

# BARRAGEM SUBTERRÂNEA: UMA OBRA DE REDENÇÃO NO SEMI-ÁRIDO

Waldir Duarte Costa<sup>1</sup>

## RESUMO

A região semi-árida do nordeste do Brasil carece de recursos hídricos superficiais por possuir um regime de rios intermitentes que somente escoam durante alguns meses do ano. A prática comum tem sido a construção de barragens e açudes para acumular água na superfície, que, todavia, sofrem uma perda por evaporação, da ordem de 3.000 mm/ano. Além disso, essas grandes obras não favorecem ao pequeno agricultor que possui suas terras afastadas desses mananciais e assim, gera uma contínua migração para as cidades grandes, com aumento do desemprego e marginalidade. A barragem subterrânea é uma obra de fácil e rápida execução, podendo ser executada em um a dois dias, baixo custo, da ordem de apenas R\$ 2.000,00, que protege a água da evaporação, da poluição e não acarreta inundações superficiais. A sua construção em larga escala, como foi iniciada pelo governo do estado de Pernambuco nos anos 97/98, poderá representar a redenção do sofrido povo sertanejo, uma forma de fixar o homem na sua terra com reais condições de sobrevivência.

## PALAVRAS-CHAVE

HIDROGEOLOGIA - AQUÍFERO ALUVIAL - BARRAGEM SUBTERRÂNEA

## 1. INTRODUÇÃO

Na região nordeste do Brasil, os rios são quase todos *intermitentes*, escoando as águas tão somente nos períodos chuvosos. Alguns rios foram *perenizados* artificialmente em determinados trechos, através de *barragens* que armazenaram a água durante o período chuvoso, para soltá-la aos poucos durante o período de estiagem.

Nos leitos secos desses rios, ou em seus terraços aluviais, é muito comum a prática de construção de *poços amazonas* para a captação da água quando cessa o escoamento superficial, entretanto, o nível da água dentro desses poços vai diminuindo gradativamente ao longo do período seco, em função do escoamento sub-superficial (denominada de *percolação*) das águas contidas nos depósitos aluviais (ver figura 1)

---

<sup>1</sup> Geólogo, Professor titular (aposentado) da UFPE, Mestre e Doutor em Hidrogeologia, Presidente da COSTA Consult.e Serv.Tec.e Amb.Ltda. Av.Santos Dumont,320-Recife-PE-CEP: 52.050-050 Fone/FAX: (081) 3241.4815.E.mail: [waldir@costa.com.br](mailto:waldir@costa.com.br)



Figura 1 – Rebaixamento do nível da água nos depósitos aluviais

A *barragem subterrânea* consiste pois, no armazenamento das águas contidas nos aluviões dos rios, ou seja, no *aquífero aluvial* e que são alimentadas anualmente pelo escoamento superficial.

Essa intervenção que já é citada em artigos estrangeiros desde a década de 30, somente foi desenvolvida no Brasil a partir da década 80, quando dois grupos de pesquisadores, um no CT/UFPE e outro na EMBRAPA/Petrolina, passaram a pesquisar diferentes modelos dessas barragens.

A barragem subterrânea que é considerada como pioneira e que melhores resultados proporcionou, foi construída pelo grupo de pesquisadores do CT/UFPE, sob a coordenação do hidrogeólogo Waldir D.Costa, na Fazenda Pernambuco, de propriedade do Sr. Clovis Melo, localizada no município de São Mamede, na Paraíba. Essa barragem subterrânea, que mais tarde viria a ser reproduzida em mais três na mesma propriedade, vem assegurando, desde 1987, ao seu proprietário, a produção (com irrigação) de mangas numa área de 40 ha de terraços aluviais, que são exportadas anualmente para a Europa.

Esse modelo de barragem subterrânea, registrado com a denominação de COSTA & MELO, foi implantado pelo governo do estado de Pernambuco durante os anos de 1997/98, tendo sido construídas cerca de 400 barragens, distribuídas nos vários municípios do sertão e agreste daquele estado.

Atualmente, vêm sendo desenvolvidas duas dissertações de mestrado no Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFPE, sobre os mecanismos de recarga e problemas de salinização das barragens subterrâneas, o que bem demonstra o interesse que esse tipo de intervenção vem despertando para região semi-árida nordestina no ambiente acadêmico.

Grandes obras de barramentos superficiais são importantes numa região, para o abastecimento d'água de populações urbanas, para uso industrial e comercial, para uso em perímetros de irrigação e outros usos pontuais, mas jamais resolverão o problema do uso disseminado, representado por milhares de pequenos agricultores do meio rural.

A ausência de água tem sido o principal motivo da migração dos sertanejos nordestinos para as grandes cidades, tanto do sul do País como do próprio nordeste, aumentando a leva de desempregados e contribuindo para o incremento da marginalidade e da criminalidade.

A pequena obra representada pela barragem subterrânea, que representa um singular exemplo de gestão integrada de águas superficiais com subterrâneas (de baixa profundidade), poderá se constituir numa das soluções (não é a única), para esse angustiante problema, que é a fixação do homem do campo em sua terra.



## 2. CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

A implantação de uma barragem subterrânea não pode ser considerada como uma “panacéia” para solucionar todos os problemas de falta de água numa região carente desse recurso, pois, nem sempre o local pretendido reúne as condições favoráveis para esse tipo de intervenção.

Uma pesquisa para locação de uma barragem subterrânea deve levar em conta os seguintes aspectos fundamentais:

- Inexistência de demanda: se a área mais favorável for completamente desabitada, não havendo demanda para a água a ser acumulada, não faz sentido a sua construção.

- Espessura do depósito aluvial arenoso: para que haja um armazenamento aproveitável, necessário se faz a presença de sedimentos aluviais, de constituição predominantemente arenosa, em espessura de pelo menos 1,5m.

- Água não salinizada: se a água do rio já possui elevado teor de sais, não se deve construir uma barragem subterrânea, pois a tendência natural será aumentar a sua concentração salina, tornando-a imprestável ao consumo humano.

- Forte declividade do leito: se o trecho do rio possui uma declividade muito forte não é aconselhável a construção pois os volumes a serem acumulados serão reduzidos, face a pouca extensão do nível da água a montante do barramento.

- Proximidade das cabeceiras: a vizinhança das cabeceiras do rio implica em ausência de área de recarga, tornando os volumes acumulados de pouca sustentabilidade.

- Proximidade de barragens superficiais: se existe uma barragem na superfície do rio a construção de uma barragem subterrânea é totalmente desaconselhável, pois a montante os aluviões já se acham saturados e a jusante se incorre no problema anterior, de falta de uma área de recarga.

- Existência de soleiras: quando o embasamento cristalino do leito do rio é bastante ondulado formando soleiras rochosas que atravessam o rio, produzem barragens subterrâneas naturais e se torna desnecessária a construção dessa intervenção.

- Corpos de aluvião de grande largura: é muito comum nos leitos aluviais, a existência de áreas com grande largura de aluviões seguidas de áreas de reduzida largura, em seqüências alternadas, como “ventres e nós” de uma salsicha. Assim, não se deve construir uma barragem subterrânea na parte mais larga do depósito pois além de tornar a obra muito mais onerosa, vai perder toda a área a jusante que ficará sem água.

A construção de uma barragem subterrânea consiste na escavação de uma “vala” transversal ao eixo do rio, cortando todo o pacote aluvial até o embasamento cristalino, e nessa vala proceder a colocação de um septo impermeável, que pode ser de várias naturezas, tais como: argila compactada, lona plástica, tijolo e argamassa, pedra e argamassa, estacas de madeira, etc. Os tipos mais comuns de septo empregados, são o de lona plástica e de argila. A figura 2 abaixo, mostra em bloco diagrama (A) e em perfil (B) o esquema de uma barragem subterrânea.

Após a escavação, que pode ser mecanizada com trator de esteira ou retro-escavadeira, ou ainda manual, coloca-se o septo representado por camadas justapostas de argila, devidamente compactadas, ou ainda por uma justaposição de uma lona plástica na parede de jusante da barragem.

Antes de fechar a barragem com o material procedente da própria escavação, deve-se construir um poço Amazonas na porção mais profunda da vala, dotado de dois drenos (canos plásticos perfurados) que se dispõem ao longo da vala, uma de cada lado do poço Amazonas.



Após o fechamento da vala, coloca-se um enrocamento de pedras a jusante, com uma altura em torno de 0,6m, cuja finalidade é de reter um pouco a água de escoamento superficial durante o período de chuvas, facilitando desta maneira, a infiltração para a barragem subterrânea.

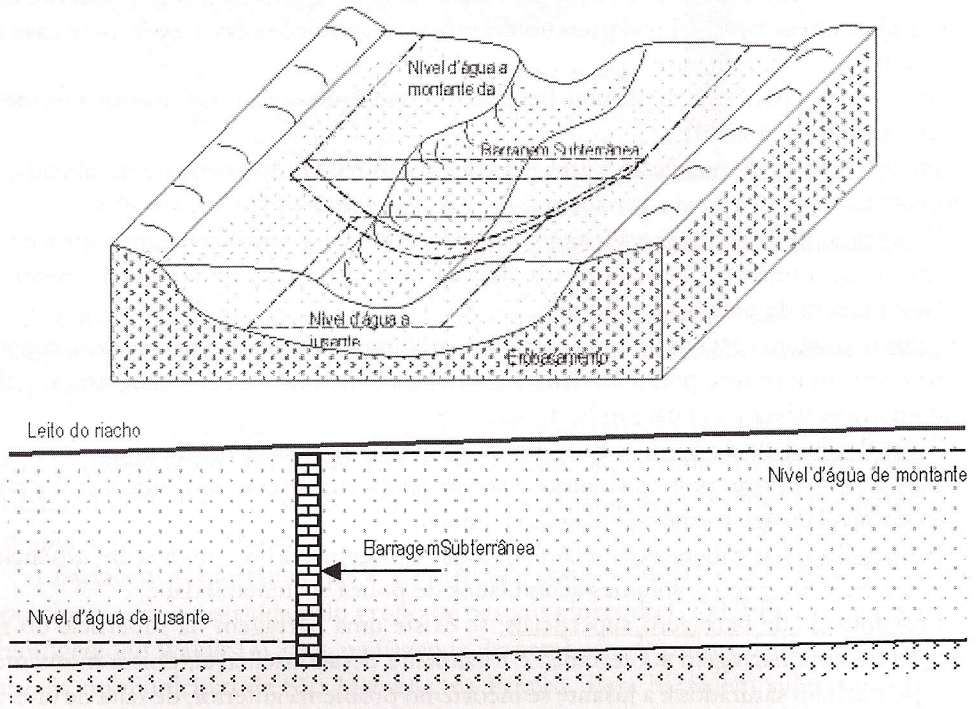


Figura 2 – Esquema de uma barragem subterrânea. (A) visão tridimensional; (B) seção longitudinal ao rio, com visão bidimensional.

Por fim, deve-se construir um poço de observação (ou piezômetro) a montante da barragem, para monitoramento da evolução dos níveis d'água durante o ano.

A figura 3 que se segue, mostra um esquema de uma barragem subterrânea, modelo COSTA & MELO.

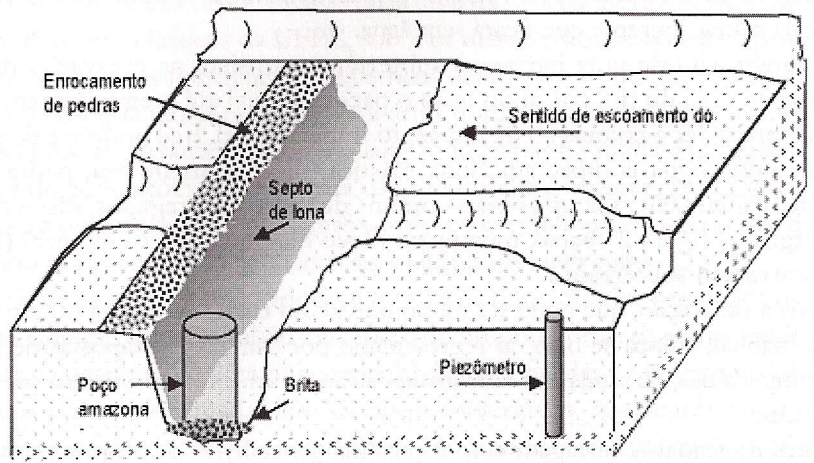


Figura 3 – Esquema de uma barragem subterrânea, modelo COSTA & MELO



Suponha-se que um vale fluvial apresente em determinada localidade as seguintes características:

a) largura média do depósito aluvial no trecho alcançado pelo barramento:

$$L = 100 \text{ m}$$

b) extensão (comprimento) da área a montante do barramento, sob influência da barragem:

$$C = 1 \text{ km}$$

c) espessura saturada média do depósito aluvial:

$$E = 2 \text{ m}$$

d) coeficiente de porosidade eficaz médio do sedimento aluvial:

$$\mu = 15\%$$

O volume de água disponível - V - será dado por

$$V = L \times C \times E \times \mu, \text{ ou:}$$

$$V = 100 \times 1.000 \times 2 \times 0,15 = 30.000 \text{ m}^3$$

Considerando um consumo médio de água na base de 60 l/hab/dia na zona rural, esse volume daria para abastecer 200 famílias durante um ano, ou ainda irrigar 5 ha durante 8 meses (considerando 4 meses chuvosos).

O custo de uma barragem desse porte fica em torno de R\$ 2.000,00.

Dentre as inúmeras vantagens para outros tipos de intervenções, especialmente para as barragens superficiais, quando a demanda exigida é compatível com o volume de água passível de ser acumulada nesse depósito, podem ser citadas as seguintes:

=> não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha umidificada para plantio, o que implica numa sub-irrigação;

=> há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na sub-superfície;

=> apresenta menor perda por evaporação, pois, não existindo “espelho d’água”, a insolação quase não atua (apenas na franja capilar);

=> as perdas por infiltração em fraturas do embasamento são muito reduzidas, pois além das diferenças de carga hidráulica a montante da barragem serem muito menor do que nos grandes volumes de água armazenados na superfície, o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo a lei de Darcy;

=> representa maior facilidade de construção, pois, sendo o septo encaixado no depósito aluvial, não exige grande espessura de parede e nem ombreiras laterais no vale;

=> pelo mesmo motivo, apresenta grande estabilidade da parede (septo) contra a erosão e nenhum risco de desmoronamento;

=> apresenta grande economicidade na construção, pois constitui uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas comparadas com àquelas de barramentos superficiais;

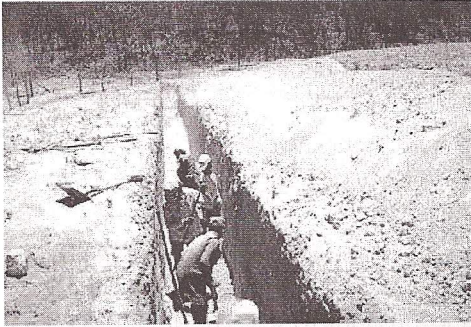
=> são de rápida construção, podendo ser executadas em um ou dois dias, quando a operação é mecanizada, ao contrário das superficiais que requerem vários dias, até anos para sua construção;



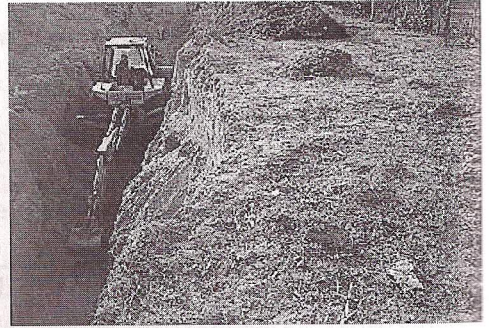
=> podem ser construídas inteiramente com mão-de-obra localizada, gerando empregos para a população beneficiada;

=> dispensa onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais.

As ilustrações fotográficas que se seguem mostram fases da construção de uma barragem subterrânea:



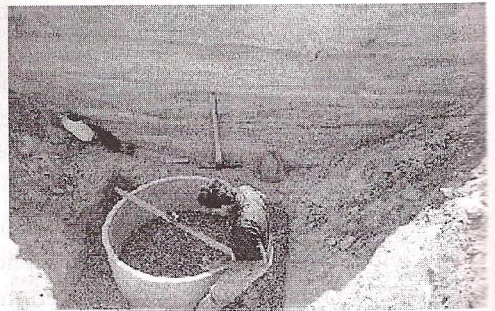
Escavação manual da vala



Escavação mecanizada da vala



Colocação da lona plástica



Poço amazonas com anéis pré-moldados



Enrocamento de pedras vendo-se o plantio de mamão a montante da barragem



### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENVENUTO,C. & POLLA,C.M. - 1982 - Aspectos geotécnicos do projeto de construção de barragens subterrâneas no nordeste. In Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 7. Recife
- BURGER,S.W. & BEHUMONT,R.D. / S.D. - Sand storage dams for water conservation. Depart.of Water Affairs, South West Africa
- CIRILO,J.A., & COSTA,W.D. - 2.000 – Barragem Subterrânea: uma alternativa a considerar. Revista ABRH Notícias, nº2, jul/2000
- COSTA,W.D. - 1984 - Aquíferos aluviais como suporte agropecuário no nordeste. Anais do 3º Congr.Bras.de Águas Subterrâneas, V.1, 431/440 - Fortaleza-CE
- COSTA,W.D. - 1986 - O aquífero aluvial e sua aplicação no abastecimento d'água. Bol.do Deptº de Geologia do CT/UFPE. Recife, PE
- COSTA,W.D.- 1987 - Pesquisa hidrogeológica visando a implantação de barragens subterrâneas em aluviões. Anais do 1º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Recife-PE
- COSTA,W.D. & MELO,P.G.de – 1990 - A subirrigação através da barragem subterrânea. In Anais do Seminário Regional de Engenharia Civil - CIVIL 90, vol.2 - Recife
- COSTA,W.D.-1997 – Manual de Barragens Subterrâneas: Conceitos básicos, aspectos locais e construtivos. Apostila com 43 páginas. Publicação restrita da Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco. Recife-PE
- COSTA,W.D., COSTA FILHO,W.D. e SANTOS,A.C – 1998 - Estudo dos aluviões do rio pajeú visando a implantação de barragens subterrâneas. In Anais do III Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste - ABAS/PE - pp 149 a 157 - Recife, 6 a 8/4/98
- COSTA,W.D. – 1998 - Barragem subterrânea: uma forma eficiente de conviver com a seca. In Anais em CD do X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – São Paulo – 9 a 12/09/98
- COSTA,W.D. – 1998 - Presa subterânea: una opcion para el semiárido. In 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subteranea – Anais, pp.553-542 – Montivideo – Uruguai
- COSTA,W.D., CIRILO,A.J., COSTA,M.R., e ABREU,G.H.F.G - O aparente insucesso das barragens subterrâneas em pernambuco. In Anais em CD do 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas – ABAS/ALSHUD/IAH – Fortaleza – 31jul/4 ago-2000
- LEITE,C.A.G. & OLIVEIRA, A.M.S. - 1982 - Viabilidade de implantação de barragens subterrâneas no semi-árido. In: Simpósio Brasileiro do Trópico Semi-Árido, Recife-PE
- MELO,P.G.de, COSTA,Waldir D., COSTA,Walter D. e PESSOA,R.J.R. - 1982 - Barragem subterrânea: obtenção de água a baixo custo. Revista Agropecuária Tropical, n.25, Recife-PE
- OLIVEIRA,A.M.S. & LEITE,C.A.G. - 1984 - Tecnologia simples para aproveitamentos de pequeno porte dos recursos hídricos do semi-árido nordestino. IPT - São Paulo-SP
- PONÇANO,W.L. - 1981 - Barragens subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: uma alternativa tecnológica para o abastecimento de água no semi-árido. In: Congr.Bras.de Geologia de Engenharia, 3 Itapema, ABGE, V.1, p.301/321
- SANTOS,J.P.dos & FRANGIPANI,A. - 1978 - Barragens submersas: uma alternativa para o nordeste brasileiro. In: Congr.Bras.de Geologia de Engenharia,2, São Paulo -SP