



## PANORAMA DA SECA NA BACIA DO RIO PARAGUAÇU-BA

*Erick de Lima Sebadelhe Valerio*<sup>1\*</sup>; *Benício Emanuel Omena Monte*<sup>2</sup>; *Felipe Maciel Paulo Mamédio*<sup>3</sup>; *Joel Avruch Goldenfum*<sup>4</sup>

**Resumo** – O Nordeste brasileiro vem enfrentando nos últimos anos uma estiagem severa, a qual muitos veículos de informação se referem como a pior nos últimos cem anos. Esse trabalho teve por objetivo traçar um panorama da seca na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia, uma bacia que possui grande parte de sua área sob domínio de clima semiárido. Utilizamos informações do Monitor de Secas e dados de duas estações fluviométricas para avaliar a evolução da seca nos e o comportamento das vazões nos principais rios ao longo dos últimos anos. Utilizamos como indicadores as vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{7,10}$ . Avaliando as informações disponíveis foi possível perceber uma evolução da seca sobre a bacia, estando a maior parte de sua área em situação de seca excepcional no mês de abril de 2017. Quanto as vazões, os dois principais rios da bacia apresentaram grandes reduções nas vazões mínimas quando comparados com o período de referência adotado. Assim, as reduções verificadas e as projeções futuras para a bacia nos trazem um cenário preocupante, onde será preciso uma abordagem proativa dos tomadores de decisões, visando a adaptação da região aos efeitos das mudanças climáticas.

**Palavras-Chave** – Semiárido, Mudanças climáticas, Adaptação

## DROUGHT OVERVIEW IN THE PARAGUAÇU RIVER BASIN

**Abstract** – Brazilian Northeast has been facing a severe drought in the last years, described by many communication channels as the worse drought in the last hundred years. This study aimed to draw an overview of the drought in Paraguaçu River Basin, in State of Bahia, a basin that has most of its area under semiarid climate. We use information from the “Monitor de Secas” (a public database on draughts in Brazil) and flow data from the main rivers in the basin during the last years. As indicator we use  $Q_{90}$  and  $Q_{7,10}$ . By analyzing the available information, we were able to identify a drought evolution along the basin, being the most of its area in critical drought situation in April 2017. Considering the stream flows, the main rivers showed great reductions in low flows when compared to the adopted reference period. Thus, the verified reductions and the future projections for the basin bring us a worrying scenario, where a proactive approach by decision makers is needed, aiming in region adaptation to the effects of climate change.

**Keywords** – Semiarid, Climate change, Adaptation

<sup>1\*</sup> IPH/UFRGS, ericksebadelhe@gmail.com

<sup>2</sup> IPH/UFRGS, benicio\_monte@gmail.com

<sup>3</sup> IPH/UFRGS, fmp\_mamedio@hotmail.com

<sup>4</sup> IPH/UFRGS, joel@iph.ufrgs.br

## INTRODUÇÃO

A maior região semiárida do mundo está localizada no Brasil e tem uma área de quase 1 milhão de km<sup>2</sup>, correspondendo a 18,2% do território nacional, 53% da região Nordeste, abrangendo 1.133 municípios e possuindo 22 milhões de habitantes, de forma que dela faz parte a maior concentração de população rural do Brasil. As características do semiárido brasileiro são de chuvas inferiores a 900 mm/ano (alguns locais com 400 mm) e irregulares no tempo, temperaturas elevadas, pouca amplitude térmica (2°C e 3°C), forte insolação, altas taxas de evapotranspiração (2.500 mm em média), solos rasos, baixa capacidade de infiltração, predominância de geologia de rochas cristalinas, escassos recursos hídricos subterrâneos e rios intermitentes (ANA, 2016b; BAPTISTA; CAMPOS, 2015; INSA, 2012).

Essas condições colocam a população residente no semiárido expostas ao perigo de estiagem e dependendo de suas condições estruturais, de gestão e sociais, uma alta vulnerabilidade (CRN/INPE, 2015), e conseqüentemente um alto risco a estiagem. Além das características naturais, as mudanças climáticas e fenômenos como o El Niño tem potencializado os impactos sobre os recursos hídricos da região.

No quinto relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), divulgado entre setembro de 2013 e dezembro de 2014, os cientistas projetam um aumento de temperatura entre 0.3 e 4.8°C até o fim do século (IPCC, 2014). Esse aumento na temperatura proporcionará um aumento nas áreas afetadas pelas secas, gerando impactos em diversos setores. Magrin *et al.* (2014) estimam uma redução de 22% no volume precipitado para a região nordeste do Brasil.

Uma seca no semiárido ocorre em intervalos médios de 18 a 20 anos a cada 100 anos, e Kane (1989) citou que em 29 anos de influência do fenômeno El Niño entre 1849 a 1985 no nordeste brasileiro, 12 anos causaram secas. Todavia, esse fenômeno também está influenciando a estiagem no semiárido brasileiro, e tem causado precipitações de chuva abaixo da média histórica (dados a partir de 1980) desde de 2012, sendo esse extremamente crítico, e considerado a maior seca dos últimos 100 anos em boa parte do semiárido (ANA, 2014). Por ser uma região dependente de reservatórios, isso tem trazido problemas, prejuízos e limitações na agropecuária, na geração de energia e no abastecimento humano.

Os reservatórios com capacidade maior ou igual a 10 hectômetros estavam com 21,7% no início de julho de 2016. Dos 533 reservatórios que a ANA monitora na região, 119 estão vazios. Em julho de 2012, o volume do reservatório equivalente da região nordeste estava em 58,6%, apesar que em termos de estado, os reservatórios da Bahia tinham 36% do volume, em julho de 2016, 59% do volume (ANA, 2016a).

O objetivo desse trabalho é traçar um panorama da seca que assola o Nordeste brasileiro nos últimos anos, no contexto da bacia do rio Paraguaçu, localizada no estado da Bahia. Essa bacia possui grande importância para a Bahia e apresenta cerca de 67% de sua área localizada sob clima semiárido, sendo, portanto, bastante vulnerável aos impactos da estiagem.

## BACIA DO RIO PARAGUAÇU

A bacia hidrográfica do Paraguaçu está localizada na região centro-leste do estado da Bahia (Figura 1), apresentando como uma de suas principais características a heterogeneidade espacial. O rio Paraguaçu nasce na região da Chapada Diamantina, uma área elevada localizada na parte oeste da bacia, que apresenta desde áreas em semiárido a áreas com clima úmido. O efeito orográfico proporciona uma pluviosidade acima da média nas regiões de clima semiárido localizadas na Chapada Diamantina, com índices superando a 1000 mm anuais (TANAJURA *et al.*, 2010). Durante o seu percurso, o rio Paraguaçu atravessa uma extensa faixa de clima semiárido localizada

na porção central da bacia (médio Paraguaçu), desaguando na Baía de Todos os Santos. No seu baixo curso predomina o clima litorâneo, com índices em torno de 1600 mm anuais (GENZ, 2006).

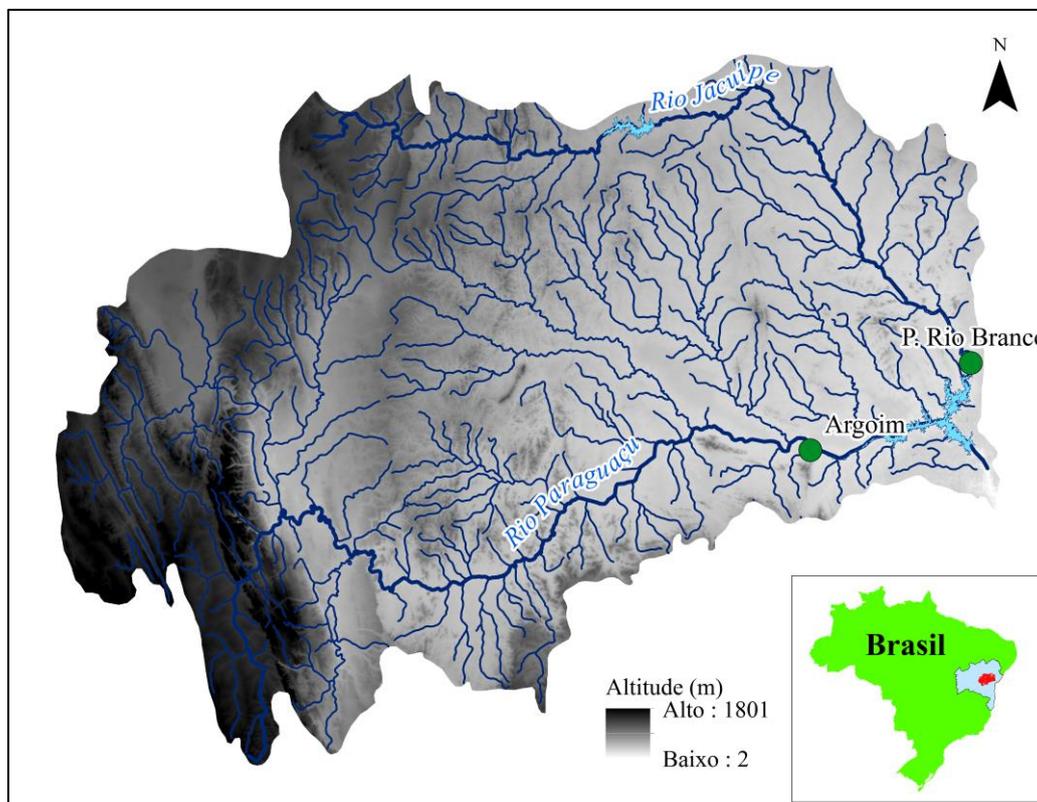


Figura 1 - Localização da Bacia do Rio Paraguaçu

A vazão média anual no rio Paraguaçu é de 83 m<sup>3</sup>/s (dados de 1947 a 2003), enquanto que no rio Jacuípe (principal afluente do rio Paraguaçu) chega a 9,5 m<sup>3</sup>/s (1930 a 2003). Em termos de vazões mínimas destaca-se o regime intermitente do Rio Jacuípe, que pode apresentar vazão nula durante todos os dias de qualquer mês do ano (GENZ, 2006).

Na bacia estão localizados grandes reservatórios como os de Apertado, Bandeira de Melo, França, São José de Jacuípe e Pedra do Cavalo. Dentre esses, destaca-se o reservatório de Pedra do Cavalo, localizado no baixo curso do rio Paraguaçu, e de onde é retirada água para abastecer cerca de 60% da região metropolitana de Salvador (GENZ *et al.*, 2012; VALERIO e FRAGOSO JR., 2015).

O uso da água na bacia é bastante diversificado, existindo conflitos entre usuários, principalmente nos trechos do médio e baixo Paraguaçu. Os conflitos são constantes, estando relacionados com: construção ilegal de pequenas barragens de captação de água, uso sem controle dos recursos hídricos por garimpeiros e projetos mecanizados de irrigação, verificados na parte alta da bacia; lançamento de esgotos in natura, armazenamento de água pela barragem de Pedra do Cavalo e salinização de reservatórios, problemas encontrados principalmente no médio e baixo curso do Paraguaçu. Esses fatores têm provocado conflitos envolvendo empresas de abastecimento e agricultores redução da disponibilidade de água na região, principalmente nos períodos de escassez (ANA, 2005).

## EVOLUÇÃO DA SECA NA BACIA NOS ÚLTIMOS ANOS

De acordo com dados do banco de dados internacional de desastres ([www.emdat.be](http://www.emdat.be)), o Brasil sofreu com 8 secas entre os anos de 2000 e 2015, afetando cerca de 33 milhões de pessoas e provocando prejuízos na faixa dos 81 milhões de dólares. Nos últimos anos, o Nordeste Brasileiro vem enfrentado uma severa estiagem, noticiada como a pior seca dos últimos 100 anos.

Até o início de junho de 2017, o estado da Bahia apresentava 214 municípios com decretos de emergência devido à seca em vigor, com uma estimativa de cerca de 4 milhões de pessoas afetadas. Destes, um total de 57 municípios estão totalmente ou parcialmente inseridos na bacia do Paraguaçu, representando cerca de 1,3 milhões de pessoas. Quando comparado ao mês de abril de 2016, onde 16 municípios apresentavam situação de emergência por conta da estiagem, houve um grande aumento no número de municípios e conseqüentemente pessoas afetadas (SUDEC, 2006; 2017).

Pelos dados do Monitor de Secas do Nordeste do Brasil (<http://monitordesecas.ana.gov.br/>) pode-se verificar que em agosto de 2015 a maior parte da bacia não apresentava seca relativa. De acordo com INSA (2015), em julho de 2015, a bacia apresentava barragens com apenas 3,92% de volume (São José do Jacuípe) até 91,18% do volume (Bandeira de Melo). Essa situação foi evoluindo gradualmente até abril de 2017 (ver Figura 2), onde a maior parte da bacia apresenta situação de seca excepcional. Essa classificação de secas utilizadas no monitor foi adaptada da classificação de severidade de seca do *National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, U.S.*. A situação de seca excepcional significa uma seca mais intensa, com possíveis impactos na produção agrícola, na disponibilidade hídrica, devido à escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água.

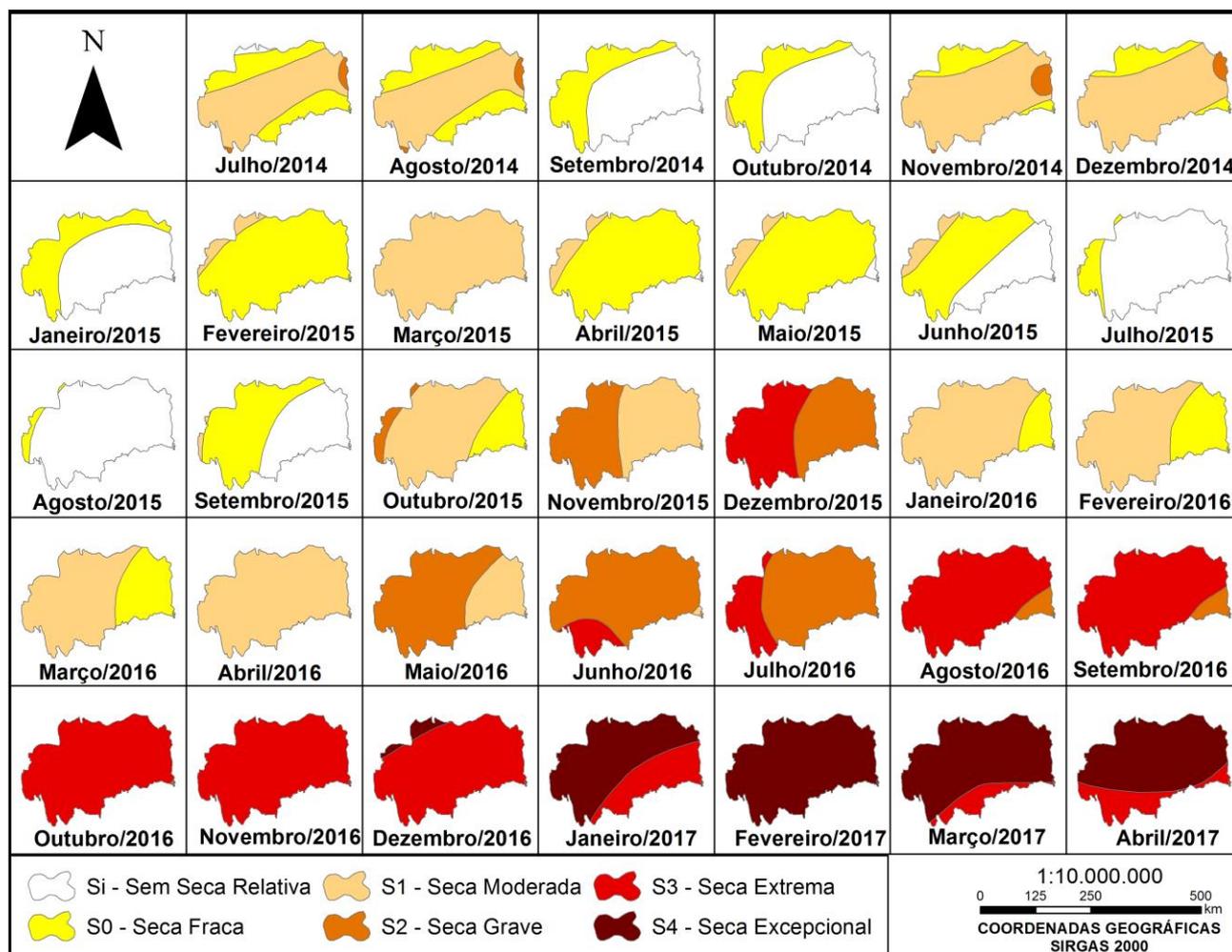


Figura 2 - Evolução da seca na bacia do rio Paraguaçu nos últimos anos (Fonte: Monitor de Secas do Nordeste do Brasil)

Para avaliar a situação no rio Paraguaçu e no seu principal afluente, o rio Jacuípe, traçamos as curvas de permanência em escala mensal para as estações fluviométricas Argoim (rio Paraguaçu) e Ponte Rio Branco (rio Jacuípe). As estações utilizadas localizam-se na parte baixa da bacia, já próximas ao exutório, monitorando os fluxos de água antes da entrada no reservatório de Pedra do Cavalo (Figura 1).

As estações apresentavam dados disponíveis até o ano de 2016. Assim, confeccionamos duas curvas de permanência para cada rio: uma curva compreendendo o período de 1960 a 1990; e uma curva com dados de 2007 a 2016, sendo esta representativa da situação dos rios na última década. Na Figura 3 são apresentadas as curvas obtidas.

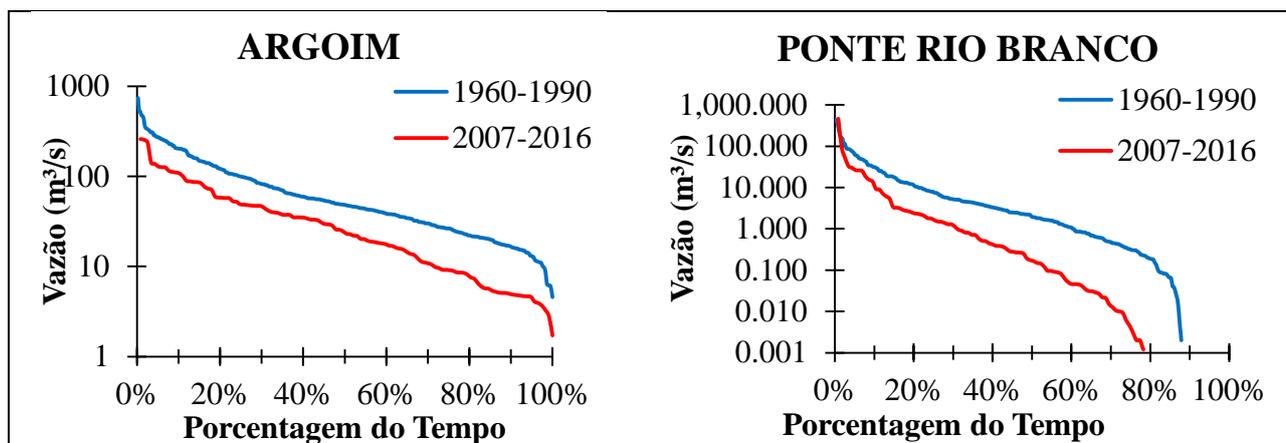


Figura 3 - Curvas de permanência para os rios Paraguaçu (Argoim) e Jacuípe (Ponte Rio Branco)

É possível observar claramente um decréscimo nas vazões entre os dois períodos, para ambos os rios. Como indicador utilizamos a vazão com 90% de permanência ( $Q_{90}$ ), tida como referência para outorga do uso da água nos Estado da Bahia. Na estação Argoim, a  $Q_{90}$  era de  $13,84 \text{ m}^3/\text{s}$  quando considerado o período de 1960 a 1990, passando para um valor de  $4,43 \text{ m}^3/\text{s}$  na última década, representando portanto um decréscimo de cerca de 68%. Para a estação Ponte Rio Branco as vazões  $Q_{90}$  foram zero em ambos os períodos. Ressalta-se que o rio Jacuípe é um rio de regime intermitente e, portanto, possui vazões que chegam a zero nos períodos de estiagem. Devido a essa característica, consideramos a vazão de sete dias consecutivos e 10 anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ) como indicador para avaliar a situação no rio Jacuípe. No período 1960-1990 a  $Q_{7,10}$  era aproximadamente  $0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ , passando a  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  na última década, representando uma redução de aproximadamente 61%.

## PROJEÇÕES FUTURAS

Simulações do clima futuro indicam aumento das temperaturas médias e reduções no volume de precipitações sobre a região Nordeste. Tanajura *et al.* (2010) simularam os cenários climáticos A2 e B2, do quarto relatório do IPCC, avaliando os resultados para o Estado da Bahia. As simulações indicaram a redução da precipitação anual e o aumento da temperatura média em todo o Estado, com valores de 1 a  $2^\circ \text{C}$  (menores que as observações) entre os meses de dezembro a fevereiro e março a maio, e 1 a  $3^\circ \text{C}$  de junho a agosto e setembro a novembro. Quanto as chuvas, as regiões de semiárido sofreram reduções de precipitação anual entre 20-60% e 20-50% nos cenários A2 e B2, respectivamente. Com o valor de precipitação, pode-se estimar a redução em volumes disponíveis para o Estado e, depois, transpor para a bacia do Paraguaçu.

Na bacia do rio Paraguaçu alguns trabalhos têm sido desenvolvidos buscando avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, considerando diferentes cenários (e.g. GENZ *et al.*, 2012; VALERIO e FRAGOSO JR., 2015), com resultados parecidos apontando para reduções nas chuvas e, conseqüentemente, nas vazões. Os resultados de Valerio e Fragoso Jr. (2015) apontaram reduções na precipitação média anual entre 9 e 19% e reduções nas vazões  $Q_{90}$  entre 69 e 89%, no rio Paraguaçu, e entre 30 e 68% no rio Jacuípe, a depender do cenário considerado.

O IPCC (2014) atesta que essas reduções podem atuar intensificando os conflitos pelo uso da água e provocando conseqüências em diversos setores, como abastecimento humano, agricultura e geração de energia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seca é uma realidade no Nordeste brasileiro e, historicamente, é tratada com intensidade durante o período de estiagens e “esquecida” durante os períodos chuvosos. O fato de ter em seus domínios a maior parte do semiárido de nosso país torna a região especialmente vulnerável a alterações climáticas. Essas mudanças no clima têm sido reportadas em estudos realizados em várias partes do mundo, traçando um panorama preocupante, onde eventos extremos, sejam estes de cheias ou secas, se tornarão cada vez mais frequentes, exigindo uma abordagem proativa por parte dos tomadores de decisões.

Essas projeções são dotadas de muitas fontes de incertezas, que variam desde os cenários considerados à formulação dos modelos utilizados. Para previsões climáticas a longo prazo e projeções de anomalias na precipitação, essas incertezas são ainda maiores. Porém, apesar das várias incertezas existentes ao tentar projetar climas futuros, conhecer possíveis cenários adquire grande importância para os governantes e agentes tomadores de decisão operando a níveis hierárquicos mais baixos, uma vez que esses são partes que tomarão decisões de adaptação, independente do sucesso ou não de acordos globais (FREEMAN *et al.*, 2015).

Segundo Hawkings e Sutton (2009) as incertezas são potencialmente reduzidas a partir de investimentos nas ciências climáticas. Ou seja, investimentos em conhecimento e monitoramento possuem fundamental importância na redução das incertezas e do risco, provendo assim, o estabelecimento de um panorama climático futuro com maior confiabilidade, que servirá como auxílio para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia de grande importância para o estado da Bahia e que apresenta grande vulnerabilidade frente as mudanças climáticas.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio a pesquisa, e ao IPH/UFRGS por disponibilizar os meios para execução das atividades.

## REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2006). *Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais*.

ANA. (2016.a). *Balanço das águas - Nº 5*. Brasília: [s.n.].

ANA. (2014). *Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2014*. Brasília: [s.n.].

ANA. (2016.b). *Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016*. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>.

BAPTISTA, N.; CAMPOS, C. H. *Caracterização do semiárido brasileiro*. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2014-1/caracterizacao-do-semiarido-brasileiro>. Acesso em: 4 jun. 2017.

CRN/INPE. *Vulnerabilidade*. Disponível em: <http://www.geopro.crn2.inpe.br/vulnerabilidade.htm>. Acesso em: 4 jun. 2017.

FREEMAN, M. C.; GROOM, B.; ZECKHAUSER, R. J. (2015). *Better predictions, better allocations: scientific advances and adaptation to climate change*. Phil. Trans. R. Soc. A. 373: 20150122. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0122>

GENZ, F. (2006). *Avaliação dos efeitos da barragem Pedra do cavalo sobre a circulação estuarina do rio Paraguaçu e Baía de Iguape*. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

GENZ, F. *et al.* (2011). *Impacto das mudanças climáticas nas vazões do rio Paraguaçu – Cenário A1B de 2011 a 2040*. In : *XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Nordeste*, 2011, João Pessoa. Anais...João Pessoa: ABRH, 2011.

HAWKINS, E.; SUTTON, R. (2009). *The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 90, 1095–1107.

IBGE. (2010). *IBGE Censo 2010*. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>.

INSA. (2015). *Monitoramento do reservatórios da região semi-árida*. (S. de S. Medeiros, R. da C. C. Lima, & J. P. Lima, Org.), nº 11. Campina Grande: [s.n.].

INSA. (2012). *Recursos hídricos em regiões semiáridas*. 2. ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA)/Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report: Summary for Policymakers*.

KANE, R. P. (1989). *Relationship between the southern oscillation/El Niño and rainfall in some tropical and midlatitude regions*. Proceedings of Indian Academy of Science (Earth Planet Science), v. 3, p. 223–235, 1989. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02881825>. Acesso em: 4 jun. 2017.

MAGRIN, G. O.; MARENGO, J. A.; BOULANGER, J-P.; *et al.* (2014). *Central and South America*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

SUDEC - SUPERINTENDÊNCIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO ESTADO DA BAHIA (2016). *Municípios com decreto de situação de emergência - estiagem- 2016*.

SUDEC - SUPERINTENDÊNCIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO ESTADO DA BAHIA (2017). *Municípios com decreto de situação de emergência – estiagem/seca/ - 2017*.

TANAJURA, C. A. S.; GENZ, F.; ARAÚJO, H. A. (2010). *Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070 – 2100*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, p.345-358. DOI: 10.1590/ S0102-77862010000300006

VALÉRIO, E. L. S.; FRAGOSO JR, C. R. (2015). *Avaliação dos efeitos de mudanças climáticas no regime hidrológicoda bacia do rio Paraguaçu, BA*. RBRH, v. 20, n.4, p. 872 – 887.