

# AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SUDESTE DO BRASIL E SEUS EFEITOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

MARIA BERNARDETE GUIMARÃES <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES – Universidade Federal do Espírito Santo - BRASIL. MBA em Gerenciamento de Projetos pela Universidade Estácio de Sá. Analista de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do IEMA. e-mail : [mguimaraes@iema.es.gov.br](mailto:mguimaraes@iema.es.gov.br) , [mbguimar@gmail.com](mailto:mbguimar@gmail.com)

## RESUMO

O trabalho analisa o fenômeno da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS que ocorreu em dezembro de 2013, que provocou a maior enchente no estado do Espírito Santo dos últimos 40 anos e o fenômeno da ASAS - Alta Subtropical do Atlântico Sul que ocorreu em 2014-2015 e provocou uma crise hídrica no sudeste do país, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais e suas consequências para a população. A ZCAS pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre o Brasil durante o verão astral, que vai de outubro a março. Estas anomalias foram mais significativas durante a segunda quinzena do mês de dezembro provocando impactos na população. No estado do ES-Espírito Santo foram mais de 60 mil pessoas desabrigadas, sendo que 24 morreram vítimas de enchentes e deslizamentos de terra. No estado de MG-Minas Gerais o total de vítimas fatais chegou a 21. As chuvas extremas e anômalas registradas no Leste de MG-Minas Gerais e no Centro-Oeste do ES ocorreram no período entre o dia 12 e 25 de dezembro de 2013. Segundo os especialistas : “estas chuvas estiveram associadas com um bloqueio atmosférico. Nota-se neste período o predomínio de anomalias positivas de altura geopotencial localizadas no centro-sul da Argentina e no oceano Pacífico Sul” . No primeiro trimestre de 2015 ocorreu outro fenômeno climático que ocasionou uma crise hídrica no sudeste do Brasil, em vários estados. O abastecimento público, a irrigação de lavouras, o uso para o abastecimento industrial foi comprometido. Medidas de racionamento foram adotadas e a população e as empresas passaram a diminuir o consumo pois vários reservatórios já estavam operando com seus volumes reduzidos. Em alguns estados nascentes e rios secaram e peixes morreram. O fenômeno climático da ASAS durou vários meses e causou enormes prejuízos à população e às lavouras .

**PALAVRAS-CHAVE** : ASAS, ZCAS, Fenômenos Climáticos

**TEMA** : Água, território e adaptabilidade à variabilidade climática.

## 1 INTRODUÇÃO

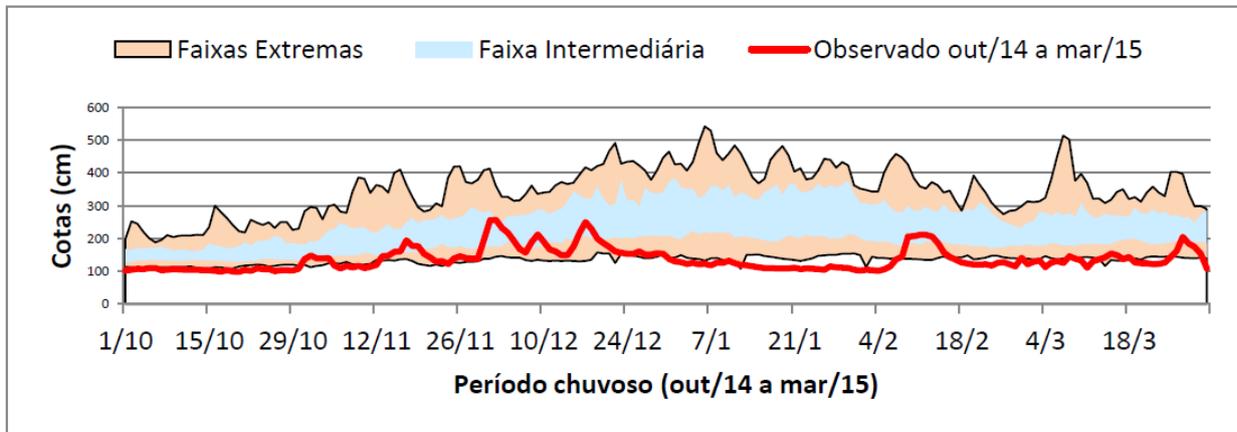
O trabalho analisa o fenômeno da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS que ocorreu em dezembro de 2013, que provocou a maior enchente no estado do Espírito Santo dos últimos 40 anos e o fenômeno da ASAS - Alta Subtropical do Atlântico Sul que ocorreu em 2014-2015 e provocou uma crise hídrica no sudeste do país, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais e suas consequências para a população. A ZCAS pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre o Brasil durante o verão astral, que vai de outubro a março. Este sistema influencia um padrão de dipolo entre anomalias de precipitação nas regiões sul e sudeste do país. Estas variações podem ser atribuídas às frentes (escala sinótica), mudanças dentro de uma estação (escala intra-sazonal), El Niño e La Niña (escala interanual), variações nas temperaturas do oceano em longo termo (escala interdecadal), além de outros motivos. Segundo o INPE/CPTEC (2015) a ZCAS é caracterizada como uma banda persistente de precipitação e nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros. Pode ser identificada através de imagens de satélite (NASA-Imagem do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission), Figura 3, como o que ocorreu durante o período de 12 a 25 de dezembro de 2013 na região do estado do Espírito Santo, Brasil e que abrangeu Minas Gerais e Espírito Santo. De acordo com a Síntese Sinótica do mês de dezembro de 2013, do INPE/CPTEC(2015)-Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, observou-se: chuva acima da média principalmente sobre parte do sudeste e Nordeste do país; chuva abaixo da média observou-se sobre grande parte da região Sul e Norte do país; sobre o leste de MG-Minas Gerais e o Centro-Oeste do ES-Espírito Santo registraram-se anomalias superiores a 300 mm. Estas anomalias foram mais significativas durante a segunda quinzena do mês de dezembro provocando impactos na população. No estado do ES-Espírito Santo foram mais de 60 mil pessoas desabrigadas, sendo que 24 morreram vítimas de enchentes e deslizamentos de terra. No estado de MG-Minas Gerais o total de vítimas fatais chegou a 21. As chuvas extremas e anômalas registradas no Leste de MG-Minas Gerais e no Centro-Oeste do ES ocorreram no período entre o dia 12 e 25 de dezembro de 2013. Segundo os especialistas: “estas chuvas estiveram associadas com um bloqueio atmosférico. Nota-se neste período o predomínio de anomalias positivas de altura geopotencial localizadas no centro-sul da Argentina e no oceano Pacífico Sul.” Os valores de precipitação registrados na estação do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - estação de Vitória registraram grande elevação na altura pluviométrica. O INMET possui no ES 8 estações e nestas estações foram registradas altas precipitações no período de 12 (doze) a 25 (vinte e cinco) de dezembro de 2013, o que acarretou a decretação de estado de emergência para o Estado do Espírito Santo todo devido às fortes chuvas. O acumulado dos sete dias de chuvas intensas sobre o ES-Espírito Santo resultou em enormes estragos para a economia, o abastecimento público, a infra-estrutura e para a população local. Pontes desapareceram, estradas foram arrancadas, cidades ficaram semanas debaixo de água, helicópteros resgataram famílias inteiras isoladas, centenas de casas foram perdidas, cestas básicas foram distribuídas pelo exército, que auxiliou os trabalhos. Estima-se milhões a reconstrução do estado após as enchentes de dezembro de 2013. Os dados históricos indicam que este fenômeno já ocasionou danos significativos no período de 2000 a 2009. Os prejuízos entre 2000 a 2009 no estado do Espírito Santo foram divulgados pela Defesa Civil em ESPIRITO SANTO (2015) e somam: prejuízos econômicos: mais de 370 milhões de

reais; prejuízos sociais: mais de 170 milhões de reais; danos materiais : mais de 750 milhões de reais; danos ambientais: mais de 130 milhões de reais. Os efeitos das alterações no clima do planeta provocam impactos à nossa qualidade de vida e danos materiais, sociais, econômicos e ambientais imensos. Mensurar tais impactos é um desafio , por isto investir em Ciência e Tecnologia é fundamental. O fenômeno da ASAS ocorreu em decorrência da atuação de uma extensa massa de ar seco e quente que permaneceu estacionada sobre boa parte do território brasileiro nas primeiras semanas de 2014, a chamada alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (bloqueio atmosférico que impede o avanço de frentes frias sobre o Sudeste brasileiro e conseqüentemente inibe a formação da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), canal de umidade organizado em associação à umidade oriunda da Amazônia encarregado da ocorrência de chuvas regulares em quase todo o Centro-Sul do país). A alta pressão formou um bloqueio atmosférico que impedia o avanço de frentes frias. Em decorrência da seca prolongada. O fenômeno do transporte de massas de ar no Brasil funciona dessa forma (Wikipédia): “A floresta amazônica funciona como uma bomba d’água, puxando para dentro do continente a umidade evaporada pelo oceano Atlântico e carregada pelos ventos alísios, depois a umidade cai como chuva sobre a floresta e pela ação da evapotranspiração das árvores a floresta devolve a água da chuva para a atmosfera na forma de vapor de água. Propelidos em direção ao oeste, as massas de ar recarregadas de umidade , parte dela proveniente da evapotranspiração da floresta, encontram a barreira natural formada pela Cordilheira dos Andes e então se precipitam parcialmente nas encostas,, formando as cabeceiras dos rios amazônicos. Porém, barrados pelo paredão de 4.000 metros , os rios voadores, fazem a curva e partem em direção ao sul, rumo às regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil e aos países vizinhos”. As estações do INMET(2015)-Instituto Nacional de Meteorologia registraram no ES índices abaixo da média histórica para o mês . Os dados dos níveis de radiação neste período foram elevados. Os níveis dos reservatórios nos primeiros 3 meses de 2015 chegaram ao limite e o volume morto foi utilizado. Sem reservatórios os rios capixabas estavam bem abaixo da vazão mínima de abastecimento, segundo dados do IEMA (2015) em janeiro de 43,5 mil litros por segundo foi registrado 6,4 mil litros por segundo para o Rio Jucu e para o Santa Maria da Vitória de 35 mil litros só 3,5 mil litros por segundo em janeiro, então foi criado um grupo de acompanhamento da situação da crise hídrica. Dois reservatórios de energia da EDP paralizaram suas operações no ES e várias PCH-Pequenas Centrais Hidrelétricas pararam de funcionar. As empresas se adequaram a situação e reutilizaram a água assim como a população. Quanto aos prejuízos econômicos tem-se segundo a FINDES e o INCAPER que em janeiro de 2015, em milhões: 960 na cafeicultura, 300 na fruticultura, 131 na pecuária leiteira e de corte. Um fator importante foi o monitoramento em tempo real que possibilitou o planejamento de ações e a comunicação por diversas mídias. Investir em Ciência e Tecnologia permite que estes fenômenos sejam melhor analisados.

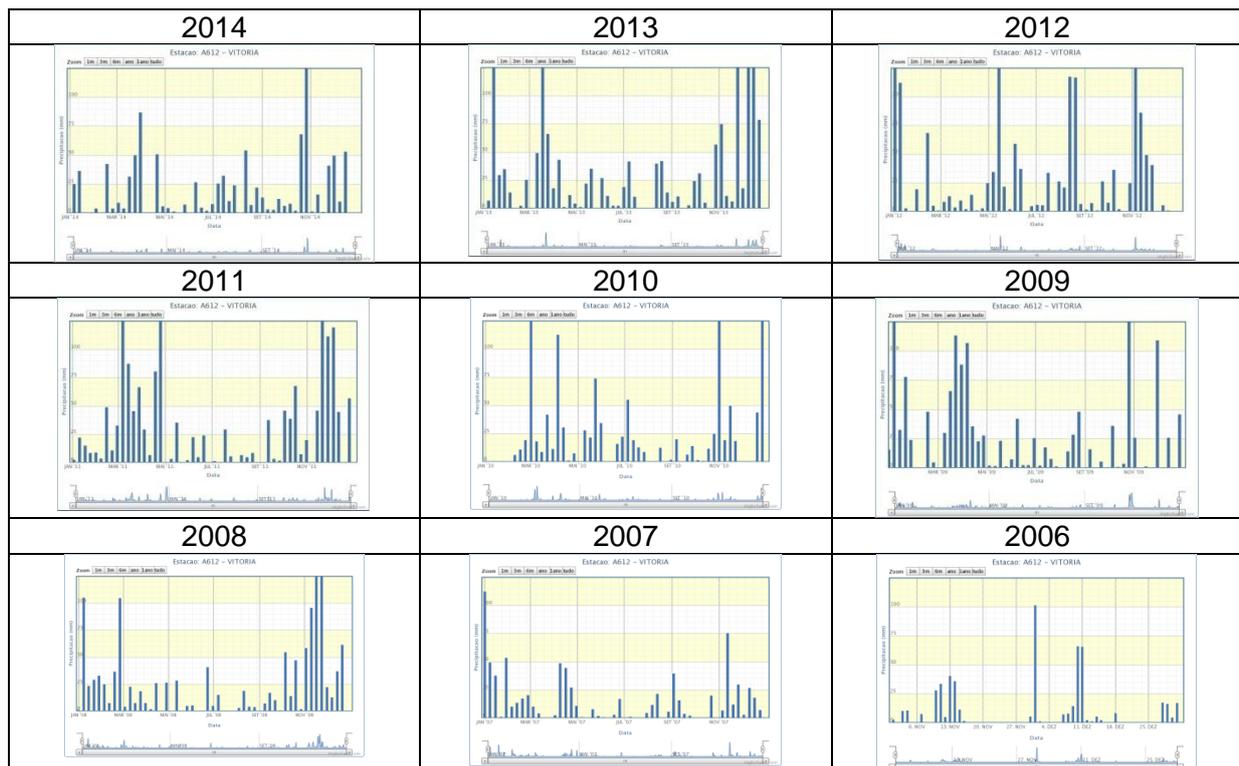
## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram analisados os registros pluviométricos das estações do INMET (2015) para os períodos de outubro de 2013 a março de 2014, quando o fenômeno da ZCAS esteve no sudeste do país nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo , assim como o período de outubro de 2014 a março de 2015, quando ocorreu o fenômeno da ASAS no Sudeste do país, estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo . Sendo também

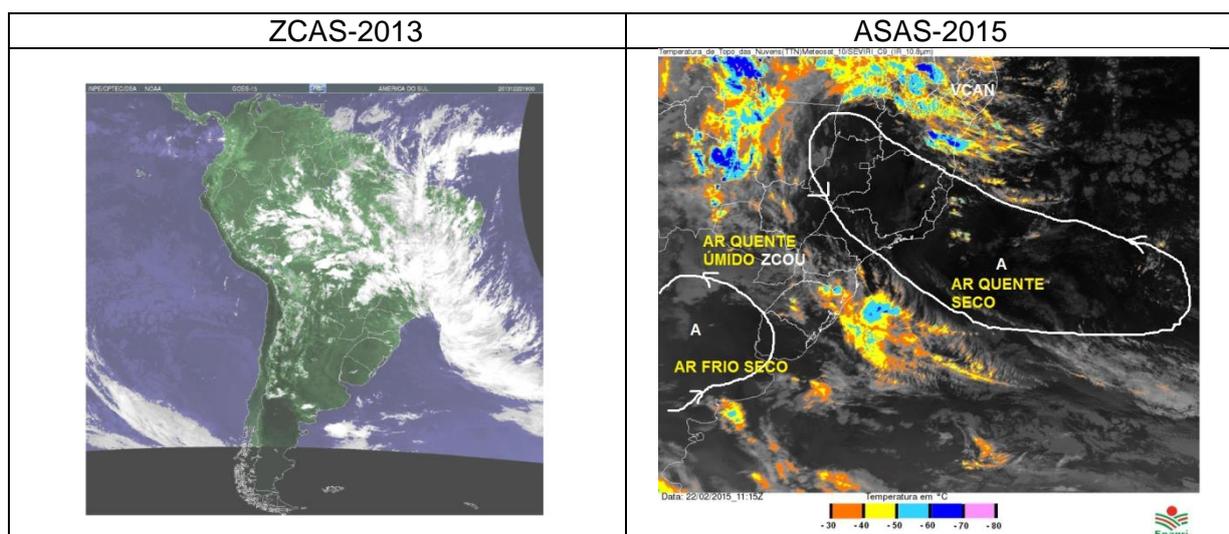
registrado efeito no estado da Bahia. A figura 1 mostra o período chuvoso para o reservatório da Cantareira (SABESP,2015). Na Figura 2 dados automáticos das estações da INMET(2015), na Figura 3 os fenômenos climáticos da ZCAS e da ASAS e na Figura 4 enchentes e secas nos municípios do Brasil em 2013.



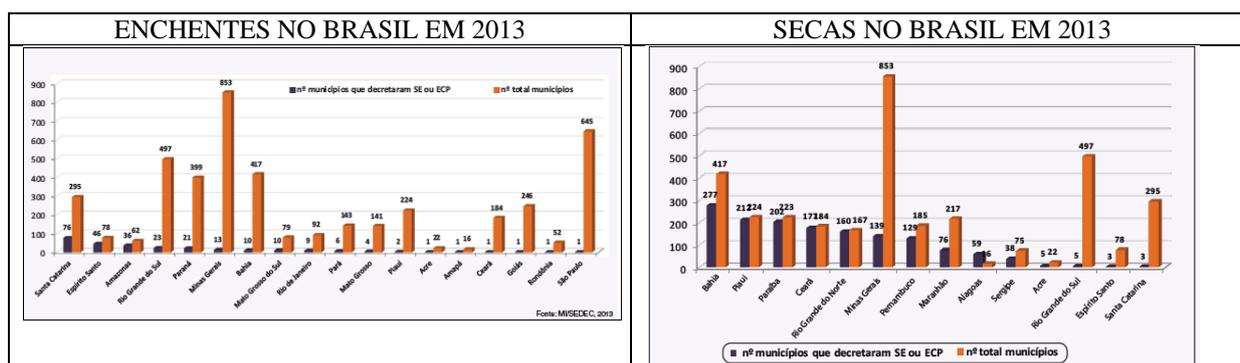
**Figura 1** - Cotas do Cantareira de outubro de 2014 a março de 2015.SABESP(2015)



**Figura 2** - Dados automáticos na estação do INMET de Vitória a partir de 2005.INMET(2015)



**Figura 3** - Fenômenos Climáticos (ZCAS e ASAS) e abrangência no Brasil. Imagem aérea do fenômeno da ZCAS-Zona de Convergência do Atlântico Sul-16 a 24 de dezembro de 2014 .INPE(2015a)



Fonte:ANA(2014)

**Figura 4**– Enchentes e Secas nos municípios brasileiros em 2013. Fonte: ANA(2014)

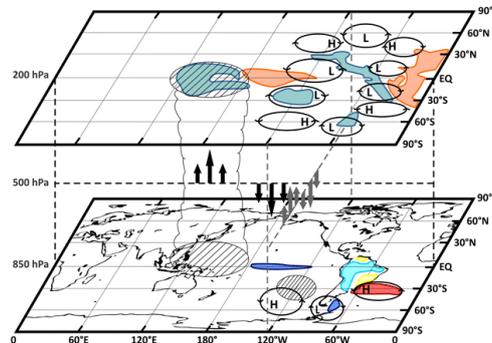
### 3 RECURSOS

Foram analisados os relatórios do INPE/CPTEC(2015), as cartas sinóticas para os períodos analisados, os relatórios anuais sobre a situação dos Recursos Hídricos do Brasil elaborados pela ANA(2014), Agência Nacional de Águas, os relatórios e gráficos do IGAM, do IEMA(2015), da SABESP(2015), os gráficos do INMET(2015) - Instituto Nacional de Meteorologia e do INCAPER (2015). Foram analisados os dados das salas de situação localizadas nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo e no Espírito Santo foi consultado o Centro Capixaba de Meteorologia-CECAM, INCAPER (2015).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do desmatamento e das mudanças climáticas afeta o ciclo hidrológico em todas as escalas de tempo de dias à meses, levam a mudanças na incidência de inundações, em escala de tempo sazonais a interanuais, as mudanças nas características da seca é a principal manifestação hidrológica, e em escalas de anos a décadas afetam as teleconexões nos padrões de circulação global atmosférica pela interação oceano-atmosfera, afetando a hidrologia de algumas regiões, especialmente nos trópicos, por diferentes eventos, entre eles El Niño (Nijssen *et al*, 2001). Vários pesquisadores tem contribuído com artigos onde explicam os efeitos das alterações que ocorrem na superfície do planeta sobre a circulação das massas de ar, os rios voadores. Entre estes trabalhos tem-se Nobre e Shukla (1996), Nobre *et al* (1991), Correia (2005), Marengo (1992) e West e Avissar (2002). No relatório do IPCC (1997) os pesquisadores analisam os cenários futuros considerando as emissões de gases, e a mitigação destes fenômenos está sendo implantada em vários países. Pesquisadores da Divisão de Operações, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), publicaram dois trabalhos científicos sobre as condições de seca recentemente registradas na região sudeste do Brasil. Coelho *et al* (2005b), publicado na versão online da revista *Theoretical and Applied Climatology* em Julho 2015, apresenta um diagnóstico das condições de déficit de chuva observados sobre o sudeste do Estado de São Paulo, que inclui a região metropolitana de São Paulo, durante os dois últimos verões (2013/2014 e 2014/2015). Este trabalho responde a uma série de questões demandadas por diversos setores da sociedade quando da manifestação de eventos extremos de seca como o observado durante o verão de 2013/2014. Os resultados das pesquisas revelaram a excepcionalidade do déficit de chuva observado durante o verão 2013/2014 quando comparado com outros verões desde 1961/62, e que a região estudada vem sofrendo com déficit de chuva desde o final da década de 90. Eventos de seca semelhantes foram observados no passado, porém de menor magnitude em termos de déficit de chuva. Um dos fatores que contribuiu para o déficit expressivo de precipitação durante o verão 2013/2014 foi o término exageradamente antecipado da estação chuvosa. Coelho *et al* (2005a), publicado na versão online da revista *Climate Dynamics* em Agosto 2015, são propostos os mecanismos causadores da seca ocorrida durante o verão de 2014 sobre a região sudeste do Brasil. Este trabalho, realizado em colaboração com pesquisadores da Universidade de São Paulo e Universidade Federal de Itajubá, apresenta um diagrama esquemático com a cadeia de mecanismos que, segundo as análises realizadas pelos autores, explicam a ocorrência do déficit de chuvas que levou ao estabelecimento de condições de seca sobre a região sudeste do Brasil. O referido diagrama, Figura 5, destaca que a seca sobre a região sudeste durante o verão 2014 teve como raiz as condições de chuvas anômalas na região tropical ao norte da Austrália, desencadeando uma sequência de processos conectando a região tropical e extra-tropical do oceano Pacífico, até atingir a região sudeste do Brasil e oceano Atlântico adjacente. Como resultado houve o estabelecimento de um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico adjacente aquecido, que forçou os sistemas frontais a realizar trajetórias oceânicas, favoreceu a manutenção do aquecimento oceânico através da incidência de radiação solar, transportou umidade da Amazônia para o sul do Brasil, e desfavoreceu a formação de eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul, um dos principais mecanismos de produção de chuva sobre a região sudeste do Brasil (Coelho *et al*, 2015a) e (Coelho *et al*, 2015b). Na Figura 5 o croqui do artigo de Coelho *et al* (2015b).

Resultados do fenômeno climático ocorrido e da falta de gestão dos recursos hídricos estão nas figuras 6 e na figura 7, os prejuízos econômicos e socioambientais decorrentes da crise hídrica. Na figura 8 dados pluviométricos em 2015, durante a crise hídrica no Brasil que registrou baixa pluviometria na região sudeste, INPE (2015).

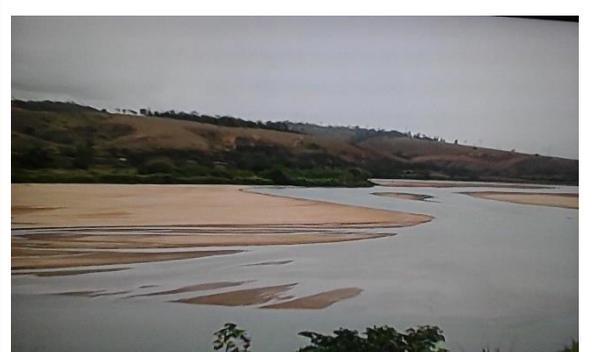


**Figura 5-** Esquema que mostra o sistema que originou a seca ocorrida no Sudeste do Brasil em 2015, abrangendo vários estados . Coelho *et al* (2015b)

RESERVATÓRIO BELO HORIZONTE	RESERVATÓRIO SÃO PAULO
	
RESERVATÓRIO RIO DE JANEIRO	RESERVATÓRIO EM MINAS GERAIS
	

**Figura 6** - Situação dos Reservatórios de Abastecimento Público com a Crise Hídrica.

REDE GLOBO (2015) , TV VITÓRIA (2015),TV CAPIXABA (2015)

PREJUÍZOS ECONÔMICOS	PREJUÍZOS NAS LAVOURAS
	
IMPACTO NA PECUÁRIA	PREJUÍZOS ABASTECIMENTO PÚBLICO
	
ASSOREAMENTO	NASCENTES E RIOS SECOS
	

**Figura 7–** Principais Impactos Ambientais decorrentes da Crise Hídrica no Brasil

TV GAZETA (2015), REDE GIOBO (2015), TV CAPIXABA (2015)

TV VITORIA (2015)



Coelho, C.A.S. et al (2015b) *The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections* Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00382-015-2800-1>. Acesso em : setembro de 2015.

Correia, F. W. S. (2005) *Modelagem do impacto das modificações da cobertura vegetal amazônica no clima regional e global*. Tese de Doutorado, INPE, São José dos Campos.

ESPÍRITO SANTO (2015) Relatório Defesa Civil do Espírito Santo.

IEMA (2015) Instituto Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Website* Disponível em : [www.meioambiente.es.gov.br](http://www.meioambiente.es.gov.br) . Acesso em dezembro de 2013.

INCAPER (2015) Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural. *CECAM - Centro Capixaba de Meteorologia* . Disponível : [www.incaper.es.gov.br](http://www.incaper.es.gov.br). Acesso : janeiro de 2013.

INMET (2015) Instituto Nacional de Meteorologia. *Dados de Precipitação em Vitória*. Disponível em : <<http://www.inmet.org.br>>. Acesso em: março de 2015.

INPE/CPTEC (2015a) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . *Dados de satélite*. Disponível em : <http://www.inpe.org.br> Acesso em : março de 2015.

INPE/CPTEC (2015b) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais *Dados de Pluviometria*. Disponível em : <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acess: março de 2015.

IGAM (2015) Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Dados de Pluviometria* . Disponível em : <http://www.igam.gov.br> . Acesso em : março de 2015.

IPCC (2007) *Climate Change 2007 : Summary for policy makers contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Niejsen, B. , O'Donnell, G. M. , Hamlet, A. F. , Lettenmaier, D. P. (2001) *Hydrologic sensibility of global rivers to climate change*. *Climate Change* 50(1-21:143-175).

Nobre, C. A. , Sellers, P.J. , Shukla, J. (1991) *Amazonian deforestation and regional climate change* .J. *Climatology* .4,957-988.

Nobre, P. , Shukla, J. (1996) *Variations of sea surface temperature wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America*. *Journal of Climatology*, 9,2464-2479.

Marengo, J. A. (1992) *Interannual variability of surface climate in Amazon basin*. Internet. *J.Climatologia*.12.853-863.

REDE GLOBO (2015) Telejornal. *Imagens da Crise Hídrica no Brasil*.

SABESP (2015) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo *Dados dos Reservatórios*. Disponível:<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>. Acesso em : março de 2015.

TV GAZETA e TV VITORIA(2015) Telejornal. *Imagens da Crise Hídrica*.

Werth, D. , Avissar, R. (2002) *The local and global effects of Amazon deforestation*. *J.Geophys. Rés.* 107 (D20).