

BARRAGEM SUBTERRÂNEA: ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Maria Sonia Lopes da Silva
Cláudio Evangelista Santos Mendonça
José Barbosa dos Anjos
Antônio Pedro Matias Honório
Aderaldo de Souza Silva
Luiza Teixeira de Lima Brito

6

Introdução

A água é um bem precioso e insubstituível. É um recurso natural fundamental para as diferentes atividades humanas e para a vida na terra, propiciando ao homem qualidade de vida, por meio de seu uso na produção de alimentos para abastecimento das populações, na irrigação e na produção de energia, entre outros.

Os ciclos de energia física, química e biológica que engendram ou conservam as diferentes formas de vida nos ecossistemas naturais da Terra, em geral, e nos contextos antrópicos, em particular, estão intimamente ligados ao ciclo das águas (Rebouças, 1997). Entretanto, a ocorrência de secas ou enchentes não passa de um fenômeno físico. A opção pelo desenvolvimento sustentável (Fig. 6.1) torna a seca ou enchente um fato social, para além de sua marca física (Rebouças, 2001).

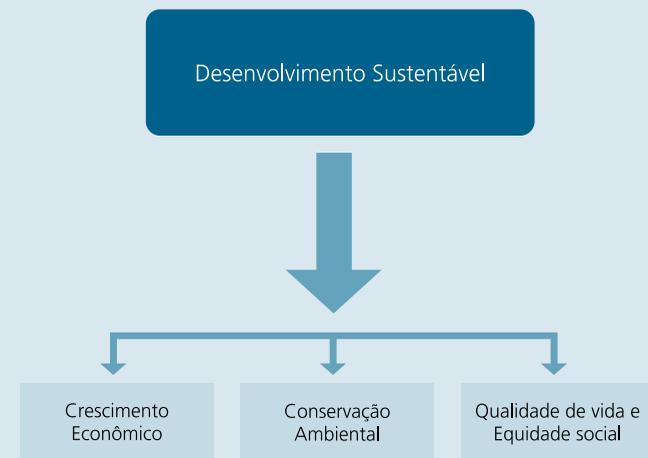


Fig. 6.1. Elementos principais do desenvolvimento sustentável.

O ciclo natural da água promove a sua recuperação. Entretanto, na prática, não é o que se observa, tendo em vista os inúmeros fatores que interferem neste ciclo hidrológico (Heath, 1983). A falta de água traz como efeito a seca, que possui diversas faces, dependendo da

ótica da observação. A mais comum é a seca climatológica, que desencadeia o processo, seguida da seca das terras e a conseqüente seca social, com seus respectivos danos (Rebouças, 2003). A falta de água doce para consumo humano, de pequenos animais e para produção de alimentos, já é um grande problema que a humanidade está enfrentando.

A zona semi-árida da região Nordeste do Brasil, em geral, apresenta escassez de água de chuva, conseqüência dos “invernos” (época de chuva) irregulares que se concentram em três a quatro meses do ano, com elevadas taxas de evaporação, tornando o convívio de agricultores e pecuaristas com o Semi-Árido uma verdadeira penúria.

Na tentativa de amenizar e/ou solucionar os problemas advindos das irregularidades das chuvas no tempo e no espaço, a Embrapa Semi-Árido vem, desde a década de 80, criando e/ou adaptando alternativas tecnológicas de convívio com o Semi-Árido. Entre essas alternativas, destaca-se a Barragem Subterrânea – BS, pelo seu moderado nível de adoção por parte dos agricultores, por sua eficácia, baixo custo, simplicidade, rapidez e praticidade de construção. Nessa mesma década, um outro grupo de pesquisadores, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, também, iniciou estudos com BS, testando diferentes modelos.

Descrição da Tecnologia

Tipos de barragens que acumulam água dentro do solo

A literatura especializada (Santos e Fragipani, 1978; Monteiro, 1984; Silva e Rego Neto, 1992) aponta dois tipos de estrutura hidráulica que possuem a função de barrar fluxo de água, principalmente subterrâneo:

Barragem Submersa - definida como aquela que possui sua parede totalmente dentro do solo, barrando apenas o fluxo de água subterrâneo, uma vez que fica em contato com a rocha, mas não atinge a superfície do solo (Fig. 6.2).

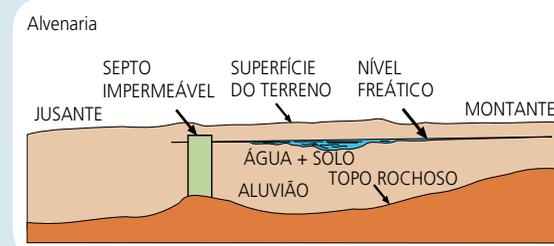


Fig. 6.2. Barragem Submersa (Brito et al., 1999, adaptado de Monteiro, 1984)

Barragem Subterrânea ou Submersível - é definida como aquela formada por uma parede ou septo impermeável, que parte da camada impermeável ou rocha até uma altura de 0,7 m acima da superfície do terreno, aproximadamente (Fig. 6.3), objetivando barrar o fluxo de água superficial e subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado, concomitantemente, com a construção da barreira impermeável.

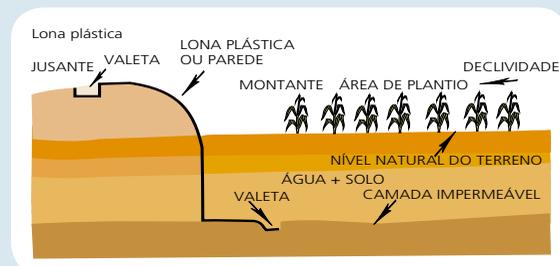


Fig. 6.3. Barragem subterrânea ou submersível (Brito et al., 1999)

A seguir, é apresentada uma descrição da barragem subterrânea, que como já mencionado anteriormente, tem sido estudada desde a década de 80 por dois grupos de pesquisadores: o grupo da Embrapa Semi-Árido (Brito et al., 1989; Silva et al., 2001; Silva et al., 2006) e o grupo da UFPE (Costa et al., 2000).

Princípios de funcionamento da barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma técnica de armazenar água da chuva no perfil do solo (subsolo) visando à exploração de uma agricultura de vazante e/ou subirrigação. Possui como função barrar o fluxo de água superficial e subterrâ-

neo por meio de uma parede, também conhecida como septo impermeável, construída transversalmente à direção do fluxo das águas (Fig. 6.4).

A água proveniente da chuva infiltra-se lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, cuja água será utilizada posteriormente pelas plantas. Esse barramento faz com que a água fique armazenada no perfil do solo com perdas mínimas de umidade, pelo fato da evaporação ser muito lenta, diferentemente da evaporação que ocorre em barragens convencionais. Desta forma, o solo se mantém úmido por um maior período de tempo, atingindo, algumas vezes, o período mais próximo à seca, que em algumas regiões do Semi-Árido pode ser entre setembro e dezembro.

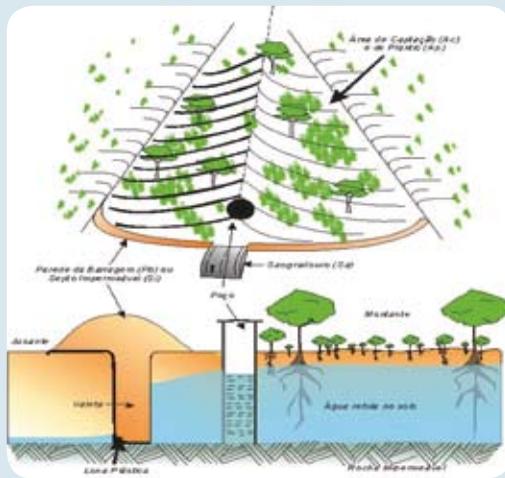


Fig. 6.4. Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea (Adaptado de www.irpaa.org)

Componentes de uma barragem subterrânea

A barragem subterrânea consiste dos seguintes componentes (Fig. 6.5):

- **Área de captação (Ac)** - é representada por uma bacia hidráulica delimitada por divisores de água topográfico e freático;
- **Área de plantio (Ap)** - é a própria bacia hidráulica da barragem. A depender da disponibilidade de água, da profundidade e das características do solo, pode-se construir, dentro dessa bacia, um reservatório, como por exemplo, um poço amazonas, cuja finalidade é armazenar o excedente de água da área de captação/plantio;

- **Parede da barragem ou septo impermeável (Pa)** - possui a função de impedir o fluxo de água superficial e subterrâneo, formando e/ou elevando o nível do lençol freático. Alguns tipos de materiais utilizados na construção da parede são: barro batido, alvenaria, lona plástica de polietileno de 200 micra;
- **Sangradouro (Sa)** - possui a função de eliminar o excedente de água da área de captação/plantio.

Parâmetros avaliados na construção de uma barragem subterrânea

Para construir uma barragem subterrânea é necessário avaliar alguns parâmetros limitantes: selecionar área situada em leito de rio/riacho ou em linhas de drenagem natural; preferir sua construção em solos aluviais; com profundidade da camada impermeável de, no mínimo, 1,5 m, para justificar o barramento e, no máximo de 4 m; textura média a grossa e declividade de até 4%, para proporcionar maior extensão no armazenamento da água.

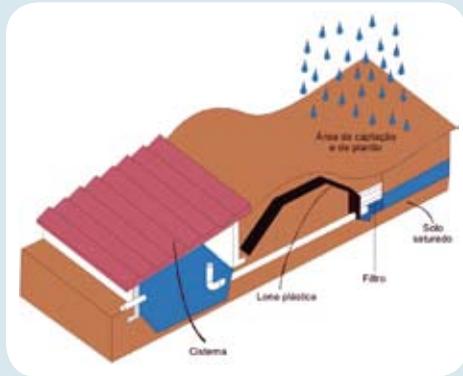
Outros parâmetros importantes a serem avaliados quando da seleção de uma área para construção de barragem subterrânea estão relacionados com valores da precipitação média anual da região; qualidade da água do rio ou riacho, principalmente quanto à salinidade; vazão média anual do rio, riacho ou linha de drenagem natural, e capacidade de armazenamento do aquífero, para que estes permitam maior segurança na sua implementação. Deve-se, sempre, eliminar áreas com tendência/risco à salinização e rios/riachos cuja vazão média anual possa comprometer a estrutura da parede da barragem subterrânea.

Manejo de solo e água em barragem subterrânea

O manejo da água em barragem subterrânea deve constar de um monitoramento criterioso e contínuo, principalmente com relação à salinização do solo, já que a área em estudo está situada numa região onde a evaporação média anual é de 2.000 mm e uma precipitação de 600 mm, em média.

Em áreas com risco de salinização, recomenda-se colocar um tubo de descarga de, aproximadamente, 4 polegadas de diâmetro, sobre a ca-

mada impermeável, partindo da montante e perfurando a parede da barragem até a jusante, em cuja extremidade deve-se acoplar uma curva de 90° e um outro tubo, que funcionará como poço, podendo a água ser bombeada com freqüência (Fig. 6.5). Este tubo facilitará a lavagem do perfil do solo, carreando os sais dissolvidos na água da barragem e funcionando como descarga de fundo (Brito et al., 1999; Costa, 1997).



A barragem subterrânea consiste dos seguintes componentes.

A construção de poço amazonas ou cacimbas à montante da barragem subterrânea é outra alternativa que permite a renovação da água, sua utilização para consumo humano e para pequenas criações de animais, possibilitando, também, bombear água para irrigar outras áreas da propriedade. Quando a água do poço amazonas/cacimbas for destinada para o consumo humano, deve-se evitar utilizar defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados na área de plantio da barragem subterrânea. A barragem subterrânea apresentada na Fig. 6.6 foi construída no município de Flores – PE, e contém um poço amazonas em sua bacia hidráulica, cuja água é utilizada para diversos fins.



Fig. 6.6. Barragem subterrânea com poço amazonas (Flores-PE). (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).

O manejo do solo em sistema de exploração agrícola em barragem subterrânea pode ser como em qualquer outro sistema, ou seja, deve-se preparar a área de plantio após as primeiras chuvas, quando o solo estiver com umidade ideal ou estiver em estado de sazão (Camargo et al., 1997), em curva de nível, com tração animal (Fig. 6.7) ou com implementos agrícolas (Fig. 6.8). O preparo do solo é semelhante ao sistema de agricultura de vazante, onde as sementes ou mudas são plantadas na curva de nível formada pela água. Nunca se deve plantar a área próxima ao sangradouro, após as primeiras chuvas, pois pode correr risco de saturação do solo por ocorrências de chuvas torrenciais, podendo causar a morte das plantas.



Fig. 6.7. Preparo do solo à tração animal. (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).



Fig. 6.8. Preparo de solo com implemento agrícola. (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).

A umidade é o mais importante atributo a ser considerado ao se tratar de compactação do solo. Portanto, é melhor operar em solos com umidade adequada (sempre mais secos do que úmidos), pois nestas condições a resistência à compactação é maior. Caso não se disponha de curvas de compactação do solo, é possível aplicar um teste fácil, no

campo, para saber se um solo encontra-se ou não em condições de ser trabalhado por máquinas e implementos agrícolas, ou seja, se o conteúdo de água está ou não adequado às operações:

Toma-se uma porção de terra e procura-se moldá-la com as mãos, até conseguir formar um bastonete. Se o solo estiver muito seco, não será possível moldá-lo e, assim, não é aconselhável que se proceda ao preparo do solo, principalmente se ele for argiloso, pois haverá maior esforço tratorístico para penetração dos implementos e poderão ser formados grandes torrões durante a realização das operações. Caso seja possível formar o bastonete ou o “corpo de prova”, que é a designação técnica mais apropriada, deve-se procurar, por várias vezes, desagregá-lo e reconstruí-lo novamente. Se isso for possível, o solo estará no seu “estado de sazão”, ou seja, no grau de umidade adequado para o seu preparo. A umidade estará muito alta se a desagregação for difícil, ou seja, se a terra ficar aderida entre os dedos, sendo difícil de ser retirada (Carmargo et al., 1997).

No tocante as culturas exploradas, a barragem subterrânea permite ao agricultor cultivar, com sucesso, conforme a tradição da região, os plantios tradicionais de grãos (milho e feijão), forragem (sorgo e capim), algodão, macaxeira, mandioca, cana-de-açúcar, hortaliças, entre outras (Silva et al., 2006).

Nos estados da Bahia e de Pernambuco, as barragens subterrâneas são tradicionalmente cultivadas, principalmente, com feijão de corda (caupi), milho, batata-doce, sorgo, mandioca, guandu e forragem. No Rio Grande do Norte, em região onde chove uma média anual de 1000 mm, há agricultores produzindo arroz em barragem subterrânea. No alto sertão da Paraíba, no município de São Mamede, um agricultor produz manga para exportação (Costa et al., 2000) e na região do Cariri, Brejo e Curimataú, são cultivados, além do milho e feijão, hortaliças e flores para serem comercializadas na Feirinha Agroecológica de Campina Grande.

À medida que a estação chuvosa vai passando e a barragem subterrânea começa a perder umidade com maior intensidade, podem-se cultivar culturas mais resistentes a estiagem, como, por exemplo, o gergelim. Recomenda-se, também, cultivar fruteiras para consumo familiar, tais como limão, goiaba, pinha, acerola, caju, manga. Deve-se evitar fruteiras exigentes em água, como, por exemplo, a bananeira e o coqueiro.

Custos de implantação de uma barragem subterrânea

Os custos de implantação de uma barragem subterrânea são variáveis em função de fatores como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável e disponibilidade de mão-de-obra, entre outros. A Tabela 6.1 apresenta os custos para construir uma barragem subterrânea com 100 m de comprimento, utilizando lona plástica de polietileno de 200 micra.

Tabela 6.1. Custos de uma barragem subterrânea com aproximadamente 100 m de comprimento, utilizando lona plástica de polietileno no septo impermeável.

Material de construção	Unid.	Quant.	Valor Unitário	Valor Total	
			R\$	R\$	US\$*
Lona plástica, largura de 4 m	m	100	6,00	600,00	279,07
Tela de arame, tipo galinheiro	m	30	2,50	75,00	34,88
Cimento (saco de 50 kg)	un	6	20,00	150,00	69,77
Areia grossa	m ³	2	30,00	60,00	27,91
Brita 2	m ³	1	65,00	65,00	30,23
Mão-de-obra					
Retroescavadeira/ Enchedeira	Horas/maq	8	120,00	960,00	446,51
Trabalhador rural	Homem/dia	20	30,00	600,00	279,07
Pedreiro	diária	01	40,00	40,00	18,60
Servente	diária	05	30,00	150,00	69,77
Total com máquina				2.700,00	1.255,81
Total sem máquina				1.740,00	809,30

* Dólar: \$1.0 = R\$ 2,15.

Estudo de Caso

Neste Estudo de Caso, serão apresentados resultados de duas experiências bem sucedidas com a tecnologia de barragem subterrânea, sendo uma em nível experimental e a outra em nível de produtor rural, em uma comunidade localizada no município de Petrolina-PE.

1. Barragem Subterrânea - Área Experimental

1.a. Caracterização

Foram avaliadas quatro barragens subterrâneas, construídas na Estação Experimental de Manejo da Caatinga, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, em um solo Argissolo Amarelo textura média/argilosa. As barragens possuem, aproximadamente, 1 ha de área de plantio cada e estão localizadas em linhas de drenagem. Essas barragens foram construídas em 1982, com septo impermeável de lona plástica de polietileno de 200 micra e cisternas construídas à jusante para servir como reservatório da água proveniente do tubo de descarga colocado sobre a camada impermeável, partindo da montante, perfurando a parede e indo desaguar à jusante na cisterna, conforme apresentado no esquema da Fig. 6.5.

A água da cisterna deve ser usada para pequena irrigação e alimentação de pequenos animais, podendo, também, ser utilizada para consumo humano, desde que se coloque um sistema de filtragem para maior segurança da qualidade e não sejam utilizados defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados na área de plantio, para não contaminar a água.

Nos anos agrícolas de 1983, 1991 e 2005, quando as barragens subterrâneas tinham, respectivamente, um, oito e vinte e dois anos de construídas, foram coletadas amostras de água das cisternas para determinação da condutividade elétrica, que representa a salinidade da água. Para avaliar alterações das características químicas e físicas do solo na área de plantio dessas barragens, também foram retiradas amostras de solos em pontos aleatórios nos mesmos anos e nas profundidades de 0 – 0,2; 0,2 – 0,4 e 0,4 – 0,6 m.

O manejo adotado nas barragens consta de preparar o solo em curva de nível, adubar com esterco caprino, fosfato natural e cinzas, além de, após a colheita, roçar as sobras de cultura, deixando-as como cobertu-

ra do solo. As adubações seguiram as recomendações das análises de solo realizadas antes de cada plantio. Nos anos agrícolas 2004/2005, foram plantados: feijão, milho, sorgo forrageiro, arroz, gergelim, quiabo, guandu forrageiro e guandu para alimentação humana e animal.

1.b. Resultados e Conclusões

Observando a Tabela 6.2, verifica-se que houve melhoria nas características químicas e físicas do solo quando se comparam os anos agrícolas 1990/1991 e 2004/2005 com 1982/1983, quando as barragens foram construídas. Essa melhoria é atribuída ao manejo do solo e da água que vem sendo adotado. O carregamento dos sedimentos das áreas de captação, com posterior sedimentação na área de plantio da barragem subterrânea, é o responsável pelo aumento do teor de argila. A adição de matéria orgânica incorporada (esterco) e em cobertura (resto de cultura) tem contribuído tanto com a diminuição da densidade global do solo como com o aumento da soma de bases (CTC) e com a percentagem de saturação de bases (V). Não foi identificada nenhuma alteração na condutividade elétrica da água das cisternas nem no solo da área de plantio nos períodos de análises da barragem subterrânea (Tabelas 6.2 e 6.3).

Tabela 6.2. Características físicas e químicas do solo da área de plantio de quatro barragens subterrâneas avaliadas nos anos agrícolas 1982/1983, 1990/1991 e 2004/2005 (média de três repetições). Petrolina - PE, 2005.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Densidade do solo (kg dm ⁻³)	pH	Complexo Sortivo (cmolc kg ⁻¹)			CE (dS m ⁻¹)
	Areia	Silte	Argila			S	CTC	V (%)	
1982/ 1983									
0 - 20	770	90	140	1,57	5,3	3,1	5,3	58	0,12
20 - 40	690	60	250	1,60	5,5	4,7	6,3	74	0,11
40 - 60	680	90	230	1,54	6,0	6,0	7,0	86	0,16
1990/1991									
0 - 20	750	90	160	1,50	6,0	6,6	7,6	87	0,12
20 - 40	670	80	250	1,52	6,0	7,0	7,9	89	0,14
40 - 60	630	80	290	1,55	6,3	7,6	8,2	90	0,20
2004/2005									
0 - 20	690	110	200	1,48	6,2	8,6	21,4	86	0,19
20 - 40	620	100	280	1,45	6,1	9,3	25,4	92	0,20
40 - 60	640	40	320	1,45	6,5	13,2	30,9	97	0,27

Tabela 6.3. Condutividade elétrica da água das cisternas em três barragens subterrâneas, ao longo de 22 anos de manejo (média de três determinações). Petrolina-PE, 2005.

Barragens	Anos		
	1983	1991	2005
	(dS m ⁻¹)		
I	0,18	0,17	0,19
II	0,20	0,20	0,17
III	0,21	0,19	0,23

No que diz respeito à produtividade das culturas (Tabela 6.4), foi verificado que as três culturas que vêm sendo exploradas desde a implantação das barragens - caupi, sorgo e milho - apresentaram sensível aumento no seu rendimento após 22 anos de cultivo nas barragens subterrâneas, o que foi constatado, também, por Silva et al. (1998). As outras culturas (gergelim, guandu forrageiro, guandu para alimentação humana e animal, arroz e quiabo) demonstraram desempenho produtivo compatível com as condições de sequeiro, demonstrando opções de alternativas viáveis para cultivos em áreas com barragens subterrâneas. O preparo

Tabela 6.4. Produtividade (kg ha⁻¹) das culturas exploradas nas barragens subterrâneas. Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2005.

Barragem	Anos Agrícolas						
	1982/1983			1990/1991			
	Caupi	Milho	Sorgo	Caupi	Milho	Sorgo	
I	542	3.782	4.313	578	1.537	3.415	
II	812	2.605	3.709	596	1.482	3.320	
III	1.093	2.341	4.531	601	1.420	3.756	
IV	-	-	-	537	1.340	4.018	
Média	816	2.909	4.184	578	1.444	3.627	
Barragem	2004/2005						
	Gurguéia*	Milho	Sorgo	Arroz	Gergelim	Guandu	Quiabo
I	-	-	-	2.116	2.247	2.188	-
II	-	3.079	-	-	-	-	1.204
III	1.089	-	-	-	-	-	-
IV	-	-	4.243	-	-	2.057	-
Média	1.089	3.079	4.243	2.116	2.247	2.348	1.204

*Gurguéia – feijão caupi.

do solo em curva de nível e a cobertura do solo com restos culturais são práticas conservacionistas que têm proporcionado nas quatro barragens subterrâneas maiores valores de retenção de água e de solo, resultando em influência positiva no desempenho das culturas lá exploradas.

Os resultados demonstram que o manejo do solo adotado nas barragens subterrâneas tem contribuído com a melhoria das características do solo e com o aumento da produtividade das culturas; após 22 anos de implantação, as barragens subterrâneas não apresentaram problemas de salinização; a barragem subterrânea é uma alternativa que minimiza os riscos da agricultura dependente de chuva, proporcionando mais uma opção viável para exploração agrícola no Semi-Árido.

2. Barragem Subterrânea - Área de Produtor

2.1. Caracterização

A barragem subterrânea localizada no Sítio Santo Antônio, no Distrito de Capim, em Petrolina-PE, foi construída em janeiro de 1995, utilizando lona plástica de polietileno 200 micra como septo impermeável, em ambiente cujas coordenadas geográficas são 09°08'731"S, 40°23'417"W e altitude de 275 m, em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico. A área de plantio foi arada e gradeada para confecção de sulcos seguidos por camalhões em curva de nível. Nesse ano, foram cultivados milho e feijão. Nos anos subseqüentes, foi utilizado no preparo do solo equipamento motorizado, alternando-se anualmente a aração com a gradagem e os sulcos realizados à tração animal em curva de nível. A prioridade do agricultor nos anos subseqüentes foi o cultivo de forragens para alimentação do rebanho de caprinos.

Após dez anos de exploração agrícola, foi feito um diagnóstico, por meio de um questionário fechado, aplicado para se avaliar o que mudou na propriedade e na vida da família, após a implantação da barragem subterrânea.

2.b. Resultados e Conclusões

Após aplicação dos questionários para caracterização da barragem subterrânea e do manejo utilizado, foram identificados efetivamente os seguintes aspectos:

- necessidade de sensibilização do agricultor para que ele possa entender o funcionamento e manejo da barragem subterrânea (época de plantio, manejo de solo e tratamento fitossanitário);
- a barragem subterrânea não constitui a principal fonte de renda da família da área em estudo;
- devido a intempéries climáticas, não se colheu nada na barragem subterrânea no ano agrícola 2005/2006 (Tabela 6.5);
- terceirização de mão-de-obra, pelo fato de os filhos, ao atingirem certa idade, foram estudar na cidade.

Como pontos relevantes, foram identificados:

- valorização da terra (conservação do solo); diversificação agrícola; melhoria na qualidade do solo (fertilidade do solo);
- aumento da renda familiar e melhoria na qualidade de vida da família (impacto social e econômico).

As produtividades alcançadas (Tabela 6.5) demonstram que a barragem subterrânea constitui-se em uma alternativa tecnológica que proporciona garantia ao agricultor de obter sua safra, desde que se tenha o mínimo de chuva necessário (Tabela 6.6) para atender às necessidades das culturas exploradas. O cultivo em barragem subterrânea, principalmente de milho e caupi, permitiu a obtenção de produtividades acima da média da região em todos os anos de cultivo.

Tabela 6.5. Produtividades das culturas (kg ha⁻¹) - Sítio Santo Antônio, Petrolina-PE.

Culturas	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Kg ha ⁻¹									
Milho	1.348	1.416	1.432	1.346	1.368	1.410	1.105	1.118	964
Sorgo	-	-	2.332	1.536	1.974	2.385	1.215	1.302	1.104
Caupi	735	823	853	722	746	987	658	683	558
Melancia	-	-	-	-	-	1.072	1.355	1.247	323
Guandu	-	-	-	-	-	-	-	348	489
Capim Rosco	-	-	-	-	-	-	20.597	20.472	-
Capim Mandante	-	-	-	-	-	20.258	20.887	20.585	-

*Nos anos 2004 e 2006 não tem produtividade porque não houve plantio.

Tabela 6.6. Precipitação pluviométrica mensal na área da Embrapa, no período de 1995-2005. Fonte: <http://www.cpatsa.embrapa.br>

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1996	3,5	75,3	170,3	140,0	37,0	20,2	0,0	8,1	0,0	0,0	96,1	35,0	585,5
1997	42,7	17,7	230,0	73,0	31,8	0,0	14,9	0,0	0,0	62,4	26,3	25,2	524,0
1998	197,9	55,4	13,4	4,2	0,0	0,0	6,8	6,6	0,0	0,0	29,4	9,0	322,7
1999	17,4	47,6	110,6	0,0	14,6	0,0	0,0	3,8	38,4	1,8	45,0	81,1	360,3
2000	66,7	99,3	92,8	47,6	18,2	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	188,6	140,4	677,9
2001	4,2	29,8	210,6	16,2	2,8	38,9	1,8	6,2	0,0	0,0	2,2	28,2	340,9
2002	304,9	32,2	0,0	61,4	3,0	19,2	0,0	0,0	4,7	0,0	46,4	18,0	489,8
2003	58,4	49,4	69,4	102,3	106,7	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	18,4	17,7	415,1
2004	431,0	255,6	67,3	12,6	26,5	4,8	2,2	0,0	0,9	1,5	16,7	0,3	819,4
2005	61,6	88,0	80,0	26,6	25,4	35,0	2,2	0,0	0,0	0,0	26,8	30,2	375,8
2006	0,0	101,7	94,1	125,3	8,6	27,8	4,0	0,0	5,6	3,5	36,9	3,3	410,8

Referências Bibliográficas

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; RÊGO, M. M. do. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

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

COSTA, W. D. Barragens subterrâneas – uma intervenção de baixo custo para a região semi-árida nordestina. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Agua>>. Acesso em: 10 de jul. 2006.

COSTA, W. D.; LIMA, C. N. Barragens subterrâneas: uma opção para o semi-árido. Recife, PE: São Mamede, 2000. Não paginado.

HEATH, R. C. Basic ground-water hydrology. Reston: USGS, 1983. Disponível em:<<http://pubs.er.usgs.gov/pubs/wsp/wsp2220>> Acesso em: 10 de jul. 2006.

MONTEIRO, L. C. Barragem subterrânea: uma alternativa para suprimento de água na região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. Anais... Fortaleza: DNOCS, 1984. v.1. p.421-430.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. Estudos Avançados. São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REBOUÇAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos avançados, São Paulo v. 11, n. 29, p.127-154, 1997.

REBOUÇAS, A. da C. A sede zero. Ciência e Cultura. Campinas, SP, v. 55, n. 4, p. 33-35, 2003.

SANTOS, J. P. dos; FRANGIPANI, A. Barragens submersas - uma alternativa para o Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1978. v.1. p.119- 121.

SILVA, D. A.; RÊGO NETO, J. Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semi-árido. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal. Anais... Natal: ABID, 1992. v 1. p. 335-361.

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. Barragem subterrânea. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, n 49).

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. Barragem subterrânea. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, n 75).

SILVA, M. S. L. da; LOPES, P. R. C.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R. Exploração agrícola em barragens subterrâneas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 975-980, 1998.