

## APROVEITAMENTO IMEDIATO DA ÁGUA DE CHUVA

**Cícero Onofre de Andrade Neto**

Doutor em Recursos Naturais, UFCG. Laboratório de Recursos Hídricos e Ambiental – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. (cicero@ct.ufrn.br)

### Resumo

A água de chuva será, em breve, valorizada como a água mais segura que se obterá para consumo humano e com boa qualidade para diversos fins, necessitando, em muitos casos, apenas de tratamento simplificado para purificação. No Brasil, o uso de água de chuva ocorre há séculos, mas a captação imediata no meio urbano, visando ao aproveitamento em usos diversos, ainda é insipiente, e no meio rural somente na última década é que a construção de cisternas vem se disseminando para abastecimento difuso de água. Existe amplo conhecimento tecnológico internacional e nacional que deve ser utilizado de forma mais competente para o aproveitamento imediato da água de chuva, sobretudo para maximizar a relação benefício/custo, aumentar a segurança sanitária dos sistemas e assegurar a qualidade da água. Este trabalho procura mostrar as vantagens do aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, apresenta e comenta avanços, e avalia e discute a segurança da água e a proteção sanitária do sistema de captação e armazenamento. Destaca a atenção que deve ser dispensada aos primeiros milímetros de cada chuva, pois estes têm grande influência sobre a qualidade da água captada em cisternas; já que esta quantidade é, geralmente, suficiente para lavar a atmosfera e a superfície de captação. Se esta água for descartada, o restante da água da chuva tem boa qualidade para diversos usos, e existem dispositivos simples, de baixo custo e de eficiência comprovada para o descarte automático das águas do primeiro milímetro de cada chuva. Quanto às ações de governo das últimas décadas para implantação de cisternas no meio rural no Brasil, é necessário avançar no desenvolvimento e adequação da tecnologia, e manter ou acelerar o ritmo das ações, mas sem perder as diretrizes políticas conquistadas, voltadas para a justiça social e a cidadania.

**Palavras-chave:** aproveitamento de água de chuva; qualidade da água de chuva; proteção sanitária de cisternas.

### ABSTRACT

The rainwater will soon be valued as the safest water for human consumption, with good quality for various purposes, requiring in many cases only a simplified treatment for purification. In Brazil, the use of rainwater occurs for centuries, but the immediate uptake in the urban environment still incipient, and in rural areas it was only in the last decade that the construction of rainwater collection systems has spread as a diffuse water supply system. There is wide international and domestic technological knowledge which must be used in a more competent way for the immediate use of rainwater, especially to maximize the benefit/cost relation, increase the sanitary security of the systems and ensure water quality. This paper aims to show the advantages of immediate use of rainwater, as well as presents and comments the advances in this field, evaluates and discusses water safety and sanitary protection of the capture and storage system. Highlights the attention that should be given to the first millimeters of each rain, as they have great influence on the quality of runoff water stored in cisterns, as this amount is usually enough to wash the atmosphere and catchment surface. Therefore, if this water is discarded (first flush), the rest of rainwater has good quality for various uses. First flush devices are simple, inexpensive and can discard the first millimeter of each rain automatic. Regarding to the government actions in recent decades for implantation of cisterns in rural areas in Brazil, it is necessary to give a step forward on the development and adaptation of technology and maintain or accelerate the actions, but without losing the conquered policy guidelines, focused on social justice and citizenship.

**Keywords:** utilization of rainwater, rainwater quality, sanitary protection of cisterns.

### INTRODUÇÃO

A água das nuvens é, naturalmente, evaporada das águas superficiais de lagos, rios e mares, deixando os sais, as partículas e os microrganismos.

A água da chuva é precipitada das nuvens e, por isso, é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados.

A contaminação da água de chuva, geralmente, ocorre quando lava o ar das camadas baixas da atmosfera e, sobretudo, na superfície de captação, ou quando está armazenada de forma não protegida. Quando atravessa a camada da atmosfera mais perto do solo, que contém partículas em suspensão, inclusive microrganismos, e escoar sobre a superfície de captação, a água da chuva lava esta superfície carreando a sujeira acumulada no intervalo entre uma chuva e outra. Mas o primeiro milímetro de chuva é, geralmente, suficiente para “lavar” a atmosfera e a superfície de captação, e a qualidade da água do restante da chuva fica preservada.

Metais pesados, especialmente chumbo, são potencialmente perigosos em áreas com densidade de tráfego alta ou próximas a indústrias. Substâncias químicas orgânicas, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Contudo, a contaminação atmosférica da água da chuva, normalmente, é limitada a zonas urbanas e industriais poluídas e, mesmo nestes locais, a água de chuva, quase sempre, tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade etc) para vários usos.

Os requisitos de qualidade estão diretamente relacionados com o uso da água. Como as alternativas de uso são incontáveis, podem-se utilizar águas de chuva captadas de diversas formas, armazenadas sob várias condições e com diversos graus de qualidade.

Provavelmente, em futuro próximo, muitas pessoas irão beber água de chuva, porque com a crescente degradação e contaminação dos mananciais usuais com substâncias e microrganismos emergentes e recalcitrantes, a água de chuva será a mais fácil de ser potabilizada, quando já não for potável. Ademais, é uma solução de custo viável, pois o custo da água depende muito do transporte (cada vez se busca água mais distante), e a água da chuva pode ser armazenada e utilizada no local.

Água de chuva também serve para diluir água salina ou salobra. Em algumas regiões, há água disponível e sanitariamente segura se não fosse a alta concentração de sais, e essa água pode ser diluída com água de chuva, que tem concentrações de sais baixíssimas, propiciando água de boa qualidade.

O uso de cisternas<sup>1</sup> para captação e armazenamento de água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e, atualmente, tem merecido maior interesse e ampla aplicação. Está cada vez ficando mais evidente que cisterna não é uma tecnologia “atrasada”, “de país pobre”, “pra coisa pequena”. Ao contrário, apesar de milenar, continua moderna, quando incorpora novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento. Ademais, é uma tecnologia ecologicamente sustentável e de aplicação difusa e socialmente justa.

No meio rural, as águas de chuva armazenadas em cisternas são utilizadas para consumo doméstico. Nas cidades, as cisternas prestam-se, principalmente, para controle de enchentes, mas também podem ser uma importante fonte alternativa de suprimento de água.

Vários estudos que examinaram a qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas concluíram que estas, de maneira geral, atendem os padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde para os parâmetros físico-químicos, porém, freqüentemente, não atendem em relação aos critérios de qualidade microbiológica, o que significa que estão contaminadas ou susceptíveis a contaminação por microrganismos patogênicos (GOULD, 1999; SIMMONS, 1999; VIDAL, 2002; GOULD; NISSEN-PETERSEN, 2002).

No entanto, o consumo de água de cisterna não se constitui em risco. Milhões de pessoas em áreas rurais de várias partes do planeta utilizam água de chuva captada em telhados e armazenada em cisterna para usos domésticos, e o número de casos informados de problemas sérios de saúde relacionados a essa prática é muito pequeno.

O Projeto Cisternas (“Melhoramentos Tecnológicos e Educação Ambiental para a Sustentabilidade dos Projetos de Armazenamento de Águas de Chuva em Cisternas no Nordeste Semiárido”) é um projeto de pesquisa aplicada em escala real, financiado pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, do Ministério da Ciência e Tecnologia do Governo Brasileiro, por iniciativa e com recursos do CT-HIDRO – Fundo Setorial de Recursos

<sup>1</sup> Cisterna é um tanque construído para armazenar, de forma imediata, as águas de chuva captadas em uma superfície próxima, geralmente um telhado de cobertura. Pode ser utilizada como importante manancial de água para abastecimento no meio rural e, também, no meio urbano.

Hídricos, e executado com participação de cinco universidades brasileiras. Tal Projeto aportou muitos dados, informações e conclusões ao conhecimento sobre a água de cisternas no Semi-Árido Nordeste. As pesquisas desse Projeto mostraram que a água de cisternas apresenta, geralmente, boas características químicas e físicas, mas, com frequência, contém microrganismos, inclusive indicadores de contaminação fecal, sobretudo quando a cisterna recebe, também, água de procedência duvidosa, transportada por carro-tanque. Porém, quando a cisterna acumula somente água de chuva e tem manejo cuidadoso, incluindo o uso de bomba para retirada da água e o descarte do primeiro milímetro de cada chuva, a qualidade é muito melhor e pode atender o padrão de potabilidade.

A China, por exemplo, tem mais de cinco milhões de cisternas construídas nos últimos anos e, no sul da Austrália, cerca de 80% da população rural e 30% da urbana utilizam a água da chuva como fonte de abastecimento. Países como Japão e Alemanha, também, vêm ampliando muito o uso de cisternas de águas pluviais.

Muito provavelmente, o maior sistema para captação de águas de chuva atual é a "gigantesca obra que se destina a captar, transportar e estocar águas pluviais urbanas de Tóquio, para evitar inundações e transbordamentos de rios e, ao mesmo tempo, servir de fonte de água potável, após tratamento" (ÁGUA DE CHUVA, 2012).

Nesse contexto, este artigo procura mostrar as vantagens do aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, apresenta e comenta avanços, e avalia e discute a segurança da água e a proteção sanitária do sistema de captação e armazenamento.

## **AVANÇOS E DESAFIOS DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL**

O uso de cisternas para captar e armazenar água de chuva é praticado há milênios em diversas regiões do mundo. No Brasil, o uso de água de chuva captada e armazenada em cisternas domésticas ocorre há séculos, mas a captação imediata de água de chuva no meio urbano, visando ao aproveitamento em usos diversos, ainda é insipiente. Nas cidades brasileiras de médio e grande porte, têm-se desprezado o potencial da água da atmosfera, condensada nas nuvens, como manancial de água de boa qualidade; porém, há uma crescente tendência internacional de captar águas pluviais diretamente,

durante as precipitações e antes que sejam poluídas e contaminadas, e armazenar em tanques para diversos usos.

Para isso, é necessário adequar tecnologia, mas, primeiramente, há que se perceberem dois aspectos fundamentais do uso racional da água de chuva. O primeiro é que nem sempre o mais adequado, do ponto de vista econômico e energético (conservação de energia), é reservar água em grandes reservatórios para consumo nos períodos secos, mas, sim, utilizar reservatórios menores para captação e regularização em períodos chuvosos, para economizar energia e outras fontes de água disponíveis, mas de custo mais alto nesses períodos. O segundo se refere ao fato de que as primeiras águas da chuva são as de pior qualidade, mas após o início da precipitação, a qualidade da água melhora muito.

Vereadores do município de São Paulo aprovaram, em janeiro de 2002, uma Lei que tornou obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. Essa Lei estabelece que a água deve ser, preferencialmente, infiltrada no solo, podendo também ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, ou ser utilizada para fins não potáveis. Desde então, vários outros municípios brasileiros têm aprovado leis semelhantes. Embora o objetivo principal seja o controle de enchentes, a prática, certamente, vai incentivar o uso da água de chuva no meio urbano, como já acontece em muitos outros países.

No meio rural, há muito tempo se utilizam cisternas para captar e armazenar a "água de beber", mas somente há décadas, é que a população mais pobre teve acesso a esta forma de abastecimento de água difusa e socialmente justa. No passado, não havia ação de governo para ampliar a construção de cisternas para uso da água de chuva, ficando as poucas existentes limitadas ao acesso de pessoas com capacidade financeira para suportar o investimento privado individual (Figura 1). A nossa história de esforço em busca do acesso universal à água de boa qualidade no meio rural, de forma socialmente justa, ainda é recente. Mas, nas últimas duas décadas, notadamente na última, programas e ações têm permitido avançar bastante.

Para comentar os avanços no uso da água de chuva no setor rural do Brasil na década mais recente, é oportuno transcrever um breve histórico e alguns números que dão noção do contexto inicial e do andamento dos principais programas e ações de

governo nesse campo de atuação. D'Alva e Farias (2007) registraram histórico sucinto das mais abrangentes ações de implantação de cisternas para captação de água de chuva no meio rural do Brasil nos últimos anos.

Em novembro de 1999, durante encontro paralelo à Terceira Convenção de Combate à Desertificação e à Seca da ONU, um conjunto de organizações da sociedade civil elaborou o documento intitulado "Declaração do Semi-árido", estabelecendo uma série de compromissos e ações pela sustentabilidade da vida no semi-árido. O processo culminou com a criação da Articulação no Semi-árido Brasileiro (ASA) e a elaboração de uma proposta com vistas a garantir o acesso à água para consumo humano das famílias rurais do semi-árido por meio do armazenamento da água de chuva em cisternas familiares.

A experiência prévia de utilização de cisternas para captação de água de chuva por iniciativa familiar e comunitária, com apoio de organizações de base, criou uma referência que inspirou outras experiências semelhantes e embasou a ASA na concepção do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-árido – Um Milhão de Cisternas (P1MC). A proposta visa garantir o acesso à água adequada ao consumo humano para todas as famílias rurais do semi-árido brasileiro, por meio da formação, mobilização social e construção de cisternas de placas.

A construção de cisternas, inicialmente realizada a partir de um convênio entre a ASA e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2001, permitiu desenvolver um projeto piloto para a construção de 500 cisternas. Posteriormente, a Agência Nacional de Águas (ANA) financiou o equivalente a 12.400 cisternas, cujos recursos, somados às contrapartidas, resultaram na construção de 12.750 cisternas. Em meados de 2003, a ASA estabeleceu uma parceria com o Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar e Combate à Fome (MESA),

que nesse mesmo ano financiou 17.140 cisternas.

Em 2004, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) instituiu a ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água no âmbito do Programa de Construção de Cisternas e Capacitação para Convivência com o Semi-árido. O Programa Cisternas do MDS estabeleceu como público prioritário as famílias rurais do semi-árido brasileiro com perfil de elegibilidade ao Programa Bolsa Família. Por meio de termo de parceria com a ASA e convênios com governos estaduais e municipais, essa ação vem apoiando a construção de cisternas familiares, a mobilização e a capacitação de famílias rurais do semi-árido para a gestão de recursos hídricos. Em dezembro de 2006, os dados da SESAN/MDS contabilizavam um total de 270.100 famílias beneficiadas com cisternas, construídas por diversas iniciativas. Dessas famílias, 150.418 (56% do total) foram beneficiadas com recursos do MDS, sendo 134.822 pelo termo de parceria com a ASA, 14.572 por convênios com governos estaduais e 1.024 com governos municipais. (D'ALVA; FARIAS, 2007).

De acordo com a ASA,

Desde que surgiu, em 2003, até os dias de hoje, o P1MC construiu mais de 300 mil cisternas, beneficiando mais de 1,5 milhões de pessoas. Para que esses resultados pudessem ser alcançados, a ASA conta com a parceria de pessoas físicas, empresas privadas, agências de cooperação e do governo federal. (ASA, 2012).

Segundo o MDS (2012), até 24/08/2012, foram construídas 504.941 cisternas no Brasil com financiamento deste ministério. Já no âmbito do Programa 1 Milhão de Cisternas, foram construídas 385.047 cisternas rurais até 20/07/2012, segundo informações da ASA (2012). Além dos números, podem ser destacados alguns avanços elogiáveis do P1MC e do P1+2: elaboração de diretrizes políticas, voltadas para o retorno social dos investimentos, o

fortalecimento da economia local, a valorização da cidadania e a participação efetiva da sociedade civil organizada e do povo; os esforços de formação e mobilização social da população rural para o uso racional da água de chuva (embora carecendo de

melhor fundamentação técnico-científica); entre outros aspectos sociais e políticos. Elogiável, também, são os avanços na gestão dos programas e a implantação do SIG Cisternas.

Figura 1 - Modelo de cisterna rural antes do P1MC



Fonte: Fotos do autor.

Os principais desafios que se apresentam para continuidade e aperfeiçoamento das ações de governo na construção de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva no meio rural, tomando como base as ações do P1MC, são no domínio das questões tecnológicas, da transmissão de conhecimento para uso adequado (manejo) dessa tecnologia, da proteção sanitária e da qualidade da água. Além de consolidar essas ações em arranjo institucional mais bem definido para suportar políticas permanentes de aproveitamento e uso racional da água de chuva, acelerar o andamento de implantação para ampliar a cobertura e fixar metas mais ambiciosas, é necessário adequar a tecnologia, aperfeiçoar a transmissão de conhecimento (educação sanitária e ambiental) com base em informações mais bem fundamentadas, e assegurar a qualidade da água, mantendo o marco cultural pelo qual cisterna no meio rural é para água de boa qualidade.

Quando se tem em curso um grande programa de construção de cisternas rurais, com enorme poder de influenciar técnicas, comportamentos e práticas, ao ponto de criar uma nova cultura para o uso de cisternas no Brasil, é necessária muita atenção para que esta nova cultura incorpore corretamente a preocupação constante com a qualidade das águas e a segurança sanitária, aprofundando a discussão das questões tecnológicas (tecnologia construtiva, proteção sanitária, etc) e culturais.

Modelo de cisterna rural do P1MC



As ações e programas atuais têm três importantes falhas tecnológicas: 1) usa a mesma tecnologia de construção de cisternas sem um questionamento suficiente; 2) adota o mesmo volume para as cisternas em todas as situações, sem considerar o regime pluviométrico local, o número de usuários, nem a área de captação; 3) não estão sendo executadas e nem divulgadas informações sobre a correta proteção sanitária (barreiras sanitárias físicas e culturais) da água. Não tem sido, também, dada a devida importância ao uso do tanque de descarte do primeiro milímetro de cada chuva, nem da bomba para retirada da água, na ingênua pretensão de garantir a qualidade da água apenas mediante desinfecção com cloro.

É necessário aportar todo o conhecimento disponível sobre construção de cisternas para selecionar a(s) tecnologia(s) mais adequada(s) em face das diversas situações, mas há que ser considerados, na escolha de alternativas, os aspectos socioculturais e econômicos. Por exemplo, o sucesso da aplicação das cisternas de placas, no programa P1MC, deve-se certamente a sua compatibilidade com a participação da sociedade no processo e com o emprego de mão de obra local pouco qualificada na construção, fortalecendo a economia e fomentando o desenvolvimento de atividades locais em sintonia com os objetivos sociais. É sempre prudente uma análise ampla e abrangente antes de se propor alterações na tecnologia construtiva, mas não se pode deixar de aperfeiçoá-la.

O dimensionamento do reservatório deve ser feito considerando a área de captação, o regime pluviométrico local, as perdas na captação, o número de pessoas e o consumo por pessoa. Não se pretende que cada cisterna seja dimensionada em função desses dados, em cada caso, o que seria inexequível, mas podem ser estabelecidas tipologias (quatro ou cinco tipos de reservatório) para atender as diversas situações, pois, se estabelecidas as perdas e o regime pluviométrico de cada região, podem ser elaboradas tabelas para definir o volume (tipo A, B, C ou D, por exemplo) em função da área de captação e do número de pessoas.

A segurança sanitária de sistemas de captação de água de chuva em cisternas depende da educação sanitária dos usuários e do manejo seguro, mas, também, de um projeto adequado, inspeção regular e manutenção do sistema.

Um projeto (desenho do sistema) adequado, que incorpora barreiras físicas de proteção sanitária e uma boa operação e manutenção, constitui o que há de mais simples e eficaz para proteção da qualidade da água de cisternas.

Para implantar barreiras físicas eficazes de proteção sanitária da qualidade da água de cisternas, é necessário, basicamente, aperfeiçoar os dispositivos de descarte das primeiras águas de cada chuva, desenvolver novas bombas e avaliar e aperfeiçoar as bombas manuais disponíveis, e sua aplicação.

Quanto aos aspectos socioculturais, além do necessário avanço na transmissão de conhecimentos mais bem fundamentados, há que se ter mais atenção com a séria questão do uso das cisternas como reservatório de água de carros-pipa de procedência duvidosa.

O Projeto Cisterna, que envolveu cinco universidades da região Nordeste (UFCG, UFPE, UEPB e UFRPE como executoras, e mais o consultor da UFRN) e a EMBRAPA (CPATSA semi-árido), constatou o desvirtuamento cultural ao qual as cisternas estão expostas, porque há séculos “percebidas” na cultura popular como reservatório próprio para captar e armazenar água de chuva, de boa qualidade, ao serem utilizadas indiscriminadamente para armazenar água de carro-pipa proveniente de barreiros e outras fontes de água não potável, a cisterna passa a ser “entendida” e “percebida” como um reservatório de água de qualidade duvidosa. O Projeto também comprovou a efetividade das barreiras sanitárias e a inclusão cultural da importância das mesmas, mostrando que é

possível criar essas barreiras tecnológicas e de manejo, acessíveis às populações rurais.

Tais resultados precisam ser expostos e divulgados em todos os níveis e instâncias das ações voltadas para a construção de cisternas e aproveitamento da água de chuva, e transmitidos de forma competente para o saber popular.

Contudo, é necessário avançar nas questões tecnológicas, mas sem interromper as ações e sem perder as conquistas das diretrizes políticas, mantendo o foco no interesse social difuso.

Os avanços dos últimos dez anos em construção de cisternas rurais no Brasil são elogiáveis, mas já esta passando da hora de discutir, de forma competente, as questões tecnológicas, envolvendo a academia, outros setores e o saber popular.

Além de consolidar as ações atuais em arranjo institucional mais bem definido para suportar políticas permanentes de aproveitamento e uso racional da água de chuva, mantendo as diretrizes políticas voltadas para a rentabilidade social, acelerar o andamento de implantação para ampliar a cobertura e fixar metas mais ambiciosas, é necessário adequar e desenvolver a tecnologia, aperfeiçoar a transmissão de conhecimento (educação sanitária e ambiental) com base em informações mais bem fundamentadas, e assegurar a qualidade da água, mantendo o marco cultural pelo qual cisterna no meio rural é para água de boa qualidade.

Há que se avançar no desenvolvimento e adequação da tecnologia, e manter ou acelerar o ritmo das ações, mas sem perder as diretrizes políticas conquistadas, voltadas para a justiça social e a cidadania. Este é o grande desafio.

## **A SEGURANÇA DA ÁGUA E A PROTEÇÃO SANITÁRIA DO SISTEMA**

Embora os riscos epidemiológicos associados às cisternas sejam pequenos, os estudos recentes recomendam que todo esforço deve ser feito para minimizar a contaminação das águas de chuva usadas para consumo humano. Comparadas com as águas das tradicionais cisternas sem proteção sanitária, águas de chuva captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente melhores e podem ser usadas para beber.

Quanto maior o risco de contaminação, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas. O risco depende, principalmente: das condições de uso (público, multifamiliar ou unifamiliar); das condições

da superfície de captação (material, situação, facilidade de limpeza etc); da exposição a contaminantes (localização rural ou urbana, isolada ou exposta); das condições epidemiológicas da região (doenças endêmicas, higidez ambiental, risco de surtos etc); e da operação e manutenção do sistema.

Ademais, é evidente que quanto melhores os níveis de educação sanitária e ambiental e de conhecimento de práticas higiênicas dos usuários, mais segura a qualidade das águas das cisternas. A educação é obtida de forma mais permanente através da participação comunitária, quando o conhecimento não é apenas repassado, mas também adequado, renovado e assimilado. Portanto, são fundamentais a discussão e o envolvimento dos cidadãos e das comunidades para a segurança sanitária das águas de cisternas.

#### **A qualidade da água da chuva no início da precipitação, a proteção sanitária da cisterna e o descarte das primeiras águas da chuva**

Pesquisas desenvolvidas no Brasil, em Florianópolis e Vitória, no âmbito do PROSAB – Programa de Pesquisa em saneamento Básico (FINEP/CNPq/CAIXA) mostraram que a água captada diretamente da chuva, antes de passar pela superfície de captação, e sem exclusão do primeiro milímetro, apresentaram respectivamente: turbidez média de 1,6 e 0,9 UNT e cloretos de 0,6 e 4,1 mg/L. Contudo, em Vitória, o primeiro milímetro da chuva continha 0,32 mg/L de Nitrato e 12 mg/l de cloretos e condutividade

elétrica de 35,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; após passar pela superfície de captação (telhado), a turbidez passou de 0,9 para 10,4 UNT, a DQO mudou de 8,9 para 32,2 mg/L e a concentração de cloretos cresceu de 4,1 para 14,4 mg/L (GONÇALVES *et al.*, 2006). Esses dados demonstram que o primeiro milímetro de cada chuva, que lava a atmosfera e a superfície de captação, não deve ser armazenado nas cisternas, mas, sim desviado para outros usos ou descarte automático, sendo o restante da água muito mais pura.

Melo e Andrade Neto (2007) avaliaram a variação da qualidade da água de chuva coletando amostras distintas sequenciais dos 10 primeiros milímetros de chuva diretamente, com coletor semelhante a um pluviômetro (Figura 2), sem passar por superfície de captação, em três pontos com características distintas na cidade de Natal. Os autores concluíram que, exceto para a área de menor poluição atmosférica, onde desde o início a água da chuva já continha poucos contaminantes e partículas, os valores de turbidez e condutividade elétrica sofreram redução brusca no primeiro milímetro de cada chuva. Essa conclusão apoia estudos anteriores que demonstraram ser o primeiro milímetro da chuva geralmente suficiente para carrear partículas e micróbios e "lavar" gases do ar das camadas baixas da atmosfera. Se não bastar um milímetro, geralmente, 1,5 mm ou 2 mm são suficientes, mas se houver forte poluição e grande risco são necessários 3 mm ou mais.

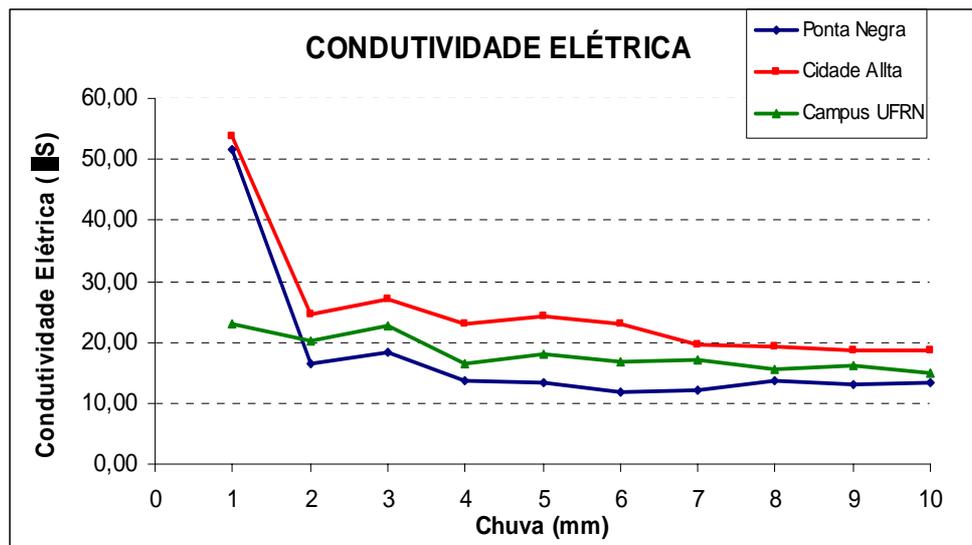
Figura 2 - Dispositivo para coletar separadamente os 10 primeiros milímetros da chuva (MELO; ANDRADE NETO, 2008)



As medições realizadas comprovaram a correlação da qualidade do ar e da água de chuva, em que se obteve a qualidade dos primeiros milímetros de água, em concordância com o esperado, quando observadas as características atmosféricas para cada um dos três pontos analisados (Figura 4). Na região de menor poluição atmosférica, encontra-se a água de chuva desde o início muito limpa; na região de maior concentração

urbana, há valores de condutividade elétrica mais elevados; e na região litorânea, os valores iniciais de condutividade elétrica, pH e Turbidez se apresentaram elevados e com grande redução após o primeiro e o segundo milímetro de chuva, por se tratar de uma região com forte contribuição dos sais presentes no *spray* marítimo, que são de fácil "lavagem". (MELO; ANDRADE NETO, 2007)

Figura 3 - Valores de Condutividade Elétrica das médias de cada milímetro para três pontos, da cidade de Natal. Fonte: Melo; Andrade Neto, 2007.



Fontes bibliográficas pesquisadas apresentam vários tipos de dispositivos para proteção sanitária de cisternas, os quais incluem: grades ou peneiras autolimpantes; um arsenal de filtros telados ou com centrifugação; filtros de areia externos ou internos; e dispositivos diversos, mas de difícil aplicabilidade, ou muito sofisticados, com sensores de qualidade da água e comandos eletrônicos e eletromecânicos para desvio das primeiras águas.

Dacach (1979) apresenta um tanque para desvio de fluxo antecedido de uma tela, aparentemente sem finalidade, mas também apresenta um tanque de desvio baseado no princípio do limite de compressibilidade da água e do fecho hídrico por equilíbrios de pressões, que fundamenta um dos dois tipos de desvio automático mais utilizados atualmente, porém incluindo uma desnecessária boia interna.

Fendrich e Oliynik (2002) mostram dispositivos de desvio de fluxo acionados eletronicamente e outros mecanismos sofisticados utilizados no Japão, filtros não autolimpantes e um tanque de desvio para descarte da chuva inicial com uma desnecessária boia interna.

Lee e Visscher (2000) incluem engenhos complicados e mirabolantes, para desvio dos primeiros milímetros de água, também apresentados por Gould e Nissen-Petersen (2002); mas estes últimos mostram uma grande variedade de outros dispositivos, inclusive bons filtros autolimpantes e alguns engenhos não muito lógicos.

O manual do Texas (TWDB, 1997) concentra-se em filtros de tela. Vidal (2002) apresenta um "tê" para desvio dos primeiros milímetros de água, semelhante ao de outras publicações, que tem volume insuficiente, uma bola como válvula de vedação de um orifício que já obstrui o fluxo antes do momento oportuno para desvio de descarte, e um orifício para drenagem sujeito a obstruções frequentes.

Em trabalhos anteriores, já foram apresentados dispositivos para desvio automático da água inicial da chuva. A Figura 4 apresenta desenho esquemático desse dispositivo (ANDRADE NETO, 2004), a Figura 5 mostra outros arranjos para o mesmo dispositivo e a Figura 6, um desenho de dispositivo proposto por Martinson e Tomas (2003).

Figura 4 - Dispositivo de desvio proposto por Andrade Neto (2004).

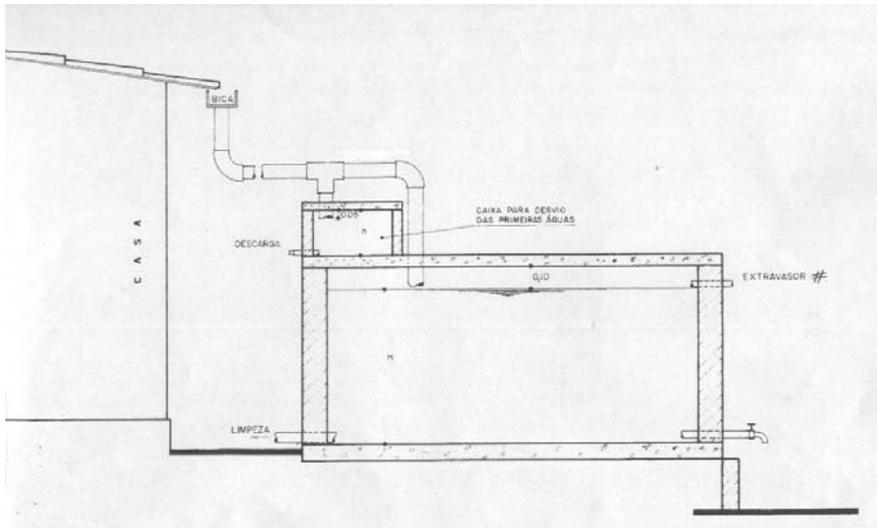


Figura 5 - Modelo de desvio automático das primeiras águas proposto por Andrade Neto (2004).

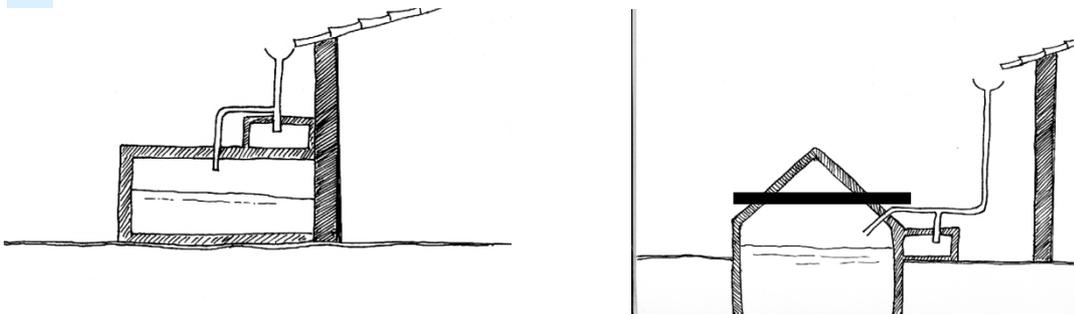
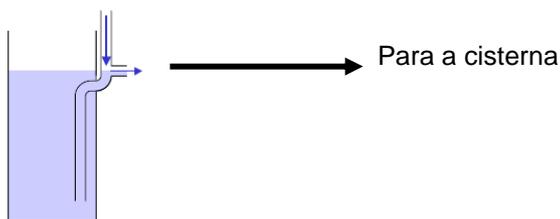
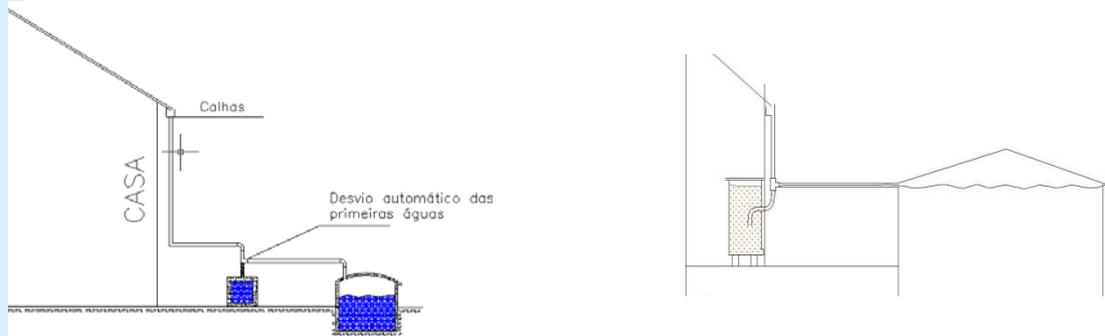


Figura 6 - Modelo de desvio automático das primeiras águas proposto por Martinson e Tomas (2003)



Pesquisadores do Projeto Cisternas (XAVIER, *et al.* 2009; XAVIER, 2010; GAVAZZA, 2009; SOUZA, 2009, entre outros) fizeram adequações e testaram dois tipos de desvios automáticos, sendo um deles baseado em modelo proposto por Andrade Neto (2004) e outro no modelo proposto por Martinson e Tomas (2003), e concluíram que ambos são realmente eficientes na proteção sanitária da água

das cisternas, embora não sejam isoladamente suficientes para garantir a qualidade, em face de outras barreiras sanitárias físicas e culturais também serem importantes. A Figura 7 mostra desenhos esquemáticos de dispositivos de desvios da água inicial de cada chuva, elaborados por pesquisadores do Projeto Cisternas (XAVIER *et al.*, 2009).

Figura 7 - Desenhos esquemáticos dos dispositivos de desvio do Projeto Cisternas (XAVIER *et al.*, 2009)


Os dispositivos para desvio da água inicial da chuva, apresentados na Figura 8, são automáticos, muito simples, eficazes e de baixo custo. São apenas pequenos tanques para os quais são desviadas automaticamente a primeira água de cada chuva, simplesmente através de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna, que deriva para este pequeno tanque a água de lavagem do ar e da superfície de captação. No primeiro caso (desenho da esquerda), como o tanque de desvio permanece totalmente fechado, quando o telhado está lavado ele enche, e só então é que a água de melhor qualidade vai para a cisterna. O fecho hídrico dispensa boias ou outros artifícios. No segundo caso (desenho da direita), somente quando o tanque enche, a água é, então, encaminhada à cisterna, pelo princípio dos vasos comunicantes.

Depois da chuva, e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, através de uma tubulação de descarga, que novamente fechada deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva. O tanque de desvio é pequeno (cerca de um litro por m<sup>2</sup> de área de captação) e, portanto, “perde-se” muito pouco da água, que pode ser empregada em usos menos exigentes, mas ganha-se muito em qualidade da água armazenada.

Assim, a operação e manutenção adequadas do sistema consistem, simplesmente, em dar as descargas no tanque de descarte da água inicial da chuva (que deve ser aproveitada em outros usos), inspecionar periodicamente o estado de conservação e limpeza da área de captação, das calhas, das tubulações e do tanque, e manter a cisterna sempre tampada.

Em alguns casos menos exigentes, podem ser utilizadas grades ou peneiras autolimpantes, que removem as sujeiras da linha de fluxo, mas são

relativamente caras e requerem manutenção, ou filtros de “tela” não autolimpantes ou, ainda, filtros de areia externos ou internos. Porém, estes últimos não removem as sujeiras da linha de fluxo e, quando a água for utilizada para beber, não se deve colocar este tipo de filtro antes do dispositivo de desvio das primeiras águas, porque os contaminantes retidos no filtro continuam sendo “lavados” pela água que vai para a cisterna.

Pesquisas da Universidade Federal de Campina Grande e da Universidade Estadual da Paraíba, em sistemas piloto, nos quais foram construídos desvios automáticos para as primeiras águas da chuva, constituídos por caixas de alvenaria com volume apropriado para reter 1 milímetro da água de chuva captada pelo telhado, analisaram indicadores físicos e químicos de qualidade da água da chuva captada diretamente, retirada do tanque de desvio e após o tanque de desvio. Concluíram, entre outros aspectos, que: 1) todos os valores dos parâmetros físicos e químicos das amostras de água da chuva (coletada diretamente nas bacias) foram bem inferiores aos VMP exigido nos padrões de potabilidade do Brasil, com pH levemente ácido (pH= 6,22), turbidez de 0,9 UT e SDT de 46 mg L<sup>-1</sup>, revelando água de excelente qualidade; 2) ambos os sistemas de desvio automático mostraram-se eficazes como barreiras sanitárias, reduzindo, significativamente, todos os parâmetros físicos e químicos analisados (turbidez, SDT, alcalinidade, pH, dureza total, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e condutividade elétrica), com destaque para a turbidez, que em um dos experimentos mudou de 11,0 UT na água do tanque de desvio para 2,7 UT após o desvio do primeiro milímetro, e redução média da turbidez de 53% para um dos tipos de desvio (XAVIER, 2009; XAVIER, *et al.* 2009).

Pesquisadores do Projeto Cisternas na Universidade Federal de Pernambuco (SOUZA, 2009; GAVAZZA, 2009) constataram a importância do uso de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva quando verificaram que, independente do princípio de funcionamento, ambos os modelos avaliados foram eficazes em reduzir a quantidade de impurezas encaminhadas às cisternas, principalmente turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais.

Alves *et al.* (2012) monitoraram a qualidade da água de sete cisternas localizadas no semiárido brasileiro durante quatro anos. Em uma delas foi instalado dispositivo de desvio automático das primeiras águas de chuva. Os principais resultados mostraram que houve presença de coliformes totais em todas as amostras, e E-coli em 73,8% do total. Mas a cisterna na qual foi instalado o dispositivo de descarte das primeiras águas apresentou os menores teores de contaminantes, e os valores mais baixos (2,5 vezes menor) e mais estáveis (menor desvio padrão) para coliformes totais quando comparada com as demais cisternas. (ALVES *et al.* 2012).

Carvalho *et al.* (2012) avaliaram o desempenho de um dispositivo automático concebido para desviar o primeiro milímetro de cada evento de precipitação. Os experimentos foram conduzidos, inicialmente, por meio de precipitação simulada (PS), seguida da avaliação em campo (precipitação natural) do desempenho do dispositivo, implantado em cisternas na zona rural do agreste de Pernambuco. Os resultados obtidos para PS indicaram que é o primeiro milímetro desviado o responsável pela remoção substancial dos poluentes: 93,7%, 93,2%, 98,2% e 100%, respectivamente, para turbidez, cor aparente, coliformes totais e *E.Coli* para  $I = 23$  mm/h. Para precipitação natural, os correspondentes valores para turbidez, coliformes totais e *E-coli* foram 62,4% e 96,5% e 100%. A avaliação do dispositivo de descarte do primeiro milímetro em campo indicou que ele foi responsável pela remoção de 94,2% e 44,8%, respectivamente, nos teores de coliformes totais e bactérias heterotróficas totais. Os autores concluíram, então, que o desvio dos primeiros milímetros de chuva é extremamente importante para garantir o encaminhamento de água de boa qualidade às cisternas.

Embora outras medidas de proteção sanitária de cisternas sejam também importantes, sem dúvida, os dispositivos automáticos que desviam as primeiras águas de cada chuva para descartar as águas que lavam a atmosfera e a superfície de captação constituem a barreira física mais eficiente. Mas o

descarte do primeiro milímetro (um e meio, dois ou três, dependendo do risco) de cada chuva não deve ser confundido com a prática de descartar as águas da primeira chuva do período chuvoso, que também é aconselhável, porque carregam sujeira acumulada por muito tempo e, para excluí-la, o desvio de apenas um milímetro de chuva não é suficiente.

### **Outras medidas de proteção sanitária de cisternas**

Durante o longo período em que fica armazenada na cisterna, se não tiver a devida proteção sanitária, a água pode ser contaminada de várias formas, como o contato direto de pessoas (mãos) e utensílios (balde, lata, corda) contaminados. Animais, inclusive insetos, não devem ter acesso à água, pois estes últimos podem depositar seus ovos dos quais eclodem larvas. Também não podem entrar na cisterna detritos, poeiras ou águas contaminadas, seja por aberturas, frestas ou infiltrações. A incidência de luz na água também prejudica a qualidade, porque propicia a proliferação de algas que tornam a água imprópria para consumo humano.

A água deve ser retirada, preferencialmente, através de tubulação (tomada direta, se a cisterna for apoiada no solo, ou por bomba, se for enterrada). Quando necessária (obrigatória em cisternas públicas enterradas), a bomba pode ser tão simples como as bombas de êmbolo ou com bola de gude, mas também pode ser necessário um sistema moto-bomba mais eficiente. Os dados e conclusões do Projeto Cisternas já demonstraram sua grande importância na proteção da qualidade da água.

As cisternas enterradas devem ser impermeabilizadas para evitar infiltrações de águas contaminadas, sempre que houver esse risco. As cisternas apoiadas são mais fáceis de serem protegidas sanitariamente, pois não correm riscos de infiltração de águas contaminadas e não requerem bombas para a retirada de água por tubulação.

A cisterna deve ser provida de extravasor e ventilação para garantir a reoxigenação da água, mas sem propiciar a entrada de insetos e pequenos animais ou luz abundante. Para isso, deve haver uma tela (malha) de plástico, náilon ou metal em todas as saídas, mas não na calha e na tubulação de entrada da água na cisterna, para que não retenha a sujeira na linha de fluxo. Não se deve colocar tela antes da derivação para o dispositivo de desvio das primeiras águas, porque assim as sujeiras não seriam removidas e ficariam retidas no fluxo durante o enchimento da cisterna.

Quanto maior o risco de contaminação, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas.

Em casos de baixo risco, a proteção pode ser menos rigorosa e algumas das recomendações acima expostas podem ser relaxadas, mas sempre de forma muito responsável e mediante uma avaliação qualificada.

Por segurança, a água de cisternas que vai ser bebida deve receber alguma forma de tratamento para garantir a qualidade. Uma forma viável de fazer o tratamento como barreira sanitária complementar é a desinfecção solar em garrafas de refrigerante expostas ao sol. Em alguns casos, quando há maior segurança sanitária em face de educação sanitária mais elevada e manejo seguro, incluindo uso de bomba para retirada da água, entre outros fatores de risco controlados, o tratamento da água pode ser dispensado.

O tratamento da água exige um treinamento mais difícil de ser assimilado pelos usuários, tem um custo considerável e, ainda, corre o risco da falta de produtos químicos, quando não podem ser adquiridos a tempo. Contudo, quando a cisterna armazena águas suspeitas de outras fontes, ou água de chuva coletada em sistemas de captação na superfície do solo, ou, ainda, quando as barreiras físicas de proteção não são suficientes, o tratamento é indispensável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, o uso de água de chuva captada e armazenada em cisternas domésticas ocorre há séculos, mas a captação imediata de água de chuva no meio urbano, visando ao aproveitamento em usos diversos ainda é insipiente. No meio rural, há muito tempo, as cisternas são utilizadas, mas somente há duas décadas programas de governo abrangentes têm propiciado a disseminação dessa forma de abastecimento de água.

Existe amplo conhecimento tecnológico internacional e nacional que deve ser utilizado de forma mais competente com vistas ao aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, sobretudo para maximizar a relação benefício/custo, aumentar a segurança sanitária dos sistemas e, assim, assegurar a qualidade da água.

A proteção sanitária da água de cisternas é relativamente simples. Basicamente, requer o desvio e descarte das primeiras águas das chuvas, cobertura do tanque, retirada da água por tubulação, geralmente através de uma bomba hidráulica, e um manejo adequado, que depende de informação correta e suficiente aos usuários.

Os primeiros milímetros da cada chuva têm, realmente, grande influência sobre a qualidade da água captada em cisternas. O primeiro milímetro é, de maneira geral, suficiente para lavar a atmosfera e a superfície de captação e, se esta água for descartada, o restante da água da chuva tem boa qualidade para diversos usos.

Existem dispositivos simples, de baixo custo e de eficiência comprovada para o descarte automático das águas do(s) primeiro(s) milímetro(s) de cada chuva.

A disseminação do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico dos dispositivos de descarte das primeiras águas de cada chuva devem estimular e propiciar o uso seguro desse tipo de água em cisternas nos próximos anos.

É necessário promover uma ampla mudança cultural. Apesar de ser uma tecnologia milenar, a captação e armazenamento de água em cisternas continuam sendo processos modernos, quando são incorporados novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento. Ademais, é uma tecnologia ecologicamente sustentável.

Quanto às elogiáveis ações de governo das últimas décadas para implantação de cisternas no meio rural no Brasil, é necessário avançar no desenvolvimento e adequação da tecnologia, e manter ou acelerar o ritmo das ações, mas sem perder as diretrizes políticas conquistadas, voltadas para a justiça social e a cidadania.

## REFERÊNCIAS

ÁGUA DE CHUVA. Disponível em: [www.aguadechuva.com](http://www.aguadechuva.com). Acesso em: 17 jun.2012.

ALVES, F. et al. Qualidade de água em cisternas do semiárido Pernambucano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande, PB: ABCMAC – Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2012. (CD-ROM)

ANDRADE NETO, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004, Natal. Anais... Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH, 2004. (CD-ROM)

\_\_\_\_\_. Influência do início da precipitação na qualidade da água de chuva. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14., 2010, Porto. Anais. Porto: APRH-APESB-ABES, 2010. (CD-ROM)

ASA BRASIL. Disponível em: [www.asabrasil.org.br](http://www.asabrasil.org.br). Acesso em: 24 ago.2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Programa de Construção de Cisternas e Capacitação para Convivência com o Semi-árido. 2004. Disponível em: [www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas). Acesso em: 24 ago.2012.

CARVALHO, J. R. S. et al. Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012. Campina Grande. Anais... Campina Grande, PB: ABCMAC – Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2012. (CD-ROM)

D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. Programa Cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate, Brasília, MDS, n. 7, 2007. Disponível em: [http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/como-implantar/copy\\_of\\_como-implantar](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/como-implantar/copy_of_como-implantar). Acesso em: 02 ago. 2012.

DACACH, N G. Saneamento básico. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 314p.

FENDRICH, R; OLIYNIK, R. Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas). Curitiba: Livraria do Chain, 2002, 167p. (Tradução do Livro "Rainwater & You: 100 Ways to Use Rainwater. Sumida, Tokyo: GROUP RAINDROPS, 1995).

GAVAZZA, S. Aspectos de qualidade da água relacionados às barreiras sanitárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7., 2009, Caruaru. Anais... Caruaru, PE: ABCMAC, 2009. (CD-ROM)

GONÇALVES, R. F. (Coord) *et al.* Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES. 2006.

GOULD, J. Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. Anais... Petrolina, PE: IRCSA / ABCMAC, 1999.

\_\_\_\_\_; NISSEN-PETERSEN, E. Rainwater catchment systems for domestic supply – design, construction and implementation. London, UK: ITDG Publishing, 2002. 356p.

LEE, M. D.; VISSCHER, J. T. A colheita de água em cinco países africanos. Maputo, Moçambique: IRC – Centro Internacional de Água e Saneamento, 2000. 127p.

MARTINSON, D. B.; TOMAS, T. Improving water quality by design. Cidade do México: IRCSA, 2003.

MELO, L. R. C.; ANDRADE NETO, C. O. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2007. (CD-ROM)

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Um amostrador automático simples para avaliação da qualidade da água de chuva e para avaliação preliminar da qualidade do ar. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 31., 2008, Santiago. Anais... Santiago, Chile: AIDIS, 2008. (CD-ROM)

SIMMONS, G. Assessing the microbial health risks of potable water. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. Anais. Petrolina, PE: IRCSA / ABCMAC, 1999.

SOUZA, S. H. B. Avaliação da eficácia de barreiras sanitárias em modelos piloto para captação de águas de chuva no semi-árido Pernambucano. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

TWDB. Texas Guide to Rainwater Harvestin. Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Austin, Texas, 1997. 65p.

VIDAL, R. T. Agua de lluvia, agua saludable (manual de mantenimiento del sistema de captación de agua

de Iluvia). Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud en Guatemala – APRESAL, Comisión Europea. República de Guatemala, 2002. 108p.

XAVIER, R. P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) –

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

\_\_\_\_\_ et al. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7., 2009, Caruaru. *Anais...* Caruaru, PE: ABCMAC, 2009. (CD-ROM)