

CAPÍTULO 11

TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL

Luiza Teixeira de Lima Brito
Maria Sonia Lopes da Silva
José Barbosa dos Anjos
Manoel Batista de Oliveira Neto
Antônio Gomes Barbosa

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

INSA
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL

1. INTRODUÇÃO	243
2. DESENVOLVIMENTO	244
2.1 Cisterna para armazenamento de água de chuva	245
2.1.1 Consumo humano	245
2.1.2 Consumo vegetal	247
2.1.3 Consumo animal	249
2.1.4 Custos	251
2.1.5 Principais desafios	251
2.2 Barragem subterrânea	251
2.2.1 Parâmetros construtivos	252
2.2.2 Potencialidades e limitações de solos para barragens subterrâneas	253
2.2.3 Manejo de solo e água em barragem subterrânea	254
2.2.4 Alternativas de cultivos	258
2.2.5 Custo	258
2.2.6 Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa em barragem subterrânea	258
2.2.7 Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido	259
2.2.8 Principais desafios	260
2.3 Captação in situ	260
2.3.1 Princípios de funcionamento da captação in situ	261
2.3.2 Fatores decisivos para a implantação da captação in situ	263
2.4 Irrigação de salvação	267
2.4.1 Modelo de reservatório adaptado	268
2.4.2 Manejo da água de irrigação de salvação	269
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	271
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	271

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. O crescimento populacional, o aumento da contaminação e a poluição dos recursos hídricos, a necessidade de produção de alimentos e o desenvolvimento industrial devem gerar, nos próximos anos, sérios problemas no abastecimento de água. Associados a esses fatores, desperdícios ou mau uso da água têm contribuído com o processo de escassez em âmbito global.

O Brasil se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica, $177.900 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e mais $74.100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ da Amazônia internacional, representam 53% da produção de água doce do continente sul-americano ($334 \text{ mil m}^3\text{s}^{-1}$) e 12% do total mundial ($1.488 \text{ milhões de m}^3\text{s}^{-1}$) (Rebouças, 2006). Mesmo nesta condição, a situação do País se torna mais crítica em função de sua dimensão geográfica e da diversidade climática com as quais algumas regiões sofrem graves problemas de escassez de água, como o Semiárido nordestino.

A classificação mundial das águas, feita com base nas suas características naturais, designa “água doce” aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a 1.000 mg L^{-1} (Rebouças, 2006). Baseado nos usos preponderantes das águas no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA dispõe, por meio da Resolução N° 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005a) sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e ainda classifica as águas, quanto ao teor de sais, como águas doces - águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %; águas salobras - salinidade variando entre 0,5 e 30 % e, águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %. Esta classificação é compatível com as recomendações da Organização Mundial de Saúde - OMS.

O suprimento de alimentos é uma grande prioridade em muitos países e a agricultura irrigada, principal usuária dos recursos hídricos, deve não apenas fornecer alimentação para uma população crescente, mas também economizar a água visando a outros usos. O desafio é desenvolver e aplicar métodos racionais do uso da água, tanto na agricultura irrigada como na agricultura dependente das chuvas, de forma a se obter maior produtividade por unidade de água aplicada.

Em 2012, o Dia Mundial da Água teve, por tema, Água e segurança alimentar, reforçando a importância da água para a produção de alimentos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), para produzir alimentos suficientes para satisfazer as necessidades diárias de uma pessoa, são necessários cerca de 3 mil litros de água. Outros 1.500 litros de água são indispensáveis para gerar um quilo de grãos e dez vezes essa quantidade para produzir um quilo de carne, afirma a FAO, por ocasião das comemorações do Dia Mundial da Água nesse ano (Bojanic, 2012).

Estudos da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) apontam a agricultura como a atividade de maior demanda de água. Esta atividade utiliza em torno de 70% de toda a água disponível enquanto 20% são destinados à indústria e 10% para uso doméstico. Explica o representante regional da FAO para a América Latina e Caribe, que “a água doce é um recurso renovável, mas é finito. Com a população mundial crescendo a cada ano será cada vez mais difícil satisfazer as necessidades de todos se não forem envidados esforços para uma eficiência maior de sua utilização. Para isto é fundamental produzir mais alimentos utilizando menos água e reduzir perdas” (Bojanic, 2012).

Os problemas de escassez de água, desperdícios e poluição dos mananciais apontados, sugerem a busca de alternativas adequadas à realidade local, com vista à sua solução. A captação da água da chuva é uma das possibilidades para amenizar esses problemas, sobretudo, em regiões com limitações de reservas hídricas

potenciais. Outras tecnologias, como a dessalinização das águas salobras e salinas, além do incentivo ao reúso, são alternativas potenciais a médio e longo prazos passíveis de contribuir para aumentar a oferta de água em regiões com limitações hídricas.

Associadas à escassez de água em consequência da irregularidade das chuvas, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem, no Semiárido brasileiro, para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, degradando a qualidade das águas. Do ponto de vista hidrogeológico 70% desse espaço têm potencial hídrico restrito razão por que, devido ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural, apresentam vazões inferiores a $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 3 g L^{-1} , com predominância de cloretos (LEAL, 1999). É provável que a utilização de águas salobras para consumo humano, por falta de opção de outras fontes hídricas para uso pelas comunidades rurais dispersas, provoque, futuramente, riscos à saúde do homem sobremaneira em crianças e até mesmo afetar o desempenho dos animais. Porém, de acordo com Rebouças (1999), referendado em Porto et al. (2011), é possível extrair, dessas áreas, com segurança, cerca de 20 bilhões de $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$ e utilizar este volume disponível em sistemas de produção estabelecidos ou para os consumos humano e animal.

O capítulo Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural procurou reunir, de forma sucinta, resultados de pesquisas e experiências vivenciadas com e por produtores familiares, compactuando diferentes ideias a partir da percepção de que a “água de chuva”, desde que captada, armazenada e manejada de forma adequada, tem potencial para atender às demandas de água no setor rural do Semiárido brasileiro e permitir uma convivência harmoniosa de sua população com a adversidade climática.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Porto et al. (2011), no Semiárido brasileiro, com a exploração agrícola em condições dependentes de chuva, isto é, de sequeiro, a precipitação pluviométrica é, em geral, a única fonte de água disponível na propriedade para a manutenção da família e desenvolvimento das atividades agropecuárias. Esta região é delimitada pela isoietia de 800 mm anuais (Brasil, 2005b), cujas precipitações são distribuídas durante três a cinco meses, com elevadas taxas evapotranspirométricas, em média, 2000 mm.ano^{-1} , proporcionando déficit de umidade no solo durante o ciclo das culturas. Por sua vez, esta chuva é variável em quantidade, intensidade, no espaço e no tempo. Portanto, saber aproveitá-la é estratégico para a convivência com as condições semiáridas. Neste sentido, os autores ressaltam que na aplicação das técnicas de aproveitamento da água da chuva é importante que sejam considerados aspectos que norteiam o processo de planejamento das tecnologias de captação e uso de água de chuva em condições de semiaridez, como:

- magnitude volumétrica das precipitações – quando se fala que a média anual de precipitação de determinada localidade é de 400 a 500 mm, parece pouco significativo; no entanto, não se pode esquecer que, para cada milímetro de precipitação, há um potencial de captação de até 1 litro de água para cada metro quadrado de superfície;

- evitar desperdício – a água, por ser um insumo escasso nas regiões áridas e semiáridas, é preciso ter eficiência no sistema de captação, condução e uso, quer seja armazenada no perfil do solo (captação in situ, barragem subterrânea), em reservatórios fechados (cisternas, poços) ou abertos (tanques de pedra, açudes e barragens);

- priorizar cultivos de baixo consumo – para as zonas de baixa precipitação, a melhor maneira de aproveitar as chuvas é usá-las em cultivos resistentes à seca, quer seja pela sua tolerância genética ao estresse hídrico ou pelo seu curto ciclo fenológico.

Embora os conhecimentos sobre as tecnologias de captação, armazenamento e uso de água de chuva estejam consolidados e contemplados em políticas públicas voltadas para a região há, mesmo assim, a necessidade de sua adequação a cada situação específica. Neste sentido, os pesquisadores deverão focar aspectos que integrem a pluralidade dos conhecimentos com a diversidade dos sistemas agrícolas praticados. Além desses aspectos pode-se alertar ainda para a observância às limitações naturais como exigência à implantação de algumas tecnologias. Citam-se, também, as restrições de solo para a barragem subterrânea, o que será discutido posteriormente. A partir dessas premissas, definir a hierarquia para as diversas necessidades hídricas da propriedade, que deverão ser: consumo humano, consumo animal e produção vegetal, principalmente, é a prioridade.

Estudos sobre a viabilidade do uso de técnicas de captação e utilização da água de chuva em comunidades rurais com limitação de recurso hídricos foram iniciados no final da década de 1970, na Embrapa Semiárido (Silva & Porto, 1982) nos quais o aproveitamento da água de chuva proveniente do escoamento superficial para o consumo humano, por meio de cisternas; o consumo animal utilizando-se tanques e barreiros e vegetal por meio de pequenas barragens subsidiadas, atualmente, políticas de governo nas esferas federal, estaduais e municipais.

Para um entendimento melhor sobre as tecnologias de captação de água de chuva apresenta-se, a seguir, uma descrição daquelas mais utilizadas no Semiárido brasileiro, muitas das quais inseridas em programas de governo.

2.1 Cisterna para armazenamento de água de chuva

2.1.1 Consumo humano

A cisterna para a captação e armazenamento de água de chuva para o consumo humano é utilizada há séculos, em várias partes do planeta. As pesquisas iniciadas por Silva & Porto (1982) partiram de duas limitações para o uso da cisterna como reservatório de água: custos elevados para construção da cisterna em alvenaria e área das instalações rurais, insuficientes para captar o volume de água necessário; no primeiro caso foram avaliados diversos materiais alternativos na construção do tanque, como lona de PVC, polietileno, tijolo a galga e tela-cimento. No que concerne ao tamanho da área de captação – componente essencial para o sucesso da cisterna dada à irregularidade climática - a limitação foi superada utilizando-se o próprio solo revestido ou não como área para captar a água da chuva. Atualmente, a cisterna com área de captação no solo é conhecida como “cisterna calçadão”. Nesses estudos foram definidos parâmetros essenciais ao dimensionamento do volume de água necessário às famílias tal como das áreas de captação considerando-se o número de pessoas por família, o consumo médio diário de água, por pessoa, a precipitação pluviométrica da região e o período sem chuvas, com base na média dos anos de menor precipitação de uma série histórica.

A partir desses estudos, surgiram novos modelos de cisterna que fomentam, atualmente, o Programa Um Milhão de Cisterna (P1MC), como pode ser destacada a cisterna de placas pré-moldadas a qual, devido à facilidade de construção, baixos custos e a maior participação da família no processo construtivo, é o modelo-padrão adotado (Figura 1 A). Em algumas comunidades a cisterna de alambrado também tem sido uma alternativa utilizada, em virtude de apresentar maior resistência (Figura 1 B). A partir de 2012 novo modelo de cisterna de polietileno começou a ser adotado no Semiárido brasileiro com objetivo semelhante ao das cisternas de placas, isto é, consumo humano, animal e produção de alimentos.

Este tipo de cisterna inserido na política do governo federal, por meio do Ministério da Integração Nacional (MIN), tem, como principal vantagem, a velocidade de instalação (Figura 1 C).

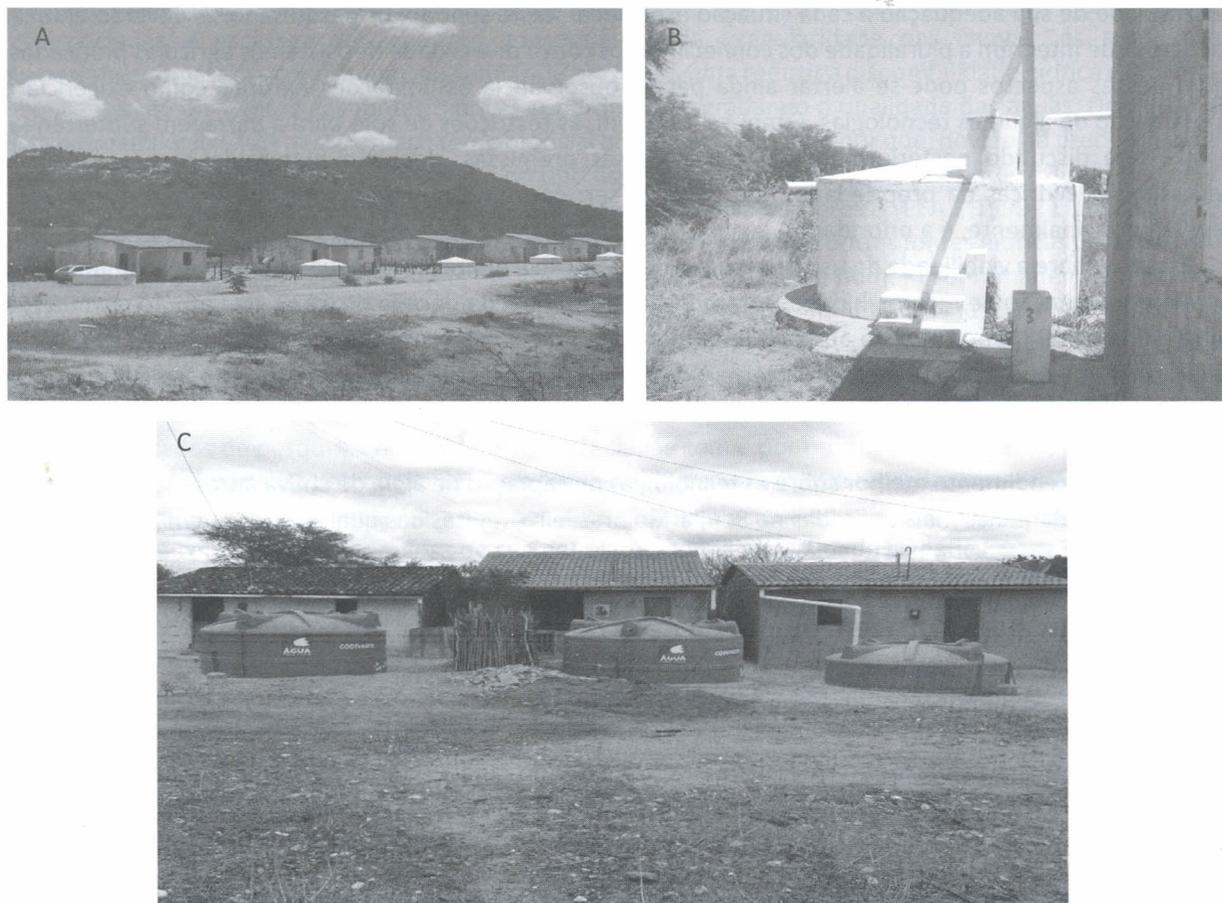


Figura 1. Cisterna de placas pré-moldadas construídas em área de assentamento (A), de tela de alambrado (B) e de Polietileno (C).

Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti

Neste Programa a capacidade de armazenamento de água da cisterna corresponde a 16 mil litros de água, o que é capaz de garantir água para atender a uma família de cinco pessoas (beber, cozinhar e escovar dentes) pelo período de estiagem de aproximadamente oito meses (Silva & Porto, 1982). 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, estima em 10 L por pessoa a necessidade mínima diária. Daí, no planejamento da cisterna é de suma importância considerar variáveis como: consumo mínimo por pessoa por dia, número de pessoas da família e período seco, o que pode indicar garantia de água por um período mínimo sem a ocorrência de precipitações. Também é considerado, por este Programa, o telhado das residências como área de captação de água de chuva mas, nem sempre esta área é suficiente ou adequada para encher a cisterna, em razão da irregularidade das chuvas em muitos municípios.

O P1MC, que contempla a cisterna para armazenamento da água de chuva visando ao consumo da família – conhecido como “primeira água” está consolidado, hoje, no Semiárido brasileiro, contemplando mais 500 mil de famílias. Novas ações de pesquisas precisam focar aspectos de qualidade da água armazenada. Neste sentido, os primeiros estudos sobre qualidade bacteriológica da água de chuva armazenada em cisterna foram feitos por Amorim & Porto (2001), em que observaram a presença de coliformes fecais nas águas destinadas ao consumo das famílias. Corroborando com esses 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 com destaque para coliformes fecais. Referidos resultados alertaram para a necessidade de maiores cuidados no manejo da água da cisterna, sobretudo daquelas famílias que não têm a oportunidade de realizar tratamento da água de beber ou, por outro lado, o fazem de forma inadequada. Assim, foi recomendado o uso de processos simples de tratamento de água, como: fervura – prática pouco comum; filtração 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 mg L⁻¹ de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato de 30 minutos, garante uma desinfecção satisfatória (OPAS/OMS, 1999).

Como forma de reduzir os riscos de contaminação da água de chuva desde seu contato com a área de captação ao momento de consumi-la, é recomendado o uso de barreiras físicas no sistema (área de captação, calhas, tubulações e tanque de armazenamento). Essas barreiras se constituem em cuidados e medidas que devem ser tomadas 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-se dispositivos simples e de fácil acesso às famílias; utilizar sempre bomba para retirada da água, pois baldes com corda ou outros vasilhames podem colocar em risco à qualidade da água armazenada; telar as aberturas de circulação de ar para evitar a entrada de insetos e pequenos animais; realizar limpeza e desinfecção da cisterna, periodicamente; fazer manutenção da cisterna e da área de captação, evitando rachaduras que podem favorecer o desenvolvimento de algas; limpar e manter, de forma adequada, as calhas e conexões para reduzir desperdícios de água (Silva et al., 1984; 1988; Brito et al., 2005; 2007a).

Desta maneira e se considerando os parâmetros de dimensionamento do volume de água necessário às famílias, da área de captação de água de chuva e as barreiras físicas, pode-se garantir que a cisterna fornecerá água às famílias em quantidade suficiente e com qualidade adequada, mesmo nos anos mais secos desde que não ocorram desperdícios. Este é o maior desafio a ser superado neste sistema pelo P1MC. Para isto, essas famílias necessitam ser capacitadas e conscientizadas quanto à máxima eficiência de uso da água da cisterna.

2.1.2 Consumo vegetal

A cisterna de produção ou segunda água está contemplada no Programa de Segurança Alimentar e Nutricional do MDS denominado “Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” ou “segunda água” e, mais recentemente, no Plano Brasil Sem Miséria (PBSM), como alternativa que pode contribuir com a melhoria da dieta alimentar das famílias rurais ofertando, com qualidade e regularidade, frutas, hortaliças e espécies medicinais para suprir suas necessidades nutricionais; a segunda água também pode atender à demanda de água de pequenos animais, em especial dos caprinos e ovinos.

No contexto da produção vegetal a cisterna de produção objetiva a melhoria dos alimentos ofertados às famílias rurais do Semiárido brasileiro e, no que concerne à qualidade, a dieta dessas famílias é, em geral, composta prioritariamente por alimentos com alto valor energético e baixo teor nutricional. Estudos desenvolvidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) apontam que a dieta de 90% dos

brasileiros está fora do padrão recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no que diz respeito ao consumo de frutas, verduras e legumes. O baixo consumo desses alimentos pode favorecer uma possível carência de micronutrientes caracterizando a chamada “fome oculta”.

Segundo Brito et al. (2012) se bem manejada, a água armazenada na cisterna de produção, que tem capacidade para 52 mil litros, é suficiente para manter um pequeno pomar, em torno de 30 fruteiras, e 2 a 4 canteiros de hortaliças com, em média, 12 m² de área. Nas Figuras 2 e 3 se observam cisternas de consumo familiar e de produção, instaladas em área de produtor, na comunidade de Lage Alta, município de Jaguarari, BA, e em área experimental da Embrapa, em Petrolina, PE.



Figura 2. Cisternas de consumo humano e de produção, instaladas na Comunidade de Lage Alta, município de Jaguarari, BA.
Foto: Nilton de Brito Cavalcanti



Figura 3. Cisterna de produção instalada em área experimental da Embrapa Semiárido
Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Estudos realizados em escala experimental mostram que em 2011, com 589,0 mm de precipitação e se aplicando 586,0 litros, totalizando 1.175,6 litros de água por planta, foram obtidos 929,3 kg de frutas em um pomar com 36 plantas de espécies frutíferas, como mangueira (*Mangifera*), aceroleira (*Malpighia emarginata*), limoeiro (*Citrus x citrus*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), mamoeiro (*Carica papaya*) e pinheira (*Annona squamosa L.*). Esta produção é significativa e permite a inserção de frutas na dieta das famílias. Mesmo em 2012, com 149,0 mm de precipitação e se aplicando 612,0 litros totalizando 761,0

litros por planta, foi possível se obter 550 kg de frutas no pomar, o que representa mais de um quilo de frutas por dia por família.

Na cisterna de produção também é permitido o cultivo de espécies oleáceas, como tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolinha (*Allium cepa*), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), pimentão (*Capsicum annum*), berinjela (*Solanum melongena*), rúcula (*Eruca sativa*), couve-flor e couve-folha

(*Brassica oleracea*), e cenoura (*Daucus carota*) (Figura 4). Também foram avaliadas algumas espécies medicinais, como capim-santo (*Cymbopogon citratus*), erva-cidreira (*Melissa officinalis*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), hortelã (*Mentha spicata*) e mastruz (*Lepidium virginicum*).



Figura 4. Cisterna de produção de espécies oleráceas
Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti

Araújo et al. (2011) consideram a possibilidade de cultivar várias espécies de frutas e de oleráceas na cisterna de produção e, com a produção obtida, incrementar melhorias significativas na dieta das famílias rurais e na saúde.

2.1.3 Consumo animal

A cisterna também é mais uma opção para atender à demanda de água para pequenos animais, em especial caprinos e ovinos visto que, em geral, a disponibilidade de água para os mesmos é reduzida e de baixa qualidade. Segundo Guimarães Filho et al. (2001), no Semiárido brasileiro os caprinos e ovinos têm, como alternativa de alimentação, a vegetação da caatinga complementada, às vezes, com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem. Com a garantia da disponibilidade de água e de alimentos, esses animais são capazes de produzir ganho de peso de até 35 kg ano⁻¹ tornando-se, assim, uma atividade mais competitiva.

Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para os animais, várias tecnologias são

citadas na literatura; como exemplo, os poços amazonas e artesianos mas, em geral, apresentam elevada salinidade e podem conter elementos em níveis elevados, além de baixa tolerância pelos animais. Nem sempre, porém, essas alternativas são apropriadas ao sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos caprino-ovicultores desta região por apresentarem principalmente custos elevados. Desta forma e devido ao baixo consumo de água por esses animais, que oscila em torno de 4,5 litros por dia, a cisterna passa a ser uma alternativa nas políticas públicas da “segunda água” ou P1+2, voltada para a produção de alimentos (Brito et al., 2005).

Uma cisterna de produção com capacidade de 52 mil litros de água é capaz de atender a um rebanho formado por, aproximadamente, 50 cabeças, durante oito meses. Com base em uma demanda maior por água, os produtores têm a opção de construir mais de uma unidade para atender, de forma adequada, à demanda de água pelos animais. A Tabela 1 apresenta coeficientes técnicos da cisterna de produção visando ao armazenamento de água para consumo para três tamanhos de rebanho, ou seja, 50, 100 e 150 cabeças de caprinos/ovinos e duas situações de áreas de captação AC (m²) sendo uma estrada de barro batido e outra o telhado de uma construção. Além dessas variáveis o volume de água necessário VA (m³) foi dimensionado considerando-se dois períodos sem chuvas (P, dias), correspondendo a 240 e 300 dias, precipitação média (PM) de 400 mm anuais e coeficientes de escoamento superficial (e) para estrada de barro (0,60) e cobertura de telha de barro (0,75).

É importante reforçar que em situações de a área de captação ser no solo batido ou em estrada de barro, o cisterna deve dispor de um sistema de filtragem, formado, principalmente, por pedra, areia grossa e fina, para reter materiais em suspensão transportados pelas águas de chuva melhorando, assim, a qualidade da água de beber dos animais. Nas Figuras 5 a e d pode-se observar detalhes da cisterna de produção destinada a armazenar água de chuva para consumo por caprinos e ovinos, instaladas no campo experimental da Embrapa e em área de produtor.

Tabela 1. Volume de água: V_A (m³) e área de captação: A_C (m²) em função do número de animais (n) e do consumo (C), período sem chuvas (dias), precipitação média (PM) de 400 mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,6 e 0,75.

N	C (L/dia)	Água (L/dia)	Período (dias)	V _A = n·c·p		A _C = $\frac{V_a}{P \times e}$ (m ²)	
				(L)	(m ³)	Estrada	Telhado
50	4,5	225,0	240	54000	54,0	225	180
	4,5	225,0	300	67500	67,5	281	844
100	4,5	450,0	240	108000	108,0	450	1.350
	4,5	450,0	300	135000	135,0	563	1.688
150	4,5	675,0	240	162000	162,0	675	2.025
	4,5	675,0	300	202500	202,5	844	2.531

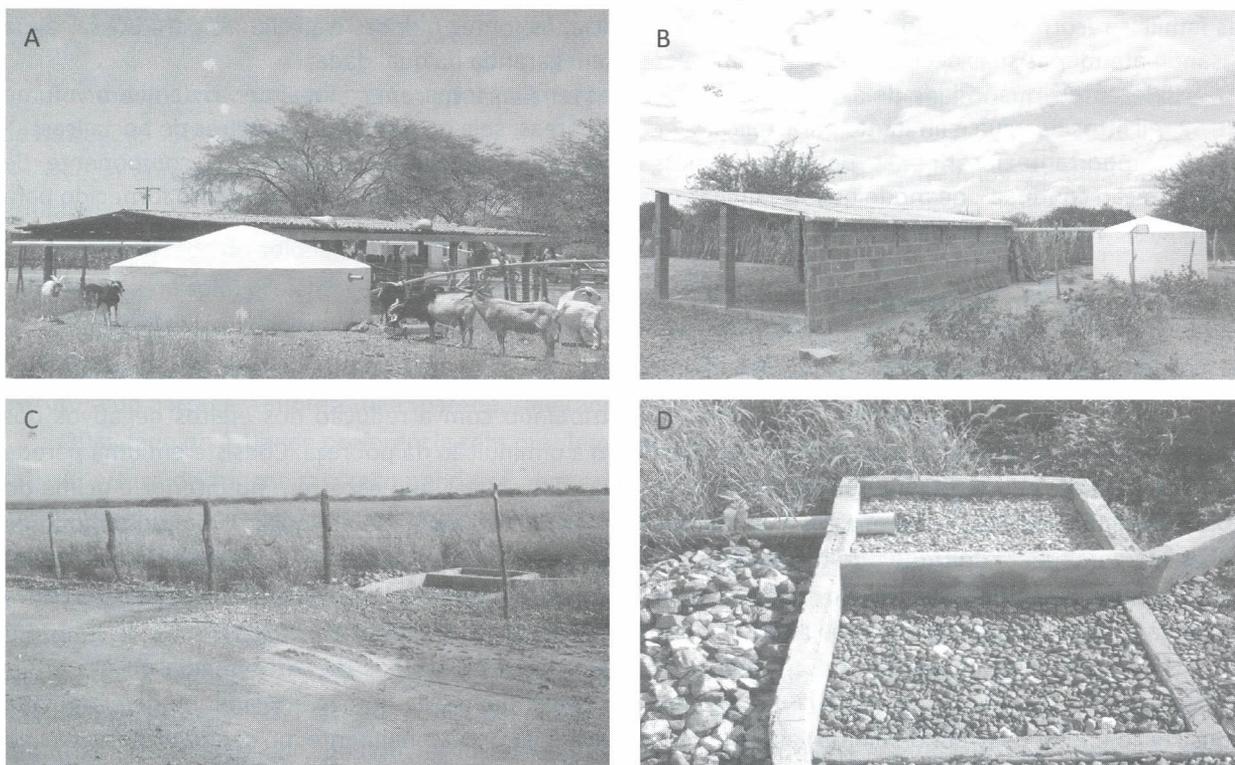


Figura 5. Cisternas de produção para atender aos caprinos e ovinos, instaladas no campo experimental da Embrapa (A), em área de produtor (B) e detalhes do sistema de filtragem (C) e bebedouro (D).

Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti.

2.1.4 Custos

Os custos da cisterna de consumo humano com capacidade de armazenamento de 16 mil litros e de produção de 52 mil litros de água, construída em placas pré-moldadas, têm pouca amplitude de variação entre os estados da região Nordeste. Em média, podem oscilar entre R\$ 2.500,00 - R\$ 4.000,00 e R\$ 7.000,00 R\$ 10.000,00, respectivamente, dependendo dos elementos considerados no sistema como, por exemplo, descarga das primeiras águas da chuva; sistema de filtragem, bebedouro para os animais, mangueiras e conexões para instalação do sistema de irrigação, entre outros.

2.1.5 Principais desafios

- Os principais desafios a serem superados com a tecnologia da cisterna se revestem da preocupação com a qualidade da água destinada ao consumo. Para isto, há a necessidade de que os órgãos federais, estaduais e municipais que atuam neste segmento enquadrem a água de chuva armazenada nas cisternas em suas políticas de tratamento;

- Não menos importante é o fator quantidade, sobretudo, para aquelas famílias cuja demanda supera a capacidade de armazenamento da cisterna, ou seja, famílias com mais de cinco pessoas; nesses casos

as famílias recorrem, quando em situação de emergência, às fontes hídricas tradicionais para buscar água visando atender às suas necessidades e, muitas vezes, sem garantia da qualidade;

- Referente à quantidade de água, é fator decisivo as famílias tomarem conhecimento de que o volume de 52 mil litros de água é limitante para aplicar a grandes áreas, seja no pomar ou canteiros de hortaliças;

- É importante inserir, nas políticas públicas atuantes no Semiárido brasileiro, o componente de “capacitação contínua”, de modo que as famílias se sintam “poderosas” ante o conhecimento fornecido para manejar os componentes da cisterna, isto de forma adequada.

2.2. Barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma tecnologia que tem proporcionado, à família agricultora, o aproveitamento das águas da chuva para produção de alimentos contribuindo com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem e, conseqüentemente, com a diminuição da pobreza. Consiste em uma parede construída dentro da terra cuja função é barrar as águas das chuvas que escorrem no interior e acima do solo formando uma vazante artificial na qual o terreno permanece molhado até quase o fim do período de estiagem, geralmente de três a oito meses após as chuvas (Ferreira, 2012; Silva et al., 2007a). Esse tempo de permanência da umidade na área de acumulação da barragem subterrânea depende da quantidade de chuva ocorrida e, sobremaneira, do manejo adotado em sua área de plantio (Silva et al., 2010a).

A barragem subterrânea pode ser instalada em leito de rios e riachos de vazão média ou em locais onde escorre o maior volume de água no momento da chuva (linhas de drenagem/caminho da água). Sua construção é feita escavando-se uma vala com retroescavadeira ou manualmente, no sentido transversal ao escoamento das águas, até a profundidade onde se encontra a camada mais endurecida do solo, conhecida por camada impermeável ou rocha. Dentro da vala se estende uma lona plástica de polietileno com espessura de 200 micra por toda a sua extensão. Após o plástico estendido (Figura 6a) a vala é fechada com pá mecânica ou manual com a terra que foi retirada na abertura. O plástico dentro da vala se constitui na parede na qual, por outro lado, é construído um sangradouro (Figuras 6b e 6c) com a função de escoar o excedente da água em anos de chuvas torrenciais (Costa et al., 2000; Oliveira et al., 2010; Brito et al., 2010, Melo et al., 2011; Lima, 2013).



Figura 6. Vala impermeabilizada com lona plástica (A); barragem construída em linhas de drenagem com sangradouro (B); barragem subterrânea em funcionamento com seus principais elementos (C).

Fotos: Roseli Freire de Melo e Maria Sonia Lopes da Silva, respectivamente.

2.2.1 Parâmetros construtivos

No modelo Embrapa Semiárido os principais parâmetros recomendados para seleção do local e construção de barragens subterrâneas, são:

- Local apropriado: podem ser construídas em leito de rio ou riacho e em linhas de água (linhas de drenagem);
- Profundidade do solo: em torno de 1,5 m a no máximo 4 m;
- Textura do solo: preferencialmente variando de média a arenosa;
- Relevo do local (declividade/topografia): de no máximo 2% visando a uma área maior de molhamento;
- Vazão do rio ou riacho: não recomendado quando forte a muito forte para não romper/danificar a estrutura da barragem subterrânea (parede, sangradouro);
- Qualidade da água: de preferência sem problema com sais;
- Abertura de trincheiras: recomenda-se abrir trincheiras ao longo da linha onde será aberta a vala da parede, visando identificar os locais das ombreiras (extremidades da parede) e do sangradouro e conhecer as profundidades máxima e mínima do solo da área onde será instalada a barragem subterrânea.

As experiências com barragens subterrâneas vêm comprovando que se trata de uma tecnologia que contribui para a produção de alimentos, segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras, bem como para a geração de renda a partir da inserção dos excedentes da produção em mercados locais, regionais e institucionais. Produtos como mandioca, feijão e milho oriundos da agricultura de base ecológica, com maior valor agregado, podem ser inseridos nos diversos circuitos de comercialização (mercado justo, feiras agroecológicas etc). Contribuem, também, para a diminuição da demanda por produtos externos à propriedade, a exemplo de alguns alimentos e fitoterápicos para consumo familiar e de pequenos animais. As barragens subterrâneas têm proporcionado, às famílias, melhoria do poder aquisitivo e maior acesso a bens de consumo. É uma tecnologia viável mas é importante que as instituições e os programas de políticas públicas atentem para alguns aspectos:

- Estabelecer critérios para escolha das famílias que irão adquirir uma unidade de barragem subterrânea;
- É fundamental que as famílias se apropriem da tecnologia e entendam sua importância para a complementação de sua renda;
- Antes da implantação da barragem subterrânea, são recomendadas a sensibilização e a capacitação da família no que diz respeito à seleção do local, construção, manutenção da estrutura hidráulica, manejo do solo e da água, quanto à possibilidade de cultivos a serem explorados dentro da bacia de acumulação;
- É aconselhável, quando possível, realizar análise do solo e da água antes da definição do local de sua instalação e a cada dois anos para acompanhar a fertilidade do solo e os níveis de sais, tanto no solo como na água evitando, assim, a perda da capacidade produtiva da barragem subterrânea.

2.2.2 Potencialidades e limitações de solos para barragens subterrâneas

- Solos de textura arenosa

Solos de textura arenosa, como os Neossolos Quartzarênicos típicos (Figura 7a), geralmente não são aptos para barragem subterrânea, em virtude de serem muito profundos (mais de 5 m) e possuir baixa capacidade de retenção de água. Porém, quando esses solos apresentam uma camada impermeável até 3 m de profundidade, e certo teor de argila como os Neossolos Quartzarênicos latossólicos (Figura 7b), podem ser utilizados com bons resultados; eles apresentam melhores retenções de água nos horizontes mais profundos devido aos maiores teores de partículas finas (argila).

Os Neossolos Flúvicos (aluviões) são os mais recomendados para construção de barragens subterrâneas em leito de riacho (Figura 7c); no entanto, especial atenção tem que ser dada para a profundidade. A barragem subterrânea Modelo Embrapa só admite sua construção em solos com profundidade de até 4 m, por permitir maiores resistência e segurança ao plástico quanto à vazão da água, bem como maior folga na dobra do plástico quando da fixação na camada impermeável e na superfície.

Em se tratando dos Neossolos Flúvicos, é fundamental se ter ideia da vazão do riacho antes de se decidir qual tipo de material vai ser utilizado na construção da parede para que não se coloque em risco a estrutura da barragem quando de um ano com chuvas muito além da média da região. Enfatiza-se que referidas limitações, no que diz respeito à profundidade e, conseqüentemente, ao material utilizado na parede, são para barragens subterrâneas (septo impermeável de plástico que vai até 50 cm acima da superfície e 4 m de profundidade) e não para barragem submersa (parede totalmente dentro do solo).



Figura 7. Perfis característicos de Neossolo Quartzarênico típico (A); Neossolo Quartzarênico latossólico (B); e Neossolo Flúvico (C).
Fotos: Arquivo Embrapa Solos Recife

Em leitos de rios ou riachos, onde os solos apresentem profundidades maiores e, normalmente, com grande vazão, em especial no período das chuvas, é aconselhável a construção de barragem subterrânea com septo impermeável/parede em alvenaria ou de pedra e cimento, para maior garantia do não rompimento da parede; outro aspecto a se considerar em riachos com fortes vazões é o intervalo de tempo entre grandes eventos de chuva. Mesmo quando o histórico aponte ocorrência de chuvas fortes em grandes intervalos de tempo (a cada 10 - 20 anos), não recomendada a construção de barragem subterrânea de plástico pois a forte vazão em ocasiões de grandes chuvas danifica ou mesmo rompe o septo impermeável (parede), comprometendo todo o investimento.

- Solos de textura média/argilosa

Os solos com textura média/argilosa podem apresentar propriedades favoráveis proporcionando maior retenção de água e nutrientes e melhores condições de manejo, principalmente no período de chuvas. Os Argilosos Amarelos (Figura 8A) e Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 8B), com textura média/argilosa, são solos que ocorrem com grande frequência no Semiárido brasileiro e neles podem ser locadas barragens subterrâneas com maior garantia de sucesso, devido às suas características de média fertilidade e condições físicas favoráveis, mesmo quando apresentam camada de impedimento superior a 1,0 m de profundidade. O impedimento físico proporciona um comportamento peculiar nesses solos que pode ser favorável em termos de suprimento de água às plantas, sobretudo na região Semiárida. A baixa disponibilidade de água nas camadas aráveis é compensada pelos horizontes subsuperficiais apresentando um aumento da capacidade de armazenamento. Esta característica, aliada a uma permeabilidade menor e a uma capacidade moderada de infiltração, permite uma condição de armazenamento de água maior e mais demorada nessa zona de impedimento e acima dela o que constitui, para a barragem subterrânea, característica favorável. Os Planossolos (Figura 8C) que apresentam uma camada superficial arenosa de 1 - 2 m de profundidade imediatamente acima de outra argilosa, estão sendo muito utilizados para a construção de barragens subterrâneas mas especial atenção deve ser dada ao seu manejo pois se trata de um solo que apresenta alto risco de salinização devido à presença de sais. É fundamental que se tenha conhecimento das potencialidades e limitações do solo da área de plantio da barragem subterrânea, haja vista que a partir desse conhecimento se escolherão o manejo e os cultivos adequados.

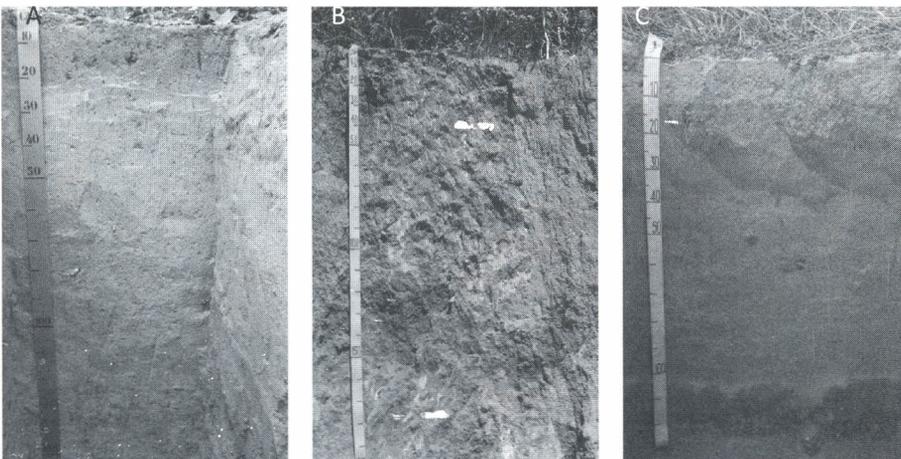


Figura 8. Perfis de Argissolo Amarelo (A); Argissolo Vermelho Amarelo (B); e Planossolo com camada superficial arenosa de 1 - 2 m de profundidade (C)

Fotos: Arquivo Embrapa Solos UEP Recife

- Solos de textura argilosa e muito argilosa

Os solos argilosos e muito argilosos, como os Vertissolos (Figura 9A), os Luvisolos Crômicos vertissólicos (Figura 9B) e outros com características vérticas, apesar da alta e da média fertilidade natural, não são viáveis para a construção de barragem subterrânea em consequência de suas características de expansão e contração conforme o teor de umidade. Essa característica pode comprometer a estrutura da parede proporcionando vazamento, e dificultar o manejo da área de plantio dentro da bacia hidráulica, durante o período chuvoso. Além dessas características eles apresentam limitações, como baixa permeabilidade, baixa condutividade hidráulica, alta capacidade de retenção de água e baixa velocidade de infiltração, condições que propiciam acúmulo de sais na superfície, o que é indesejável para barragem subterrânea.

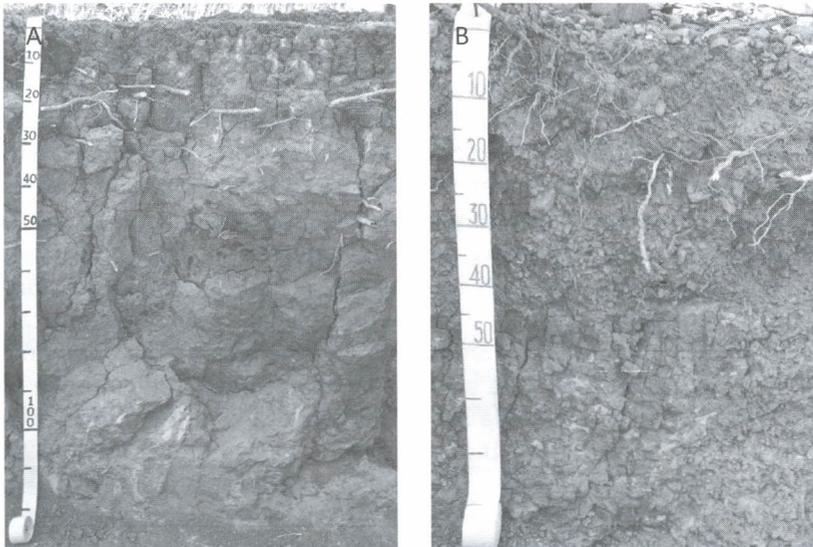


Figura 9. Perfis de Vertissolo (A) e Luvisolo Crômico vertissólico (B).

Fotos: Maria do Carmo Catanho Pereira de Lins (A); Flávio Hugo. B. B. da Silva (B).

- Solos rasos e poucos profundos

Os solos rasos, como os Neossolos Litólicos (Figura 10), são solos pouco profundos (< 100 cm) razão pela qual não são sugeridos para locação de barragens subterrâneas em virtude de proporcionarem pouca acumulação de água; por definição, referidos solos não são recomendados para uso agrícola convencional podendo ser utilizados com pastagens ou para preservação ambiental.



Figura 10. Perfil de um Neossolo Litólico.
Fotos: Arquivo Embrapa Solos UEP Recife

As potencialidades e limitações das classes de solo aqui descritas devem ser tomadas como regra geral. O conhecimento e a experiência do agricultor e do técnico responsável pela implantação da tecnologia serão decisivos, entretanto, para sua locação, construção, uso e manejo. Em certas situações, o agricultor dispõe, em certas situações, de uma área apropriada com vista à construção da barragem subterrânea mas, no que diz respeito às condições de relevo e disponibilidade de água, o solo não é o mais adequado, situação que não deve ser encarada como impedimento definitivo à sua implantação. Conhecendo o ambiente pode-se planejar o uso e o manejo adequados às suas características. É fundamental, para quem trabalha e possui barragens subterrâneas, conhecer várias experiências exitosas ou não, a origem de sucessos e os problemas que limitam seu uso nos diversos solos que compõem os ambientes do Semiárido. O que se busca com a técnica da barragem subterrânea não é o alcance do potencial genético ou econômico das culturas mas a melhoria das condições de vida no meio rural possibilitando tanto o cultivo de espécies para alimentação de pequenos animais como principalmente para consumo das famílias agricultoras e a comercialização de excedentes da produção.

2.2.3 Manejo de solo e água em barragem subterrânea

Sugere-se, no manejo da barragem subterrânea, o uso de práticas agroecológicas com o preparo do solo da área de plantio sendo feito após as primeiras chuvas, à semelhança do sistema de plantio de agricultura de vazante, o qual é feito acompanhando a linha da água (curva de nível) podendo-se utilizar, para isto, implementos à tração animal ou mecanizado porém, a área próxima ao sangradouro (onde ocorre maior acúmulo de água) não deve ser plantada logo no início das chuvas visto que, com possibilidades de ocorrência de precipitações elevadas pode causar, em contrapartida, perda de sementes e de mudas do plantio; nesta área é melhor plantar mais próximo do final do período chuvoso. A cada dez linhas de plantio é aconselhável abrir um sulco de contenção para diminuir a força das enxurradas em anos de chuvas torrenciais (Silva et al., 2007b).

Quanto às práticas culturais e de manejo do solo para barragem subterrânea, orienta-se que sejam adotados rotação de culturas; cultivos consorciados; diversificação de cultivos; adubação orgânica com a utilização de esterco, tortas vegetais, cobertura "morta", adubação verde, composto orgânico e biofertilizantes enquanto no controle fitossanitário o uso de inseticidas naturais, a exemplo dos macerados de Nim (Cavalcanti et al., 2006).

Nas barragens localizadas em leito de rio ou riacho, ou seja, onde a profundidade do solo permitir, sugere-se construir um poço, tipo amazonas, na área de plantio/captação, na parte mais profunda do terreno, a, aproximadamente, 5 m da parede, permitindo a renovação da água; consumo pelas criações; irrigação do seu entorno e, no período seco, a própria barragem subterrânea. O poço pode ser revestido com anéis de cimento, tijolos ou placas pré-moldadas (Lima et al., 2005; Cavalcanti et al., 2006). O poço permite o acompanhamento do nível da água dentro do solo e facilita sua coleta para análise de qualidade. Esta análise da água é recomendada a cada dois anos, nos períodos de estiagem e durante as chuvas, respectivamente (Silva et al., 2010b).

2.2.4 Alternativas de cultivos

Os cultivos na barragem subterrânea (Figura 11A e 11B) variam com o interesse econômico de cada família. Via de regra, nos estados da Bahia e de Pernambuco as barragens subterrâneas são cultivadas tradicionalmente, sobretudo, com feijão de corda (caupi), milho, batata-doce, mandioca, guandu e forragem; no Rio Grande do Norte, região onde chove, em média, 1000 mm anuais, há agricultores produzindo arroz; no alto sertão da Paraíba, no município de São Mamede, um agricultor produz manga para exportação (Costa et al., 2000) e nas regiões do Cariri, Brejo e Curimataú são cultivados, além do milho e feijão, hortaliças e forragem para serem comercializados em feirinhas municipais; é muito comum também, em todo o Semiárido, o cultivo de fruteiras para consumo familiar, tais como limão, goiaba, pinha, banana, coco, acerola, caju e manga, entre outras.

2.2.5 Custo

O custo de uma unidade de barragem subterrânea varia de acordo com o comprimento da parede, profundidade do solo ao longo da valeta/parede, tamanho e tipo de sangradouro, da construção ou não de poço e da utilização de bomba ou não; em média, oscila entre R\$ 3.500,00 a R\$ 8.000,00.



Figura 11. Diversificação de cultivos em áreas de plantio de barragens subterrâneas, forragem e fruteiras em Ouricuri, PE
Foto: Maria Sonia Lopes da Silva.



Hortaliças em Remígio, PB.
Foto: Gizelia Barbosa Ferreira

2.2.6 Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa em barragem subterrânea

A Embrapa vem desenvolvendo pesquisas em barragem subterrânea desde a década de 80, objetivando fomentar ações que promovam o aumento ao acesso e uso da água em agroecossistemas de base familiar, nos territórios rurais do Semiárido brasileiro.

Esses projetos têm uma abordagem participativa com enfoque holístico-sistêmico, nos quais os agricultores, os técnicos e pesquisadores formam os “múltiplos atores” que estão exercitando a construção

do conhecimento coletivo, sistematização, comunicação e a experimentação em barragens subterrâneas. Os resultados desses estudos, obtidos em parceria com outras instituições de pesquisa, ensino, desenvolvimento, organizações não governamentais e com as famílias rurais, estão colaborando com ações voltadas para o melhor convívio das famílias com o Semiárido, em especial para fundamentar a implantação de políticas públicas para o Semiárido brasileiro.

2.2.7 Programa de formação e mobilização social para a convivência com o Semiárido

A Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) é uma rede com mais de três mil organizações da sociedade civil que trabalha em prol do desenvolvimento social, ecológico, econômico, cultural e político do Semiárido brasileiro; entendendo que a água não é bem de consumo, é direito humano básico e ao mesmo tempo alimento necessário à vida e insumo para a produção de outros alimentos. A ASA desenvolveu o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido o qual abriga sete tecnologias sociais populares de captação e armazenamento de água para consumo humano e para a produção de alimentos, dentre elas, a barragem subterrânea vem-se destacando pela sua contribuição na sustentabilidade dos agroecossistemas; além disto, a ASA fortalece outras iniciativas de convivência com o Semiárido, como a troca horizontal de conhecimentos (Figura 12), a construção da agroecologia como ciência; os bancos ou casas de sementes crioulas; os fundos rotativos solidários; as cooperativas de crédito voltadas para a agricultura familiar e camponesa; a criação animal; a educação contextualizada e o combate à desertificação, entre outras.

Em 2007, a ASA iniciou o P1+2 com a implantação de unidades demonstrativas em alguns estados que compõem o Semiárido brasileiro. As unidades de barragens subterrâneas construídas por esse programa, até julho de 2013, estão distribuídas em todo o Semiárido, conforme a Figura 13.

Visando avaliar o impacto das alternativas de convivência produtiva e sustentável com o Semiárido brasileiro, a ASA consolidou parceria com o Instituto Nacional do Semiárido - INSA por meio do projeto de pesquisa Sistemas agrícolas familiares resilientes a eventos ambientais extremos no contexto do SAB: alternativas para enfrentamento dos processos de desertificação e mudanças climáticas. Com este projeto estão sendo realizados estudos socioeconômicos e ecológicos em unidades agrofamiliares em transição agroecológica, nos nove estados do Semiárido brasileiro, considerando-se mecanismos e princípios que expliquem a capacidade adaptativa das comunidades e dos sistemas às variações climáticas (INSA, 2013).



Figura 12. Troca de conhecimento entre agricultoras e agricultores, dentro do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido.

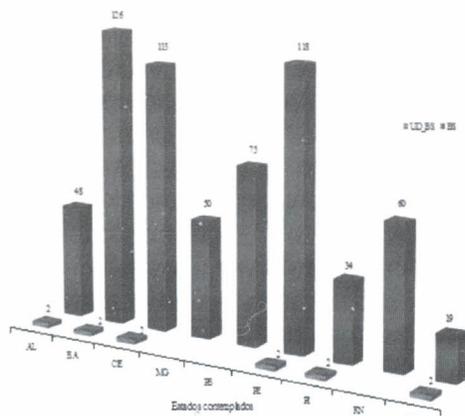


Figura 13. Distribuição de barragens subterrâneas construídas pelo P1+2 no Semiárido brasileiro, no total de 605 contando com as unidades demonstrativas. Recife, Julho 2013. Fonte: ASA (informação pessoal - Maitê Maronãs)

2.2.8 Principais desafios

Apesar de a barragem subterrânea ser, sem dúvida, uma das alternativas que, em conjunto com outras tecnologias de captação de água de chuva, vêm contribuindo para o aumento da produção de alimentos e a dessedentação de animais no Semiárido brasileiro, ainda há desafios a serem superados, dentre os quais são citados:

- Capacitar e sensibilizar técnicos e agricultores no que diz respeito aos diferentes tipos e modelos de barragens subterrâneas, consequentemente, o ambiente mais adequado a cada um deles;
- Irradiar adequadamente a tecnologia, respeitando seus limites;
- Caracterizar as estratégias de uso e manejo da água armazenada e identificar as possibilidades de

inovação para sua otimização, valorizando o sistema de produção da família;

- Aprofundar estudos de impacto sobre os agroecossistemas, as famílias e as comunidades nas dimensões econômica, social e ambiental;
- Aprofundar estudos: (i) nas microbacias, de forma sistêmica, onde estão e/ou serão construídas as unidades de barragens subterrâneas; (ii) monitoramento do nível do lençol freático tanto a montante como a jusante da barragem; (iii) avaliação da capacidade de recarga da bacia hidráulica; (iv) avaliação da capacidade dos agroecossistemas resistirem e/ou se recuperarem de eventos climáticos severos como a seca ou a inundação;
- Defendê-los para que se tornem uma das alternativas tecnológicas de política do Governo Federal de Convivência com o Semiárido, de forma permanente.

2.3 Captação in situ

A exploração de cultivos em regime de sequeiro no Semiárido brasileiro encontra inúmeros problemas relacionados com o manejo de água de chuva e de conservação de solo; além disto, existem algumas limitações relacionadas aos fatores climáticos, como a ocorrência de baixas precipitações pluviométricas, a irregularidade no tempo e no espaço, concentrando-se em períodos de 3 a 4 meses, alta intensidade e a baixa capacidade financeira dos pequenos agricultores.

Nessas condições climáticas há grandes variações de produtividades de uma safra para outra. Pesquisas têm demonstrado que apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações transformando a agricultura em uma atividade de risco (Porto et al., 1983).

Visando reduzir esses riscos e tornar a atividade menos vulnerável aos fatores climáticos, diversas práticas de preparo de solo foram desenvolvidas/adaptadas pela Embrapa Semiárido com o objetivo de armazenar água no perfil do solo e aumentar sua disponibilidade para as culturas, além de reduzir as perdas de solo por erosão. Dentre essas técnicas se destacam os diferentes métodos de captação de água de chuva in situ, que utilizam a tração motora ou animal (Anjos, 1985).

2.3.1 Princípios de funcionamento da captação in situ

A captação de água de chuva in situ normalmente se utiliza de técnicas de preparo de solo e consiste na modificação do perfil do terreno com a finalidade de induzir o escoamento superficial para a área de plantio aumentando, desta forma, o tempo disponível à infiltração da água no solo (Figura 14) (Anjos et al., 2007).

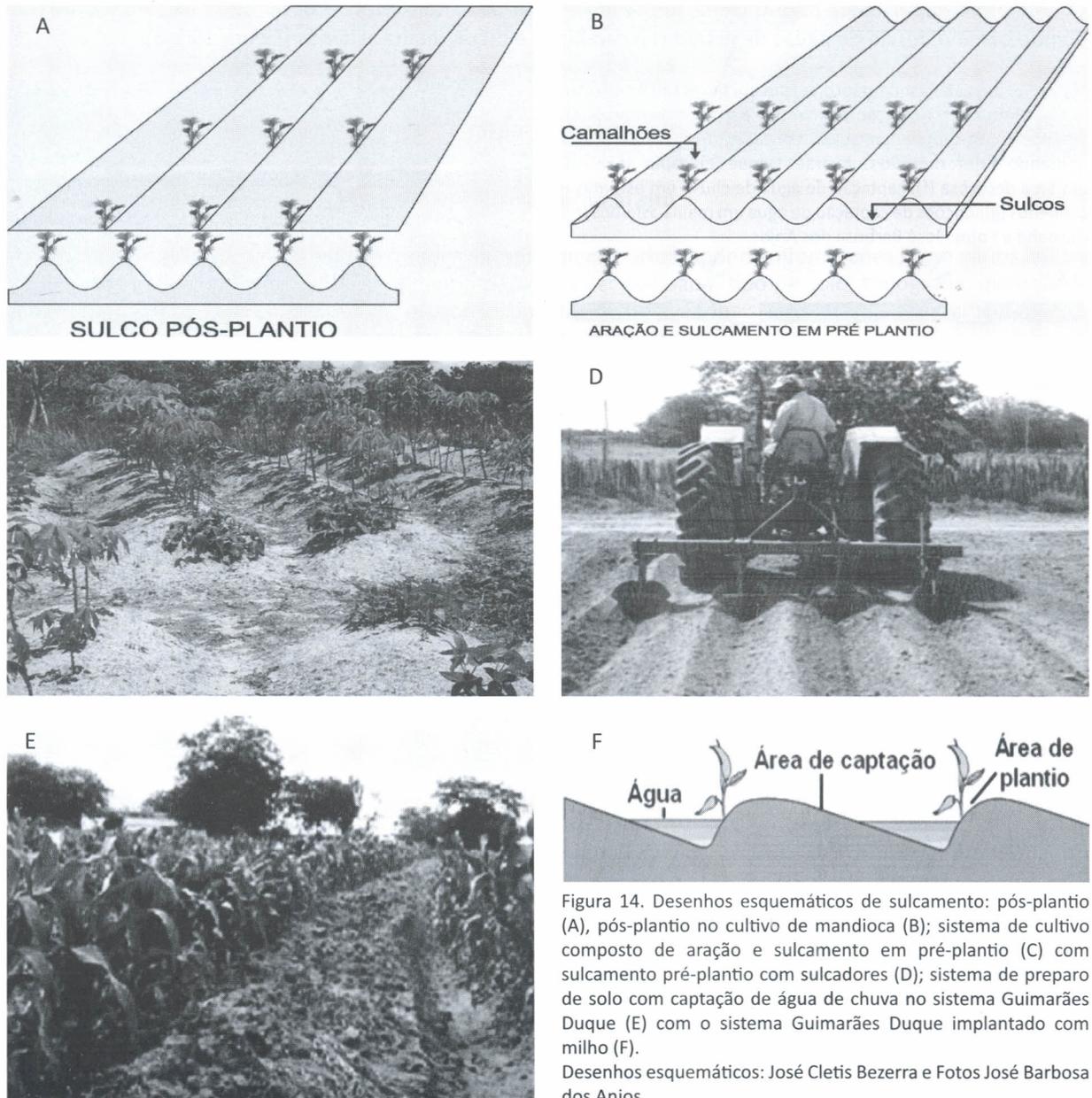


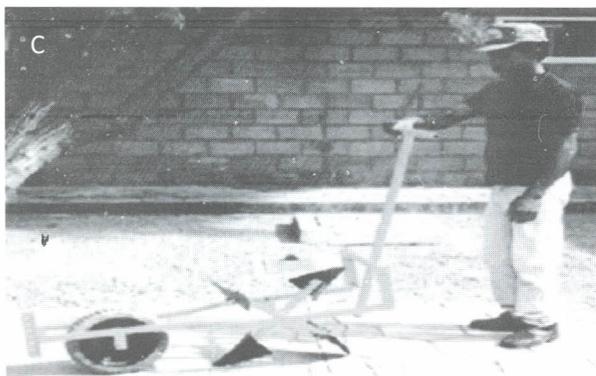
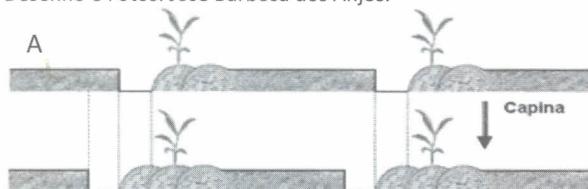
Figura 14. Desenhos esquemáticos de sulcamento: pós-plantio (A), pós-plantio no cultivo de mandioca (B); sistema de cultivo composto de aração e sulcamento em pré-plantio (C) com sulcamento pré-plantio com sulcadores (D); sistema de preparo de solo com captação de água de chuva no sistema Guimarães Duque com o sistema Guimarães Duque implantado com milho (E).

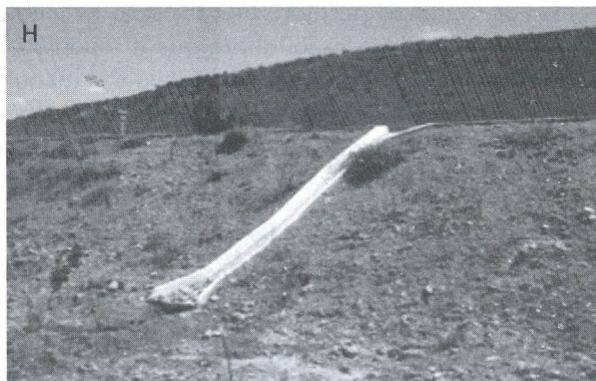
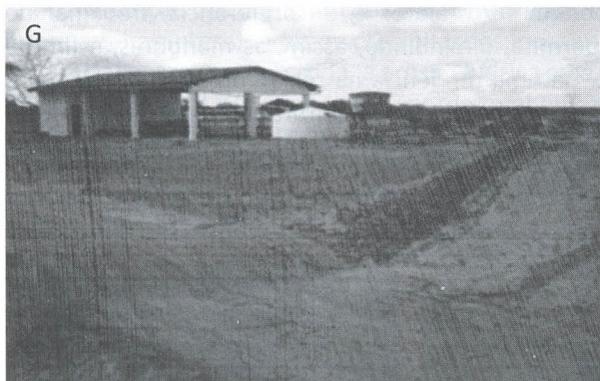
Desenhos esquemáticos: José Cletis Bezerra e Fotos José Barbosa dos Anjos

Na maioria das vezes a captação de água de chuva está associada ao preparo de solo destinado à implantação de cultivos em condições de sequeiro, principalmente milho, feijão, mandioca e forrageiras. Qualquer alteração no perfil do solo em decorrência da mobilização da camada arável, independentemente dos implementos utilizados, se constitui em uma técnica de captação de água de chuva in situ.

Há várias maneiras de modificar a superfície do terreno por ocasião do preparo do solo utilizando-se de adaptações ou construindo novos equipamentos (Figura 15A-F). A captação de água de chuva é de fundamental importância para o clima semiárido e uma das alternativas é obter água de fora da área de plantio como o desvio de águas de estradas e caminhos e ou de malha asfáltica (Figura 15G-H).

Figura 15. Desenho esquemático aração em faixas (a); Aração em faixas, efetuada com tração animal (b); Barrador de sulcos (c); Água de chuva captada em sulcos barrados (d); captação in situ utilizando trator: método Guimarães Duque (e); captação in situ em área declivosa (f); captação de água de chuva em estradas e caminhos (g); opções de captação de água em malha asfáltica (h). Desenho e Fotos: José Barbosa dos Anjos.





2.3.2 Fatores decisivos para a implantação da captação in situ

Na implantação de um sistema de captação in situ é necessário dispor de informações sobre vários fatores relacionados à propriedade, como o tamanho da área a ser cultivada, tipo de solo, topografia, quantidade e distribuição das chuvas, épocas de plantio e tipo de culturas (anuais e perenes), disponibilidades de equipamentos, mão de obra e custos de implantação (Anjos et al., 2007).

Escolha da área - A escolha da área vai depender do seu tamanho, topografia, tipo de solo e da bacia hidrográfica, entre outros.

A escolha da fonte de potência vai depender de sua disponibilidade e dos respectivos custos. Quando se pretende utilizar a tração animal como fonte de potência, ela deve estar disponível na propriedade e/ou na vizinhança, caso em que se sugere que as áreas cultivadas sejam menores, comprimento de 100 a 120 metros, pois durante as manobras os animais são aliviados dos esforços contínuos aos quais são submetidos principalmente nas operações de preparo do solo, como aração e sulcamento.

Vários autores têm estudado o tamanho ideal de áreas destinadas ao cultivo no Semiárido brasileiro. Observa-se que, na prática, o agricultor sempre planta áreas superiores à sua capacidade de conduzir a cultura em condições ideais. Inicialmente, começa com o preparo mínimo do solo mobilizando o solo da linha de plantio; outros efetuam a semeadura utilizando a enxada manual onde apenas se faz a mobilização do solo na área que abrange as covas e muitos cultivos são prejudicados por falta de tratamentos culturais (capinas) na época oportuna (Figura 16), sobretudo, quando não se dispõe de recursos para o aluguel de mão de obra e animais de trabalho (Porto, 2005).



Figura 16. Mobilizações do solo destinado à linha de semeadura (A); da área das covas para semeadura (B); capina parcial nas linhas de milho e o sorgo na área central ainda sem capina (C)

Fotos: José Barbosa dos Anjos

Em se tratando de moto-mecanização as glebas podem ser maiores e, de preferência, trabalhar no sentido da maior extensão, desde que a topografia o permita, diminuindo, assim, as manobras, a fim de aproveitar o máximo de trabalho efetivo das máquinas. Há uma tendência na região de efetuar o preparo de solo e a sementeira mecanizada além das demais etapas de condução da cultura utilizando ferramentas manuais (enxada) e implementos a tração animal (cultivadores e sulcadores) para efetuar os tratos culturais e fitossanitários (pulverizadores costais e de tração animal) (Figura 17).



Figura 17. Aração com tração animal (A); aração com trator (B); capina com tração animal (C).
Fotos: José Barbosa dos Anjos

Tipo de solo - Predominantemente, os solos do Semiárido brasileiro são originados no embasamento cristalino, normalmente planos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria orgânica, o que reforça a necessidade do uso de fertilizantes orgânicos (esterco e compostos) produzidos na propriedade como medida para reduzir os custos de produção e tornar a propriedade agrícola autossustentável.

Topografia - As técnicas de captação de água de chuva in situ se adaptam bem aos solos com relevo ligeiramente plano. Devido à alta intensidade das chuvas, declividades superiores a 5% não são recomendadas para implantação de técnicas simples de preparo de solo, pois implica em mais investimentos em mão de obra, máquinas e implementos para implantação de infraestrutura conservacionista, como a construção de terraços de contenção, cordões em contorno com pedras ou com vegetação, capazes de mitigar os efeitos danosos da erosão (Figura 18).



Figura 18. Conservação de solo e captação de água de chuva in situ utilizando terraços construídos com pedras, em Triunfo, PE
Foto: José Barbosa dos Anjos

Distribuição das precipitações pluviométricas - Dois são os aspectos a serem considerados, em que um se refere às altas intensidades de precipitações; por um lado, podem ocasionar perdas de água por escoamento superficial e, em contrapartida, a erosão hídrica mas, por outro lado, a irregularidade das chuvas causa déficit hídrico às culturas podendo levar à perda total ou parcial da produtividade nos estabelecimentos agrícolas.

Um dos fatores que mais contribuem para a ocorrência da erosão hídrica é a intensidade da precipitação pluviométrica (IP). Quando esta intensidade é maior que a capacidade de infiltração de água no solo (CIS) isto deve ser amenizado com alguma técnica de captação de água; já a capacidade de infiltração de água no solo está relacionada com as características do solo, vegetação, topografia e com umidade antecedente, dentre outros. Segundo Lopes & Brito (1993), o período crítico em relação à erosividade dos solos causada pela água de chuvas é de fevereiro a abril, quando ocorrem, em média, 64,76% do total anual do índice de erosividade (EI30).

Culturas e época de plantio - A época de plantio é de extrema importância para o sucesso da agricultura dependente de chuva. Conforme Porto et al. (1983), o período ideal para o plantio da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no município de Petrolina-PE, se situa entre 2 e 6 de março, quando sai de um patamar de 30 para 70% de chances de colheita e para o milho (*Zea mays* L.) é de 17 de janeiro a 9 de fevereiro coincidindo com a época de maior concentração e distribuição das chuvas. A cultura do milho, sem considerar outros fatores de produção, necessita de uma lâmina de água variando de 500 a 800 mm bem distribuídos, principalmente, nas fases de floração e de formação de grãos o que exige maior necessidade de água. Em toda a extensão do semiárido brasileiro as precipitações pluviométricas não ocorrem na mesma

época do ano e a distribuição variada dá origem às unidades geombientais. Trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (1982) defendem que, para a cultura do feijão caupi, a melhor época de plantio no município de Petrolina, PE, é no mês de março; já para o milho este período corresponde aos meses de janeiro e fevereiro coincidindo com o período de maior concentração na distribuição das chuvas.

Outros recursos podem ser incrementados para reforçar a implantação dos cultivos em regime de sequeiro, como o uso de hidrogeis e de sementes peletizadas que contêm substâncias que absorvem água, como a vermiculita expandida (um tipo de argila mineral), polímeros orgânicos à base de amido ou polímeros sintéticos (desde que não tenham sódio em sua composição).

As operações de preparo de solo para o plantio na agricultura dependente de chuva devem ser efetuadas após as primeiras chuvas. No Semiárido brasileiro a recomendação para o plantio é após a ocorrência de pelo menos 30 mm de precipitação pluviométrica (Drumond et al., 2008). As culturas mais exploradas são: milho, sorgo granífero e forrageiro, feijão *Vigna* e *Phaseolus*, mamona, algodão e mandioca, entre outras.

O agricultor deve adaptar suas atividades para aproveitar ao máximo a água captada no solo, inclusive as áreas que ficam inundadas por pequenos períodos de tempo com culturas mais resistentes e, quando possível, explorar as culturas em sistema de consórcio (Figura 19).



Figura 19. Consórcio de batata doce com feijão guandu (A); consórcio de batata doce com sorgo granífero (B)
Fotos: José Barbosa dos Anjos

Equipamentos e mão de obra - De maneira geral, é pouca a disponibilidade de equipamentos no mercado nacional destinados à agricultura familiar, em que predomina a exploração de pequenas áreas. Com base nesta dificuldade é comum o uso de cultivadores e arados de aiveca a tração animal no preparo de solo; entretanto, quando há disponibilidade deve-se usar a motomecanização para as operações de aração e gradagem e às vezes sementeira, ficando os tratamentos culturais efetuados com cultivadores e sulcadores a tração animal e repasse com enxada manual e tratamentos fitossanitários (pulverizadores costais e de tração animal).

Alguns estados do Nordeste brasileiro fomentam o programa “terra pronta” no qual o Estado fornece gratuitamente horas máquinas (trator e grade aradora) e as empresas de assistência técnica divulgam o trabalho como aração mas, na prática, o preparo de solo é efetuado com grades, o que consiste em risco para a conservação dos solos pois o uso contínuo deste equipamento promove a compactação logo abaixo da camada mobilizada e em anos mais chuvosos provoca erosão dos solos (Figura 20). É notória a tendência de se utilizar máquinas motorizadas nas operações de colheita (debulha) de milho e feijão, recolhedores de forragens para ensilagem ou fenação, produção de raspa de mandioca, descarçador de algodão, visando à agregação de valor e redução do custo de produção.

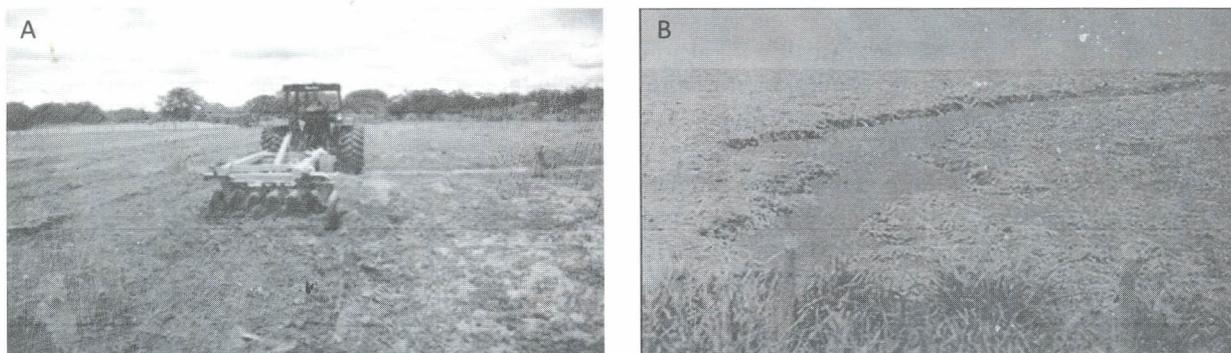


Figura 20. Preparo de solo com grade aradora (A); Área preparada com grade aradora após ocorrência de chuvas de alta intensidade (B)
Fotos: José Barbosa dos Anjos

Preparo do solo - A aração (mobilização/revolvimento) visa melhorar as condições físicas e a incorporação de restos de culturas e plantas espontâneas destinados ao fornecimento de matéria orgânica. Embora seja possível preparar o solo no período seco, a recomendação para o Semiárido brasileiro é de que esta operação seja realizada com solo úmido visando incorporar sementes de plantas espontâneas a maiores profundidades, eliminando-as ou retardando sua emergência a fim de não competir por água e nutrientes com o cultivo implantado.

Há inúmeros métodos de preparo do solo com o objetivo de captar água de chuva *in situ*, tais como: Guimarães Duque - efetuado com tração motora; a aração parcial ou em faixas - efetuado com tração animal sendo os sistemas com sulcos e camalhões; sistema tipo mexicano, sistema W e sulcos barrados que, apesar de serem efetuados com tração animal, requerem equipamentos do tipo chassi porta-implementos nem sempre disponíveis no mercado nacional (Anjos, 1988).

O preparo do solo (aração) visando à captação de água de chuva *in situ* pode ser efetuado de forma simultânea à prática de semeio. No sertão pernambucano os municípios de Dormentes, Afrânio e Santa Filomena, esta técnica consiste em adaptar uma semeadora (fabricação local) sobre o arado de discos de maneira que a extremidade dos parafusos que fixam o disco na coluna posterior do arado acione o mecanismo de distribuição de sementes da cultura a ser implantada (milho ou feijão) (Figura 21).

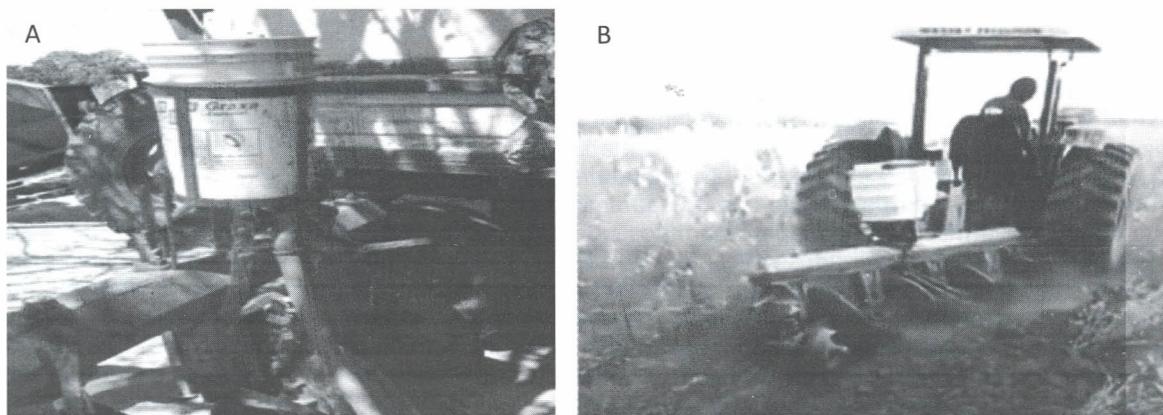


Figura 21. Conjunto arado e semeadora, adaptados para efetuar a aração simultânea à semeadura (A)

Foto A: Sérgio Guilherme de Azevedo e conjunto semeador e adubador adaptados sobre arado para efetuar a aração simultânea à semeadura (B)

Foto B: Edmilson Gomes

A técnica de semeadura simultânea ao preparo de solo (aração) despertou o interesse do técnico agrícola Edmilson Gomes e foi levada para o município Ibititá-BA, onde passou por aperfeiçoamentos (adubadora e semeadora) ambas acionadas por motor elétrico de 12 volts, que recebe energia elétrica da bateria do trator (Figura 21b). Quando se dispõe de tratores com potência acima de 140 CV (103,04 KW) o ideal é adaptar o conjunto de adubadoras e semeadoras com mais linhas de semeadura sobre um arado gradeador, aumentando a largura de trabalho com eficiência operacional maior reduzindo os custos de preparo de solo e semeadura.

A captação de água de chuva in situ normalmente permite uma gestão melhor de solo e da água e melhora as condições físicas e químicas do solo. Não é uma técnica desenvolvida somente para a região tropical; agricultores de regiões temperadas já fazem a captação de água de chuva usando uma lona plástica introduzida na camada arável do solo com o auxílio de subsolador introdutor de manta plástica, para cultivos de milho em sequeiro no estado de São Paulo.

Exploração agrícola - O produtor rural deve explorar a propriedade de maneira a conciliar a exploração de lavoura, floresta (vegetação nativa) e pecuária mantendo, sempre que possível, um arranjo de lavouras implantadas em curvas de nível, pastagens, forragens para corte, vegetação nativa, linhas de drenagem e aguadas em equilíbrio com a configuração do terreno, com o clima e o tipo de solo, visando à exploração técnica e econômica da propriedade associada à conservação ambiental.

2.4 Irrigação de salvação

Após as primeiras chuvas é comum, no Semiárido brasileiro, ocorrerem períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas comprometendo seriamente a germinação e o desenvolvimento das culturas, situações em que o ideal seria que os agricultores dispusessem de uma fonte hídrica para aplicar água às culturas nesses intervalos, evitando que as mesmas sofram estresse hídrico, o que inibiria, sem dúvida, seu desenvolvimento; esta prática é denominada irrigação de salvação.

Há, nesta região, grande quantidade de reservatórios e poços cujas águas podem ser utilizadas na irrigação de salvação; alguns desses reservatórios, por não terem sido construídos para este objetivo específico, necessitam de bombeamento da água até as áreas de plantio.

2.4.1 Modelo de reservatório adaptado

O modelo de reservatório proposto pela Embrapa Semiárido possibilita a captação e o armazenamento das águas que escoam no solo, para uso das águas por gravidade, durante os períodos de estiagem por meio da irrigação de salvação (Silva et al., 2007). Este é formado por área de captação (AC), tanque de armazenamento (TA) e área de plantio (AP) (Figura 22). O tanque de armazenamento dispõe de uma parede divisória com a função de reduzir as perdas de água por evaporação no início e no final do período chuvoso, de vez que a água pode estar armazenada em apenas um dos compartimentos. Este modelo reduziu as perdas de água em até 50%, em estudos realizados em experimentos conduzidos na Embrapa Semiárido (Silva et al., 1981).

Neste modelo, vários fatores devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de água do escoamento superficial, ou seja, do barreiro para uso em irrigação de salvação. Os solos mais indicados para AC são, de preferência, aqueles inadequados à exploração agrícola, como exemplo, rasos, pedregosos ou rochosos, para permitir maior escoamento superficial. Para a AP os solos devem ser férteis, com profundidade superior a 0,50 m, com características físico-hídricas ideais às culturas e não apresentar riscos de salinização.



Figura 22. Barreiro para uso em irrigação de salvação de culturais anuais
Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

O tanque de armazenamento requer solos com baixa capacidade de infiltração visando à redução de perdas por percolação e proporcionar maior estabilidade ao talude (parede) do reservatório. Aspectos climáticos devem ser considerados, principalmente no que se refere às precipitações pluviométricas para permitir dimensionar melhor a área de captação. Como a irrigação se dá por gravidade, para o sistema funcionar adequadamente é conveniente uma área global com declividade variando de 0,5 a 15% porém a área de plantio deve ter declividade de até 5%.

No dimensionamento dos componentes do barreiro para uso na irrigação e salvação em regiões de baixas precipitações (400 mm anuais) deve-se considerar que (Silva & Porto, 1982):

- 100 mm de água armazenada por hectare, à disposição do produtor, são necessários para reduzir sensivelmente os efeitos das secas prolongadas que ocorrem durante o período chuvoso, denominados veranicos;

- 1,5 ha de área cultivada com culturas alimentares é suficiente para o produtor garantir a alimentação básica da família e algum excedente que possa ser comercializado;

- perdas totais de água por infiltração e evaporação correspondem a aproximadamente 50% do volume útil. Por outro lado, para irrigar uma área de 1,5 ha com culturas de milho e feijão, são imprescindíveis em torno de 3000 m³ e uma área de captação de água de 3,8 ha, com eficiência de escoamento (C) de 0,20.

2.4.2 Manejo da água de irrigação de salvação

A água pode ser fornecida às plantas por meio das chuvas, da irrigação ou por ambas, desde que sejam compatibilizadas suas necessidades mínimas com os requerimentos necessários ao seu desenvolvimento e à

obtenção de máximas produtividades para as condições em que estão sendo cultivadas. De acordo com Silva et al. (2007), para aumentar a eficiência de uso da água alguns fatores são necessários:

Água - o consumo de água do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L., (Walp.)), pode variar de 300,0 a 450,0 mm no ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais. O consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento. Para as condições edafoclimáticas de Teresina-PI foram encontrados valores da ordem de 2,1 mm.dia⁻¹ para a variedade BR 10-Piauí (Embrapa Meio Norte, 2003). Considerando o total das chuvas e as irrigações de salvação ocorridas, a lâmina de água total aplicada no ciclo do feijão caupi foi de 398,1, valor este entre os limites apresentados por Lima (1989), citado por Andrade Júnior et al. (2003).

Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), Doorenbos & Kassan (1979) ressaltam que a quantidade de água necessária durante seu ciclo produtivo é, em média, de 500,0-800,0 mm. Afirmam, ainda, que o rendimento máximo de uma cultura é aquele obtido com uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento, cultivada em condições em que não haja limitação de fatores como água e nutrientes e controle de pragas e doenças, durante seu cultivo até o amadurecimento; em geral, a diminuição na produtividade ocasionada por déficit hídrico durante o período vegetativo e de maturação, é relativamente pequena enquanto durante o florescimento e os períodos de formação da produtividade será maior. Além da quantidade é conveniente considerar a qualidade da água a ser utilizada na irrigação pelo fato de algumas culturas apresentarem restrições a águas com elevados teores de sólidos dissolvidos e de outros elementos presentes em quantidades acima dos níveis tolerados.

Solo – de acordo com recomendações da Embrapa Meio Norte (2003) o feijão caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos de solo. De modo geral, ele se desenvolve em solos com teor de matéria orgânica regular, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média a alta fertilidade. Outros tipos de solo podem, entretanto, ser cultivados mediante a aplicação de fertilizantes químicos e/ou orgânicos;

Planta – o consumo de água por uma cultura se refere, normalmente, à água perdida pela planta (transpiração) e pela superfície do solo (e evaporação) mais a água retida nos tecidos vegetais, que é menor que 1% do total evaporado durante o ciclo de crescimento da planta. Assim, a transpiração mais a evaporação, que são responsáveis pelas maiores e mais importantes perdas de água do sistema solo-planta, conhecidas como evapotranspiração (Reichardt, 1985), compreende a necessidade de água a ser repostas. A carência de água de uma cultura depende da espécie, da variedade e de suas fases fenológicas (germinação, floração, formação de grãos ou frutos e maturação).

Clima – a perda de água que ocorre no processo da evapotranspiração é um parâmetro relevante no cálculo das necessidades de água da cultura e depende de vários fatores, como radiação solar, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar, entre outros.

Independente desses fatores, a irrigação só deverá ser realizada quando, dentro do período chuvoso, ocorrer um veranico capaz de comprometer o desenvolvimento das culturas. No geral, recomenda-se que a irrigação de salvação deve ser efetuada quando a planta apresenta sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento nem comprometa sua produção. O ideal é fazer o monitoramento da umidade do solo e irrigar quando esta umidade estiver, no máximo, a 30-40% da capacidade de campo. Como na prática nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar duas ou três vezes por semana, após observar a umidade do solo próximo à planta, entre 0,20 e 0,30 m de profundidade, efetuando-se a irrigação quando perceber que o solo já se encontra seco. A lâmina de água a ser aplicada deve estar em torno de 50% da lâmina necessária à planta, tendo-se sempre em mente que as chuvas podem ocorrer a qualquer momento (Silva et al., 2007).

Considerando as características climáticas da região e do ciclo de desenvolvimento do feijão caupi, para uma variedade precoce (65 dias) pode-se observar que a falta total de água correspondeu a 211,7 mm. Embora a precipitação média do período (273,1 mm) tenha sido superior à necessidade da cultura, mesmo assim ocorreu déficit de água havendo, assim, a necessidade de aplicação de uma lâmina de 9,71 mm de água, para não ocasionar maiores danos à cultura. Daí, torna-se imprescindível verificar a distribuição das chuvas em cada fase de cultivo e não somente para todo o período (Silva et al., 2007). Na Figura 23 pode-se observar um barreiro com água sendo usada na irrigação do feijão caupi e do milho.



Figura 23. Irrigação de salvação aplicada à cultura do feijão caupi
Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias de captação, armazenamento e uso de água de chuva apresentadas, podem responder às demandas de água das famílias residentes no setor rural do Semiárido brasileiro, tanto no contexto do consumo familiar, enfocando aspectos de qualidade, quantidade e regularidade no atendimento ao consumo dos animais como também para reduzir os riscos da exploração agrícola diante à instabilidade climática, característica intrínseca desse espaço. É notório que ainda se precisa avançar na temática da água da chuva principalmente se definindo metodologias simples de manejo que primem pela qualidade da água e possam ser facilmente empoderadas pelas pessoas locais para que, a cada vez, um número maior de famílias seja beneficiado. Neste aspecto, as instituições de pesquisas, ensino e extensão continuam atuando no sentido de superar esses desafios. Ressalta-se o apoio dos governos federal, estaduais e municipais que oportunizam as comunidades com infraestrutura hídrica capaz de ofertar água para o período de um ano por meio do Programa Segurança Alimentar, em que estão inseridas tecnologias que ofertam água para o consumo das famílias (P1MC) e para a produção (P1+2). A cisterna de consumo apresenta grande vantagem em comparação com outras estruturas de armazenamento de água que, por estar sendo construída ao lado de cada residência elimina, sobremaneira, o esforço para realizar a atividade de transportar a água de fontes hídricas distantes para atender às necessidades das famílias desconhecendo-se, naturalmente, a incerteza da qualidade da água transportada.

Muito ainda precisa ser feito para dotar as famílias do Semiárido de uma infraestrutura hídrica capaz de superar anos de seca, à semelhança de 2012 e 2013, e permitir a convivência harmoniosa de sua população com a adversidade climática. Para isto, o aproveitamento da água das chuvas e um conjunto de inovações técnicas, sociais e econômicas adaptadas às condições locais e que sejam capazes de valorizar os recursos naturais em suas diversas combinações, poderão contribuir para a mudança deste cenário.

No contexto socioeconômico a maioria dessas tecnologias está inserida no conceito de "tecnologias sociais" para captação e armazenamento de água da chuva para a produção agropecuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, M. C. C.; Porto, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: Simpósio Brasileiro De Captação de Água De Chuva No Semi-Árido, 3, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. CD-Rom.
- Andrade Júnior, A. S. De; Santos, A. A. Dos; Athayde Sobrinho, C.; Bastos. E. A.; Melo, F. De B.; Viana, F. M.; Freire Filho, F. R.; Carneiro, J. Da S.; Rocha, M. De M.; Cardoso, M. J.; Silva, P. H. S. Da; Ribeiro, V. Q. Cultivo de feijão-caupi. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2). <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>. 22 Abr. 2009.

- Anjos, J. B. dos. Equipements a traction animale developpes par le CPATSA pour les cultures de la region tropicale semi-aride du Brésil. *Machinisme Agricole Tropicale*, v.91, p.60-63, 1985.
- Araujo, J. de O.; Brito, L. T. de L.; Cavalcanti, N. de B. . Água de chuva pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2011, Fortaleza. Anais... 2011.
- Anjos, J. B. dos; Baron, V.; Bertaux, S. Captação de água de chuva in situ com aração parcial. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1988. 4p. Comunicado Técnico, 26.
- 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 Semi-Árido, 2007. cap.7, p.141-155.
- Bojanic A. Água e segurança alimentar. Santiago, Chile, 2012. <<https://www.fao.org.br/DMApcqcn15mladFAO.asp>> 20 Jun. 2013.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005a. Brasília: SEMA. 23p. 2005a. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. 16 Mai. 2008.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial n.1, de 09 de março de 2005b. Diário Oficial, Brasília, 11 de março de 2005..
- Brito, L. T. de L.; Araújo, J. O. De; Cavalcanti, N. de B.; Silva, M. J. da. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Aproveitamento da água de chuva em diferentes setores e escalas: desafio da gestão integrada. Campina Grande: Anais... ABCMAC: INSA: UEPB: UFCG: IRPAA; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. CD-Rom.
- Brito, L. T. de L.; Porto, E. R.; Cavalcanti, N. de B.; Gnadlinger, J. ; Xenofonte, G. H. S. Avaliação da qualidade das águas de açudes nos municípios de Petrolina e Ouricuri (PE) e Canudos e Uauá (BA): estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais.... Teresina: ABCMAC, 2005a. CD Rom.
- Brito, L. T. de L.; Porto, E. R.; Silva, D. F. da; Holanda Junior, E. V. de ; Cavalcanti, N. de B. Água de chuva para consumo animal: estudo de caso com caprinos. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais... Teresina: ABCMAC, 2005b. CD Rom.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; D'ávila, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no Semiárido brasileiro. In: Vaitsman, J.; Paes-Sousa, R. (org.). Avaliação de políticas e programas do MDS: Resultados. Brasília: MDS: SAGI, 2007. v.1, cap. 5, p. 199-234.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; Porto, E. R.; Amorim, M. C. C. ; Leite, W. de M. Cisternas Domiciliares: água para consumo humano. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (org.). Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. 1.ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. v.1, p.81-101.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; Silva, M. S. L. da; Porto, E. R.; Pereira, L. A. Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro. In: SA, I.; SILVA, P. C. G da. (ed.). Semiárido brasileiro: Pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. v.9, p.317-351.
- Cavalcanti, A.; Lins, F. E.; Farias Júnior, M.; Morais, V. de M. Barragem subterrânea: um jeito inteligente de guardar água na terra. Recife: Diaconia, 2006. 46p. Série Recursos Hídricos.
- Costa, W. D.; Lima, C. N. Barragens subterrâneas: Uma opção para o semi-árido. Recife: São Mamede, 2000. n.p.
- Doorenbos, J. E Kassam, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33
- Drumond, M. A.; Anjos, J. B. dos; Moregado, L. B.; Beltrão, N. E. de M.; Severino, L. S. Cultivo da mamoneira para o semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 12p. Circular Técnica, 85
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de produção do caupi. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2003. <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F/>> 29 Mar. 2007.
- Ferreira, G. B. Sustentabilidade dos agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido paraibano. São Carlos: UFSCar, 2012. 139p. Dissertação Mestrado Guimarães Filho, C.; Lopes, P. R. C. Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa CPATSA, 2001. 22p. Documentos, 171.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 150 p.
- INSA – Instituto Nacional do Semiárido. http://www.insa.gov.br/?page_id=85. 29 Jun. 2013.
- Leal, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: Freitas, M. A. V. de. (ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p.139-164.
- Lima, A. de O. Manejo sustentável dos recursos hídricos: Construindo barragens subterrâneas. Natal: Visão Mundial, 2005. 26p. Visão Mundial. Série Água é vida.
- Lima, A. de O. Nova abordagem metodológica para locação, modelagem 3d e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Natal: UFRN, 2013. 248p. Tese Doutorado

- Lopes, P. R. C.; Brito, L. T. de L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.17, p.129-133, 1993.
- Melo, R. F. de; Anjos, J. B. dos; Pereira, L. A.; Brito, L. T. de L.; Silva, M. S. L. da. *Barragem subterrânea*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 96
- Ministério da Saúde. Fundação Serviços de Saúde Pública. Manual de saneamento. 2.ed. Rio de Janeiro, 1981. 255p.
- Nascimento, J. W. B. do; Azevedo, M. A. de; Farias, Soahd, A. R. F. *Barragens subterrâneas*. Campina Grande: UFCG/Gráfica Agenda, 2008. 96p.
- Oliveira, J. B. de; Alves, J. J.; França, F. M. C. *Barragem subterrânea*. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 31p. Cartilhas temáticas tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido; v. 3
- OPAS/OMS – Organização Pan-Americana de Saúde. Água – La desinfección del agua. 1999. <www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm>. 17 Fev. 2006.
- Porto, E. R.; Brito, L. T. De L.; Silva, A de S. Influência do tamanho da propriedade para convivência com o Semiárido. In: *Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva*, 5, 2005, Teresina. Anais...Teresina: ABCMAC: Embrapa Semiárido, 2005. CD-Rom.
- Porto, E. R.; Dutra, M. T. D.; Amorim, M. C. C. de; Araujo, G. G. L. de. Uso de erva sal (*Atriplex nummularia*) como forrageira irrigada com água salina. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 17 p. Circular Técnica, 53.
- Porto, E. R.; Garagorry, F. L.; Silva, A. de S.; Moita, A. W. Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina: Embrapa CPATSA, 1983. 129p. Documentos, 23.
- Porto, E. R.; Silva, A. de S.; Brito, L. T. de L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: Medeiros, S. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Paz, V. P. da S. (ed.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap.3, p.59-85.
- Rebouças, A. da. Água doce no mundo e no Brasil. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (ed.). *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 2006. cap.1, p.1-34.
- Reichardt, F. *Processos de transferência nos sistema solo-planta-atmosfera*. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- Rocha, J. C. da; Andrade, L. I. de; Freire, A. G.; Arraes, M.F.; Silveira, L. M. da; Silva, M. R. da; Menezes, R. S. C.; Petersen, P. F. *Barragem água e terra na propriedade*. In: Menezes, R. S. C.; Petersen, P. F. (ed.) *Água das chuvas: Promovendo vida no semi-árido*. Recife: UFRPE, 2007. p.11-13. *Experiências em Agroecologia. Agricultura familiar no Semi-Árido*; 1.
- Silva, A. de S.; Brito, L. T. De L.; Rocha, H. M. *Captação e conservação de água de chuva no Semiárido brasileiro: cisternas rurais II - água para consumo humano*. Petrolina: Embrapa CPATSA: SUDENE, 1988. 79p. Circular Técnica, 16.
- 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 semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap.8, p.159-179.
- 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. 128p. Documentos, 14
- 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 Semi-Árido*. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1981. 43p. Circular Técnica, 3
- 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. 103p. Circular Técnica, 12
- Silva, M. S. L. da; Anjos, J. B. dos; Ferreira, G. B.; Mendonça, C. E. S.; Santos, J. C. P.; Oliveira Neto, M. B. de. *Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007a. 10 p. Circular Técnica, n 36
- 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 semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007b. v.1, p.121-137.
- Silva, M. S. L. da; Oliveira Neto, M. B. de; Ferreira, G. B.; Moreira, M. M.; Mendes, A. M. S.; Ferreira, T. J. C.; Santos, J. C. P. dos; Parahyba, R. Da B. V.; Anjos, J. B. dos; Matias, J. A. B.; Rocha, J. C.. *Atributos físicos E químicos de solos em áreas de barragens subterrâneas no Agreste e no Planalto da Borborema, Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010b. 10p. Circular Técnica, 47.
- Silva, M. S. L. da; Parahyba, R. P. da B.; Oliveira Neto, M. B. de; Leite, A. P.; Santos, J. C. P dos, Cunha, T. J. F.; Moreira, M. M.; Ferreira, G. B.; Anjos, J. B.; Melo, R. F. de. *Potencialidades de classes de solos e critérios para locação de barragens subterrâneas no Semiárido do Nordeste brasileiro*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010a. 7p. Circular Técnica, 45