Do mesmo modo, exibe um sumário estatístico na forma gráfica, elaborado pelo modelo Boxplot, de toda a série temporal (1930-2015) para fins de auxiliar na interpretação dos dados.

De maneira geral, a figura permite avaliar a vazão dos rios em direção ao Sistema Cantareira nos anos avaliados nessa pesquisa, e a intensidade das flutuações da vazão ao longo dos ciclos hidrológicos anuais no âmbito dos períodos chuvosos (outubro a março) e secos (abril a setembro). No caso dos gráficos Boxplot, tais referências contribuem para compreender as vazões que aparecem com maior regularidade em determinado mês, e também os valores que destoam do padrão atribuído. Em princípio, os meses de dezembro a março tendem a concentrar os maiores picos de vazão nos dados de ambas as drenagens, apesar de ser um elemento bastante variável, a depender da regularidade e da intensidade das precipitações mensais sobre a região.

No tocante à série temporal da investigação, notou-se que os picos de vazão durante a primavera-verão dos anos 2009 a 2011 excederam os valores habituais e destoaram nitidamente do padrão de referência. Todavia, após o ano de 2012 e, principalmente, do segundo semestre de 2013 em diante os valores seguiram excepcionalmente baixos até o mês de fevereiro de 2015, chegando inclusive a não ser possível distinguir claramente uma extremidade positiva nos dados do verão de 2014. No caso de 2003-2004, ainda que as vazões tenham sido baixas, ao avaliar a variabilidade dos dados notam-se picos de amplitude dos valores nos dois verões.

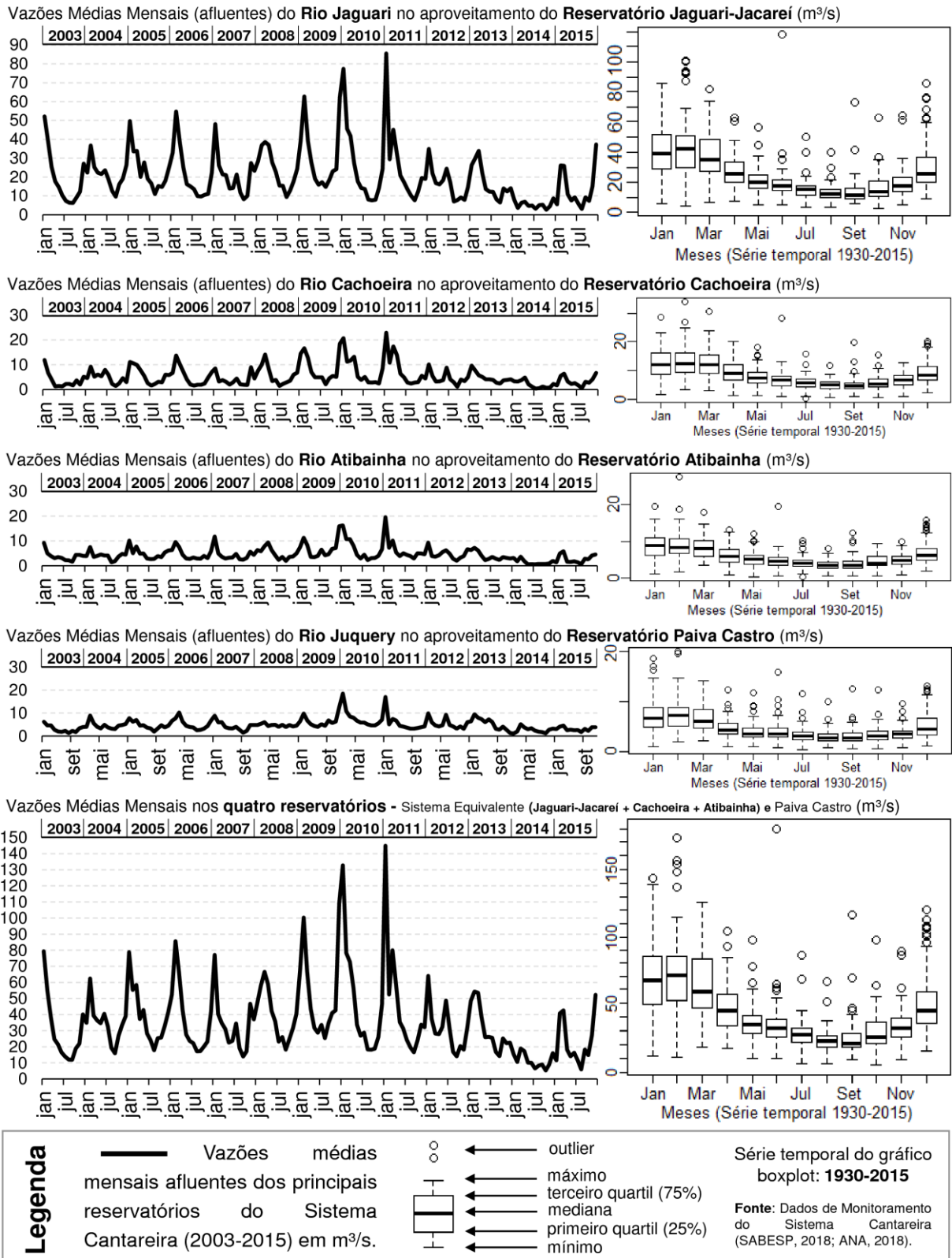


Figura 56 – Vazões afluentes do Sistema Cantareira: série 2003-2015 e gráfico Boxplot (1930-2015).

Por esse motivo, avalia-se que no período entre o segundo semestre de 2013 e o início de 2015, a recarga dos volumes no Sistema Cantareira mostrou-se insuficiente, tendo em vista que os volumes foram deficitários até basicamente fevereiro de 2015. A ausência de valores proeminentes ou minimamente elevados em 2014, cujas vazões médias mensais dos quatro reservatórios somados não passou dos 15,4 m³/s registrados no mês de janeiro, trouxe um quadro completamente distinto do observado a alguns anos antes, época em que se realçavam valores vultuosos de vazão (2009-2011).

Uma questão a ser levantada é que nos meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014, mesmo numa situação já deficitária nas vazões afluentes, foram registrados os maiores consumos de água de toda a série histórica da RMSP, chegando a superar o valor de 95 milhões de m³ em dezembro-2013. Outro ponto é que, devido a série temporal das vazões retratar os valores médios mensais e, malgrado o intervalo curto de tempo (um mês), tratar-se de uma medida de tendência central, os valores extremos de amplitude diária não foram representados nos gráficos, evidenciando de forma mais explícita a falta de aguaceiros duradouros e bem distribuídos no período seco em destaque.

Assim, pode-se constatar que as chuvas reduzidas na área de recarga do Sistema Cantareira contribuíram para a diminuição das vazões nas suas principais drenagens ao longo de 2014, processo que colaborou e agilizou na perda dos volumes do manancial, sobretudo pelo processo de evaporação engendrado pelas cadeias rítmicas de tipos de tempo favoráveis (quentes, secos e ensolarados) e pela vazão de retirada para o abastecimento urbano que, mesmo sendo reduzida aos poucos pela Sabesp, ainda captava volumes excedentes à capacidade de recarga do sistema pelas minguadas vazões afluentes do período.

Por fim, com a finalidade de propiciar um panorama geral da trajetória das chuvas e das variações do volume armazenado no manancial, elaborou-se a Figura 57, que sintetiza as precipitações mensais e os volumes no Sistema Cantareira de forma ininterrupta e agregada na série temporal dessa pesquisa, no decorrer dos anos 2003 a 2015.

A partir da análise da figura, que exhibe na parte superior as precipitações mensais acumuladas e na parte inferior os volumes armazenados, percebe-se uma certa correspondência entre as chuvas acumuladas ou dispersas nos períodos e a quantidade de água armazenada, tanto numa variabilidade sazonal quanto interanual. Evidentemente, apesar de um ligeiro retardo, o processo de recarga do manancial é moroso e depende de um ciclo mais amplo, sobretudo em situações de seca hidrológica. No caso, não é apenas a ocorrência de um episódio pluvial excepcional e/ou alguns dias sob a atuação de determinados tipos de tempo

que irão definir se aquela estação ou aquele ano serão propícios à recarga ou perda do volume hídrico, e sim a sucessão e o encadeamento entre eles no decorrer do tempo.

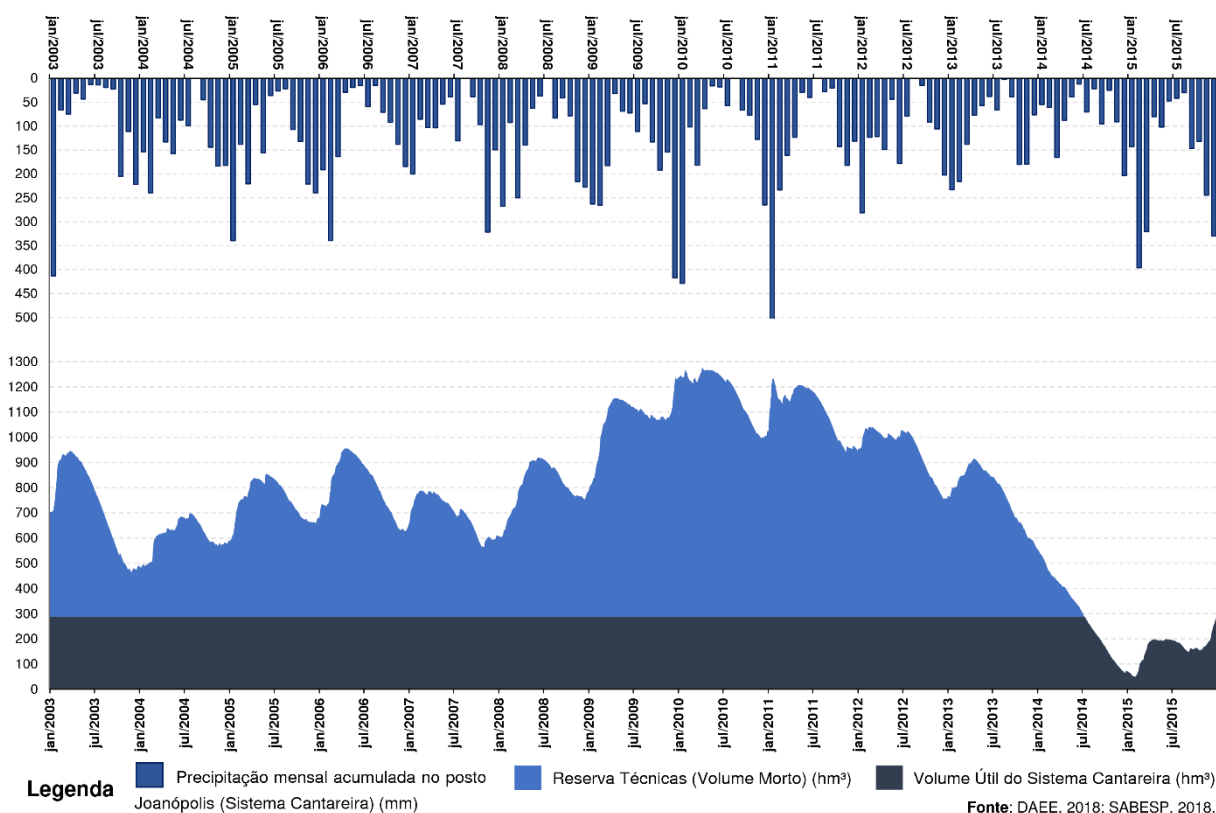


Figura 57 – Precipitações mensais e o volume armazenado no Sistema Cantareira (2003-2015).

Desse modo, a sucessiva constância de meses substancialmente chuvosos, capazes de promover a recuperação dos volumes das represas, mostrou-se bastante associados às sequências rítmicas excepcionais identificadas no capítulo anterior. Tais cadeias rítmicas, profundamente vinculadas à intensa atividade da Frente Polar e suas inflexões, produziram uma atuação elevada e constante de tipos de tempo úmidos, nublados e de baixa amplitude térmica, que proporcionaram abundantes e numerosos aguaceiros nos limites hidrográficos dos reservatórios do Cantareira, além de restringir o número de dias com condições mais propícias à evaporação. No tocante a isso, fica evidenciada na figura que o íterim 2009-2011 mostrou-se deveras favorável à recarga do Sistema Cantareira, que chegou a operar na sua capacidade máxima no ano de 2010.

No entanto, após vivenciar um ímpeto de profusão hídrica, o sistema passou a apresentar uma tendência decrescente no armazenamento de água de configuração lenta e oscilante até o verão de 2013 e, no decorrer do outono do mesmo ano, o decréscimo passou a

ocorrer de forma regular e vertiginosa, até basicamente o início de 2015. O acentuado declive hídrico em questão, ocorrido desde o mês de maio de 2013 até fevereiro de 2015, guarda semelhanças rítmicas inerentes às sequências de tipos de tempo ocorridas no ínterim de maio a dezembro de 2003. Em ambas as situações, os tipos de fluxos polares apresentaram semelhanças na sua concepção e as propriedades rítmicas de inverno prorrogaram-se até meados da primavera. Entretanto, no caso de 2003, verificou-se o advento de cadeias rítmicas mais propícias às precipitações volumosas logo no início do verão de 2004 e, posteriormente, ao longo do outono deste ano, favorecendo a recarga e recuperação do sistema, cenário bastante distinto do que ocorreu no verão-outono de 2014.

Portanto, as longas sequências de tipos de tempo que sucederam nos períodos de redução vertiginosa dos volumes de armazenamento do Sistema Cantareira, sejam no decorrer de 2003 ou durante meados de 2013 até o início do ano 2015 (crise hídrica), contribuíram para o declínio das reservas hídricas do sistema. Apesar das chuvas escassas, componente primordial dado que reduziu a recarga dos reservatórios e as vazões afluentes nas drenagens tributárias das represas, a sucessão de vários dias (e semanas) com condições propícias à evaporação de água – tipos de tempo predominantemente ensolarados, de elevada amplitude térmica e baixa umidade relativa do ar no período da tarde – colaboraram para intensificar a perda de água no sistema, que atua na produção de água para o abastecimento urbano da RMSP e teve que reduzir o fornecimento hídrico para a metrópole após fevereiro de 2014, medida adotada para retardar o declínio dos volumes frente à situação delicada.

6. ANÁLISE DOS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO URBANO DA RMSP

Primeiramente, deve-se deixar claro a importância de se analisar eventuais impactos no abastecimento urbano, visto que na maioria das grandes cidades, sobretudo numa metrópole como é o caso da RMSP, o acesso aos recursos hídricos por parte da população dá-se por meio das companhias de saneamento, que são obrigadas a captar água em locais distantes do centro das cidades, tendo em vista a contaminação dos grandes rios e mananciais urbanos. Nesse capítulo, não iremos tratar necessariamente da questão financeira e/ou das desigualdades sociais intra-regionais, que também são significativas e podem ser consideradas questões agravantes para o acesso desigual à água. Optou-se, no entanto, em realizar as análises com um enfoque temporal e direcionadas às variações do ritmo pluvial e do armazenamento hídrico no abastecimento urbano da RMSP, e por meio dos períodos excepcionais (secos), averiguar os impactos acarretados em nível espacial.

Assim, o primeiro subtópico abordará a relação do ritmo pluvial e das variáveis que envolvem o abastecimento urbano à frequência das notícias de jornais, discutindo questões referentes à essa periodicidade pelo viés da escola brasileira de Climatologia Geográfica. No segundo subtópico, enfatizou-se o período excepcional de maior destaque na série para a realização da análise de conteúdo e de discurso dos atores sociais e das implicações reportadas nas notícias. Por fim, o terceiro subtópico abrange uma análise generalizada dos problemas enfrentados pela população e as medidas adotadas pela Sabesp, que impactaram a sociedade paulistana nos diferentes sítios da metrópole.

6.1. Ritmo pluvial, armazenamento hídrico a frequência das notícias de jornais

No tocante às notícias de jornais de grande circulação, foi feito um levantamento diário de todas as reportagens publicadas no período (2003-2015), e que tratavam dos assuntos pertinentes à essa pesquisa (abastecimento urbano, seca e falta d'água) na Área de Estudo, conforme procedimentos já detalhados na metodologia da Tese. No total, encontrou-se 513 notícias publicadas no jornal Folha de São Paulo e 532 no jornal O Estado de São Paulo. Entretanto, a periodicidade das notícias mostrara-se profundamente aglutinadas em alguns períodos específicos. À vista disso, a Figura 58 exhibe um gráfico da frequência mensal de notícias publicadas nos dois jornais.

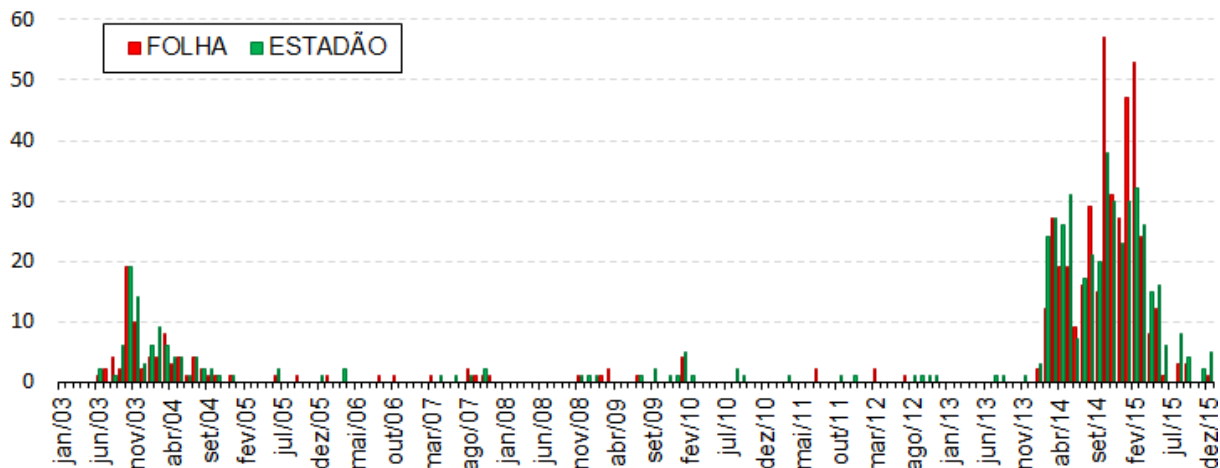


Figura 58 – Frequência mensal das notícias selecionadas sobre o tema da pesquisa.

Na figura, fica nítido dois grandes períodos onde concentrou-se um maior número de notícias jornalísticas: agosto de 2003 a julho de 2004 e janeiro de 2014 a dezembro de 2015. Destes intervalos, destaca-se o segundo deles (2014-2015) com um número excepcionalmente superior de notícias, além de alguns meses que se sobressaíram, cuja quantidade de reportagens chegou a atingir, somados os dois jornais, 95 publicações no mês de outubro de 2014 e 85 comunicações no mês de fevereiro de 2015. Em relação aos outros períodos como, por exemplo, o intervalo compreendido entre os anos 2005 a 2013, notaram-se algumas reportagens sobre o tema, porém a frequência mostrou-se muito inferior aos períodos destacados nessa análise.

No momento em que comparamos tal padrão de frequência e aglutinação das notícias às variáveis climáticas e hidrológicas analisadas nessa pesquisa, fica evidente que a cobertura jornalística a respeito do tema privilegiou os períodos de ritmo pluvial excepcional seco, visto que eventualmente os riscos de escassez hídrica passaram a ser vistos como algo em evidência à população, e porventura causaram possíveis impactos aos habitantes da área de estudo. Nos períodos habituais, e sobretudo nos excepcionalmente chuvosos, devido à abundância de precipitações, a questão do abastecimento urbano passou a não ser uma adversidade palpável na ocasião, passando a receber um menor destaque nas reportagens jornalísticas, que passaram a privilegiar outras questões mais marcantes para a sociedade na época.

É importante ressaltar que permearam, ao longo dos anos 2003-2015, diversas notícias sobre enchentes e inundações na RMSP, sobretudo durante o semestre chuvoso (primavera-verão). Apesar de não ser o foco direto dessa investigação, a elevada frequência dessas notícias nos principais jornais evidencia a magnitude dos impactos causados nas áreas de risco de inundação da metrópole (RODRIGUES *et al.*, 2016; CGE, 2018). A respeito dessa

problemática, inúmeros estudos já abordaram essa questão como, por exemplo, Alves Filho (1993; 2003; ALVES FILHO e RIBEIRO, 2006) que relacionou as chuvas intensas às ocorrências de enchentes e inundações. Mais recentemente, diversos pesquisadores revelaram a persistência desse fenômeno nos últimos anos, inclusive durante os anos mais secos da metrópole, conforme relatam Pereira Filho *et al.* (2004), Nobre *et al.* (2010), Pereira Filho (2012), Simas *et al.* (2017), dentre outros.

Em referência às chuvas, a despeito de sua enorme importância, deve-se ter claro que as origens da escassez hídrica na RMSP não podem ser analisadas unicamente por meio dela, visto que não é o único fator gerador. Apesar da relação evidente entre a precipitação (e ausência de) e o armazenamento hídrico, conforme demonstrado no capítulo anterior, deve-se atentar com maiores detalhes às variações hídricas dos sistemas de abastecimento, tendo o Sistema Cantareira em evidência, e as sucessões dos tipos de tempo favoráveis à recarga ou perda de água nos mananciais de abastecimento urbano, cujo potencial de gerarem chuvas volumosas ou melhores condições de evaporação se sobressaem.

Desse modo, pretendendo verificar em maiores detalhes as repercussões dos impactos no abastecimento urbano da RMSP nos principais jornais, selecionaram-se os dois intervalos de maior frequência de notícias de jornais: agosto de 2003 a julho de 2004 e janeiro de 2014 a dezembro de 2015. Deve-se atentar que, nos dois períodos selecionados, destacou-se em ambos a sucessão de tipos de tempo (sequências rítmicas) excepcionalmente secos, conforme já averiguado e descrito neste presente estudo. Isto posto, gerou-se para os dois intervalos um gráfico-síntese contendo perfilados, em nível diário, os sistemas atmosféricos, as precipitações, a variação do volume do Sistema Cantareira e o número de notícias divulgadas nos jornais Folha e Estadão. Tais arranjos visaram expor e ilustrar os resultados gráficos deste procedimento de análise, que serão avaliados, descritos e discutidos mais adiante.

Para o **primeiro intervalo**, referente ao período entre agosto de 2003 e julho de 2004, gerou-se um gráfico-síntese dos resultados, transmitindo em sequência as variações diárias dos elementos em destaque nessa análise. Ressalta-se que, apesar desse episódio de seca ter sido menos significativo que o segundo intervalo, em termos de implicações à população local, a investigação do mesmo torna-se essencial para apreender a origem atmosférica do fenômeno, e ainda auxiliar no entendimento posterior das causas da ‘crise hídrica’. Assim, a Figura 59 descreve o ritmo climático do Sistema Cantareira e da RMSP, transcrevendo paralelamente as variações do volume do Cantareira (em milhões de m³) e o número de publicações de notícias a respeito do tema dessa pesquisa.

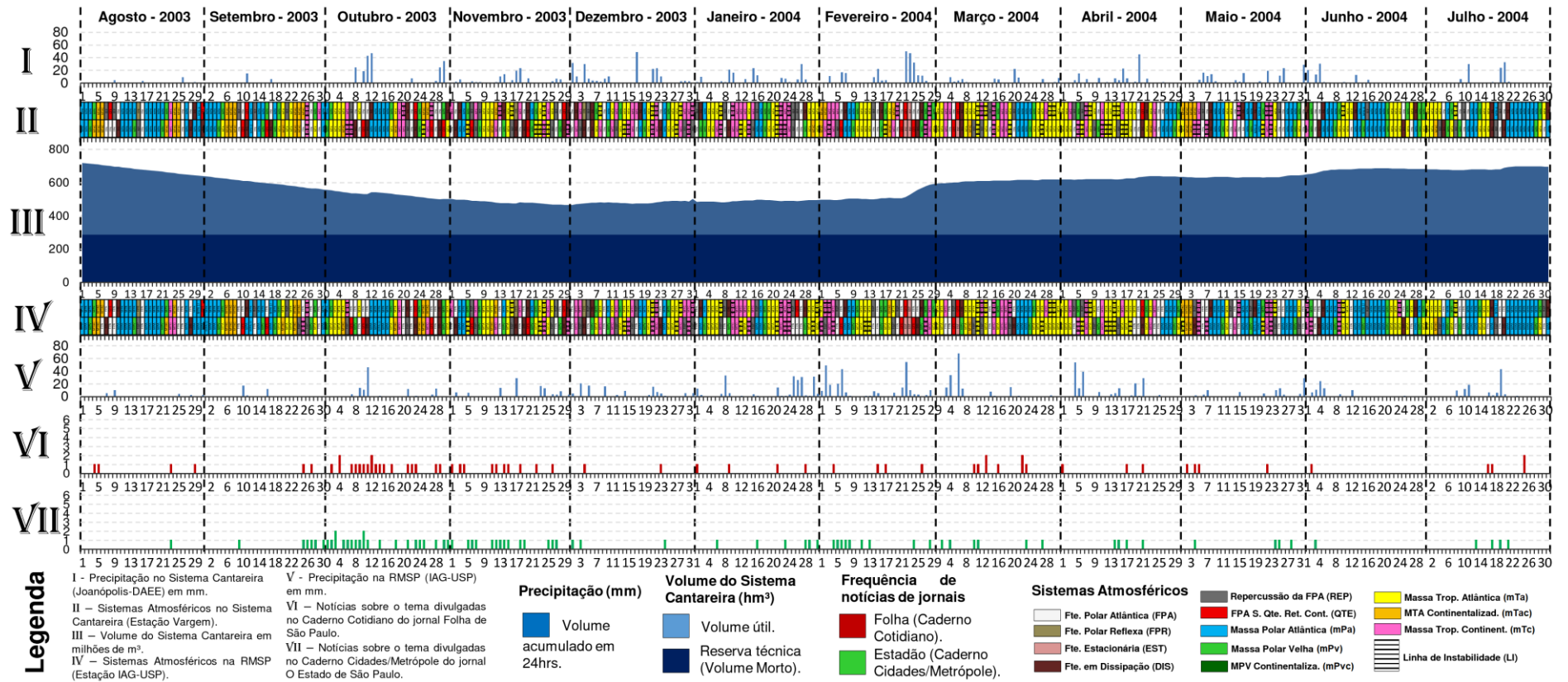


Figura 59 – Variações diárias do ritmo pluvial, do armazenamento hídrico e a frequência das notícias de jornais (agosto de 2003 a julho de 2004).

O primeiro fator constatado no período é a longe estiagem que se desenvolvia na região desde o final do verão de 2003, findando somente com o avanço de duas frentes no início de outubro que causaram chuvas um pouco mais volumosas entre os dias 8 e 12, porém não registrando mais aguaceiros expressivos até dezembro. O volume do Sistema Cantareira, que estava em franca derrocada, chegou a perder 162 milhões de m³ em somente dois meses (agosto e setembro), e ainda permaneceu, num fluxo um pouco mais lento, diminuindo suavemente seu volume até o mês de dezembro. Nesse contexto, devido aos fluxos atmosféricos mais intensos das correntes do sul e a forte presença de sistemas anticiclônicos estáveis (mPa, mPv, mTa e mTac) em sucessão, repercutindo em dias ensolarados e pouco úmidos, a imprensa local passou a divulgar em agosto algumas matérias que já previam uma futura ameaça ao abastecimento de água na região.

Nesse período, começaram a aparecer matérias alarmantes em plena estiagem como, por exemplo, no dia 23 de agosto de 2003, no qual a Folha noticiou “Em São Paulo, nível reservatórios é baixo” (p. C9) e o Estadão “Estiagem aumenta risco de racionamento” (p. 48). Mais adiante, com o prolongamento da estiagem, as notícias passaram a apontar a possibilidade de uma medida mais impactante, como no caso da Folha de São Paulo no dia 29 de agosto de 2003 – “Sabesp já cogita racionamento para 3,5 milhões” (p. C4), e no O Estado de São Paulo dia 9 de setembro – “Sabesp admite adotar racionamento em outubro” (p. 30).

Durante o final do mês de setembro e, principalmente, ao longo do mês de outubro, registrou-se um aumento significativo das notícias publicadas em ambos os jornais, conforme se pode observar no gráfico-síntese. Tratou-se, notadamente, de um maior destaque por parte da mídia para a questão do abastecimento urbano, que passou a dar indícios de possíveis impactos que poderiam repercutir com o agravamento da estiagem. Nesse período, algumas obras e intervenções da Sabesp chegaram a afetar partes da população abastecida pelo Sistema Cantareira, produzindo relatos de falta d’água em ambos os jornais e, no dia 1º de outubro, a repórter Mariana Pinto frisou a notícia “Protesto contra falta de água fecha Anhangüera” (p. 32) no Estadão, indicando nitidamente que moradores de seis bairros da zona norte da cidade de São Paulo tiveram o fornecimento de água interrompido por alguns dias, e chegaram a bloquear uma rodovia como protesto.

No início do mês de outubro, a situação do Sistema Cantareira passou a ficar em evidência, e no dia 03 desse mês o Estadão noticiava: “Só chuva livra São Paulo do racionamento - Segundo a Sabesp, a situação é crítica; o rodízio de água pode começar em novembro” (p. 38). No dia 04, a Folha afirmava que o Cantareira iria atingir a captação-limite

em 17 dias e, numa visão um pouco mais alarmante, publicou a notícia "Chuva não elimina o risco de racionamento - Sabesp já se preocupa com a possibilidade de as represas não se recuperarem até o início da estação seca de 2004" (p. C3). A partir disso, nos dias subsequentes as notícias relatando a situação dos mananciais e a possibilidade de implantação do racionamento/rodízio de água passaram a ser frequentes, apesar das chuvas registradas entre os dias 8 a 12. Dentre as notícias, destaca-se o prenúncio publicado em 12 de outubro na Folha: "SP só atende demanda por água até 2010 - Para Sabesp, região metropolitana precisará de novas fontes por causa do aumento da população e do consumo" (p. C1).

Em novembro, mesmo findada a estiagem, a ausência de chuvas muito intensas e volumosas trouxeram cautela à Sabesp, chegando a perdurar notícias a respeito da adoção de um possível rodízio/racionamento, mesmo com os sistemas frontais que avançaram, de maneira um pouco mais lenta, no início e na metade do mês, e que geraram tipos de tempo mais úmidos. A respeito disso, no dia 12 de novembro o Estadão publicava "Sabesp já definiu como será rodízio do Sistema Cantareira" (p. 42), enquanto a folha divulgava a notícia similar "Sabesp define plano de racionamento em SP - Se não chover até amanhã, rodízio de água para consumidor do sistema Cantareira será em três blocos" (p. C8). Todavia, as chuvas registradas pelo avanço do eixo principal da FPA no dia 13 contribuíram para que, no dia 15, ambos os jornais noticiassem que a Sabesp adiou a adoção imediata de um eventual rodízio.

O volume do Sistema Cantareira, registrado no gráfico-síntese e nos capítulos anteriores, contrasta com as notícias divulgadas nos jornais, visto que se referiam a um quase "esgotamento" do sistema. No dia 27 de novembro de 2003, o Estadão reportava "Cantareira: nível cai e chega a 2%" (p. 37), chegando inclusive à níveis inferiores nos dias seguintes. A respeito disso, o colunista Fernando Reinach (2014, p. 95) analisa essa situação em uma publicação no Estadão em 10 de maio de 2014, relatando que:

"O que poucos lembram é que esta é a segunda vez que vamos beber água do volume morto, a primeira foi no final de 2003, na última grande seca. Naquele verão, o nível da represa chegou a 0% e até atingiu valores negativos (...) Mas, em agosto de 2004, algo estranho acontece nas estatísticas. De repente, o índice pula de próximo a zero para 22%, como se durante uma noite a represa tivesse enchido mais de 20%. A explicação oficial veio em seguida. Com a renovação da concessão da exploração do Sistema Cantareira, com uma canetada, o limite que define o volume morto passou da cota de 829 metros para a cota de 820,80 metros. Com essa canetada, 209 bilhões de litros de água foram ressuscitados e transferidos do volume morto para o volume útil. E a cota que define o início do volume morto foi reduzida em 8 metros. Portanto, no auge da crise, sem gastar um centavo, a Sabesp passou a dispor de mais água para vender aos consumidores de São Paulo. E, com uma reserva maior, a mesma caneta que

ressuscitou a água, aumentou a permissão de retirada de água do Sistema Cantareira” (REINACH, 2014, p. 95).

No mês de dezembro, apesar da situação desfavorável do Cantareira, as chuvas voltaram a ocorrer de maneira mais intensa na região, sobretudo na área setentrional onde localizam-se as represas do sistema, iniciando uma lenta recuperação dos volumes hídricos. Por essa razão, a frequência de notícias sobre secas e questões envolvendo o abastecimento urbano na metrópole caíram bastante, uma vez que além do tempo úmido a Sabesp passou a garantir o abastecimento à população, e os jornais passaram então a evidenciar outros temas em suas matérias cotidianas. Já em janeiro de 2004, justamente pela recuperação lenta dos reservatórios em um mês habitualmente chuvoso, há uma retomada de matérias relacionadas ao tema em foco, irrompendo no dia 28 de janeiro de 2004, no jornal Estadão (p. 33), a notícia de que a "Sabesp já elabora rodízio 'parcial' de água - Mesmo esperando que chuvas melhores nível do Cantareira, empresa tem plano de emergência".

Entre os últimos dias de janeiro e a primeira metade de fevereiro de 2004, uma circunstância chamou atenção: a porção da metrópole paulista contou com temporais consideráveis no decorrer dos dias, enquanto nas localidades inseridas ao norte (Sistema Cantareira) precipitaram poucos volumes de chuva. Tal fenômeno foi favorecido pela atuação de massas intertropicais entre os dias 29 de janeiro e 5 de fevereiro, no qual o setor meridional da área esteve durante algum tempo sob a influência de linhas de instabilidades tropicais, intensificando as chuvas convectivas, além do contar com uma precipitação mais elevada entre os dias 5 e 7 devido ao avanço menos vigoroso de uma frente fria. Algumas matérias relataram essa questão como, por exemplo, a reportagem divulgada no dia 8 de fevereiro de 2004 no Estadão – "Enchentes e falta d'água, a sina do paulistano - É difícil entender como pode haver racionamento, se tem chovido tanto na capital" (p 33); e no dia 15 de fevereiro de 2004 na Folha – “Ilhas de calor afastam chuva de represas - Regiões mais quentes de SP concentram precipitação e consomem umidade, que não consegue chegar às áreas de mananciais” (p. C1).

Devido ao contexto ressaltado, tornaram a permear em fevereiro notícias atentando para a possibilidade de racionamento/rodízio, medida que foi descartada no final do mês, especialmente devido a uma semana extremamente chuvosa entre os dias 19 a 26 de fevereiro, cujo estacionamento do sistema de origem frontal repercutiu em precipitações volumosas e bem distribuídas na região, que elevaram substancialmente os volumes do Sistema Cantareira.

Em meio às reportagens de inundações na metrópole, no dia 24 de fevereiro foi divulgada a seguinte notícia no Estadão: “Chuvas afastam risco de racionamento de água” (p. 25).

Apesar de um mês de março menos úmido que o habitual, que levou a uma nova ameaça de racionamento no final desse mês, a chegada de um outono excessivamente chuvoso contribuiu para que o Sistema Cantareira permanecesse em constante recuperação nos volumes. Dessa maneira, as matérias de jornais passaram a ser menos frequentes e abordar assuntos como possíveis medidas para economizar água e comunicados acerca da situação momentânea dos mananciais. À vista disso, reportagens informando problemas no abastecimento urbano e falta de água passaram a ser incomuns e, quando apareceram, estavam relacionadas à problemas pontuais e locais, como é o caso de obras que afetaram o fornecimento de água para alguns bairros. Por fim, a Renovação da Outorga do Sistema Cantareira foi tema de algumas reportagens em agosto e setembro de 2004, fechando assim

Durante o período entre os anos 2005 e 2013, o tema em questão foi pouco explorado nos jornais de grande circulação, visto que durante esses anos houve relativa abundância de precipitações e, conseqüentemente, armazenamento hídrico prolífero. Apesar da variabilidade inerente ao ritmo climático, não foi possível registrar nenhum momento onde a imprensa chegou a destacar uma eventual seca na área de estudo e, mesmo trivial, o assunto abastecimento urbano foi pouco abordado com ênfase em matérias de jornais.

Sem embargo, algumas reportagens merecem serem abordadas devido à sua importância para entender a conjuntura do momento. No ano 2006, por exemplo, no dia 7 de janeiro a Folha publicou a notícia “Chuva forte eleva o nível de reservatórios - Necessidade de racionamento é remota”. Já no dia 21 de março, o Estadão divulgava a notícia “Outono começa com água de sobra - Reservatórios da Grande SP estão cheios e não há risco de racionamento” (p. 44). Em 2007, apesar da situação confortável, também surgiram algumas notícias indicando possíveis riscos no nível dos reservatórios, dentre elas a notícia divulgada pela Folha no dia 12 de setembro – “Nível de água nos reservatórios de SP preocupa, diz Sabesp - Situação foi provocada pela ausência de chuvas, segundo a empresa; racionamento, porém, ocorrerá só em último caso” (p. C6); e no dia 12 de outubro pelo Estadão: “Nível baixo de represas põe Sabesp em alerta - Sistema Cantareira está com apenas 33,5% de sua capacidade” (p. 81).

Durante os últimos meses de 2009 e início do ano de 2010, a abundância de chuvas nesse período excepcionalmente chuvoso provocou um quadro de sobrecarga dos reservatórios, ocasionando cheias nos principais rios na área do Sistema Cantareira e,

principalmente, nas margens do rio Atibaia devido à abertura das comportas nas represas, invertendo completamente a situação de 2003-2004. No dia 30 de setembro de 2009, o Estadão publicava a notícia “Sabesp descarta água em excesso de represas de SP - medida evita transbordamento e deve continuar caso as chuvas fora de época não parem” (p. 42). Ao passo que as chuvas permaneceram elevadas, no dia 22 de janeiro de 2010 a Folha noticiou que “Cidades retiram famílias que vivem em região de represas” (p. C6). No dia 2 de fevereiro de 2010, em meio às notícias de enchentes, o repórter Rodrigo Brancatelli, do Estadão, anunciava que “Reservatórios cheios garantem no mínimo dois anos de abastecimento - Se chover mais na Cantareira, sistema terá água para cinco anos” (p. 40).

Logo após os períodos de abundância hídrica, as matérias sobre as temáticas do abastecimento urbano passaram novamente a ser pouco frequentes nos jornais, refletindo a impressão de que tais problemas deixaram de ser um eventual risco para a metrópole. O tema, quando abordado, geralmente referia-se a alguma nova medida adotada pela Sabesp, algum problema pontual ou matérias sobre assuntos específicos. Basicamente, até o início do ano de 2014, o abastecimento urbano na metrópole se tornou um assunto apagado e pouco explorado, enquanto no mesmo período haviam diversas matérias sobre seca e escassez hídrica em outras regiões brasileiras, sobretudo no Nordeste do país, levando eventualmente o leitor a associar ocorrências de seca e falta d'água a locais distantes da RMSP.

No entanto, malgrado algumas notícias sobre o tempo seco, em 2013 praticamente não se falava de ameaças ao abastecimento urbano na metrópole paulista. Somente no dia 8 de novembro que o Estadão divulgou uma matéria com o título "Sistema Cantareira tem risco de colapso" (p. 24), atentando para a necessidade de construção de novos reservatórios nos próximos 5 anos. Porém, no mês de janeiro de 2014, começaram a aparecer as primeiras notas técnicas alertando para o nível dos reservatórios, dentre elas, no dia 9 de janeiro, a Folha fez referência à seguinte publicação do seu portal *online*: “Reservatório da Cantareira está com só 26% da capacidade em SP” (p. C7). Já no dia 29, o mesmo jornal noticiou que o "Tempo seco pode causar falta de água na Grande São Paulo - Sistema Cantareira, principal conjunto de represas da região, registrou seu menor volume em dez anos”.

Assim, a partir das primeiras notícias de 2014, iniciou-se o **segundo intervalo** de análises dessa pesquisa, compreendido entre os meses de janeiro de 2014 e dezembro de 2015, período que ficou conhecido como a 'crise hídrica'. Para tanto, a Figura 60 descreve o gráfico-síntese dos resultados, transmitindo em sequências diárias as variações rítmicas dos elementos selecionados, e que posteriormente serão apreciados, descritos e avaliados.

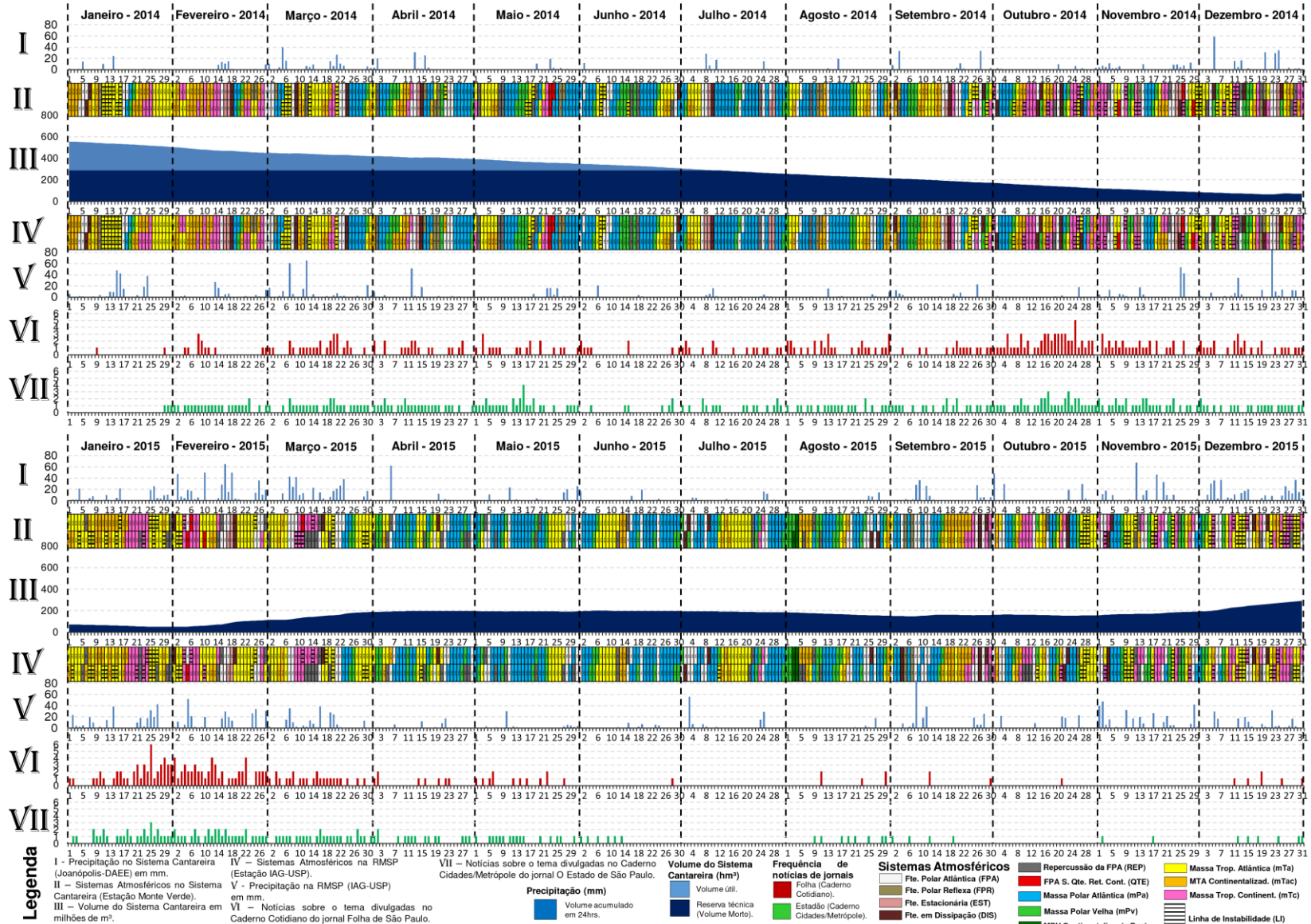


Figura 60 – Variações diárias do ritmo pluvial, do armazenamento hídrico e a frequência das notícias de jornais (2014-2015).

Devido à maior extensão do período de análises, em virtude dos desdobramentos da crise hídrica, elencou-se no gráfico-síntese o período de dois anos contínuos compreendido entre 2014-2015. No geral, o fluxo de notícias em ambos os jornais permanece constante desde o final de janeiro de 2014 até o mês de março de 2015, contando com uma nítida concentração de reportagens nos meses de outubro-novembro de 2014 e janeiro-fevereiro de 2015. Logo após o mês de março de 2015, a frequência de notícias nos jornais diminuiu consideravelmente, influenciada pelo aumento do volume nos reservatórios hídricos da metrópole. Todavia, apesar da menor cobertura jornalística, a mídia continuou monitorando vagamente o armazenamento hídrico, pois o Sistema Cantareira permaneceu abaixo do nível da reserva técnica (volume morto) até o dia 29 de dezembro desse ano.

Nos meses de janeiro e fevereiro, notou-se uma participação excepcional de massas de ar intertropicais (mTa, mTac e mTc), cuja atuação sinótica resultou em um longo período de estabilidade atmosférica, e refletiu numa longa sequência de tipos de tempo quentes e secos justamente nos meses habitualmente mais chuvosos do ano na região. Uma questão que provavelmente agravou o quadro foi a baixa precipitação ao norte da área de estudo (Sistema Cantareira), enquanto na metrópole precipitaram alturas significativas de chuva convectiva, sob influência de linhas de instabilidade. Do mesmo modo, outra adversidade que contribuiu para o quadro foram as poucas chuvas registradas durante os limitados avanços frontais como, por exemplo, entre os dias 13 a 18 de fevereiro. Tais fatores, inerentes ao ritmo atmosférico, contribuíram para uma redução vertiginosa dos volumes do Sistema Cantareira, fato aterrador visto que habitualmente o verão é um período de recarga desses reservatórios.

Diante do quadro relatado acima, a mídia em geral e, em específico, os dois principais jornais de grande circulação na metrópole, passaram a divulgar notícias com maior frequência acerca da situação dos mananciais e da seca observada no período, trazendo informações cada vez mais alarmantes sobre o tema. Logo no dia 1º de fevereiro, o Estadão já divulga que a “Sabesp admite risco de racionamento de água na Grande SP” (p. 28) e, no dia 2, a repórter Luciana Bottini Filho já apontava que a “Situação atual é mais grave que a crise de 2004” (p. 20). Posteriormente, os jornais passaram a prestar atenção para os riscos de falta de água e a divulgar medidas adotadas para tentar conter o problema, a exemplo da criação do Comitê Anticrise no dia 5 de fevereiro, formado por representantes da Sabesp, ANA, DAEE e Comitês de bacias do Alto Tietê e do PCJ para monitorar o nível dos reservatórios e melhorar a gestão das águas.

Isto posto, desde fevereiro a palavra ‘crise’ já foi adotada pela mídia para se referir à situação dos mananciais, passando a noticiar as questões referentes ao tema pela alcunha de

crise hídrica. Em março, mesmo com a retomada das chuvas frontais, os índices de precipitação na metrópole continuaram superiores ao Cantareira, além de contar com um número significativo de dias seguidos influenciados por massas de ar estáveis, tanto de origem tropical (mTa) quanto polar (mPa). Dessarte, o número de reportagens cresceu e o assunto passou a ser noticiado quase que diariamente nos jornais, posto que o nível dos mananciais continuava a diminuir e o verão estava findando, e tendo em vista que nos próximos meses decorrem períodos habitualmente menos chuvosos e característicos de estiagens sazonais (outono-inverno).

No tocante às notícias, começaram a ser anunciadas diversas medidas para conter a ‘crise’, dentre elas os jornais Folha e Estadão passaram a divulgar desde o dia 7 de março a redução da captação de água no Sistema Cantareira, compensando o fluxo através do remanejamento de outros sistemas, além de bônus para economia de água nas residências. Apesar do alerta iminente de racionamento em diversas notícias, sempre que consultado tanto a Sabesp quanto o Governo Estadual negaram tal possibilidade. No entanto, algumas regiões da Grande São Paulo passaram a apresentar relatos de falta d’água, como por exemplo a notícia divulgada pela repórter Marina Azaredo no Estadão dia 14 de março: “Na zona norte, torneiras secam de madrugada” (p. 17). Já no município de Guarulhos, que apesar de utilizar água fornecida pela Sabesp possui uma companhia municipal de saneamento, a seguinte notícia foi divulgada pelo Estadão no dia 14 de março: “Guarulhos terá rodízio, após Sabesp cortar água” (p. 17), efetivando um racionamento de água com potencial de gerar impactos à população, reforçado pela publicação no dia 15 de março na Folha: "Ontem, mais de 850 mil pessoas da cidade passaram a enfrentar interrupções no fornecimento de água" (p. C5).

Dentre as medidas discutidas entre os meses de março e abril, uma em específico gerou polêmica: captar água da bacia do rio Paraíba do Sul e transpô-la ao Sistema Cantareira, questão que passou a gerar conflitos pela água entre os governos estaduais de São Paulo e Rio de Janeiro, e que se alongou por meses de debate. No dia 19 de março, a Folha divulgava a notícia de que "Alckmin pede para usas água federal em SP - Governador solicita a Dilma que libere captação no dia Paraíba do Sul para melhorar nível do sistema Cantareira" (p. C5). Entretanto, foi duramente criticada pelo governo carioca, a exemplo da matéria do dia 20 de março no Estadão: "Rio vê risco de falta água com uso do Paraíba do Sul pelo Sistema Cantareira" (p. 17). A medida, então, passou a ser confrontada por ambos os governos, produzindo um conflito político que foi classificado pela editora do painel Vera Magalhães, da Folha de São Paulo, como “guerra da água” (MAGALHÃES, 2014, p. C3).

No mês de abril, com os fluxos mais vigorosos de ar polar proveniente das correntes do sul, as precipitações concentraram-se durante os poucos avanços frontais, contudo a maior parte dos dias ficou sob atuação de massas de ar estáveis de origem anticiclônica (mPa, mPv e mTac), piorando o quadro de seca e mantendo a tendência de diminuição dos volumes do Cantareira. Em meio às notícias onde o Governo Estadual e a Sabesp passaram a cogitar a possibilidade de adotar um rodízio/acionamento, começaram a surgir com maior frequência relatos de falta d'água na metrópole, afetando moradores e comerciantes. A respeito disso, a Folha elaborou no dia 13 de abril uma matéria intitulada "torneira SECA - atingidos por cortes de água todos os dias, paulistanos relatam como essa situação alterou sua rotina e a impressão de viver um racionamento não declarado" (p. 13), entrevistando diversos moradores. No dia 16 de abril, o Estadão noticiava que "Documento da Prefeitura afirma que Sabesp já faz rodízio noturno de água" (p. 14). Apesar dos impactos descritos pela população, o Governo Estadual e a Sabesp negaram que havia a adoção de um racionamento na capital paulista, atribuindo os problemas à redução da pressão nas bombas e obras esporádicas.

Em virtude dos baixos níveis dos reservatórios do Sistema Cantareira, no dia 11 de abril era anunciado nos jornais a antecipação das obras para uso do volume morto, cuja previsão (e efetiva implantação) de início foi o dia 15 de maio. No dia 15 de abril, o Estadão publicava que a "Sabesp prevê uso do volume morto até 27 de novembro; reserva será 'fatiada'" (p. 13). Com a implantação do volume morto na metade do mês de maio e a garantia de abastecimento até meados da primavera, estação habitualmente mais chuvosa, os jornais passaram a cobrir, durante um tempo, a implantação dessa medida e as possíveis repercussões da mesma, entretanto, a frequência de notícias durante os meses de junho e, em partes, julho, sofreu uma pequena queda, visto que a solução adotada teoricamente atenuavam os efeitos da crise hídrica até o período das "chuvas".

No mês de julho, após uma sequência de mais de dois meses seguidos sem chuvas significativas, a passagem da Frente Polar Atlântica e suas inflexões trouxeram precipitações entre os dias 7 e 11, aliviando um pouco a situação dos mananciais e retardando de maneira acanhada a queda incessante dos índices de volume do Sistema Cantareira. Porém, tratou-se apenas de um episódio isolado, conforme observa-se no gráfico-síntese, e as sequências de massas de ar estáveis e pouco úmidas voltaram a predominar na região, influenciando na perda de volumes do sistema pela evaporação. Enquanto isso, os jornais divulgaram matérias sobre os níveis e o esvaziamento do Cantareira, medidas adotadas pelo governo/Sabesp e especulações

sobre as chances de recuperação dos mananciais ao longo do próximo ciclo chuvoso (primavera-verão).

Em agosto, mês normalmente mais seco na área de estudo, o quadro de estiagem e sucessão de tipos de tempo estáveis se manteve, chegando a precipitar somente poucos milímetros ao longo dos 31 dias. Malgrado uma visão baseada nas médias climatológicas por parte dos órgãos gestores, havia uma expectativa das chuvas retornarem no próximo mês, como pode-se atentar na notícia divulgada pela Folha no dia 2 de agosto: “Estiagem no período é a maior em 11 anos - Só março teve chuvas acima da média; governo espera que seca tenha fim em setembro, para poder recompor represas” (p. C4). Ainda, deve-se atentar que, no período, notícias referentes à seca e aos problemas no abastecimento urbano continuaram sendo divulgadas com certa frequência, atingindo principalmente o interior paulista, além de municípios da área de estudo como Guarulhos, a exemplo da notícia de 11 de agosto na Folha: “SP tem 2,1 mi de pessoas sob racionamento oficial de água” (p. C1).

De modo geral, com o término do inverno austral e advento da primavera, as chuvas permaneceriam insuficientes na área de estudo e, conseqüentemente, as implicações foram bastante severas para a população. O mês de setembro iniciou-se com uma passagem frontal que produziu 41,7 mm em Joanópolis (Cantareira), gerando certa expectativa de retomada do nível das represas, como é o caso da notícia publicada no dia 4 de setembro pelo Estadão: “Chuva faz Cantareira parar de cair após 101 dias” (p. 22). Entretanto, na sequência rítmica, o avanço do ar polar provocaria duas semanas de tipos de tempo estáveis de origem anticiclônica, cuja evolução da onda de frio findou numa passagem frontal seguinte, no dia 16, que praticamente não resultou em chuvas, havendo volumes significativos somente no dia 27 (33,3 mm em Joanópolis – Sistema Cantareira). No mês de outubro, a situação agravou-se, pois, mesmo contando com 4 passagens frontais, os resultados pluviais foram irrelevantes, produzindo na região índices extremamente baixos de chuva no mês (próximas a 25 mm).

Por causa do prolongamento da estiagem, que iria arrastar-se até o final de novembro, o nível do Sistema Cantareira permaneceu em declínio e multiplicaram-se o número de matérias sobre o assunto, intensificando a visão alarmante sobre a crise e os relatos de impactos aos usuários dos recursos hídricos na metrópole paulista, especialmente no que diz respeito à falta d’água. No dia 9 de outubro, pela primeira vez a Sabesp admitiu formalmente que reduzia a pressão de fornecimento da água no período noturno, mesmo afirmando ser essa uma medida de economia e negando haver um racionamento oficial, conforme divulgado pelos jornais. Em meio aos casos de falta de água nas torneiras, a Folha divulgava no dia 5 de

outubro a notícia "Moradores de SP passam a estocar água" (C7), com claros indícios de moradores afetados, principalmente a população mais pobre que não tem caixa d'água na residência, e no dia 16 de outubro o mesmo jornal expunha que o "Agravamento da crise faz busca por caminhões-pipa disparar em SP" (p. C4), retratando que os comerciantes e as parcelas mais abastadas da sociedade também foram impactadas.

Alguns fatores reportados pelos jornais chamaram a atenção no período como, por exemplo, a utilização da segunda cota do volume morto do Sistema Cantareira no dia 24 de outubro, medida emergencial antecipada pelo Estadão no dia 17: "Justiça Federal libera uso da segunda cota do volume morto do Cantareira" (p. 15). Outra questão foi o quase esgotamento dos outros mananciais da metrópole que estavam aliviando o fornecimento do Cantareira, destacando-se nesse caso o sistema Alto Tietê. Por fim, no mês de outubro houveram eleições no Brasil, que acabou reelegendo o então governador do estado (no dia 5) e a presidenta do país (no dia 26), fator que possivelmente influenciou (e dificultou) na gestão conjunta dos recursos hídricos da região, visto que ambos são de correntes políticas distintas.

A partir do mês de novembro, as passagens frontais passaram a resultar em séries de tipos de tempo mais úmidos na região, embora as chuvas não tenham sido tão intensas na área setentrional. Tirante os aguaceiros sobre a capital paulista entre os dias 25 e 26 de novembro, resultante do estacionamento da frente sobre a RMSP e que provocaram 95,8 mm em dois dias, no setor norte da área de estudo as chuvas não foram volumosas e o nível das represas seguiu diminuindo ao longo dos meses. Dessa maneira, os jornais seguiram acompanhando a situação da crise hídrica e a relatar casos de falta d'água como, por exemplo, a Folha chegou a noticiar no dia 2 de novembro que a "Seca no Sudeste atinge 133 cidades e já afeta economia" (p. C1), ainda que, no dia 11, o Estadão relatava que "Alckmin voltou a dizer que o Estado não passa por racionamento e não há risco de desabastecimento" (p. 12).

No decorrer da situação preocupante do Sistema Cantareira, o mês de dezembro de 2014 iniciava-se sob a atuação da Massa Tropical Atlântica, dando prenúncios de um cenário ainda mais apreensivo na metrópole paulista. Todavia, com o desenrolar do mês, a ação estabilizadora das massas polares (mPa, mPv) e das massas intertropicais (mTa, mTc, mTac) perdeu intensidade e enfim cederia lugar à uma maior frequência de tipos de tempo instáveis e mais chuvosos, tanto frontais quanto tropicais, de sucessão habitual nessa época do ano. A partir da passagem frontal ocorrida nos dias 4 e 5, que registrou chuvas substanciais no Cantareira, a situação atmosférica melhorou um pouco, embora o volume dos reservatórios permanecesse reduzido, visto que o processo de recuperação é árduo e lento.

Em relação à isso, somente no dia de natal que os jornais noticiavam o ‘primeiro aumento’ no nível do Sistema Cantareira após uma sequência de perdas por vários meses, conforme relatado pela Folha no dia 25 de dezembro: “Cantareira sobe pela 1ª vez em oito meses - Reserva do sistema passaram de 6,7% para 7% nesta quarta (24); desde abril, nenhum aumento era registrado” (p. B3). Deve-se deixar claro que, além da lenta recuperação dos reservatórios, justificado pelos jornais em razão do ‘efeito esponja’, os relatos de falta d’água continuavam a ser divulgados na mídia impressa, em função do impacto das medidas adotadas pelos órgãos gestores à população. Por exemplo, no que concerne às medidas de redução da pressão durante a noite e as discordâncias entre os usuários, o Estadão reportava a seguinte informação no dia 12 de dezembro: “Abastecimento: 'No começo, cortavam às 22 horas. Faz uns dois meses que o racionamento tem começado mais cedo', relata morador de Pirituba; Sabesp nega existência de queixas.” (p. 15).

Sem embargo dos aguaceiros registrados ao longo do mês anterior, o ano de 2015 iniciava-se pouco promissor em termos pluviais. Em janeiro, novamente observava-se uma sequência de tipos de tempo estáveis, oriundos da ação predominante da Massa Tropical Atlântica (mTa e mTac) até o dia 18 e, posteriormente, da Massa Tropical Continental, trazendo à região vários dias com temperaturas elevadas, forte insolação e umidade do ar reduzida no período da tarde. Nesse sentido, persistia-se novamente um verão sem chuvas substanciais, sobretudo no setor setentrional da área de estudo, e os poucos dias de tipos de tempo úmidos observados encontravam-se geneticamente associados às linhas de instabilidade tropicais em massas de ar ou às Repercussões da Frente Polar Atlântica, que sofreram forte bloqueio ao avançar sobre a região e deslocavam-se em direção ao oceano.

Por essa razão, expandiu-se novamente o número de notícias sobre a ‘crise hídrica’ publicadas diariamente nos jornais ao longo do mês de janeiro, frequência que se manteve até o desfecho de fevereiro, em razão da possibilidade real de colapso do Sistema Cantareira. No dia 2 de janeiro, a Folha publicava uma entrevista com o novo presidente da Sabesp, Jerson Kelman, realçando a seguinte notícia: "Sabesp fala em todos 'preparados para o pior'" (p. C3). Com a persistência de tipos de tempo estáveis sobre o Cantareira, no dia 10 o Estadão divulgava a notícia “Sabesp: pressão da água vai cair mais e população 'sofrerá’” (p. 15), realçando o agravamento da situação e alertando a população para impactos mais intensos no abastecimento urbano. Já no dia 27, a Folha noticiava que “SP amplia cortes de água e faz novas 'vítimas' da seca - Reclamações coincidem com o aumento da redução da pressão da água”.

Em meio a um cenário preocupante, pela primeira vez, no dia 15 de janeiro, os gestores públicos admitiram o racionamento de água, matéria que foi publicada em ambos os jornais como, por exemplo, no Estadão: "Alckmin admite racionamento e multa volta a valer; Sabesp não descarta rodízio" (p. 11). No dia 29 de janeiro, o secretário estadual de recursos hídricos informava no Estadão que as chuvas de fevereiro iriam definir a adoção do rodízio na RMSP, e a partir disso, a Folha noticiou no mesmo dia que o "Governo Alckmin projeta para abril início do rodízio - Sem modelo definido, medida pode deixar Grande SP até 5 dias seguidos sem água" (p. C1).

Entretanto, no mês de fevereiro, enfim as chuvas passariam a ser mais frequentes, volumosas e bem distribuídas na área de estudo, sobretudo na região do Sistema Cantareira. No período, passaram a predominar tipos de tempo úmidos e instáveis, além de chuvas quase constantes engendradas pela ação intensa da Frente Polar Atlântica e suas inflexões como, por exemplo, nos dias 5 e 6, 10, 14 a 19 e 25 a 28. Como consequência, os níveis do Sistema Cantareira subiram de 49,1 milhões de m³ no dia 1º de fevereiro para 113,9 milhões de m³ no dia 1º de março, aumento expressivo que, apesar de não elucidar o problema, ajudou a aliviar um pouco a crise. Assim, ainda que uma reportagem no Estadão dia 8 de fevereiro divulgasse que se as chuvas não viessem seria adotado o rodízio na metrópole – "Governo cria 'gatilho' do racionamento; medida pode ser adotada já em março" (p. 19); logo no dia 11, o Governo Estadual já se mostrava confiante com as reviravoltas na circulação atmosférica observadas nos dias anteriores, conforme registrado na Folha: "Com chuva, Alckmin adia decisão sobre rodízio na Grande SP" (p. C1).

À medida que as chuvas expressivas prosseguiram entre os meses de fevereiro e março, dinamizadas pela forte atividade frontal nesse período, a situação dos reservatórios da metrópole paulista melhorou um pouco, aliviando principalmente o Sistema Cantareira, que já demandava a utilização de uma eventual terceira cota do volume morto, uma parcela residual que restava nos mananciais em um quadro de quase colapso. Em virtude dessas circunstâncias, o número de reportagens divulgadas nos jornais mostrou-se muito elevado em fevereiro, e no mês de março seguiram noticiando a situação da 'crise hídrica' quase diariamente, em um tom menos alarmista, ao mesmo tempo em que eram reportados episódios de enchentes e inundações na RMSP.

No mês de abril, após uma importante passagem da Frente Polar Atlântica entre os dias 6 e 7 sobre a região, que trouxe expressivos volumes de água no Cantareira, as precipitações diminuíram consideravelmente e as correntes de sul passaram a atuar de

maneira mais significativa na área de estudo, como habitualmente acontece com o advento do outono austral, ocasionando tipos de tempo polares cada vez mais frequentes na RMSP e entorno. Isto posto, a situação mais confortável dos mananciais da metrópole resultou numa menor periodicidade de matérias nos dois grandes jornais a respeito do tema, ainda que o Sistema Cantareira se encontrasse abaixo da reserva técnica em pleno início do período de estiagem. No tocante a isso, e graças às chuvas de fevereiro-março, a Sabesp garantia novamente o abastecimento como, por exemplo, a notícia divulgada pelo Estadão no dia 29 de abril: “Cantareira cai; Alckmin garante água” (p. 15).

Ao longo do outono e inverno de 2015, a frequência de notícias sobre a crise hídrica nos jornais despencou, porém ainda era possível encontrar alguns relatos de problemas no abastecimento urbano da metrópole e também alertas a respeito da situação ainda delicada no Sistema Cantareira, a exemplo da matéria publicada pela Folha no dia 16 de maio: “Volume morto faz 1 ano e vira 'reserva fixa' - Captação do fundo de represas do Cantareira duraria apenas quatro meses, mas Grande SP segue dependente dessa água (p. B3)”. Em agosto, durante o período da estiagem nesse mês habitualmente pouco chuvoso, e com a trajetória descendente dos índices de armazenamento do Sistema Cantareira, o tópico em questão entrou em pauta novamente, aparecendo um número considerável de matérias sobre o tema nos jornais.

Todavia, em setembro com antecipação das chuvas vigorosas e bem distribuídas logo no início do mês, além da circunstância de uma primavera (outubro-dezembro) excepcionalmente chuvosa no Sistema Cantareira, a situação dos mananciais foi melhorando aos poucos e recuperando os níveis nos reservatórios a ponto de, no penúltimo dia do ano de 2015, o sistema finalmente sair do volume morto e passar a utilizar novamente a cota do volume útil. Dessa forma, o assunto voltava a entrar em pauta nas matérias de jornais e, no dia 31 de dezembro de 2015, a Folha noticiava o seguinte: “Cantareira recupera volume morto, mas aperto continua - Racionamento de água seguirá em 2016 para os moradores da Grande SP” (p. B1), ou seja, mesmo com o alívio de sair da reserva técnica, ainda haverá uma longa trajetória pela frente para a recuperação dos mananciais, num contexto em que efetivamente teve a felicidade de beneficiar-se de um verão igualmente chuvoso em 2016, alçada que já foge do período pré-estabelecido nessa análise.

6.2. A Análise de conteúdo e do discurso durante a crise hídrica

Da análise da frequência de matérias de jornais realizada no tópico anterior, foi possível notar uma nítida concentração das notícias entre o início do ano de 2014 e o final do verão de 2015, engendradas pelo ritmo atmosférico excepcional do período. No intuito de aprofundar acerca do conteúdo retratado nessas publicações, realizou-se um esforço para avaliar os assuntos relatados nos jornais através da leitura e codificação das expressões nas notícias. Para reduzir o número total de matérias jornalísticas e apreender as mais relevantes e substanciais acerca do tema, adotou-se como critério, por meio do acervo *online* dos jornais, restringir as análises somente às páginas publicadas na mídia impressa sobre o tema (secas, abastecimento urbano, crise hídrica, dentre outros assuntos relacionados) que referiam-se diretamente à área de estudo em questão (RMSP e Sistema Cantareira) e continham os vocábulos “água” e “seca” transcritos em algum ponto do texto.

Por essa razão, foi possível reduzir a quase metade o total de notícias acerca do tema e focar na leitura e análise individual de cada uma delas, realizando a codificação de todas as citações expressas pelos diferentes atores sociais (agentes) e pelos temas pré-estabelecidos. O intervalo temporal das análises também foi restringido ao período de maior frequência de reportagens: janeiro de 2014 a março de 2015. Deve-se ressaltar que, inicialmente, esse intervalo contava com 387 laudas de notícias divulgadas na Folha e 355 no Estadão, e após o crivo realizado, restou um acervo de 191 na Folha e 183 no Estadão, excluindo, na maior parte dos casos, notas técnicas e comunicações abreviadas sobre o assunto em questão.

Dessa forma, foi possível identificar por códigos as citações expressas ao longo das notícias, categorizando quando determinados atores sociais (instituição e/ou categoria representada) propunham algo e/ou exprimiam opinião no âmbito das questões envolvendo o abastecimento urbano, acerca dos três temas em destaque: causas dos problemas enfrentados, consequências e medidas adotadas. No íterim analisado, foi possível identificar um total de 129 atores sociais que expressaram suas posições sobre os temas, cifra que foi possível agrupar empiricamente em 14 famílias representativas dos diversos segmentos da sociedade. O Quadro 3 sintetiza todos os atores que expuseram seus pontos de vista e os respectivos agrupamentos por famílias representativas.

No quadro em questão, pode-se verificar todos os atores sociais que foram citados diretamente nas reportagens avaliadas, expondo uma abrangência considerável de setores da

sociedade que exprimiram opiniões e se manifestaram nas notícias dos jornais. Evidentemente, no caso de tratar-se de um órgão com certa autonomia, como é o caso por exemplo de uma universidade, a opinião do especialista entrevistado não necessariamente expressou a posição concreta da instituição que o indivíduo representa, e em razão disso, deve-se analisar com prudência os discursos defendidos nos jornais.

Quadro 3 - Atores sociais identificados nos jornais e agrupados por famílias representativas.

Agrupamentos (Famílias)	Atores sociais (Agentes/Instituições)
Comitês de gestão e de Bacias Hidrográficas	Comitê de bacias, Consórcio das Bacias dos rios PCJ (Consórcio PCJ), Comitê Anticrise, Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitê PCJ).
Empresas de Abastecimento de Água	Companhia de Saneamento de Minas (Copasa), Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), SABESP, Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA),
Especialistas	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária do Estado de São Paulo (ABES), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Climatempo, Datafolha, Especialistas, Centro Universitário FEI, Instituto Agrônomico de Campinas (IAC), Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Socioambiental (IS), Mackenzie, National Aeronautics and Space Administration (NASA), Conselho Federal da Ordem dos Advogados do Brasil (OAB), Pontifícia Universidade Católica (PUC), Somar Meteorologia, Stanford University, UFABC, UFMG, UFRGS, UFRJ, UFSCAR, UNESP, UNICAMP, UNIFESP, UNIMEP, Universidade de Mogi das Cruzes, USP.
Governo Estadual	Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP), Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP), Companhia Energética de São Paulo (CESP), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Departamento Estadual de Investigações Criminais (DEIC), Governador (Geraldo Alckmin), Governo Estadual, Ministério Público Estadual (MPE), Polícia Militar de São Paulo (PM-SP), Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Secretaria da Educação, Secretaria da Saúde, Secretaria de Turismo, Secretaria do Meio Ambiente; Secretaria Estadual de Ambiente do Rio de Janeiro, Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (TJ-SP).
Governo Federal	Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Presidente (Dilma Rouseff), Governo Federal, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério Público Federal (MPF), Ministério da Agricultura, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Integração Nacional, Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Superior Tribunal Federal (STF), Tribunal de Contas da União (TCU).
Governo Municipal	Câmara Municipal de São Paulo, Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas - São Paulo (CGE), Defesa Civil, Prefeito (Fernando Haddad), Governo Municipal, Secretaria de Educação, Secretaria de Saúde,
Governos e Instituições internacionais	Conselho Mundial da Água, Organização Meteorológica Mundial (OMM), Organização das Nações Unidas (ONU), Organização Mundial da Saúde (OMS)
Organizações Agrárias	Agricultores, União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA)
Organizações Ambientalistas	Ambientalistas, Greenpeace, ONG Águas Claras, ONG Mão Cooperadora, ONG SOS Mata Atlântica, ONG Aliança pela Água, Proteste, SOS Mata Atlântica, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund (WWF).
Organizações de Usuários	Comerciantes, Condomínios, Líder comunitário, Moradores, População, Síndico de condomínio,
Organizações Industriais, Comerciais e Empresariais	Associação Brasileira de Indústria Têxtil e de Confecção (ABITC), Associação Comercial de São Paulo (AC-SP), Associação Paulista de Empresas de Consultoria e Serviços em Saneamento e Meio Ambiente (APECS), Robert Bosch GmbH (BOSCH), Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp), Commins, Empresários, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), General Motors, Honda, Hyundai, Nova Opersan, Rhodia, Servmar, Teconsonda, Toyota.
Outros agentes	Comissão Pastoral da Terra (CPT-CNBB), Moody's, Repórter, Scotiabank,
Partidos políticos	Democratas (DEM), Partido Humanista da Solidariedade (PHS), Partido do Movimento Democrático Brasileiro (PMDB), Partido Progressista (PP), Partido Social Democrático (PSD), Partido da Social Democracia Brasileira (PSDB), Partido Socialismo e Liberdade (PSOL), Partido dos Trabalhadores (PT), Partido Verde (PV),
Sindicatos	Sindicato do Setor Imobiliário (SECOVI-SP), Sindicato que representa os postos de combustíveis do Estado de São Paulo (SINCOPEURO), Sindicato dos Trabalhadores em Água, Esgoto e Meio Ambiente de São Paulo (SINTAEMA),

Fonte: ESTADÃO, 2018; FOLHA, 2018.

Em relação à frequência das citações efetuadas no período de análise, foram levantados um total de 512 codificações na Folha e 685 no Estadão, ambas manifestando a

opinião e os apontamentos por parte dos atores sociais em trechos das reportagens. No caso dos agrupamentos propostos, a maior presença (ou não) de determinados atores sociais (e famílias de atores) nos fragmentos das notícias de jornais permite inferir quais setores da sociedade apresentaram maior voz e representatividade no decorrer da crise hídrica. Isto posto, a frequência de aparição dos códigos temáticos divididos por famílias de atores encontra-se exposta na Figura 61, em índices percentuais do total de citações.

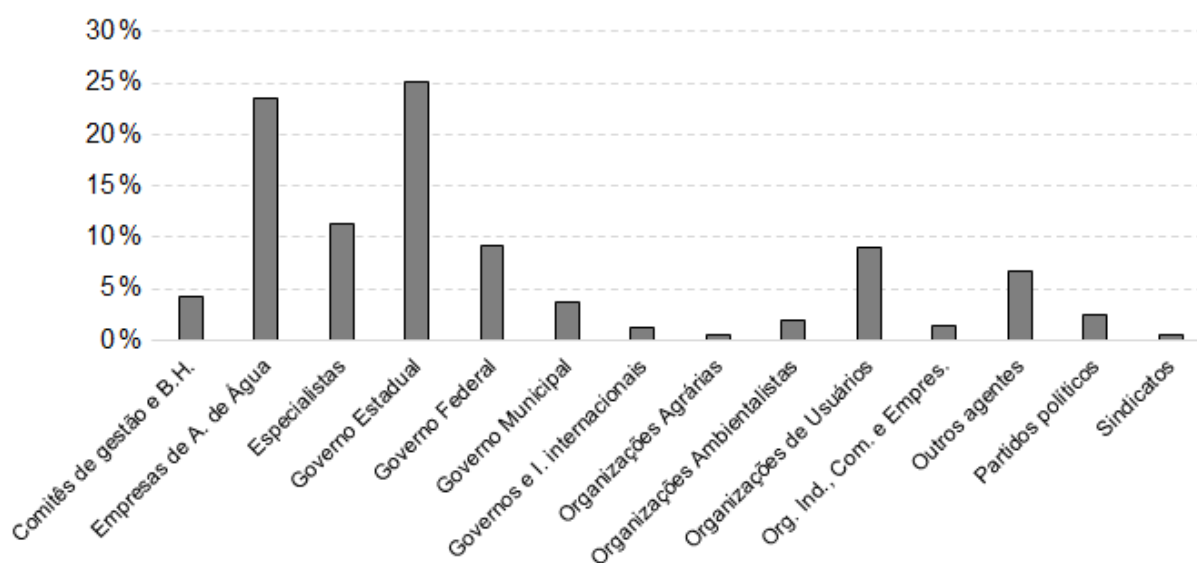


Figura 61 – Índice de frequência de aparição total das citações por código temático (%).

No geral, destacam-se duas principais famílias que, juntas, aparecem em 48,5% de todos os fragmentos de texto selecionados na análise: empresas de abastecimento de água e governo estadual. Todavia, no caso das empresas de água, essa família resume-se praticamente à Sabesp, que aparece em 23% do total das citações da pesquisa, frente aos 0,5% das outras companhias de saneamento. Dito isto, pode-se inferir que quase metade de todas as referências das notícias nos jornais vem de fontes ligadas diretamente ao Governo Estadual, tendo em vista que a Sabesp é uma companhia vinculada ao governo, ainda que seja uma empresa pública de capital aberto (economia mista).

Diante da sintomática concentração do discurso, se observa a presença pertinente dos especialistas (11,2%), organizações de usuários (8,9%), comitês de gestão e de bacias hidrográficas (4,2%), organizações ambientalistas (1,9%) e governos e instituições internacionais (1,2%), setores sociais e/ou entidades que tem grande potencial de apresentar pontos de vista distintos e bem fundamentados acerca do debate dos problemas no abastecimento urbano. No caso dos governos federal (9,1%) e municipal (3,6%), apesar de

trabalharem emparelhados ao estadual, a visão e as afirmações de suas principais lideranças podem apresentar desconformidades com a posição do governo estadual, tendo em vista que durante o período de análise, ambos eram administrados por partidos políticos divergentes.

A respeito dos temas pré-estabelecidos, levantados e assinalados por códigos durante as análises das notícias, foi possível identificar um total de 201 citações que emitiam pareceres sobre as Causas dos problemas levantados, 366 trechos abordando as Consequências e 630 citações proferindo afirmações acerca das medidas adotadas. Por conseguinte, a Figura 62 expõe a frequência mensal de todas as citações identificadas nos dois jornais durante a análise dos conteúdos, e discriminadas pelo assunto abordado em questão.

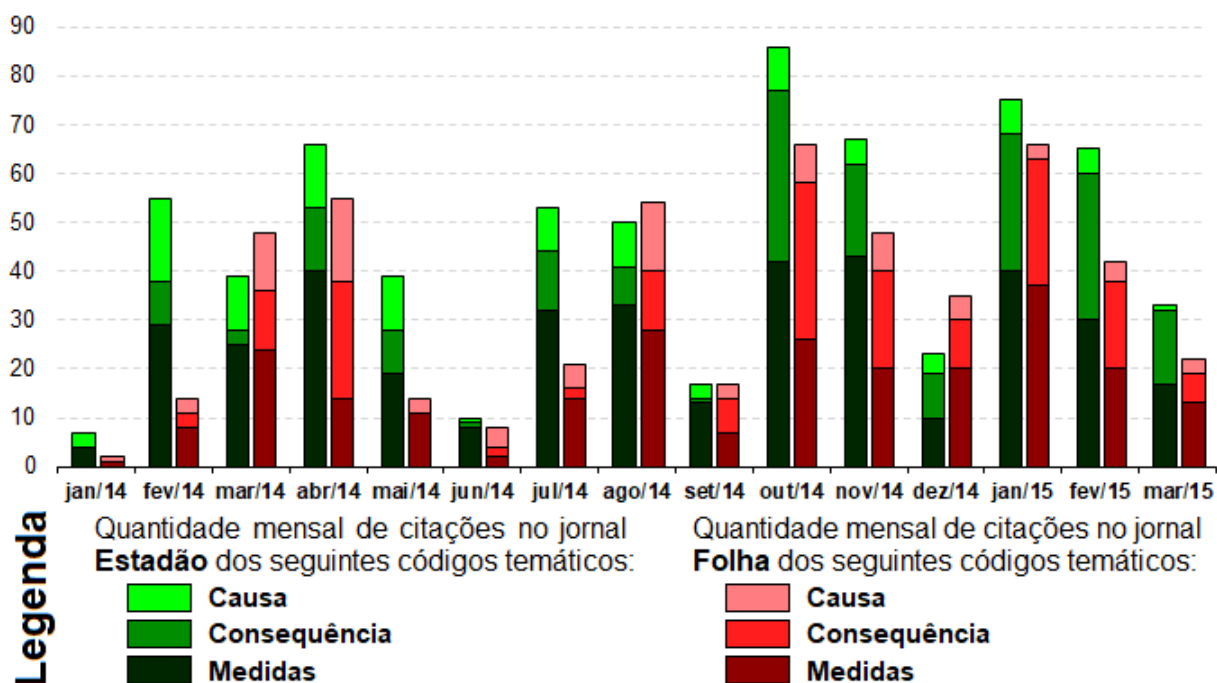


Figura 62 – Frequência de aparição mensal das citações nos jornais Estadão e Folha por códigos temáticos.

Na frequência relatada acima, pode-se aferir que no primeiro semestre de 2014, época em que a intitulada crise hídrica foi revelada, as notícias concentravam-se em abordar as causas do problema e a apresentar e debater as medidas adotadas para enfrentar a situação. Todavia, de outubro de 2014 em diante, ampliou-se em ambos os jornais o número de reportagens abordando as consequências e, eventualmente, os impactos da crise na população residente na metrópole, enquanto ao mesmo tempo abreviaram-se as notícias que expunham e debatiam as causas do problema. No tocante às medidas, tanto as que reportavam as providências e projetos oficiais da Sabesp e do Governo Estadual, quanto propostas

alternativas sobre o tema, a periodicidade desse assunto mostrou-se elevada e aumentou durante o final do ano de 2014 e início de 2015.

À vista disso, verifica-se de antemão um contexto discursivo singular do fenômeno das secas nos meios de comunicação, de aparência lenta e difusa ao longo do tempo e das peculiaridades espaciais (SONNETT *et al.*, 2006; PANEQUE SALGADO e MOLINA, 2013). Pelo fato de questões envolvendo secas meteorológicas e a falta d'água não serem frequentes na RMS, sobretudo numa conjuntura subsequente a um período de abundância hídrica (2009-2011), a busca por esclarecimentos (causas) foi realçada logo no início da crise, aliada às medidas de caráter provisório que foram propostas pelos órgãos gestores. No entanto, conforme a situação prolongava-se, os impactos (consequências) e as medidas emergenciais passaram a ser o ponto substancial das notícias.

No intuito de aprofundar acerca dos temas em destaque, prosseguiu-se a análise procurando revelar quais foram as famílias de atores que mais apareceram e exprimiram opiniões sobre as causas, consequências e medidas, conforme temas-chave adotados na pesquisa para a averiguação de conteúdo. Para tanto, elaborou-se a Figura 63, que exibe o índice de frequência de cada uma das famílias nos códigos atribuídos aos três assuntos destacados na investigação.

A figura torna em evidência a relevância de cada uma das famílias em expressar-se na mídia impressa local, em específico a respeito dos assuntos em questão. Em primeiro lugar, as **Causas** foram avaliadas e explicadas nos jornais principalmente pelas empresas de água e pelos representantes do governo estadual (22,2% em ambos). No entanto, nesse item os especialistas (15,1%) tiveram um papel significativo, além de outras entidades que apresentam um papel relevante nas diversas esferas da sociedade.

Dessa maneira, a respeito do discurso predominante nos jornais, tanto o governo estadual quanto a Sabesp apresentaram uma justificativa similar para explicar as causas dos problemas no abastecimento urbano, posição que pode ser atribuída como 'oficial', e foi acompanhada e difundida por diversos outros atores sociais, a exemplo de vários jornalistas que relatavam o assunto, categoria atribuída como "outros agentes" (11,3%) no gráfico em análise. Em relação às causas determinantes em questão, os órgãos gestores oficiais reiteraram em várias ocasiões que o motivo desse episódio seria exclusivamente a falta de chuvas ocasionadas por uma seca histórica, como é o caso da notícia divulgada no dia 31 de agosto de 2014 no jornal Folha de São Paulo, que exprime a posição do então governador do estado de São Paulo ao comentar um relatório das Nações Unidas para a questão da água: "A gestão

Geraldo Alckmin (PSDB) nega que faltem investimentos e atribui a crise à falta de chuvas nos últimos meses, que classifica como 'excepcional' e 'inimaginável'" (p. C6).

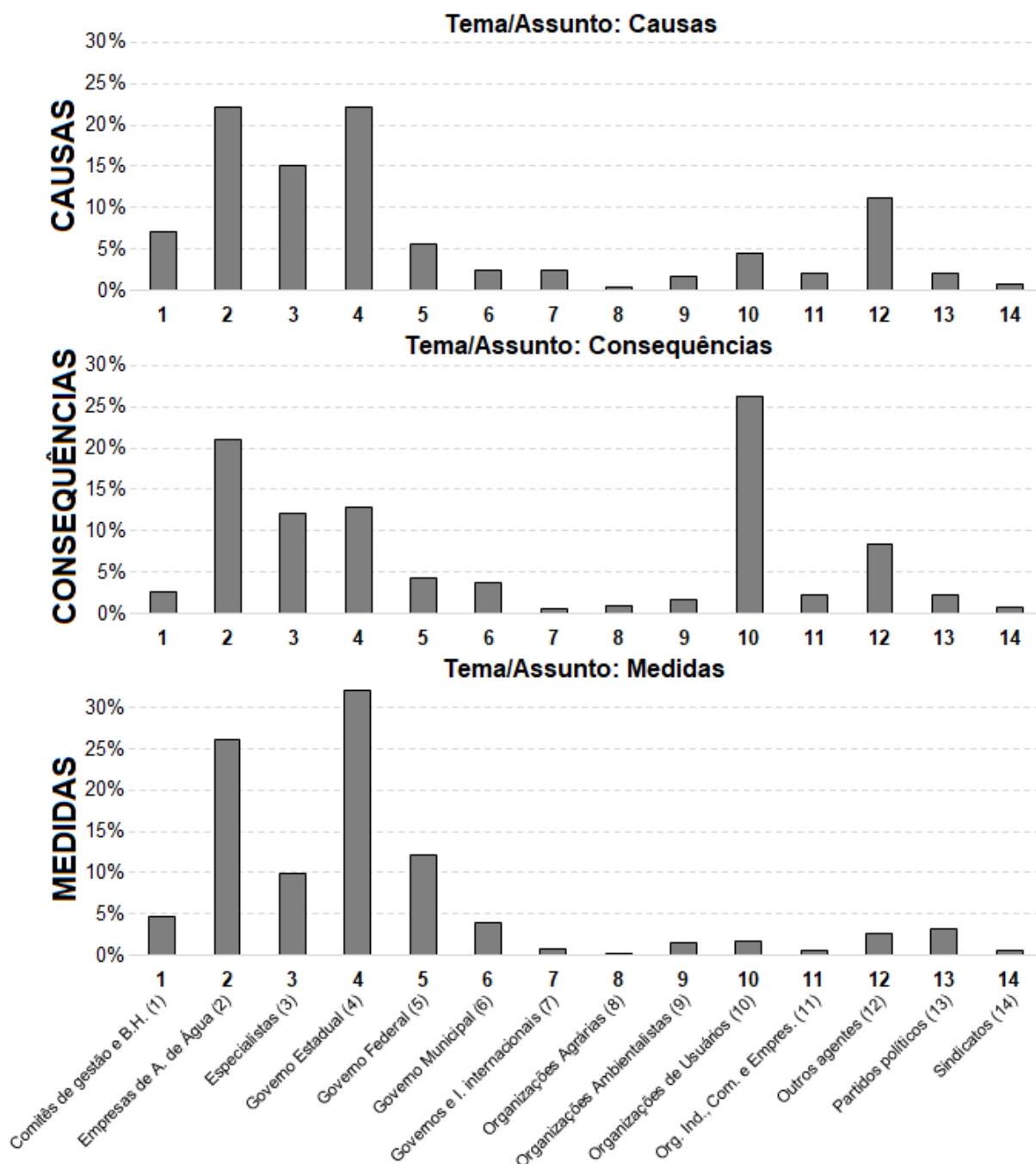


Figura 63 – Índice de frequência das citações nos códigos temáticos Causa, Consequências e Medidas (%).

No entanto, apesar da justificativa plausível (e legítima) da falta de chuvas ter sido reiterada em diversas oportunidades por ambos os jornais, pode-se aferir na presente pesquisa que tal fator não foi a única e exclusiva razão de todos os problemas enfrentados. É inegável a

excepcionalidade atmosférica no período, que resultou em chuvas reduzidas e sequências rítmicas favoráveis ao decréscimo hídrico do Sistema Cantareira, todavia, trata-se de algo inerente à variabilidade climática, ao passo que se omitiu a realidade e as características geográficas do local (aumento progressivo do consumo de água, situação de estresse hídrico, alertas emitidos por diversas entidades, dentre outras) e, sobretudo, o planejamento hídrico deficiente por parte dos órgãos gestores. A respeito disso, por exemplo, pode-se citar a entrevista divulgada no dia 20 de fevereiro de 2014 no Estadão, com o então presidente do Conselho Mundial da Água, Benedito Braga (2014, p. 22):

"A crise da falta d'água é esperada no Estado de São Paulo há mais de uma década e vai além da seca extrema deste verão. Só que sempre que começa a chover, todo mundo esquece o risco e volta a gastar água de modo inconsequente. (...) Há uns quatro anos ou mais já venho dizendo isso. Em 2004 tivemos uma situação semelhante, o reservatório estava com 20%, mas começou a chover após a concessão da outorga e todo mundo se esqueceu do problema. Mas, quando se faz uma análise de longo prazo, vemos que nos últimos 15 anos o sistema vem recebendo menos contribuição de água da bacia do que a média histórica. Ele não consegue se recuperar. Pode ser que estejamos num ciclo de vazões baixas naquela bacia. Esses períodos de variabilidade climática acontecem e temos de estar preparados para isso. É hora de a classe política entender que água é importante. Mas depois que a crise passa, todo mundo esquece" (BRAGA, 2014, p. 22).

Nas reportagens jornalísticas, apesar de restritas a algumas matérias dispersas ao longo do período, alguns especialistas de diferentes áreas foram ouvidos, além de outros setores representativos da sociedade, e nem todos concordaram com a tese exclusiva da falta de chuvas apresentada pelo governo estadual. Algumas outras questões foram apresentadas e comentadas por técnicos e cientistas renomados na área ambiental, a citar: a produção e o consumo excessivos dos recursos, as perdas e desperdício de água, a falta de investimentos, fiscalização, planejamento, gestão e obras por parte do Estado, afora questões mais abrangentes expostas por organizações ambientalistas e instituições internacionais, como é o caso da retirada da cobertura vegetal da região, falta de prioridades no abastecimento urbano, a influência das mudanças climáticas e fenômenos/fatores externos.

A despeito dos jornais priorizarem o discurso oficial da 'seca histórica' na região, a população da metrópole não necessariamente mostrou-se convicta com a justificativa, a exemplo da pesquisa do Datafolha (2018) publicada em 20 de outubro de 2014 na Folha de São Paulo: "Para 66%, o governo estadual tem muita responsabilidade pela crise. O percentual chega a 79% entre as pessoas com ensino superior. A Sabesp (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) também é muito responsável pela falta de água na opinião

de 60%" (p. C4). Na mesma notícia, além de três a cada quatro entrevistados terem afirmado que o governo poderia ter evitado a crise, somente um número restrito dos paulistanos (23%) acreditava que o desabastecimento de água foi causado pela falta de chuvas na região.

Em relação às **consequências** da crise hídrica reportadas nos jornais, a família organizações de usuários apresentou um índice significativo nas citações (23,6%), indicando que, neste tema, os moradores e/ou comerciantes locais tiveram uma participação expressiva nas notícias. De fato, os relatos e as entrevistas, feitas aos usuários da RMSP para descrever os impactos e as repercussões da situação, fazem pleno sentido nesse contexto, tendo em vista que são os principais afetados pela falta d'água e demais problemas relatados. À medida que o cenário piorava, as reportagens expondo a falta d'água aos moradores da metrópole proliferavam nos dois jornais, em especial após o início do mês de outubro de 2014.

Nessa conjuntura, diversas foram as notícias que retratavam a gravidade da situação dos sistemas de abastecimento urbano, os riscos e a falta d'água em alguns setores da metrópole e os conflitos provocados pela situação agravante. A título de exemplo, no dia 15 de outubro de 2014, alguns dias após a Sabesp admitir que realizava a 'redução na pressão' da água em alguns horários, a repórter Paula Felix (2014) escrevia o seguinte trecho no Estadão (p. 18):

"A falta d'água que virou queixa frequente de moradores e comerciantes de bairros em pontos mais altos da capital se espalhou e, agora, atinge residências por toda a cidade. A crise hídrica está afetando até o Parque do Ibirapuera, na zona sul, que ficou sem água nos bebedouros. Desde o último fim de semana, moradores de Perdizes e Pompeia, na zona oeste, de Aclimação, Cambuci, Consolação e Pacaembu, na região central, Limão e Vila Nova Cachoeirinha, na zona norte, e Vila Guarani e Jardim Ângela, na zona sul, ficaram com as torneiras vazias à noite e até durante o dia pela primeira vez" (FELIX, 2014, p. 18).

As reportagens das consequências da crise divulgaram nas páginas dos jornais diversos relatos dos moradores da RMSP ao longo de 2014-2015, expondo os problemas enfrentados, muitas vezes através de citação direta das palavras do entrevistado. Da mesma forma, outros atores sociais expuseram no seu âmbito os efeitos do quadro aterrador de falta d'água, a exemplo das empresas e organizações de indústria e comércio (2,3%), das análises das consequências por especialistas (12,2%), dentre outros agentes relevantes na sociedade e que sofreram os impactos no abastecimento urbano.

No caso das empresas de água (21,1%) e do governo estadual (12,8%), as mensagens geralmente limitavam-se a justificar as situações (e consequências) relatadas pelos moradores

e/ou outros atores sociais e a explicar eventuais problemas que eram enfrentados na Grande São Paulo. Neste quesito, o discurso adotado de ambas as partes procurava, quando possível, negar ou atenuar a gravidade dos impactos, geralmente atribuindo algumas consequências mais sérias às questões momentâneas na capital ou às medidas e obras realizadas. O governo municipal (3,7%) e federal (4,3%), apesar da menor presença nas notícias e, em alguns casos, terem culpado a Sabesp pela falta d'água nas suas atividades, também adotaram certa ponderação nos discursos ao avaliar a conjuntura como um todo.

No tocante às **medidas** adotadas na região e retratadas pelas citações nas notícias, destacou-se claramente o governo estadual (32,1%) e as empresas de água (26,2%), com amplo destaque para a Sabesp, no ímpeto da exposição midiática. Ambas as famílias de atores, de posições e convicções similares, apareciam regularmente durante os períodos mais intensos da crise hídrica propondo, comentando e defendendo as providências adotadas para atenuar os problemas enfrentados. Nessa questão, diversas foram as medidas propostas e/ou efetuadas ao longo do tempo, conforme já discutidas no tópico anterior, destacando-se o fato do governo negar veementemente a adoção do racionamento na Grande São Paulo, à despeito de o discurso ter sido inconstante e altamente volúvel no decorrer do período, sobretudo com o agravamento da estiagem e as parcas chuvas até fevereiro de 2015.

Por esse ângulo, uma medida adotada e que gerou polêmica, potencializando os impactos, foi a redução de pressão no fornecimento de água realizada para poupar o recurso, em meio à situação delicada do Sistema Cantareira. No caso, desde abril de 2014, os jornais vinham relatando tais problemas no abastecimento urbano, enquanto a Sabesp e governo estadual negavam a adoção de um racionamento e atribuíam tal fato às obras efetuadas. Somente no dia 9 de outubro que a Sabesp admitiu publicamente a medida, entretanto ainda ocultando o número real de pessoas afetadas conforme, por exemplo, a declaração da então presidente da Sabesp no Estadão: “Existe, sim, uma diminuição da pressão noturna que atinge, em média 1% ou 2% da população. Quando a maioria das pessoas está em repouso, não tem por que as redes fiquem pressurizadas como ficam durante o dia” (p. 19), negando ainda a adoção de um racionamento.

A esfera federal de governo (12,1%) apresentou uma presença considerável nas citações desse tema, relativas aos auxílios desempenhados para apoiar as medidas atenuantes do episódio de seca. Ao propor novas medidas ou analisar as já adotadas pelo governo (estadual e federal), as participações de especialistas (9,9%) ocorreram de forma discreta e inferior aos outros temas, e muitas vezes associadas a alguns analistas específicos de

universidades e/ou institutos, evidenciando um menor potencial dessa categoria de emitir pareceres nesse tema de caráter prático. No caso das outras famílias de agentes, a presença dos diferentes setores da sociedade nesse tópico mostrou-se secundária e limitada a algumas reportagens específicas.

Nesse cenário, e em meio às balizas engendradas pela mídia tradicional, alguns estudiosos passaram a investigar a crise hídrica avaliando o discurso dominante no setor e a conduta da sociedade civil. É neste contexto que Jacobi *et al.* (2015, p. 36) discutem a situação de escassez hídrica na metrópole, apontando que:

“Quando observamos a atuação do governo do estado de São Paulo diante da crise hídrica, vemos que a posição tomada é absolutamente contrária ao que se espera para obter-se uma boa governança da água. Com um discurso absolutamente técnico e centralizador, o estado de São Paulo afasta qualquer integração com a população, podando o envolvimento da sociedade na discussão, tanto da causa da crise, como também das possíveis soluções para o enfrentamento do problema” (JACOBI *et al.*, 2015, p. 36).

Desse modo, a gestão pública desse episódio de seca passa a ser bastante contestada no meio acadêmico, sobretudo pelos apontamentos que foram feitos ao longo deste tópico, que denotam um discurso de gestão de recursos e riscos hídricos nitidamente vinculado às práticas ortodoxas do gerenciamento das crises num paradigma tradicional, de caráter polarizado e pouco participativo. Tais considerações aproximam-se da questão relatada por Fracalanza (2017, p. 186) ao avaliar os problemas de governança da água na RMSP, apontando que existe uma extrema fragilidade na gestão conjunta do Sistema Cantareira, e que a gestão das águas encontra-se “de forma centralizada e seguindo o tecnicismo, ignorando o novo modelo descentralizado e participativo, além de ser feita sem transparência e sem nenhuma possibilidade de controle social”.

Em uma análise de discurso à luz do aporte teórico de Joan Subirats (2006), Checco (2017, p. 955) realizou uma avaliação das declarações dos agentes públicos de São Paulo em jornais de grande circulação sobre a gestão dos recursos hídricos, em plena crise hídrica (2014-2015), apontando que:

“A negação e não incorporação do assunto na agenda política implica situações tais quais as vividas até o momento: dependência do regime pluviométrico para saber se São Paulo deverá conviver com as enchentes históricas ou com as mais atuais dificuldades de abastecimento. Outra consequência é a insistência da gestão pública em atuar somente em ações emergenciais e se negar a pensar em planos estratégicos de médio e longo prazo” (CHECCO, 2017, p. 955).

Tais colocações reforçam as ideias discutidas anteriormente, e destacam os problemas verificados no planejamento prévio e ao longo da gestão da crise hídrica. No âmbito da cobertura jornalística, Martirani e Peres (2016, p. 13) apontam que as problemáticas envolvendo o abastecimento público e a gestão das águas na Grande São Paulo eram negligenciadas pelos veículos de comunicação e pouco conhecidas pela população local, ao passo que o desenrolar da crise “levou a um processo de agendamento na esfera pública e provocou uma reviravolta cognitiva e perceptiva na população no que tange a problemática da disponibilidade de água em São Paulo”.

Assim, a falta de transparência e divulgação de informações públicas em relação ao tema fez com que os residentes da metrópole não fossem informados antecipadamente (em 2013) sobre a situação dos mananciais, nem de longe anteviam ou vislumbravam o risco de falta d’água na RMSP, ainda mais uma situação agravante como a escassez hídrica de 2014-2015. Côrtes (2017, p. 107) avaliou este cenário pelo ponto de vista que “Com um sistema operando no limite (ou acima dele), desconsiderando prognósticos climáticos e não informando e educando corretamente os consumidores, o cenário para que a crise se consumisse estava armado”. Dessa maneira, avalia-se que o discurso dos meios de comunicação e, no caso, dos jornais, poderia (e pode) ter o potencial de influenciar na difusão de informações necessárias aos cidadãos e ao gerenciamento integrado e participativo dos recursos hídricos, se adotada uma nova postura de gestão das águas, evitando assim que um cenário similar se repita.

6.3. Avaliação e síntese dos impactos no abastecimento urbano

Neste último tópico da pesquisa, procurou-se avaliar e sintetizar os problemas enfrentados pela população paulistana e as respectivas consequências nesse contexto, e que afetaram os residentes dos mais diferentes setores da RMSP. Tendo em vista as análises anteriores, o principal impacto identificado e experimentado pela população no âmbito do abastecimento urbano da metrópole foi a falta d’água, relacionada sobretudo às medidas adotadas pela Sabesp no decurso das circunstâncias aterradoras nos mananciais da região durante os anos 2014 e 2015, destacando-se a possibilidade real de esgotar completamente os recursos hídricos do Sistema Cantareira e comprometer o abastecimento público da Grande São Paulo.

A respeito da falta d'água enfrentada pelos paulistanos e amplamente relatada e descrita nos jornais, conforme análises nos tópicos anteriores, examinou-se nesse momento outras fontes de dados que registraram tais ocorrências. Na busca pela informação, solicitou-se diretamente à Sabesp (2018) e à Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor (PROCON, 2018) registros históricos mensais com o número total de queixas por falta d'água e/ou eventuais reclamações contra os serviços prestados pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo).

Primeiramente, em relação aos dados fornecidos pela Sabesp (2018), tratou-se do registro histórico mensal das reclamações por falta de água na Grande São Paulo feitas à companhia, e fornecidos em planilha eletrônica com dados discriminados por região. Todavia, não foi possível obter um elenco desde o ano de 2003, tendo em vista que a série da Sabesp se inicia a partir de janeiro de 2013. Em razão disso, e no intuito de facilitar a visualização, gerou-se o gráfico da Figura 64 contendo, em nível mensal, o número de reclamações de falta d'água à Sabesp em São Paulo-SP e nos outros municípios da RMSP para o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015.

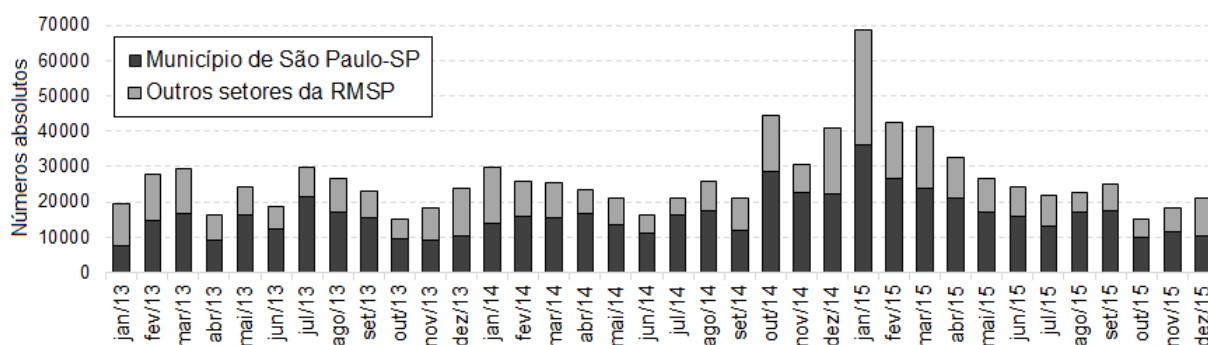


Figura 64 – Frequência mensal das reclamações de falta de água na Sabesp em São Paulo-SP e na RMSP.

Fonte: SABESP, 2018.

Em geral, nota-se um aumento expressivo de registros no mês de outubro de 2014, período em que houve a expansão das medidas de redução na pressão de água efetuadas pela Sabesp, e eventualmente manifestou-se em diversas reportagens nos jornais relatando a falta de água em diversos locais da RMSP. Após tal mês, os dados mantiveram-se elevados nos meses de novembro e dezembro de 2014, se comparados com o mesmo período no ano anterior, e atingiram o número excepcional de 68.527 reclamações em janeiro de 2015, eventualmente em consequência do agravamento da crise hídrica, tendo em vista a diminuição gradual dos valores após o mês de abril de 2015.

No caso do Procon (2018), obteve-se acesso os dados *online* de reclamações contra a Sabesp no Sistema Nacional de Informações de Defesa do Consumidor (SINDEC), sistema que permite consultar as reclamações feitas *online* no Procon (e que o consumidor foi atendido) ou as requisições feitas pelos consumidores por meio dos canais tradicionais de atendimento. Ainda que tenha sido feita a solicitação dos dados a partir de 2003, os registros mensais do Sindec só existem a partir de fevereiro de 2009, ao passo que nos anos anteriores, a documentação era feita por outro sistema, que não permite comparações em mesma escala. Dessa forma, a Figura 65 ilustra todas as reclamações contra Sabesp no Procon entre fevereiro de 2009 a dezembro de 2015.

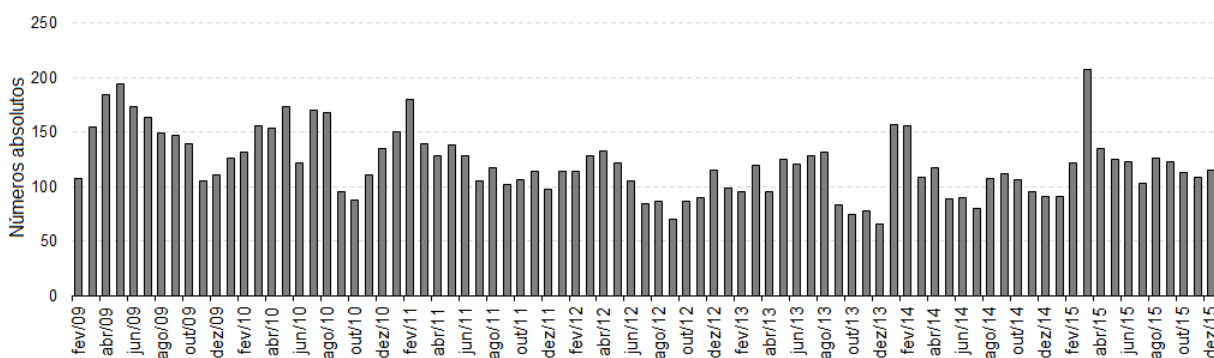


Figura 65 – Frequência mensal das reclamações contra a Sabesp no Procon.

Fonte: SABESP, 2018.

Da análise do gráfico, pode-se inferir que, apesar do aumento expressivo no início de 2014 e em março de 2015, não houve uma correlação direta entre os períodos da crise hídrica e as requisições feitas, ao contrário do que foi observado e constatado nas reclamações efetuadas diretamente à Sabesp. Nesse caso, diversos fatores podem ter influenciado, tendo em vista que a companhia de saneamento não atua somente na RMSP, e possui uma extensa abrangência estadual. Ademais, o fato do Procon ser um órgão vinculado diretamente aos direitos do consumidor, e ser bastante popular no setor comercial mais formal (tradicional), pode ter influenciado a grande maioria dos residentes da metrópole a requerer sua queixa diretamente à Sabesp, sem o intermédio do mesmo, ainda que a água e esgoto sejam vistos como serviços essenciais pelo próprio *website* da fundação. Um outro argumento, que pode ter desestimulado eventuais reclamações, foi o intenso discurso da ‘seca histórica’ na mídia, tendo potencial de limitar as perspectivas do consumidor de resolver os problemas individuais do serviço (falta de água) por intercessão do Procon, diante de um cenário de escassez do recurso.

A fim de informar e enfrentar os problemas relacionados à falta d'água, surgiram diversas iniciativas individuais e coletivas, e dentre os projetos, o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), entre os meses de setembro de 2014 a janeiro de 2015, passou a pressionar a Sabesp para ter maior acesso às informações da crise hídrica, principalmente a especificar os locais (bairros e regiões) que podem sofrer falta d'água por causa de redução de pressão na rede. No dia 27 de outubro de 2014, o IDEC (2015) divulgava 13 mapas ilustrando 183 áreas de risco espalhadas pelos diversos bairros da capital paulista e demais cidades da RMSP, evidenciando os setores mais propensos a sofrer com adversidades provocadas pela redução da pressão durante a noite, devido à maiores altitudes do relevo e distâncias em relação aos reservatórios da Sabesp.

Em uma outra oportunidade, no decurso do momento mais delicado da crise hídrica, o IDEC (2017), em parceria com organizações ambientalistas, tornaria a pressionar a companhia de saneamento responsável pelo abastecimento da RMSP a liberar informações mais precisas (endereços e horários), fator que culminaria na elaboração da página 'Redução de pressão nas tubulações', inserida no próprio *website* da Sabesp (2018). Nela, é possível consultar através do bairro ou da localização de um imóvel a periodicidade da redução de pressão na região, além do horário de início e término diário. Do mesmo modo, da posse dos dados, os meios de comunicação passaram a divulgar tais informações, com destaque para os jornais locais, tanto na versão online quanto impressa, a exemplo da notícia no caderno *Metrópole do Estadão* no dia 27 de janeiro de 2015 (p. 10), apresentada na Figura 66.

A morosidade e resistência por parte da Sabesp em divulgar as informações sobre falta d'água tem relação com o discurso e os princípios adotados pelos atores sociais e respectivos órgãos gestores, ao suprimir e não transparecer um eventual racionamento do recurso. Entretanto, tal política vai justamente numa visão antagônica à uma nova cultura de gestão integrada e participativa da água. A falta de transparência dos dados e informações por parte dos órgãos envolvidos na crise hídrica foi objeto de análise de alguns estudos (DIAS, 2016; MARTIRANI e PERES, 2016), e um bom exemplo para explicitar essa questão foi a notícia publicada no dia 14 de outubro de 2015 pelo *Estadão*: "Sabesp decreta sigilo sobre água e esgoto - medida vale por 15 anos e inclui projetos e localização de equipamentos; estatal alega risco de 'uso inadequado, manipulação de dado'" (p. 14). Tratou-se de uma notícia que, embora o governo estadual tenha voltado atrás e revogado o sigilo dois dias depois, demonstrou bem o panorama do acesso às referências públicas no âmbito do abastecimento urbano.

Crise hídrica. Um ano após o alerta de estiagem no Sistema Cantareira, empresa passou a informar somente ontem quando cada imóvel da Grande São Paulo é afetado; manobra no fornecimento começa quase sempre às 13h, conforme levantamento do 'Estado'

Sabesp divulga horários em que reduz a água na rede; restrição chega a 18h/dia

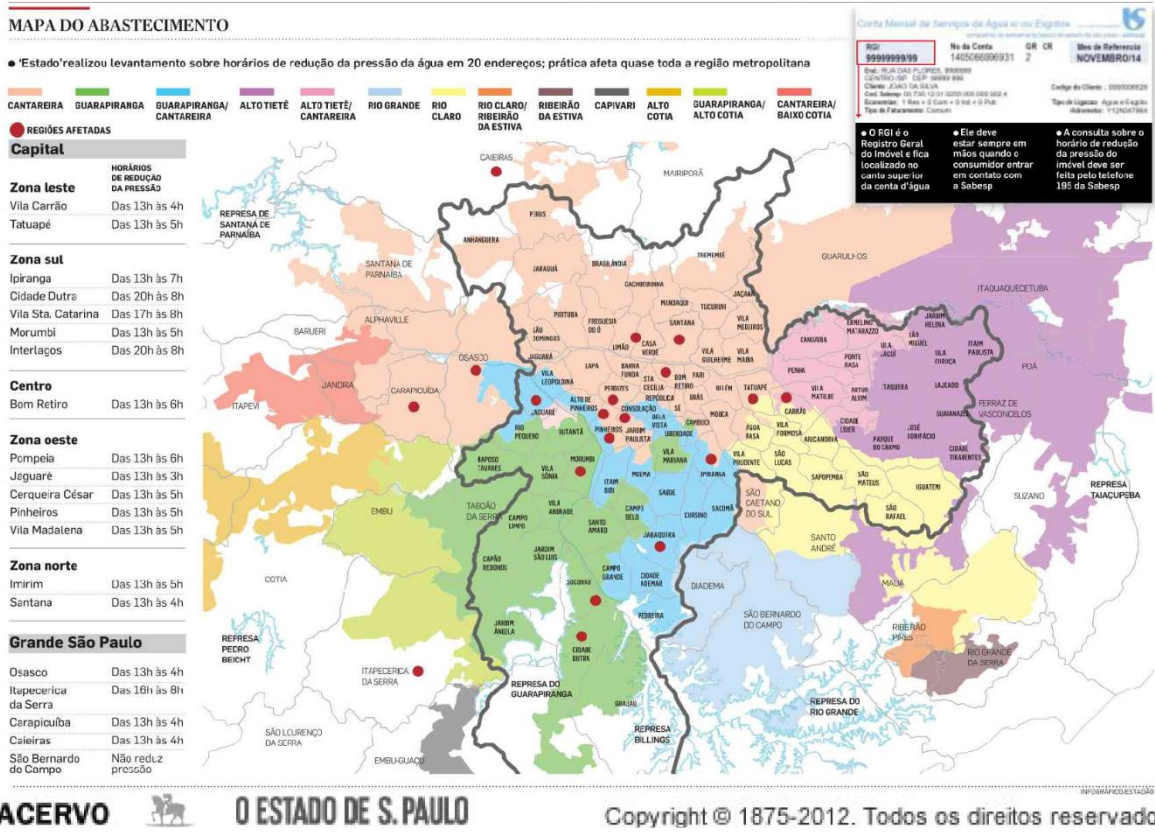


Figura 66 – Notícia sobre os horários e locais de redução de pressão da água publicada em 27 de janeiro de 2015.

Fonte: ESTADÃO, 2018.

Ainda em relação à página na Sabesp sobre a redução de pressão nas tubulações, o sítio também informa algumas questões, sem envolver muitos detalhes, acerca das diferenças entre o processo de redução da pressão e a adoção de um rodízio de abastecimento, além das principais medidas adotadas durante a crise hídrica pela companhia, conforme pode-se visualizar na Figura 67, obtida no próprio endereço *online*.

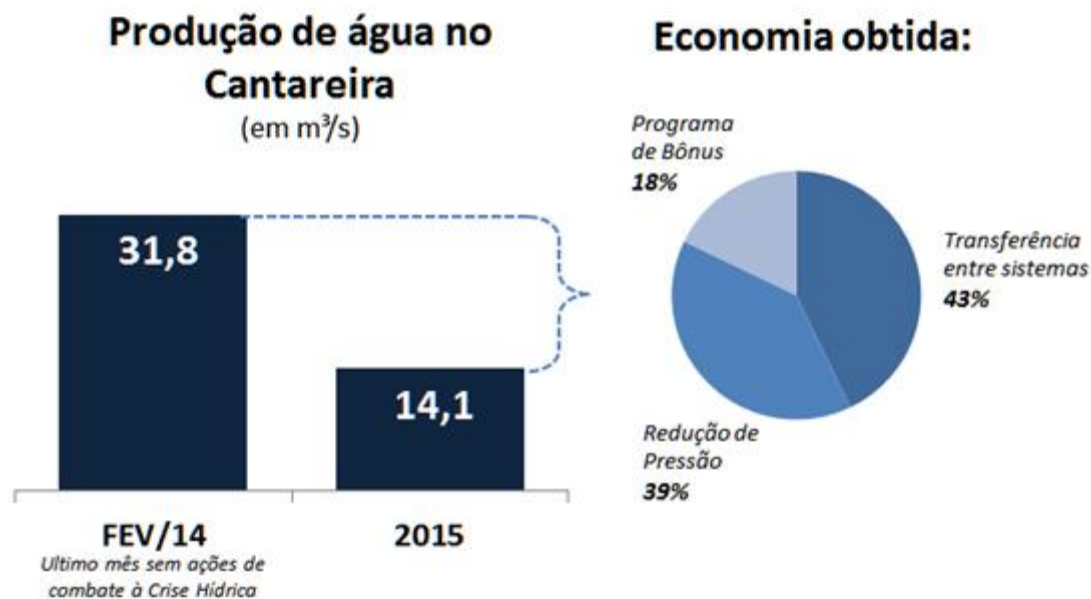


Figura 67 – Produção de água no Cantareira e economia obtida pela Sabesp durante a crise hídrica.

Fonte: SABESP, 2018.

Na figura, divulgada pela própria companhia, nota-se o sensível decréscimo na produção de água do Sistema Cantareira, assunto que já foi abordado nesse estudo, além dos resultados (em porcentagem) das principais medidas adotadas pela Sabesp: programa de bônus, transferência entre sistemas e redução de pressão. No entanto, por tratar-se de uma comunicação informal, não agrega muitos detalhes e/ou explica a fonte e os valores reais dos dados de economia obtida. Nessa perspectiva, a fim de examinar um pouco mais minuciosamente essa questão e entender as estratégias adotadas e as ações executadas pela companhia, avaliou-se o documento "CHESS - crise hídrica, estratégias e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo" (SABESP, 2015).

O documento em foco, datado em 30 de abril de 2015 e cuja necessidade de elaboração do mesmo é uma evidência indubitável da gravidade da situação vivenciada pela população da RMSP, revela uma gama de medidas adotadas para o enfrentamento da crise. A respeito disso, transparece que:

“Frente à criticidade da situação, a Sabesp adotou uma série de medidas estratégicas que resultaram na queda de 30% da retirada de água dos mananciais da Grande São Paulo – de 71 m³/s em janeiro de 2014 para 50 m³/s em fevereiro de 2015. O Sistema Cantareira, mais gravemente impactado, foi o que recebeu

maior atenção, sendo que sua contribuição para o abastecimento da metrópole apresentou queda de 56% na produção de água.

O enfrentamento de uma crise hídrica, dependendo da abrangência e da profundidade, exige planejamento não apenas da companhia de água e saneamento, mas também de diversas instituições, particularmente das prefeituras e das entidades gestoras de recursos hídricos. (...) Por essa razão, foi criado o Comitê de Crise Hídrica no Âmbito da Região Metropolitana de São Paulo (Decreto Estadual nº 61.101 de 03/02/2015)” (SABESP, 2015, p. 5).

Nesse contexto, o relatório revelou as estratégias adotadas sob o ponto de vista da Sabesp para tornar possível a redução sistemática da vazão produzida na ETA Guarau (Sistema Cantareira), consistindo basicamente em: ações de contingência para redução de vazões baseadas em incentivos à redução do consumo (Programa de Bônus), transferência de água tratada de outros sistemas produtores para a área atendida pelo Cantareira e intensificação de programas de combate às perdas hídricas (e dentre elas, a redução da pressão nas redes de distribuição).

Em relação à transferência e integração das águas entre os sistemas produtores, a companhia aproveitou-se da infraestrutura disponível na RMSP e elaborou um conjunto de obras e ações emergenciais para fornecer, até março de 2015, uma vazão extra de 6,3 m³/s às áreas que eram atendidas pelo Sistema Cantareira. A Figura 68 demonstra os avanços dos outros sistemas em sequência.

A figura em pauta indica por meio de três mapas contínuos que algumas áreas da RMSP, sobretudo nas cidades de São Paulo, São Caetano e Osasco, passaram a receber águas derivadas de outros sistemas de abastecimento. Nesse cenário, apesar do documento não revelar, as obras emergenciais e as reduções sistemáticas de pressão resultaram em inúmeros casos de falta d'água e impactos diretos à população da metrópole, conforme foi constatado nas análises das reportagens de jornais. Uma outra observação relevante é que, a despeito das reduções nas vazões captadas e a integração entre sistemas ter dado um prazo 'extra' ao Sistema Cantareira, no aguardo por chuvas mais volumosas, o cenário em questão mostrou-se bastante limitado e paliativo, levando em consideração que as reservas hídricas dos outros sistemas se revelam acanhadas e restritas.

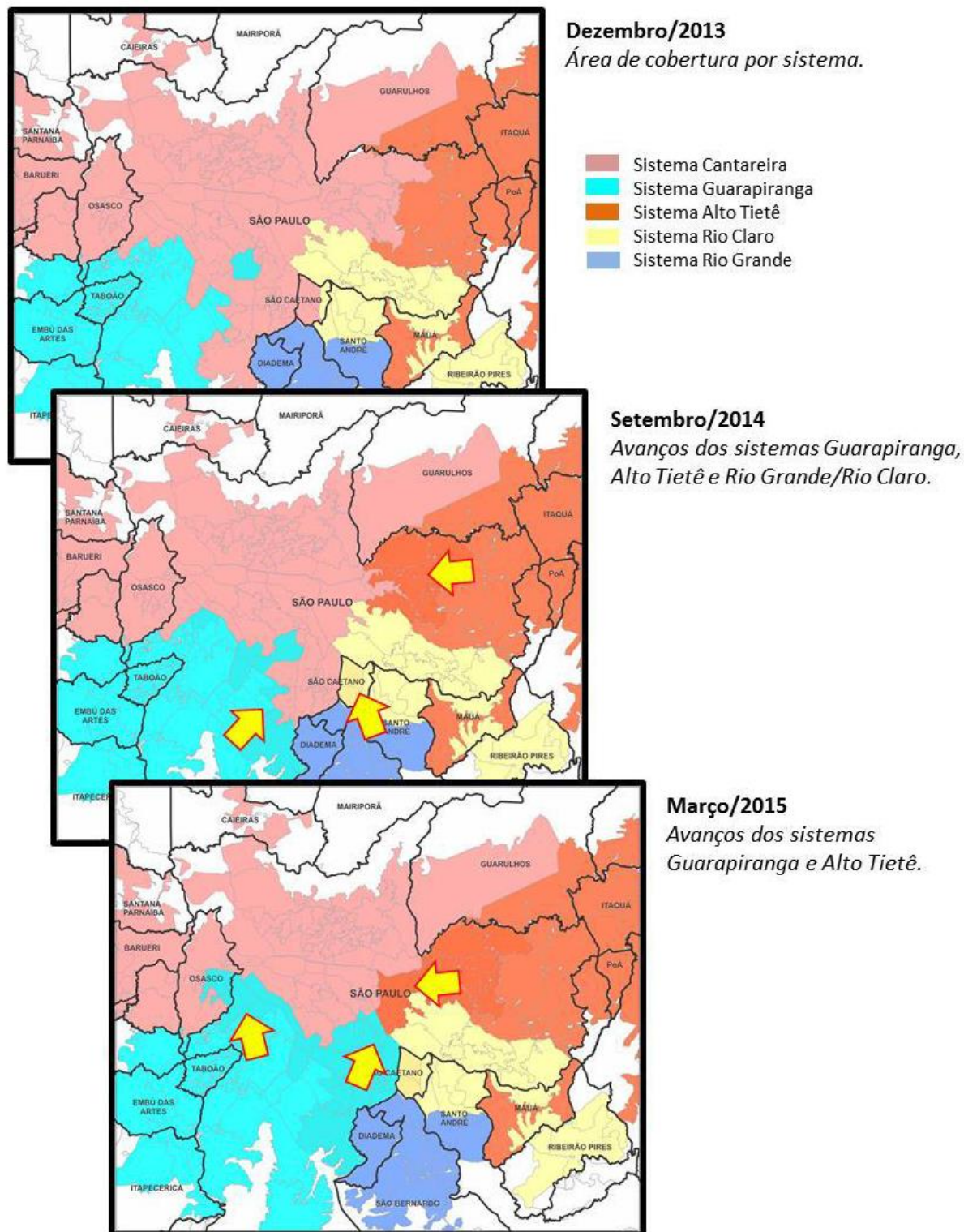


Figura 68 – Evolução do avanço dos sistemas sobre a região atendida pelo Cantareira.

Fonte: SABESP, 2015.

Num enredo mais amplo, a evolução dos avanços dos outros sistemas sobre as áreas atendidas pelo Sistema Cantareira revelam momentos importantes da crise hídrica,

desde um período onde não havia um cenário de crise anunciada (dezembro/2013), passando pelo auge da estiagem e perspectivas nada positivas (setembro/2014) até findar num mês finalmente chuvoso que, apesar dos volumes elevados de precipitação, presumia-se que a crise iria prolongar-se por todo o ano de 2015, em meio às condições ainda restritas no volume do Cantareira (março/2015).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desenvolvidos ao longo desse estudo tornaram possível avaliar e compreender as variações do ritmo atmosférico e o papel fundamental das sequências rítmicas na gênese da pluviosidade, sejam elas habitualmente esperadas ou aquelas excepcionais, cuja sucessão e encadeamento dos tipos de tempo são capazes de motivar e ocasionar implicações nos mananciais e no abastecimento urbano da Região Metropolitana de São Paulo, e refletir em situações e conjunturas para as quais a população da área não se encontra preparada, circunstâncias essas que eventualmente poderão reaparecer no futuro em meio às variabilidades inerentes ao ritmo climático. Dito isto, ao finalizar esse estudo laborioso e profícuo, alguns apontamentos e considerações finais serão necessárias, à guisa de conclusão.

Primeiramente, o próprio título da Tese abordou os três elementos-chave que procurou-se explorar com afinco durante a pesquisa: as variações do ritmo pluvial, os reflexos dessas variações atmosféricas no armazenamento hídrico e, ainda, as repercussões dessa dinâmica e os impactos ocasionados no abastecimento urbano da RMSP. Nesse sentido, buscou-se analisar o clima como uma variável ‘influyente’ no armazenamento hídrico em nível regional, enquanto se aprofundava nas complexidades e repercussões do fenômeno das secas meteorológicas (e posteriormente, hidrológicas) o que, sem dúvidas, favoreceu e valorizou a concepção e o papel das variações climáticas na análise dos riscos e, a longo prazo, no planejamento ambiental e hídrico.

O paradigma da Análise Rítmica em Climatologia mostrou-se fundamental para o entendimento dos processos originados e decorrentes da circulação atmosférica e na assimilação e apreensão das arritmias que destoavam do padrão habitual constatado. Tais mecanismos, tipificados pelas cadeias de tipos de tempo propícias (ou não) à recarga ou déficit de grandes reservatórios de água, apresentaram um potencial singular, do ponto de vista geográfico, de aplicação dos resultados nas análises dos mananciais de armazenamento hídrico da RMSP e, em consequência, na avaliação das adversidades e impactos no abastecimento urbano da metrópole.

No tocante à essa questão, o presente estudo propôs e trouxe algumas inovações que, até o presente momento, não haviam sido utilizadas em outras pesquisas envolvendo o paradigma do ritmo climático. A primeira delas, refere-se à análise de uma série temporal contínua e ininterrupta de 13 anos, período bastante extenso se comparado às outras obras alusivas à escola brasileira de Climatologia Geográfica. A segunda delas, decorrente dos horizontes de investigação referidos na primeira, foi a ação de desprender-se e transpor os

limitares do importante conceito de ano-padrão, embora seja pertinente ressaltar que o mesmo ainda permanece válido em função dos ciclos anuais de movimentos e incidência da radiação solar no Planeta. Em consequência, a terceira inovação desse estudo refere-se ao quadro-síntese dos sistemas atmosféricos, painel que se mostrou oportuno por auxiliar na análise empírica do encadeamento dos tipos de tempo.

Desse modo, levando em conta todas as referências bibliográficas levantadas e os materiais cartográficos elaborados nesse estudo, atentou-se para as variabilidades habituais e excepcionais das chuvas na RMSP e no Sistema Cantareira, a princípio, por meio da análise sazonal das participações dos sistemas atmosféricos na gênese pluvial. Nessa etapa da investigação, foi possível visualizar a frequência das frentes e massas de ar tropicais e polares na região e o importante papel dos sistemas frontais e das linhas de instabilidade tropicais na gênese das chuvas, destacando-se durante o intervalo de análise alguns períodos excepcionais que destoavam do padrão habitual e mais recorrente na área. À vista disso, sobressaíram algumas estações austrais do triênio chuvoso 2009-2011 e as longas estiagens observadas em 2003 e, de maneira mais intensa, no ano de 2014.

Diante disso, observou-se ínterims sazonais e anuais onde as respostas pluviais à sucessão e atuação dos sistemas atmosféricos mostraram-se distintas entre a RMSP e o Sistema Cantareira, a exemplo dos anos 2012-2014 que foram mais chuvosos no interior da metrópole, explicitando as diferenças climáticas influenciadas pela faixa de transição do trópico (MONTEIRO, 1973). Ainda, de maneira a corroborar com os produtos da Análise Rítmica e auxiliar na interpretação dos resultados, levou-se em conta as variações do ENOS (El Niño e La Niña) e a ocorrência do fenômeno de ZCAS na região, evidentemente considerando a maior escala de abrangência e as respectivas limitações de ambos.

Sem embargo, o grande alicerce da pesquisa decorreu da síntese do ritmo pluvial e da análise e identificação das sequências rítmicas que tornaram em evidência a dinâmica habitual da região, característica pelo equilíbrio entre as alternâncias nos sistemas atmosféricos, e que resultam em sucessões de tipos de tempo cuja população metropolitana encontra-se adaptada e acostumada. Do mesmo modo, no que se refere à frequência de tipos de tempo excepcionais e seus encadeamentos rítmicos, tais cadeias de sucessão destacaram-se por provocarem tanto chuvas intensas quanto longas e severas estiagens, tendo sido prejudiciais à população da RMSP. Nos períodos excepcionais secos, como foi o caso do intervalo entre o final de 2013 e início de 2015, distinguiram-se, além das baixas precipitações no período, sucessivas cadeias

de tipos de tempo com condições favoráveis à evaporação de água nos mananciais inseridos no entorno da RMSP, destacando-se dentre eles o Sistema Cantareira.

Em relação aos reflexos do ritmo pluvial no armazenamento hídrico, os procedimentos metodológicos adotados e embasados nos encadeamentos dos tipos de tempo mostraram-se eficazes para avaliar a dinâmica hídrica, etapa que evidenciou um progresso em relação à metodologia elaborada anteriormente durante a Dissertação de Mestrado (FONTÃO, 2014), aplicada à vazão natural do rio Pardo. Isto posto, as sequências rítmicas excepcionais (chuvosas e secas) apresentaram um papel fundamental no armazenamento hídrico do Sistema Cantareira, tanto nos períodos substancialmente chuvosos, propícios à elevação da vazão afluente e recarga dos volumes das represas, quanto durante as sequências de tipos de tempo secos e estáveis, com longas e severas estiagens, poucas precipitações, condições mais favoráveis à evaporação e propícias a um declive acentuado nos volumes de água do sistema.

Na análise dos impactos no abastecimento urbano da RMSP, primeiramente buscou-se uma interpretação geográfico-integrativa das variações dos fenômenos analisados (atmosféricos e hídricos), relacionados à frequência das notícias sobre o tema nos dois maiores jornais de circulação diária da metrópole. No que se refere à temática do abastecimento urbano, de fato o tema passa a ganhar notoriedade em situações de secas meteorológicas e, sobretudo, hidrológicas, cuja situação de escassez hídrica passa a receber maior destaque da mídia impressa (e nos meios de comunicação em geral) pelo fato de proporcionar diversos impactos à população e, dentre eles, enfatiza-se a falta de água.

No caso dos conteúdos e dos discursos dominantes nos jornais, avaliou-se que durante o período excepcionalmente seco de 2014-2015 (crise hídrica), os atores sociais ligados à Sabesp ou vinculados às outras instituições do governo estadual de São Paulo apresentaram maior presença e representatividade nas reportagens de jornais, reiterando o discurso da ‘seca histórica’ como a causa da crise hídrica, ao passo que omitiam suas respectivas responsabilidades sobre o assunto. Nas notícias, outrossim, foi possível visualizar as diversas consequências e impactos relatados pelos moradores da metrópole, principalmente casos de falta d’água em diversos setores da RMSP, e as medidas mitigadoras adotadas pelos órgãos gestores, com destaque para a redução da pressão nas redes de distribuição.

Diante do quadro analisado em questão, desde a ‘premissa de crise’ no Sistema Cantareira ocorrida em 2003, pode-se afirmar que faltou planejamento e gestão por parte dos agentes públicos, especificamente da Sabesp e do governo estadual, em adotar medidas prévias voltadas a melhorar a qualidade dos serviços, reduzir as perdas hídricas e, sobretudo,

numa região onde existem diversos mananciais e drenagens contaminadas, aumentar a oferta de água de maneira proporcional à elevação do consumo da RMSP, que vinha ocorrendo numa tendência crescente.

As intensas e volumosas precipitações observadas entre 2009 e início de 2012 podem ter contribuído para que os governantes não levassem em consideração ou não priorizassem o planejamento da água na metrópole, afinal havia uma situação de ‘bonança hídrica’. No entanto, caso isso não tenha realmente ocorrido, nada obstante o planejamento institucional foi falho ao não levar em conta a dinâmica climática da região, e reforça ainda mais a necessidade de se adotar um novo paradigma de gestão das águas. A respeito disso, diversos foram os estudos prévios e alertas emitidos por órgãos e entidades conceituadas sobre a situação hídrica vivida na RMSP e a necessidade iminente de adoção de medidas acerca do tema (DAEE, 2004; COMITÊ PCJ, 2006; FUSP 2009; ANA, 2010, dentre outros).

Em relação à importância de considerar a variabilidade climática ao avaliar o fenômeno das secas meteorológicas e hidrológicas, para fins de planejamento, apresenta-se no Apêndice U (Fig. I) uma imagem intrigante e que ilustra bem esse contexto. Nela, pode-se verificar à esquerda a capa do caderno Cidades publicada na edição do dia 26 de novembro de 2003 no Estadão, e à direita, a capa do caderno Metrópole, divulgada no dia 4 de abril de 2014 no mesmo jornal. Apesar do hiato de quase dez anos, ambos publicaram uma fotografia da represa Jaguari, no Sistema Cantareira, praticamente seca, ilustrando muito bem um impacto vivenciado em ambas as situações excepcionais, e que experimentaram por um tempo cadeias rítmicas similares. No caso de 2014, a situação desfavorável iria persistir por um período ainda mais longo.

É nesse contexto que se avalia a necessidade de melhorar e modernizar a gestão de recursos e riscos hídricos na RMSP, por meio de uma nova cultura participativa e voltada ao planejamento hídrico na região, evitando assim expor a população paulistana ao risco de conviver com novas crises no futuro. Em 2006, Whately e Cunha (p. 64), no diagnóstico socioambiental do Sistema Cantareira realizado na época, recomendaram as seguintes considerações a respeito:

“Finalmente, é necessário que tanto os atores governamentais e não-governamentais responsáveis pela gestão da região, quanto os consumidores da água produzida no Sistema Cantareira – os habitantes da RMSP – conheçam mais sobre a situação do seu maior manancial de água e se envolvam com a gestão compartilhada deste território, garantindo assim que as condições para a produção de água de boa qualidade sejam mantidas” (WHATELY e CUNHA, 2006, p. 64).

Passados mais de dez anos da citação acima, tais apontamentos ainda permanecem válidos na atualidade. Mesmo após a crise hídrica de 2014-2015, questiona-se atualmente se a população dá a devida importância ou conhece a situação presente do seu maior manancial de água, ou ainda, se os paradigmas de gestão da água na metrópole realmente sofreram alguma mudança. Para retratar o cenário em questão, apresenta-se conjuntamente no Apêndice U (Fig. II) um gráfico recente, com dados até o mês de agosto de 2018, do volume hídrico do Sistema Cantareira.

Na figura, nota-se que após o início do ano 2016, o Sistema Cantareira apresentou uma recuperação surpreendente dos seus volumes, e desde então, vêm oscilando em torno de 600 a 1.000 milhões de m³ até o presente momento. Todavia, a cada estiagem e declínio no seu índice de armazenamento, passam a despontar notícias como a publicada no dia 13 de junho de 2018 no Estadão: “Nível do Cantareira é menor do que em 2013” (p. 18). Ainda é muito cedo para fazer previsões sobre o assunto, no entanto, é possível aproveitar o atual momento para atenta-se às necessidades de um planejamento hídrico eficiente e adoção de um novo modelo de gestão transparente e ativa das águas na RMSP.

Assim, do extenso número de dados, informações e métodos empregados nessa pesquisa, foi possível alcançar resultados pertinentes e proveitosos, que foram analisados, avaliados e discutidos ao longo do estudo. Deve-se reforçar, nesse sentido, que os objetivos inicialmente propostos foram atingidos, a hipótese revelou-se assertiva e o cronograma inicial do Projeto de Pesquisa foi desempenhado integralmente e com êxito. Por fim, espera-se que os resultados e contribuições dessa Tese de Doutorado estimulem novas pesquisas e investigações de cunho geográfico, instigando propostas e indagações para futuros estudos de caráter aprofundado e aplicados às realidades locais da população no espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Os terraços fluviais da região de São Paulo. **Anuário da Faculdade de Filosofia “Sedes Sapientiae” da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo**, p. 86-104, 1953.
- AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia da área das barragens do Alto Jaguari. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 42, p. 1-22, 1973.
- AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Ed. Fac-Similar - 50 anos. São Paulo: Ed. Ateliê, 2007, 349 p.
- AGHAKOUCHAK, A. Recognize anthropogenic drought. **Nature**, v. 524, n. 7566, p. 409, 2015.
- AGUDO, P. A. **La nueva cultura del agua del siglo XXI**. Zaragoza-España: Sociedad Estatal Zaragoza Expoagua, 2008.
- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo, SP: Série Teses e Monografias, IG/USP, 1964. 99 p.
- ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO, P. F. Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des) caso histórico. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 34, 2010.
- ALVES FILHO, A. P. **Episódios pluviais intensos na região metropolitana de São Paulo: uma avaliação no decênio 1982-1991** (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1996.
- ALVES FILHO, A. P. **O ritmo climático e as enchentes de 1991 na região metropolitana de São Paulo: uma análise através do radar meteorológico** (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2003.
- ALVES FILHO, A. P.; RIBEIRO, H. A percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da Região Metropolitana de São Paulo. **Saúde e Sociedade**, v. 15, p. 145-161, 2006.
- ALVIM, A. T. B.; KATO, V. R. C.; ROSIN, J. R. G. A urgência das águas: intervenções urbanas em áreas de mananciais. **Cadernos MetrÓpole**, v. 17, n. 33, p. 83-107, 2015.
- AMARAL, A. A. **As chuvas e a erosividade na bacia hidrográfica do rio Jordão – PR** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2012. 156 p.
- ANA. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape, 2010.

ANA. **Encarte especial sobre a crise hídrica: conjuntura dos recursos hídricos no Brasil** informe 2014. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas (ANA)/Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 2015.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

ANA-DAEE. **Resolução conjunta ANA/DAEE nº 910, de 07 de julho de 2014**. São Paulo: Agência Nacional de Águas e Departamento de Águas e Energia Elétrica, 2014. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/images/documentos/cantareira/gtag910.pdf>>.

ANJ. **Associação Nacional de Jornais**. Disponível em: <<http://www.anj.org.br/maiores-jornais-do-brasil/>>. Acesso em: 03 Abr. 2018.

AOUAD, M. S. **Tentativa de classificação climática para o estado da Bahia** (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1978.

ARCE, M. **Novo nível operacional no Sistema Cantareira**. Portal do Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/na-imprensa/novo-nivel-operacional-no-sistema-cantareira/>>. Acesso em 10 Abr. 2018.

ARIZA, L. G.; DIAS, V. M. T.; SOUSA, R. S.; NUNES, B. R.; GALIAZZI, M. C.; BRANDÃO, E. S. Relações entre Análise Textual Discursiva e o software ATLAS. ti em interações dialógicas. **Campo Abierto**, v. 34, n. 2, p. 105-124, 2015.

ARMANI, G. GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do estado de São Paulo. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 1, p. 7-22, 2011.

ARMOND, N.B. **Entre Eventos e Episódios: As Excepcionalidades das Chuvas e os Alagamentos no Espaço Urbano do Rio de Janeiro** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Presidente Prudente, 2014.

AZEVEDO, T. R. **Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmos semanal das atividades humanas** (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2001.

BARBIERI, E. B. **O fator climático nos sistemas territoriais de recreação: uma análise subsidiária ao planejamento na faixa litorânea do estado do Rio de Janeiro** (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1980.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa/Portugal: Edições 70 LDA, 2010.

- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. **Heat Island in the city of São Paulo: the thermal field of parks**. 1. ed. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016.
- BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2003.
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, v. 8, n. 16, p. 255-261, 2009.
- BAUR, F. **Einführung in die Großwetterkunde**. Dieterich: Wiesbaden, 1948.
- BEREZUK, A. G.; SILVA, C. A. D.; LAMOSO, L. P.; SCHNEIDER, H. Climate and Production: The Case of the Administrative Region of Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Climate**, v. 5, n. 3, p. 49, 2017.
- BERTALANFFY, L. V. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). **Human biology**, v. 10, n. 2, p. 181-213, 1938.
- BERTALANFFY, L. V. An outline of general system theory. **British Journal for the Philosophy of science**, v. 1, p. 134-165, 1950.
- BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução brasileira de Francisco M. Guimarães. Petrópolis-RJ: Vozes, 1973.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; MAGALHÃES, A. O. Biodiversité, géodiversité et enjeux de leur conservation dans les montagnes humides du Nordeste brésilien. **Bulletin de l'Association de géographes français**, v. 88, n. 1, p. 17-26, 2011.
- BICUDO, C. L. **Crise hídrica na região metropolitana de Campinas: estudo das matérias publicadas no jornal Correio Popular (2014-2015)** (Dissertação de Mestrado). Campinas-SP: IEL/UNICAMP, 2017.
- BJERKNES, J.; SOLBERG, H. **Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation**. Grondahl, 1922.
- BLANCO, C. M. R. **Processos de Intensificação Orográfica da Precipitação na Serra do Mar em São Paulo** (Tese de Doutorado). USP/IAG, São Paulo, 1999.
- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada** (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000. 264 p.

BOWER, D.; MCGREGOR, G. R.; HANNAH, D. M.; SHERIDAN, S. C. Development of a spatial synoptic classification scheme for western Europe. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 15, p. 2017-2040, 2007.

BRAGA, B. Deveríamos economizar água desde 2004. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Metrópole, p. 22, 20 fev. 2014.

BRASIL. **Lei 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, e Dá Outras Providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1997.

BRYSON, R. A. The paradigm of climatology: An essay. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 3, p. 449-455, 1997.

BURTON, I. A revolução quantitativa e a geografia teórica. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 7, p. 13, 1977.

CABRAL, E. **Análise das relações climáticas da cidade de São Paulo (1887-1995) no contexto da expansão de sua mancha urbana** (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1997.

CABRAL, E. **Tendências e variabilidade do fenômeno pluvial na região metropolitana de São Paulo e possíveis vinculações com o processo de urbanização** (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2002.

CAMARGO, A. F. M.; PEREIRA, A. M. M. Qualidade da água em áreas urbanas. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. (Org.) **Recursos Hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – DEPLAN – UNESP – IGCE, 2003. p. 37-48.

CAPOZZOLI, U. Crise pode prolongar-se por Tempo Indeterminado. **Scientific American Brasil**, n. 63, edição especial água, 2015.

CAPOBIANCO, J. P. R.; WHATELY, M. **Billings 2000**: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002.

CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 15, n. 4, p. 679-84, 2006.

- CARREGA, P. Compte rendu des journées de climatologie du 20 au 22 mars 2003 à Rennes. **Noréis. Environnement, aménagement, société**, n. 191, p. 143-145, 2004.
- CATUZZO, H. **Telhado verde**: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2013.
- CESAR NETO, J. C. A crise hídrica no Estado de São Paulo. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 479-484, 2015.
- CGE. **Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas**. Disponível em: <<https://www.cgesp.org/>>. Acesso em 02 Fev. 2018.
- CHECCO, G. B. Análise da gestão hídrica em São Paulo à luz do referencial de Joan Subirats. **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 2, p. 939-958, 2018.
- CHRISTOFOLETTI, A. As características da nova geografia. **Geografia** (Rio Claro), v. 1, p. 71-95, 1976.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**: introdução. São Paulo: Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, SP: INPE, 2003 a 2014. ISSN 0103-0019. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 20 Jan. 2018.
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. **Theoretical and applied climatology**, v. 71, n. 3-4, p. 185-197, 2002.
- COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and applied climatology**, v. 125, n. 3-4, p. 769-784, 2016 (a).
- COELHO, C. A. S.; DE OLIVEIRA, C.P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; CARPENEDO, C. B.; CAMPOS, J.L.P.S.; TOMAZIELLO, A. C. N.; PAMPUCH, L. A.; CUSTÓDIO, M. S.; DUTRA, L. M. M. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11-12, p. 3737-3752, 2016 (b).
- COMITÊ PCJ. **Plano de bacias hidrográficas 2004-2007 dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí**: síntese do relatório final. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2006.

COMITÊS PCJ. **Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari**. Disponível em: <<http://www.comitespcj.org.br/>>. Acesso em 20 Fev. 2018.

CONTI, J. B. Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista. **Série Teses e Monografias**, São Paulo, n. 18, 1975. 82 p.

CÔRTEZ, P. L.; TORRENTE, M.; PINTO, A. P. A.; RUIZ, M. S.; DIAS, A. J. G.; RODRIGUES, R. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 7-26, 2015.

CÔRTEZ, P. L. Antecedentes que levaram à Crise Hídrica do Sistema Cantareira na Região Metropolitana de São Paulo. In: JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; EMPINOTTI, V. **Governança da água no contexto da escassez hídrica**. São Paulo: IEE-USP, UFABC e GovAmb, 2017, p. 91-113.

CPTEC/INPE. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CUSTÓDIO, V. **Apropriação dos recursos hídricos e o abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)** (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1994.

CUSTÓDIO, V. Dos surtos urbanísticos do final do século XIX ao Plano de Avenidas. **Revista Geosul** (UFSC), Florianópolis, v. 38, p. 1-19, 2004.

CUSTÓDIO, V. **Escassez de água e inundações na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Humanitas/Fapesp, 2012.

CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na região metropolitana de São Paulo (2014-2015). **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, 2015.

DAEE. **Portaria DAEE N. 1213, de 06 de agosto de 2004**. São Paulo: Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/images/documentos/cantareira/PortariaDAEE121304.pdf>>.

DAEE. **Portaria DAEE nº 3288, de 26 de outubro de 2015**. São Paulo: Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/images/documentos/cantareira/portaria3288.pdf>>.

DAEE. **Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

DATAFOLHA. **Datafolha Instituto de Pesquisa**. Disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br/>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

DE MARTONNE, E. **Traité de géographie physique**. Paris: Armand Colin, 1909.

DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE, 2016.

DIAS, M. A. F. S.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v. 116, n. 3-4, p. 705-722, 2013.

DIAS, N. **O Sistema Cantareira e a crise de água em São Paulo: A falta de transparência, um problema que persiste**. São Paulo: Article 19, 2016.

DIXON, P. G.; ALLEN, M.; GOSLING, S. N.; HONDULA, D. M.; INGOLE, V.; LUCAS, R.; VANOS, J. Perspectives on the synoptic climate classification and its role in interdisciplinary research. **Geography Compass**, v. 10, n. 4, p. 147-164, 2016.

DOUGUEDROIT, A. Quelle “exception française” en matière de “types de temps”? **Norois. Environnement, aménagement, société**, n. 191, p. 33-39, 2004.

DOUGUEDROIT, A. La 'révolution scientifique' de la Climatologie pendant la seconde moitié du XXème siècle: le paradigme de l'état du 'système climatique'. **Annales de l'Association Internationale de Climatologie**, v. 2, 2005. p. 11-25.

DOUGUÉDROIT, A.; MARCHAND, J-P. Charles-Pierre Péguy ou le renouveau de la climatologie française. **La revue pour l'histoire du CNRS**, n. 18, 2007.

DUBREUIL, V.; AMORIM, M. C. C. T.; FOISSARD, X.; QUENOL, H. Métodos e monitoramento da variabilidade espaçotemporal da ilha de calor em cidades e porte médio – Rennes/França e Presidente Prudente/Brasil. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2014. P. 67-84.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3-4, p. 167-178, 2008.

DURAND-DASTÈS, F. À propos des notions de type de temps et de type de circulation. **Norois. Environnement, aménagement, société**, n. 191, p. 29-32, 2004.

DUTRA, F. R. L. S.; QUADRO, M. F. L.; MÜLLER, G. V.; VALADÃO, R. C. Associações entre a Zona de Convergência do Atlântico Sul e o El Niño e sua influência sobre a distribuição espaçotemporal da leptospirose em Minas Gerais. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 14, n. 26, p. 1-13, 2018.

EDWARDS, P. N. History of climate modeling. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 2, n. 1, p. 128-139, 2011.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas.** (Tese de Doutorado). UNESP, Presidente Prudente, 2006.

EMPLASA. **Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano.** Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br/>>. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2018.

ESTAÇÃO IAG-USP. **Estação Meteorológica do IAG-USP.** Disponível em: <<http://www.estacao.iag.usp.br/>>. Acesso em: 13 Mar. 2017.

ESTADÃO. **Acervo Estadão – Jornal O Estado de S. Paulo.** Disponível em: <<http://acervo.estadao.com.br/>>. Acesso em 02 Fev. 2018.

FELIX, P. Falta d'água atinge até os bebedouros do Parque do Ibirapuera. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Metrópole, p. 18, 15 out. 2014.

FERRAZ, J. de S. Subsídios para o estudo de um ciclo climático do Sueste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 2, 1939.

FERREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Anthropogenic heat in the city of São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, p. 9-19, 2010.

FLORES, E. F. **Modelagem em Climatologia Geográfica: um ensaio metodológico aplicado ao oeste paulista** (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000. 237 p.

FOLHA. **Acervo Jornal Folha de São Paulo.** Disponível em: <<http://acervo.folha.uol.com.br/>>. Acesso em 02 Fev. 2018.

FONTÃO, P. A. B. **Pluviosidade, circulação atmosférica e vazão hídrica na bacia do rio Itajaí, Santa Catarina, Brasil** (Trabalho de Conclusão de Curso). UNESP, Rio Claro, 2011. 60 p.

FONTÃO, P. A. B. **Ritmo das chuvas na bacia o Pardo (SP/MG): reflexos na vazão dos rios Pardo e Mogi-Guaçu** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2014. 127 p.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Análise Temporal, Espacial e Identificação do padrão das chuvas na Região Metropolitana de São Paulo e no Sistema Cantareira. **Anais do XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**, Poços de Caldas – MG: GSC Eventos Especiais, 2016. v. 8. p. 1-8.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Variations of Rainfall Rhythm in Alto Pardo Watershed, Brazil: Analysis of Two Specific Years, a Wet and a Dry One, and Their Relation with the River Flow. **Climate**, v. 5, n. 3, p. 47, 2017.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A.; SHERIDAN, S. C.; ARMOND, N. B. Gênese das chuvas em São Paulo (SP): estudo comparativo entre a “Spatial Synoptic Classification” e a “Análise Rítmica em Climatologia”. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 267-288, 2018.

FRACALANZA, A. P. Crise de governança da água – a recentralização na gestão da água no Estado de São Paulo (Brasil). In: JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; EMPINOTTI, V. **Governança da água no contexto da escassez hídrica**. São Paulo: IEE-USP, UFABC e GovAmb, 2017, p. 163-187.

FRANÇA, A. Estudo sobre o clima da Bacia de São Paulo. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, n. 70, 1946.

FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Il Contributo della Climatologia Dinamica all'analisi nivometrica e risvolti turistici in Val di Susa. **Memorie della Società Geografica Italiana**, Roma, v. 87, n. 2, p. 319-332, 2009.

FREDERICE, A. BRANDÃO, J. L. B. Efeito do Sistema Cantareira sobre o regime de vazões na bacia do rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 21, n. 4, p. 797-810, 2016.

FUSP. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**: Relatório Final. FUSP: São Paulo, 2009.

GATES, W. L. Climate and the climate system. In: SCHLESINGER, M. E. **Physically-Based Modelling and Simulation of Climate and Climatic Change**. Springer Netherlands, 1988. p. 3-21.

GAVIOLLI, J. **Abastecimento público de água na Região Metropolitana de São Paulo: escassez, demanda e aspectos de saúde pública** (Tese de Doutorado). USP, São Paulo, 2013.

GAWC. **Globalization and World Cities**. Disponível em: <<http://www.lboro.ac.uk/gawc/>>. Acesso em: 14 de Abril de 2017.

GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2006.

GOUVEIA, I. C. M-C. A cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 27, 2016.

GROSTEIN, M. D. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos" insustentáveis". **São Paulo em perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 13-19, 2001

HANN, J. **Handbuch der Klimatologie**. Stuttgart, 1931.

HE, M; RUSSO, M; ANDERSON, M. Hydroclimatic characteristics of the 2012–2015 California drought from an operational perspective. **Climate**, v. 5, n. 1, p. 5, 2017.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

HESS, P.; BREZOWSKY, H. **Katalog der Grobwetterlagen Europas (1881–1976)**. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone: Offenbach, 1952.

HEYMANN, M. The evolution of climate ideas and knowledge. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 1, n. 4, p. 581-597, 2010.

HONDULA, D. M.; VANOS, J. K.; GOSLING, S. N. The SSC: a decade of climate–health research and future directions. **International journal of biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 109-120, 2014.

HUTH, R.; BECK, C.; PHILIPP, A.; DEMUZERE, M.; USTRNUL, Z.; CAHYNOVÁ, M.; KYSELY, J.; TVEITO, O. E. Classifications of atmospheric circulation patterns. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1146, n. 1, p. 105-152, 2008.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 09 de Março de 2018.

IBOPE. **Falta de água em São Paulo é problema nacional para 79% dos internautas paulistas**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística, 2015. Disponível em: <<http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Paginas/Falta-de-agua-em-Sao-Paulo-e-problema-nacional-para-79-dos-internautas-paulistas-.aspx>>. Acesso em: 02 Abr. 2018.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Contestado pela Sabesp, Idec divulga informações fornecidas pela concessionária**. Disponível em: <<https://idec.org.br/em-acao/em-foco/contestado-pela-sabesp-idec-divulga-informacoes-fornecidas-pela-concessionaria>>. Acesso em: 22 Jan. 2015.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 Mai. 2017.

IPCC. **The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; New York-NY-USA: Cambridge University Press, 2013.

JACOBI, P. R. Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. **Revista de Ciências Sociais-Política & Trabalho**, v. 25, 2006.

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Katálysis**, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2007.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 27-42, 2015.

KNAPP, K. R. Scientific data stewardship of International Satellite Cloud Climatology Project B1 global geostationary observations. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 2, n. 1, p. 23548-23548-21, 2008.

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

KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**. Ser. II, v. 70, n. 4, p. 813-836, 1992.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.

KÖPPEN, W. P. **Grundriss der klimakunde**. 1931.

LABADIE, J. W. Optimal operation of multireservoir systems: state-of-the-art review. **Journal of water resources planning and management**, v. 130, n. 2, p. 93-111, 2004.

- LAMB, H. H. Types and spells of weather around the year in the British Isles: annual trends, seasonal structure of the year, singularities. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 76, n. 330, p. 393-429, 1950.
- LEE, C. C.; SHERIDAN, S. C. Synoptic Climatology: An Overview. **Earth Systems & Environmental Sciences**, p. 1-7, 2015.
- LENCIONI, S. Concentração e centralização das atividades urbanas: uma perspectiva multiescalar. Reflexões a partir do caso de São Paulo. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 39, p. 7-20, 2008
- LEWIS, A. B.; KEIM, B. D. History and Applications of Manual Synoptic Classification. **Modeling Earth Systems and Environment**, p. 1-7, 2015.
- LIMA, G. N. **O desafio da manutenção do abastecimento hídrico na região metropolitana de São Paulo**: busca por uma gestão sustentável (Tese de Doutorado). USP, São Paulo, 2015.
- LIMA, G. N.; RUEDA, V. O. M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. **Weather and Climate Extremes**, v. 21, 2018.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec com apoio de Lalekla SA Comércio e Indústria, 1985.
- LOPES, J. E. G.; SANTOS, R. C. P. **Capacidade de Reservatórios**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - Escola Politécnica da USP, 2002.
- LUCAS, T. P. B.; PLEC, D.; ABREU, M. L.; PARIZZI, M. G. Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2014.
- MACHADO, M. K; HOEFFEL, J. L. GARAVELLO, M. E. E. P. Águas no Cantareira: governança e diálogo de saberes. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves-RS, 2013.
- MADORÉ, F. Introduction. **Noréis. Environnement, aménagement, société**, n. 212, p. 1-7, 2009.
- MAGALHÃES, A. R. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil**: política e gestão proativas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE, 2016, p. 19-35.

MAGALHÃES, V. Com 'guerra da água', Alckmin e Cabral buscam dividendos políticos. **Folha de São Paulo**, São Paulo, Cotidiano, p. C5, 25 mar. 2014.

MAGALHÃES JR., A. P. **A nova cultura de gestão da água no século XXI**: lições da experiência espanhola. São Paulo: Ed. Blucher. 2017.

MARANDOLA JR., E. As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre variabilidade e mudança climática. In: OJIMA, R.; MARANDOLA JR., E. **Mudanças climáticas e as cidades**: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. São Paulo: Blucher, 2013. p. 93-114.

MARINHO FILHO, G. M.; ANDRADE, R. S.; ZUKOWSKI JUNIOR, J. C.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L. Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 35-47, 2013.

MARQUES, M. L. **Metodologias para estimativa da dimensão fractal do crescimento de aglomerados urbanos**: uma contribuição ao estudo da expansão urbana da região metropolitana de São Paulo entre 1905 e 2001 (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2005.

MARTINELLI, M. Relevo do Estado de São Paulo. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie**, n. 7, 2009.

MARTIRANI, L. A.; PERES, I. K. Crise hídrica em São Paulo: cobertura jornalística, percepção pública e o direito à informação. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, 2016.

MATHER, J. R. Thornthwaite, Charles W.(1899–1963). In: **Encyclopedia of World Climatology**. Springer Netherlands, 2005. p. 717-718.

MCGREGOR, G. R. Climatology: its scientific nature and scope. **International Journal of Climatology**, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2006.

MELFI, A. (Coord.) **Concurso das águas**: concurso público nacional de idéias para melhor aproveitamento das águas da região metropolitana de São Paulo, II. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, Consórcio Municipal Alto Tamandaueí-Billings, e Sociedade para o Progresso da Ciência – SBPC, 1992. 144 p.

MELLO, B. F. **Dinâmica Pluvial e Turismo em Corumbataí/SP** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2014.

- MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 229-239, 2016.
- MÉLLO JÚNIOR, A. V.; COELHO, G. A.; TERCINI, J. R. B. Análise hidrológica dos sistemas produtores de água da Região Metropolitana de São Paulo. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ARRH, 2015.
- MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: Proposição metodológica e sua aplicação à cidade de Londrina/PR (Tese de Doutorado), USP/FFLCH, São Paulo, 1994.
- MENDONÇA, F. A. La question environnementale en géographie au Brésil: une approche épistémologique. **Norois. Environnement, aménagement, société**, n. 197, p. 55-67, 2005.
- MENDONÇA, F. A. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Mercator**, v. 9, n. 1, 2010.
- MENDONÇA, F. A. O estudo do SCU - Sistema do Clima Urbano - no Brasil: Aplicações e avanços. In: MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas-SP: Alínea Editora, 2015, p. 155-166.
- MEYER, R. M. P.; GROSTEIN, M. D.; BIDERMAN, C. **São Paulo MetrÓpole**. São Paulo: Edusp, 2004.
- MINUZZI, R. B. SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Geografia (UEL)**, v. 15, n. 2, 2006.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em RelevO**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
- MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of hydrology**, v. 391, n. 1, 202-216, 2010.
- MMA. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos - Brasília: MMA, 2006.
- MONBEIG, P. Aspectos geográficos do crescimento da cidade de São Paulo. **Boletim paulista de Geografia**, n. 81, p. 115-148, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: algumas considerações metodológicas a propósito do Brasil meridional. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, 1962. p. 29-44.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre a Análise Geográfica de Seqüências de Cartas de Tempo (Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 58, p. 169-179, 1963 (a).

MONTEIRO, C. A. F. **O ritmo habitual de sucessão anual dos tipos de tempo no Brasil meridional**: um exemplo de análise de Circulação Atmosférica Secundária para fins de compreensão geográfica de um clima regional. Rio Claro: FFCL, 1963 (b).

MONTEIRO, C. A. F. Sobre Um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, n. 61, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: USP/IG, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 1, p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo**: estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo: USP/IG, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano** (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. **O “físico” da Geografia**: Mensageiros e portadores. Fortaleza-CE: AGB/Multigraf, 1995.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo**. Rio Claro: UNESP/AGETEO, 2000, CD-ROM.

MONTEIRO, C. A. F. (Org.) **A construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. 1ª Edição. Campinas, SP: Editora Alínea, 2015.

- MORAIS, M. A.; CASTRO, W. A. C.; TUNDISI, J. G. Climatologia de frentes frias sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua influência na limnologia dos reservatórios de abastecimento de água. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 205-217, 2010.
- MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011.
- MULLER, M. Cape Town's drought: don't blame climate change. **Nature**, v. 559, p. 174-176, 2018.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- NOAA. National Oceanic & Atmospheric Administration. **Multivariate ENSO Index (MEI)**. Disponível em: < <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>>. Acesso em: 10 Jan. 2018.
- NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D.; ALVES JUNIOR, S.; SILVA, G. C. M.; LOMBARDO, M. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas**: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, 2010.
- NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A.; ALVES, L. M. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, n. 02, p. 252, 2016.
- OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Rainfall and climate variability: long-term trends in the Metropolitan Area of São Paulo in the 20th century. **Climate Research**, v. 61, n. 2, p. 93-107, 2014.
- OGASHAWARA, I.; ZAVATTINI, J. A.; TUNDISI, J. G. The climatic rhythm and blooms of cyanobacteria in a tropical reservoir in São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 72-78, 2014.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, n. 8, p. 769-779, 1973.
- OLIVEIRA, G. S. **Niño e você: o fenômeno climático**. São Jose dos Campos-SP: Transtec, 1999.

ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1686-1686, 2004.

PAGNEY, P. Réflexions à propos d'ouvrages récents de Climatologie et de Météorologie. **Revue Géographique de l'Est**, v. 12, n. 2-3, p. 313-321, 1972.

PAGNEY, P. **Les climats de la Terre**. Paris: Masson, 1976.

PAGNEY, P. La climatologie française, la modélisation des climats et le réchauffement climatique: la climatologie en question. **EchoGéo**, n. 22, 2012.

PANEQUE SALGADO, P. Estrategias de gestión de sequías en España: de la gestión de crisis a la gestión de riesgos. In: CONTRERAS-UTRERA, J.; NAVARRO-GARCÍA, J.; ROSAS-SALAS, S. (Org). **Agua, estado y sociedad en America Latina y España**. Sevilla, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Escuela de Estudios Hispanoamericanos, 2015 (a), p. 15-35.

PANEQUE SALGADO, P. Drought Management Strategies in Spain. **Water**, v. 7, n. 12, p. 6689-6701, 2015 (b).

PANEQUE SALGADO, P.; MOLINA, J. V. Análisis discursivo en torno a la gestión de la sequía en Andalucía. **VIII Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água**. Lisboa, Portugal: Fundação Nueva Cultura del Agua, 2013, p. 357-367.

PASCOALINO, A. Variação térmica e a distribuição têmporo-espacial da mortalidade por doenças cardiovasculares na cidade de Limeira/SP (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2013. 283 p.

PEARCE, W.; GRUNDMANN, R.; HULME, M.; RAMAN, S.; KERSHAW, E. H.; TSOUVALIS, J. Beyond Counting Climate Consensus. **Environmental Communication**, p. 1-8, 2017.

PÊCHEUX, M. **Semântica e Discurso – Uma Crítica à Afirmação do Óbvio**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1988.

PÉDÉLABORDE, P. **Le Climat du Bassin Parisien**: Essai d'une Méthode Rationnelle de Climatologie Physique. Paris-França: Librairie de Medeces, 1957.

PÉDÉLABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du climat**. Paris-França: Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1991.

PÉGUY, C-P. Climatologie et société, un domaine d'approche systémique. **Revue de géographie de Lyon**, v. 61, n. 3, p. 309-313, 1986.

PÉGUY, C-P. **Jeux et enjeux du climat**. Elsevier Masson, 1989.

PELLEGATTI, C. H. G.; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na Serra do Mar–SP em eventos de diferentes intensidade e duração. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), n. 27, p. 147-158, 2010.

PEREIRA FILHO, A. J.; BARROS, M. T. L.; HALLAK, R.; GANDU, A. W. Enchentes na Região Metropolitana de São Paulo: Aspectos de Mesoescala e Avaliação de Impactos. In: **XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004. Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004.

PEREIRA FILHO, A. J. Mudanças microclimáticas na Região Metropolitana de São Paulo: impactos ambientais e sociais. In: Ministério Público (Org.). **Temas de Direito Urbanístico 6 – Áreas de Risco**. São Paulo: Imprensa Oficial - Governo do Estado de São Paulo, 2012, v. 6, p. 51-60.

PERRY, A. H. New climatologists for a new climatology. **Progress in physical geography**, v. 19, n. 2, p. 280-285, 1995.

PIVETTA, M. Da garoa à tempestade: Temporais se tornam mais frequentes e chuva aumenta 30% em São Paulo em 80 anos. **Pesquisa FAPESP**, p.40-45, 2012.

PONÇANO, W. L. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981.

PORTO, R. L.; PORTO, M. F. A.; PALERMO, M. A ressurreição do volume morto do Sistema Cantareira na Quaresma. **Revista DAE**, v. 197, p. 18-25, 2014.

POSTALI, A. **Falta de chuvas não é única razão da crise do Cantareira**. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=199820>>. Acesso em: 26 de Janeiro de 2017.

PRETTE, M. E. D. **Apropriação de Recursos Hídricos e Conflitos Sociais: A Gestão das Áreas de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo** (Tese de Doutorado). USP, São Paulo, 2000.

PROCON. **Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor**. Disponível em: <<http://www.procon.sp.gov.br/>>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2018.

- QUADRO, M. F. L.; PEZZI, L. P.; ROSA, E. B. O Climanálise e o Monitoramento da ZCAS nos Últimos 30 Anos. **Revista Climanálise**, 2016.
- QUIRING, S. M. Trends in Publication Outlets of Geographer-Climatologists. **The Professional Geographer**, v. 59, n. 3, p. 357-364, 2007.
- RAIGADA, J. L. P. Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. **Estudios de sociolingüística**, v. 3, n. 1, p. 1-42, 2002.
- RANI, D.; MOREIRA, M. M. Simulation–optimization modeling: a survey and potential application in reservoir systems operation. **Water resources management**, v. 24, n. 6, p. 1107-1138, 2010.
- REINACH, F. Ressuscitando morto com caneta. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Metrópole, p. 95, 10 mai. 2014.
- RHOADS, B. L. Whither physical geography?. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 4, p. 748-755, 2004.
- RIBEIRO, A. A. **Percepção Climática: Chuvas e Estiagens na Região Missões, RS, Brasil**. 1. ed. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 116p.
- RIBEIRO, A. G. **O Consumo de Água em Bauru - SP: O tempo cronológico e o tempo meteorológico aplicados na elaboração de subsídios à previsão de demanda de água** (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1975.
- RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da climatologia dinâmica no Brasil. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 48-59, 1982.
- RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume Editora, 2008.
- RIBEIRO, W. C. Oferta e estresse hídrico na Região Metropolitana de São Paulo. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 119-133, 2011.
- RODRIGUES, C.; VILLELA, F. N. J. Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo. Elementos-chave para se compreender a origem da atual crise de abastecimento. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 399-421, 2015.
- RODRIGUES, F. S.; LISTO, F. L. R. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na Região Metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 765-775, 2016.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Departamento de Geografia–FFLCH–USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica–Geologia Aplicada–IPT/FAPESP, 1997.

ROSS, J. L. S. Problemas ambientais das regiões metropolitanas: as águas na grande São Paulo. **Sociedade e Território**. v. 20, n. 2, p. 335-346, 2008.

ROSSBY, C.-G. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-permanent centers of action. **Journal of Marine Research**, v. 2, p. 38-55, 1939.

SABESP. **CHESS – crise hídrica, estratégia e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2015.

SABESP. **Consulta Pública ARSESP - 03/2016**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2016. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/ConsultasPublicasBiblioteca/Contribuicao_CP03_2016_SABESP.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

SABESP. **Relatório de Sustentabilidade 2017**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2017.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2018.

SÁNCHEZ, L. M. A. Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo. **Revista de geografía**, v. 10, n. 1, p. 140-157, 1976.

SÁNCHEZ, L. M. A. **Climatología y medio ambiente**. Edicions Universitat Barcelona, 1990.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As Chuvas no estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1995. 252 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. As chuvas no Estado de São Paulo: A variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: **Variabilidade e mudanças climáticas, implicações ambientais e socioeconômicas**. SANT'ANNA NETO, J. L. & ZAVATINI, J. A.(Orgs.) Maringá, PR: Eduem, 2000, p. 95-112.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo – SP, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Medir o tempo, ler, interpretar e sentir o clima: uma climatologia a serviço do entendimento das relações entre os homens e seus lugares, entre as sociedades e seus territórios. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2014. P. 23-32.

SANT'ANNA NETO, J. L. As matrizes da construção da climatologia geográfica brasileira. In: MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas-SP: Alínea Editora, 2015, p. 7-60.

SARTORI, M. G. B. **Clima e Percepção Geográfica**: Fundamentos teóricos à percepção climática e à bioclimatologia humana. 1. ed. Santa Maria - RS: Gráfica Editora Pallotti, 2014. 192 p.

SAURÍ, D.; DEL MORAL, L. Recent developments in Spanish water policy. Alternatives and conflicts at the end of the hydraulic age. **Geoforum**, v. 32, n. 3, p. 351-362, 2001.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.

SERRA, A. **La circulation générale de l'Amérique du Sud**. Rio de Janeiro: Ed. Do Serviço de Meteorologia, 1939.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **As massas de ar na América do Sul**. Rio de Janeiro: Ed. Do Serviço de Meteorologia, 1942.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Editado pela Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966.

SHERIDAN, S. C. The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. **International Journal of Climatology**, v. 22, n. 1, p. 51-68, 2002.

SIGRH. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>>. Acesso em: 12 de Abril de 2017.

- SILVA, C. A. **Variabilidade das chuvas na bacia do Rio Corumbataí e implicações no consumo e na qualidade das águas do município de Rio Claro (SP)** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2001.
- SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**. v.10, n.47, p. 129-145, 2003.
- SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, v. 2, n. 20, p. 23-53, 2013.
- SIMAS, I. T. H.; RODRIGUES, C.; SANTANNA NETO, J. L. Análise retrospectiva de inundação na bacia do Rio Aricanduva, São Paulo. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 97, p. 1-19, 2017.
- SKAGGS, R. H. Climatology in American geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 3, p. 446-457, 2004.
- SOBRAL, H. R. W. **Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças da grande São Paulo**: um estudo de Geografia Médica (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1988.
- SONNETT, J.; MOREHOUSE, B. J.; FINGER, T. D.; GARFIN, G.; RATTRAY, N. Drought and declining reservoirs: Comparing media discourse in Arizona and New Mexico, 2002–2004. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 1, p. 95-113, 2006.
- SORRE, M. Objet et procédé de climatologie. In: PIÉRY, M.; MILHAUD, M.; VAN DER ELST, R. **Traité de climatologie biologique et médicale**. Paris: Cie Éditeurs, 1934.
- SORRE, M. Les fondements de la Géographie Humaine. Tome: I- Lês foundements biologiques Essai d'une écologie de l'homme. **Livre I - Le climat et l'homme**. Chp Ier Le Climat. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. p. 13-43.
- SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 89-94, 2006.
- STEINKE, E. T.; BARROS, J. R. Tipos de tempo e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 135-148, 2015.
- STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. New York: Jonh Willey & Sons, 1951.

SUBIRATS, J. Definición del problema. Relevancia pública y formación de la agenda de actuación de los poderes públicos. In: SARAVIA, E.; FERRAREZI, E. (Org.). **Políticas públicas**: coletânea. Brasília: ENAP, v. 2, 2006, p. 199-218.

SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P.; YNOUE, R. Y.; SILVEIRA, R. B. Homogeneity assessment of a station climate series (1933–2005) in the Metropolitan Area of São Paulo: instruments change and urbanization effects. **Theoretical and applied climatology**, v. 107, n. 3-4, p. 361-374, 2012.

TABIOS, G. Q.; SALAS, J. D. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. **JAWRA - Journal of the American Water Resources Association**, v. 21, n. 3, p. 365-380, 1985.

TARIFA, J. R. **Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo**. (Tese de Doutorado). USP/IG, São Paulo, 1975, 93 p.

TARIFA, J. R. O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo (1970-2000). In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. **Os climas na cidade de São Paulo**: Teoria e prática. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. p. 11-33.

TAVARES, A. C. **O clima local de Campinas**: introdução ao estudo do clima urbano (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1975.

TAVARES, R. **Ritmo climático e risco socioambiental em Ubatuba-SP** (Tese de Doutorado). UFPR, Curitiba-PR, 2010.

THÉRY, H.; MELLO-THÉRY, N. A. Cartografias, imagens e outras expressões gráficas: O contexto da crise hídrica. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 495-500, 2015.

THORNTHWAITTE, C. W. The task ahead. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 51, n. 4, p. 345-356, 1961.

TOLEDO, B. L. **São Paulo, três cidades em um século**. São Paulo: Editora Cosac Naify, 2004.

TOLEDO, G. S. **Tipos de tempo e categorias climáticas na Bacia do Alto Tietê (1968)** – Ensaio Metodológico (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 1973.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

ONU. **The United Nations**. Disponível em: <<http://www.un.org/>>. Acesso em: 12 de Abril de 2017.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006.

UNIÃO. Controladoria Geral da União. **Manual da Lei de Acesso à Informação para estados e municípios**. Brasília: CGU, 2013.

VASCONCELLOS, R. **O tratamento gráfico do conforto térmico no estado de São Paulo** – um ensaio metodológico (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1988.

VÁSQUEZ PANDURO, I. L.; ARAUJO, L. M. N.; MOLION, L. C. B.; ABDALAD, M. A.; MOREIRA, D. M.; SANCHEZ, A.; BARBOSA, H. A.; ROTUNNO FILHO, O. C. Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. **Climate Dynamics**, v. 50, n. 3-4, p. 801-824, 2018.

VEMADO, F.; PEREIRA FILHO, A. J. Severe weather caused by heat island and sea breeze effects in the metropolitan area of São Paulo, Brazil. **Advances in Meteorology**, v. 2016, p. 13, 2016.

VÉRAS, M. P. B. Tempo e espaço na metrópole: breves reflexões sobre assincronias urbanas. **São Paulo em perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 3-12, 2001.

VIGNEAU, J-P. Un siècle de “type de temps”. **Norois. Environnement, aménagement, société**, n. 191, p. 11-13, 2004.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B.; DE MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 9, 2010.

WHATELY, M.; CUNHA, P. **Cantareira 2006**: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: ISA, 2007.

WHATELY, M. DINIZ, L. T. **Água e esgoto na grande São Paulo**: situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.

WHATELY, M.; CAMPANILI, M. **O século da escassez**: Uma nova cultura de cuidado com a Água: Impasses e Desafios. São Paulo: Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.

WILHITE, D. A. **Drought as a natural hazard**: concepts and definitions. London: Routledge, 2000.

WILHITE, D. A. Drought management and policy: Changing the paradigm from crisis to risk management. **European Water**, v. 60, p. 181-187, 2017.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. **Water international**, v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? **Weather**, 53, 315-324, 1998.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 1074-1087, 2011.

YARNAL, B.; COMRIE, A. C.; FRAKES, B.; BROWN, D. P. Developments and prospects in synoptic climatology. **International Journal of Climatology**, v. 21, n. 15, p. 1923-1950, 2001.

ZANDONADI, L. **As Chuvas na Bacia do Paraná**: aspectos temporais, espaciais e rítmicos (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2009. 122 p.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraná, Brasil**: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2013. 206 p.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Parana River Basin). **Theoretical and Applied Climatology**, v. 123, n. 3-4, p. 741-756, 2016.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático. **Geografia** (Rio Claro), v. 23, n. 3, p. 5-24, 1998.

ZAVATTINI, J. A. Desenvolvimento e Perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas - implicações ambientais e sócioeconômicas**. 1ªed. Maringá: UEM, 2000, p. 225-251.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo - SP, n.20, p. 65-100, 2003.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do Clima no Brasil**. Campinas-SP: Editora Alínea, 2004. 398 p.

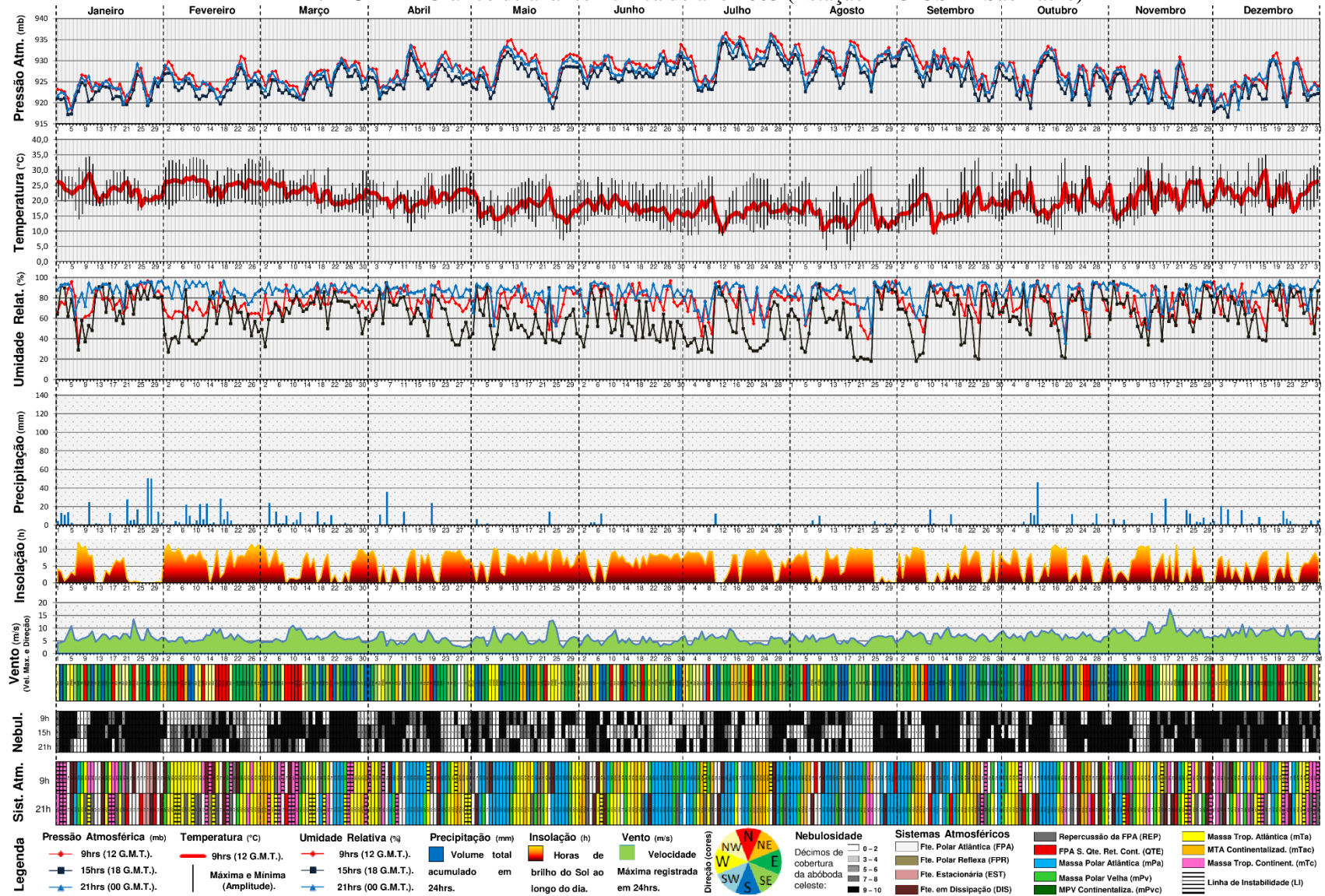
ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**: estudo geográfico com vista à regionalização climática. 1. ed. São Paulo - SP: Editora UNESP, 2009. v. 1. 214 p

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas-SP: Editora Alínea, 2013. 145 p.

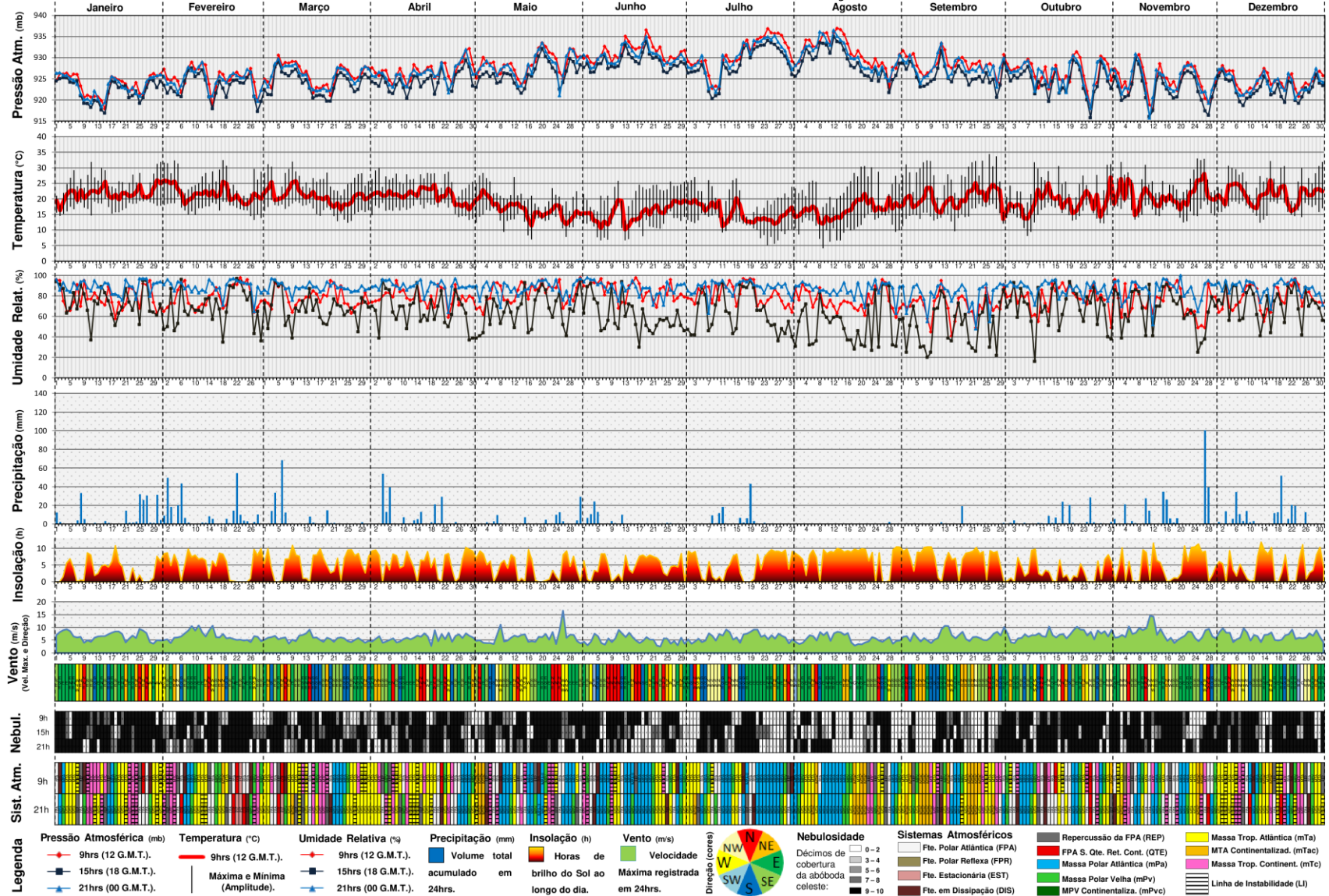
ZAVATTINI, J.A.; FRATIANNI, S. Variações do ritmo climático no piemonte italiano: reflexos no vale de Susa (neve e turismo) e no “terroir” do Barolo (produção vitivinícola). **Revista de Geografia** (Recife), v. 33, n. 4, 2016.

APÊNDICES

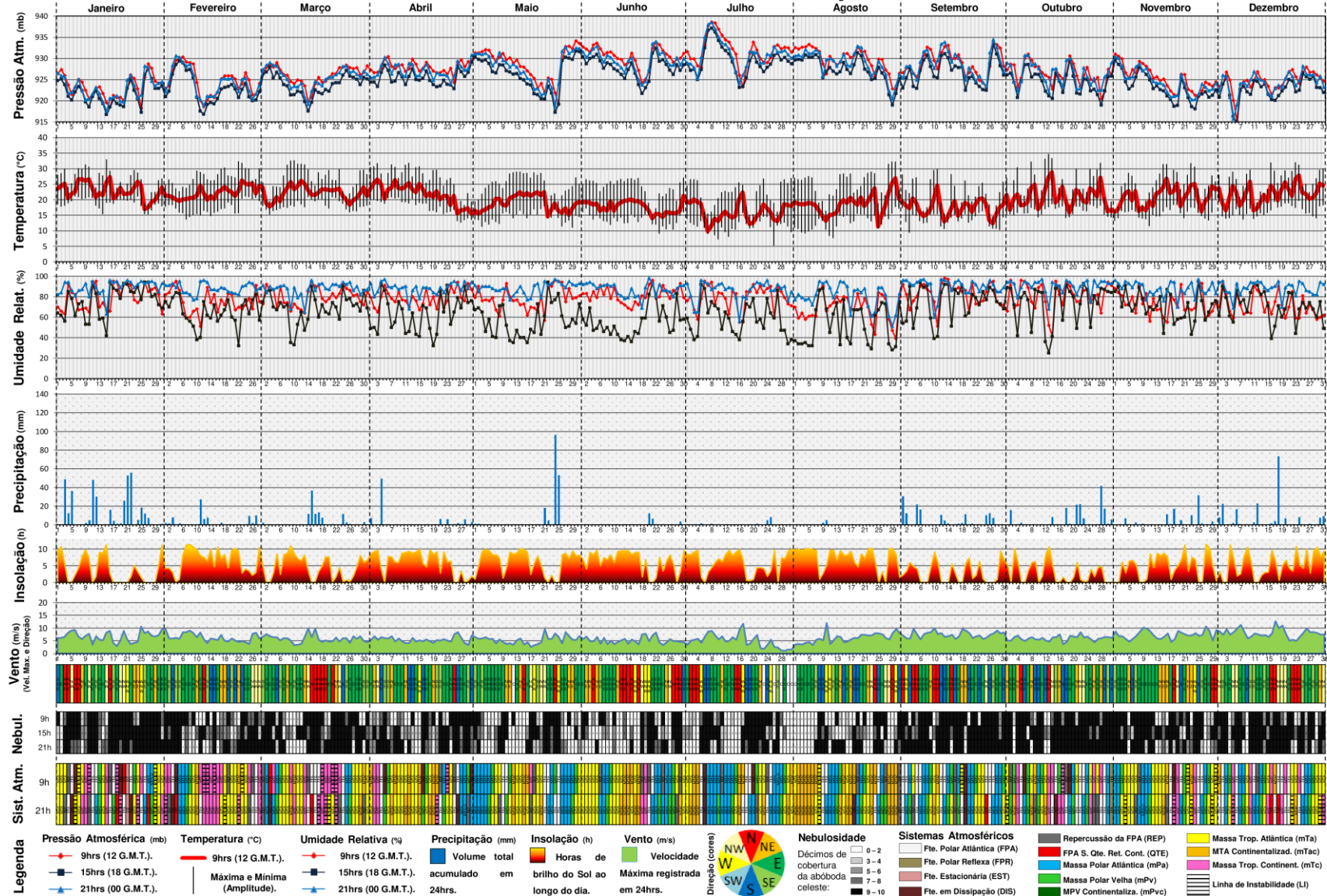
APÊNDICE A – Gráfico de análise rítmica do ano 2003 (Estação IAG-USP – São Paulo)



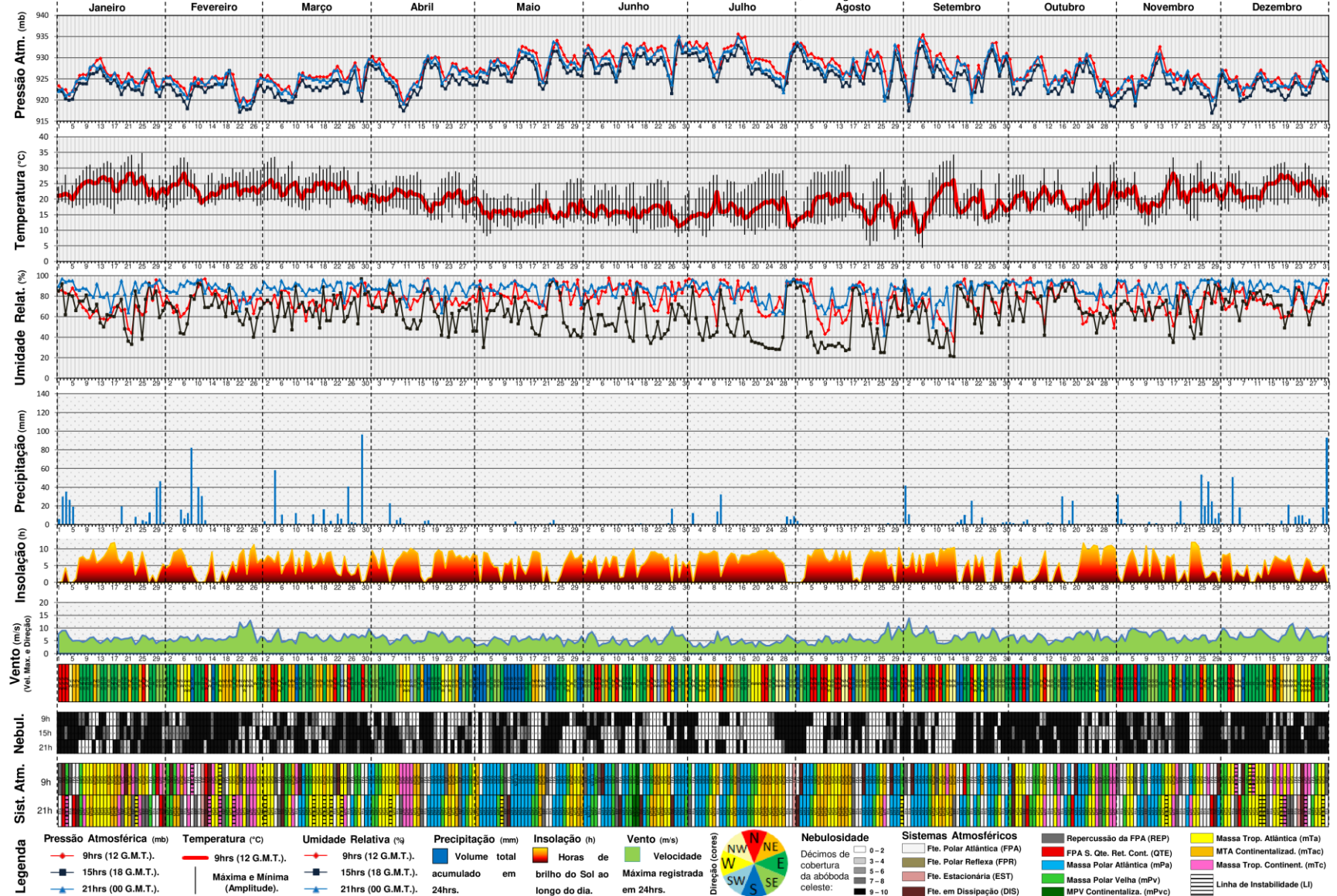
APÊNDICE B – Gráfico de análise rítmica do ano 2004 (Estação IAG-USP – São Paulo)



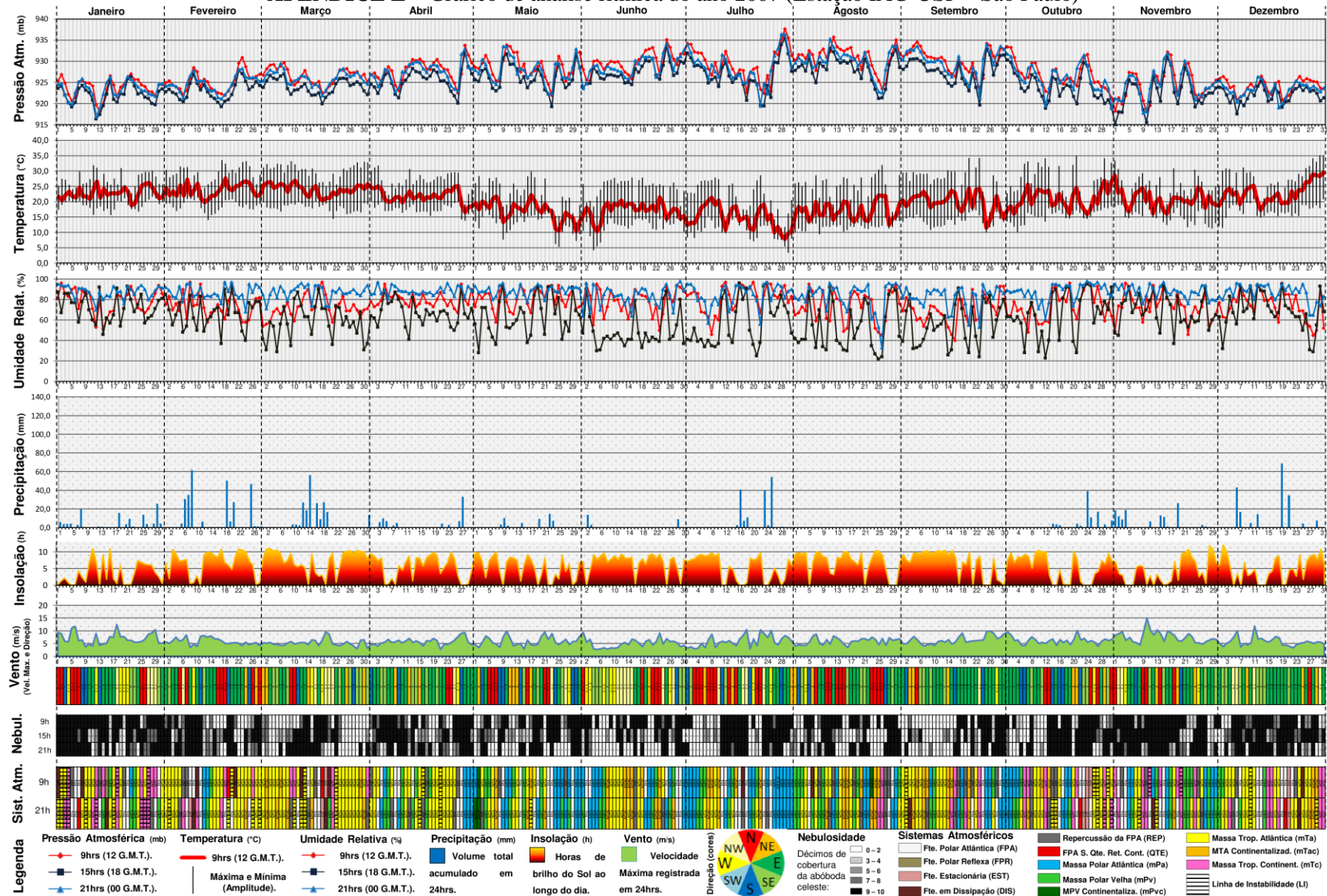
APÊNDICE C – Gráfico de análise rítmica do ano 2005 (Estação IAG-USP – São Paulo)



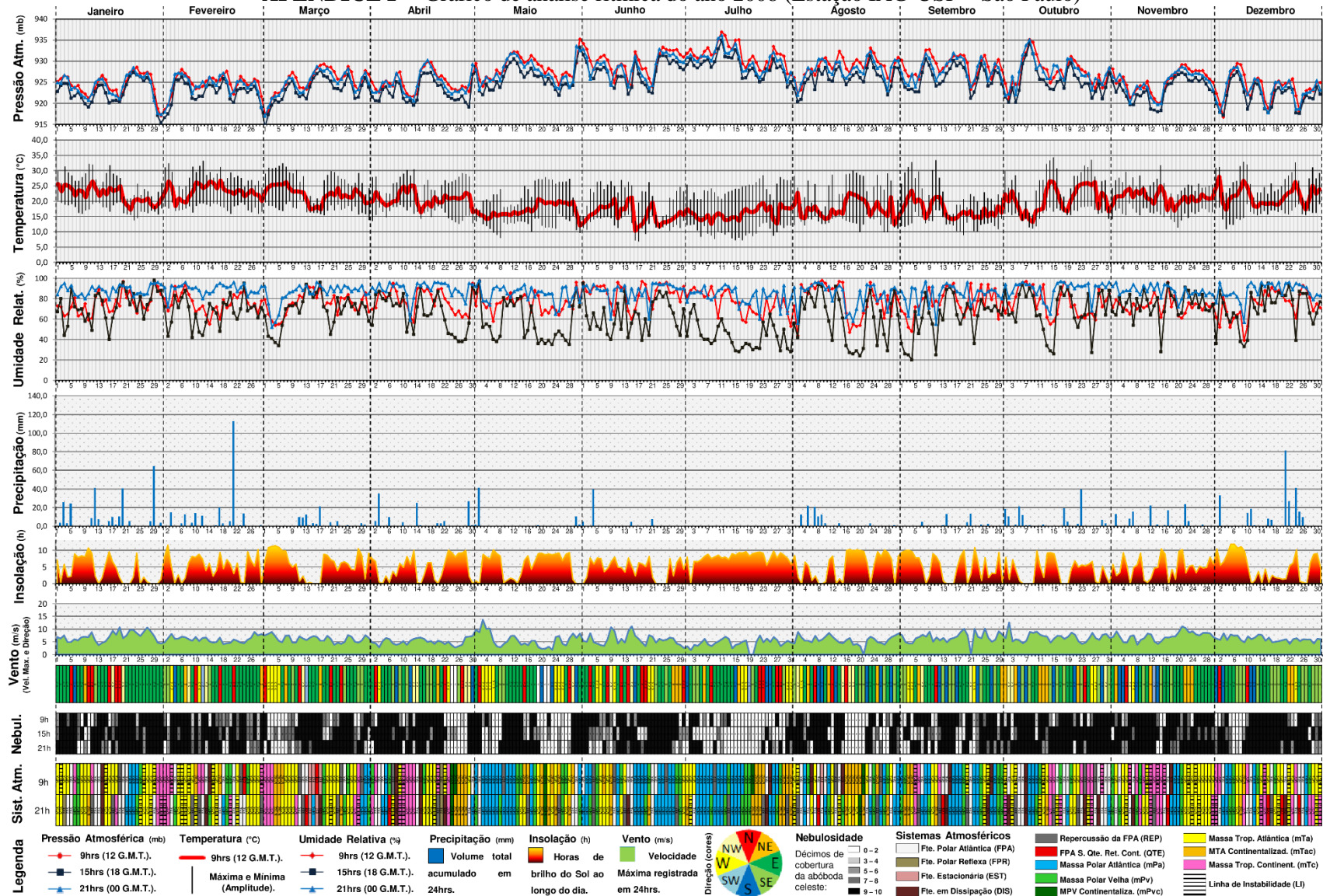
APÊNDICE D – Gráfico de análise rítmica do ano 2006 (Estação IAG-USP – São Paulo)



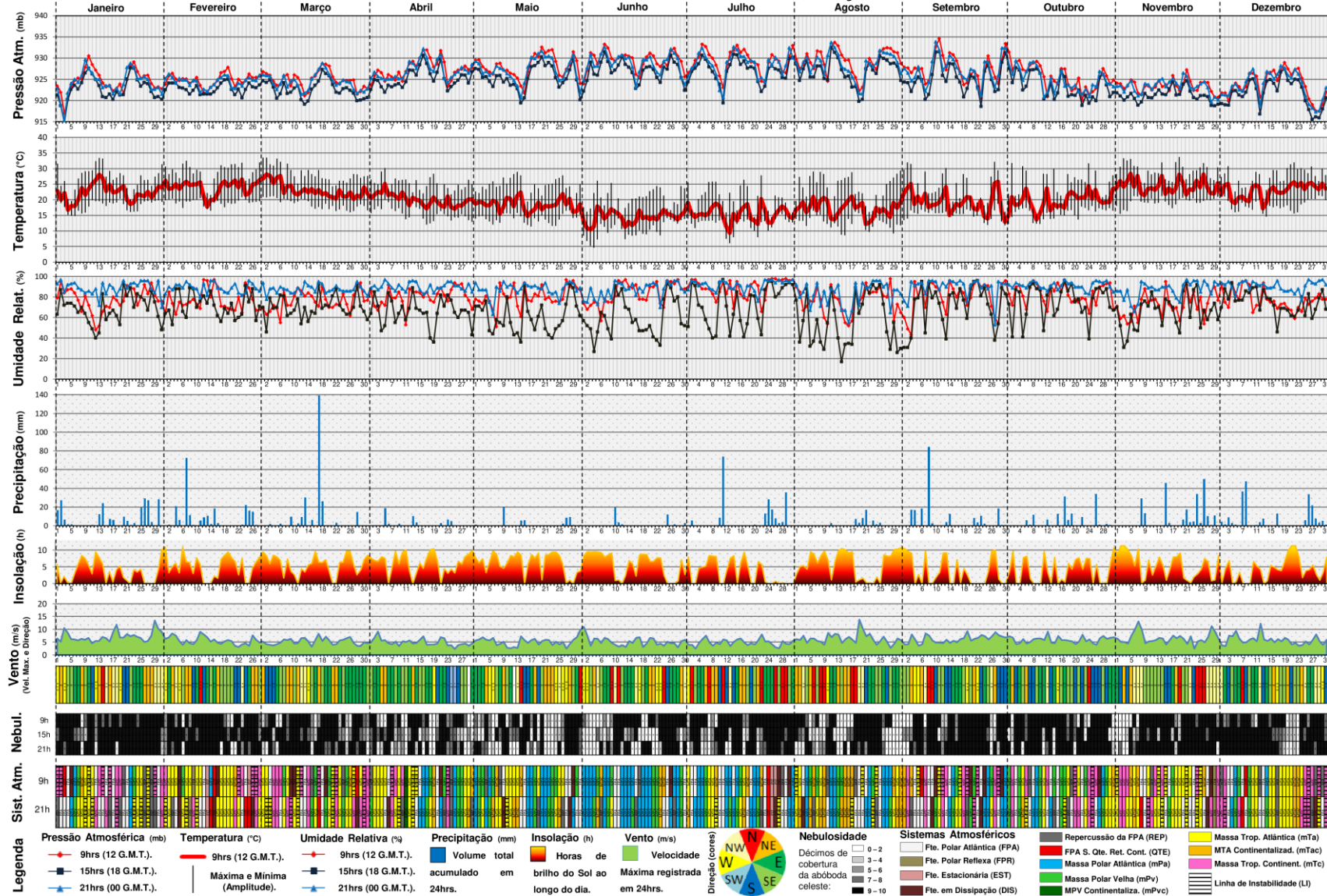
APÊNDICE E – Gráfico de análise rítmica do ano 2007 (Estação IAG-USP – São Paulo)



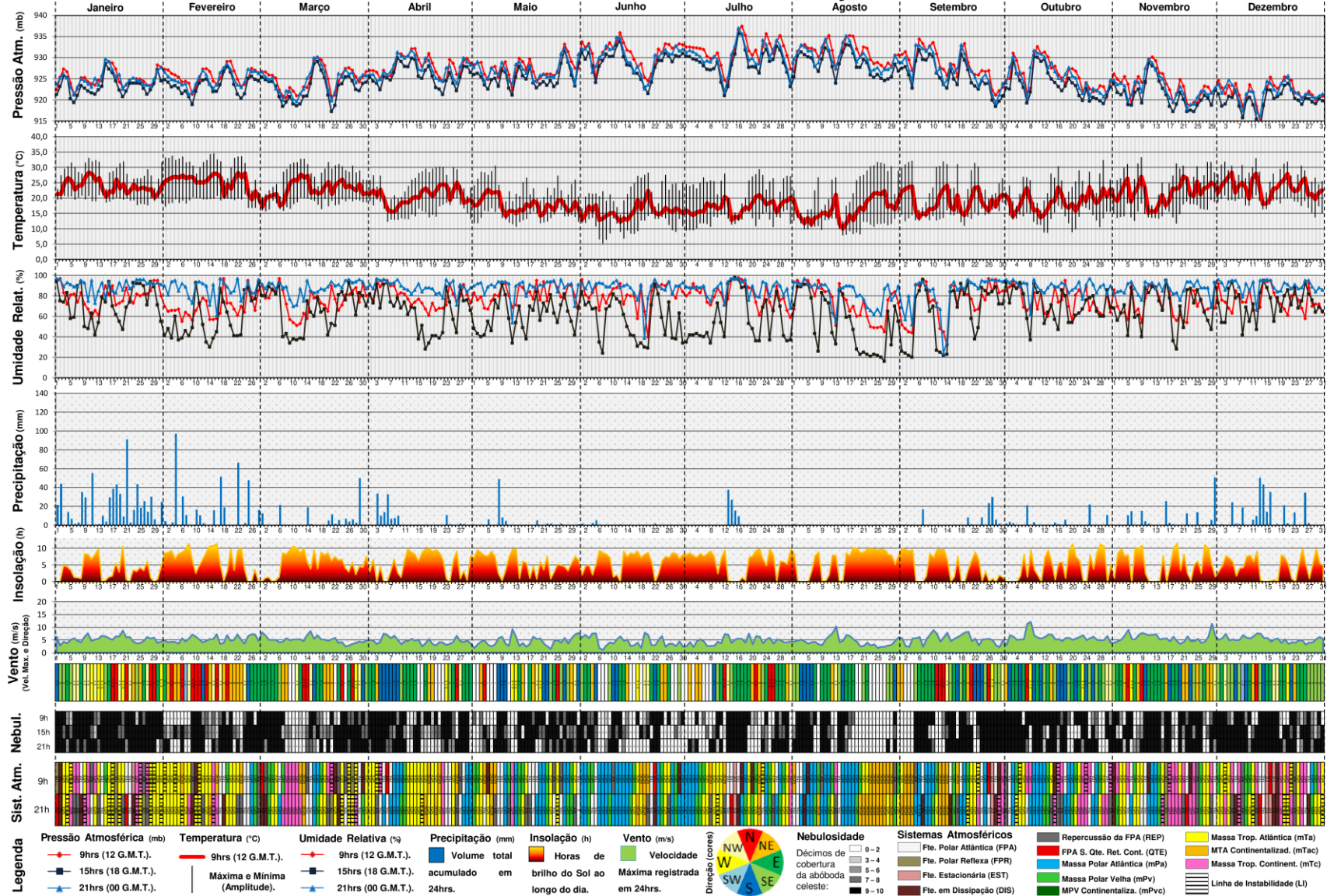
APÊNDICE F – Gráfico de análise rítmica do ano 2008 (Estação IAG-USP – São Paulo)



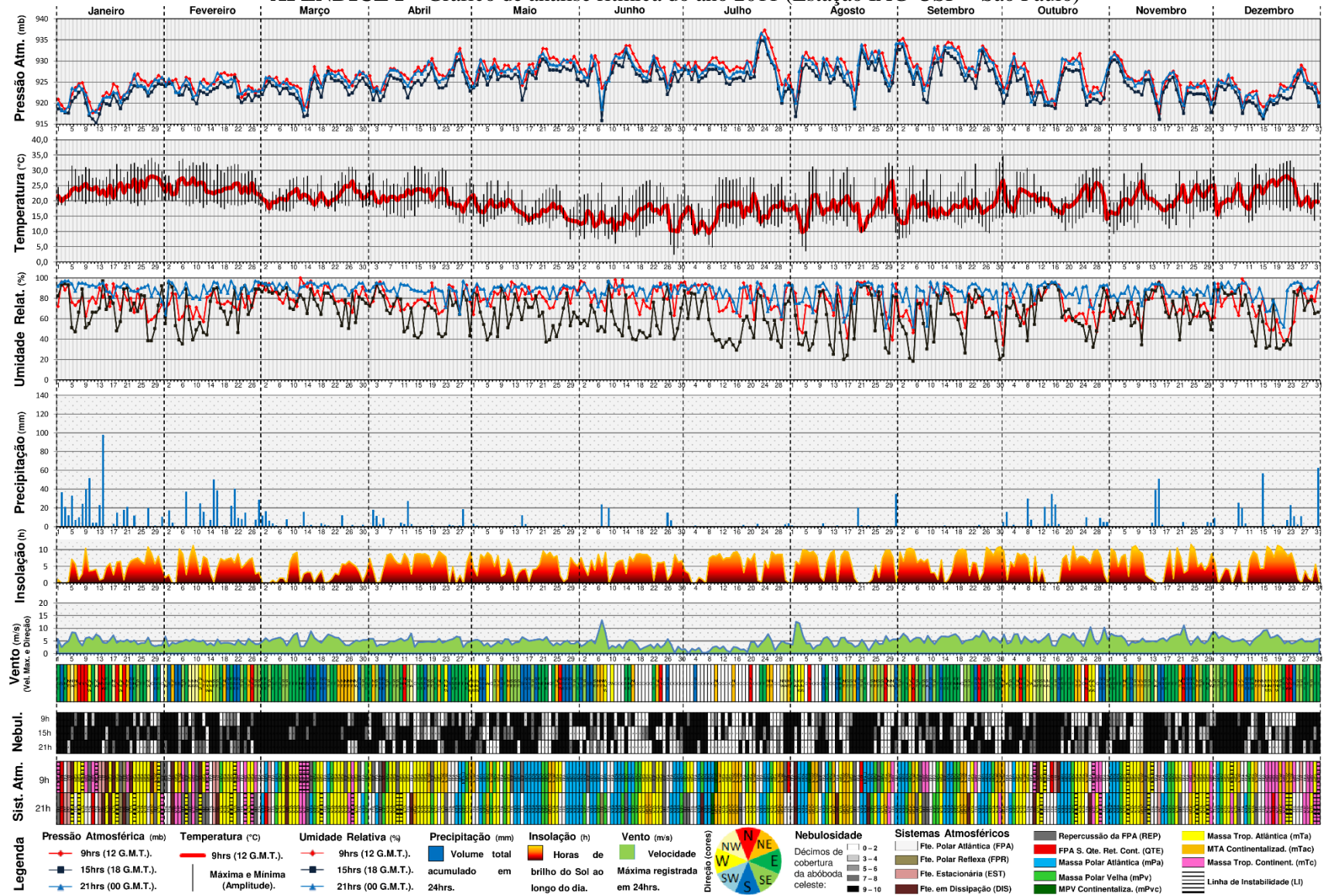
APÊNDICE G – Gráfico de análise rítmica do ano 2009 (Estação IAG-USP – São Paulo)



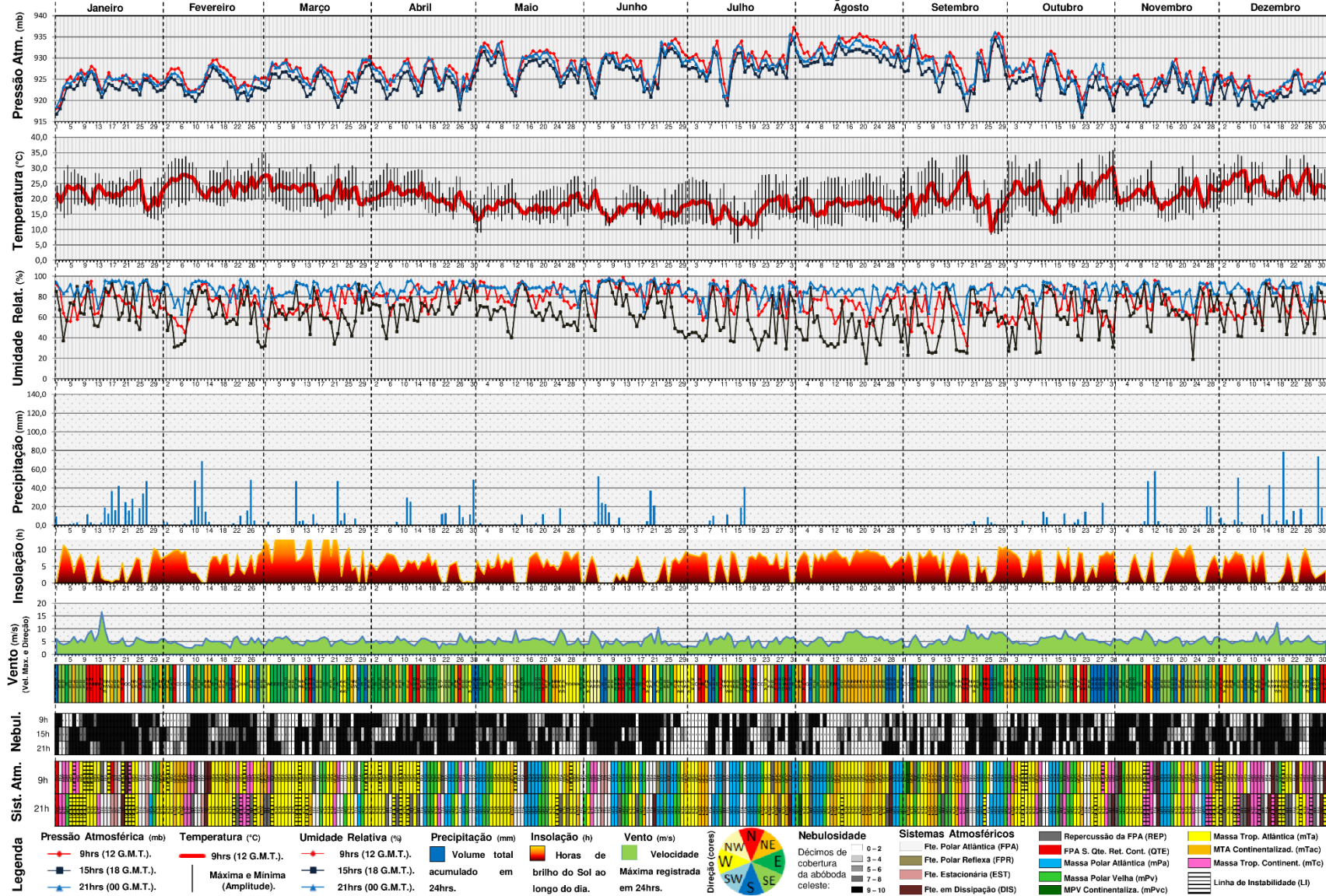
APÊNDICE H – Gráfico de análise rítmica do ano 2010 (Estação IAG-USP – São Paulo)



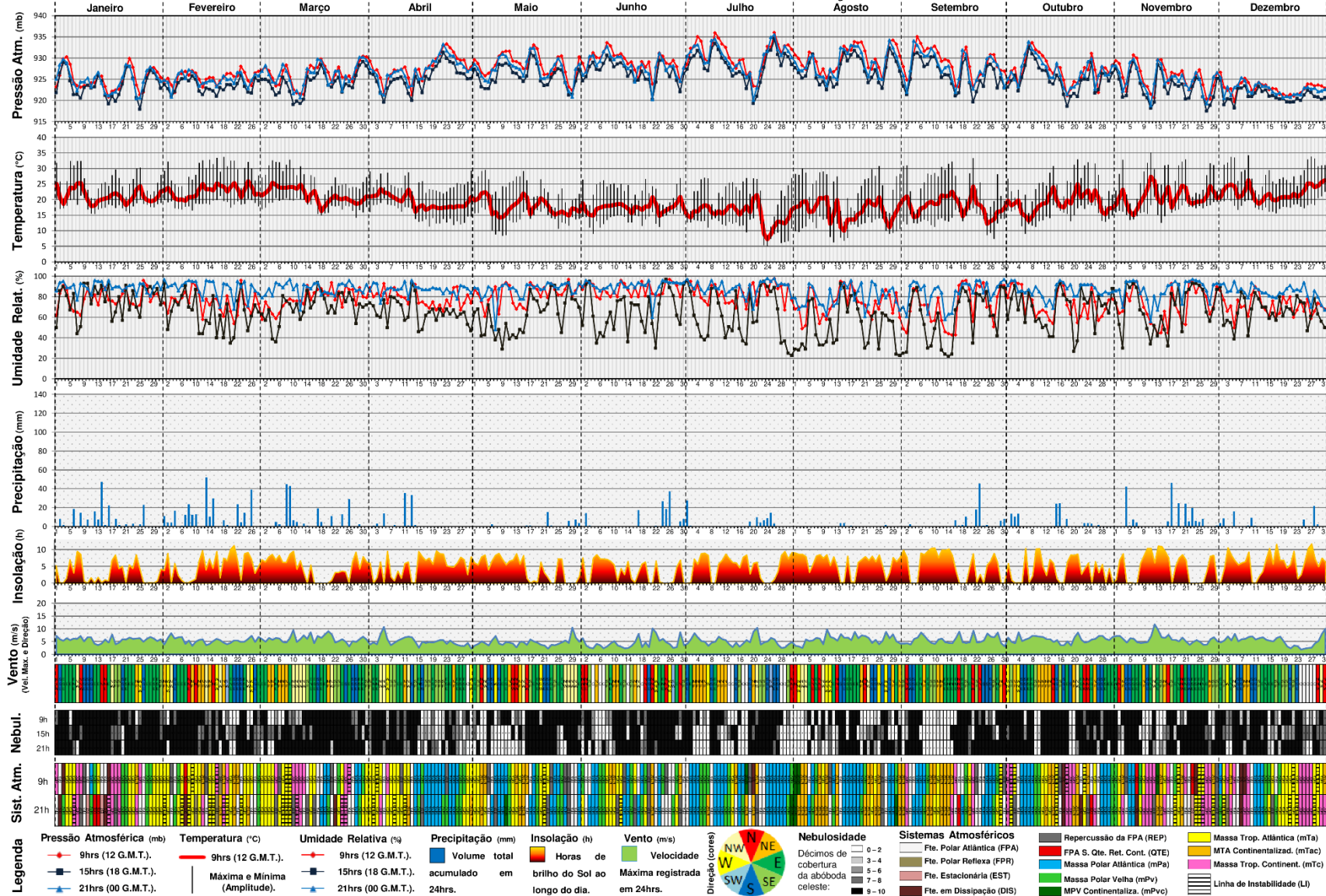
APÊNDICE I – Gráfico de análise rítmica do ano 2011 (Estação IAG-USP – São Paulo)



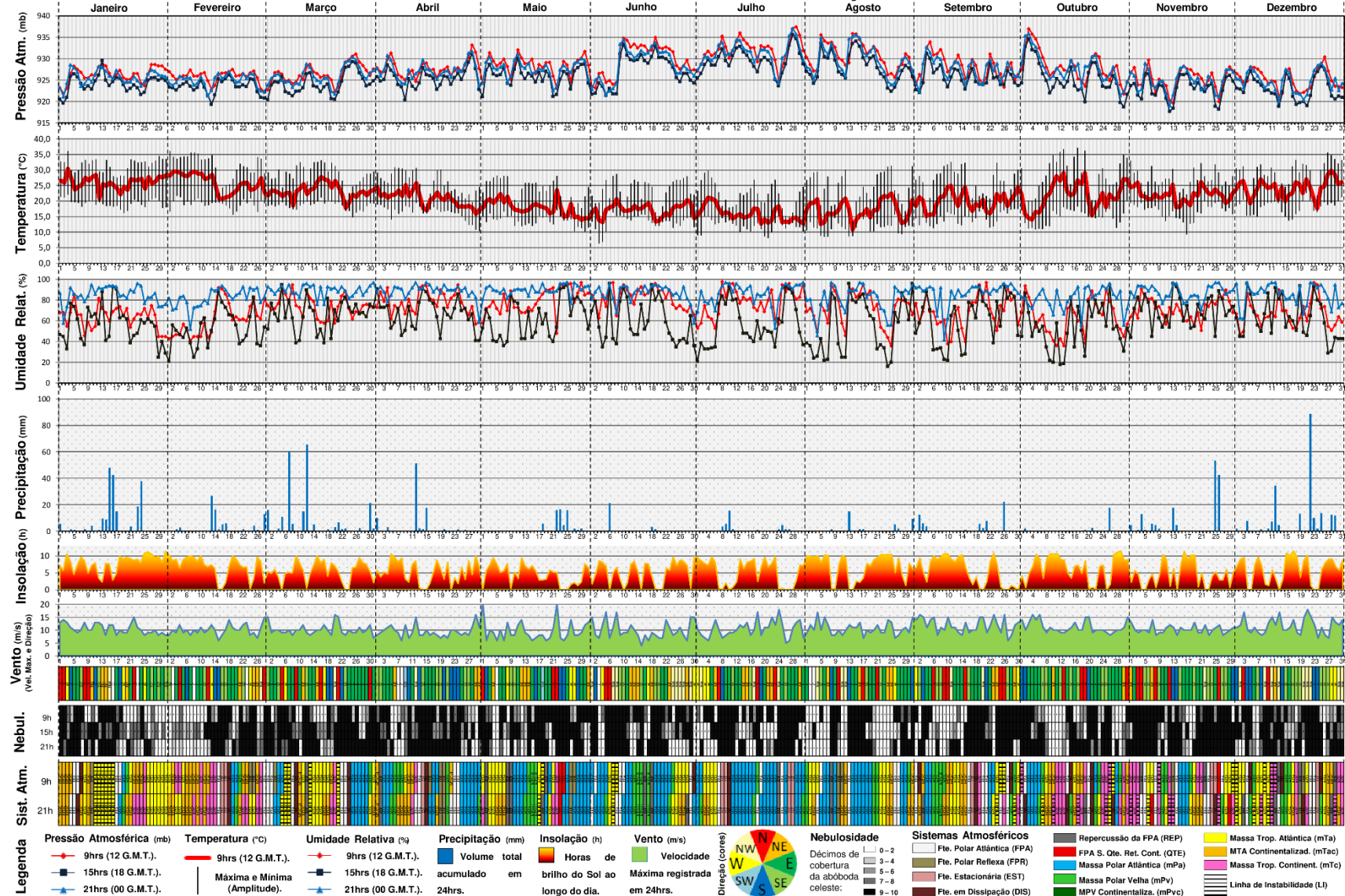
APÊNDICE J – Gráfico de análise rítmica do ano 2012 (Estação IAG-USP – São Paulo)



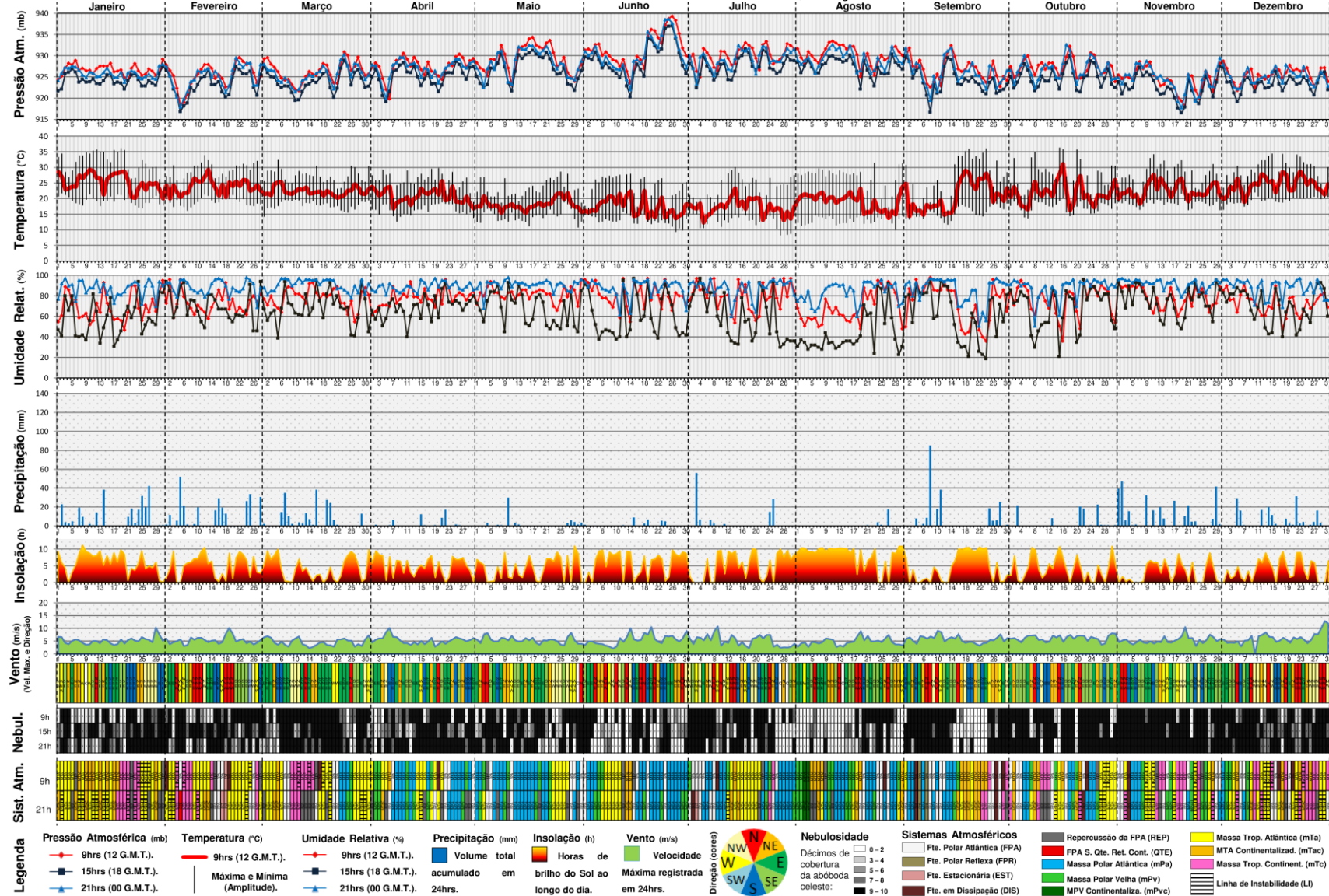
APÊNDICE K – Gráfico de análise rítmica do ano 2013 (Estação IAG-USP – São Paulo)



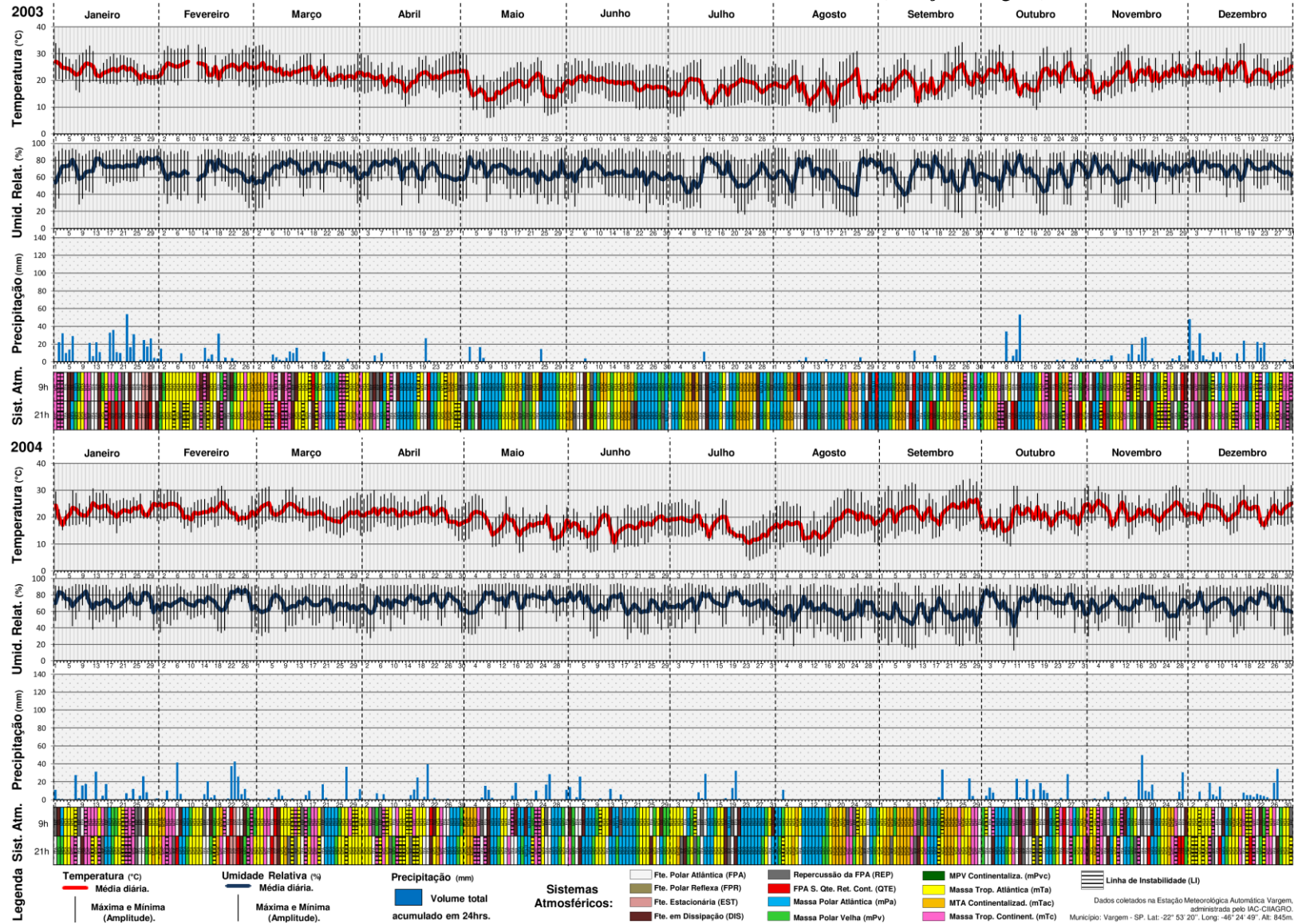
APÊNDICE L – Gráfico de análise rítmica do ano 2014 (Estação IAG-USP – São Paulo)



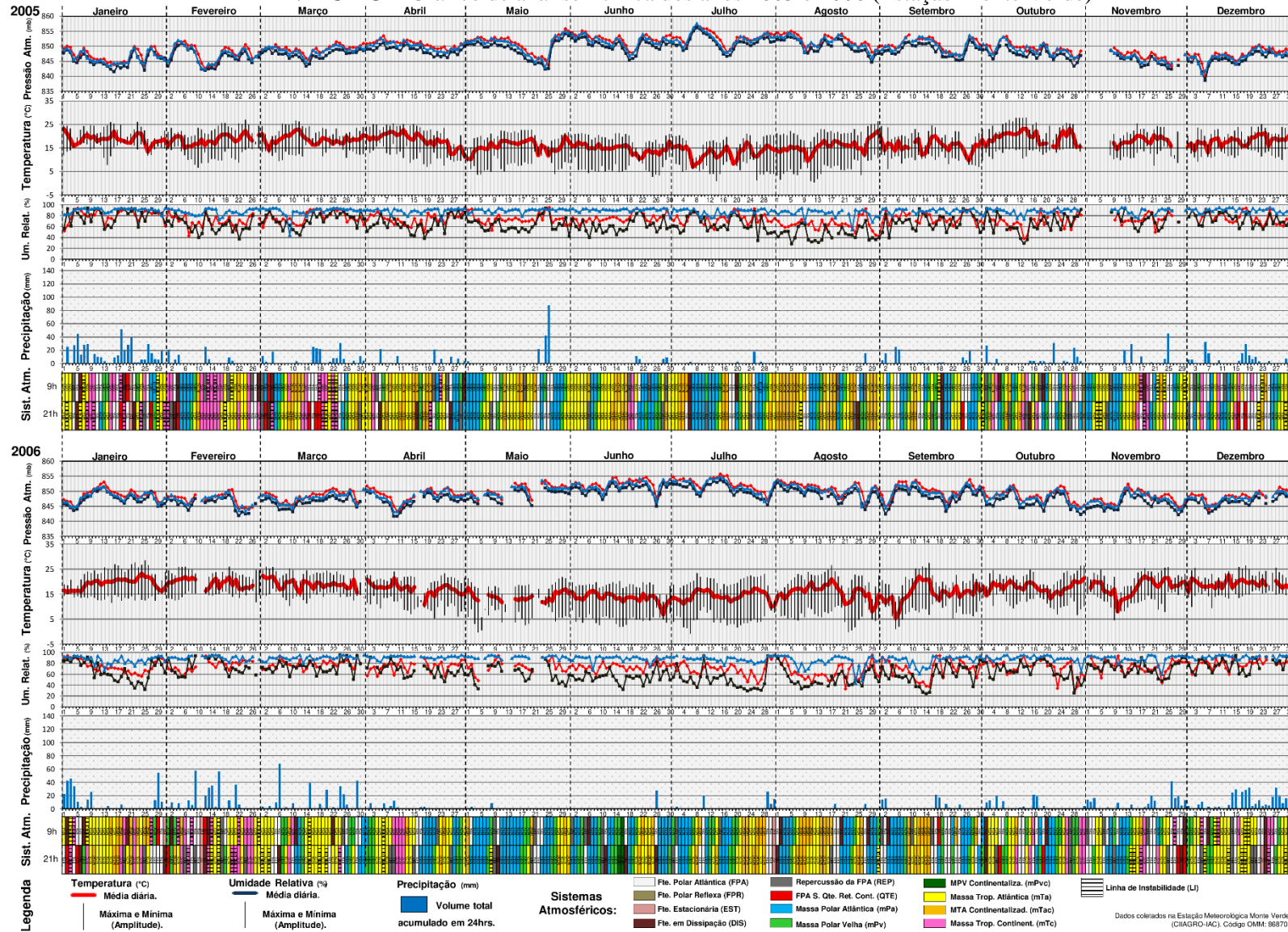
APÊNDICE M – Gráfico de análise rítmica do ano 2015 (Estação IAG-USP – São Paulo)



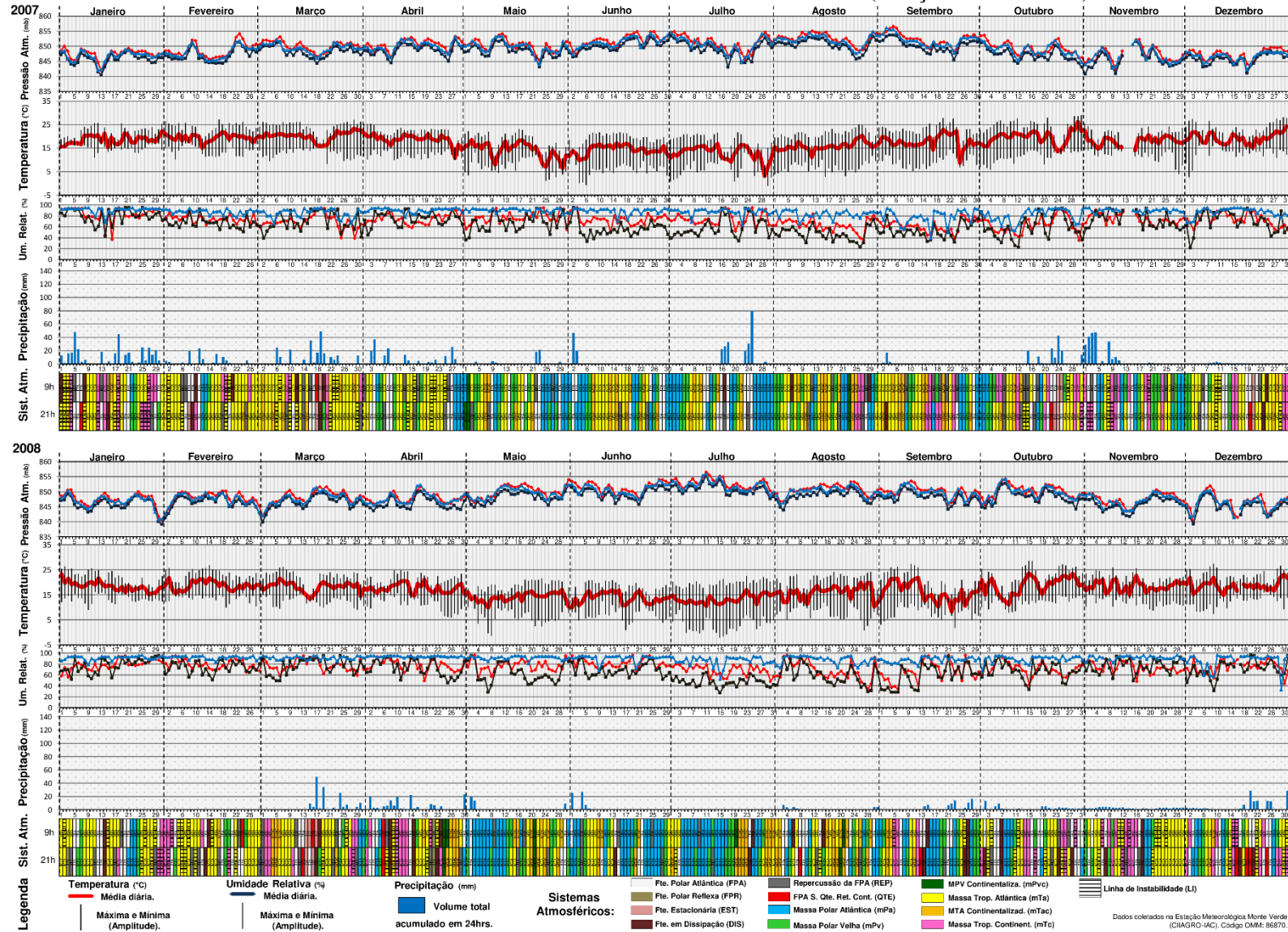
APÊNDICE N – Gráfico de análise rítmica dos anos 2003 e 2004 (Estação Vargem)



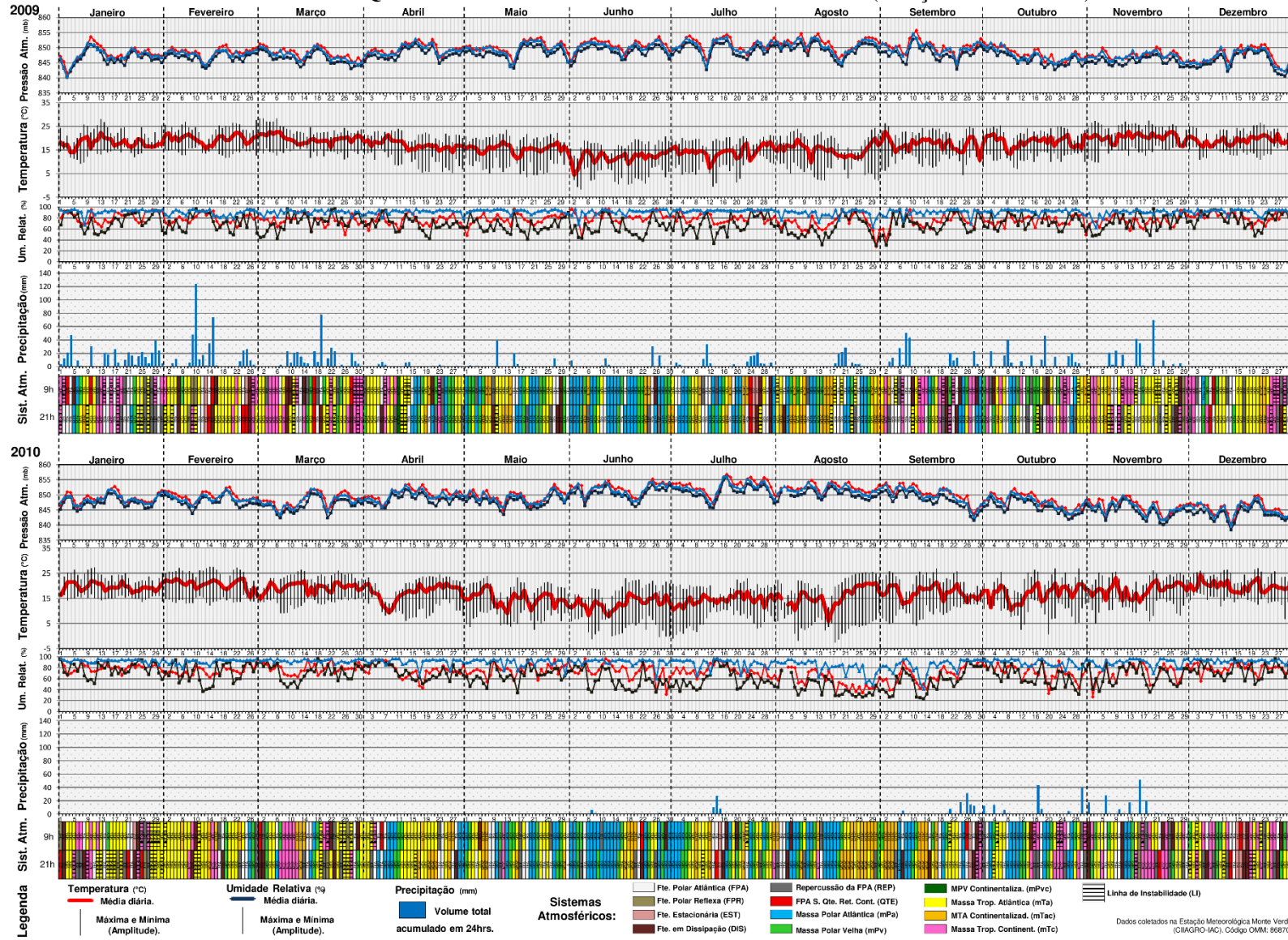
APÊNDICE O – Gráfico de análise rítmica dos anos 2005 e 2006 (Estação Monte Verde)



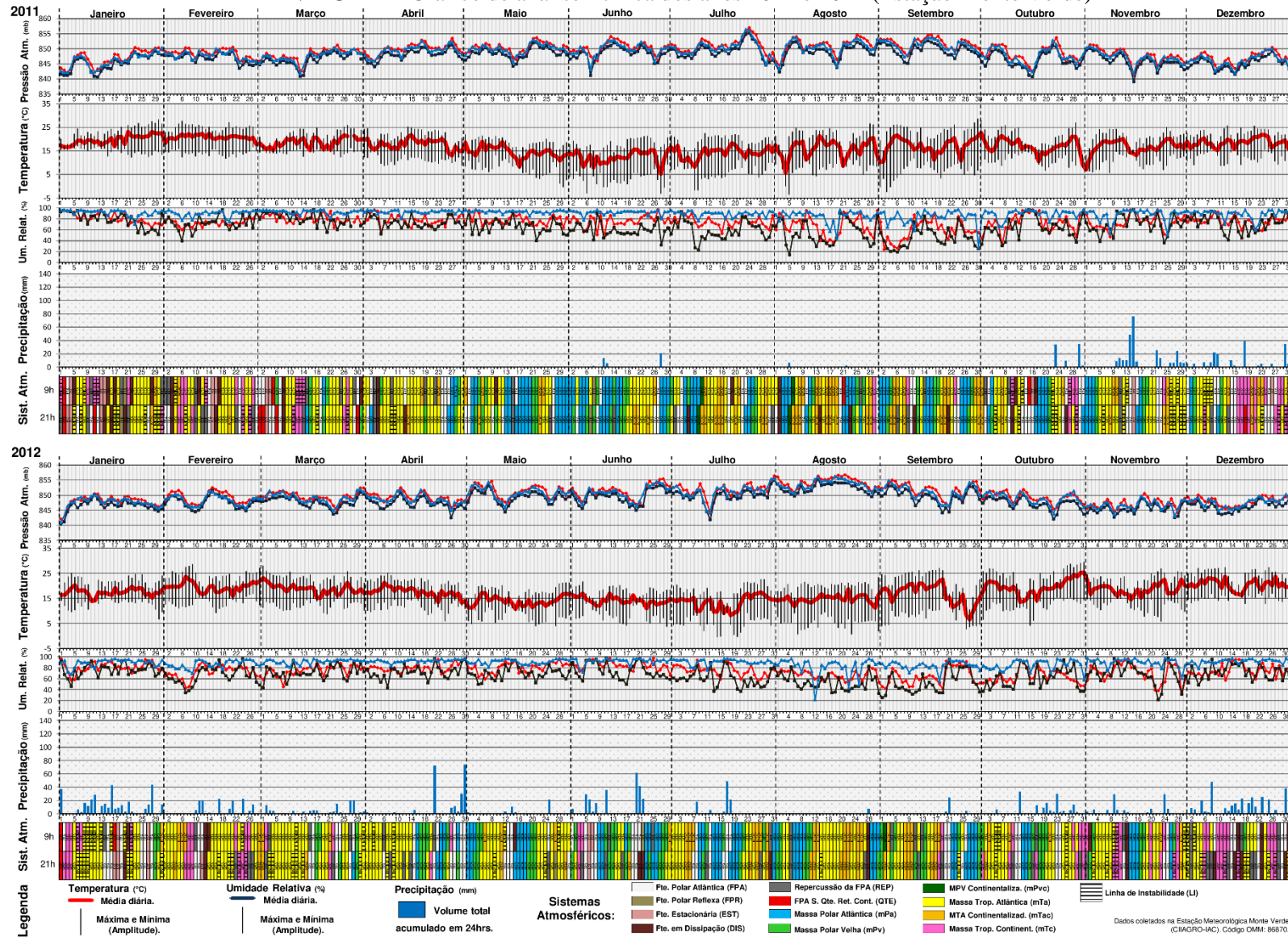
APÊNDICE P – Gráfico de análise rítmica dos anos 2007 e 2008 (Estação Monte Verde)



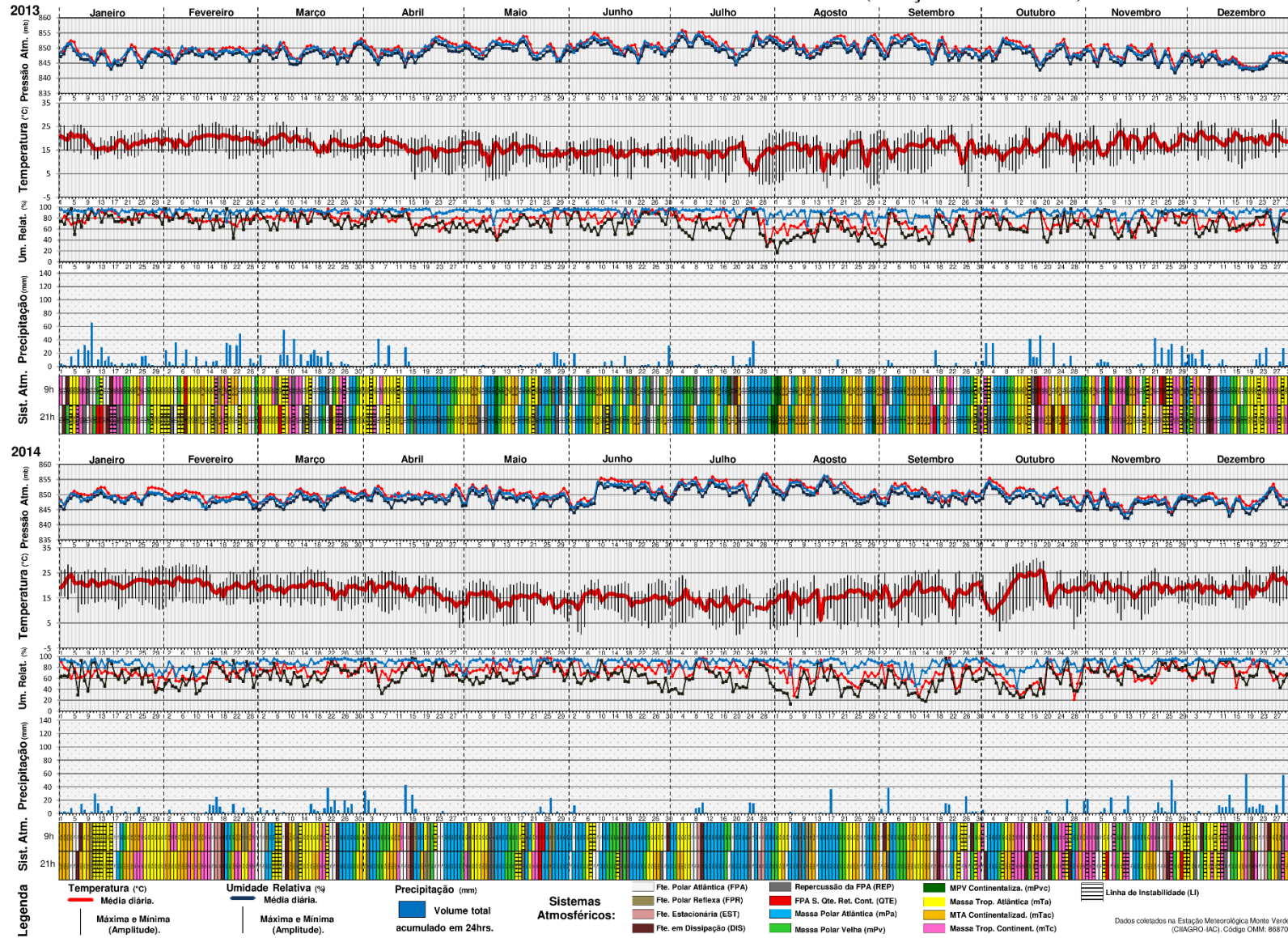
APÊNDICE Q – Gráfico de análise rítmica dos anos 2009 e 2010 (Estação Monte Verde)



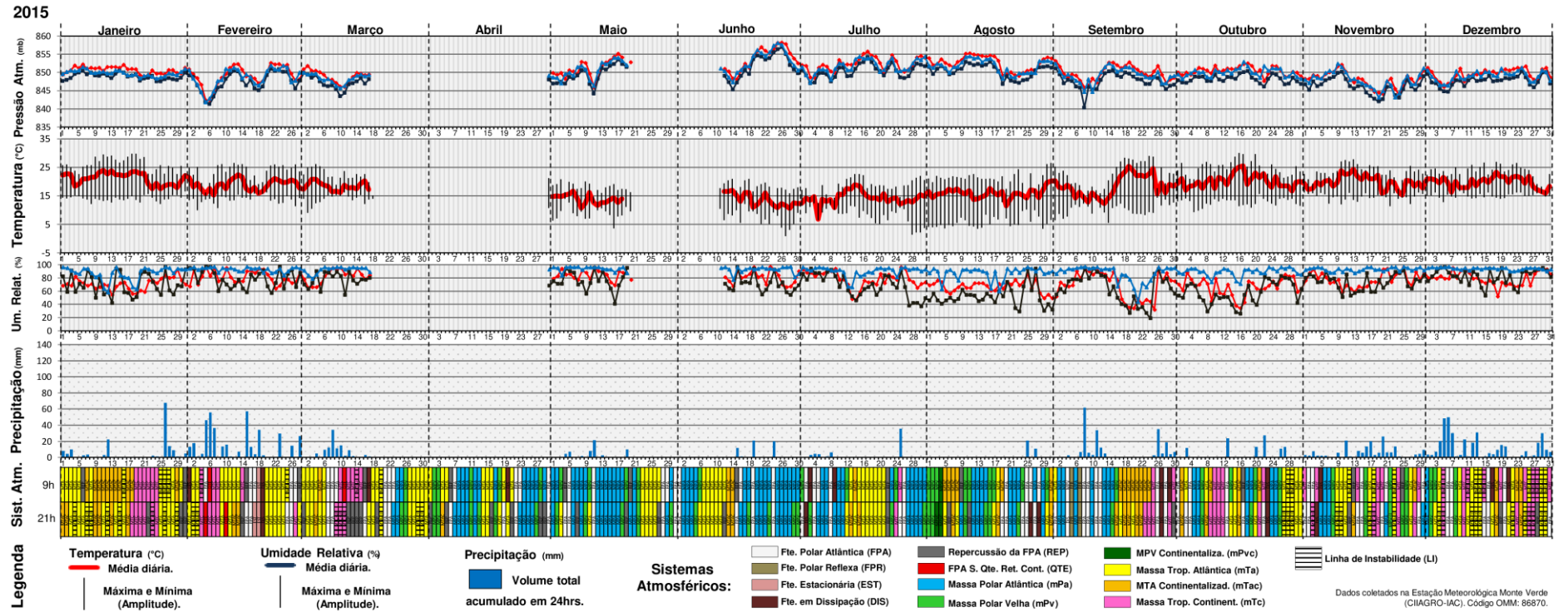
APÊNDICE R – Gráfico de análise rítmica dos anos 2011 e 2012 (Estação Monte Verde)



APÊNDICE S – Gráfico de análise rítmica dos anos 2013 e 2014 (Estação Monte Verde)



APÊNDICE T – Gráfico de análise rítmica dos anos 2015 (Estação Monte Verde)



APÊNDICE U – Capas de cadernos de jornais e gráfico atualizado do Sistema Cantareira



Fig. I: Capa do caderno Cidades (26/11/2003) e Metrópole (04/04/2014) publicados no jornal Estadão.

Fonte: ESTADÃO, 2018.

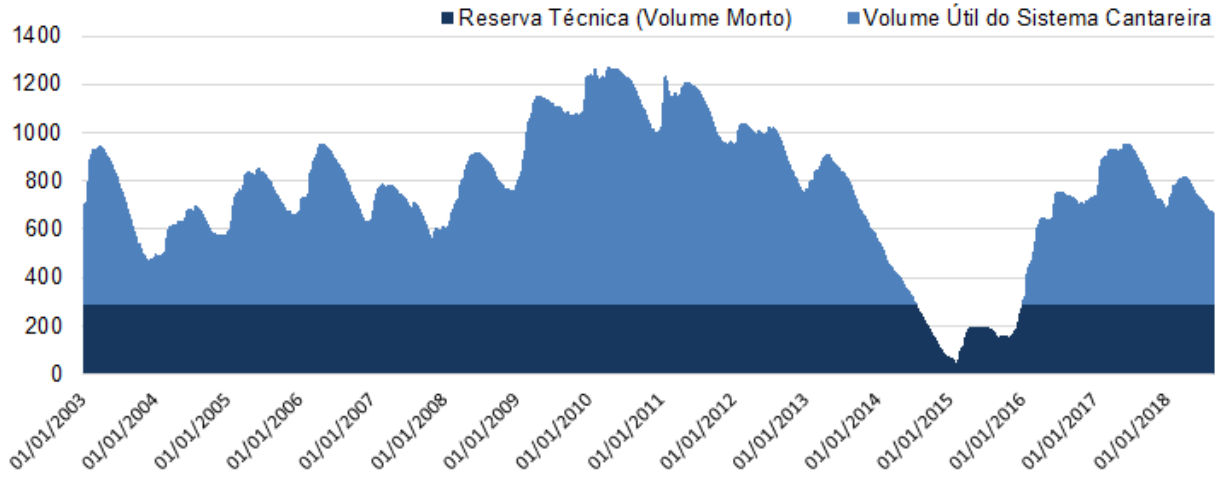


Fig. II: Volume total do Sistema Cantareira (em hm³).

Fonte: SABESP, 2018.