

Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro



Capítulo 9

**Luiza Teixeira de Lima Brito
Aderaldo de Souza Silva
Maria Sonia Lopes da Silva
Everaldo Rocha Porto
Lúcio Alberto Pereira**

Introdução

Este capítulo apresenta a situação atual das pesquisas realizadas por especialistas da Embrapa Semiárido sobre captação e uso da água de chuva no Semiárido brasileiro, com a percepção de que as inovações tecnológicas disponibilizadas aumentam a oferta de água, assegurando-a para os consumos humano e animal, e reduzem os riscos da exploração agropecuária, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida das populações.

Dado o enfoque da ICID+18 (Conferência Internacional sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas), voltado para as regiões áridas e semiáridas, a sustentabilidade dos recursos hídricos no Semiárido brasileiro passa, necessariamente, pela adoção de políticas que estabeleçam ações estratégicas permanentes de proteção contra os efeitos das irregularidades climáticas. Nesta região, normalmente, a população rural é difusa e as fontes hídricas ocorrem de forma descentralizada e distante da maioria da população. Estas fontes são representadas por poços, cacimbas, cisternas, pequenas barragens e açudes, que, nem sempre, garantem água de forma permanente, como preconizado no Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP), que tinha, entre seus objetivos, promover o abastecimento de água para o consumo humano, considerando princípios fundamentais de quantidade e qualidade; promover o fornecimento de água para os animais; ampliar e otimizar a utilização da água para a produção de alimentos, por meio da pequena irrigação, e promover o manejo racional dos recursos de água e solo no âmbito da pequena propriedade (PROJETO ÁRIDAS, 1994).

Há 35 anos, quando foi criada a Embrapa Semiárido, o cenário do Semiárido brasileiro era de deficiência de conhecimentos tecnológicos, sendo este um dos principais entraves para o desenvolvimento da agropecuária regional, principalmente no contexto da pequena produção, dada a irregularidade das chuvas. As pesquisas experimentais realizadas com o fim de equacionar estes problemas caracterizavam-se por iniciativas de algumas instituições, sem o enfoque global dos problemas.

Naquela época, a Embrapa Semiárido já considerava estratégico empreender esforços com o objetivo de fornecer e/ou aumentar a oferta de água nas

comunidades rurais sem recursos hídricos ou com esses recursos limitados, em contraponto ao paradigma da agricultura irrigada como uma solução para o desenvolvimento deste espaço rural. Estudos sobre balanço hídrico realizados nesta região apontam uma área com potencial para irrigação em torno de 2,0 milhões de ha (WAGNER, 2007), o que corresponde a, aproximadamente, 3% da área do Nordeste. O grande desafio para as instituições de pesquisa e desenvolvimento, ensino e extensão é encontrar alternativas tecnológicas viáveis para o restante dessa imensa área, o que a Embrapa Semiárido tem feito ao longo desses anos.

Ao longo desses anos, a Embrapa Semiárido tem preconizado e defendido a concepção de programas de desenvolvimento voltados para a “convivência com a seca” ou a “convivência com o Semiárido”. Como instituição de pesquisa e desenvolvimento, tem participado da elaboração de diferentes propostas de desenvolvimento regional, sobretudo com foco na infraestrutura hídrica e fortalecimento da agricultura familiar, em especial na caprinovinocultura. Alguns desses programas não foram implementados por razões diversas, como o programa de “Convivência do homem com a seca: Implantação de sistemas de Exploração de Propriedades Agrícolas”, elaborado em 1982 pela Embrapa e pela Empresa Brasileira de Extensão Rural (EMBRATER), que se constituía numa proposta inovadora de sistemas de exploração de propriedades agrícolas integrados, considerando o tamanho da propriedade, suas potencialidades e limitações, visando assegurar a convivência do homem com a adversidade climática. A proposta contava com a garantia de crédito e assistência técnica, por meio da infraestrutura disponibilizada nos escritórios das Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATERs) do Nordeste. A oferta de água para o consumo das famílias e dos animais e para a produção de alimentos se constituía de alternativas tecnológicas simples e descentralizadas, considerando-se a finalidade do aproveitamento da água, os tipos e as características de fontes, os módulos médios irrigáveis, os métodos e o tipo de irrigação e as condições socioeconômicas dos produtores rurais, no contexto das propriedades agrícolas com recursos hídricos disponíveis, escassos e sem recursos hídricos, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Demonstrativo das destinações, fontes de água e tecnologias disponíveis.

Finalidades, fontes de água e/ou tecnologias disponíveis	
Consumo humano	▪ Cisterna, poço, açude/barragem
Consumo animal	▪ Cacimba, rio, poço, barreiro, açude/barragem
Consumo vegetal: produção de alimentos	▪ Captação “in situ” – agricultura dependente de chuva ▪ Barragem subterrânea – agricultura de vazante ▪ Leito de rio – agricultura de vazante ▪ Barreiro – agricultura de subsistência (irrigação de salvação) ▪ Açude/rio temporário – agricultura de vazante ▪ Poço – agricultura irrigada ▪ Açude/barragem/rio permanente – agricultura irrigada

Fonte: EMBRAPA (1982).

O Programa de desenvolvimento rural: “Irrigar 500 mil hectares” no Semiárido brasileiro foi uma proposta elaborada pela Embrapa Semiárido, por solicitação do Ministério da Agricultura, e encaminhada ao Presidente da República, Exm^o Sr. José Sarney, que, em visita à Embrapa Semiárido, em seu pronunciamento em 15 de junho de 1985, declarou:

“Não quero suscitar aspirações que não possa cumprir, para que o governo não perca credibilidade. Por isso estou ouvindo mais, estou formando a consciência de que devemos fazer um programa ambicioso. (...) Vim ver o que se está fazendo aqui com irrigação. (...) na minha cabeça está esta cifra: 1 milhão de hectares durante nosso governo para o Nordeste”.

Esta proposta também contemplava a água para os diferentes segmentos: humano, animal e pequena irrigação (MIRANDA, 1986).

A Embrapa Semiárido também colaborou na elaboração e implantação do Projeto Padre Cícero, lançado em 1988, pelo Ministério do Interior, cujas diretrizes governamentais foram voltadas para melhoria das condições de vida do homem do campo. Este programa priorizava a construção de açudes, cisternas e adutoras. No contexto global, a Embrapa Semiárido participou da elaboração e implementação de várias outras políticas de desenvolvimento regional, seja de forma direta ou indireta, vez que estes programas tinham ou têm como base tecnológica as tecnologias e os conhecimentos gerados em seus campos experimentais.

Lançado em 2003, pela Articulação do Semiárido (ASA), o Programa de Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) tem como principal objetivo beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em todo o Semiárido, fornecendo água potável para beber e cozinhar, por meio da construção de um milhão de cisternas, a partir da captação da água de chuva precipitada nos telhados das residências. Este programa conta com financiamento do governo federal e de outras instituições privadas e envolve a formação e a mobilização social para a convivência com o Semiárido. Atualmente, o P1MC já beneficiou 1,5 milhão de pessoas, aproximadamente, com a construção de 300 mil cisternas, correspondendo a 4.800.000 m³ de água disponível para as famílias do Semiárido brasileiro. O P1MC também fornece a capacitação das famílias sobre a temática de convivência com o Semiárido, quando são enfatizados aspectos de gerenciamento dos recursos hídricos, cidadania e as relações de gênero, fatores esses que contribuem para mudar a realidade desse espaço (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO, 2007).

Com a percepção de que o fornecimento da água para atender as necessidades mínimas das famílias não garante seu desenvolvimento, em 2007, a ASA lançou outro desafio: contribuir com o desenvolvimento regional por meio do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2). O P1+2 é um projeto que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, já contemplados com o P1MC, como também para reduzir os riscos da atividade agrícola, contribuindo, desta forma, para aumentar a produção de alimentos por meio de processos participativos.

No Brasil, o marco referencial do P1+2 é o “Programa 1-2-1”, desenvolvido na China, mas conta com o acervo tecnológico e de conhecimentos desenvolvidos pela Embrapa Semiárido, bem como com as experiências das diversas comunidades sertanejas. A sucedida experiência “P1-2-1” foi apresentada durante a 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, ocorrida simultaneamente ao 2º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, em julho de 1999, na cidade de Petrolina, PE (QIANG; LI, 1999; GNADLINGER et al., 2007). Como mais uma contribuição, este evento foi organizado pela Embrapa Semiárido, Instituto da

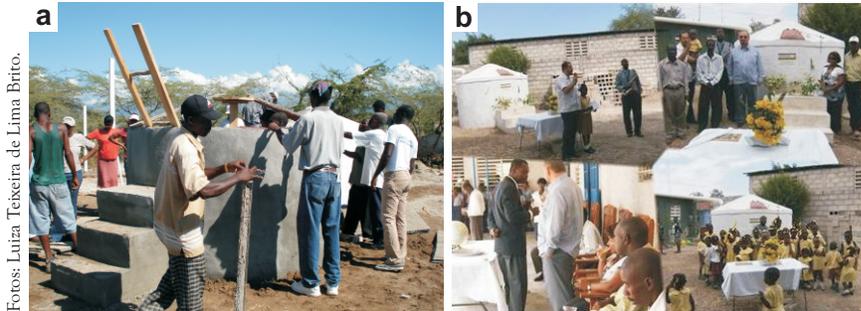
Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA) e Associação Internacional de Captação de Água de Chuva (IRCSA), momento em que foi criada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) (www.abcmac.org.br), com participação efetiva em sua diretoria de pesquisadores da Embrapa Semiárido.

Por meio do P1-2-1, o governo chinês contribuiu para que cada família tivesse “uma área de terra, duas cisternas e uma área de captação de água de chuva”. Até o final de 2003, foram construídas 2,5 milhões de cisternas, beneficiando 1,1 milhão de famílias no fornecimento de água para beber, e uma área de 305 mil ha foi beneficiada com cultivos alimentares e comercializáveis. Tal como no Semiárido brasileiro, na China, também, foi a água de consumo humano a prioridade (GNADLINGER et al., 2007). No Brasil, os programas P1MC e P1+2 se complementam nas ações e na concepção da sustentabilidade regional, por meio do uso de alternativas tecnológicas capazes de fornecer água para a população e reduzir a vulnerabilidade das práticas agropecuárias, devido às secas ou veranicos, que ocorrem periodicamente, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida dessas famílias.

Outra alternativa que tem se tornado viável para o abastecimento das comunidades rurais é a dessalinização de água por osmose inversa, proposta do Programa Água Doce, considerando o potencial de águas subterrâneas, constituído por mais de 70 mil poços construídos no Semiárido. Porém, na maioria desses poços, a água se apresenta salobra ou salina, por estarem localizados no embasamento cristalino, dificultando o seu aproveitamento para o consumo humano, mas, com algumas restrições, essas águas são utilizadas para o consumo animal e outras atividades.

O processo de dessalinização gera subprodutos ou rejeitos com elevados teores de sais, que, se jogados diretamente no solo, causam sérios problemas ambientais. Neste sentido, a Embrapa Semiárido desenvolveu um sistema produtivo integrado para aproveitamento desses efluentes tanto na piscicultura quanto na irrigação de plantas forrageiras, principalmente das halófitas. O sistema integrado é composto por um dessalinizador e um sistema produtivo e, depois de separada a água potável, o efluente com alto teor de sal é despejado em tanques para criação de tilápia rosa (*Oriochromis* sp.), que se desenvolve em águas

salobras. A água dos tanques, enriquecida com matéria orgânica, é utilizada para irrigar plantas resistentes à salinidade, como, por exemplo, a erva-sal



Fotos: Luiza Teixeira de Lima Brito.

Figura 1. Construção de cisternas (a) e inauguração pelo Embaixador do Brasil no Haiti (b).

Os conhecimentos acumulados sobre o Semiárido brasileiro credenciam a Embrapa Semiárido a concluir que não é a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas, a má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca. Também, a falta de políticas voltadas para disponibilizar infraestruturas hídricas permanentes, que sejam capazes de superar anos de irregularidades das chuvas, como, também, orientar a população para as questões relacionadas com a gestão da água em situação de limitação desse recurso. Caso contrário, não se tem como eliminar a tão frequente utilização de carros-pipa para o abastecimento das comunidades rurais, sem garantia da qualidade e regularidade da água fornecida.

As tecnologias, métodos e processos de captação, uso e manejo de água de chuva mencionados para convivência com o Semiárido têm sido disseminados e incorporados aos sistemas de produção em uso, por meio de inúmeros programas de desenvolvimento rural e de cunho social, à semelhança do P1MC e Programa Fome Zero, e podem ser encontrados em áreas de produtores no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, construídos, em sua maioria, com apoio governamental e de algumas organizações não governamentais.

Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado com relação à água para consumo das famílias e dos animais e para produção de alimentos, talvez não seja a escassez de chuva, mas uma gestão integrada e compartilhada com os diferentes usuários dos recursos hídricos, como preconizada pela Política

Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2004), fortalecida pelo uso de tecnologias voltadas para aumentar a oferta de água por meio da captação, armazenamento e uso da água de chuva.

Inovações tecnológicas para ampliar a oferta de água no Semiárido brasileiro

A chuva representa a principal fonte de água renovável do Semiárido brasileiro. Todavia, a previsão da quantidade de água precipitada e sua regularidade no ano hidrológico geram incertezas, porque dependem de fatores meteorológicos e variam, sensivelmente, tanto no tempo como no espaço. Porém, se esta água é captada e armazenada, tem potencial para atender às necessidades domésticas, de consumo animal e da agricultura familiar, como preconizado nos diferentes estudos realizados por Duque (1973). Após esses estudos, a Embrapa Semiárido assumiu o pioneirismo nessa linha de pesquisa, viabilizando a captação e o uso da água de chuva nas comunidades rurais do Semiárido brasileiro.

Neste contexto, foram desenvolvidas e/ou avaliadas diferentes alternativas tecnológicas com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água nesta região, tanto para os consumos humano e animal, quanto para a produção de alimentos. Entre estas tecnologias, podem-se citar: cisternas, poços, dessalinização, irrigação de salvação, captação in situ, barragens subterrâneas, por se tratarem de soluções simples, descentralizadas e de baixo custo, contribuindo para fixação da população rural no local de origem. Algumas destas tecnologias estão sendo a base tecnológica do P1+2. A água de chuva acumulada nesses reservatórios possibilita o uso mínimo para irrigar as raízes das plantas em épocas que estas mais necessitam de água (QIANG; LI, 1999).

Cisterna: água para o consumo humano

No contexto da água para consumo humano, foram realizados estudos com o objetivo de avaliar diferentes materiais para a construção de cisternas e de suas áreas de captação, denominados, em conjunto, sistemas de captação de água de chuva.

Estes estudos tiveram início a partir de algumas experiências agrícolas instaladas no âmbito das comunidades rurais, onde foi observado que as famílias sempre reclamavam da água de beber, sendo, então, consenso que pouco adiantaria

levar para esses ambientes qualquer inovação de tecnologia agrícola que tivesse limitação de água para suprir o principal uso, que é o consumo doméstico. Embora sendo a cisterna uma tecnologia milenar, que atende às necessidades das famílias em suas próprias comunidades, ela não era vista como alternativa viável nas políticas de desenvolvimento do Semiárido brasileiro, tampouco as famílias podiam construí-la por conta própria, devido aos elevados custos, principalmente do cimento. Simultaneamente a estas observações, foi percebido que a maioria dos telhados das residências não eram adequados para captar o volume de água necessário para atender à demanda de água de beber das famílias durante o período sem chuvas. Em geral, o telhado era pequeno e as famílias tinham elevado número de pessoas.

A principal característica do sistema de captação de água de chuva idealizado pela Embrapa Semiárido é que a cisterna poderia ser enterrada, de forma que a área de captação de água de chuva, normalmente os telhados das residências, pudesse ser complementada com uma área no próprio solo, reduzindo, assim, os riscos de a cisterna não encher em anos de ocorrência de precipitações abaixo das médias históricas. Na Figura 2, pode ser observada uma cisterna construída em 1982 em área de produtor, utilizando argamassa armada, com área de captação no solo. Este modelo de cisterna está sendo amplamente utilizado, atualmente, no P1MC e no P1+2, denominado de “cisterna calçada”.



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti.

Figura 2. Cisterna com área de captação no solo, construída em 1982.

O material avaliado para ser utilizado no tanque de armazenamento constituiu-se de várias alternativas, como alvenaria, argamassa armada (lona polietileno com argamassa, areia, cimento e ferro), entre outros. Nestes estudos, também

foram definidos parâmetros essenciais ao dimensionamento do volume de água necessário às famílias, bem como das áreas de captação, considerando-se o número de pessoas por família, o consumo médio de água/pessoa.dia⁻¹, o período sem chuvas e a precipitação pluviométrica da região, tendo como base a média dos anos de menor precipitação de uma série de pelo menos 10 anos. Dimensionar o sistema de captação de água de chuva considerando esses parâmetros garante que não faltará água na cisterna, mesmo em anos de ocorrência de precipitações abaixo da média regional. Para suprir a deficiência do tamanho e da qualidade dos telhados das residências rurais, foi recomendado que a área para captação da água de chuva poderia ser complementada ou substituída por uma área de captação no solo. Resultados destes estudos iniciais estão apresentados, entre outros documentos, em Silva e Porto (1982); Silva et al. (1984, 1986, 1988) e Brito et al. (2007a).

Na maioria das cisternas construídas pelo Projeto Padre Cícero, no final da década de 1980, foi utilizado o modelo com argamassa armada. Embora este modelo não tenha tido ampla aceitação na região, ainda podem ser encontradas cisternas em pleno funcionamento, atendendo à família de forma adequada.

A partir desses estudos, surgiram alguns modelos de cisternas que, atualmente, fomentam o P1MC, como pode ser destacada a cisterna de placas pré-moldadas, que, devido à facilidade de construção e baixos custos, foi escolhida como modelo padrão

Neste programa, a capacidade de armazenamento de água da cisterna é fixa, correspondendo a 16 mil L de água por cisterna, independente do número de pessoas da família. Este volume é suficiente para atender às necessidades básicas (beber e escovar dentes e cozinhar) de uma família com cinco pessoas, por um período de 240 dias. Neste contexto, a Fundação de Serviços de Saúde Pública (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1981), hoje, denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), responsável pela promoção da saúde pública no país, indica que a necessidade mínima diária de água por pessoa é de 10 L. Também, é considerado por este Programa o telhado das residências como área de captação de água de chuva, mas, nem sempre, essa área é suficiente ou adequada para encher a cisterna, devido à irregularidade das chuvas em muitos municípios.

Com relação ao manejo da água na cisterna, Silva et al. (1984, 1988) citam as principais recomendações: eliminação das primeiras águas das chuvas para lavar o telhado das casas; filtragem e tratamento da água antes de consumi-la; evitar contato com a água armazenada, para não contaminá-la; toda cisterna deverá ter uma bomba manual. Estas medidas reduzem os riscos de contaminação da água armazenada na cisterna (BRITO et al., 2005, 2007b).

Com o avanço do conhecimento nas pesquisas realizadas com a água de chuva armazenada nas cisternas, foi percebida a necessidade de garantia de quantidade e qualidade da água. Neste contexto, as primeiras pesquisas realizadas na região foram realizadas por Amorim e Porto (2001), em que observaram a presença de coliformes fecais nas águas de chuvas armazenadas nas cisternas destinadas ao consumo das famílias. Corroborando com estes resultados, Brito et al. (2005) avaliaram as águas de cisternas em quatro municípios do Semiárido brasileiro e constataram riscos de contaminação das águas das cisternas, principalmente, a presença de coliformes fecais. Estes resultados alertaram para a necessidade de maiores cuidados no manejo da água da cisterna, objetivando reduzir os riscos de contaminação, principalmente daquelas famílias que não têm oportunidade de realizar tratamento da água de beber ou o fazem de forma inadequada. Assim, foi recomendado o uso de processos simples de tratamento de água, como: fervura, filtragem com areia e carvão vegetal ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e uso de cloro. Neste sentido, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que uma concentração de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato de 30 min, garante uma desinfecção satisfatória (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 1999).

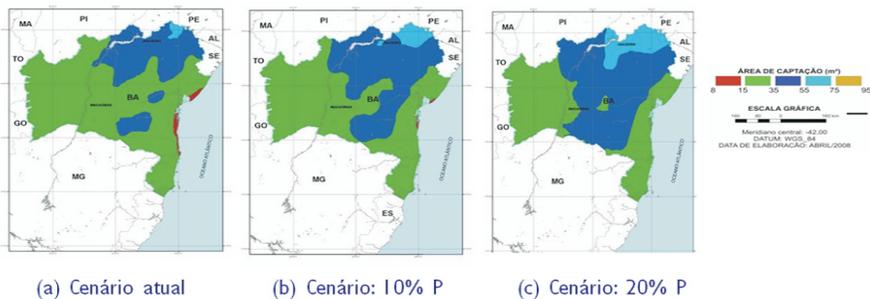
Como forma de reduzir os riscos de contaminação da água de chuva desde o contato com a área de captação até o momento de consumi-la, é recomendando o uso de barreiras físicas no sistema. Estas barreiras se constituem de cuidados e medidas que devem ser tomados a partir do momento da escolha do local da cisterna, como: construir a cisterna a, pelo menos, 30 m de fossas, currais, etc.; não captar as primeiras águas das chuvas, o que pode ser feito utilizando dispositivos simples e de fácil acesso das famílias; utilizar sempre bomba para retirada da água, pois baldes com cordas ou outros vasilhames podem colocar em risco a qualidade da água armazenada; telar as aberturas de circulação de ar,

para evitar a entrada de insetos e pequenos animais; realizar limpezas e desinfecção da cisterna de forma periódica; fazer manutenção da cisterna e da



Figura 3. Cisterna construída pelo PIMC, em área de assentamento da reforma agrária, Petrolina, PE.

Com as perspectivas delineadas a partir das evidências das mudanças climáticas, foram realizados estudos correlacionando a redução da precipitação com as áreas de captação das cisternas, um exemplo para o Estado da Bahia. Os mapas das Figuras 4a, 4b e 4c apresentam a situação atual e os cenários considerando redução de 10% e 20% do volume precipitado neste estado, respectivamente, e sinalizam que a redução na precipitação influenciará diretamente na capacidade de captação e no volume de água armazenado, observando-se a necessidade de aumento das áreas de captação das cisternas, para garantir a água de beber das famílias beneficiadas pelo programa.



Fonte: Moura et al. 2007.

Figura 4. Mapas apresentando a necessidade de aumento das áreas de captação de água de chuva no estado da Bahia, considerando o cenário atual (a), 10% (b) e 20% (c) de redução nas precipitações pluviométricas, como preconizado pelo International Panel on Climate Change (IPCC) (2007).

Cisterna: água para produção de frutas e hortaliças

Em regiões áridas e semiáridas, onde a água é fator limitante, o conceito de produtividade de água deve ser empregado em todos os seus usos. No contexto da agricultura, significa a obtenção de “maior produtividade por unidade de água aplicada”, ou seja, usar água de forma eficiente. Segundo Chistofidis (2008), encontrar meios de produzir mais alimentos com menos água é um dos maiores desafios enfrentados atualmente pela humanidade e, para isto, deve-se ter como base este conceito. Com essa preocupação, estão em ação diferentes políticas públicas que contemplam ações estruturantes voltadas para aumentar a disponibilidade hídrica, em especial, no Semiárido brasileiro, para o consumo das famílias e para a produção de alimentos, como o PIMC e o P1+2.

A água utilizada para irrigar as fruteiras é proveniente da chuva e armazenada em cisterna com capacidade para 50 mil L, e corresponde à segunda água na definição do P1+2, vez que a família já dispõe da cisterna para atender ao consumo, conforme apresentado na Figura 5.

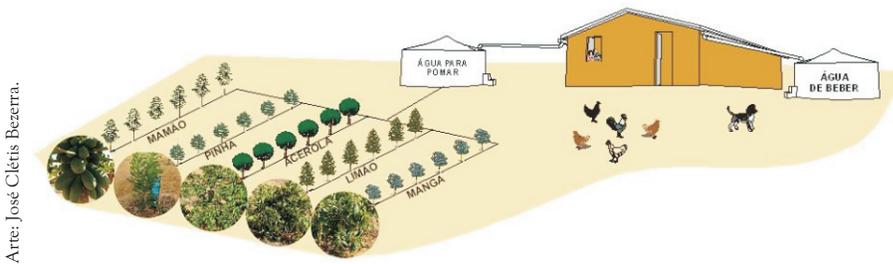


Figura 5. Esquema da área do pomar instalado com diversas espécies de fruteiras.

As áreas de produção deste sistema podem ser formadas por um pomar, contendo diferentes espécies de fruteiras e/ou por canteiros de hortaliças. A produção de frutas e hortaliças tem por objetivo diversificar e melhorar a qualidade da alimentação das famílias rurais, principalmente das crianças, cuja alimentação deve ser equilibrada e fortificada com vitaminas e minerais. A vitamina A, presente em folhas verde-escuras, frutas (mamão, manga, melão, abacate) e verduras alaranjadas (cenoura, abóbora), entre outras, tem como função atuar no crescimento e desenvolvimento e na saúde da pele, do osso, da visão e do sistema imunológico.

O número de fruteiras em cada pomar deve ser definido em função da disponibilidade de água armazenada, neste caso particular, da capacidade de armazenamento de água da cisterna.

Com exceção dos dias chuvosos, a água é aplicada às fruteiras em quantidades diferenciadas durante todo o ano, considerando a disponibilidade de água da cisterna. Para um pequeno pomar com 30 fruteiras, durante o período chuvoso, que corresponde, em média, aos meses de janeiro a abril, tomando como referência o Município de Petrolina, PE, deve-se aplicar um volume de água correspondendo a 5 L.planta⁻¹, três vezes por semana; entre os meses de maio a agosto, 10 L.planta⁻¹, aplicados na mesma frequência, e, finalmente, 15 L.planta⁻¹ no período mais crítico, considerado aquele de ausência de chuvas, que corresponde, em média, aos meses de setembro a dezembro. Com a ocorrência de chuvas em quaisquer desses períodos e observando que o solo próximo à planta está úmido, a aplicação de água é suspensa sendo retomada quando o solo começar a perder umidade, considerando o princípio da irrigação de salvação (BRITO et al., 2009).

Os pomares instalados tanto na área experimental quanto em áreas de produtores constituem-se de cinco plantas das espécies manga, acerola, mamão, limão, caju e pinha. Algumas espécies já iniciaram a produção e apresentam bons resultados, melhorando a dieta alimentar das famílias rurais, como preconizado no P1+2 e nas políticas sociais de governo. Como exemplo, a acerola colhida por estes produtores pode ser transformada em polpa e armazenada para consumo posterior. Considerando que o teor de ácido ascórbico em 100 g de polpa de acerola excede 1000 mg, valor equivalente aos efervescentes no padrão 1 g (um grama), os 120 kg colhidos em apenas seis meses foram inseridos na dieta das famílias, constituindo-se em quantidade significativa de vitamina C. Além da vitamina C, a acerola contém, também, quantidades significativas de cálcio, ferro, fósforo e vitaminas A, B1, B2 e B3.

Na microbacia formada por cada fruteira, foram colocados restos de cultura como cobertura morta, com o objetivo de reduzir a evaporação, aumentando, assim, a eficiência de uso da água em áreas de produtores, como observado na Figura 6.



Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti.

Figura 6. Pomares em áreas de produtores, na comunidade Barreiro, Município de Petrolina, PE.

Durante o período das chuvas, além de não haver necessidade de aplicar água nas fruteiras, pode-se explorar as áreas entre as linhas das fruteiras com culturas anuais, como feijão, milho, melancia, abóbora, quiabo, entre outras espécies, permitindo o aproveitamento da umidade do solo e a obtenção de maior produtividade na área explorada (Figura 7).



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 7. Feijão cultivado nas entrelinhas das fruteiras irrigadas com água de chuva de cisterna, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Nos canteiros construídos para cultivo das hortaliças, foram cultivados coentro, pimentão, cenoura, berinjela e alface. Dois canteiros foram construídos em alvenaria, com o piso impermeabilizado com argamassa de cimento e areia, para reduzir a infiltração e, conseqüentemente, a aplicação de água, como recomendado por Win (2007). Em cada canteiro, é aplicado um volume médio correspondendo a 32 litros de água.dia⁻¹ (Figura 8).



Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti.

Figura 8. Cultivo de coentro (a), pimentão (b), cenoura (c) e berinjela (d), utilizando água de chuva armazenada na cisterna do Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Cisterna: água para consumo animal

No Semiárido brasileiro, durante o período sem chuvas, os animais também sofrem com a falta e a má qualidade das águas, principalmente com o aumento dos teores de sais solúveis nas fontes hídricas disponíveis, o que pode representar riscos à saúde destes animais, podendo afetar a qualidade da carne e do leite, a ponto de torná-los inadequados ao consumo (COLACELLI, 1997). Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para os animais, várias tecnologias são citadas na literatura. Porém, nem sempre são apropriadas ao sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos criadores de caprinos e ovinos dessa região, por apresentarem, principalmente, custos elevados.

Os rebanhos de caprinos e de ovinos disponíveis nessa região, normalmente, utilizam a caatinga, complementada com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem, como alternativa de alimentação. Com a garantia da disponibilidade de água e de alimentos, esses animais são capazes de produzir um ganho de peso de $35 \text{ kg}\cdot\text{ano}^{-1}$ (GUIMARÃES FILHO; LOPES, 2001).

Com o sucesso do uso da cisterna para o consumo humano no PIMC, esta alternativa passou por adaptações, tornando-se viável, dos pontos de vista técnico e econômico, para ser utilizada por pequenos produtores de caprinos e ovinos, devido ao baixo consumo por animal (Figura 9) (BRITO et al., 2005, 2007a).

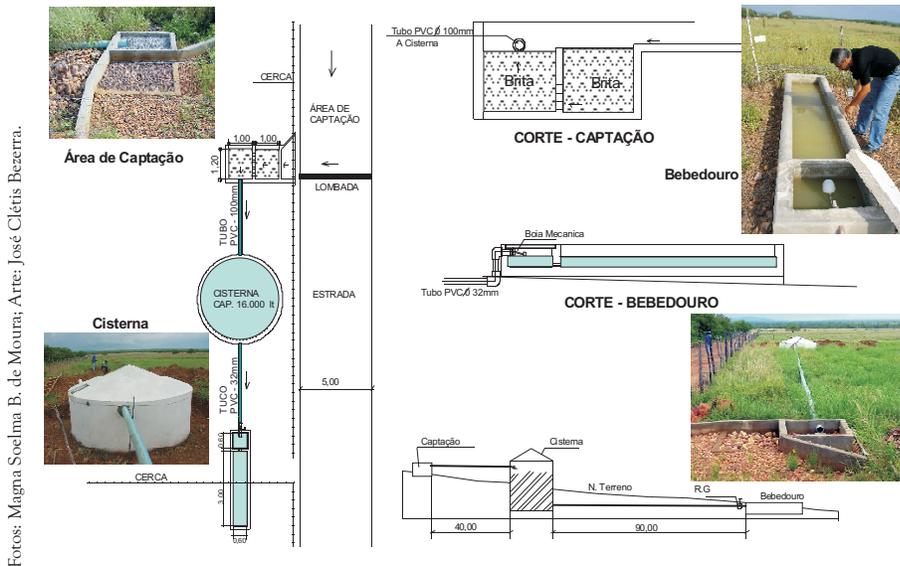


Figura 9. Cisterna para armazenar água de chuva para consumo animal, incluindo área de captação na estrada, sistema de filtragem e bebedouro no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

O maior desafio deste sistema é o elevado número de animais por produtor. Para superá-lo, recomenda-se que sejam construídos diferentes módulos na propriedade, de modo que os animais disponham de água para o consumo,

principalmente, no período seco. Considerando um consumo diário de 4,5 L de água por animal, por um período de 250 dias, a cisterna dará para atender satisfatoriamente a um rebanho de 15 a 20 animais, dependendo da idade desses animais. Cada animal terá capacidade de produzir 17,5 kg de carcaça por ano, o que demonstra a viabilidade econômica do sistema.

Barragem subterrânea: água para produção de alimentos

A barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica para aproveitamento das águas de chuva e proporciona redução significativa das perdas de água por escoamento superficial. A água é armazenada no perfil do solo e permite a formação ou a elevação do lençol freático, possibilitando a exploração de uma agricultura de vazante, prática comum na região. Na literatura, há indícios de que uma das primeiras barragens subterrâneas foi construída no Rio Grande do Norte, em 1887, em propriedade particular (BRITO et al., 1989).

Porém, os primeiros projetos de pesquisa voltados para entender o funcionamento dessa tecnologia tiveram início na Embrapa Semiárido em 1982, quando foram avaliados materiais alternativos para a construção da parede da barragem e opções de manejo do solo e de cultivos, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais (BRITO et al., 1989). Estes estudos, também, permitiram que essa tecnologia se tornasse mais conhecida e utilizada pelos produtores, técnicos e pesquisadores. Como resultado, atualmente, estão implantadas, na maioria dos estados do Nordeste, algumas destas, sendo permanentemente monitoradas por meio de projetos de pesquisa.

Corroborando com essas afirmações, o documento que apresenta um estudo das bacias hidrográficas do estado de Pernambuco (SILVA, 2006) relata que foi a Embrapa Semiárido a pioneira nos estudos sobre barragens subterrâneas, construindo, em 1982, três barragens sucessivas em seus campos experimentais, visando avaliar o desempenho dessa tecnologia em linhas de drenagem natural. Neste relato, informa, ainda, que em 1988, técnicos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) efetuaram estudos em aluviões do Sertão pernambucano, visando à construção de barragens subterrâneas e, a partir de 1994, a ONG denominada “Caatinga” inseriu a barragem subterrânea em suas ações de desenvolvimento como alternativa para melhorar a produção agrícola em áreas de produtores. Nesta mesma época, o Departamento Nacional de Pesquisas

Minerais (DNPM) construiu, na bacia do rio Pajeú, sete barragens subterrâneas visando proporcionar a melhoria das vazões dos cacimbões ali existentes.

A barragem subterrânea é uma técnica para armazenar água de chuva no perfil do solo, por meio de uma parede construída transversalmente ao fluxo das águas, que tem a função de barrar o fluxo de água horizontal (Figura 10). A água da chuva infiltra-se lentamente e, armazenada no solo, permite sua utilização posterior pelas plantas (BRITO et al., 1999; SILVA et al., 2007a). Desta forma, o solo se mantém úmido por um maior período de tempo, permitindo, algumas vezes, o cultivo de dois ciclos, especialmente em anos de chuvas regulares. Diferentemente das barragens convencionais, as perdas de água por evaporação são mínimas.

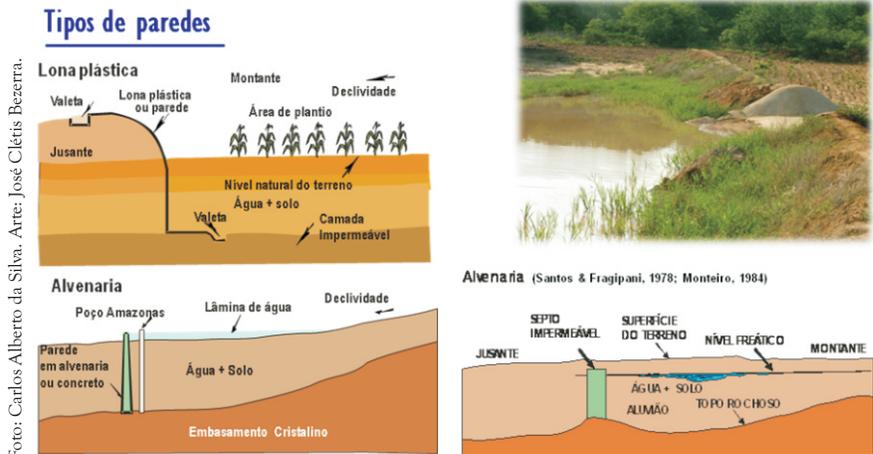


Figura 10. Tipos de paredes de barragem subterrânea construída com lona de polietileno ou alvenaria.

As principais inovações introduzidas pelas pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido foram a possibilidade de construção dessas barragens em áreas de convergência de linhas de drenagem, isto é, fora dos leitos de rios e riachos, e, também, o uso da lona plástico de polietileno na construção da parede da barragem, que é um material de baixo custo e facilmente disponível no comércio. A partir dos resultados obtidos ao longo desses anos com esta tecnologia, podem ser feitas algumas recomendações quanto à escolha do local e

aos aspectos construtivos da barragem subterrânea, tais como: considerar aspectos relacionados ao tipo de solo, profundidade e declividade da área; os melhores resultados têm sido obtidos em solos aluviais, em leitos de rios e de riachos temporários, cujas vazões anuais não comprometam a estrutura da barragem; eliminar áreas com risco de salinização do solo; colocar descarga de fundo, para permitir a lavagem do perfil do solo, reduzindo os riscos de salinização (BRITO et al., 1999; SILVA et al., 2007a). Quanto à viabilidade da lona plástica de polietileno utilizada nas barragens subterrâneas, 3 anos depois de construídas, foi feita avaliação, concluindo-se que esta apresentava boas características, principalmente elasticidade. O monitoramento realizado periodicamente nessas barragens subterrâneas indica que não está ocorrendo salinização da água e dos solos, vinte e sete anos após a construção.

Em condições propícias de solos, recomenda-se a construção de poço Amazonas ou cacimbas à montante da barragem subterrânea, à semelhança das barragens subterrâneas construídas no Rio Pajeú (SILVA, 2006). Esta alternativa permite a renovação da água e a lavagem dos sais no perfil do solo, funcionando, também, como descarga de fundo. A utilização desta água só é recomendada para consumo humano e para pequenas criações, quando, na área de plantio, não se utilizar defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados, que podem causar problemas à saúde humana e dos animais.

O preparo do solo na barragem subterrânea é semelhante ao do sistema de agricultura de vazante, sendo as sementes ou mudas plantadas na curva de nível formada pela linha da água. Assim, deve-se preparar a área de plantio após as primeiras chuvas, quando o solo estiver com umidade ideal, utilizando tração animal ou outros implementos agrícolas. Não se deve plantar a área próxima ao sangradouro, após as primeiras chuvas, pois corre-se o risco de saturação do solo pela ocorrência de chuvas mais intensas. As culturas recomendadas com potencial de exploração nas barragens subterrâneas são: milho, caupi, gergelim, arroz, batata-doce, mandioca, sorgo e fruteiras, como manga, goiaba, acerola, limão, hortaliças, além de cana-de-açúcar e forrageiras (Figuras 11 e 12) (FERREIRA et al., 2007; SILVA et al., 2006).



Figura 11. Diversificação de culturas exploradas na barragem subterrânea, no Município de Ouricuri, PE.



Figura 12. Hortaliças cultivadas na barragem subterrânea, no Povoado da Bananeira, Município de São José da Tapera, AL.

Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2007a) indicam que os principais desafios dessa tecnologia, para ser utilizada em larga escala, como no P1+2, são a escolha adequada do tipo solo e o perfil do agricultor, fatores associados que têm se caracterizado como as principais causas de insucesso dessa tecnologia no âmbito dos produtores rurais de vários estados nordestinos. Para selecionar um

local ideal, há necessidade de conhecimentos básicos sobre solos e geologia, os quais serão considerados antes do início da construção das barragens subterrâneas. Dessa forma, pode-se garantir que essa tecnologia pode reduzir os riscos da instabilidade climática da região e contribuir com aumento da produtividade de alimentos.

Captação de água de chuva in situ: água para produção de alimentos

Os pequenos agricultores do Semiárido brasileiro apresentam sistemas de exploração que sobrevivem em equilíbrio precário com as condições agroecológicas e socioeconômicas, devido à instabilidade climática recorrente na região. Nestas condições, são necessárias práticas de manejo de solo adequadas, voltadas para aumentar a disponibilidade de água no solo e permitir melhor desenvolvimento e produtividade das culturas, como as técnicas de captação de água de chuva. Com este objetivo, diferentes pesquisas foram desenvolvidas pela Embrapa Semiárido (SILVA; PORTO, 1982; SILVA et al., 1989; PORTO et al., 1989; MONTEIRO et al., 1989; ANJOS, 2000; ANJOS et al., 2007), relacionadas aos métodos de captação de água de chuva in situ, utilizando, principalmente, a tração animal.

Tradicionalmente, o sistema de preparo do solo utilizado pelos produtores consiste de uma técnica aparentemente simples e pouco agressiva ao ambiente, mas que reduz a infiltração da água no solo, induz o aumento do escoamento superficial e contribui para o processo erosivo do solo. O preparo do solo com captação in situ tem efeito contrário, isto é, aumenta a infiltração de água e reduz as perdas por escoamento superficial.

Na captação in situ, os sulcos e camalhões formados pelos cortes efetuados no solo são em curvas de nível. Estudos realizados pela Embrapa Semiárido, avaliando diferentes métodos de captação de água de chuva in situ, avaliando densidade de plantio com a precipitação ocorrida, obtiveram incrementos significativos na produtividade das culturas de caupi, milho e sorgo (SILVA et al., 1989; PORTO et al., 1989; MONTEIRO et al., 1989). Entre os diferentes métodos avaliados, citam-se: aração em faixas, denominado método Guimarães Duque, sulcos barrados, aração parcial e aração total.

O preparo de solo com o método de Guimarães Duque é utilizado desde a década de 1950 e consiste na aração do solo em faixas, confeccionadas em curvas de nível. É um sistema renovável, com duração de 2 a 3 anos, também podendo ser manejado a cada cultivo, utilizando-se arados de aiveca a tração animal. Com este procedimento, mobiliza-se apenas a zona de plantio. O método de captação in situ tipo sulco barrado se tornou viável a partir do desenvolvimento, pela Embrapa Semiárido (ANJOS, 2000), de um barrador de sulco, com o objetivo de confeccionar as pequenas barreiras, espaçadas entre si a cada 2 m a 3 m ao longo do sulco, com a finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração.

Neste sentido, também foram realizados estudos objetivando avaliar as perdas de água e de solos em áreas submetidas a diferentes sistemas de preparo do solo, como Guimarães Duque, aração parcial e profunda e sulcos barrados, comparando-se com o sistema de plantio no plano (Figura 13). Em 2006, com a ocorrência de apenas 322,8 mm de precipitação acumulada no ciclo de produção do milho, as menores perdas de solo e de água e a maior produtividade de grãos foram obtidas no sistema de captação in situ com sulcos barrados (ANJOS et al., 2007).



Figura 13. Captação de água de chuva pelos métodos Guimarães Duque (esquerda) e sulcos barrados (direita), no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

A partir dos resultados obtidos nesses estudos, a captação de água de chuva in situ tem sido disseminada e utilizada por diferentes agricultores familiares e em áreas de assentamentos da reforma agrária, reduzindo, significativamente, a perda de safra em períodos de irregularidade de chuvas. Assim, em 2005, o Governo do Ceará implantou o plano de safra agrícola com 822,8 ha,

beneficiando 1006 famílias, cultivando milho, feijão e algodão herbáceo. Na localidade Vera Cruz, distrito de Inhamuns, Município de Tauá, CE, com apenas 286,0 mm de precipitação e ocorrência de vários veranicos, os resultados com a captação in situ apresentaram produtividade média de 2.580,0 kg.ha⁻¹, enquanto os agricultores das localidades circunvizinhas, que não usaram a tecnologia, obtiveram uma produtividade baixa, de apenas 270,0 kg.ha⁻¹. Com o sucesso obtido pelos produtores, no ano seguinte, o governo daquele Estado planejou alcançar uma meta de 5.250 agricultores de base familiar utilizando essa tecnologia, atingindo 10 mil ha (MINISTÉRIO..., 2005).

Irrigação de salvação: produção de alimentos

No Semiárido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias de estiagem, o que pode afetar o desenvolvimento das culturas e comprometer a produção agrícola. Para suprir as necessidades hídricas das culturas, nestes veranicos, recomenda-se o uso da irrigação de salvação, que pode ser efetuada quando as plantas apresentarem sintomas de falta de água. A água pode estar armazenada em um pequeno reservatório, como barreiro, barragem, poço ou qualquer fonte hídrica, de modo que possibilite seu uso, conseqüentemente, a segurança alimentar das famílias, em anos de chuvas irregulares (Figura 14).



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 14. Irrigação de salvação utilizando água de barreiro nas culturas de feijão caupi e milho, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

No barreiro tradicional, foram feitas algumas inovações com o objetivo de dar maior eficiência ao uso da água. Assim, foi introduzida uma parede divisória, que, no início e no final das chuvas, pode armazenar água em apenas um compartimento, reduzindo, assim, as perdas por evaporação e por infiltração, além de permitir o uso da água com maior eficiência, por causa da maior carga hidráulica (Figura 15). Também, como o sistema aplica água às culturas por gravidade, a área total deve ter declividade suficiente para permitir o escoamento da água (SILVA et al., 1981; SILVA; PORTO, 1982; SILVA et al., 2007b). Quanto ao manejo do sistema, recomenda-se que a água seja aplicada às culturas quando a umidade disponível no solo situar-se entre 30% e 40%. Como, na prática, nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar uma ou duas vezes por semana, após observar que as plantas apresentam-se com as folhas enroladas no início do dia, de modo que se utilize menos água na fase inicial da cultura, usando-a, posteriormente, nas fases mais críticas de desenvolvimento e produção da cultura.



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 15. Irrigação de salvação utilizando água de barreiro nas culturas de feijão, caupi e milho, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Perspectivas para as regiões áridas e semiáridas no contexto dos recursos hídricos

A convivência com o Semiárido tornar-se-á mais complexa diante da constatação do processo de aquecimento global e das projeções de intensificação da aridez e aumento da frequência e intensidade de fenômenos extremos, que implicará na incidência de secas mais fortes na região. A principal consequência desse fenômeno será a redução da disponibilidade hídrica, tanto pelo aumento da temperatura, como pela redução da precipitação. Numa região que já tem sérias limitações de recursos hídricos, o agravamento das condições climáticas poderá comprometer seriamente a capacidade de sobrevivência da população.

Nestes cenários, os riscos de insucesso na agricultura de sequeiro aumentarão. Daí a importância de agregar a essa atividade tecnologias e conhecimentos que propiciem a redução dessas incertezas, como as já citadas neste capítulo. Nesse contexto, o conceito de produtividade da água assume relevância maior.

Embora a Embrapa Semiárido tenha gerado tecnologias e conhecimentos capazes de reduzir os impactos das mudanças climáticas no ecossistema do Semiárido brasileiro, os pressupostos para a geração dessas tecnologias e conhecimentos, em sua maioria, não consideram esse cenário atual. Entretanto, a realidade demonstra a atualidade dessas inovações diante do que as teorias e as evidências empíricas têm demonstrado.

✓ Diante destes cenários, os principais desafios que são colocados para as instituições de desenvolvimento e para as políticas públicas, relacionados à captação e uso de água de chuva para a pequena produção no Semiárido, são:

✓ a) Uso de tecnologias poupadoras de água, de modo a produzir com maior eficiência – praticar o conceito de produtividade da água, como tem sido recomendado pela Embrapa Semiárido e outras instituições há mais de três décadas.

b) Prioridades aos programas governamentais para que estes promovam a segurança hídrica das comunidades rurais do Semiárido brasileiro, fornecendo água em quantidade e qualidade para atender às demandas das famílias para consumos humano e animal e para a produção de alimentos, de modo a

eliminar a ainda tão frequente utilização de carros-pipa para o abastecimento dessas comunidades, sem garantia da qualidade e regularidade da água fornecida.

c) Apoio às comunidades rurais para que estas sejam capacitadas para absorver e aplicar os conhecimentos disponibilizados, melhorando sua qualidade de vida..

d) Necessidade de desenvolvimento e aplicação de métodos simples de tratamento de água e técnicas de gestão dos recursos hídricos, principalmente relacionados à redução de desperdícios e de contaminação dos recursos hídricos, como, também, o uso de técnicas para reutilização de águas.

Referências

AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTACAO DE AGUA DE CHUVA NO SEMI-ARIDO, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. 1 CD-ROM.

ANJOS, J. B. dos. Implements and methods for the preparation of agricultural soil. In: FAO. **Manual on integrated soil management and conservation practices**. Rome, 2000. cap. 6, p. 45-49. (FAO. Land and Water Bulletin, 8).

ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Captação "in situ": água de chuva para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 7, p.141-155.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO. **ASA**: programa de formação e mobilização social para convivência com o Semiárido: um milhão de cisternas rurais (P1MC). 2007. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em 21 out. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF, 2004. 51 p.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTI, N. de B.; GNADLINGER, J.; PEREIRA, L. A. Cisterna: alternativa hídrica para melhorar a dieta alimentar das famílias do Semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7., 2009 [Caruaru]. **Anais...** Caruaru: ABCMAC: Embrapa Semiárido/AMAS-NE, 2009. 1 CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I**: construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; REGO, M. M. do. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no Semi-árido.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; GNADLINGER, J.; XENOFONTE, G. H. S. Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABA, 2005. 1 CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; CAVALCANTI, N. de B. Cisterna rural: água para o consumo animal. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007a. cap. 5, p. 105-116.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; D'AVILA, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no Semi-árido brasileiro. In: VAITSMAN, J.; PAES-SOUSA, R. (Org.). **Avaliação de políticas e programas do MDS: resultados.** Brasília, DF: MDS: SAGI, 2007b. cap. 5, p. 199-234.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e segurança alimentar. **Revista Item**, Viçosa, MG, n. 77, p. 16-21, 1. trim. 2008.

COLACELLI, N. A. **Calidad de água para bebida animal.** 1977. Disponível em: <<http://www.tucuman.com>> Acesso em: 8 mar. 2005.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas.** 4. ed. Fortaleza: DNOCS, 1973. 223 p. (DNOCS. Publicação; 154-Serie I-A).

EMBRAPA. **Semi-árido brasileiro: convivência do homem com a seca.** Implantação de sistemas de exploração de propriedades agrícolas. Brasília, DF: EMBRAPA: EMBRATER, 1982. Não paginado.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; GAVA, C. A. T.; SILVA, M. S. L. da; PETRESE, V. G. Barragem Subterrânea: uma alternativa sustentável para a agricultura familiar no Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. **Anais...** Guarapari: ABA, 2007. 1 CD-ROM.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. P1 + 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um Semiárido sustentável. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 3, p. 63-77.

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C. **Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no Semi-árido brasileiro.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 22 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 171).

INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. **Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean.** Washington: Organization of American States-Environment General Secretariat, Unit of Sustainable Development: IETC-UNEP, 1997. 275 p. il.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: synthesis report: summary for policymakers, contribution of working groups I.III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Serviços de Saúde Pública. **Manual de saneamento.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1981. 255 p. il.

MINISTÉRIO do Desenvolvimento agrário premia EMATER-CE. 2005. Disponível em: <http://www25.ceara.gov.br/noticias/noticias_detalhes.asp?nCodigoNoticia=16114>. Acesso em: 14 out. 2007.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Desenvolvimento rural: irrigar 500.000 ha com pequenos agricultores.** Brasília, DF: EMBRATER/EMBRAPA, [1986]. 30 p. il.

MONTEIRO, M. A. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R. Captação de água de chuva in situ III: densidade de milho. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. p. 39-53. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; SÁ, I. I. de; LEITE, W. de M. Influência da precipitação pluviométrica nas áreas de captação de água de chuva na Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: anais.** Belo Horizonte: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Água: la desinfección del agua.** 1999. Disponível em: <www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm>. Acesso em: 17 fev. 2006.

PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva in situ II: densidade de caupi. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio.** Petrolina, 1989. p.25-37. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAÚJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2004. 22 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 187).

PROJETO ARIDAS. **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste: GT II - Recursos hídricos: relatório consolidado.** Brasília, DF: SEPLAN, 1994. 177 p.

QIANG, Z.; LI, Y. Rainwater harvesting in the Loess plateau of Gansu, China and its significance. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACAO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Singapura: IRCSA, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; GOMES, P. C. F. **Seleção de áreas e construção de barreiros para uso em irrigação de salvação no Trópico Semiárido**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do tropico Semiárido do Brasil: tecnologias de baixo custo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T. de; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento; construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 103 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; GALVÃO, C. de O. Cisterna rural com área de captação no solo. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA INOVADORA PARA O NORDESTE, 1986, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: BNB, 1986. Não paginado.

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. **Captação e conservação de água de chuva no Semi-árido brasileiro: cisternas rurais II - água para consumo humano**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA: SUDENE, 1988. 79 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 16).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva in situ I: comparação de métodos da região semiárida brasileira. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. p. 5-24. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; HONÓRIO, A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007a. cap. 6, p. 121-137.

SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; BRITO, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007b. cap. 8, p. 159-179.

SILVA, S. R. da (Coord.). **Bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SECTMA, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, M. S. L. da ; ANJOS, José Barbosa dos ; MENDONÇA, C. E. S. ; FERREIRA, G. B. ; SILVA, S. dos A. B. da . Barragem subterrânea uma opção para exploração agrícola no Semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4., 2006, Belo Horizonte.

ABA - Agroecologia. Belo Horizonte, 2006.

WAGNER, E. Perspectivas e potencialidades da irrigação, da agricultura irrigada e do agronegócio no Semiárido brasileiro: bases da liderança do Banco Mundial no Brasil. **Revista ITEM**, Viçosa, MG, n. 74/75, 2007.

WIN, U. D. Técnicas de captação e uso da água no Semiárido brasileiro: canteiros econômicos em água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: anais...** Belo Horizonte: ABCMA: Embrapa Semiárido: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

