

Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro

INTRODUÇÃO

A seca é um evento climático extremo de consequências majoritariamente negativas para o meio ambiente e o bem-estar humano. Embora a classificação de secas possa ser baseada em diferentes perspectivas - meteorológica, agrícola, hidrológica ou socioeconômica (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2003) -, os baixos índices pluviométricos são os principais fatores que as geram.

No Brasil, a região do Semiárido é historicamente marcada pela ocorrência de secas, as quais, segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2014), poderão aumentar em frequência, causando, assim, mais impactos. Essa região também é atingida pelo desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água, que caracteriza a escassez hídrica (ALBUQUERQUE; RÊGO, 1999) e agrava a situação da seca, por ser consequência da utilização indevida dos recursos hídricos existentes.

Nesse contexto, o Semiárido brasileiro ocupa uma posição de alerta, com graves danos e prejuízos socioeconômicos registrados nessa região (BRASIL, 2012). 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 dos atingidos por secas.

Adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas implica ações e ajustes realizados nos sistemas, naturais ou humanos, para manter a capacidade de lidar com estímulos reais ou esperados e seus efeitos. Desta forma, estratégias de adaptação à seca podem favorecer ações proativas que venham a minimizar o grau de vulnerabilidade local, tornando a região ou comunidade mais resilientes e sustentáveis (BANERJEE, 2015; STUCKER; LOPEZ-GUNN, 2015; LINDOSO et al., 2014).

Embora ações de gestão durante a ocorrência de crises sejam importantes para aliviar as perturbações de curto prazo, elas são, em sua maioria, de caráter assistencialista

e incapazes de aumentar, em longo prazo, a resiliência dos afetados pela seca (DING; HAYES; WIDHALM, 2011). Por esse motivo, a gestão da seca requer estratégias focadas na gestão do risco, que envolve ações de planejamento proativo e de mitigação, em detrimento da gestão da crise, que se caracteriza pela reação emergencial à seca e a seus impactos (FONTAINE, STEINEMANN, HAYES, 2014; WILHITE, 2011).

A busca de soluções de caráter imediato para os problemas decorrentes das secas foi exaustivamente repetida, e validada como ineficaz nas últimas décadas. A adaptação à seca é uma das recentes proposições para minimizar esses problemas. No entanto, como essa adaptação deve ser proposta e avaliada? E quais considerações devem ser aplicadas em uma realidade de variabilidade e mudanças climáticas? Essas perguntas têm pautado as recentes soluções apresentadas e, dentre elas, a construção de cisternas tem se destacado pela sua adoção por programas sociais e governamentais. O presente estudo é motivado por essas questões. Como suporte, foram analisadas relações dessa alternativa como medida de gestão do risco e gestão de crise.

O PROBLEMA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE COMUNIDADES DIFUSAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA

Existe uma complexa infraestrutura de pequenos e grandes reservatórios no Semiárido brasileiro para o enfrentamento de períodos de secas. Os grandes reservatórios são projetados para suprir a demanda hídrica mesmo diante de secas plurianuais, atendendo aos aglomerados urbanos, perímetros irrigados e demais atividades econômicas, de maneira que a água neles armazenada responde pela maior parcela da disponibilidade hídrica no semiárido, tornando-se a fonte hídrica mais relevante da região.

No entanto, fora das cidades e de outros núcleos urbanos há um número considerável de famílias para as quais o abastecimento de água continua sendo um desafio (NÓBREGA et al. 2012), pois suas habitações encontram-se distantes dos serviços de saneamento. Muitas buscam água em pequenos reservatórios (barreiros), que são vulneráveis a longas secas e onde a qualidade da água para consumo humano é duvidosa, obrigando a população rural a recorrer a outras alternativas como poços ou carros-pipas. A utilização de poços na região semiárida se limita a fraturas e fissuras nas rochas, e a zonas de aluviões dos rios (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2004). Os solos rasos, de

baixa capacidade de infiltração e armazenamento, com águas que tendem a ser salobras, restringem o aproveitamento das águas subterrâneas.

O aproveitamento de água de chuva é uma prática antiga e tem sido aceito como uma alternativa ao abastecimento humano e adaptação às regiões onde os recursos hídricos são escassos. A técnica se baseia na captação de água de chuva, seu transporte e armazenamento, visando o uso da água o mais próximo possível de onde ela precipita (NÓBREGA et al., 2013). Esses sistemas podem ser agrupados em três tipos principais: conservação *in situ* (conservação da água e do solo), concentração do escoamento no campo para aproveitamento agrícola e coleta e armazenamento da água de escoamento de telhados e outras superfícies (FALKENMARK; ROCKSTROM, 2004). A água coletada por esses sistemas é disponibilizada com qualidade para beber e para outros usos domésticos, agricultura, pecuária e indústrias de pequena escala, além de sua contribuição para a conservação dos recursos hídricos subterrâneos (JHA et al., 2014).

O aproveitamento da água de chuva coletada no telhado das residências e armazenada em cisternas de placas para consumo doméstico teve grande aceitação por parte da população rural do semiárido e vem sendo utilizada com sucesso no Brasil. As principais vantagens da coleta e armazenamento da água nesse tipo de cisterna são a boa qualidade e a proximidade do ponto de consumo. Como pontos negativos aponta-se a existência da possibilidade de contaminação, caso a cisterna não seja manejada corretamente, e, principalmente, a baixa garantia de abastecimento oferecida por esses sistemas, que falham quando o costumeiro período anual sem chuvas se prolonga por mais meses que o usual.

Embora o uso das cisternas não seja suficiente para atender a todas as necessidades de água de uma residência durante longos períodos de estiagem, seu uso diminuiu a constante dependência do carro-pipa e de outras fontes de abastecimento, além de ser utilizada para armazenar a água adquirida dessas fontes (MENEZES et al., 2013; ALCÂNTARA, 2013; SANTOS, CEBALLOS, DE SOUSA, 2013; DANTAS, GALVÃO, NÓBREGA, 2012; NÓBREGA et al., 2013; TAVARES et al., 2007). A disponibilização de água por meio de cisternas de placas é viável e necessária para as populações rurais difusas e possui custo de implantação e operação acessível, considerando-se os pressupostos de potabilidade e proximidade do usuário (ARAÚJO et al., 2005).

Somam-se às incertezas decorrentes da variabilidade climática do Semiárido brasileiro as ameaças provenientes das mudanças climáticas que poderão tornar mais intensos e severos os eventos de seca, exercendo maior pressão sobre os sistemas hídricos. Este novo contexto requererá ações de adaptação; e o aproveitamento da água de chuva, como uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas para regiões semiáridas, é um recurso importante para demandas dispersas (KARPOUZOGLOU, BARRON, 2014; GANDURE, WALKER, BOTHA, 2013; HAN, MUN, 2011; KAHINDA, TAIGBENU, BOROTO, 2010).

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E GESTÃO DO RISCO EM SECAS

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei nº 9.433/97) tem papel importante na gestão de secas. A PNRH prevê os conceitos e instrumentos necessários para a correta gestão dos recursos hídricos também em regiões de baixa disponibilidade hídrica, garantindo princípios básicos como o uso múltiplo da água e primando pelo seu uso racional. A gestão do risco, por sua vez, interage com a gestão dos recursos hídricos por meio das medidas que visam à diminuição da vulnerabilidade hídrica.

Entende-se por risco a combinação de fatores naturais (perigo) e sociais (vulnerabilidade) (BLAIKIE et al., 2014; MIRANDA, 2014), que devem ser considerados na gestão das secas; o perigo é um fenômeno natural (seca) que possui diferentes dimensões espaciais e temporais, e vários graus de intensidade e severidade. Já a vulnerabilidade pode ser entendida como o conjunto de características de um indivíduo, ou grupo de indivíduos (sociedade), que influenciam a capacidade de antecipar, gerir e se recuperar de um impacto causado pelo perigo (WILHITE, 2011). O gerenciamento do risco diz respeito à previsão do perigo e das vulnerabilidades, com foco em atividades que se antecipam aos desastres, baseado na preparação para as secas e redução de risco em longo prazo, diminuindo a vulnerabilidade e aumentando a resiliência da sociedade à seca (KAMPAGOU et al., 2011).

Pode-se considerar que as medidas de gestão de risco em secas se iniciaram com a construção de reservatórios na região semiárida, ou seja, com as políticas baseadas no paradigma de soluções hidráulicas para lidar com a seca. A construção de grandes açudes, sem dúvida, foi essencial para a ocupação e o desenvolvimento das cidades no Semiárido, garantindo o abastecimento de água (TRAVASSOS

et al., 2013; FERREIRA, 2009). No entanto, apenas a construção de reservatórios se mostrou insuficiente para lidar adequadamente com o problema, pois a seca é complexa e envolve aspectos de caráter socioeconômico e não apenas hídricos. A população rural, em sua maioria, continuou não sendo atendida pela rede de distribuição de água. Além disso, a gestão da água armazenada nos reservatórios se mostrou falha, especialmente quando há aparente abundância.

José Nilson Campos (2015) apresenta mais dois paradigmas que guiaram ações, tanto de gestão de risco quanto de gestão de crise em seca e que, também, se relacionam com a gestão dos recursos hídricos. O primeiro, o paradigma do desenvolvimento econômico, emergiu no final da década de 1950, com a tentativa de aliar o conhecimento científico-tecnológico às soluções hidráulicas para seca. As ações aí engendradas foram marcadas pelas atividades desenvolvidas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), dentre as quais a criação de polos de desenvolvimento próximos aos reservatórios. O segundo, o paradigma do desenvolvimento sustentável e manejo integrado dos recursos hídricos, surge na década de 1980, preocupado com questões relacionadas à alocação da água e gestão de prioridades, com estudos voltados para o melhoramento da eficiência dos reservatórios, assim como programas e estudos de desenvolvimento local sustentável.

Foi a partir deste último paradigma que surgiu a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) e o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), com o objetivo de atender as famílias da zona rural do Semiárido. Visando aumentar a segurança hídrica dessas famílias, a ASA propõe uma combinação de métodos de captação e armazenagem de água de chuva: cisternas de placas para fins potáveis e captação de água de chuva para a produção através da cisterna-calçadão, cisterna-enxurrada, barragem subterrânea, barreiro trincheira, barraginha e tanque de pedra (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015).

Além da construção de reservatórios e das experiências com a captação da água de chuva em cisternas, existem outras estratégias de aproveitamento da água para lidar com a variação natural das chuvas, como a utilização da vazante dos pequenos açudes para a irrigação de base familiar, tanques de pedra, perfuração de poços (amazonas ou tubulares) ou poços de injeção para recarga de aquíferos e barragens subterrâneas. Com o propósito de abastecimento humano, pode-se utilizar as águas salobras depois de tratadas por dessalinizações, e ainda reutilizar as

águas residuais tratadas para irrigação ou outras finalidades que não exijam potabilidade, sempre respeitando os parâmetros e cuidados necessários para evitar riscos para a saúde pública (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012 e ROSADO; MORAES, 2010).

Portanto, existem várias alternativas de aproveitamento da água em regiões semiáridas. Sejam quais forem, todas elas precisam ser orientadas pelas boas práticas da gestão dos recursos hídricos para que atendam suas finalidades de maneira eficiente. Além disso, a adoção de alternativas de aproveitamento de água precisa ser combinada com fatores ambientais e socioeconômicos associados às vulnerabilidades locais, as quais não podem ser ignoradas na gestão da seca.

Nesse sentido, algumas políticas públicas voltadas para a diminuição da pobreza extrema no Brasil, que tem como carro-chefe o programa Bolsa Família (Lei nº 10.836/2004), podem auxiliar na diminuição das vulnerabilidades sociais e em relação à seca, uma vez que grande parcela da população atendida pelo programa sofre com os seus impactos negativos. Também contribui, nesse processo, a criação de outros programas, especificamente destinados a auxiliar na gestão da crise em seca as famílias da zona rural que dependem economicamente da agricultura de sequeiro. É o caso dos programas Bolsa Estiagem, Garantia Safra, Operação carro-pipa e do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

Esses programas sociais, aliados à infraestrutura hídrica que hoje existe na região semiárida, e da qual as cisternas fazem parte, têm contribuído para o enfrentamento da seca desde 2012. Isso resultou em menos perturbações sociais do que em secas anteriores, embora os prejuízos na agricultura de sequeiro e na pecuária tenham sido iguais aos do passado, e tenham igualmente demonstrado a incapacidade dos agricultores, diante de secas severas, em se sustentarem por si mesmos (CAMPOS, 2015).

A diminuição das perturbações sociais em face de eventos naturais, cuja severidade foi vivenciada anteriormente, por causa da interferência de políticas públicas voltadas para a redução da pobreza, contribui com o pensamento de que a adaptação da sociedade não envolve apenas medidas ambientais e/ou de desenvolvimento, mas também medidas que objetivem a equidade social (BARNET, 2006).

CISTERNAS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO E GESTÃO

DO RISCO EM SECAS

A construção de cisternas de placas para armazenar água de chuva ganhou destaque no Brasil a partir das ações lideradas pela ASA por meio do programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) cujo objetivo é a garantia de água potável para parte da população que reside no Semiárido, utilizando uma tecnologia social simples, barata e de fácil assimilação (ASSIS, 2012; SANTOS et al., 2009).

Em termos de adaptação às mudanças ou variabilidade climáticas, as pesquisas desenvolvidas em áreas rurais se concentram na diminuição das vulnerabilidades socioeconômicas. Isso porque enquanto as mudanças climáticas são entendidas como um processo global, a adaptação está inserida num contexto local que considera a realidade física, econômica e sociocultural, e baseia-se na aceitação de que existem incertezas futuras, e por isso busca melhorar as capacidades de adaptação (LUDWIG; VAN SLOBBE; COFINO, 2014). Essa premissa também pode ser assumida no caso das cisternas de placas, que auxiliam na diminuição das vulnerabilidades, tanto social quanto em relação à seca, buscando a convivência ou adaptação às condições já existentes de variabilidade climática, que tendem a ser agravadas com as mudanças climáticas no Semiárido.

A cisterna de placas foi idealizada a partir da troca de experiência com os próprios agricultores e é construída em regime de mutirão junto com as famílias atendidas pelo programa. O Instituto Nacional de Tecnologia Social - Inates (2015) define tecnologia social como “produtos, técnicas ou metodologias reprodutíveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”. Esta definição é claramente aplicável às cisternas de placas, já que é uma técnica replicada em praticamente todo o Semiárido e que produz transformações sociais relevantes nas comunidades, contribuindo eficazmente para solucionar a necessidade básica de acesso à água potável e, assim, concorrendo para a diminuição da vulnerabilidade da população atingida pela seca (SANTOS et al., 2009). Segundo dados da Articulação Semiárido Brasileiro - ASA (2015), até março de 2015 haviam sido construídas 570.398 cisternas.

Dentre as estratégias para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões semiáridas, a captação da água de chuva e seu armazenamento em cisternas têm sido apontados como uma das alternativas de mais fácil implantação, embora não deva ser entendida como a solução de todos os

problemas. Além disso, para o sucesso da estratégia, é necessária uma estreita colaboração entre o governo, o setor privado (ONGs e cientistas) e as famílias rurais (ROSADO, MORAES, 2010; KAHINDA et al. 2010).

A gestão de secas deve incorporar suas características de desastre e ser executada com base no risco de ocorrência, o que implica antecipar medidas de controle e mitigação dos problemas por ela gerados, focando na preparação e redução de risco de longo prazo. Para que a gestão seja eficaz, é necessário que ações sejam executadas quando há condições de normalidade, dentre elas o desenvolvimento e a capacidade de gestão de infraestruturas de captação, armazenamento e distribuição de água (PEREIRA; PAULO, 2014 e KAMPRAGOU et al., 2011). As cisternas são dispositivos que integram a infraestrutura hídrica do local onde são instaladas. É uma ação de planejamento que objetiva acumular água no período chuvoso disponibilizando-a no período de seca e assim mitigando os efeitos da seca e da escassez hídrica, tratando-se, portanto de uma ação de gestão do risco em seca.

O aumento da segurança hídrica da população rural, combinados com programas sociais, auxilia na redução da vulnerabilidade à variabilidade climática, permitindo que a adaptação às condições atuais e futuras seja eficaz (BURNEY et al. 2014;. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014; GIRARD, BOULANGER, HUTTON, 2014). Nesse contexto, Johann Gnadlinger (2014) destaca que os investimentos e esforços nos últimos 20 anos em tecnologias de uso e conservação de água em pequenas escalas, como cisternas e barragens subterrâneas, deram a oportunidade das comunidades do Semiárido brasileiro melhor se prepararem para a seca de 2011 a 2013.

A quantidade de água armazenada nas cisternas (até 16 m³) é calculada para atender uma família de cinco pessoas, para beber e cozinhar, por um período de seis a oito meses, tempo de duração da estiagem em anos em que não há seca. No entanto, a água armazenada não é suficiente para abastecer a residência durante longos períodos de estiagem, que podem ultrapassar mais de doze meses durante secas severas. Por isso, as cisternas esvaziam e, em geral, passam a ser usadas para armazenar água fornecida por carros-pipas.

Já a Operação Carro-Pipa (OCP) é resultado da cooperação técnica e financeira entre os Ministérios da Integração Nacional e da Defesa. Faz parte das políticas de caráter emergencial para o Semiárido e combate à seca, realizando

ações complementares de apoio às atividades de distribuição de água potável às populações dos municípios que se encontram em situação de emergência ou estado de calamidade pública (BRASIL, 2015). É uma ação de enfrentamento, uma reação à realidade instalada no momento da situação e, portanto, também uma ação de gestão da crise em seca.

Quando utilizada para armazenar água fornecida pela OCP, as cisternas deixam de ter o caráter primário de gestão de risco e passam a atuar como componente da gestão de crise. Com as cisternas, as famílias possuem um reservatório com capacidade maior de armazenamento de água e podem, conseqüentemente, receber mais água dos carros-pipas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas bacias dos rios Piranhas-Açu e Pajeú, ambas localizadas no Semiárido brasileiro. A região é caracterizada pelo déficit hídrico, com clima de temperatura elevada, altas taxas de evaporação (2.000 mm) e alta variabilidade espaço-temporal da precipitação, cujas médias anuais variam de 400 a 800 mm (SOUZA FILHO, 2003).

Os dados utilizados nesse estudo são referentes ao número de registro de cisternas construídas e ao número de carros-pipas em operação por município, obtidos a partir do site Observatório da Seca do Governo Federal[4] (BRASIL, 2015), atualizados em dezembro de 2014.

Também foram utilizadas as informações demográficas referentes ao número de pessoas residentes na zona rural de cada município, de acordo com o último censo demográfico realizado (IBGE, 2015), uma vez que os beneficiários das cisternas precisam residir na zona rural em domicílios sem acesso a água, além de comprovar serem de baixa renda (BRASIL, 2015).

Utilizaram-se as relações entre o número de cisternas construídas por habitante da zona rural e o número de carros-pipas em operação por habitante da zona rural, por considerar que estas são mais representativas do que os números absolutos de cisternas ou carros-pipas. As cisternas foram consideradas como ação de gestão de risco e crise em secas e os carros-pipas em operação como ação de gestão de crise, apenas.

Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu-PB/RN

A Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, totalmente inserida no Semiárido, é de domínio da União e de importância para o desenvolvimento socioeconômico da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Nela está localizado o sistema de reservatórios Coremas-Mãe D'Água, na Paraíba, com capacidade de armazenamento de 1,358 bilhões de m³ e vazão regularizável de 9,5 m³s⁻¹. O reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, tem capacidade de armazenamento de 2,400 bilhões de m³ e vazão regularizável de 17,8 m³s⁻¹ (AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 2015).

A porção Paraibana da bacia possui 26.183 km² (60% da área total) e aproximadamente 67% dos habitantes. A área no Rio Grande do Norte é de 17.498 km² (40%) e detém os outros 33% dos habitantes. A principal atividade econômica da região é a agropecuária. Outras atividades econômicas de relevância na bacia são a mineração, na sub-bacia do rio Seridó, e a carcinicultura, na região do Baixo Açu. Devido ao fato de a irrigação ter sido adotada como estratégia de desenvolvimento regional, essa atividade é responsável por 90% dos usos consuntivos de água na bacia. A segunda maior demanda refere-se ao abastecimento urbano, 7%, e os usos animal, industrial e abastecimento rural somam juntos 3% dos usos consuntivos (TERMOS DE REFERÊNCIA, 2010).

Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú-PE

O Estado de Pernambuco caracteriza-se por bacias hidrográficas com relevo sem condições de propiciar reservatórios com grande capacidade de acumulação. Este é um fator que agrava o abastecimento da população na região semiárida do Estado, a exemplo da Bacia do rio Pajeú. Com uma área de 16.686 km², ela possui vazão média de 20,14 m³s⁻¹ e um total de 30 reservatórios com capacidade superior a um milhão de m³ e capacidade total de 595 milhões de m³. A Bacia do Pajeú é a maior do Estado de Pernambuco e a maior do sub-médio São Francisco. Assim como a Bacia do Piranhas-Açu, também está totalmente inserida na região semiárida.

A bacia sofre forte interferência antrópica. Há problemas com conservação da mata ciliar e consequente intensificação do assoreamento. No baixo curso, destaca-se a agricultura irrigada, que resulta em maior nível de

degradação nas margens do rio. Verifica-se processo de desertificação na parte sul, decorrente da presença de solo exposto e áreas degradadas. O abastecimento humano responde por uma demanda de $0,637 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a irrigação por $3,924 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e a demanda animal por uma vazão de $0,255 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (PERNAMBUCO, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 32.988 cisternas construídas na Bacia do Piranhas-Açu, 24.403 (73,98%) atendem famílias paraibanas (Figura 1). No Rio Grande do Norte são 8.585 (26,02%) cisternas construídas. Os municípios que possuem a maior relação cisterna/mil hab. rural são Igaracy - PB (399 cisternas/mil hab. rural) e Lagoa-PB (279 cisternas/mil hab. rural). Na bacia do Rio Pajeú são 23.369 cisternas construídas. Os municípios de Betânia - PE e Itacuruba - PE são os que possuem as maiores relações de cisterna/mil hab. rural, 255 e 284, respectivamente.

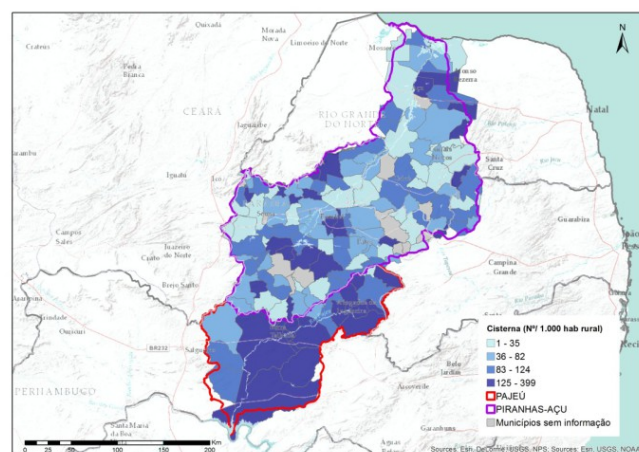


Figura 1. Número de cisternas por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú

Há 864 carros-pipas em operação na Bacia do Piranhas-Açu, 78% na Paraíba, onde quatro municípios não são por eles abastecidos, e 22% no Rio Grande do Norte, que por sua vez possui 20 municípios sem abastecimento por carros-pipas. Na Bacia do Pajeú, há 243 carros-pipas em operação e três municípios que não são abastecidos por eles (Figura 2). As maiores relações de carros-pipas em operação/1.000 hab rural são encontradas para as cidades de Itacuruba (4,54),

Tuparetama (4,45) e Ingazeira (4,41) na Bacia do Pajeú, e Equador - RN (23,72), Carnaúba dos Dantas - RN (17,13) e Cubati - PB (16,22) na Bacia do Piranhas-Açu. O Observatório da Seca (BRASIL, 2015) divulga apenas o número de carros-pipas por município, mas como um carro-pipa pode atender a várias famílias, o total de pessoas beneficiadas pelo programa deve ser superior ao número de carros-pipas.

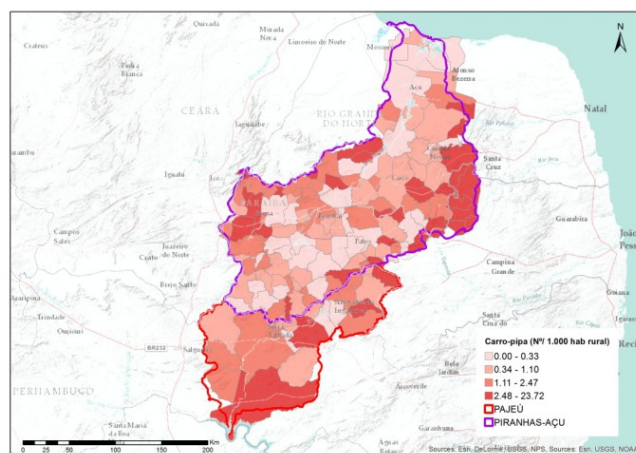


Figura 2. Número de carros-pipas em operação por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú

A Bacia do Pajeú possui 23 municípios e, segundo o Censo 2010, tem uma população residente rural de 166.554 habitantes, enquanto a Bacia do Piranhas-Açu possui 144 municípios e 487.641 habitantes na zona rural (IBGE, 2015). Assim, enquanto a razão cisterna/1.000 hab rural na bacia pernambucana é de cerca de 140, na do Piranhas-Açu é de aproximadamente 68, menos da metade do que é verificado na Bacia do Pajeú, o que pode estar relacionado a maiores vulnerabilidades à seca da Bacia do Piranhas-Açu.

Já em relação ao número de carros-pipas em operação, é a Bacia do Piranhas-Açu que possui maior cobertura para essa ação de enfrentamento da seca: a relação é de 2 e 1,5 carros-pipas/1.000 hab rural para as Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú, respectivamente. Isso pode indicar uma maior ênfase na gestão da crise na Bacia do Piranhas-Açu.

A Figura 3 mostra a dispersão do número de cisternas/1.000 hab rural por número de carros-pipas/1.000 hab rural. Se as cisternas cumprissem o seu papel na gestão do risco, poderíamos esperar que o aumento do número de cisternas

e o consequente aumento do armazenamento e disponibilidade de água em um município repercutissem na diminuição da necessidade de abastecimento por carro-pipa, mas tal constatação não existe. O que se observa é a ausência de correlação linear. O baixo coeficiente de correlação (0,05) e alto coeficiente de variação tanto das cisternas (72,30%) como dos carros-pipas (156,74%) indicam que não há evidências empíricas de que os municípios que possuem maior número de cisternas construídas precisem de menos de carros-pipas.

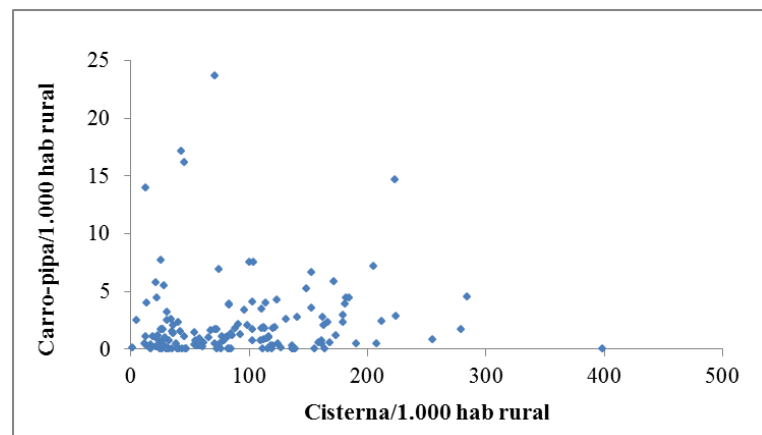


Figura 3. Diagrama de dispersão do número de cisternas (eixo horizontal) versus número de carros-pipas (vertical) nos municípios das Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú

Considerando que a Operação carro-pipa é uma ação consolidada e bem difundida em todo o Semiárido, em execução há vários anos, inclusive sendo anterior à disseminação das cisternas por meio do P1MC, é plausível concluir que os municípios que possuem baixo atendimento por carros-pipas apresentam baixa demanda por essa ação. A partir dessa hipótese, foram identificados dois grupos de municípios: os que apresentam alto número de cisternas e baixo número de carros-pipas, denominados como Grupo A - maior dependência da água de chuva armazenada em cisternas para o abastecimento; e os municípios que apresentam alto número de carros-pipas e baixo número de cisternas, denominados de Grupo B - maior dependência de carros-pipas para abastecimento.

A Figura 4 traz destacados em azul os municípios que possuem, ao mesmo tempo, mais que 124 cisternas/1.000 hab rural, valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados dessa relação (terceiro quartil), e a relação número de carros-pipas/1.000 hab rural inferior a 0,292, valor abaixo do qual se encontram 25% dos menores

valores dessa relação (primeiro quartil), ou seja, em azul aparecem os municípios do Grupo A, cuja ocorrência está presente nos três estados. Em rosa, destacam-se os municípios que possuem número de cisternas/1.000 hab rural menor que 34,6 (primeiro quartil) e número de carros-pipas/1.000 hab rural maior que 2,522 (terceiro quartil), municípios pertencentes ao Grupo B.

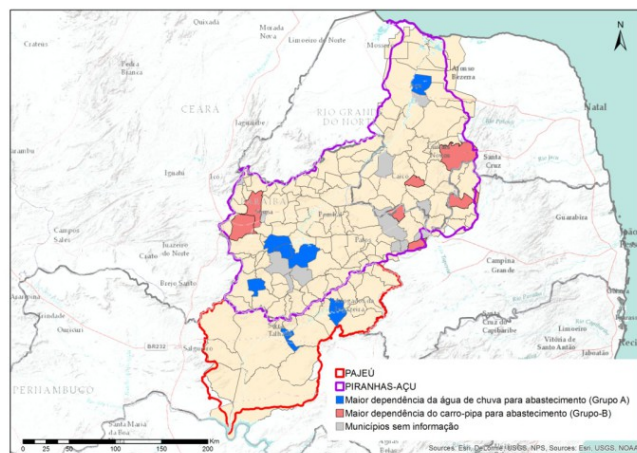


Figura 4. Municípios com maior dependência do aproveitamento da água de chuva e maior dependência dos carros-pipas, nas Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú

O uso das cisternas nos municípios do Grupo A (Figura 4) pode ser enquadrado como uma ação de gestão do risco em seca, pois ao mesmo tempo em que os dados sugerem uma maior dependência do aproveitamento de água de chuva, os resultados também implicam que nesses municípios há menor dependência dos carros-pipas. Sete municípios atendem a essa condição: dois na Bacia do Pajeú (Calumbi e Afogados da Ingazeira) e cinco na Bacia do Piranhas-Açu (Aguiar - PB, Piancó - PB, Igaracy - PB, Ibiara - PB e Ipangaçu - RN). O baixo número de municípios pertencentes ao Grupo A pode ser um indicativo de que as cisternas de fato vêm sendo utilizadas, majoritariamente, na gestão da crise e não como estratégia para gestão do risco.

De maneira análoga, os municípios com maior dependência dos carros-pipas podem ser analisados. Nessas situações, a gestão de crise toma lugar como principal ação, pois nos mesmos locais onde há baixa relação cisternas/1.000 hab (Figura 1) há também alta relação carros-pipas/1.000 hab

(Figura 2). Todos os oito municípios que atendem a essa condição estão localizados na Bacia do Piranhas-Açu.

A prevalência do aproveitamento de água de chuva para a gestão de crise pode estar relacionada a dois fatores: (a) a baixa garantia do abastecimento por meio do armazenamento de água de chuva em cisternas, menor que um ano (DANTAS et al., 2012); (b) o insucesso da criação da cultura de uso exclusivo da água de chuva nas cisternas no meio rural (ANDRADE; NUNES, 2014; SANTOS et al., 2013; PONTES, 2013; ASSIS, 2012).

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que as cisternas são utilizadas tanto para armazenar água da chuva quanto para armazenar água proveniente dos carros-pipas. Nesse sentido, verifica-se o funcionamento das cisternas como um elemento de gestão do risco, quando capta água da chuva e abastece as famílias durante o período anual de estiagem, e como um elemento de gestão da crise, quando recebe água da OCP. De qualquer forma, sua contribuição para a redução da vulnerabilidade é inquestionável.

Medidas de adaptação às mudanças climáticas focadas em tecnologias adaptadas à realidade local, como acontece no caso das cisternas, podem influenciar positivamente o gerenciamento do risco e da crise em secas no Semiárido brasileiro. No entanto, ainda há dificuldades em mensurar a contribuição das cisternas para a redução da vulnerabilidade da população rural diante de anos de alta variabilidade pluviométrica, como os que ocorrem no Semiárido. Isso será importante para impulsionar sua difusão em, por exemplo, regiões que ainda apresentam baixa relação de cisternas por habitantes, conforme identificado em alguns municípios das bacias do Piranhas-Açu e Pajeú.

A iniciativa de construção de cisternas foi adotada como uma solução de larga escala para adaptação às condições climáticas em uma região onde as mazelas da gestão da crise são naturalmente repassadas de um programa para o outro. Nesse contexto, as cisternas não foram exceção, e também herdaram sua função na gestão da crise. Contudo, através dos resultados apresentados aqui, é possível assumir a existência de municípios onde as cisternas possuem independência das ações de crise, assumindo assim o seu papel genuíno de adaptação e gestão de riscos.

Há necessidade da busca de soluções para os problemas

relacionados à captação de água de chuva em cisternas, como adequação da área de captação dos telhados, uso associado com outras fontes de abastecimento, controle da qualidade da água armazenada, além da conscientização do uso racional da água e fortalecimento da cidadania. Sem ações para a resolução desses problemas as cisternas podem estar limitadas ao uso apenas como “caixas d’água” e à dependência perpétua dos carros-pipas, condição que tende a piorar com o aumento da frequência de anos secos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Rede Clima, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Referências

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Relatório Final Consolidado do PERH-PB**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/perh.html>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

ALBUQUERQUE, J. P. T.; RÊGO, J. C. Subsídios para o gerenciamento racional e integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIII, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRH, 1999, 1 CD.

ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de Metodologia para a Conservação e Recuperação de Pequenas Bacias Hidrográficas do Semiárido**. 2013. 141f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY - AMS. Meteorological Drought. Adopted by AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 85. Disponível em: <<http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

DE ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p.

28-39, 2014.

ARAÚJO, J. C. et al. Custo de disponibilização e distribuição da água por diversas fontes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 36, n. 2, p. 281-307, 2005.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO - ASA. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

ASSIS, T. R. de P. Sociedade civil e a construção de políticas públicas na região semiárida brasileira: o caso do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC). **Revista de Políticas Públicas**, v. 16, n. 1, p. 179-189, jan./jun. 2012.

BANERJEE, R. R. Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. **Natural Hazards**, v. 75, n. 3, p. 2829-2845, 2015.

BARNET, J. Climate change, insecurity and injustice. In: ADGER, W; PAAVOLA, J; HUQ, S; MACE, M. (eds.). **Fairnes's in adaptation to climate change**. Cambridge: MIT Press: 2006, p. 115-130.

BLAIKIE, P. et al. **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters**. 2. ed. London: Routledge, 2014.

BRASIL. **Lei n. 10.836**, de 9 de janeiro de 2004. Cria o Programa Bolsa Família e dá outras providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.836.htm>. Acesso em: 8 de março de 2015.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 8 mar. 2015.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2012** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f22cccd-281a-4b72-84b3-654002cff1e6&groupId=185960>. Acesso em: 8 mar. 2015.

_____. **Observatório da Seca: Ações emergenciais**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/>

observatoriodaseca/>. Acesso em: 8 mar de 2015.

BURNEY, J. et al. Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. **Climatic Change**, v. 126, n. 1-2, p. 45-59, 2014.

CAMPOS, J. N. B. Paradigms and public policies on drought in Northeast Brazil: a historical perspective. **Environmental management**, p. 1-12, jan. 2015.

DANTAS, M. S.; GALVÃO, C. O.; NÓBREGA, R. L. B. Vulnerabilidade de cisternas rurais sob clima atual e futuro: análise de três casos na Paraíba. In: SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, VIII. 2012, Campina Grande, Paraíba. **Anais...** Petrolina: ABCMAC, 2012.

DING, Y; HAYES, M. J.; WIDHALM, M. Measuring economic impacts of drought: a review and discussion. **Disaster Prevention and Management**, v. 20, n. 4, p. 434-446, 2011.

FALKENMARK, M.; ROCKSTROM, J. **Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology**. London, UK: Earthscan, 2004.

FERREIRA, A. L.; DANTAS, G. A. F.; FARIAS, H. T. M. Por uma história técnica das secas. **Conviver**, v. 6, p. 249-271, 2009.

FONTAINE, M. M.; STEINEMANN, A. C.; HAYES, M. J. State drought programs and plans: survey of the western United States. **Natural Hazards Review**, v. 15, n. 1, p. 95-99, 2012.

GANDURE, S.; WALKER, S.; BOTHA, J. J. Farmers' perceptions of adaptation to climate change and water stress in a South African rural community. **Environmental Development**, v. 5, p. 39-53, 2013.

GIRARD, P.; BOULANGER, J. P.; HUTTON, C. Challenges of climate change in tropical basins: vulnerability of eco-agrosystems and human populations. **Climatic Change**, v. 127, n. 1, p. 1-13, 2014.

GNADLINGER, J. How can rainwater harvesting contribute to living with droughts and climate change in semi-arid Brazil? **Waterlines**, v. 33, n. 2, p. 146-153, 2014.

HAN, M. Y.; MUN, J. S. Operational data of the Star City rainwater harvesting system and its role as a climate change adaptation and a social influence. **Water Science & Technology**, v. 63, n. 12, p. 2796-2801, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>.

Acesso em: 8 mar. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA SOCIAL - INATES.
Disponível em: <<http://www.inates.org.br/>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC.
Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed. C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, 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. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/docs/WGIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2015.

JHA, M. K. et al. Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 83, p. 96-111, 2014.

KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E.; BOROTO, R. J. Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 35, n. 13, p. 742-751, 2010.

KAMPRAGOU, E. et al. Towards the harmonization of water-related policies for managing drought risks across the EU. **Environmental Science & Policy**, v. 14, n. 7, p. 815-824, 2011.

KARPOUZOGLOU, T.; BARRON, J. A global and regional perspective of rainwater harvesting in sub-Saharan Africa's rainfed farming systems. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 72, p. 43-53, 2014.

LINDOSO, D. P. et al. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. **Climatic Change**, v. 127, n. 1, p. 93-105, 2014.

LUDWIG, F.; VAN SLOBBE, E.; COFINO, W. Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 235-242, 2014.

MENEZES, G. F. F. et al. Indicadores de qualidade, manejo e uso da água pluvial armazenada em cisternas do semiárido baiano. **Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 460-472, 2013.

MIRANDA, K. R. B. **Influência do uso e ocupação de solo na qualidade de água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical**. 1014. 40f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no semi-árido. In: CABRAL, J. J. da S. P.; FERREIRA, J. P. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA, W. D.. (Org.). **Água subterrânea: aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2004, v. 1. p. 44-102.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; VITAL, P. S. P.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Org.). **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas: Estudos e Aplicações**. Campina Grande; Cruz das Almas: Instituto Nacional do Semiárido; UFRB, 2012. p. 1-27.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Aspectos Político-Institucionais do Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Rurais do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 1-10, 2012.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Água de chuva para uso doméstico. In: GALVÃO, C. O.; CIRILO, J. A.; CABRAL, J. J. S. P.; MEDEIROS, M. G. A. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o Semiárido: abordagens sobre o semiárido por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina**. Porto Alegre: ABRH; Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. p. 377-394.

PERNAMBUCO. **Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco, 2011-2012**. Recife: Agência Pernambucana de Água e Clima, 2013.

PONTES, E. T. A Estreita Relação entre Mulher e Água no Semiárido: o Caso do Programa um Milhão de Cisternas Rurais. **Revista Latino-Americana de Geografia e Gênero**, v. 4, n. 1, p. 14-21, 2012.

ROSADO, J.; MORAIS, M. M. Estratégias de gestão da água em situação de escassez: regiões semiáridas e mediterrânicas. **Sustentabilidade em Debate**, v. 1, n. 2, p. 29, 2010.

SANTOS, M. J. et al. Programa um Milhão de Cisternas Rurais: Matriz Conceitual e Tecnológicas. **UNOPAR**

Científica Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 8, n. 1, p. 35-43, 2009.

SANTOS, A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; DE SOUSA, C. M. Políticas Públicas de Água e Participação no Semiárido: Limites e Tensões no P1MC. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 145-161, 2013.

SOUZA FILHO, F. de A.; TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Variabilidade e mudança climática nos semi-áridos brasileiros. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 77-111. (Coleção ABRH, v. 9).

STUCKER, D; LOPEZ-GUNN, E. Introduction. In: STUCKER, D.; LOPEZ-GUNN, E. (Org.). **Adaptation to climate change through water resources management: capacity, equity and sustainability**. New York: Routledge, 2015.

TAVARES, A. C. et al. **Captação e manejo de água de chuva em cisternas**: uma forma de mitigar os efeitos das secas prolongadas no Nordeste semi-árido. Estudo de caso: Assentamento Paus Brancos, Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, VI. 2007, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte, 2007

TERMOS de referência para a elaboração do plano de recursos hídricos da bacia do Rio Piranhas-Açu. 2010. Disponível em < <http://piranhasacu.ana.gov.br/termo/TDR.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

TRAVASSOS, I. S.; DE SOUZA, B. I.; DA SILVA, A. B. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **OKARA: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, p. 147-164, 2013.

WILHITE, D. A. Breaking the hydro-illogical cycle: progress or status quo for drought management in the United States. **European Water**, v. 34, p. 5-18, 2011.

[1] Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Companhia Pernambucana de Meio Ambiente. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Email: tafnesandrade@yahoo.com.br

[2] Universidade de Göttingen / Faculdade de Geociências e Geografia, Alemanha. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Email: rodolfo.nobrega@geo.uni-goettingen.de

[3] Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) /

Departamento de Engenharia Civil. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
Email: alfredoribeiro@ufpe.br

4 Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) / Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Doutor Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Email: galvao@dec.ufcg.edu.br

[4] Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>.

[5] A partir de informações disponíveis em <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>.

[6] A partir de informações disponíveis em <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>.

[7] A partir de informações disponíveis em <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>.

[8] A partir de informações disponíveis em <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>.