



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

BARRAGEM SUBTERRÂNEA



Cartilhas Temáticas
Tecnologias e Práticas Hidroambientais
para Convivência com o Semiárido

Volume 3



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Fortaleza, 2010

Governo do Estado do Ceará

Cid Ferreira Gomes

Governador

Secretário dos Recursos Hídricos (SRH)

César Augusto Pinheiro

Superintendente da SOHIDRA

Leão Humberto Montezuma Filho

Presidente da COGERH

Francisco José Coelho Teixeira

Coordenador Geral da UGPE (SRH)

Mônica Holanda Freitas

Coordenador do PRODHAM/SOHIDRA

Joaquim Favela Neto

Obra editada no âmbito do PRODHAM – Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Estado do Ceará, integrante do PROGERIRH-Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, apoiado pelo Banco Mundial por meio do Acordo de Empréstimo 4531-BR/BIRD.

João Bosco de Oliveira
Mestre em Solos

Josualdo Justino Alves
Mestre em Irrigação

Francisco Mavignier Cavalcante França
Mestre em Economia Rural

BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Fortaleza
2010

Cartilhas Temáticas:

Tecnologia e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido

- Volume 1 Barragens sucessivas de contenção de sedimentos
- Volume 2 Cisterna de placas: construção, uso e conservação
- Volume 3 Barragem subterrânea
- Volume 4 Práticas de manejo e conservação de solo e água no semiárido do Ceará
- Volume 5 Recomposição da mata ciliar e reflorestamento no semiárido do Ceará
- Volume 6 Recuperação de áreas degradadas no semiárido do Ceará
- Volume 7 Sistema de plantio direto no semiárido do Ceará
- Volume 8 Quebra-ventos na propriedade agrícola
- Volume 9 Controle de queimadas
- Volume 10 Sistema de produção agrossilvipastoril no semiárido do Ceará
- Volume 11 Educação ambiental para o semiárido do Ceará

Ficha Catalográfica

C387b Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos.

Barragem subterrânea / João Bosco de Oliveira, Josualdo Justino Alves, Francisco Mavignier Cavalcante França. - Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

31p. (Cartilhas temáticas tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido ; v. 3)

1. Barragem. 2. Barragem Subterrânea. I. Oliveira, João Bosco de. II. Alves, Josualdo Justino. III. França, Francisco Mavignier Cavalcante. IV. Título.

CDD: 627.8

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Centro Administrativo Governador Virgílio Távora

Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N, Ed. SEINFRA/SRH

Bairro Cambeba, CEP 60.822-325, Fortaleza/CE

Fone: (85) 3101.4012 | (85) 3101.3994 - Fax: (85) 3101.4049

APRESENTAÇÃO.....	7
INTRODUÇÃO	9
1 CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA	11
1.1 Tipos de Barragem Subterrânea.....	11
1.1.1 Modelo Caatinga.....	11
1.1.2 Modelo Costa e Melo	12
1.1.3 Modelo CPATSA/EMBRAPA.....	14
1.2 Critérios Básicos para Locação de uma Barragem Subterrânea ...	15
1.2.1 Aspectos sociais e de demanda	15
1.2.2 Qualidade da água	16
1.2.3 Espessura do depósito aluvial	16
1.2.4 Constituição granulométrica do aluvião.....	17
1.2.5 Presença de água	18
1.2.6 Relação entre a “calha viva” e os “terraços”	19
1.2.7 Inclinação do terreno: declividade.....	20
1.2.8 Área de recarga	21
1.2.9 Estreitamento do depósito aluvial	21
2 CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM	23
3 A EXPERIÊNCIA DO PRODHAM COM AS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS	28
3.1 Efeitos Socioeconômicos e Ambientais.....	28
3.2 Principais Dificuldades Encontradas	29
3.3 Sugestões para Replicação no Semiárido Cearense.....	30
REFERÊNCIAS	31

Esta cartilha sobre barragem subterrânea faz parte da coleção das tecnologias e práticas hidroambientais que foram testadas nas áreas-piloto do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM). O texto deste documento é uma versão didática e adaptada, para servir de cartilha instrucional, adaptada do Manual Técnico-Operativo do PRODHAM, elaborado por João Bosco de Oliveira para a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH).

O PRODHAM testou tecnologias de mitigação dos efeitos da degradação ambiental e de desenvolvimento hidroambiental em quatro microbacias hidrográficas do semiárido cearense, compreendendo os municípios de Canindé, Paramoti, Pacoti/Palmácia e Aratuba.

O tema abordado aqui se refere à concepção, construção e benefícios da tecnologia hidroambiental “barragem subterrânea”, construída em leitos de rios ou riachos do semiárido.

Por meio de linguagem simples e de ilustrações didáticas, a cartilha objetiva motivar e ensinar os produtores rurais e os técnicos de campo do Estado do Ceará no trabalho de preservação de terras agrícolas e do meio ambiente visando a sustentabilidade hidroambiental e econômica do semiárido cearense.

Em Brito et al. (1999), são apresentados informações ressaltando que no Nordeste brasileiro a precipitação média anual chega a 700 bilhões m³ e, desse volume precipitado, cerca de 24 bilhões de m³ estão efetivamente disponíveis, sendo que o restante, em torno de 97%, passam pelo fenômeno natural da evaporação ou pelo escoamento superficial.

Isso revela que a instabilidade climática nessa região semiárida está mais associada à irregularidade que à escassez, sendo essa talvez a principal dificuldade do homem não permanecer no meio rural, pois a água existente não atende suas necessidades básicas nem torna o solo apropriado para cultivo.

Os cursos de água - rios ou riachos - que escoam na região semiárida do Nordeste do Brasil são quase todos, à exceção do São Francisco e Parnaíba, de caráter temporário, chamados, também, de intermitentes, por secarem durante a maior parte do ano.

Logo após cessarem as chuvas, os rios ainda continuam a “correr” por algum tempo, alimentados por águas que escoam do terreno saturado em níveis mais elevados do que a calha principal ou “calha viva” do rio.

Ao cessar completamente o escoamento de base do rio, a água continua a escoar subsuperficialmente, dentro do “pacote” de sedimentos detríticos (cascalho, areia, silte e argila), que, no conjunto, constituem o aluvião ou depósito aluvial. (OLIVEIRA, 2001).

O depósito aluvial é muito irregular, variando de composição desde grosseiro, com seixos e areias grossas, até fino com siltes e argilas; essas variações podem apresentar-se em camadas contínuas ou descontínuas, em forma de lentes ou bolsões.

O escoamento subsuperficial, que ocorre no depósito aluvial quando o rio deixa de “correr” na superfície, faz com que esse depósito, também conhecido como aquífero aluvial, vá perdendo gradativamente as suas

reservas hídricas acumuladas, podendo vir mesmo a secar totalmente no final do período de estiagem.

É comum a existência de poços amazonas (também chamados de cacimbões), construídos nesses depósitos aluviais, ficando completamente cheios logo após o período chuvoso, e secarem completamente ao final do período de estiagem.

Para consecução das reservas hídricas na região, foram implementados vários açudes para aumentar a disponibilidade de água superficial e, em aquíferos artificiais, introduzidas as barragens subterrâneas, que são estruturas armazenadoras de água, para suprir as necessidades básicas e dar suporte hídrico à produção em pequena escala.

1. CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

A barragem subterrânea consiste em construir um septo - *cut of* no depósito aluvial de um rio ou riacho, com a finalidade de impedir que a água, nele acumulada, continue a escoar durante o período de estiagem. Como resultado, tem-se, à montante, um substrato úmido para cultivo e suporte para o consumo. (OLIVEIRA, 2001).

A barragem subterrânea é uma estrutura hídrica de baixo custo, de processo simples de construção e operação, podendo ser construída em grande escala, desde que as condições naturais sejam favoráveis.

1.1 Tipos de Barragem Subterrânea

Segundo Oliveira (2001), a barragem subterrânea pode ser construída de várias modalidades, porém apresenta três modelos pela ordem decrescente de complexidade e diferentes custos operacionais de construção.

1.1.1 Modelo CAATINGA

O modelo acima se originou de experiências bem sucedidas na construção e manejo de pequenas barragens subterrâneas, implantadas pela organização não-governamental CAATINGA, no município de Ouricuri-PE, dando suporte à agricultura familiar na região há mais de 15 anos. Informações mais específicas deste modelo são apresentadas a seguir:

a) Detalhes

- escavação de uma trincheira linear;
- preenchimento da trincheira com o mesmo material retirado, submetido a uma compactação feita por animais;
- enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, sobre a barragem.

b) Vantagens

- menor custo em relação aos demais;
- é utilizado praticamente sem restrição, face aos pequenos volumes armazenados;
- utiliza a mão-de-obra local.

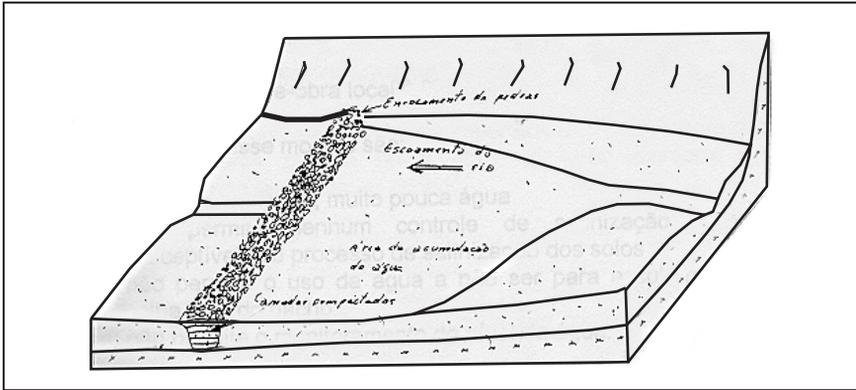


Figura 1 – Barragem Subterrânea Modelo Caatinga

Fonte: Costa (1997).

c) Desvantagens

- acumula em geral muito pouca água;
- não permite nenhum controle de salinização, sendo altamente susceptíveis ao processo de salinização do solo;
- não permite o uso da água a não ser para a subirrigação na própria calha-viva do riacho;
- não permite o monitoramento do nível da água.

1.1.2 Modelo Costa e Melo

No início da década 80, pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco, sob a coordenação do Prof. Waldir D. Costa, desenvolveram um tipo de barragem subterrânea que foi aprimorada paulatinamente, sendo o modelo patenteado com a denominação de Costa e Melo, pelos seus principais autores. (CIRILO; COSTA, 2010). Informações mais específicas deste modelo são apresentadas a seguir:

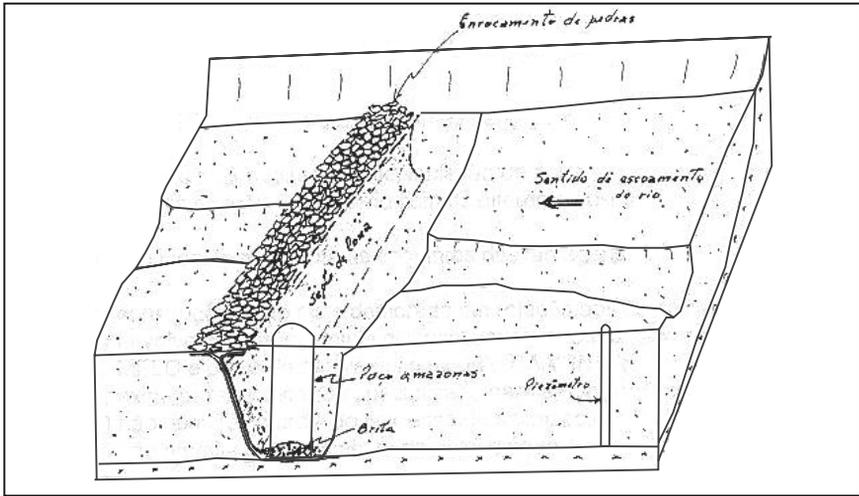


Figura 2 – Barragem Subterrânea Modelo Costa e Melo

Fonte: Cirilo e Costa (2010).

a) Detalhes

- escavação de uma trincheira retilínea perpendicular à direção do escoamento;
- septo impermeável ao longo da trincheira;
- um ou mais poços amazonas, sendo um necessariamente colocado junto ao septo impermeável e à montante deste;
- enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, na superfície, junto ao septo impermeável e à jusante deste;
- um ou mais piezômetros ao longo da bacia hidráulica da barragem.

b) Vantagens

- rapidez de execução (1 a 2 dias se mecanizada);
- baixo custo;
- pode ser executada com mão-de-obra do próprio local;
- apresenta condições de controle do processo de salinização;

- permite o monitoramento do nível da água ao longo do ano;
- pode ser utilizada para múltiplos usos da água.

c) Desvantagens

- custo maior que o modelo Caatinga;
- não pode ser utilizado em qualquer situação, dependendo da existência de condições naturais específicas.

1.1.3 Modelo CPATSA/EMBRAPA

A EMBRAPA-Seminário, desenvolveu um conjunto de tecnologias vocacionadas para o nordeste semiárido na década de 80, sendo uma delas a barragem subterrânea, para captação, e armazenamento de água para exploração da agricultura de subsistência. Ilustração e outros detalhes técnicos estão apresentados a seguir:

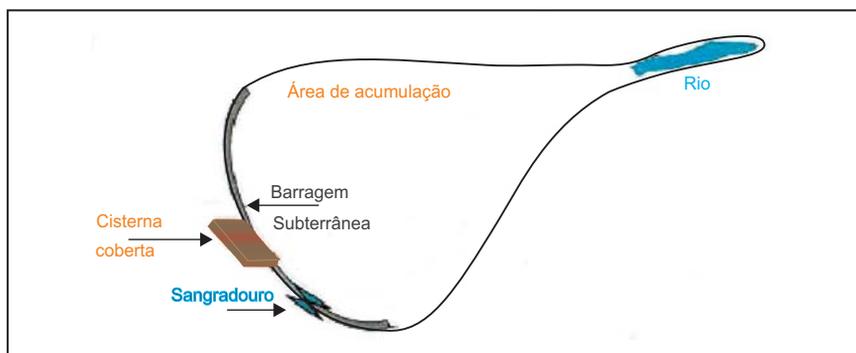


Figura 3 – Barragem Subterrânea Modelo CPATSA

Fonte: Costa (1997).

a) Detalhes

- escavação em arco;
- parede elevada (cerca de 1,0 m) à jusante da escavação;
- impermeabilização da parede elevada e da escavação;
- sangradouro em cimento e alvenaria ou em concreto;

- cisterna coberta com telhado à jusante;
- filtro de areia e carvão, na escavação;
- tubulação para condução da água da barragem, através de filtro, até a cisterna à jusante.

b) Vantagens

- permite maior volume de acumulação de água;
- separa as água de acordo com os diferentes usos.

c) Desvantagens

- construção mais demorada em relação as demais;
- apresenta custos, mais ou menos, cinco vezes o do tipo Costa e Melo e 10 vezes o tipo Caatinga;
- requer pessoal técnico qualificado para construção;
- não permite controle da salinização;
- não permite monitoramento do nível d'água.

1.2 Critérios Básicos para Locação de uma Barragem Subterrânea

As barragens subterrâneas, construídas pelo PRODHAM, observaram aspectos técnicos dos três modelos e os compatibilizaram com as características locais das quatro microbacias hidrográficas trabalhadas pelo Projeto. Assim, os itens a seguir demonstram os procedimentos adotados.

1.2.1 Aspectos sociais e de demanda

A primeira condição estabelecida é a da importância que a obra irá desempenhar, pois um investimento público numa obra que não desperte interesse da comunidade local não faz qualquer sentido.

É necessário verificar qual a demanda hídrica que a obra vai atender e que uso ou usos se espera da água a ser acumulada, quantas pessoas serão beneficiadas e se há um real interesse na sua construção, comprometendo-se o proprietário do terreno, a conservá-la e explorar o máximo da sua disponibilidade, principalmente por meio do plantio de culturas adequadas.

Considerando, ainda, que se trata de um investimento público em terreno particular, o proprietário terá que se comprometer, através de um “termo de serventia pública”, a permitir o uso da água contida no poço amazonas (cacimbão), a ser construído junto à barragem subterrânea, por qualquer pessoa da comunidade, devendo, para tal, permitir o livre acesso ao poço. Apenas a área superficial onde deverá ser plantada, será de uso exclusivo do proprietário do terreno.

1.2.2 Qualidade da água

A água não deve possuir salinidade elevada, pois tenderia a aumentar a concentração de sais e prejudicar o solo e as culturas nele implantadas. O ideal seria coletar uma amostra de água numa cacimba existente e medir a sua condutividade elétrica com um condutivímetro portátil. Na inexistência de um condutivímetro, pode-se experimentar (sem ingerir) um pouco de água para verificar o seu sabor ao paladar (doce, salgada, salobra, amarga, etc.).

Se não existir água no leito, em escavação ou em cacimba, deve-se consultar os moradores da região sobre a condição de uso da água quando o riacho está “correndo”; se o homem aceita bem aquela água, ou em caso negativo, se os animais bebem da mesma.

Um outro elemento a observar é a existência de crostas de sal no depósito aluvial ou ainda a presença de determinadas gramíneas (para quem as conhece) que são típicas de água salgada.

1.2.3 Espessura do depósito aluvial

Considerando que a evaporação alcança até 0,5m de profundidade, o depósito aluvial deve possuir, na “calha viva” do curso (rio ou riacho), pelo menos 1,5m de espessura para justificar a implantação de uma barragem subterrânea.

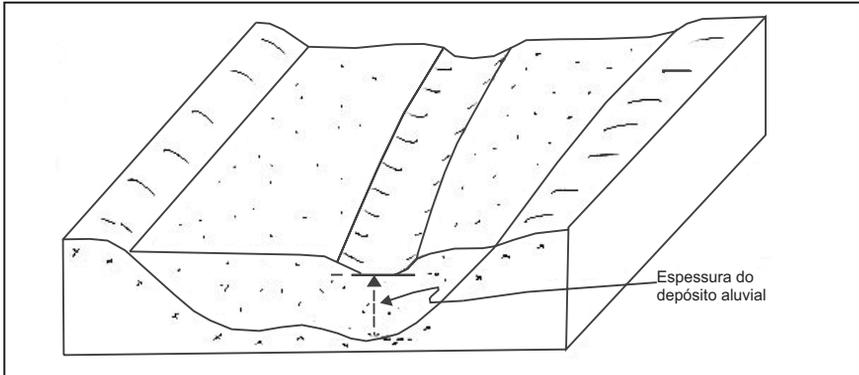


Figura 4 – Espessura do Aluvial

Fonte: Costa (1997).

Para se detectar a espessura do depósito, devem-se efetuar três sondagens, sendo uma na “calha viva” e as outras duas dispostas uma para cada lado, a uma distância, aproximada, equidistante entre a “calha viva” e as margens do depósito aluvial. Eventualmente, poderá vir a ser necessária a perfuração de mais um ou dois furos.

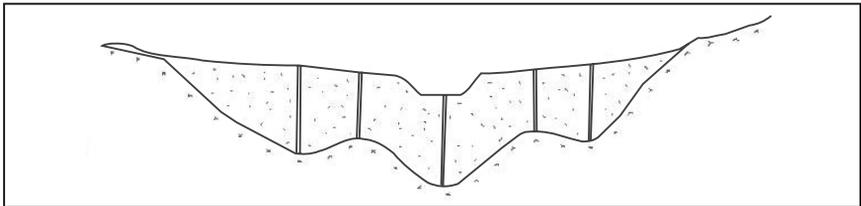


Figura 5 – Disposição dos Furos

Fonte: Costa (1997).

1.2.4 Constituição granulométrica do aluvião

O aluvião deverá ser de constituição predominantemente arenosa, podendo conter alguma mistura com material fino (silte ou argila); porém, deve haver nas amostras retiradas das sondagens uma predominância de areias sobre as frações mais finas.

O trado usado para as sondagens possui uma peça com alças abertas, apropriadas para furar e retirar amostras de material siltico-argiloso (Figura 6, a); uma outra peça em forma de caneco com lâminas cortantes

na extremidade, apropriada para coletar amostras em areias (Figura 6, b), e, finalmente, uma peça helicoidal (Figura 6, c) que não retira amostras, servindo apenas para detectar a espessura do depósito, sendo utilizada quando se atinge o nível d'água não sendo mais possível a retirada de material para amostrar.

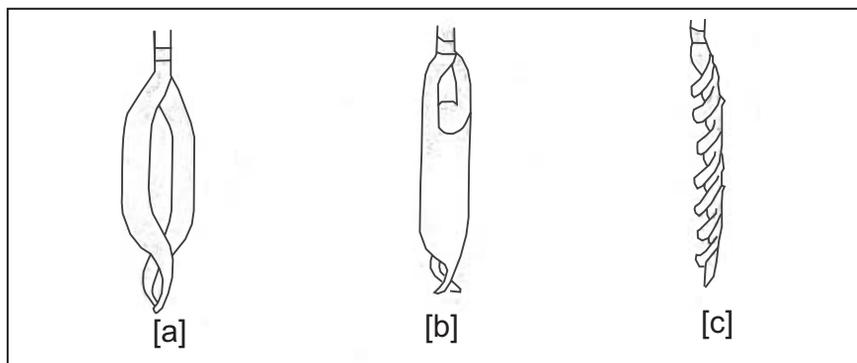


Figura 6 – Tipos de Trados

Fonte: Costa (1997).

1.2.5 Presença de água

Se a pesquisa de áreas for efetuada durante ou logo após o período chuvoso, é comum encontrar-se o nível da água no depósito aluvial muito próximo da superfície ou mesmo aflorante. Essa não é, portanto, uma boa época para pesquisar o local para construção de uma barragem subterrânea e sim o período correspondente ao final de uma estiagem, ou seja, próximo ao início de um novo período chuvoso.

Ao final do período de estiagem, o depósito aluvial deve encontrar-se seco ou com uma reduzida espessura saturada de água. Se isso não ocorrer, a localidade não é propícia para o barramento, pois deve estar acontecendo uma das seguintes situações:

- existência de “soleiras”, que são ondulações do leito rochoso, ou presença de intrusões rochosas de maior resistência à erosão; nesse caso, a soleira já constitui um barramento natural que provoca a existência perene de um nível d'água elevado à montante;

- existência de um barramento superficial (barragem, açude, etc.), ou uma lagoa natural, que proporciona, mesmo além do limite de acumulação da água na superfície, uma extensa área de aluviões saturados à montante, que é conhecida popularmente como “re-versa” do açude.

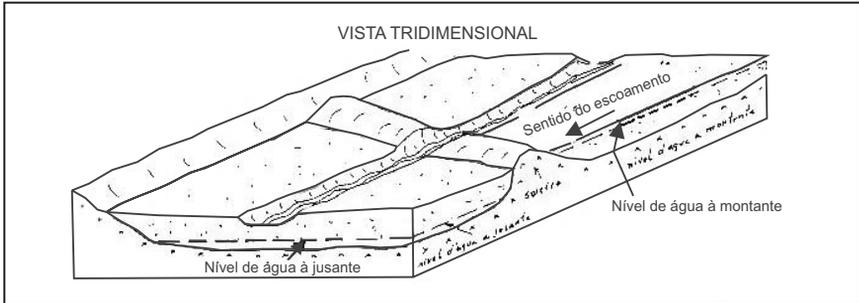


Figura 7 – Barragem Natural por Soleira

Fonte: Costa (1997).

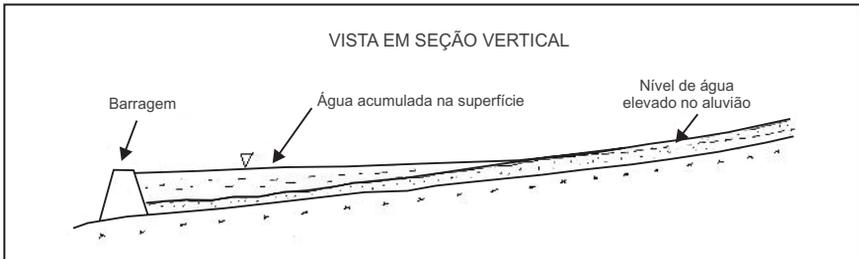


Figura 8 – Barragem Natural por Soleira

Fonte: Costa (1997).

1.2.6 Relação entre a “calha viva” e os “terraços”

A situação ideal para o barramento subterrâneo apresenta-se quando a “calha viva” não é muito profunda em relação aos “terraços” (Figura, 9, a); em caso contrário, fica com reduzida espessura na porção mais baixa do vale, sendo a acumulação de água muito reduzida, como mostra a Figura 9, b.

Em [a] é favorável ao barramento e, em [b], é desfavorável.

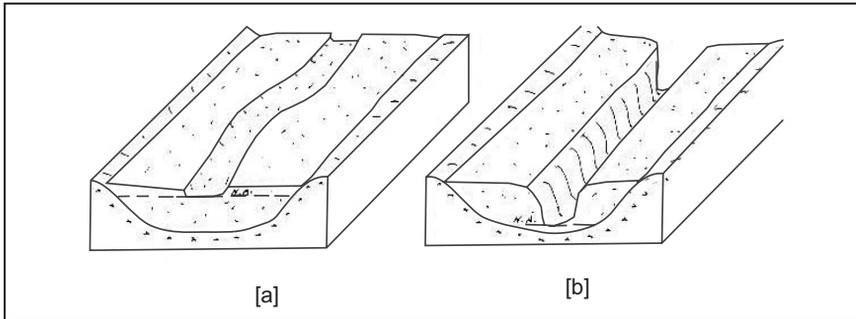


Figura 9 – Calha Viva do Riacho em relação aos seus Terraços

Fonte: Costa (1997).

1.2.7 Inclinação do terreno: declividade

O curso d'água onde poderá ser implantada uma barragem subterrânea, deve possuir longitudinalmente (ao longo do curso) uma inclinação (declividade) a mais suave possível (Figura 10, a) a fim de permitir que a água armazenada se estenda a uma maior distância. Se o relevo é fortemente inclinado (Figura 10, b), situação predominante nas “cabeceiras” dos riachos, a água irá se acumular numa área muito reduzida.

O ângulo de inclinação desejável é no máximo 20°, porém, como dificilmente se dispõe de equipamentos topográficos para avaliação dessa inclinação - um nível, por exemplo - recomenda-se usar o bom senso para escolher um terreno semiplano.

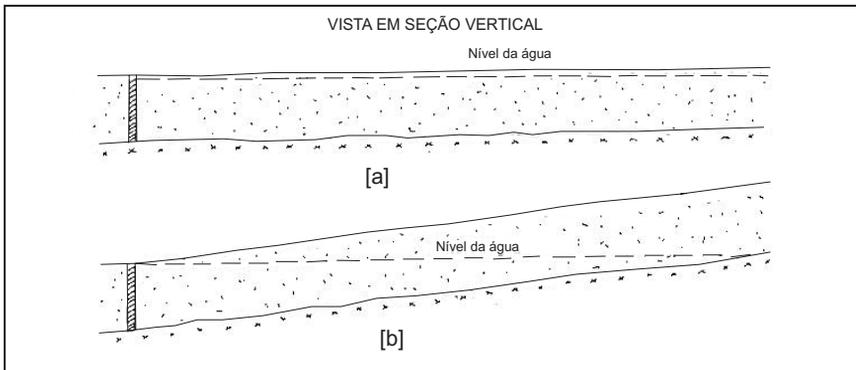


Figura 10 – Inclinação do Leito Aluvial

Fonte: Costa (1997).

1.2.8 Área de recarga

O barramento deve ser feito em um trecho do rio ou riacho que disponha de pelo menos 1 km de extensão à montante, com aluviões, para proporcionar uma recarga natural, à medida que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada. As áreas próximas às nascentes do rio devem ser sempre evitadas.

No exemplo abaixo, o local mais favorável seria em A e, em segunda opção, os locais em B; enquanto isso, os locais marcados por C são totalmente desfavoráveis.

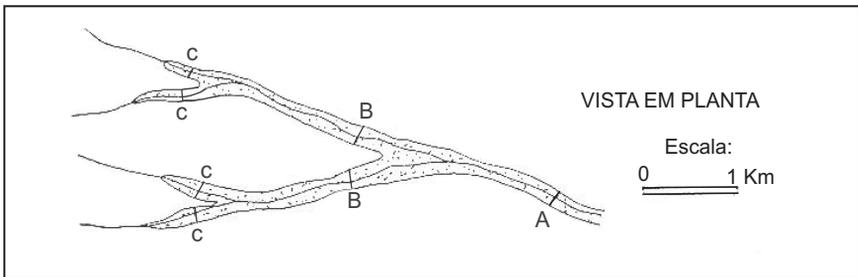


Figura 11 – Locais do Barramento

Fonte: Costa (1997).

1.2.9 Estreitamento do depósito aluvial

A área de acumulação do depósito aluvial deve ser a mais larga possível, porém, o local a ser barrado deve ser estreito para diminuir os custos de escavação, com a lona ou outro material impermeabilizante que venha a ser colocado (argila compactada, por exemplo). Além do mais, um barramento efetuado dentro da área de maior largura do depósito aluvial irá desperdiçar a área que ficar à jusante e que poderia ser aproveitada como reservatório.

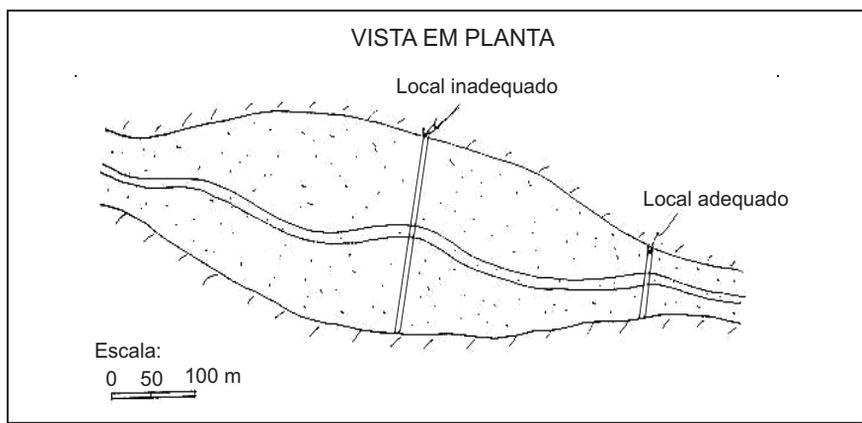


Figura 12 – Localização do Eixo da Barragem
Fonte: Costa (1997).

2. CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM

Observados os critérios básicos de locação, inicia-se a construção da barragem, escavando-se uma valeta transversal ao leito do riacho a ser barrado, cuja profundidade deve chegar até a camada impermeável e a largura variando conforme o tipo de solo e profundidade da vala, na maioria dos casos, chegando a 1,0 metro.

A vala poderá ser aberta manualmente ou através de uma máquina retroescavadeira, sendo esta última a forma mais segura, diminuindo o risco de acidente.

Terminada a vala, procura-se ajustar ou uniformizar a parede que fica à jusante, local em que será colocada a lona plástica de polietileno, retirando raízes e fazendo o reboco da parede com argamassa feita de barro e água do local, para que não ocorram furos na lona. (BRITO; ANJOS, 1987).

Os cuidados básicos ao colocar a lona são: não fazer tensão sobre a mesma, colocá-la com ventos leves e baixas temperaturas, para evitar dilatação e evitar perfurar a lona. Caso isto ocorra – perfuração da lona - deve-se fazer um remendo, utilizando-se um pedaço do próprio material plástico e cola apropriada.

Na parte inferior, ou seja, no fundo da vala à montante, deve-se abrir uma minivaleta na camada impermeável e uma outra na superfície do solo, à jusante, com 20 x 20 cm, para fixar as extremidades da lona plástica (BRITO; ANJOS, 1987), e essa não sofrer danos ou “caimentos” durante a operação de reaterro.

As Fotos abaixo mostram as principais etapas ou sequência de operações na construção de uma barragem subterrânea.



Foto 1 – Marcação do Terreno

Fonte: PRODHAM.



Foto 2 – Escavação da Vala

Fonte: PRODHAM.





Foto 3 – Vala Escavada e Poço Amazonas
Fonte: PRODHAM.



Foto 4 – Colocação da Lona
Fonte: Ítalo Regis – Crateús 2008.

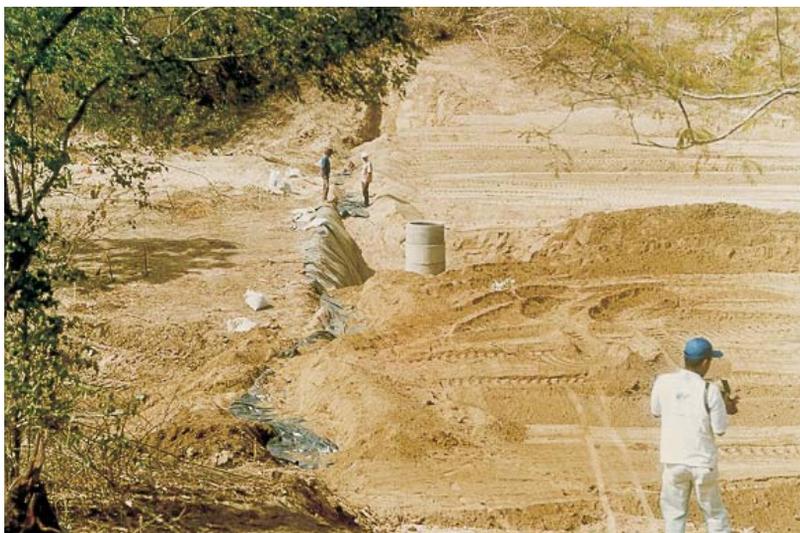


Foto 5 – Reaterro a Vala

Fonte: PRODHAM.



Foto 6 – Enrocamento de Pedras

Fonte: Ítalo Regis – Crateús 2008.



Foto 7 – Aspecto Externo de uma Barragem Subterrânea

Fonte: PRODHAM.



Foto 8 – Aspecto da Exploração Econômica na Bacia Hidrográfica de uma Barragem Subterrânea

Fonte: PRODHAM.

3. A EXPERIÊNCIA DO PRODHAM COM AS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Nas quatro microbacias trabalhadas pelo PRODHAM, de 1999 a 2009, foram construídas, em parceria com as comunidades locais e em propriedades privadas, 27 barragens subterrâneas. Considerando o caráter experimental e didático do PRODHAM, todo o custo e/ou orientação técnica do processo de escolha do local, construção e aproveitamento socioeconômico das barragens subterrâneas foram assumidos pelo Projeto. (FRANÇA, 2010).

3.1 Efeitos Socioeconômicos e Ambientais

O maior efeito da barragem subterrânea é a possibilidade de aproveitamento econômico. Na mancha de solo aluvial, à montante, pode ser cultivada com culturas diversas, uma vez que a umidade fica disponível para plantas o ano todo. Na área da microbacia do Rio Cangati, na primeira barragem subterrânea construída, foi cultivado o capim elefante. Esse capim permanece verde o ano todo, ficando disponível para utilização na alimentação animal.

A área de plantio é a própria bacia hidrográfica da barragem. Com o carreamento de partículas sólidas pelas águas das chuvas, esta área vai, anualmente, acumulando sedimentos, formando camadas de solos férteis, propícios à exploração agrícola.

Do ponto de vista ambiental, a água proveniente da chuva precipitada nesta área escoar para a bacia hidrográfica da barragem e lentamente se infiltra, criando ou elevando o lençol freático, tornando-a, assim, uma técnica que além de armazenar água, com baixas perdas por evaporação, favorece a conservação do solo, pela redução da erosão, considerado, hoje, um grande desafio na manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo. Favorece ainda o ressurgimento de vegetação dentro da área aluvional e nas bordas proporcionado pelo aumento da umidade. O não aproveitamento econômico das barragens subterrâneas da microbacia hidrográfica do rio Cangati, Canindé-CE, proporcionou a recuperação da micro e meso fauna, ficando a vegetação viçosa o ano todo e, até a que foi plantada com capim, permaneceu verde o ano todo.



3.2 Principais Dificuldades Encontradas

- **Necessita de pessoal capacitado**

Como no caso das barragens sucessivas, a construção da barragem subterrânea necessita de treinamento de pessoal. Esse problema pode ser sanado com cursos no local, por meio da metodologia construtivista, isto é, aprendendo e fazendo, fazendo e aprendendo.

- **Desinteresse ou falta de recursos**

O grande problema de aproveitamento econômico das barragens subterrâneas é que os proprietários das áreas beneficiadas não se interessam em aproveitá-las economicamente ou por não ter recursos financeiros para isso ou por já possuírem outras fontes de renda, não interessando o seu aproveitamento.

- **Requer muita mão-de-obra ou maquinário pesado**

A escavação da vala para colocar a manta necessita de muita mão-de-obra, o que leva tempo para cavá-la e aterrará-la, após a colocação da manta e montagem do poço. Muitas vezes, quando se tem maquinário disponível, como uma retro-escavadeira, é mais prático a sua utilização.

- **Risco de acidentes**

Existe risco de acidente na escavação da vala, pois quando o material de origem está muito fundo, tem-se que cavar uma vala profunda, formando barreiras altas com sérios riscos de desabamento. Nesse caso, é necessário muito cuidado.

- **É de custo elevado**

O custo da manta para fazer a vedação do solo, o escavamento da vala, os anéis para montagem do poço e alguns apetrechos utilizados tornam a barragem subterrânea de custo elevado. A melhor forma para superar esse problema é juntar vários pequenos produtores para construção de uma barragem que beneficie a todos. O proprietário da terra teria que fazer um termo de doação pública para a comunidade beneficiada.

- **Dificuldades de localização adequada**

Não é em qualquer local que se pode construir uma barragem subterrânea. Devem ser seguidos alguns critérios, como evitar um boqueirão muito largo, sendo preferível aqueles mais estreitos, para não ser necessário muita escavação da vala. Precisa ter uma largura razoável no aluvião, que fica à montante, para permitir o acúmulo de muita água e um bom aproveitamento econômico. Necessita de uma bacia hidrográfica à montante, com boa capacidade de recarga d'água.

3.3 Sugestões para Replicação no Semiárido Cearense

Nem todos os locais, que tenham rede hidrográfica, podem ser aproveitados para a construção de barragens subterrâneas. É necessário que a rede hidrográfica da área, a ser aproveitada, tenha uma área aluvional boa. Obedecendo a esse critério, a barragem subterrânea é uma tecnologia que deve ser disseminada no semiárido porque, nos locais onde está sendo construída, tem sido eficiente na disponibilização de água para a população, além de permitir a sua utilização econômica quando o proprietário assim desejar.

REFERÊNCIAS

BRITO, L. T. L.; ANJOS dos, J. B. **Barragem subterrânea: captação e armazenamento de água no meio rural.** In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 1987, Petrolina. **Anais...** Petrolina, 1987. 4 p.

BRITO, L. T. L. et al. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Implantação experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do Projeto PRODHAM:** relatório final. Fortaleza, 2008.

CIRILO, J. A.; COSTA, W. D. **Barragem subterrânea:** experiência em Pernambuco. Petrolina: EMBRAPA, 1997. Disponível em: <www.cpatia.embrapa.br/catalogo/doc/.../4_19_Jose_Almir.doc>. Acesso em: 5 maio 2010.

COSTA, W. D. **Manual de barragens subterrâneas:** conceitos básicos, aspectos locacionais e construtivos. Recife: UFPE, 1997.

FRANÇA, F. Mavignier C.; MARQUES, Ricardo L. M. Propostas de soluções técnicas transversais do PRODHAM para mitigação dos efeitos da degradação ambiental e socioeconômica em microbacias hidrográficas do Ceará. Second International Conference on Climate Sustainability and Development in Semi-Arid Regions (ICID-2010) **Anais...**, Fortaleza, 2010.

OLIVEIRA, J. B. **Manual técnico operativo do PRODHAM.** Fortaleza: SRH, 2001.



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos