



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

SÂMIA SALDANHA MARINI

**CRISE HÍDRICA E O REGIME DE CHUVAS NA REGIÃO SUDESTE: A SECA DE
2013-2015**

Niterói
2018

SÂMIA SALDANHA MARINI

**CRISE HÍDRICA E O REGIME DE CHUVAS NA REGIÃO SUDESTE: A SECA DE
2013-2015**

Monografia apresentada ao curso de
Bacharelado em Geografia, como
requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Geografia.

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Luis Fernandes de Oliveira

Niterói
2018

Marini, Sâmia Saldanha

CRISE HÍDRICA E O REGIME DE CHUVAS NA REGIÃO SUDESTE : A SECA DE 2013-2015 / Sâmia Saldanha Marini ; Jorge Luis Fernandes de Oliveira, orientador. Niterói, 2018. 41 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói, 2018.

1. Crise hídrica. 2. Seca. 3. Mudanças climáticas. 4. Regime de chuvas. 5. Produção intelectual. I. Oliveira, Jorge Luis Fernandes de, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. III. Título.

CDD -

SÂMIA SALDANHA MARINI

**CRISE HÍDRICA E O REGIME DE CHUVAS NA REGIÃO SUDESTE: A SECA DE
2013-2015**

Monografia apresentada ao curso de
Bacharelado em Geografia, como
requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Geografia.

Aprovada em 13 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luis Fernandes de Oliveira - UFF

Prof.^a Dr.^a Rosemary Vieira - UFF

Ma. Marina Aires

Niterói
2018

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pelo suporte, ajuda e instruções sempre que precisei.

À Universidade e seu corpo docente, por proporcionar uma formação acadêmica excelente e enriquecedora.

A minha mãe, pelo apoio e incentivo incondicionais.

A minha irmã, pelo apoio moral durante esses últimos meses e por estar ao meu lado nos momentos de tensão.

E a minha família como um todo, por ter me garantido condições de ingressar e permanecer no curso, me apoiando sempre que precisei.

RESUMO

Nos últimos 30 anos aconteceram múltiplos eventos climáticos extremos no Brasil, tais como secas históricas na Amazônia e Nordeste, e enchentes na Amazônia, Sul e Sudeste. Segundo relatórios do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), eventos extremos são associados à variabilidade natural do clima, mas podem ser intensificados com o aumento da temperatura resultante de mudanças climáticas. Durante o século XX, a temperatura global aumentou entre 1,4 °C e 5,6 °C, representando um aquecimento acelerado se comparado ao detectado no século anterior e possivelmente sem precedentes nos últimos 10.000 anos. O episódio da seca de 2013-2015 na Região Sudeste foi o mais intenso dos últimos 52 anos, causado pela atuação de uma anomalia, intensa e persistente área de alta pressão atmosférica sobre a Região, que inibiu a formação de chuvas e bloqueou a passagem de sistemas frontais e o desenvolvimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A combinação de baixos índices pluviométricos com o aumento da demanda por água e ausência de planejamento público são as causas da mais recente crise hídrica.

Palavras-chave: Crise hídrica; seca; mudanças climáticas; regime de chuvas; eventos extremos.

ABSTRACT

Over the past 30 years, there have been multiple extreme weather events in Brazil, such as historic droughts in the Amazon and Northeast Region, and floods in the Amazon, South and Southeast Regions. According to reports by the International Panel on Climate Change (IPCC), extreme events are associated with natural climate variability, but can be intensified by temperature increase resulting from climate change. During the 20th century, global temperature increased between 1.4 °C and 5.6 °C, displaying accelerated rise temperature compared to that detected in the previous century and possibly unprecedented in the last 10,000 years. The drought episode of 2013-2015 in the Southeast Region of Brazil was the most intense of the last 52 years, caused by an anomalous, intense and persistent area of high atmospheric pressure on the Region, which inhibited the formation of rains and blocked the passage of frontal systems and the development of the South Atlantic Convergence Zone (SACZ). The combination of low rainfall rates with increasing demand for water and lack of public planning are the causes of the latest water crisis.

Keywords: Water crisis; drought; climate changes; rainfall regime; extreme events.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	ÁREA DE ESTUDO	10
4	CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE	11
4.1	FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS.....	21
4.1.1	<u>El Niño</u>	21
4.1.2	<u>La Niña</u>	22
4.1.3	<u>Frentes Frias</u>	22
4.1.4	<u>Frentes Quentes</u>	23
4.1.5	<u>Frentes Oclusas</u>	24
4.1.6	<u>Ciclone Extratropical</u>	25
4.1.7	<u>Regime de Monções da América do Sul</u>	25
4.1.8	<u>Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS</u>	26
4.1.9	<u>Zona de Convergência de Umidade – ZCOU</u>	27
4.2	COBERTURA VEGETAL.....	28
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
6	ANÁLISE DA TRANSFORMAÇÃO NO PADRÃO DE CHUVAS DO SUDESTE A PARTIR DA SEGUNDA METADE DO SÉCULO XX	30
7	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados divulgados no Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (International Panel on Climate Change, IPCC), a temperatura média do ar global aumentou entre 0,6 °C e 0,8 °C durante o século XX. Estima-se que até 2100 a temperatura global pode aumentar entre 1,4 °C e 5,8 °C, representando um aquecimento acelerado quando comparado ao detectado ao século anterior, e possivelmente sem precedentes na história da Terra nos últimos 10.000 anos (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

O aumento da temperatura média terrestre pode causar diversos eventos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor, furacões e tempestades, além de desregular (enfraquecendo ou fortalecendo) fenômenos atmosféricos, como El Niño, La Niña e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (CAVALCANTI *et al.*, 2009). Como exemplos podemos citar a onda de calor na Europa em 2003, os furacões Katrina, Wilma e Rita no Atlântico Norte em 2005, e no Brasil, o furacão Catarina em 16 de março de 2004, a seca da Amazônia em 2005 e a recente crise hídrica do Sudeste de 2013-2015 (MARENGO *et al.*, 2015).

Nos últimos 30 anos foi possível observar tanto um aumento na frequência de chuvas fortes no verão e no inverno da Região Sudeste como episódios de seca (MARENGO *et al.*, 2015). Entretanto, não se pode restringir a análise desses eventos climáticos extremos a esta região apenas, uma vez que fazem parte de sua dinâmica atmosférica fenômenos de escala nacional, como a ZCAS, e global, como El Niño e La Niña (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Observa-se, nas últimas décadas, significativa diminuição na oferta de água para o abastecimento público da Região Sudeste do Brasil, afetando, sobremaneira, a economia da região mais populosa do país. De 2013 a 2015, o Sudeste passou por um intenso episódio de seca, com baixas taxas pluviométricas causadas pelo posicionamento anômalo do centro de alta pressão do Atlântico Sul sobre o continente, impedindo a chegada de umidade (COELHO *et al.*, 2016).

Entretanto, a crise hídrica comportou-se de formas diferentes dentro do Sudeste. O sudeste do estado de São Paulo, por exemplo, foi o mais afetado. O Reservatório do Cantareira registrou níveis baixíssimos de água – em janeiro de 2015 chegou a 5% de sua capacidade, o menor volume já registrado –, comprometendo o abastecimento de diversos municípios, principalmente da região metropolitana paulista (COELHO *et al.*, 2016). Por outro lado, o Norte Fluminense e o Espírito Santo estiveram sob influência da ZCAS, registrando recordes históricos de chuva (SOUZA *et al.*, 2014).

Conhecendo o real comportamento das chuvas no Sudeste, também será possível realizar uma maior e mais eficaz educação ambiental referente ao uso e consumo da água, contribuindo, assim, para a garantia da segurança hídrica da Região Sudeste.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento da precipitação na Região Sudeste durante o período caracterizado como crise hídrica.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Serão avaliadas, também, possíveis anomalias nos eventos atmosféricos atuantes na Região Sudeste e a consequência das mesmas sobre o regime de chuvas e sobre a disponibilidade hídrica.

3. ÁREA DE ESTUDO

A Região Sudeste, localizada entre as latitudes 14°15' S e 25°18' S e longitudes 39°39' W e 53°06' W, composta pelos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, é a principal região econômica do país, assim como a mais populosa (Figura 1). Compreendendo uma área de 924620,678 km², apresenta diversas características climáticas devido a sua amplitude latitudinal e geomorfologia variada.

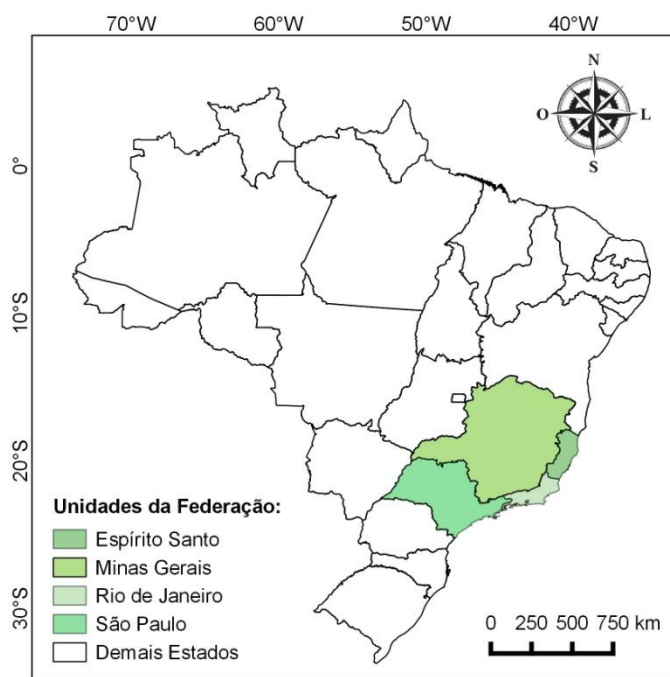


Figura 1: Mapa da Região Sudeste. Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2018).

4. CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE

Atravessada pelo Trópico de Capricórnio e com a maior parte de suas terras localizada nos trópicos, a Região Sudeste possui um considerável fluxo de energia ao longo do ano, elevada evaporação, distribuição espacial e temporal irregulares de precipitação, e participação importante de condições anticiclônicas, que fazem do Sudeste a região com a maior variedade de regimes climáticos do país (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Para a compreensão dos processos meteorológicos do Sudeste é necessário entender previamente o funcionamento de alguns fatores físicos estáticos e dinâmicos atuantes na Região, que agem simultaneamente e em interação constante.

Em relação aos fatores estáticos, um deles é a posição geográfica latitudinal da região. Localizada entre os paralelos de 14° S e 25° S, suas terras estão situadas na zona tropical. Concomitantemente, a presença do Oceano Atlântico no seu limite oriental exerce forte influência no clima e fenômenos atmosféricos.

Diferentemente das latitudes médias, onde as quatro estações ocorrem bem definidas, na zona tropical o ritmo das estações vai se tornando menos nítido ao se aproximar do Equador. A zona tropical também é submetida a forte radiação solar durante todo o ano, além de apresentar dias com proporção dia/noite praticamente constante no decorrer o ano. A radiação solar, juntamente com a presença de corpos hídricos, cria condições favoráveis à evaporação, e a Região Sudeste, por possuir litoral em toda sua extensão leste, possui intenso processo de evaporação e condensação (NÍMER, 1989).

Outro fator estático é a geomorfologia e disposição do relevo. O Sudeste é caracterizado pela topografia acidentada, apresentando um dos maiores contrastes morfológicos do Brasil. Segundo Cavalcanti *et al.* (2009), o gradiente altitudinal varia desde o nível do mar até níveis superiores a 2.000 m, o que reflete nos padrões de temperatura e precipitação (Figura 2).

A presença de serras favorece a precipitação, uma vez que aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica. As principais são: Serra do Mar (no setor leste da Região), Serra da Mantiqueira (entre SP, MG e RJ), Serra da Canastra e Serra do Espinhaço (MG). No âmbito dos fatores físicos estáticos também merece destaque a maritimidade/continentalidade, que influencia na disponibilidade de umidade e temperatura (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Segundo Cavalcanti *et al.* (2009), as características climáticas do Sudeste são reflexo da situação do escoamento atmosféricos médio, das condições oceânicas vizinhas (Atlântico Sul)

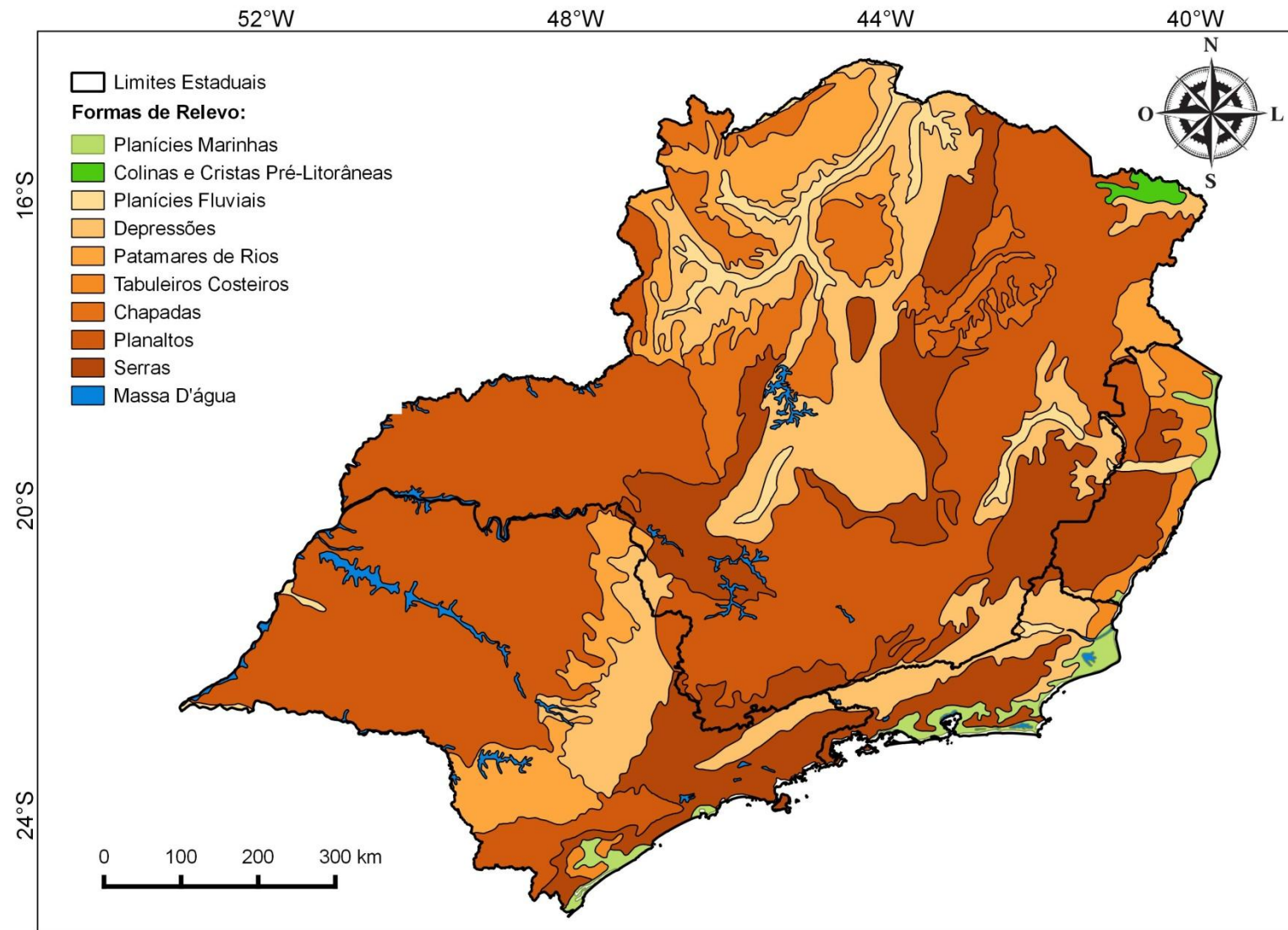


Figura 2: Mapa do relevo da Região Sudeste. Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2016).

e da situação dos centros de ação e perturbações gerais, que influenciam a penetração dos sistemas atmosféricos (fatores dinâmicos).

As condições climáticas na Região Sudeste possuem características transicionais tanto nos níveis zonal – por ser atravessada pelo Trópico de Capricórnio – como regional – por localizar-se em uma faixa de conflito entre sistemas tropicais e extratropicais, além de ter seus mecanismos de circulação controlados pela dinâmica da frente polar. Esses fatores, somados às características geográficas, conferem à Região a ocorrência de correntes tropicais marítimas de leste-nordeste (E-NE), correntes polares de sul (S) e correntes do interior de oeste-noroeste (W-NW) (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A associação entre orografia e sistemas frontais e pós-frontais garante à região centro-sul do Sudeste (sul de Minas Gerais e quase todo o território dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo) os maiores índices pluviométricos regionais (NÍMER, 1989) (Figura 3).

A distribuição da pluviosidade no Sudeste é fortemente influenciada pelos atributos geográficos e pela dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes na Região, tendo como características mais marcantes as grandes variabilidades inter e intra-anual e espacial. A distribuição espacial da pluviosidade sofre grande influência da disposição do relevo, da atuação de frentes polares e da continentalidade, formando quatro zonas de totais pluviométricos distintas na Região (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A primeira zona, compreendida pelo litoral paulista no sentido S-N, apresenta índices anuais de chuva com médias superiores a 2.000 mm, superando 4.500 mm em Bertioga, no litoral central paulista. O intenso fluxo de energia solar, aliado à presença de núcleos de condensação e do Oceano Atlântico (permanente suprimento de água) favorecem as precipitações. A presença de serras próximas à costa também influenciam na elevada precipitação. Por conta da maritimidade, essa zona conta com chuvas convectivas durante todo o ano, contribuindo para a permanente umidade e altas temperaturas. Chuvas frontais – frutos do encontro de massas tropicais e extratropicais – também são comuns, e podem ser intensificadas pela posição do relevo, promovendo resfriamento adiabático, que facilita a ocorrência de chuvas a barlavento (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A segunda zona pluviométrica estende-se do Rio de Janeiro ao oeste de Minas Gerais, na disposição SE-NW, abrangendo a Serra da Canastra e a Serra da Mantiqueira, que influenciam no regime de chuvas, cuja média anual é de 1.500 a 1.700 mm. Segundo Cavalcanti *et al.* (2009), nessa zona é observado, no verão, o equilíbrio dinâmico entre o anticiclone migratório polar e o sistema de alta pressão do Atlântico Sul, que resulta na

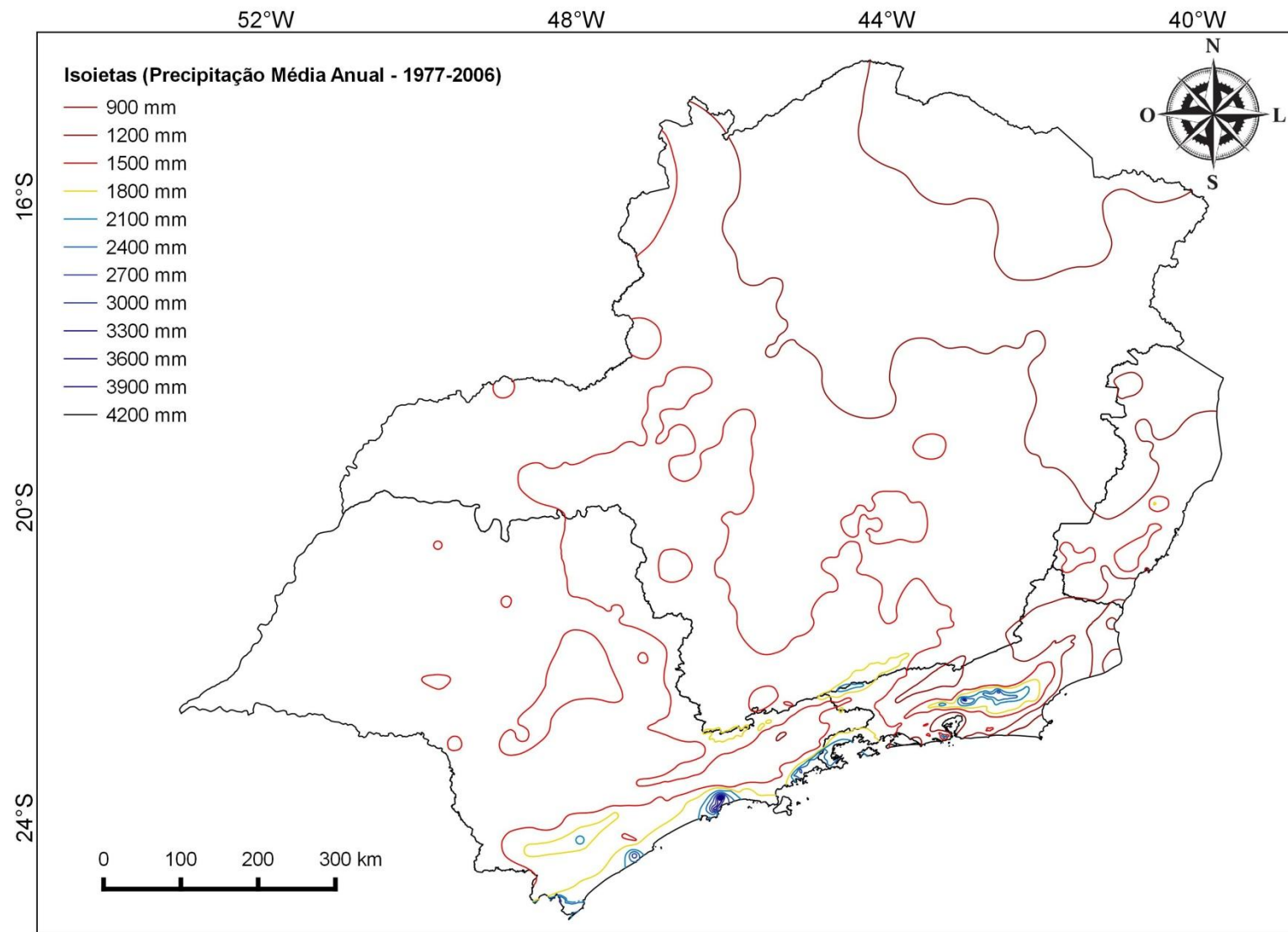


Figura 3: Mapa de precipitação média anual da Região Sudeste (1977 a 2006). Fonte: elaborado a partir de dados do da CPRM.

permanência das frentes frias na região. A precipitação nesse setor também é afetada pelas perturbações de oeste.

A terceira zona compreende o Planalto Ocidental paulista, o centro-norte mineiro, o norte fluminense e o Espírito Santo, e apresenta médias pluviométricas anuais de 1.250 a 1.400 mm. O principal fator gerador de chuvas locais é a chegada de frentes polares, entretanto, de forma menos intensa que no litoral (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A quarta e última zona pluviométrica, localizada no norte de Minas Gerais, apresenta a menor precipitação regional, abaixo dos 1.000 mm anuais. De acordo com Cavalcanti *et al.* (2009), o principal fator de precipitação local são as instabilidades tropicais, com influência muito discreta da frente polar, e os sistemas mais úmidos são barrados pelos anticiclones.

Seguindo o regime típico de regiões de clima tropical, o máximo pluviométrico da Região Sudeste verifica-se no solstício de verão (Figura 4) e o mínimo no solstício de inverno (Figura 5), assemelhando-se ao regime de chuvas no Brasil central (NÍMER, 1989). Mais especificamente, no centro-sul da Região o máximo ocorre quase sempre em dezembro, enquanto no Espírito Santo costuma ser registrado em fevereiro, e no litoral fluminense e paulista alguns postos pluviométricos assinalam o máximo em fevereiro ou março. Ou seja, por conta das dimensões geográficas do Sudeste, seu máximo pluviométrico varia dentro de sua extensão, mas certamente ocorre ao longo do verão climático, algumas vezes podendo ocorrer até mais de um pico pluviométrico (Figura 6).

Em contrapartida, o mínimo pluviométrico em toda a região ocorre em julho, sendo raros os casos de ser assinalado em junho ou agosto. O mínimo está relacionado à ausência de instabilidades tropicais, tornando a precipitação dependente quase que exclusivamente da ação dos sistemas frontais (NÍMER, 1989).

Assim como em outras regiões tropicais, a precipitação anual do Sudeste caracteriza-se por sua grande concentração em poucos meses, podendo chegar a mais de 50% em apenas três meses, com o restante distribuído durante o ano. Isso somado à orografia torna a distribuição espacial da precipitação no Sudeste complexa. Nas escarpas e serras o período de estiagem é curto devido às constantes chuvas orográficas, enquanto que nos vales a sotavento acontece o inverso. Quanto mais afastado do mar, maior o período de estiagem, marcando 5 meses no centro-norte de Minas Gerais e 6 meses no médio Vale do São Francisco e do Jequitinhonha, por exemplo (NÍMER, 1989).

Observa-se assim, que, apesar da Região Sudeste encontrar-se na zona tropical, ela apresenta pelo menos quatro domínios climáticos distintos: o de clima quente, clima

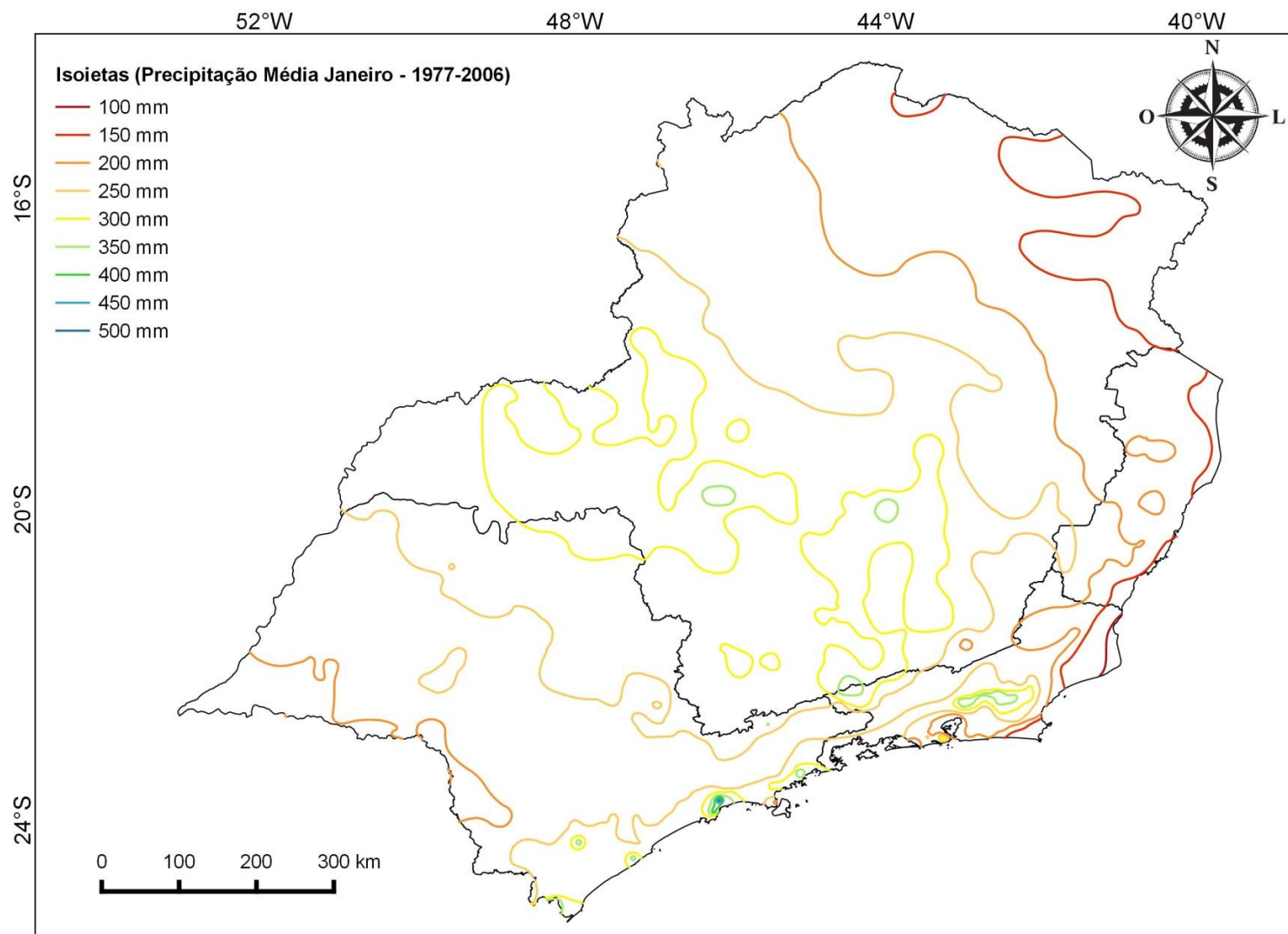


Figura 4: Mapa da média pluviométrica mensal do mês de janeiro na Região Sudeste, durante o período de máximo pluviométrico. Fonte: elaborado a partir de dados da CPRM.

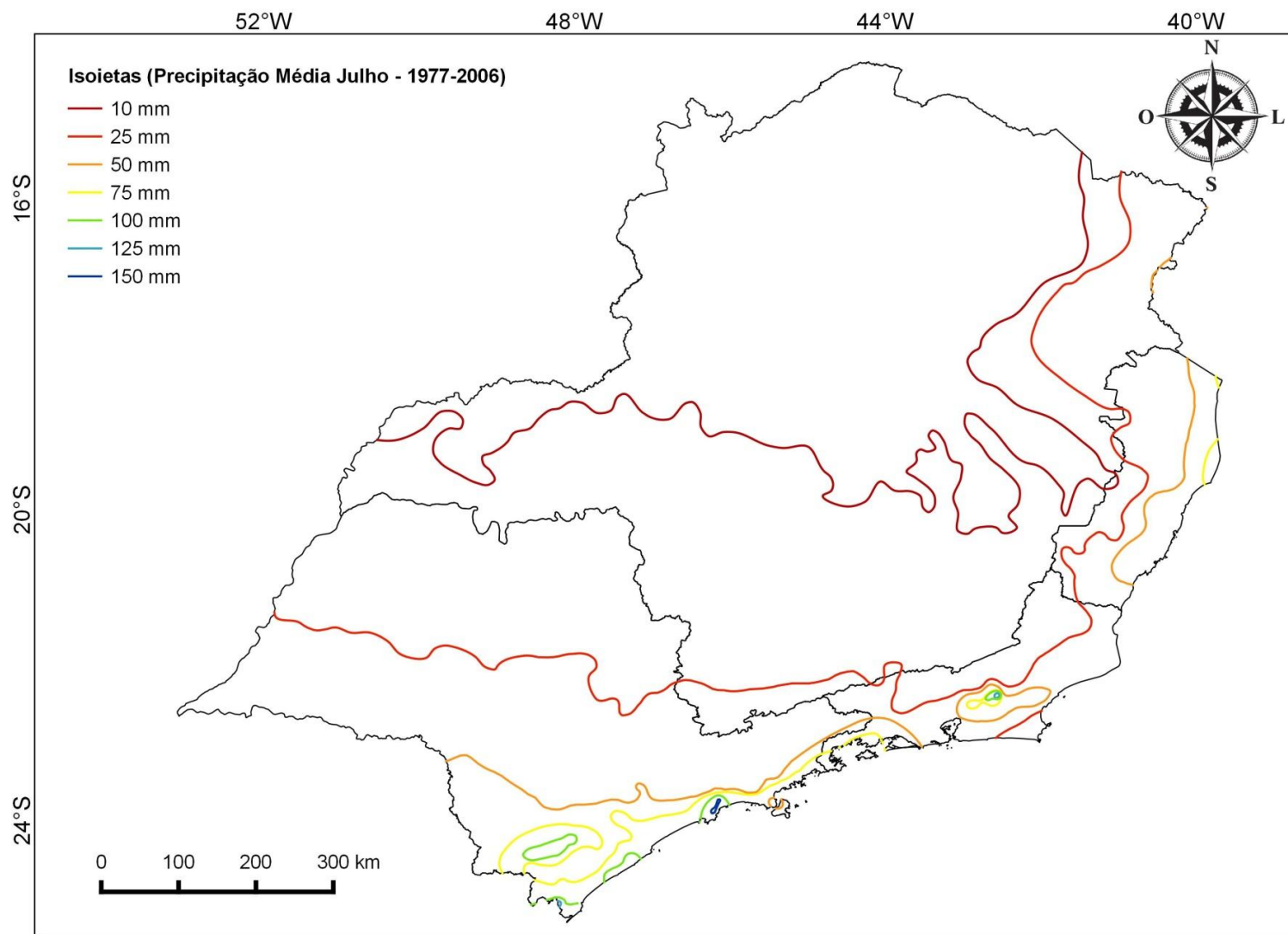


Figura 5: Mapa da média pluviométrica mensal do mês de julho na Região Sudeste, durante o período de mínimo pluviométrico. Fonte: elaborado a partir de dados da CPRM.

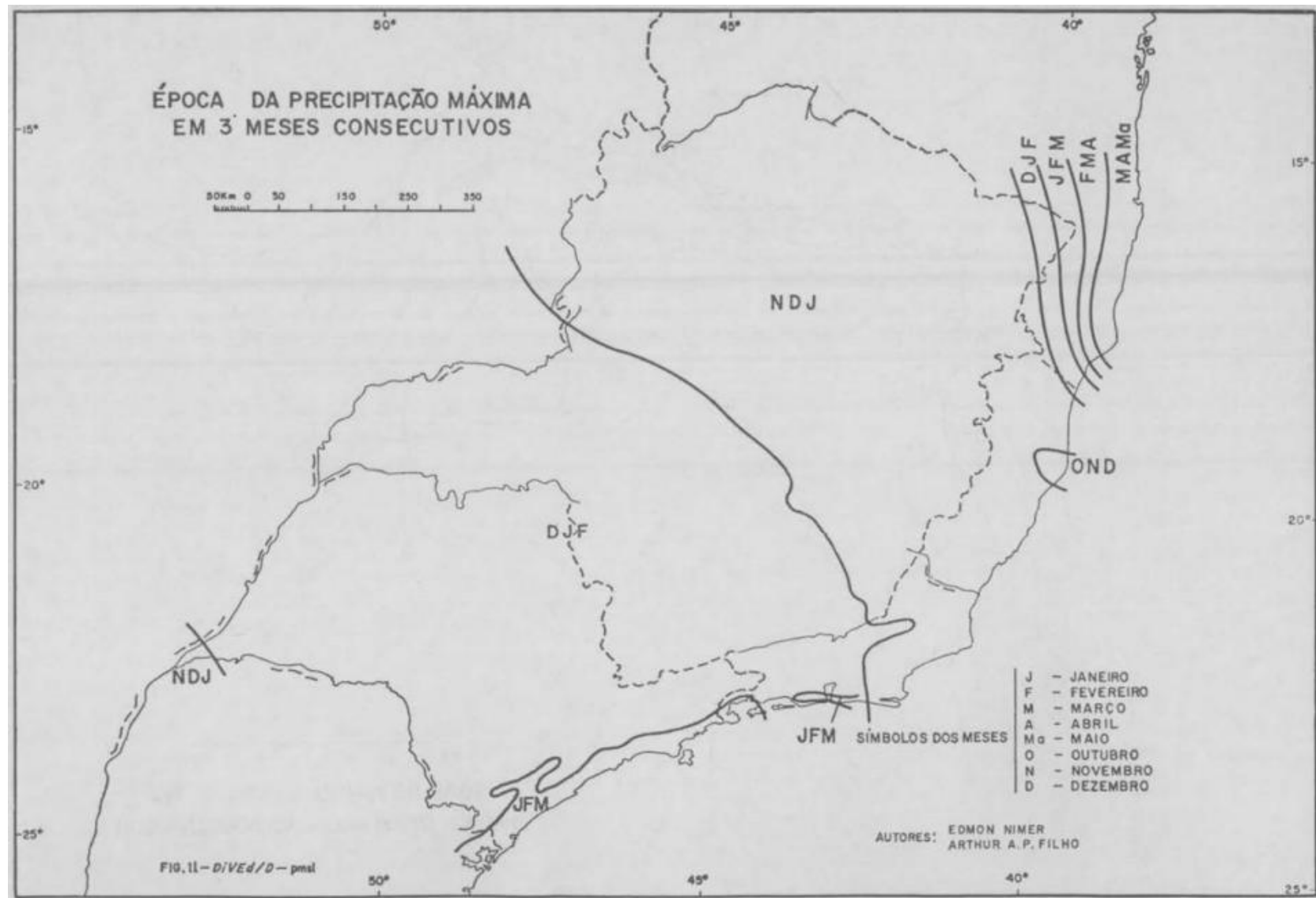


Figura 6: Mapa da época da precipitação máxima em 3 meses consecutivos na Região Sudeste. Fonte: NÍMER (1989).

subquente, clima mesotérmico brando e de clima mesotérmico médio (IBGE, 2002) (Figura 7).

O clima quente, que está presente em cerca de 44% do território regional (31,2% em MG, 5,6% em SP, 4,1% em ES e 2,6% no RJ), registra temperatura média superior a 18°C durante todo o ano. Compreende as áreas do Vale do São Francisco e noroeste de Minas Gerais, a encosta oriental do Espinhaço, a Zona da Mata mineira, as altitudes do Espírito Santo inferiores a 300 metros, o norte de São Paulo e o estado do Rio de Janeiro em altitudes inferiores a 250 metros. Em áreas de clima quente o inverno é ameno e a sensação de frio aparece com as invasões do anticiclone polar. O verão climático é identificado como quente e longo, de outubro a março ao sul e de setembro a março ao norte, com a máxima registrada em dezembro ou janeiro na maior parte do território (NÍMER, 1989).

Já o clima subquente compreende as áreas situadas imediatamente acima das cotas altimétricas supracitadas. Justamente pela altitude, esse clima possui temperaturas amenas no inverno e menor frequência de temperaturas elevadas no verão. Segundo Nímer (1989), essas áreas possuem pelo menos um mês – geralmente junho ou julho – com temperatura média inferior a 18°C. A temperatura média anual costuma ser inferior a 22°C, ultrapassando esse valor nos meses de verão.

O sul de Minas Gerais e as serras do Espinhaço, do Mar e Mantiqueira, justamente por sua configuração geomorfológica, possuem clima mesotérmico brando, ou seja, com temperaturas amenas durante todo o ano (média anual variando em torno de 18°C). Os verões costumam ser brandos, com temperatura em torno de 22°C, enquanto no inverno é possível observar temperaturas inferiores a 15°C.

Por fim, o clima mesotérmico médio aparece no Sudeste em áreas acima de 1600 metros de altitude nas serras do Mar, da Mantiqueira e do Caparaó. Nessas áreas, por conta do constante resfriamento adiabático, é raro observar calor até mesmo no verão (não havendo registros de temperaturas acima de 30°C). A temperatura média no verão é em torno de 17°C e no inverno, inferior a 14°C.

Por outro lado, se considerarmos o regime pluviométrico – ou a existência ou inexistência de seca (e sua duração) – é possível verificar que esses domínios climáticos apareçam em três tipos: clima superúmido, clima úmido e clima semiárido. E estes, por sua vez, compreendem seis variedades: sem seca, com subseca, com 1 a 2 meses, com 3 meses, com 4 a 5 meses e com 6 meses secos (NÍMER, 1989).

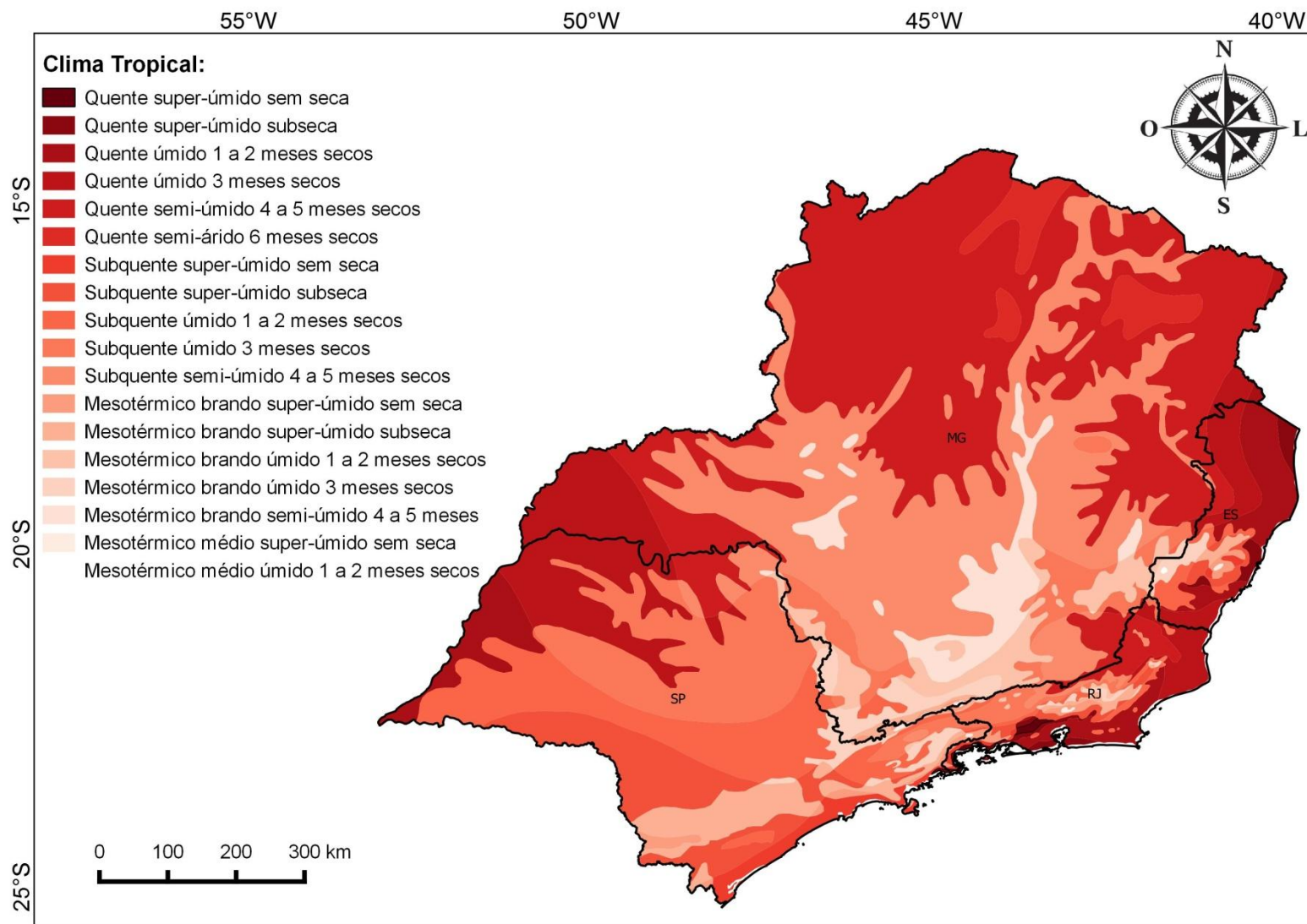


Figura 7: Mapa do clima da Região Sudeste. Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2002).

Aproximadamente 50% da Região Sudeste é constituída pelo domínio do clima superúmido e úmido, que compreendem o Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, além do sul de Minas Gerais. Dentro das áreas citadas, o clima superúmido, determinado pela existência de subseca ou ausência de seca, ocorre apenas no sul de São Paulo, na Serra do Mar, nos pontos mais elevados da Mantiqueira, na serra centro-sul capixaba e no litoral norte do Espírito Santo. As demais áreas desses estados, portanto, apresentam clima úmido, caracterizado por uma curta estação seca durante o inverno (média de 1 a 2 meses secos, podendo chegar a 3 meses).

Em contrapartida, o clima semiúmido é encontrado na maior parte de Minas Gerais, com estação seca bem definida, durando em média de 4 a 5 meses. Essas condições climáticas ocorrem também no baixo e médio curso do Rio Paraíba do Sul e na Zona da Mata mineira. Por fim, o norte de Minas Gerais encontra-se sob o domínio do semiárido, possuindo 6, em média, meses secos.

4.1. FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS

Como citado anteriormente, as chuvas na Região Sudeste tendem a se concentrar de outubro a março. Entretanto, a Região está sujeita a interferência de fenômenos atmosféricos que podem gerar anomalias positivas ou negativas no regime de chuvas, tais como El Niño e La Niña, por exemplo, que serão abordados separadamente a seguir.

4.1.1 El Niño

O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico tropical, que por sua vez alteram o padrão de circulação atmosférico a nível global, gerando secas em algumas regiões e chuvas excessivas em outras. No Brasil, esse fenômeno é identificado por episódios de seca no Nordeste e leste da Amazônia, chuvas intensas no Sul e temperaturas elevadas no Sudeste (INPE, 2018) (Figura 8).



Figura 8: El Niño nos meses de verão. Fonte: INPE (2018).

4.1.2 La Niña

Durante eventos de La Niña ocorre um resfriamento acentuado do Oceano Pacífico tropical, que, assim como o El Niño, gera consequências globais. Os extremos climáticos mais frequentes durante esse evento nos meses de dezembro a fevereiro no Brasil são a queda de temperatura na Região Sudeste e extremos chuvosos no Norte e Nordeste (INPE, 2018) (Figura 9).

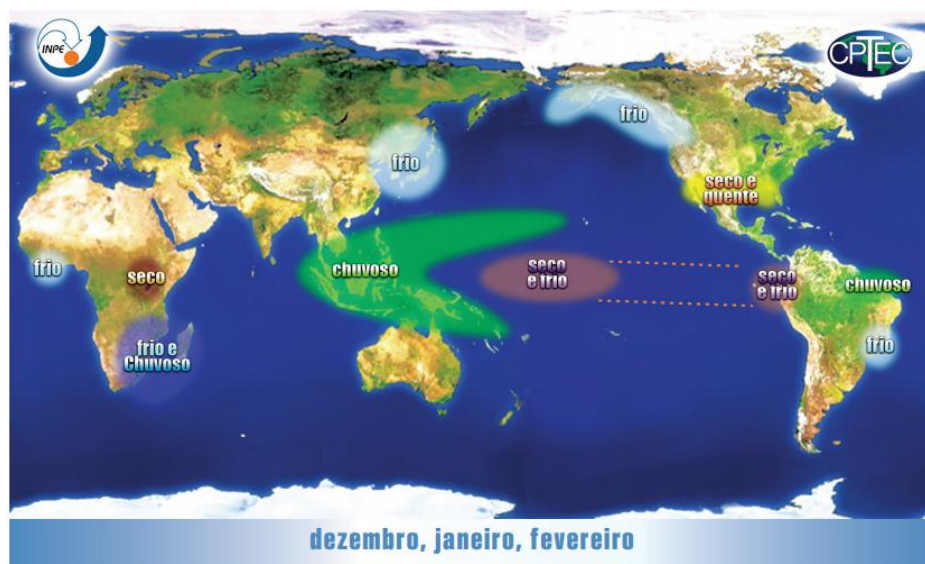


Figura 98: La Niña nos meses de verão. Fonte: INPE (2018).

4.1.3 Frentes Frias

As frentes frias afetam o tempo sobre a Região Sudeste durante todo o ano, geralmente deslocando-se no sentido SE-NE sobre o continente e oceano Atlântico adjacente. Durante o

inverno, esses sistemas são acompanhados de massas de ar de latitudes altas que costumam causar queda de temperatura durante sua passagem (Figura 10).

Durante o avanço das frentes frias no verão, elas interagem com o ar úmido e quente tropical, gerando convecção acentuada e chuvas fortes sobre o continente. Nesse período, as frentes frias costumam se posicionar ao longo da costa, na região da posição climatológica da ZCAS, originando períodos prolongados de chuva forte. De forma geral, as frentes frias ocorrem com maior frequência durante o inverno do que no verão, tendo sua máxima atuação registrada em julho (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

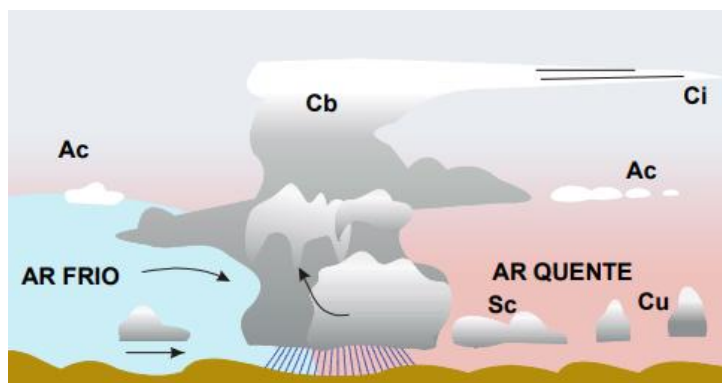


Figura 90: Modelo de uma frente fria, com o conjunto típico de nuvens associadas. Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

4.1.4 Frentes Quentes

Segundo Ribeiro e Seluchi (2015), “a formação de frentes quentes é altamente dependente dos sistemas de baixa pressão a leste dos Andes”. As frentes quentes são formadas pelo contato entre massas de ar quentes e frias, ocasionando a ascensão do ar quente – por ser menos denso –, resultando na formação de nuvens ao longo da frente. Ao avançar no sentido NW-SE (RIBEIRO, 2014), nota-se queda de pressão, diminuição da nebulosidade e aumento gradual da temperatura, podendo haver instabilidade suficiente para gerar tempestades e nevoeiros (Figura 11).

A maior parte das frentes quentes é observada durante o inverno, com frequência média de uma frente a cada 10 dias, em comparação com uma frente a cada 28 dias no verão. As frentes quentes podem preceder de ciclones extratropicais – principalmente na Bacia do Prata (RIBEIRO, 2014).

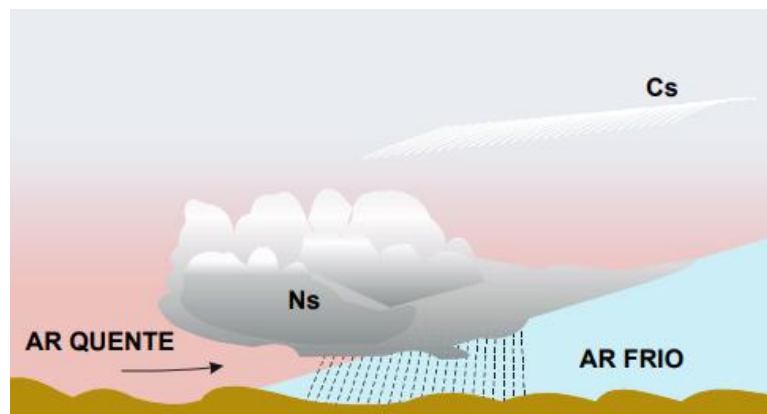


Figura 10: Modelo de uma frente quente, com o conjunto típico de nuvens associadas. Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

4.1.5 Frentes Oclusas

A divisão frontal entre massas de ar criada quando uma frente fria alcança e ultrapassa uma frente quente é denominada frente oclusa, que pode ser tanto fria como quente (Figura 12). A oclusão é dita do tipo fria quando o ar pós-frontal da frente fria é mais frio que o ar pré-frontal da frente quente. Esse ar mais frio mantém-se á superfície, persistindo ali a frente fria original (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Por outro lado, a oclusão do tipo quente ocorre quando o ar pós-frontal da frente fria é mais quente que o ar pré-frontal da frente quente, levando ao desaparecimento da frente fria original junto à superfície (VAREJÃO-SILVA, 2006).

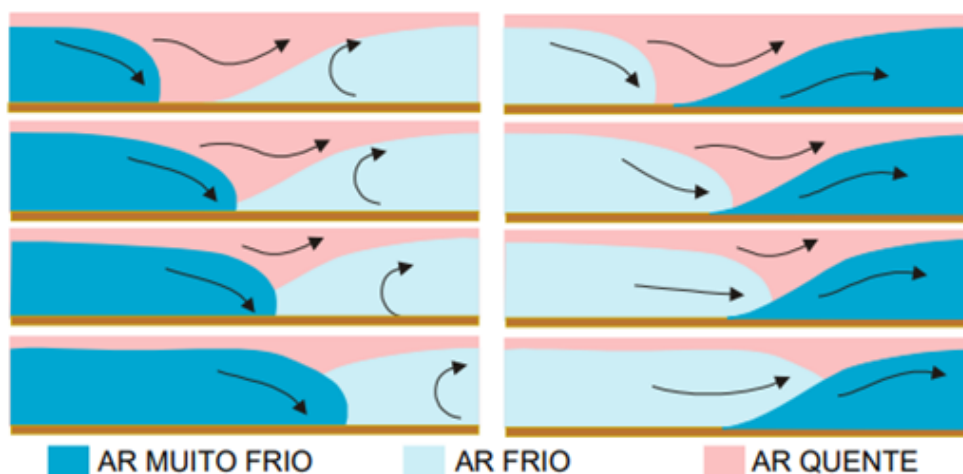


Figura 112: De cima para baixo, sequência temporal esquemática da oclusão do tipo frio (esquerda) e do tipo quente (direita). Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

4.1.6 Ciclone Extratropical

Ciclones extratropicais são sistemas de baixa pressão atmosférica, caracterizados por grandes regiões de circulação ciclônica, cujo período de formação é chamado ciclogênese (MENDES *et al.*, 2009). Os ciclones são formados por duas superfícies frontais: uma fria e outra quente. A frente fria desloca-se para a zona tropical, enquanto a frente quente dirige-se para o polo. A interação entre essas frentes gera uma onda de circulação horizontal – no Hemisfério Sul é identificada pelo deslocamento no sentido horário –, que permite a formação de um núcleo ciclônico à superfície (VAREJÃO-SILVA, 2006) (Figura 13).

Os ciclones extratropicais podem ser entendidos como perturbações que se propagam ao longo da Zona de Convergência Extratropical, podendo existir vários deles simultaneamente, em diferentes estágios de desenvolvimento. Sua passagem é marcada por fortes ventos e elevada precipitação.

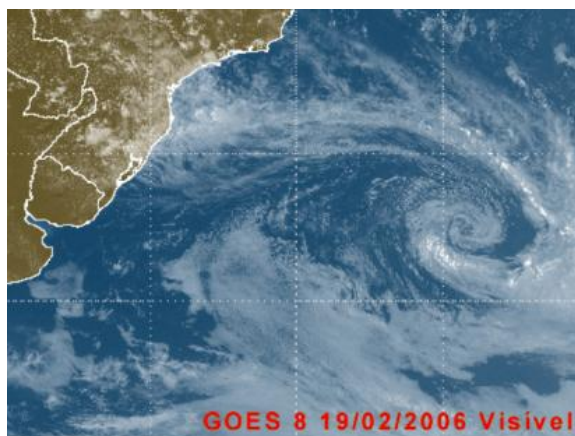


Figura 13: Ciclone extratropical associado a um sistema frontal no Atlântico Sul. Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

4.1.7 Regime de Monções da América do Sul

A circulação de monção é um dos principais sistemas atmosféricos de grande escala atuantes na faixa tropical, caracterizada pela reversão da direção dos ventos em baixos níveis durante a transição entre o inverno (mínimo pluviométrico) e o verão (máximo pluviométrico) devido ao contraste térmico entre o continente e o oceano adjacente. Apesar de na América do Sul não ocorrer essa inversão dos ventos, observa-se, em algumas regiões, um ciclo anual de precipitação bem definido, com verões chuvosos e invernos secos, fazendo com que ela seja considerada como uma região de monção (GAN *et al.*, 2016).

Por meio do escoamento em baixos e altos níveis, o Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) (Figura 14) contribui para a organização da convecção que alavanca a período chuvoso sobre as regiões central e Sudeste do Brasil, entre os meses de outubro e março.

Dentre as características atmosféricas que permitem a configuração de início da estação chuvosa sobre a América do Sul, em altos níveis estão a Alta da Bolívia e a configuração do jato de altos níveis, e em baixos níveis estão: o transporte de umidade proveniente da Amazônia pelos de jatos de baixo nível (JBN); redução da pressão atmosférica sobre a região do Chaco argentino (Baixa do Chaco); influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul sobre o escoamento continental; e a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (GAN *et al.*, 2016).

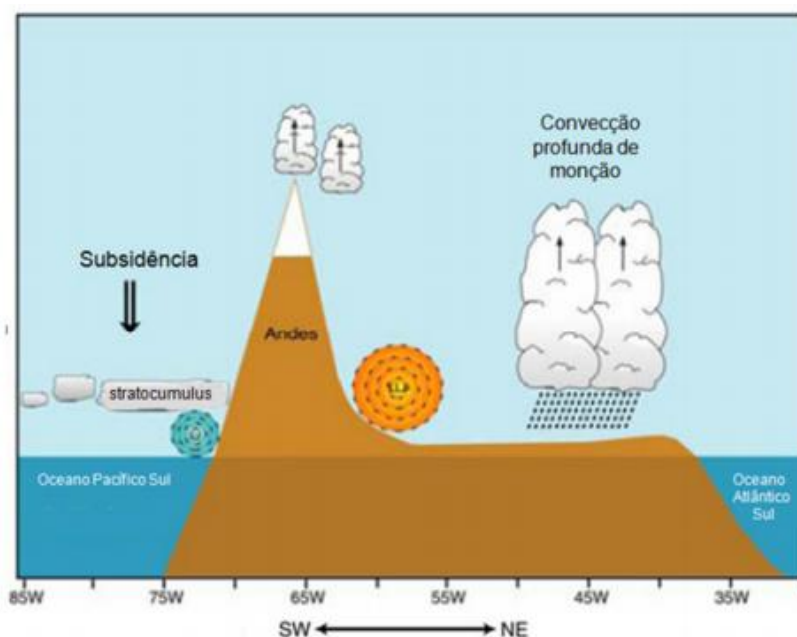


Figura 124: Esquema que representa o corte vertical durante a estação de verão no sentido sudoeste-nordeste, que apresenta a estrutura do jato de baixos níveis a leste da Cordilheira dos Andes, assim como a convecção relativa à atividade monçônica na região do Brasil central e o ar descendente a oeste dos Andes. Fonte: GAN *et al.*, 2016.

4.1.8 Zona De Convergência do Atlântico Sul - ZCAS

Um fator dinâmico que contribui para a elevada precipitação no Sudeste nos meses de verão é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS é uma banda de nebulosidade formada na Amazônia entre outubro e março, devido à intensa convecção, que se estende na orientação NW/SE, atravessando o Brasil até o Atlântico Sul (CAVALCANTI *et al.*, 2009) (Figura 15).

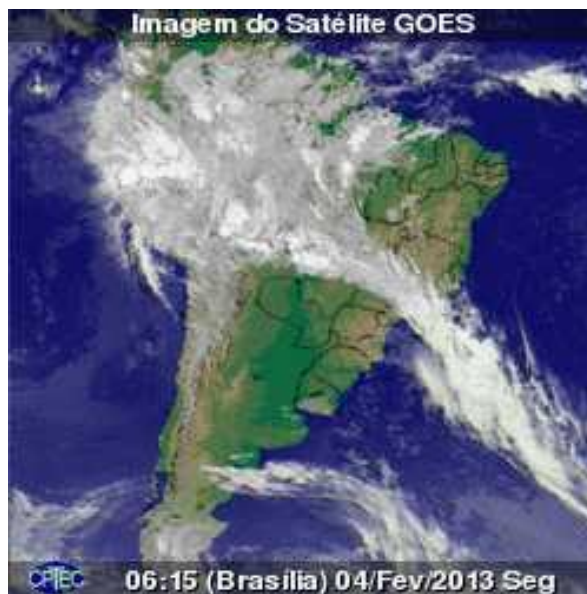


Figura 135: ZCAS. Fonte: CPTEC.

4.1.9 Zona De Convergência de Umidade - ZCOU

A Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) é um dos principais sistemas meteorológicos que garante o regime hídrico sobre a Região Sudeste (SACRAMENTO NETO *et al.*, 2010). Assim como a ZCAS, ela é definida como uma zona de convergência de umidade marcada pela presença de nebulosidade e precipitação intensa. Entretanto, o que a diferencia da ZCAS é o tempo de persistência e organização da banda de nebulosidade/precipitação, que na ZCOU dura, em média, três dias, além de sua distribuição espacial ser mais estreita e com menos aparência de canalização. Segundo Pallota e Nakazato (2011), uma ZCOU pode ser atribuída a uma situação pré-estabelecida de ZCAS em quadro de dissipação, em que ainda é possível identificar uma banda de nebulosidade organizada (Figura 16).

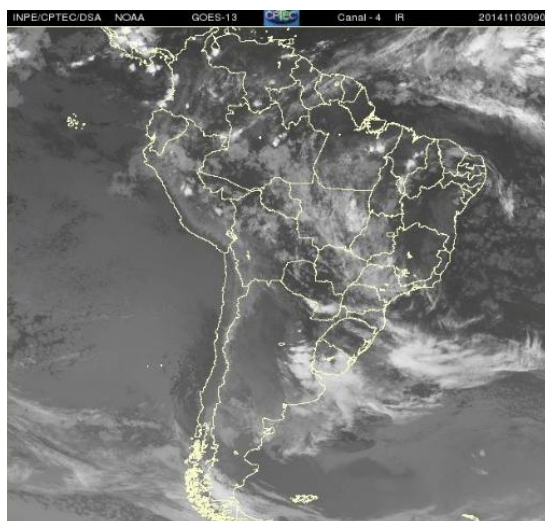


Figura 146: ZCOU posicionada no sentido NW-SE. Fonte: CPTEC.

4.2 COBERTURA VEGETAL

A Região Sudeste é composta por cinco biomas principais: a floresta ombrófila, a floresta estacional, a savana (ou cerrado), a vegetação pioneira e refúgios vegetacionais. Fragmentados por conta de atividades antrópicas, principalmente agrárias e que ocupam a maior parte da Região, esses biomas encontram-se dispersos pelo Sudeste (IBGE, 2004) (Figura 17).

A floresta ombrófila é associada a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25° C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano, com até 60 dias secos. Segundo dados do IBGE (2004), atualmente é encontrada no Espírito Santo e nas regiões serranas do Rio de Janeiro e São Paulo – as últimas são as regiões de maior índice pluviométrico do Sudeste (NÍMER, 1989; CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A floresta estacional também é característica de ambientes tropicais úmidos, entretanto, ela suporta um período de estiagem mais longo que a floresta ombrófila, perdendo suas folhas em tal período. Ocorre em trechos da Mata Atlântica fluminense e no norte de Minas Gerais. As florestas ombrófila e estacional possuem elevadas taxas de evapotranspiração, contribuindo para a manutenção da umidade e elevada precipitação nas áreas de seus domínios (IBGE, 2004).

As savanas são formações campestres que predominam em Minas Gerais, no domínio do clima tropical continental (quente úmido e semiúmido). São constituídas basicamente por campos arbustivos com árvores baixas e esparsas, podendo apresentar vegetação mais densa em zonas de transição com florestas e dependendo da disponibilidade hídrica (IBGE, 2004).

As áreas de vegetação pioneiras compreendem as restingas, os manguezais e os alagados, e são encontrados no litoral norte do Rio de Janeiro e no Espírito Santo. Por fim, os chamados refúgios vegetacionais são áreas onde a vegetação é constituída, de modo geral, por comunidades relíquias, e estão dispersas principalmente pelo estado de Minas Gerais e litorais do Rio de Janeiro e Espírito Santo (IBGE, 2004).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho em questão foi elaborado com levantamentos bibliográficos e cartográficos. Os dados utilizados do IBGE e do CPRM foram adaptados para a elaboração de mapas utilizando o programa livre QGIS (2018). Os conceitos abordados referentes ao clima e regime pluviométrico da Região Sudeste foram extraídos de trabalhos de Cavalcanti, Nímer, Varejão-Silva, Seluchi e Marengo, principalmente.

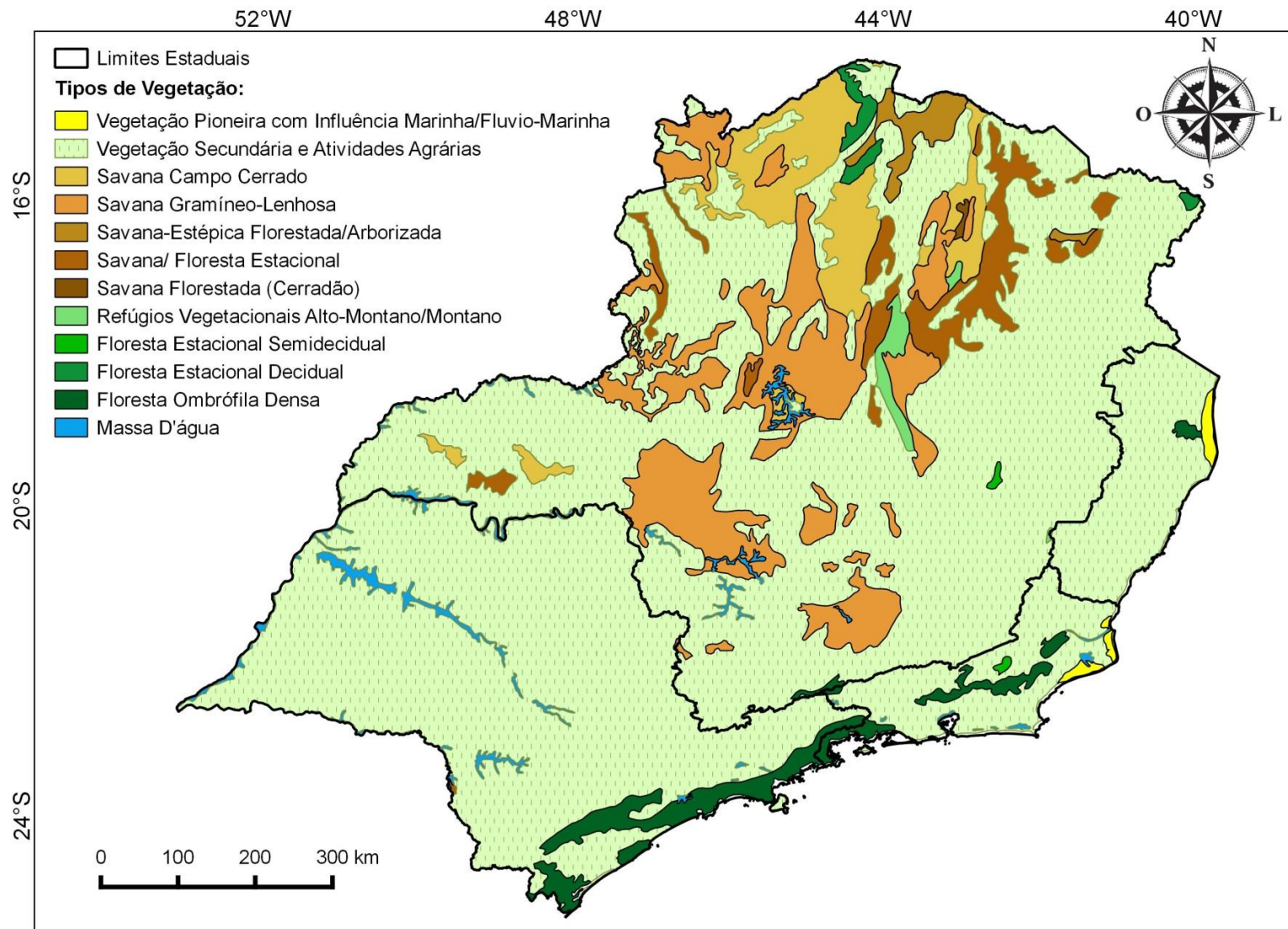


Figura 157: Mapa de uso e cobertura do solo na Região Sudeste. Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2004).

6. ANÁLISE DA TRANSFORMAÇÃO NO PADRÃO DE CHUVAS DO SUDESTE A PARTIR DA SEGUNDA METADE DO SÉCULO XX

Seria equivocado tratar o mais recente episódio de seca na Região Sudeste como um caso isolado. Nos últimos 30 anos aconteceram múltiplos eventos climáticos extremos no Brasil, tais como secas históricas na Amazônia em 2005 e 2010 e, na mesma região, enchentes de 2009, 2012 e 2014; e no Nordeste há registro de seca intensa em 2012 (MARENGO, 2014). Segundo o relatório do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), esses extremos são associados à variabilidade natural do clima, mas podem ser intensificados com o aumento de temperatura resultantes de mudanças climáticas (MARENGO, 2014).

O episódio que atingiu o Sudeste pode ser relacionado a diferentes fatores, como aumento da temperatura do ar e eventos de El Niño e La Niña anômalos. Segundo dados da Organização Meteorológica Mundial (OMM), a Região Sudeste registrou em 2013 temperaturas de 1°C a 2°C acima da média entre os anos 1961 e 1990. Não só o Sudeste, como também toda a América do Sul, apresentou aquecimento de 0,7°C até 1°C nos últimos 40 anos (MARENGO, 2014).

No que se refere ao padrão de chuvas, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) observou durante os anos 1950-2008 tendências de aumento de precipitação anual no Sudeste (0,6 mm/dia). Somado a isso, o relatório especial de extremos do IPCC (2012) sugere possível irregularidade de chuvas na América do Sul, com episódios extremos de chuva intensa mais frequentes na Bacia do rio da Prata e períodos secos mais longos entremeando dias muito chuvosos no Sudeste e Amazônia até o fim do século XXI (MARENGO, 2014). E especificamente para a Amazônia é projetado maior frequência de períodos secos, mais intensos e longos, correndo risco de virarem sazonais. Uma mudança drástica no padrão de chuvas da Amazônia afetaria toda a dinâmica atmosférica brasileira, uma vez que a floresta funciona como um grande dispersor de umidade por meio de JBN para latitudes médias.

Em janeiro e fevereiro de 2014 ocorreram anomalias positivas e negativas de precipitação no mundo inteiro, e uma das anomalias negativas afetou a Região Sudeste brasileira (Figura 18). No Sudeste, esses meses são caracterizados pelo máximo pluviométrico, porém, no ano em questão registrou-se apenas 20% a 30% da quantidade de chuvas prevista pela média histórica.

Segundo dados do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), em janeiro de 2014 foi registrado o fenômeno La Niña, que pressupõe temperaturas amenas para

o Sudeste (Figura 19). Entretanto, ocorreu o oposto do esperado. De acordo com o relatório do IPCC (2014), o aumento da temperatura média global, além de contribuir para o aumento de riscos de eventos extremos, também aumenta a possibilidade de eventos singulares de grande escala, ou seja, eventos ainda desconhecidos, como o apresentado na Figura 18 (SILVA DIAS, 2014).

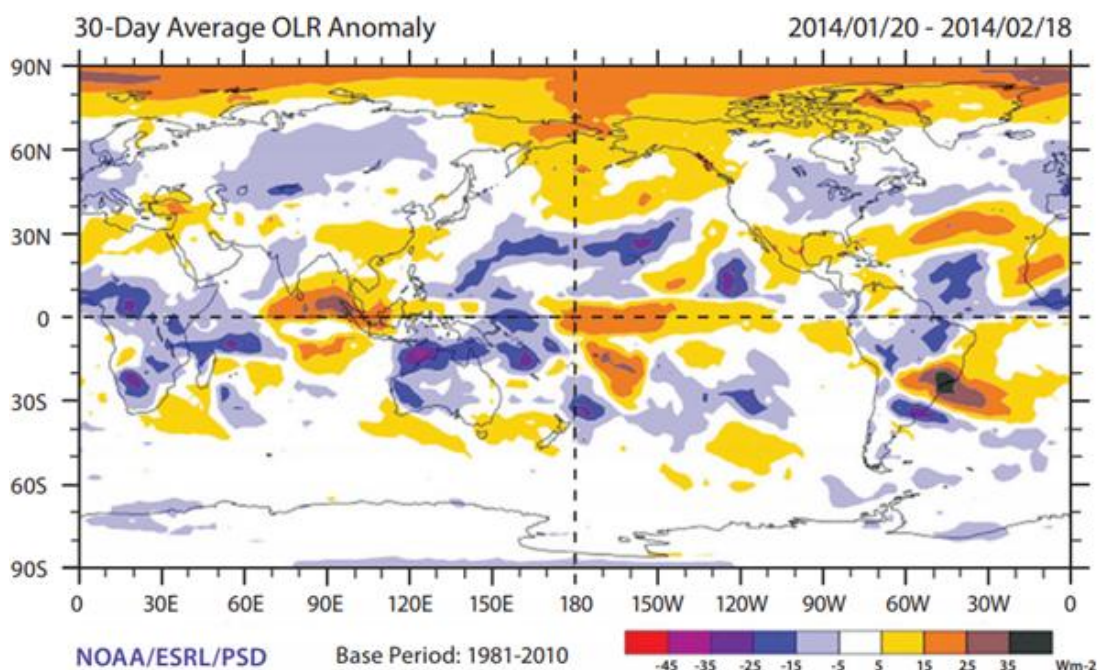


Figura 168: Mapa global de anomalias com relação a média do período 1981-2010 da radiação de onda longa emergente do planeta Terra medida a bordo de satélites meteorológicos. Fonte: SILVA-DIAS (2014).

Além da seca de 2013-2015, a Região Sudeste já passou por episódios de secas sazonais intensas, como em 1953, 1971 e 2001. A combinação de baixos índices pluviométricos (principalmente durante o verão), o grande crescimento da demanda de água, a ausência de planejamento adequado para o gerenciamento do recurso hídrico e a ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional de água são as causas da “crise hídrica” (MARENGO *et al.*, 2015).

Dentre as várias especulações sobre as causas dessa seca histórica estão: a variação natural do clima, o desmatamento da Amazônia e as mudanças climáticas globais. Por outro lado, uma crise hídrica é gerada por um conjunto de fatores que incluem falta de gerenciamento dos recursos hídricos e a escassez de chuva, como observado em 2001 e nos verões de 2013 a 2015 (MARENGO *et al.*, 2015).

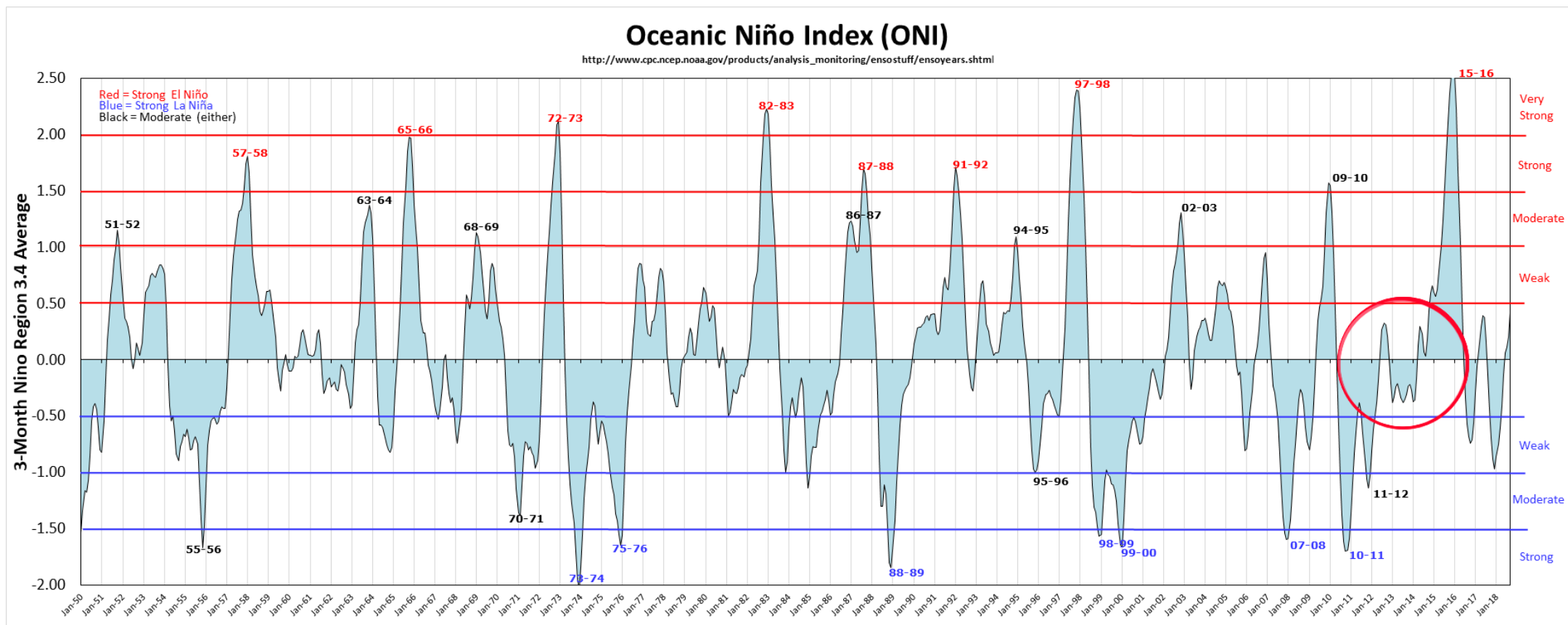


Figura 1917: Série histórica de eventos de El Niño e La Niña (1950-2018). Fonte: GGWEATHER (2018).

Como discorrido anteriormente, as precipitações sobre o Sudeste apresentam um ciclo anual bem definido, com máximos pluviométricos de dezembro a fevereiro (verão) e valores mínimos de junho a agosto (inverno). Por conta da Região possuir diversos sistemas meteorológicos atuantes sobre seu regime de chuvas, torna-se difícil identificar uma causa direta para a seca de 2013-2015 (MARENGO *et al.*, 2015).

De forma geral, seu regime de chuvas é influenciado pela atuação da ZCAS, pela passagem de frentes frias e pelas condições de forte instabilidade termodinâmica, “muitas vezes incrementada pela atuação do Jato de Baixos Níveis (JBN) que transporta umidade da Amazônia para o Sul e Sudeste do Brasil” (MARENGO *et al.*, 2015).

Em 2013, o início do período chuvoso, que normalmente ocorre no final de setembro-início de outubro, apresentou valores deficitários de chuva (anomalias negativas), seguido por um curto período com acumulados aproximadamente normais. Em dezembro de 2013 houve um episódio de ZCAS muito intenso e prolongado, que gerou as enchentes mais severas das últimas décadas na Bacia do Rio Doce. No final de dezembro e em janeiro de 2014 iniciou-se um período seco considerado o mais seco dos últimos 52 anos. Segundo Marengo *et al.* (2015), “a causa para essa grande escassez de chuva foi a atuação de uma anomalia, intensa e persistente área de alta pressão atmosférica nos níveis baixos e médios da atmosfera”, que durou cerca de 45 dias.

A região de alta pressão inibiu a formação de chuvas e “bloqueou” a passagem de sistemas frontais e o desenvolvimento da ZCAS, deixando o ar mais seco e estável. Esse sistema permaneceu sobre o Sudeste até meados de fevereiro de 2014, quando foi deslocado por uma frente fria relativamente intensa (Figura 20).

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), a média histórica de precipitação sobre a região do Cantareira durante janeiro (1983-2014) é de 268 mm. Em comparação, durante janeiro de 2014 foi registrado apenas 87,9 mm. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014, apud MARENGO *et al.*, 2015), observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país desde 2012.

Projeções para o final do século XXI sobre o clima da América do Sul indicam intensificação da ZCAS e mudança de sua posição, podendo posicionar-se mais acima do oceano e de precipitação em latitudes superiores a 20° S. Tal mudança no padrão de precipitação é comumente relacionada ao fenômeno El Niño. Como dito previamente, o período chuvoso (PC) do Sudeste – que representa de 50% a 80% da precipitação anual –

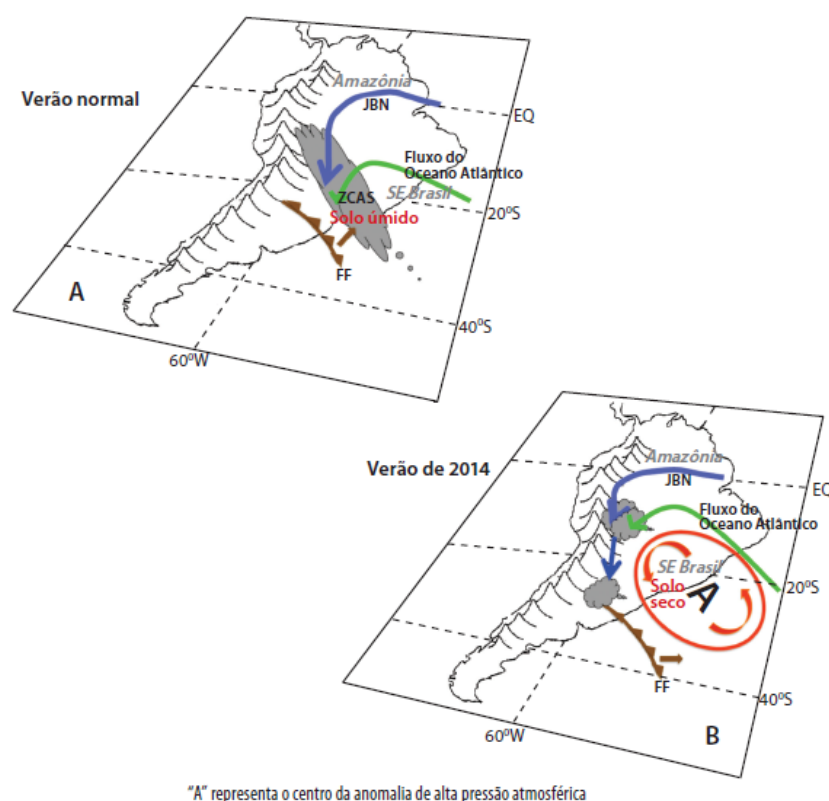


Figura 180: Elementos relevantes ao transporte de umidade na América do Sul a leste dos Andes pelos jatos de baixo nível (JBN), frentes frias (FF) e transporte de umidade do Atlântico Sul, assim como a presença da ZCAS, para um verão normal ou climatológico (A) e para o verão seco de 2014 (B). Fonte: MARENGO *et al.* (2015).

concentra-se entre outubro e março. Entretanto, nos anos em que foram observadas anomalias no início do período chuvoso (IPC) também foram registradas temperaturas mais quentes nas águas do Pacífico equatorial (IPC começou mais cedo) ou mais frias (IPC começou tardiamente) (MINUZZI *et al.*, 2006). Todavia, segundo Minuzzi (2006), essa variabilidade apresentada na Região Sudeste encontra-se dentro dos limites do desvio padrão e não aparenta ser tão forte como em outras regiões tropicais.

Em episódios passados de El Niño classificados como fortes (1982/83 e 1997/98), o período chuvoso do Sudeste terminou tardiamente, principalmente no estado de São Paulo (Figura 18). Por outro lado, no “El Niño duplo” de 1986/88 o PC terminou precocemente. Assim, é possível deduzir que o fenômeno possui capacidade de influenciar o PC de diferentes maneiras, tornando difícil prever qual das alternativas ocorrerá em um ano de El Niño. Segundo Minuzzi *et al.* (2006), em função da extensão da região Sudeste do Brasil, a tendência é que, em média, o El Niño não exerça influência no IPC, bem como na precipitação trimestral, salvo no extremo sul da região, nos dois primeiros trimestres do ano.

Por meio de análise de séries pluviométricas é possível deduzir as alterações climáticas que poderão ocorrer no território brasileiro ao longo do século XXI. Instituições como a

Agência Nacional de Águas (ANA) possuem dados históricos de suas redes de observação, que consistem de observações e registros pluviométricos diários em estações distribuídas pelo país. No Relatório Nº 2 do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007), “*Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias e Extremas*”, G. Obregón e J. Marengo compilaram informações pluviométricas diárias de 1981 a 2000, obtidas da ANA, da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), do Instituto Tecnológico SIMEPAR e dos Centros e Laboratórios Estaduais de Meteorologia.

Os autores tiveram como critério de seleção das estações a continuidade diária das séries pluviométricas; análises gráficas de evolução da variável com o tempo; análises diária, mensal e sazonal da variância das séries; e análises de médias parciais e desvios acumulados na média.

Por meio dos dados obtidos, G. Obregón e J. Marengo (MMA, 2007) elaboraram um mapa de precipitação média diária anual (Figura 21), no qual é possível observar elevados índices pluviométricos na Região Norte, atingindo 10 mm/dia. Na Região Sudeste, o litoral de São Paulo, o sul fluminense e mineiro apresentam os maiores índices regionais, variando de 4 a 6 mm/dia.

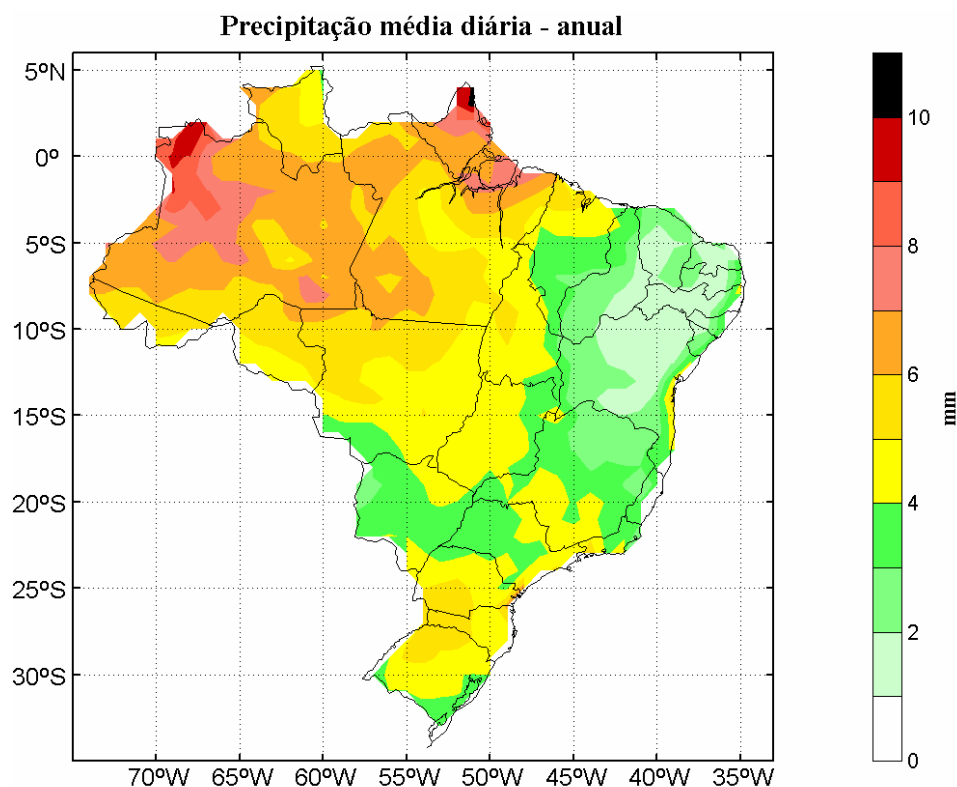


Figura 191: Mapa de precipitação média anual (1981-2000) em mm/ dia. Fonte: MMA (2007).

Já para o estudo de tendências da precipitação e temperatura no Brasil são necessárias séries temporais hidrometeorológicas longas, contínuas e homogêneas. As instituições nacionais que fornecem tais informações são: a ANA, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a SUDENE e Centros e Laboratórios Estaduais de Meteorologia, dos quais foram coletados dados pluviométricos mensais para o período de 1951 a 2000. Para as análises de precipitação foram selecionadas estações que representem quatro regiões do país: Iauarete (Amazônia), Campo dos Cavalos (Nordeste), Monte Alegre do Sul (Sudeste) e Dona Francisca (Sul). Já para a temperatura selecionaram-se as seguintes estações: São Gabriel da Cachoeira (Amazônia), Natal (Nordeste), Catanduva (Sudeste) e Porto Alegre (Sul).

A respeito da tendência de precipitação total anual (Figura 22), observam-se valores negativos sobre o extremo noroeste da Amazônia e em postos isolados sobre Minas Gerais e Rio de Janeiro, com valores entre -180 e -2000 mm/ década. Enquanto isso, em São Paulo observa-se tendências positivas significativas, com valores entre +160 e +200 mm/ década.

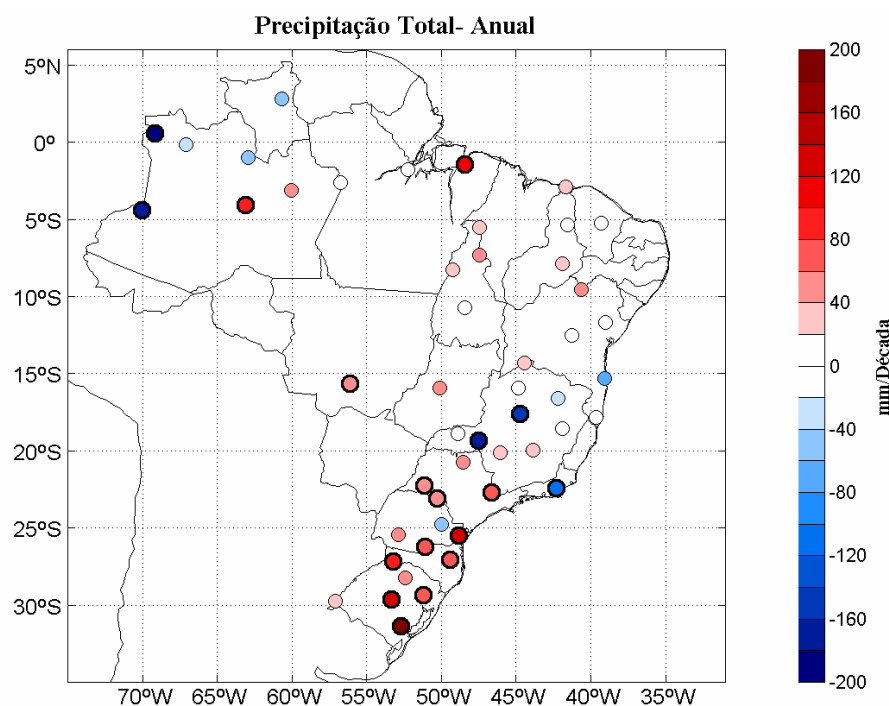


Figura 202: Mapa de tendência da precipitação total anual (1951-2000) em mm/ década. Fonte: MMA (2007)

A respeito das tendências da temperatura média anual (Figura 23), a porção norte da Amazônia e a região da Zona da Mata Mineira registram valores negativos de até -0,4 °C/ década. No restante do Brasil, os valores são positivos, entre +0,3 e +0,4 °C/ década.

(aproximadamente 1,2 a 1,6 °C em 40 anos), com exceção do norte do Rio Grande do Sul e norte de São Paulo, onde as tendências são mínimas (MMA, 2007).

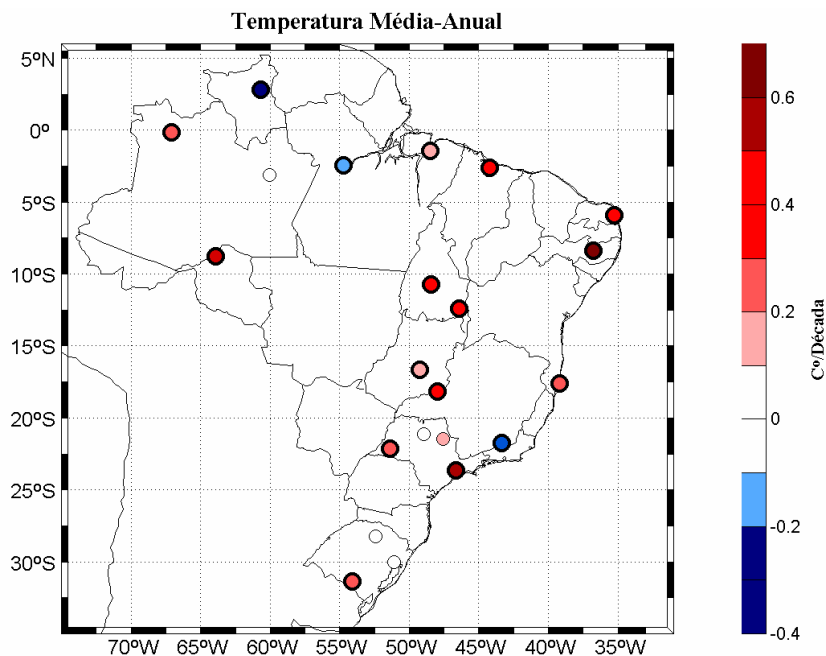


Figura 23: Mapa de tendência da Temperatura máxima média anual (1961-2000) em °C/década. Fonte: MMA (2007).

7. CONCLUSÕES

A dinâmica atmosférica da Região Sudeste é interconectada com diversos fenômenos climáticos da América do Sul, como o SMAS, a ZCAS e as frentes. Por esses motivos não é correto tratar o episódio da seca de 2013-2015 como um caso isolado. Alterações em sistemas na Amazônia, por exemplo, podem desencadear diversas transformações no regime de chuvas do Sudeste.

Apesar de o IPCC afirmar a ocorrência de mudanças climáticas globais, a densidade de estações meteorológicas no Brasil é insuficiente para se afirmar, por meio da variável precipitação, que a seca de 2013-2015 foi efeito de mudanças climáticas. Analisando-a sob o ponto de vista meteorológico, ela pode estar relacionada à variabilidade natural do clima.

Em 40 anos, notou-se um aumento de até 0,6 °C/ década no Sudeste no período de 1961 a 2000, contabilizando um aumento de aproximadamente 1,4 °C. A respeito dos índices de precipitação total, houve discrepância dentro da Região, com diminuição de -120 mm a -200 mm anuais no Rio de Janeiro, Triângulo Mineiro e Norte de Minas, e aumento de até +80 mm/ano no estado de São Paulo e sul mineiro.

O aumento no índice pluviométrico em São Paulo, estado mais atingido pela seca de 2013-2015, entretanto, não significa que os problemas referentes à crise hídrica estão sanados. As recentes transformações climáticas facilitam a ocorrência de eventos extremos, como o crescimento do índice de temporais, caracterizados por elevada precipitação em curto período de tempo, com longos períodos de estiagem entremeando os dias úmidos. Sem um planejamento público adequado associado ao aumento da demanda e mau uso da água, a Região pode enfrentar outros episódios de seca.

A compreensão das causas e consequências da crise hídrica de 2013-2015 é essencial para o planejamento urbano e tomada de decisão, como adoções de medidas preventivas e mitigadoras contra possíveis eventos futuros similares, pois os dados apresentados sugerem um aumento na frequência e intensidade. Tais medidas necessitam ser tomadas não somente no Sudeste, mas também a nível nacional, uma vez que os fenômenos atmosféricos atuantes na Região ocorrem em diferentes partes do país, como o fenômeno das monções e a ZCAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil 2014*: Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. Brasília: ANA, 2014. 31 p. Relatório técnico. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>>. Acesso em: 8 de junho de 2018.

CAVALCANTI, I. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. ed. 1. São Paulo. Oficina de Textos. 2009. 465 p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). *Atlas Pluviométrico do Brasil – Arquivos Digitais*. Rio de Janeiro, CPRM, 2016. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>>. Acesso em: 15 de agosto de 2018.

COELHO, C. A. *et al. A seca de 2013 a 2015 na Região Sudeste do Brasil*. Climanálise, São José dos Campos. 2016. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2018.

CPTEC, INPE. *Possível ocorrência de El Niño durante OND-2018*. 2018. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

ESRL-NOAA. *Physical Sciences Division. Multivariate ENSO Index (MEI)*, 2006. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/ARcHivEd=MeI/200611/mei.html>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

GAN, M. A. *et al. Monção da América do Sul*. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/ganetal.pdf>>. Acesso em 4 de dezembro de 2018.

GGWEATHER. *El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI)*. 2018. Disponível em: <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

INPE. *Monitoramento de El Niño durante DJF-2019*. 2018. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Informações Ambientais*. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 12 de agosto de 2018.

INSITTUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Mapa de Biomassas*. 2004. Disponível em:

<<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 15 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/vegetacao/10872-vegetacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 12 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Clima*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 12 de agosto de 2018.

MARENGO, J.; NOBRE, C.; SELUCHI, M.; CUARTAS, A.; ALVEZ, L.; MENDIONDO, E.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. *A Seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo*. Revista USP. São Paulo. N. 106, p. 31-44. Julho/agosto/setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101/108684>>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

MARENGO, J. *O futuro clima do Brasil*. Revista USP, São Paulo, n. 103, p. 25-32, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287863798_O_futuro_clima_do_Brasil>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

MENDES, D.; MOURA, R.; MENDES, M. *Estudo de Caso de Ciclone Extratropical Sobre a América do Sul: Sensibilidade das Análises*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 4, p. 399-406. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v24n4/a03v24n4>>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Relatório Nº 1: Caracterização do clima no Século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC*. São Paulo: MMA, 2007. 185 p. Relatório técnico. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_1.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Relatório Nº 2: Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas*. São Paulo: MMA, 2007. 91 p. Relatório técnico. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_2.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2018.

MINUZZI, R. *et al. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da Região Sudeste do Brasil*. Geografia (UEL), Londrina, v. 15, n. 2, jul/dez. 2006. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/geografia>>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

National Weather Service. Cold & Warm Episodes by Season. NOAA. Disponível em <http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

National Oceanic and Atmospheric Administration. *Precipitable Water – El Niño – 1917 – 1919*. NOAA. Disponível em: <<https://sos.noaa.gov/datasets/precipitable-water-el-nino-1917-1919/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

NÍMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

PALLOTA, M.; NAKAZATO, R. *Caracterização de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), em Janeiro e Fevereiro de 2010*. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP, São Paulo. Disponível em: <http://dca.iag.usp.br/material/ritaynoue/aca-0523/2014_1oS_SIN2/pallotta_nakazato.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

QGIS Versão 2.18 (64 bits), 2018. Software Download. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html#>. Acesso em: 10 de agosto de 2018.

RIBERIRO, B. Z. *Climatologia Sinótica das Frentes Quentes no Sudeste da America do Sul*. 2014. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), INPE, São José dos Campos. Disponível em: < <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18/2014/01.27.16.59/doc/publicacao.pdf>> . Acesso em: 10 de outubro de 2018.

RIBEIRO, B. Z.; SELUCHI, M.; *Diferenças Sazonais das Frentes Quentes no Sudeste da América do Sul*. In: XII Congresso Argentino de Meteorologia, 2015, Mar Del Plata. Anais do XII Confremet, 2015. v. 12. Disponível em: < http://cenamet.org.ar/congremet/wp-content/uploads/2018/09/T001_Ribeiro.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. *Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos*. CPTEC. XVI Congresso de Meteorologia, 2010. Disponível em: < http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/695_86757.pdf>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

SILVA DIAS, M. *Eventos climáticos extremos*. Revista USP, São Paulo, n. 103, p. 33.40. 2014. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99178>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

SOUZA, L. S *et al.* *ZCAS de Dezembro de 2013 no Estado do Espírito Santo: Atualizando a série histórica de previsão quantitativa das chuvas*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2014, Recife – PE. Anais do XVIII CBMET, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285587918_ZCAS_de_Dezembro_de_2013_no_Estado_do_Espirito_Santo_Atualizando_a_serie_historica_e_previsao_quantitativa_das_chuvas_ABSTRACT>. Acesso em: 13 de dezembro de 2018.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. Instituto Nacional de Meteorologia, Recife, 2006, p. 463. Disponível em: < http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.