



A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo

*José A. Marengo, Carlos Afonso Nobre,
Marcelo Enrique Seluchi, Adriana Cuartas,
Lincoln Muniz Alves, Eduardo Mario Mendiando,
Guillermo Obregón, Gilvan Sampaio*

resumo

A maior parte da estação chuvosa de 2014 transcorreu com valores de chuva inferiores à média histórica sobre a porção sudeste do país, incluindo o Sistema Cantareira. A causa principal para a grande falta de chuva foi a atuação de um intenso, persistente e anômalo sistema de alta pressão atmosférica que prejudicou o transporte de umidade da Amazônia, assim como a passagem/desenvolvimento dos principais sistemas causadores de chuva, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul e as frentes frias. Esse sistema, denominado de bloqueio atmosférico, teve uma duração de 45 dias, fato que resulta extremamente raro. A combinação dos baixos índices pluviométricos, o grande crescimento da demanda de água e o ineficiente gerenciamento desse recurso têm gerado uma “crise hídrica” durante os anos 2014 e 2015.

Palavras-chave: seca; crise hídrica; São Paulo; Cantareira; chuva.

abstract

During most of the rainy season in 2014, the Southeast of Brazil – including the Cantareira reservoir system – received below-normal rainfall. The main cause leading to that heavy lack of rain was an intense, persistent and anomalous high-pressure system blocking moisture flow from the Amazon and the development and passage of cold front systems and the South Atlantic Convergence Zone, which are responsible for rainfall in this region during summer. This blocking system lasted for 45 days, which is extremely rare. Low rainfall amounts coupled with an increased demand for water and an inefficient water management system led to the so-called “water crisis” during 2014, which extended into 2015.

Keywords: *drought; water crisis; São Paulo; Cantareira reservoir system; rainfall.*

Há mais de duas décadas, os cientistas e ambientalistas têm alertado para o fato de a água doce ser um recurso escasso em nosso planeta. Desde o começo de 2014, o Sudeste do Brasil adquiriu uma clara percepção dessa realidade em função da seca que o assola. Outras regiões ou estados do Brasil, como o Nordeste, já vivenciaram e vivenciam até hoje esse fe-

nômeno, e até o Amazonas e o Pantanal têm sofrido, esporadicamente, com estiagens prolongadas. Além da questão climática, os especialistas apontam outros responsáveis para o problema da falta de água, como as políticas não adequadas de gestão dos recursos hídricos e a falta de educação ambiental dos cidadãos, que se traduz em alta poluição e desperdício de água.

A Região Sudeste do Brasil já experimentou secas sazonais intensas, como em 1953, 1971 e 2001. Na atualidade, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está vivenciando uma das maiores secas da sua história. A combinação de baixos índices pluviométricos, principalmente durante os verões de 2013-2014 e 2014-2015, 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 da água têm gerado a denominada “crise hídrica”. Pode-se dizer que

esta era uma “crise anunciada” em função da demanda crescente e do histórico de situações hídricas semelhantes (por exemplo, durante a “crise do apagão”, em 2001-2002). Os baixos acumulados pluviométricos sobre a maior parte do estado de São Paulo e, em particular, sobre a região do Sistema Cantareira, localizado na divisa entre os estados de São Paulo e Minas

Este estudo representa uma contribuição da Rede Clima e do INCT-Mudanças Climáticas, através dos projetos CNPq 573797/2008-0 e Fapesp 57719-9.

JOSÉ A. MARENGO é pesquisador sênior do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden.

CARLOS AFONSO NOBRE é presidente da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes .

MARCELO ENRIQUE SELUCHI é chefe da Divisão de Operações do Cemaden.

ADRIANA CUARTAS é pesquisadora do Cemaden.

LINCOLN MUNIZ ALVES é pesquisador do Centro de Ciência do Sistema Terrestre – CCST do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe.

EDUARDO MARIO MENDIONDO é coordenador-geral do Cemaden.

GUILLERMO OBREGÓN é pesquisador do CCST/Inpe.

GILVAN SAMPAIO é pesquisador do CCST/Inpe.

Gerais, afetaram significativamente a disponibilidade hídrica dos reservatórios.

O complexo de represas do Cantareira, considerado um dos maiores sistemas de abastecimento de água potável do mundo, produz 33 mil litros de água por segundo para o abastecimento de cerca de 8,8 milhões de pessoas residentes na RMSP e de cidades nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (ANA, 2014). Em função das chuvas muito inferiores à média histórica e das temperaturas máximas extremas, a vazão dos rios que alimentam os reservatórios dos sistemas de abastecimento e das usinas hidrelétricas das regiões Sudeste e Centro-Oeste, de maior consumo de energia, atingiu a menor marca da história.

Muitas são as especulações sobre as causas dessa seca histórica: variação natural do clima, desmatamento da Amazônia, mudanças climáticas globais, entre outras. Em geral, pode-se dizer que a crise hídrica é gerada por uma conjunção de fatores que incluem a falta de gerenciamento dos recursos hídricos e a escassez de chuva, como observado em 2001 e agora nos verões de 2013-2014 e 2014-2015.

Embora seja prematuro e difícil estabelecer uma relação direta de causa e efeito entre os fatores climáticos e a crise hídrica na Região Sudeste, ou uma atribuição de causa dessa seca (variabilidade natural e/ou influência humana), neste artigo se apresenta uma discussão sobre as causas meteorológicas que provocaram a seca dos verões de 2013-2014 e 2014-2015, e a atual situação hidrológica e seus impactos na RMSP.

Com essa finalidade, foram analisados a circulação atmosférica regional, os totais pluviométricos e as correspondentes anomalias (diferenças entre os valores observados e a média histórica) nos meses característicos da estação chuvosa, outubro a março, com ênfase nos meses de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014, sobre a região do Sistema Cantareira. Foram também utilizados indicadores de volume e vazão armazenada no sistema e sua evolução até 2015, a fim de se classificar de forma objetiva a qualidade da estação chuvosa passada e os seus impactos nas vazões de entrada e do volume armazenado no Cantareira.

SITUAÇÃO METEOROLÓGICA NO SUDESTE DO BRASIL DURANTE O VERÃO DE 2013-2014

Climatologicamente as precipitações sobre a Região Sudeste do Brasil apresentam um ciclo anual bem definido, com volumes máximos nos meses de dezembro a fevereiro (verão) e valores mínimos durante o período junho-agosto (inverno). Os sistemas meteorológicos atuantes na Região Sudeste são diversos, com origens e influências também diversas, o que dificulta identificar uma causa direta para a seca do verão de 2013-2014.

Em geral, o regime de chuvas nessa região é influenciado pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (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 o Sudeste do Brasil.

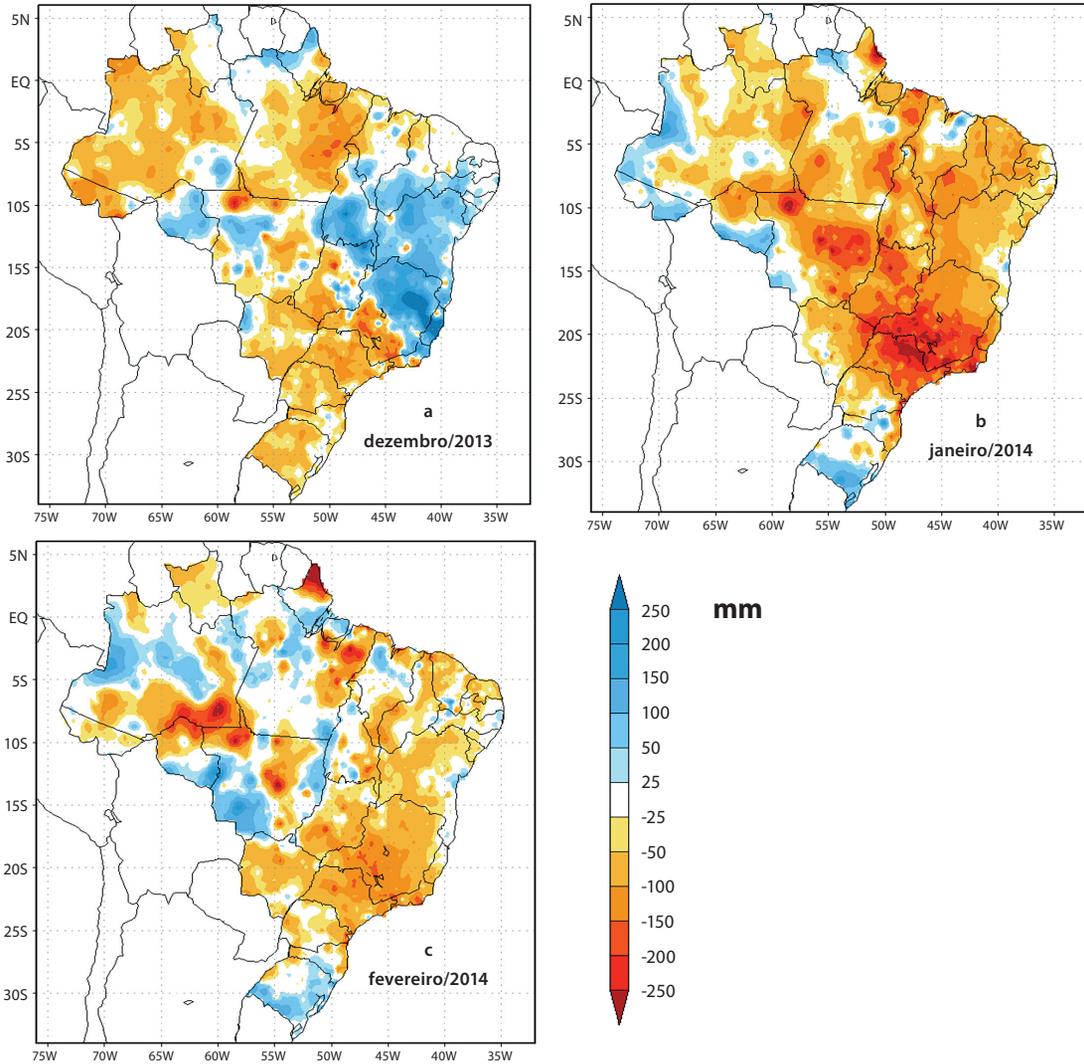
Chuva e circulação atmosférica

Cabe destacar que na região do Sistema Cantareira a estação chuvosa começa, em média, no final do mês de setembro e se encerra no mês de março. Os meses de novembro a março são responsáveis, em média, por 72% da precipitação total anual. Já a estação chuvosa (dezembro a fevereiro) representa 47% do total anual esperado na Região Sudeste.

O início da estação chuvosa (a partir do 1º de novembro) apresentou um período com predomínio de valores deficitários de chuva (anomalias negativas) até aproximadamente o dia 20, seguido de um curto período com acumulados aproximadamente normais. No mês de dezembro de 2013, um episódio de ZCAS muito intenso e prolongado, alimentado por um fluxo de umidade desde a Amazônia com forte convergência nos baixos níveis, gerou as enchentes mais severas das últimas décadas na bacia do Rio Doce (Marengo et al., 2014). As chuvas foram favorecidas pela forte convergência de umidade sobre o Espírito Santo e a Zona da Mata Mineira, que foi compensada por divergência de umidade ao norte e,

FIGURA 1

Anomalias de chuva observadas (em mm) para o período dezembro de 2013 (a), janeiro e fevereiro de 2014 (b, c)



Escala de cores à direita. Anomalias dizem respeito à média climatológica de longo termo 1961-90. Os tons de azul indicam ocorrência de chuvas superior à média climatológica, e os tons avermelhados indicam valores inferiores à média climatológica (escala na parte direita da figura).

Fonte: CPTEC/Inpe, INMET, Cemaden, Sabesp

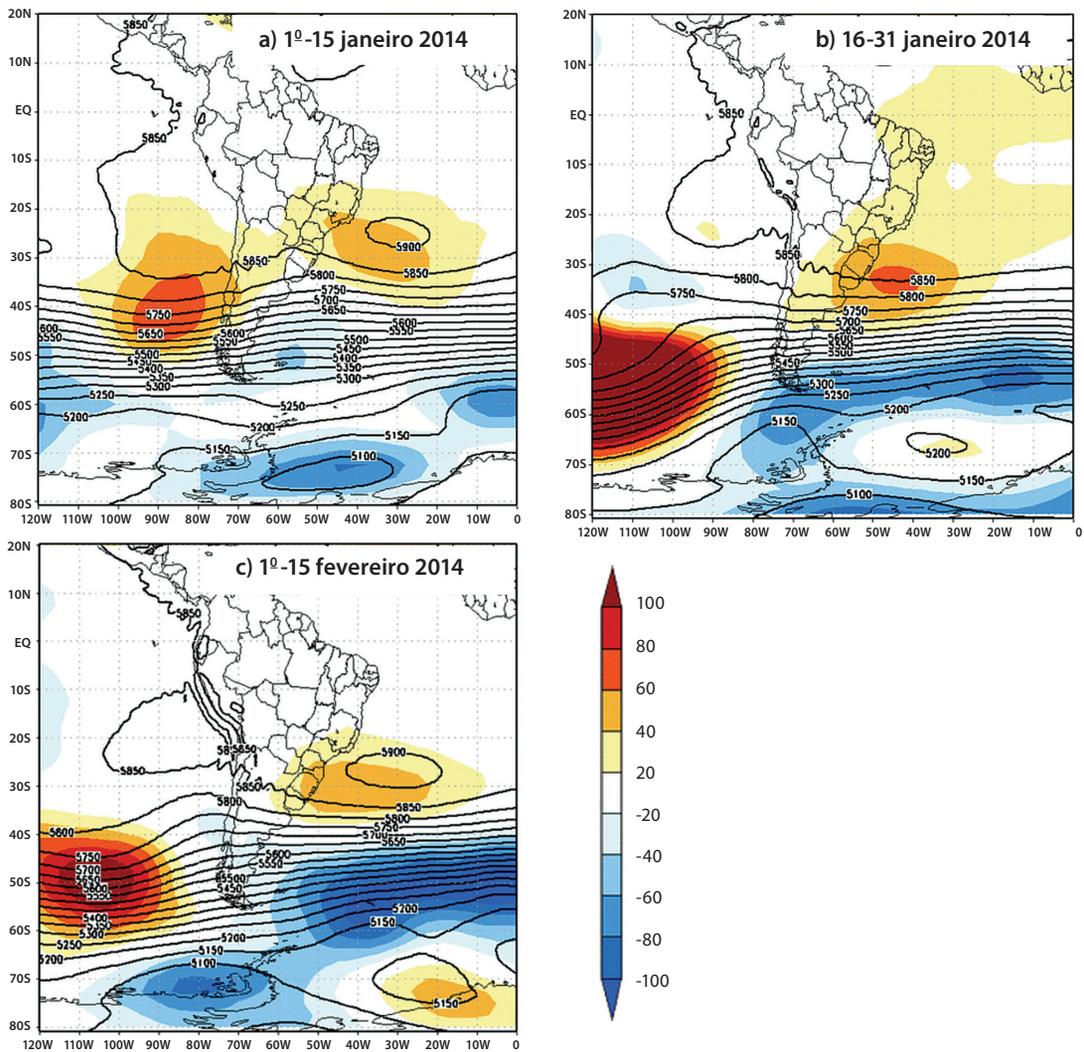
especialmente, ao sul da ZCAS, iniciando assim o período de estiagem sobre São Paulo. O episódio de final de dezembro de 2013 foi sucedido pelo mês (janeiro de 2014) mais seco dos últimos 52 anos na região do Sistema Cantareira (Figura 1a-c). A causa para a grande escassez de chuva foi a atuação de uma anomalia, intensa e persistente área de alta pressão atmosférica nos níveis baixos e médios da atmosfera (Figura 2 a-c), que se estabeleceu nos primeiros dias desse mês sobre

o Oceano Atlântico subtropical, influenciando a circulação atmosférica sobre a Região Sudeste.

O anticiclone anômalo teve uma duração de aproximadamente 45 dias, desde início de janeiro até meados de fevereiro de 2014, provocando índices de chuva sobre a região do Cantareira muito inferiores à média histórica (Nobre et al., 2015). A tendência descendente do ar no âmbito do sistema de alta pressão transportou ar muito seco dos níveis mais altos da atmosfera para as proximidades

FIGURA 2

Campo médio de altura geopotencial e anomalias correspondentes



Nível de 500 hPa (semelhante à pressão atmosférica a aproximadamente 6.000 m de altura)

Fonte: CPTEC/Inpe

da superfície, inibindo o levantamento do ar úmido necessário para a formação das chuvas.

Em outras palavras, a região de alta pressão deixou o ar mais seco e estável, inibiu a formação das pancadas de chuva típicas da estação e, ainda, “bloqueou” a passagem de sistemas frontais, assim como o desenvolvimento da ZCAS, e do fluxo de umidade da Amazônia. Por essa razão, esse tipo de sistema é tecnicamente conhecido como “sistema de bloqueio atmosférico”. O bloqueio atmosférico permaneceu até meados do mês de fevereiro de 2014, quando uma frente fria relativamente inten-

sa conseguiu deslocar o sistema de alta pressão e afastá-lo do continente. As precipitações do mês de fevereiro (Figura 1a-c) também foram altamente deficitárias na maior parte da Região Sudeste, especialmente no centro-sul de Minas Gerais e no centro-leste do estado de São Paulo, justamente na região de captação do Sistema Cantareira. De fato, a umidade transportada pelo JBN da Amazônia não penetrou no Sudeste do Brasil e foi desviada para o oeste da Amazônia, gerando as chuvas intensas e enchentes nos estados de Acre e Rondônia no verão de 2014 (Espinoza et al., 2014).

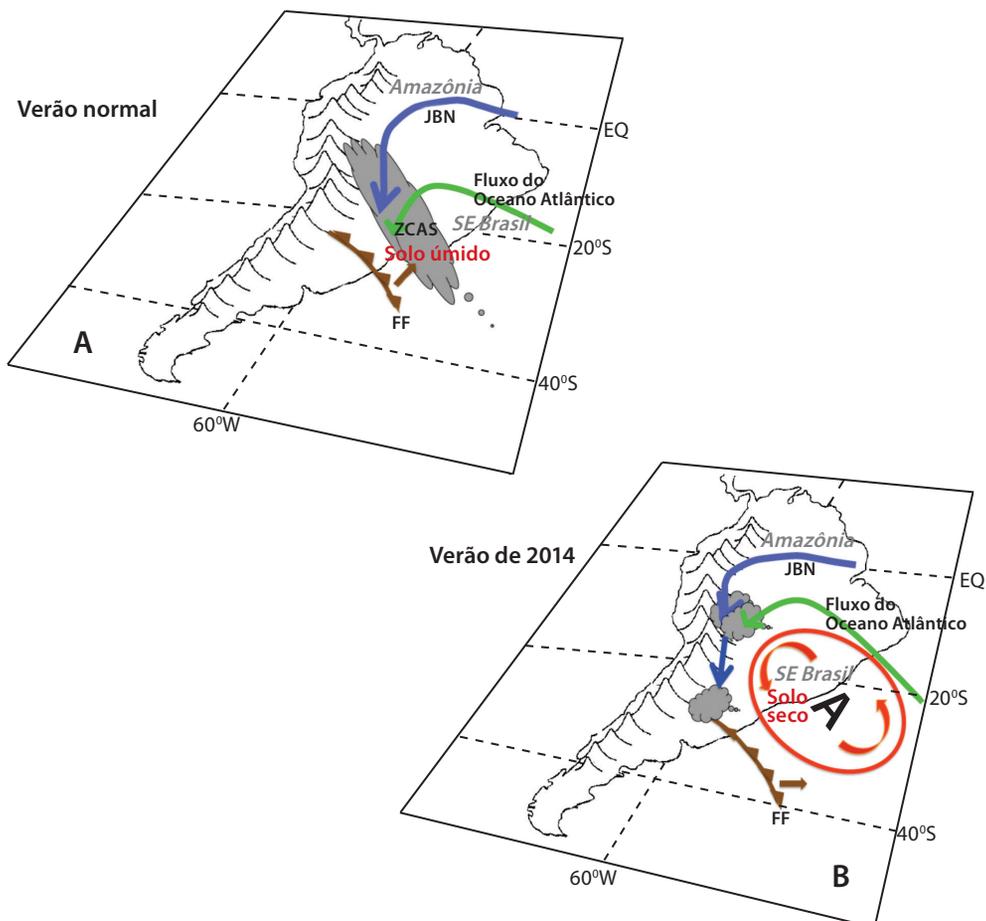
A Figura 3 mostra um esquema conceitual da circulação de baixos níveis de superfície durante um verão normal (Figura 3a) e o verão seco de 2014 (Figura 3b). Num verão normal as chuvas na Região Sudeste são favorecidas pelo fluxo de umidade proveniente da Amazônia, muitas vezes transportado pelo JBN, que contribui para o desenvolvimento da ZCAS, a ativação dos sistemas frontais que vêm do Sul (FF) ou bem para alimentar as típicas pancadas de chuva de final de tarde. Na estação chuvosa de 2013-2014 a presença do anticiclone de boqueio, indicado pela letra "A" se estabeleceu durante a maior parte do verão sobre o Sudeste do Brasil, não permitindo

a entrada do fluxo de umidade da Amazônia nem o avanço das frentes frias, que ficaram estacionadas sobre o Sul do Brasil e foram desviadas para o Oceano Atlântico Sul. A ZCAS não se configurou nesse período, e o fluxo de umidade da Amazônia foi desviado pela ação do bloqueio para o sul e oeste da Amazônia, gerando chuvas intensas e enchentes records nessa região. O JBN levou umidade para o Sul do Brasil, gerando também chuvas intensas.

Cabe ressaltar as fortes quedas na precipitação observadas na Figura 1 entre os primeiros dias de janeiro de 2014 e meados de fevereiro, durante os quais predominou o bloqueio atmosférico aponta-

FIGURA 3

Elementos relevantes ao transporte de umidade na América do Sul a leste dos Andes pelos Jato de Baixos Níveis (JBN), frentes várias (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)



"A" representa o centro da anomalia de alta pressão atmosférica

do anteriormente. Contudo, após um breve período chuvoso nos dias 17-20 de fevereiro, associado à frente fria que conseguiu deslocar o sistema de alta pressão, as precipitações continuaram sendo deficientes até meados do mês de março, quando praticamente se encerra a estação chuvosa.

Os anticiclones de bloqueio ocorrem normalmente nas latitudes médias, particularmente sobre o Oceano Pacífico (Oliveira, 2011), têm uma duração entre 7-8 dias e, em casos muito raros, podem chegar a até 15 dias (Oliveira et al., 2014). No verão de 2014, o anticiclone esteve presente por 45 dias sobre a América do Sul subtropical, um fenômeno sem precedentes desde 1961.

Essa situação repetiu-se, embora com menor intensidade e duração, no verão de 2015. Esse fato, somado ao longo período de estiagem do ano anterior, provocou o ressecamento progressivo da superfície terrestre, estabelecendo um efeito de automanutenção da falta de chuva: a escassa umidade do solo prejudicou o fluxo de umidade para a atmosfera, provocando a diminuição das chuvas, o que, por sua vez, não permitiu o aumen-

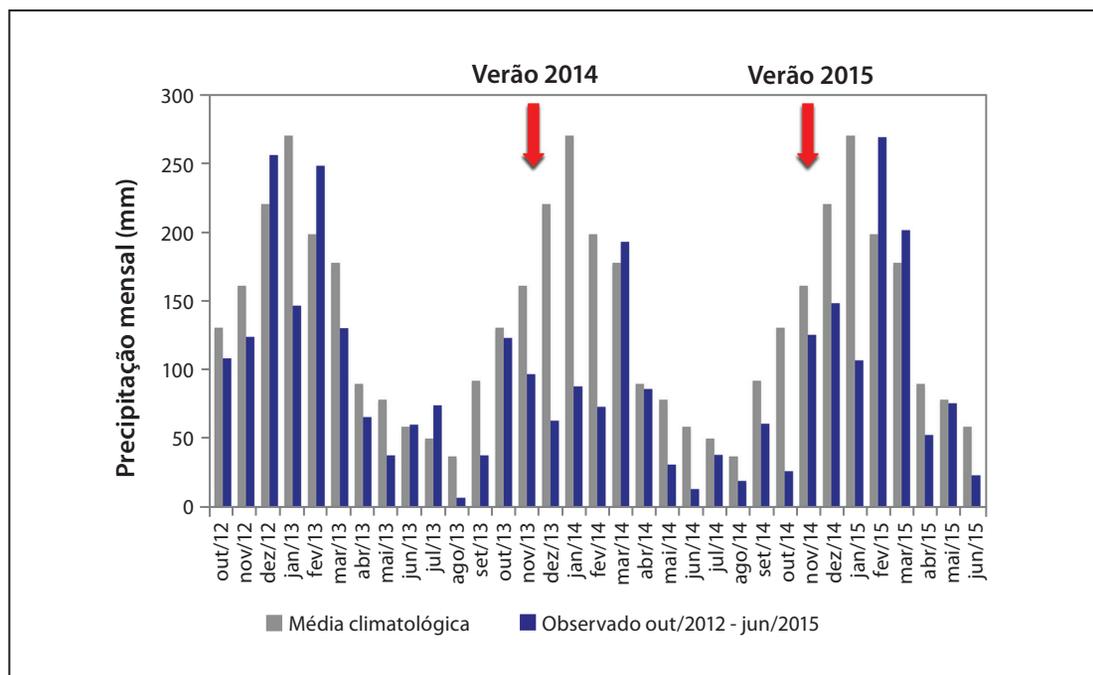
to da umidade no solo. Esse processo foi intensificado pela presença de outro sistema anômalo de alta pressão, que, embora de menor intensidade e persistência que o anterior, contribuiu fortemente para a redução das chuvas.

Tendência histórica da chuva no Sistema Cantareira

A média histórica (1983-2014) de precipitação sobre a região do Cantareira durante janeiro (segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp) é de 268 mm, sendo que durante janeiro de 2014 foi de apenas 87,9 mm (ou perto de 180 mm, ou 67% abaixo da média histórica). Segundo a Figura 4, a maior parte da estação chuvosa (entre início de dezembro de 2013 e meados do mês de março de 2014) transcorreu com valores de chuva muito inferiores à média histórica. As chuvas do verão de 2013-2014 foram as mais baixas desde 1961 no Cantareira (Figura 4),

FIGURA 4

Séries de tempo de chuva na região do Cantareira, desde outubro de 2012 até junho de 2015



Fonte: Cemaden

sendo o acumulado durante DJF 2014 de 32,8% da climatologia, e em DJF 2015 esse acumulado foi de 76% da média climatológica.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), desde 2012 observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, o que tem prejudicado de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica (São Paulo e Rio de Janeiro).

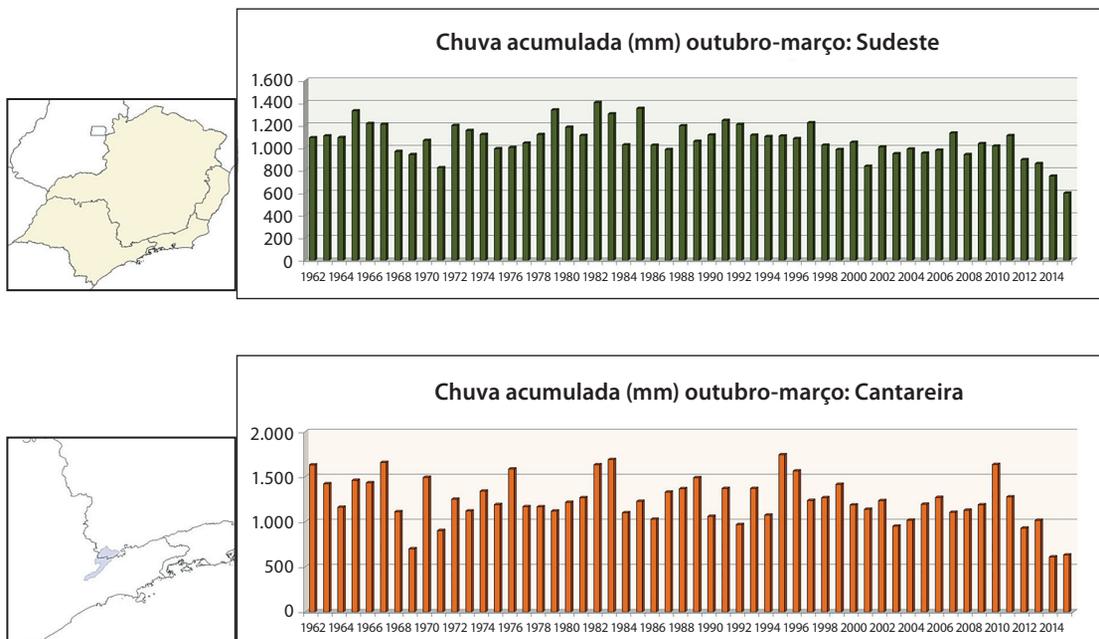
A Figura 5 mostra tendência de diminuição dos totais pluviométricos anuais, a uma taxa média anual de, aproximadamente, 3 mm/ano desde 1990, como já detectado por Obregón et al. (2014). Embora a pluviometria de 2014 sobre a bacia hidrográfica do Cantareira indique a severidade da seca desse ano, constata-se que esta representa mais um episódio de uma tendência de longo período, verificada em ocorrências similares no passado, como nos anos de 1971, 1990 e 2001, sendo o ano de 2014 o menos chuvoso de toda a série histórica disponível. Dessa

forma, pode se estabelecer, através dos mapas da Figura 1 e dos *sites* de agências climáticas nacionais e internacionais (INMET, Sabesp, CPTEC Inpe, NOAA) disponíveis publicamente, que a estação chuvosa 2013-2014 foi a mais seca da série histórica disponível, desde 1962. A NOAA (Agência Nacional para o Oceano e a Atmosfera dos EUA) indica que no período de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014 choveu na região de abrangência do Sistema Cantareira entre 25% e 50% do valor normal.

A Figura 6 apresenta séries de tempo de anomalias de chuva e de temperatura máxima do ar na região do Cantareira, onde se pode verificar que no verão de 2014, além de ser o mais seco desde 1962, a temperatura do ar chegou a ser até 2,5°C mais baixa que o normal. Juntamente, uma extensa área de águas aquecidas no Oceano Atlântico Sul se localizou nas imediações do sistema anômalo de alta pressão. Assim, o acoplamento das altas pressões com as altas temperaturas no solo e do mar contribuiu para a permanência do sistema de bloqueio (caracterizado por apresentar um núcleo quente) por longo período.

FIGURA 5

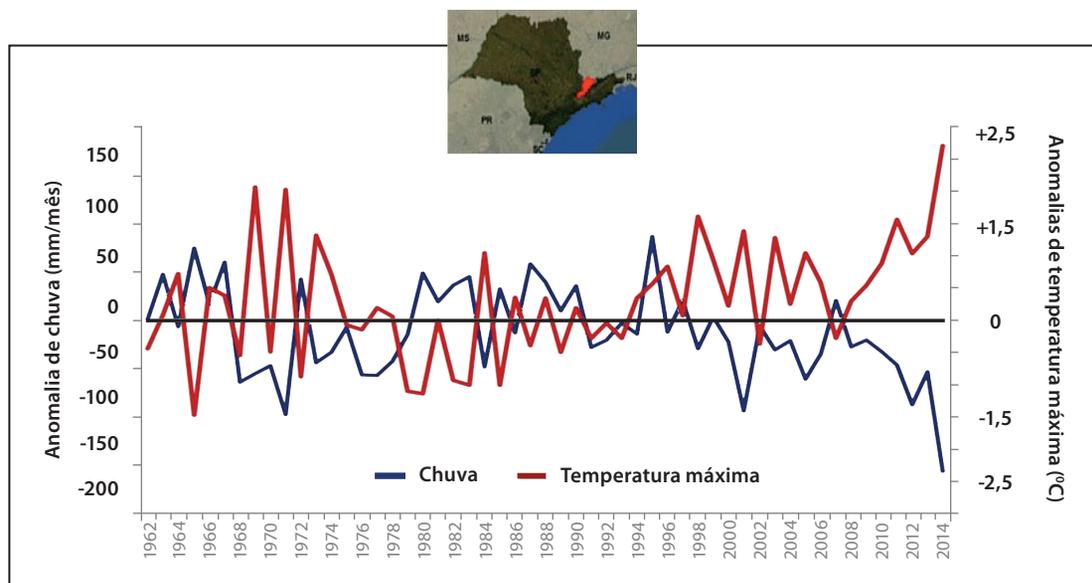
Séries de tempo de chuva acumulada na Região Sudeste do Brasil e na região do Cantareira durante o período de outubro a março desde 1962 até 2014



Fonte: Inpe, Cemaden, Sabesp

FIGURA 6

Séries de tempo de anomalias de chuva e temperatura máxima do ar para a região do Cantareira durante o verão desde 1962 até 2014



Fonte: Nobre et al. (2015)

SITUAÇÃO HIDROLÓGICA EM 2014 E 2015: A CRISE HÍDRICA

Nas bacias de contribuição dos principais reservatórios de abastecimento urbano da Região Sudeste, como o Sistema Cantareira e os sistemas do Paraíba do Sul, contou-se com vazões afluentes aos reservatórios inferiores à média histórica, o que impediu que os reservatórios recebessem o volume de água esperado para essa época do ano (Figura 7 e Grupo Técnico de Assessoramento para Gestão do Sistema Cantareira – GTAG-Cantareira, Comunicado nº 6,

25/4/2014). Da análise do grau de excepcionalidade desse evento de seca na região, a partir de tempo de retorno, nota-se que grande parte das estações registrou seca com período de retorno superior a 100 anos, o que permite rotular esse evento como raro (ANA, 2014). A redução nos índices pluviométricos verificada a partir de 2013 e intensificada em 2014 na região onde se localiza o Sistema Cantareira afetou diretamente o volume de água armazenado nos reservatórios.

Desde 1961, outros episódios de seca, como em 1971 e 2001, estão também entre os seis mais quentes, sendo o verão mais quente e seco o do ano de 2014. A Tabela 1 mostra que na região

TABELA 1

Classificação de anos secos e quentes na região do Cantareira desde 1961 durante o verão de dez.-fev. (DJF)

Ordem	Ano	Precip. (mm)	Temp. máx. (°C)
1	2014	94,5	31,4
2	1971	153,4	30,7
3	2001	157,2	30,1
4	2012	161,1	29,7

A climatologia 1961-90 de chuva na estação de DJF é 249 mm, e de temperaturas máximas para a mesma estação é 31,4°C (INMET, CPTEC Inpe)

do Cantareira o ano de 2014 foi o mais quente e mais seco desde 1961.

Tradicionalmente, a recarga do Cantareira ocorre entre outubro e março, na estação chuvosa, para garantir o abastecimento na estação seca. Contudo, no fim do verão 2013-2014, em 31 de março, o nível dos reservatórios foi 13,4%, o mais baixo da série histórica. Segundo Dobrovolski e Rattis (2015), em fevereiro de 2015 os reservatórios do Sistema Cantareira alcançaram o nível mais baixo desde 2013. Durante a atual estiagem, o nível dos reservatórios voltou a subir somente em fevereiro de 2015 devido às chuvas acima da média registradas no mês e a uma considerável redução da extração de água do sistema, passando de aproximadamente 22 m³/s no início de janeiro para 15 m³/s no final de fevereiro, para o abastecimento da RMSP. Protestos e manifestações aconteceram em vários bairros de São Paulo, particularmente em áreas mais pobres, com disponibilidade de água somente 2-3 dias por semana.

IMPACTOS DA CRISE HÍDRICA DE 2014 E 2015

A seca de 2014 levou a uma redução significativa dos recursos hídricos, e conseqüentemente a uma diminuição do abastecimento de água à população da RMSP, com algumas partes da cidade sendo forçadas a depender de caminhões-pipa. A concessionária estatal Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) tem respondido à crise reduzindo a extração de água dos reservatórios em quase um terço e oferecendo descontos para os clientes que reduzam o seu consumo. Como consequência grave, a população vem tendo dificuldades no abastecimento de água em grande parte da RMSP, sendo a escassez hídrica parte da realidade atual do paulistano. Uma seca dessa magnitude, que afeta os níveis dos mananciais e acarreta um grave problema social, é precisamente o tipo de fenômeno climático extremo projetado entre os diversos impactos decorrentes das mudanças climáticas.

A seca também teve impactos socioeconômicos, principalmente nas áreas que exploram o turismo e lazer às margens de rios e represas, assim como aumentos nos preços dos alimentos e

nas tarifas de energia em residências, indústrias e comércios. Outro efeito da seca foi o aumento do número de focos de queimadas.

Segundo Nobre et al. (2015), os totais acumulados de chuva sobre o Sistema Cantareira diminuíram durante as últimas décadas, assim como a vazão anual de entrada nos reservatórios, cuja média no período 1930-2013 é 44,1 m³/s. Em 1953, esse valor foi de 24,6 m³/s enquanto em 2014 chegou a 11,3 m³/s, o menor valor desde 1930 (Figura 7). Nos meses DJF 2014 a vazão média foi de 16,1 m³/s e em DJF 2015 de 22,7 m³/s, o que representa 24,5% e 35,6% da vazão média afluyente de DJF (período 1930-2013), respectivamente.

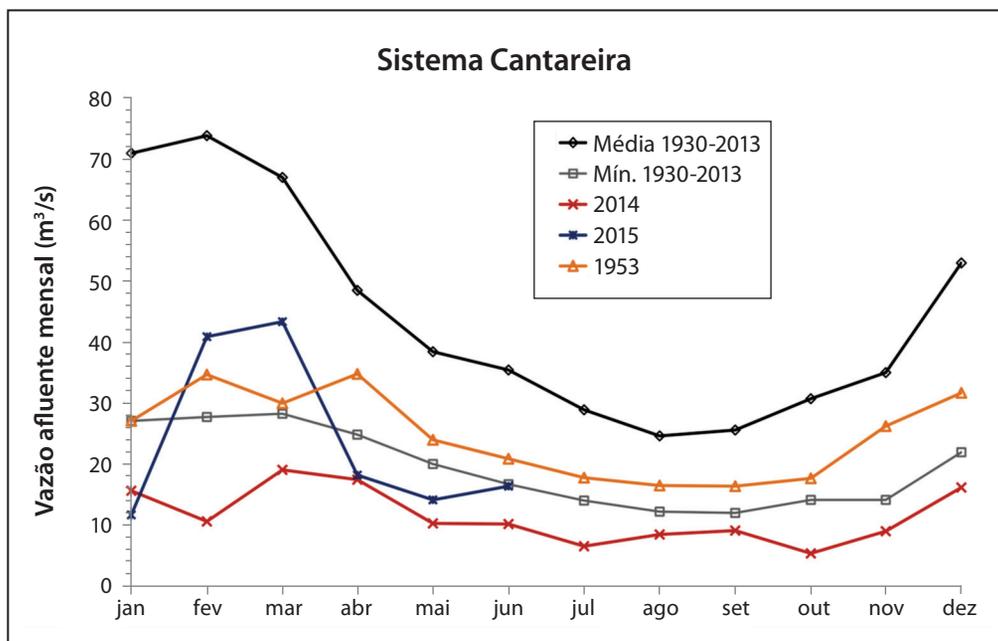
O uso de água de São Paulo não é apenas para consumo humano. O fornecimento de energia elétrica da cidade, por exemplo, tem sido seriamente afetado pela escassez de água. Reservatórios hidrelétricos da região quase secaram no final de 2014, e em 2015 a situação não melhorou. Como resultado, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica do Brasil aumentou as tarifas de energia elétrica em até 25% em 2015. Diante da pior crise da história do Sistema Cantareira, a Sabesp lançou desde 2014 uma campanha para que os moradores baixassem em pelo menos 20% o consumo de água com desconto de 30% na conta.

Não é possível falar em crise hídrica sem pensar também em seus impactos na economia. A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp estima que 60 mil estabelecimentos, que representam quase 60% do PIB industrial do estado, sejam afetados pela falta de água. As indústrias precisaram alterar hábitos e procedimentos, o que afetará sua competitividade, produtividade e lucro. Enquanto não há estudos sistemáticos sobre o impacto da seca na economia regional, alguns indicadores foram fornecidos por associações de produtores e agências governamentais. O preço de produtos como tomate e alface aumentou cerca de 30% no auge da seca, e outras culturas também foram afetadas, como as de cana-de-açúcar, laranja e feijão.

Os impactos da seca têm sido enormes. A perda global até o momento foi estimada em US\$ 5 bilhões, de acordo com a Munich Re (2015), tornando esse fenômeno o quinto desastre natural mais caro do mundo em 2014. Ela tem prejudicado a indústria, a agricultura e o

FIGURA 7

Vazão mensal afluyente (em m³/s) ao sistema Cantareira
(sistema equivalente + Paiva Castro)



A linha em preto corresponde às vazões médias mensais para o período 1930-2013. A linha cinza refere-se aos mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930-2013. As linhas laranja e vermelha referem-se, respectivamente, à vazão média mensal de 1953 e de 2014; a azul, à vazão média mensal até junho de 2015

funcionamento das instituições básicas, como hospitais e escolas. Também o número de incêndios florestais em São Paulo tem aumentado em 150%, de acordo com o Inpe.

A escassez de água gerou protestos e movimentos sociais em algumas partes da cidade devido ao “rodízio” (intermitência e alternância no abastecimento entre os diferentes bairros) e ao aumento no preço pago pelos consumidores, mesmo quando a água não está chegando às torneiras das suas residências. A fauna nos rios também foi afetada, e 20 toneladas de peixe morreram no Rio Piracicaba em fevereiro de 2014. No Rio de Janeiro, o principal sistema de reservatórios apresentou os níveis mais baixos da sua história, aproximadamente 1% (Hanbury, 2014).

Um impacto importante da seca no Sudeste do Brasil (Figura 3) foi que a umidade que vem da Amazônia não chegou para essa região, ficando concentrada no oeste da Amazônia. O excesso de chuvas observado no oeste da Amazônia (Figura 3) teve como consequência graves inundações no

Acre e em Rondônia no verão de 2014. O governo do Acre estima em R\$ 203 milhões o prejuízo causado ao estado pelas cheias que afetam os rios amazônicos desde o início de fevereiro. A Federação do Comércio do Estado acredita que os efeitos vão gerar impacto na economia nos próximos três anos. Em março, houve uma queda de 75% no imposto sobre circulação de mercadorias. Além dos prejuízos diretos com as enchentes, sobretudo no Rio Acre, o estado sofre as consequências da interdição da BR-364, única ligação rodoviária com o restante do país.

CONCLUSÕES

A crise hídrica iniciada em janeiro de 2014 teve sua causa principal determinada pela presença de um sistema de alta pressão anormalmente intenso e prolongado localizado sobre o Oceano Atlântico, cuja influência se estendeu sobre a Região Sudeste. Sistemas desse tipo são denominados normalmente como “bloqueios” já que impedem a

passagem dos fluxos de umidade e o desenvolvimento de sistemas meteorológicos, causadores de chuva. No ano de 2014, um bloqueio atmosférico foi responsável simultaneamente pela crise hídrica do Sudeste e pelas inundações históricas no sul da Amazônia. Como os bloqueios atmosféricos são típicos das latitudes médias e altas e duram em média 7-8 dias, o sistema que permaneceu durante 45 dias nas latitudes subtropicais no verão de 2014 pode ser considerado como extremamente raro. Durante 2015, a atuação de um novo sistema de alta pressão, embora mais fraco e curto, não permitiu a recuperação da umidade do solo gerando um “círculo vicioso” no ciclo hidrológico (a falta de chuva gerou falta de umidade no solo, que provocou falta de chuva).

A crise hídrica se desenvolveu num ambiente de céu claro e temperaturas máximas extremas, o que contribuiu para altas taxas de evaporação num ambiente já muito seco. Contudo, não se pode afirmar que as secas estão correlacionadas ao aumento da temperatura no longo prazo. Na atualidade não existem estudos detalhados nem resultados conclusivos sobre o comportamento dos bloqueios atmosféricos em cenários de aquecimento regional na América do Sul.

Observa-se uma diminuição relativa das chuvas sobre o Cantareira nas últimas décadas (desde 1990) e um aumento das chuvas sobre a cidade de São Paulo. Hipoteticamente, esse efeito de longo prazo pode estar relacionado com a ilha urbana de calor, mas estudos em andamento precisarão comprovar, ou não, essa hipótese.

Em termos gerais, o presente estudo mostra a forte conexão entre a seca de 2014 e as condições atmosféricas regionais únicas que prevaleceram neste ano, embora não existam evidências de que

essas condições possam ser mais frequentes como resultado da mudança climática. Entretanto, as evidências mostram que a presença de temperaturas regionais mais elevadas pode ter contribuído para a severidade ou persistência da seca em 2014.

A impossibilidade de relacionar diretamente a mudança climática ou o desmatamento a episódios específicos de seca não significa, porém, que os governos não devam se preparar para o aumento de eventos extremos causados por ela. Considerando a complexidade das relações entre floresta e chuva nas regiões a leste dos Andes, uma possível solução para não alterar o ciclo hidrológico da Amazônia seria reduzir o desmatamento e reflorestar áreas em várias regiões do Brasil. São necessários estudos com modelos climáticos globais complexos, nos quais se simule o clima com vários níveis de concentração de gases-estufa e de mudanças no uso da terra, por exemplo, urbanização ou desmatamento da Amazônia, para detectar impactos no transporte de umidade fora da bacia amazônica e nas chuvas nas bacias no Sul e Sudeste do Brasil.

Os problemas no abastecimento de água enfrentados por São Paulo não resultam apenas das condições climáticas anormais, mas também da falta de eficiência no gerenciamento do abastecimento do sistema paulista, incluindo a existência de vazamentos nas tubulações, que precisam ser consertados.

A “crise hídrica” é certamente um sinal de alerta, com graves danos e prejuízos socioeconômicos registrados nessa região. Esses impactos são compatíveis com a significativa falta de preparação diante do atual quadro de variabilidade climática, que requer maior ênfase na implementação de medidas de mitigação e adaptação para diminuir a vulnerabilidade da população atingida por secas.

BIBLIOGRAFIA

- CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. "Drought in Brazil During Summer and Fall of 2001 and Associated Circulation Features", in *Climanálise*, 1, 2001, pp. 1-10. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/criseing.pdf>.
- DIAS, M. A. F. S.; DIAS, J.; CARVALHO, L.; FREITAS, E.; DIAS, P. L. S. "2012: Changes in Extreme Daily Rainfall for São Paulo, Brazil", in *Climatic Change*, 116(3-4), 2013, pp. 705-22.
- DOBROVOLSKI, R.; RATTIS, L. "Water Collapse in Brazil: the Danger of Relying on What You Neglect", in *Natureza e Conservação*, v. 3, ed. 1, Jan.-Jun. 2015, pp. 80-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2015.03.006>.
- HANBURY, S. "Brazil's Worst Drought in History Prompts Protests and Blackouts", in *The Guardian*, 23 January 2015. Disponível em: <http://www.theguardian.com/world/2015/jan/23/brazil-worst-drought-history>. Acesso em: 28/2/15.
- HARTMANN, D. L. "Pacific Sea Surface Temperature and the Winter of 2014", in *Geophysical Research Letters*, 42, 19 March 2015, pp. 1.894-902. Doi: 10.1002/2015GL063083.
- ESPINOZA, J. C. et al. "The Extreme 2014 Flood in South-Western Amazon Basin: The Role of Tropical-Subtropical South Atlantic SST Gradient", in *Environmental Research Letters*, 9, 2014, 124007 (9 pp).
- MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C.; OBREGÓN, G. O. "Assessments of Observed and Projected Changes in Rainfall Extremes in the Metropolitan Area of São Paulo (MASP)", in *Climate Research*, 57, 2013, pp. 61-72.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J. "Tropical South America East of the Andes", [in "State of the Climate in 2014"], in *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 95, issue 7, 2014, pp. S170-S171.
- NOBRE, C. et al. "The Record Drought and Water Crises of Summer 2014 in Southeastern Brazil", in *Bulletin of the American Meteorological Society* (accepted), 2015.
- 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", in *Climate Research*, v. 61, n. 2, 2014, pp. 93-107. Doi: 10.3354/cr01241.
- OLIVEIRA, F. N. M. *Climatologia de Bloqueios Atmosféricos no Hemisfério Sul: Observações, Simulações do Clima do Século XX e Cenários Futuros de Mudanças Climáticas*. Tese de doutorado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2011, 158 pp.
- OLIVEIRA, F. N. M.; CARVALHO, L. M. V.; AMBRIZZI, T. "A New Climatology for Southern Hemisphere Blockings in the Winter and the Combined Effect of ENSO and SAM Phases", in *International Journal of Climatology*, v. 34, issue 5, 2014, pp. 1.676-92. Doi:10.1002/joc.3795.