

SEGURANÇA HÍDRICA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

Alfredo Ribeiro Neto^{1}@, Carlos de Oliveira Galvão²@, Javier Tomasella³@, Ana Cláudia F. Medeiros Braga⁴@, Ana Cristina Souza da Silva⁵@, Daniel Andrés Rodríguez⁶@, Laura De Simone Borma⁷@ & Francisco de Assis Souza Filho⁸@*

Resumo ó Eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil recentemente alertam para a necessidade de medidas que visem garantir a segurança hídrica no País. Tais eventos podem se intensificar em decorrência de impactos das mudanças do clima. Este artigo se propõe a realizar uma avaliação da situação de segurança hídrica no Brasil tendo em conta esses possíveis impactos. Apresentam-se, em linhas gerais, um diagnóstico do tema, um prognóstico do tema, situação da pesquisa sobre o tema e os grandes marcos político-institucionais. Verifica-se como desafios da pesquisa os temas relacionados às incertezas dos modelos climáticos e deficiências dos modelos hidrológicos para simulação das mudanças do uso do solo. Percebem-se avanços importantes do arcabouço legal atualmente vigente no Brasil relativo à mitigação e adaptação das mudanças climáticas nos diversos setores envolvidos com o tema. Entretanto, ainda há necessidade do aprimoramento do diálogo entre academia e tomadores de decisão.

Palavras-Chave ó Adaptação, Impactos, Rede CLIMA.

WATER SECURITY AND CLIMATE CHANGE IN BRAZIL

Abstract ó Extreme climatic events in Brazil recently warn to the need for measures to ensure water security in the country. Such events may intensify as a result of the impacts of climate change. This paper proposes to carry out an assessment of the water security situation in Brazil taking into account these possible impacts. In general terms, we present a diagnosis of the theme, a prognosis of the theme, the situation of the research on the theme and the major political-institutional frameworks. The main research challenges are the uncertainties of climate models and deficiencies of hydrological models to simulate land use changes. Significant progress has been made in the legal framework currently in Brazil regarding mitigation and adaptation of climate change in the various sectors involved. However, there is still a need to improve the dialogue between academia and decision makers.

Keywords ó Climate change adaptation, Climate change impacts, Rede CLIMA.

INTRODUÇÃO

Muitos fatores são determinantes para a segurança hídrica. Além dos fatores naturais, destacam-se aspectos institucionais, políticos, sociais e financeiros - muitos dos quais estão fora do domínio da água. Assim, segurança hídrica situa-se no centro das outras áreas de segurança (alimentar, energética e socioambiental) pois cada uma delas está intrinsecamente relacionada com a água. Torna-se

© Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA).

¹ Universidade Federal de Pernambuco, alfredoribeiro@ufpe.br

² Universidade Federal de Campina Grande, carlos.galvao@ufcg.edu.br

³ Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, javier.tomasella@cemaden.gov.br

⁴ Universidade Federal da Paraíba, anacmedeiros@yahoo.com.br

⁵ Universidade Federal da Paraíba, ccristina24@yahoo.com.br

⁶ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, daniel.andres@inpe.br

⁷ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, laura.borma@inpe.br

⁸ Universidade Federal do Ceará, assissouzafilho@gmail.com

* Autor Correspondente

necessária uma estreita colaboração da segurança hídrica com os outros setores, de modo a subsidiar potenciais conflitos na concorrência dos usos dos recursos hídricos.

De acordo com UN-Water (2013), Segurança Hídrica é a capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água com qualidade aceitável, de maneira a permitir o bem-estar humano e o desenvolvimento sócio econômico, bem como assegurar a proteção contra doenças de veiculação hídrica, e os desastres relacionados com a água, e para a preservação dos ecossistemas num clima de paz e estabilidade política.

Os recentes eventos extremos enfrentados em diferentes regiões do País têm possibilitado uma reflexão sobre as condições de preparo em termos institucionais, conhecimento técnico-científico e de infraestrutura. A Amazônia vivenciou períodos de seca em 2005 e 2010 e, no extremo oposto aos eventos de seca, no ano de 2009, foi registrada a cheia mais severa em 107 anos, conforme medições do nível da água no porto de Manaus no rio Negro (Marengo et al., 2012). No Nordeste, em 2012, teve início um novo período de seca com impactos socioeconômicos significativos para a região. Com respeito a inundações, a Zona da Mata Sul do Estado de Pernambuco sofreu em 2010 o evento de cheia mais severo já registrado na região. Na região Sudeste, particularmente a crise vivida na região da Grande São Paulo, mostrou a vulnerabilidade do sistema de abastecimento e o risco associado à insegurança hídrica em uma megacidade. A crise hídrica em São Paulo teve início em 2014, mas até 2015 houve repercussão dos baixos índices pluviométricos.

Importantes avanços foram observados nos últimos oito anos no que se refere a estudos de impacto, vulnerabilidade e adaptação das mudanças climáticas no setor de recursos hídricos. Papel relevante foi desempenhado por projetos e iniciativas como o INCT Mudanças Climáticas e a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais ó Rede Clima. As principais bacias hidrográficas do Brasil foram simuladas e avaliados os impactos dos cenários do IPCC sobre a disponibilidade hídrica. Medidas adaptativas, particularmente no semiárido nordestino, têm sido avaliadas com o intuito de verificar sua efetividade na redução de vulnerabilidades e aumento da resiliência das comunidades e sistemas produtivos que dependem da oferta hídrica. Apesar dos avanços alcançados, constata-se como desafio a necessidade de aprimoramento do diálogo entre ciência e política. Este artigo se propõe a realizar uma avaliação da situação de segurança hídrica no Brasil tendo em conta os possíveis impactos das mudanças climáticas.

DIAGNÓSTICO DO TEMA

O Brasil é um país de grandes dimensões, de grande diversidade geoclimática, socioeconômica e de distribuição populacional heterogênea, o que associado com um crescente processo de urbanização e as secas ocorridas nos últimos anos, podem ainda piorar o quadro oferta x demanda nas diferentes regiões do país.

A variabilidade das chuvas e vazões nestas diferentes regiões é marcada por uma sazonalidade, onde ao final do período chuvoso as vazões dos rios decrescem bastante, podendo chegar a zero em alguns casos. A variabilidade também é interanual, com alternância de anos secos e chuvosos, quando em situações mais críticas podem ocorrer vários anos seguidos de seca.

Segundo ANA (2015), em termos globais, o Brasil possui oferta de água média de 260.000 m³/s, dos quais 78,8% estão na bacia do rio Amazonas. A disponibilidade hídrica, baseada em uma garantia de 95%, excluindo a bacia amazônica, é em torno de 12.000 m³/s, podendo as vazões mínimas variarem de 0% a mais de 50% da vazão média, dada as diferenças geoclimáticas e hidrogeológicas.

O Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2015) faz a relação percentual vazão outorgada acumulada / disponibilidade hídrica e define áreas críticas no território

nacional. Grande parte do País possui trechos de curso d'água com baixa criticidade. Por outro lado, aponta que bacias importantes apresentam criticidade elevada (demanda outorgada superior a 70% da disponibilidade hídrica). Entre as bacias de rios de domínio da União, destacam-se as de São Marcos (MG e GO), Verde Grande (MG e BA), rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) (MG e SP), Javaés (GO e TO) e Preto (DF e MG).

O uso da água dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos, está relacionado com a qualidade da água existente. Dados compilados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2015) mostram que do total dos postos monitorados e com cálculo do Índice de Qualidade da Água - IQA, 7% foram classificados como ruins ou péssimos. Considerando apenas os pontos localizados em áreas urbanas (regiões metropolitanas e/ou áreas urbanas definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2005), o percentual de pontos classificados como ruins ou péssimos aumenta para 21%. Isso mostra que os grandes centros urbanos acumulam maiores problemas de qualidade da água. Os esgotos domésticos representam uma grande ameaça à qualidade da água no meio urbano, principalmente em áreas com maior adensamento populacional e com corpos d'água com baixa capacidade de assimilação das cargas poluidoras. Este fato faz com que os mananciais abastecedores estejam cada vez mais distantes dos centros urbanos e/ou com tecnologias de tratamento mais onerosas.

A demanda consuntiva total estimada para o Brasil foi de 2.275,07 m³/s em 2014. O setor de irrigação foi responsável pela maior parcela de retirada (55% do total), seguido das vazões de retirada para fins de abastecimento humano urbano, industrial, animal e abastecimento humano rural. A vazão efetivamente consumida foi de 1.209,64 m³/s. A estimativa nacional de uso da água para irrigação no ano 2014 foi de 1.252,73 m³/s.

O uso da água para abastecimento humano, segundo a Lei 9.433/97 - Política Nacional de Recursos Hídricos, é o uso prioritário da água em casos de escassez. Essa demanda é calculada em função do consumo per capita e da população dos municípios e sua estimativa futura é função do crescimento populacional. O Atlas de Abastecimento Urbano (ANA, 2010) prevê que as demandas média e máxima para abastecimento humano urbano serão de 630 e 695 m³/s para o ano de 2025.

Outros usos também importantes, mas que são de uso não-consuntivo são a produção de energia elétrica e a navegação. A capacidade instalada de energia hidrelétrica brasileira compreendia, em dezembro de 2014, segundo informações da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), um total de aproximadamente 92.330 MW, distribuídos em 1.154 empreendimentos hidrelétricos, sendo 484 Centrais de Geração Hidrelétrica (CGHs), 470 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 200 Usinas Hidrelétricas.

Os dados sobre a evolução da capacidade de produção de energia elétrica no Brasil, consideradas todas as fontes de energia, revelam que em 2014 houve um acréscimo de aproximadamente 6.400 MW na capacidade total do sistema, sendo cerca de 2.810 MW referentes à geração hidrelétrica, ou seja, 44% do acréscimo na capacidade total de geração de energia é proveniente da energia hidrelétrica. Considerando a capacidade total instalada da matriz elétrica brasileira, que está atualmente em aproximadamente 133.189 MW, cerca de 67% são representados pela geração hidrelétrica.

Com relação à navegação, segundo o Anuário Estatístico Aquaviário referente ao ano de 2014, o transporte de cargas em vias navegáveis interiores no país chegou a aproximadamente 32.237 milhões de toneladas, indicando um aumento de 1,06% em relação ao ano anterior. A maior carga transportada entre as vias interiores do Brasil ocorreu nos limites do estado do Rio Grande do Sul (cerca de 4,1 milhões de toneladas transportadas), seguido do Amazonas para Rondônia (quase 2,9 milhões de toneladas) e das vias interiores de São Paulo (2,7 milhões de toneladas).

PROGNÓSTICO DO TEMA

Desde a elaboração e publicação do Relatório Nacional de Avaliação (RAN) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), diversos trabalhos foram desenvolvidos e publicados em periódicos, livros e relatórios visando o prognóstico dos impactos das mudanças do clima sobre os recursos hídricos no território brasileiro. Magrin et al. (2014) identificaram mudanças na descarga e disponibilidade hídrica que são projetadas para continuar no futuro na América do Sul, afetando regiões já vulneráveis. A estratégia para estimativa de impactos de cenários climáticos no regime de vazões é o uso da saída de Modelos de Circulação Global (MCGs) como dado de entrada em modelos hidrológicos. Esses estudos podem focar na escala da bacia como os trabalhos realizados nas bacias do rio Capibaribe no Nordeste (Ribeiro Neto et al., 2014), rio Madeira na Amazônia (Siqueira Júnior et al., 2015) e rio Grande no Sudeste (Nóbrega et al., 2011).

Além do escoamento superficial, outros processos hidrológicos são influenciados pela mudança do clima e os impactos têm sido estudados sob os vários cenários do IPCC. Por exemplo, no Brasil, estudos têm identificado redução da descarga para o semiárido do Nordeste do Brasil (Ribeiro Neto et al., 2014, Valverde e Marengo, 2014). O Nordeste do Brasil está incluso naquelas regiões áridas ou semiáridas particularmente expostas aos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos. Projeções climáticas mostram aumento de temperatura e diminuição da precipitação na região Nordeste do Brasil, e uma tendência ao aumento na frequência de veranicos e secas, associado a uma aridificação da região (Marengo et al., 2016). Estas condições afetam a irrigação, a agricultura de sequeiro, a evaporação de açudes e reservatórios (Marengo et al., 2016). Consequentemente, os cenários indicam mudanças no regime hidrológico dos rios no que tange à sua capacidade de regularização, impactando diretamente na política de outorga estabelecida para o clima presente.

Em outras regiões do Brasil, outros autores encontraram projeção de redução do escoamento na região Amazônica (Marengo et al., 2012, Siqueira Júnior et al., 2015), aumento e redução do escoamento (o sinal depende do MCG usado) no Sudeste (Rio Grande) (Nóbrega et al., 2011), e aumento nas regiões hidrográficas no Sul do Brasil (Magrin et al., 2014). O risco de escassez no abastecimento de água aumentará devido à redução da precipitação e aumento da evapotranspiração nas regiões semiáridas, afetando, assim, o abastecimento de cidades, geração de energia e a agricultura.

Apesar da falta de consenso dos cenários do IPCC na Amazônia, esses cenários são concordantes no sentido de que haverá um aumento da frequência de eventos extremos. Esse aumento leva à perda de capacidade de regularização dos reservatórios com impacto direto por exemplo na geração de energia (Mohor et al., 2015; Randow et al., 2015). Mesmo naqueles cenários que sinalizam incremento da vazão média, há uma perda da regularização natural da bacia o que impacta usos tais como navegação, geração de energia, situações de emergência decorrentes de secas e inundações, desmoronamentos, sem deixar de mencionar o aumento da erosão e sedimentação e a perda da regulação ecológica dos ecossistemas amazônicos.

SITUAÇÃO DA PESQUISA SOBRE O TEMA

Há fortes evidências científicas de que as mudanças climáticas poderão interferir negativamente nas sociedades. Entretanto, os modelos climáticos padecem de várias fontes de incerteza que variam desde os quantitativos de emissões futuras de gases de efeito estufa, de origem antrópica e natural, quanto a variabilidade natural dos sistemas climáticos, deficientemente simulados pelos atuais modelos climáticos.

A despeito das incertezas associadas às modelagens climática e hidrológica, pode-se considerar que é muito provável que as características hidrológicas na escala das bacias hidrográficas irão se

modificar no futuro (Bates et al., 2008). Diante dessa condição, é necessário desenvolver protocolos de adaptação e práticas de gerenciamento de risco que incorporem as mudanças do regime hidrológico (Bates et al., 2008).

Apesar dos modelos regionais simularem os diferentes componentes do ciclo hidrológico, tais como os fluxos superficial e subsuperficial, essas simulações têm pouca aderência com as observações de vazão e não podem ser usadas diretamente para avaliar o impacto hidrológico na escala da bacia. Por esta razão, as variáveis climáticas de modelos regionais são utilizadas como forçantes de modelos hidrológicos. Entretanto, as saídas de modelos regionais estão sujeitas a erros sistemáticos resultantes de limitações na conceptualização e discretização dos modelos e na escala espacial. A correção de erros sistemáticos do resultado de modelos climáticos é ainda um dos grandes desafios na busca pela redução de incerteza das simulações, e a metodologia mais adequada para a correção em regiões tropicais é um tópico de interesse pelo seu grande impacto na área de adaptação.

Além das incertezas decorrentes dos cenários de mudanças climáticas de modelos globais acoplados, é importante mencionar as limitações da geração atual de modelos hidrológicos no que se refere à sua incapacidade de simular os impactos das mudanças do uso e cobertura da terra sobre a resposta hidrológica (Rodríguez e Tomasella, 2016). Estas limitações também são observadas em modelos desenvolvidos para bacias de clima temperado (McIntyre et al., 2014). Considerando que as paisagens da porção leste do país foram profundamente fragmentadas pela ação antrópica nos últimos quatro séculos, as deficiências observadas na geração atual de modelos hidrológicos é ainda um grande desafio científico a ser vencido.

Para melhorar a capacidade de previsão do impacto das várias mudanças ambientais futuras (sejam elas do uso e cobertura da terra, sejam climáticas) é fundamental entender como os sistemas hidrológicos respondem a desvios sistemáticos fora dos limites estabelecidos pelas séries históricas (Thirel et al., 2015). A natureza complexa das bacias, que não pode ser representada em todos os seus aspectos por limitações de vários tipos, exige a calibração de modelos hidrológicos. Dentre essas restrições estão a descontinuidade das superfícies de resposta, multiplicidade de mínimos, dificuldade na identificação de parâmetros, a falta de robustez dos parâmetros calibrados e, finalmente, de equifinalidade. Obviamente, a super-parametrização de modelos acarreta dúvidas sobre sua capacidade preditiva nos cenários de mudança. Assim, a melhoria da capacidade dos modelos de lidarem com bacias em processo de mudanças se torna essencial no contexto deste grupo. É portanto necessário selecionar bacias representativas do país com o objetivo de aplicar novos arcabouços metodológicos que permitam avaliar o desempenho dos modelos hidrológicos diante de mudanças como proposto, por exemplo, por Thirel et al. (2015).

Além disso, estimativas de parâmetros hidrológicos no amplo grupo de bacias não monitoradas do País permanece como um desafio fundamental para o planejamento e tomada de decisão diante das mudanças climáticas, uma vez que bacias sem informação hidrológica são muito frequentes no Brasil. Torna-se necessário o desenvolvimento e aplicação de metodologias de regionalização de informações hidrológicas bem como estudos da transferibilidade de parâmetros de modelos hidrológicos (Zeilew e Alfredsen, 2015).

GRANDES MARCOS POLÍTICO-INSTITUCIONAIS

A segurança hídrica pode garantir o direito de uso da água, minimizando, assim, conflitos e impactos diversos na sociedade. Historicamente, no Brasil, o primeiro marco legal para a gestão dos recursos hídricos, com o intuito de minimizar conflitos pelo uso da água, e garantir o uso hidrelétrico, ocorreu com a decretação do Código de Águas em 1934.

De acordo com a atual Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH - Lei 9433/1997) "a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas". O Brasil apresenta, em seu contexto histórico, situações diversas de conflitos pelo uso da água, que impactaram (e impactam) diversos setores da sociedade brasileira. Em um contexto de mudanças climáticas, a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, a segurança hídrica poderão ser afetadas. Além da PNRH, diversas são as políticas existentes para contribuir com a segurança hídrica considerando, também, a adaptação da sociedade num contexto de mudanças climáticas.

A Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) (Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009) apresenta duas perspectivas distintas: políticas voltadas para a mitigação de possíveis mudanças climáticas passíveis de serem causadas pelos seres humanos e para a adaptação dos seres humanos às mudanças climáticas, procurando minimizar os efeitos negativos, que tais mudanças poderão provocar (Silva, 2014).

Também foram estabelecidos no Brasil diversos planos e programas de adaptação às mudanças climáticas, em âmbito nacional e estadual, como o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e o Programa Água Doce (PAD) (SRHU/MMA, 2010). Entre os programas e os subprogramas prioritários para o período de 2012-2015 do PNRH, ficou estabelecida a definição de diretrizes para a introdução do tema das mudanças climáticas nos planos de recursos hídricos (MMA, SRHU, ANA, 2011). A introdução desse programa no PNRH foi estabelecida para atender demandas apresentadas na Política Nacional de Mudanças Climáticas (Silva, 2014).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) foi instituído em 2009, nos moldes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), com o intuito de fornecer avaliações científicas sobre as mudanças climáticas de relevância para o Brasil, incluindo os impactos, vulnerabilidades e ações de adaptação e mitigação. O PBMC lançou três sumários executivos para contribuição ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

Além disso, a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Mudanças Climáticas (INCT-MC) foram criados pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI). A Rede CLIMA envolve dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos de pesquisa, e um de seus focos de investigação são estudos de impactos e adaptação para sistemas e setores relevantes, como os de recursos hídricos, dentre outros (Nobre, 2011).

O Plano Nacional de Mudanças Climáticas apresenta oportunidades para a mitigação das mudanças climáticas, dentre elas estão medidas que dependem da segurança hídrica para sua concretização, como o aumento da participação das fontes renováveis e energias limpas, através do aumento do uso de biocombustíveis e o uso energético das biomassas com o desenvolvimento de florestas energéticas, cultivadas especificamente para esse fim (Brasil, 2007). A projeção de impactos sobre os recursos hídricos também são prioridades estabelecidas no PNMC.

O Brasil considera adaptação um elemento fundamental do esforço global para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos. A implementação de políticas e medidas de adaptação à mudança do clima contribui para a construção de resiliência de populações, ecossistemas, infraestrutura e sistemas de produção, ao reduzir vulnerabilidades ou prover serviços ecossistêmicos. O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) foi instituído em 2016. Ele é um instrumento elaborado pelo Governo Federal com setores da sociedade civil, privados e governos estaduais para a promoção da redução da vulnerabilidade nacional às mudanças climáticas e realização de uma gestão do risco associada a esse fenômeno (Brasil, 2016).

O Plano Nacional de Adaptação pretende garantir a implementação de estratégias setoriais e temáticas de gestão de risco, prioritariamente nas áreas de segurança alimentar e nutricional, hídrica e energética. Do mesmo modo, as medidas de adaptação devem considerar metas nacionais de desenvolvimento socioeconômico e de redução das desigualdades regionais, através da coordenação de políticas públicas, em âmbito federal, estadual e municipal. No horizonte de longo prazo para 2040, o PNA promoverá a capacidade de adaptação do Governo Federal e a redução dos riscos associados à mudança do clima (Brasil, 2016).

CONCLUSÃO

Ao longo da elaboração deste trabalho, foi possível identificar as ações que estão sendo adotadas tanto no âmbito da academia como na esfera governamental. Verifica-se como desafios da pesquisa os temas relacionados às incertezas dos modelos climáticos, deficiências dos modelos hidrológicos para simulação das mudanças do uso do solo e simulação de condições das bacias diferentes da condição atual e técnicas de correção dos erros de tendenciosidade apresentados pelos modelos climáticos. Pode-se adicionar a esses temas, ainda, a necessidade de incremento de estudos relativos a impactos sobre águas subterrâneas e sobre a qualidade da água. Pouca atenção tem sido dispensada a esses temas mesmo em países desenvolvidos, conforme registrado por PBMC (2014).

Percebem-se avanços importantes do arcabouço legal atualmente vigente no Brasil relativo à mitigação e adaptação das mudanças climáticas nos diversos setores envolvidos com o tema. Nesse sentido, para o fortalecimento das estratégias de adaptação às mudanças globais necessita-se do estabelecimento de diálogo entre academia e tomadores de decisão. É necessária a avaliação de impactos decorrentes das forças de mudança global (tarefa já realizada pela Rede Clima); caracterização de vulnerabilidade, risco e resiliência em bacias ameaçadas de estresse hídrico; e desenvolvimento de cenários de planejamento que permitem representar uma faixa de trajetórias possíveis tanto em termos de processos físicos como institucionais.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio FINEP/ Rede CLIMA 01.13.0353-00.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (2015). *Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2015*. Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA.
- ANA - Agência Nacional de Águas (2010). *Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional*. Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA.
- BATES, B. C. et al. (2008) *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, IPCC Secretariat, 210p.
- BRASIL (2016). *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima ó Sumário Executivo (Minuta)*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- BRASIL (2007). *Plano Nacional sobre Mudança Climática*, Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Brasília: Comitê Interministerial sobre mudanças do clima.
- Magrin 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 IPCC*, Barros et al. (eds.). Cambridge University Press: Cambridge, pp. 1499-1566.
- Marengo, J.A., Torres, R.R. & Alves, L.M. (2016) Drought in Northeast Brazilô past, present, and future. *Theor Appl Climatol*. doi:10.1007/s00704-016-1840-8.

- Marengo, J.A., Tomasella, J., Soares, W.R., Alves, L.M., Nobre, C.A. (2012) Extreme climatic events in the Amazon basin. *Theor Appl Climatol*, v. 107, p. 73685. DOI 10.1007/s00704-011-0465-1
- McIntyre et al. (2014). Modelling the hydrological impacts of rural land use change. *Hydrology Research*, 45 (6) 737-754; DOI: 10.2166/nh.2013.145
- MMA, SRHU, ANA. (2011). *Plano Nacional de Recursos Hídricos: Prioridades 2012-2015*. Conselho Nacional de Recursos Hídricos ó CNRH/CTPNRH. Brasília: MMA.
- Mohor et al. (2015) Exploratory analyses for the assessment of climate change impacts on the energy production in an Amazon run-of-river hydropower plant. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 4, p. 41-59.
- Nobre, P. (2011). Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande: INSA-PB. p. 25-34.
- Nóbrega MT, Collischonn W, Tucci CEM, Paz AR. (2011) Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. *Hydrology and Earth System Science*. 15, 5856595.
- PBMC. (2014) Recursos Naturais, Manejo e Uso de Ecossistemas. In: Assad, E.D.; Magalhães, A. (Org.). *Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas*. 1ed. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2014, v. 1, p. 43-200.
- Randow et al. (2015). Report on the likely response of the Amazon basin hydrology and river discharge to land use and climate change. *EU-AMAZALERT Delivery report 2.4*. Grant agreement no:282664.
- Ribeiro Neto A, Scott CA, Lima EA, Montenegro SMGL, Cirilo JA. (2014). Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate-induced socio-hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin ó Brazil. *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 344963459.
- Rodriguez, D.A., Tomasella, J. (2016) On the ability of large scale hydrological models to simulate land use and land cover change impacts in Amazonian basins, *Hydrological Sciences Journal*, 61:10, 1831-1846.
- Silva, A.C.S. (2014) Análise institucional da governança da água para adaptação à variabilidade e mudança climática: um caso no semiárido brasileiro (1997-2013). Tese (Doutorado). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 170p.
- Siqueira Júnior JL, Tomasella J, Rodriguez DA. 2015. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. *Climatic Change* 129: 117-129.
- SRHU/MMA. (2010) *Programa Água Doce. Documento Base*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano; Ministério do Meio Ambiente. 321p.
- Thirel et al. (2015). Hydrology under change: an evaluation protocol to investigate how hydrological models deal with changing catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 60:7-8, 1184-1199.
- UN-Water (2013). *Water Security & the Global Water Agenda - A UN-Water Analytical Brief*. United Nations University, Ontário-Canadá, 37 p.
- Valverde MC, Marengo JA. (2014). Extreme Rainfall Indices in the Hydrographic Basins of Brazil. *Open Journal of Modern Hydrology* 04: 10-26.
- Zeilew MB, Alfredsen, K. (2014) Transferability of hydrological model parameter spaces in the estimation of runoff in ungauged catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 59:8, 1470-1490.