

BARRAGEM SUBTERRÂNEA x BARRAGEM DE ASSOREAMENTO: Aspectos construtivos e finalidades.

Waldir Duarte Costa¹

RESUMO: Na região nordeste do Brasil os cursos d'água superficiais são, em geral, intermitentes, pois uma vez cessada a precipitação pluviométrica o aquífero fissural que predomina nessa região, não restitui água para perenização dos vales fluviais. Por outro lado, as grandes barragens construídas nos rios da região vêm servindo principalmente para abastecimento humano e os proprietários rurais, localizados longe desses barramentos ficam desprovidos de água para manutenção de uma cultura de subsistência que lhe ofereça as mínimas condições de sobrevivência. Isso tem causado ao longo das últimas décadas, um êxodo da população rural para as grandes cidades, tanto nas capitais dos estados nordestinos como para a região sudeste do País. Para minimizar essa situação, pesquisadores nordestinos desenvolveram tecnologias de baixo custo e rápida execução, representadas pelas "barragens subterrâneas" e "barragens de assoreamento". Os aspectos construtivos e as finalidades de uso serão descritos no texto deste trabalho.

SUMMARY: In the northeastern region of Brazil the surface watercourses are, in general, intermittent, because once terminated the precipitation the fissural aquifer that predominates in that region, not restores water to perpetuation of river valleys. On the other hand, the large dams built on rivers in the region are serving mainly to supply human and landowners, located away from these busses are devoid of water to maintain a subsistence culture to offer the minimum conditions for survival. This has caused over the past few decades, an exodus of the rural population to big cities, both in the capital of Northeastern States as for the Southeast region of the country. To minimize this situation, northeastern researchers have developed low-cost technologies and rapid implementation, represented by the "underground dams" and "silting" dams. Constructive aspects, and the purposes of use are described.

PALAVRAS CHAVE: BARRAGEM SUBTERRANEA, BARRAGEM DE ASSOREAMENTO.

¹ Geólogo com doutorado em hidrogeologia, professor titular aposentado da UFPE e Diretor-Presidente da COSTA - CONSULTORIA E SERVIÇOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS LTDA. Av. Santos Dumont, 320 – Recife - PE, e.mail: wdcosta@ibest.com.br. Fones: (81) 3241.4815-8845.4815

1. INTRODUÇÃO

O nordeste semiárido do Brasil possui um elevado número de barragens superficiais, desde grande porte como Castanhão e Orós (CE) e Armando Ribeiro Gonçalves (RN), com acumulação da ordem de bilhões de metros cúbicos, até os chamados açudecos ou barreiros, que acumulam alguns milhares de metros cúbicos e, em geral, não suportam um período anual de estiagem, graças à elevada evaporação de 2.500 mm/ano, ou cerca de 7 mm/dia.

Além das áreas marginais do Rio São Francisco, apenas em algumas localidades situadas sobre bacias sedimentares de grande porte com bons aquíferos como no Piauí, Rio Grande do Norte e Bahia, e ainda nas áreas de vazante de açudes em torno da bacia hidráulica, vem se praticando irrigação.

Nos milhares de pequenas propriedades rurais, o agricultor fica a mercê de um curto período de chuvas, para plantar a sua cultura de subsistência, como milho e feijão, todavia, com os contínuos e cíclicos períodos de estiagem ou secas, até mesmo as parcas taxas de precipitação têm falhado, provocando o êxodo dessa população rural para as áreas urbanas.

O problema maior a ser enfrentado é o de fixar o homem na sua terra, evitando o aumento de desempregados e da marginalidade nas grandes cidades. Como é impossível levar todos os pequenos agricultores para áreas em torno dos grandes açudes ou margem de rios perenes - São Francisco e Parnaíba - nem tão pouco há disponibilidade de água para levar a todos os agricultores, a solução é proporcionar meios de acumulação de água no próprio terreno do agricultor.

Com base nessa perspectiva, alguns pesquisadores desenvolveram tecnologias que já vinham sendo empregadas há mais de um século no exterior e apenas algumas experiências isoladas haviam sido registradas no nordeste do Brasil, há algumas décadas atrás.

A *barragem subterrânea* representa esse tipo de intervenção de baixo custo, simplicidade construtiva e operacional e que pode ser implantada em larga escala, desde que haja condições naturais para tal.

Enquanto isso a *barragem de assoreamento* constitui uma outra intervenção no sentido de criar depósitos de aluvião nos vales desprovidos desses sedimentos, entretanto deve ser bem distinta a finalidade desse barramento em função da sua metodologia construtiva, como será visto nesse trabalho.

Essas intervenções no leito da maioria dos rios localizados na região nordeste são viáveis e importantes em virtude de serem esses leitos fluviais completamente desprovidos de escoamento superficial durante sete a dez meses do ano, pois cessado o período de chuvas o aquífero fissural das rochas cristalinas não restitui água para os cursos fluviais a fim de a sua perenização.

2. CONCEITUAÇÃO

Em termos de barramento, relacionado especificamente a barramento de água para acumulação, devem ser distinguidos os diversos tipos e/ou modelos, como se segue:

- a) Barragem superficial é um barramento executado num curso d'água – rio ou riacho – com a finalidade precípua de armazenar água para consumo, geração de energia, ou regularização do curso hídrico. A água acumulada a montante da barragem recebe designações variadas, como açude, bacia hidráulica, reservatório hídrico, etc. (figura 1) Quando o barramento é insignificante, gerando um reservatório que dificilmente se torna plurianual, designa-se geralmente de barreiro (figura 2).



Figura 1- Barragem do Açude de Orós/CE



Figura 2 – Barreiro revestido de cimento

- b) Barragem subterrânea constitui um barramento verificado no depósito aluvial de um rio ou riacho, com a finalidade de deter o fluxo subterrâneo após cessado o escoamento superficial, proporcionando a montante do barramento um reservatório subterrâneo que pode ser explorado por uma obra de captação (figura 3).



Figura 3 – Abertura da vala a esquerda e colocação da lona impermeável para construção da barragem subterrânea.

- c) Barragem de assoreamento é construída no leito de um rio desprovido de aluvião ou com reduzida espessura de detritos, podendo ser de dois tipos, com finalidades distintas: com parede permeável e com parede impermeável. No primeiro caso, a barragem destina-se apenas a criar um depósito de aluvião para aumentar a área de plantio ou ainda com a finalidade de evitar o assoreamento de açudes localizados a jusante, diminuindo a sua capacidade de acumulação de água; enquanto isso a barragem de assoreamento impermeável além das finalidades apresentadas pela barragem permeável, possui ainda um objetivo maior que é o de acumular água no depósito a ser formado. Em ambos os tipos de barragem o assoreamento pode se verificar de modo natural pela deposição de detritos transportados pelo rio ou de modo artificial, com transposição de material detrítico de outras localidades (figura 4).



Figura 4 – Barragem de assoreamento natural à esquerda e artificial à direita

3. CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

3.1 - Locação da barragem

Alguns pré-requisitos devem ser observados para que se obtenha sucesso na obra, tais como:

3.1.1 – 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 pontos de coleta deve-se informar com a população local sobre a condição de uso da água pelo homem e por animais.

3.1.2 – 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 2,0 m de espessura para justificar a implantação de uma barragem subterrânea.

3.1.3 – Granulometria da aluvião

A 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 por trado, uma predominância de areias sobre as frações mais finas.

3.1.4 – Presença de água

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:

- a) 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 a montante.
- b) 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 saturada à montante, que é conhecida popularmente como “reversa” do açude.

3.1.5 – Inclinação do terreno

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

3.1.6 – Área de recarga

O barramento deve ser feito num trecho do rio ou riacho que disponha de pelo menos 1 km de extensão a montante, com aluviões, para proporcionar uma recarga natural, na medida em que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada.

3.1.7 – Estreitamento do vale

A área a acumular deve ser a mais larga possível, porém o local a ser barrado deve ser estreito para diminuir os custos com a escavação e 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 a jusante, e que poderia ser aproveitada como reservatório.

3.2 – Etapas de construção da barragem

3.2.1 – Escavação da vala

A escavação da trincheira ou vala pode ser efetuada de duas maneiras: mecanizada ou manual. Se mecanizada, pode ser aberta com um trator de esteira ou com uma retro-escavadeira, sendo essa última mais indicada quando o nível da água está elevado. A escavação deve ser efetuada perpendicularmente ao escoamento do rio, com percurso aproximadamente reto e atingir o embasamento rochoso em toda a sua extensão.

3.2.2 – Colocação do septo impermeável

O septo impermeável pode ser construído com argila, lona plástica ou em alvenaria, sendo que a lona plástica constitui o método mais rápido e mais barato de construção, pois em pouco mais de uma hora se terá concluído a operação (figura 5); a posição que a lona irá ocupar na trincheira será invariavelmente no lado oposto ao sentido do fluxo das águas superficiais.



Figura 5 – À esquerda colocando o septo de argila e à direita a lona impermeável e em outra barragem.

3.2.3 Construção do poço amazonas

Antes de fechar a trincheira já impermeabilizada pelo septo, deve-se aproveitar a sua abertura para construir um poço amazonas, mais conhecido como cacimbão. O poço amazonas pode ser construído em alvenaria de tijolos ou com tubos pré-moldados de cimento (preferencialmente semi-poroso), como mostra a figura 6.



Figura 6 – Poço amazonas em alvenaria à esquerda e com tubos de concreto à direita

A construção do poço amazonas junto e a montante do septo impermeável, e na porção mais profunda da trincheira, é uma condição imprescindível, pois além de servir para captação a água armazenada irá proporcionar condições para monitorar o nível da água no depósito aluvial, na medida em que se vai explotando o aquífero.

3.2.4 Enchimento da vala

Uma vez concluídos o septo impermeável, o poço amazonas e os drenos, pode-se encher totalmente a trincheira com o material dela retirado. O seu enchimento pode ser mecanizado ou manual, dependendo de que processo se utilizou para a sua escavação.

3.2.5 Colocação do enrocamento

Estando a superfície do terreno já completamente aplainada após o enchimento da trincheira, coloca-se um enrocamento de pedras arrumadas, sem rejuntamento de qualquer natureza. O enrocamento deve possuir uma altura de no máximo 0,5 m, pois a sua finalidade não é de barrar inteiramente o curso d'água e sim, proporcionar uma retenção parcial de suas águas a fim de facilitar a infiltração para o subsolo a montante do barramento. Considerando a finalidade de proporcionar uma maior infiltração de água, esse enrocamento não pode ficar situado a montante da barragem subterrânea e sim a jusante da mesma. Na ausência de pedras na localidade, o enrocamento poderá ser construído com sacos cheios de areia ou ainda com pneus usados.



Figura 7 – Enrocamento de pedras à esquerda e com sacos de areia à direita

3.3 – Uso da água da barragem subterrânea

A água acumulada no depósito aluvial em função de uma barragem subterrânea pode ter os seguintes usos:

a) Irrigação e sub-irrigação

A prioridade do uso da água contida nas barragens subterrâneas tem sido a irrigação de culturas de subsistência, principalmente a horticultura e a fruticultura. Quando o plantio é realizado nos terraços aluviais a irrigação é efetuada através do bombeamento em poços e quando o mesmo se localiza na calha aluvial ocorre um processo de sub-irrigação, isto é as plantas captam diretamente água por suas raízes que atingem o nível do aquífero freático.

b) Dessedentação de animais

Através do bombeamento dos poços amazonas localizados no depósito aluvial a montante da barragem, a água é conduzida para bebedouros de animais.

c) Consumo humano

A água captada nos poços é aduzida para reservatórios de onde é distribuída aos usuários por rede domiciliar ou chafarizes, para consumo humano.

d) Recarga do aquífero fissural do embasamento cristalino

As fraturas do embasamento cristalino são alimentadas por água acumulada no depósito aluvial o que representa uma recarga contínua ao aquífero aluvial na área de influência da barragem subterrânea. Um caso específico pode ser citado, na Estância Alvarenga no município de Bezerros/PE, onde existia um poço perfurado no aquífero fissural com 55m de profundidade num vale fluvial, e a sua água era salinizada além de não manter uma vazão constante; após a construção de uma barragem subterrânea na localidade (ficando o poço a montante da barragem), a salinidade da água do poço baixou consideravelmente e a vazão ficou assegurada continuamente.

4. BARRAGEM DE ASSOREAMENTO

4.1 – Os diferentes tipos de barragens

A construção de uma barragem de assoreamento deve, em princípio, levar em conta a sua finalidade, pois se ela se destina apenas a formação de solos a sua parede não será impermeável, sendo construída com ajuntamento de pedras sem qualquer rejunte; se a sua finalidade é acumular

água, a parede deve ser totalmente impermeável e a sua construção requer um adequado rejunte entre os blocos de pedra ou de tijolos (figura 8).

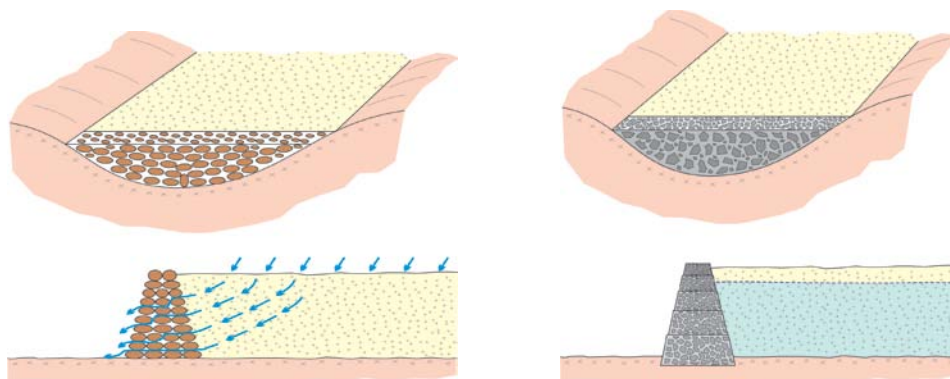


Figura 8 – À esquerda uma barragem de assoreamento permeável e à direita outra impermeável

As barragens de assoreamento são geralmente preenchidas naturalmente, pela deposição dos detritos transportados pelo rio, entretanto pode ser construída artificialmente, como o caso da barragem de assoreamento construída pelo Sr. Jonas Alvarenga em sua propriedade no município de Gravatá/PE. Num vale estreito e desprovido de aluvião o proprietário construiu uma parede de pedra rejuntada por cimento, inclusive com armação metálica, construiu um poço amazonas dotado de catavento e depois encheu o reservatório com areia trazida de outra localidade, como mostra a sequência de fotos da figura 9.



Figura 9 – À esquerda aspecto do vale antes da intervenção; no centro detalhe da construção da barragem de pedra com armação metálica; à direita o enchimento do reservatório com areia, vendo-se o poço amazonas dotado de catavento para bombeamento da água a ser acumulada.

4.2 – Usos da barragem de assoreamento

Quando a barragem de assoreamento é construída sem impermeabilização o seu uso se destina tão somente ao plantio de culturas que sobrevivem com pouca água e ainda é utilizada para evitar o assoreamento de barragens superficiais localizadas a jusante. Se a barragem é impermeabilizada o seu uso é o mesmo da barragem subterrânea, ou seja, um uso múltiplo.

5. DIVERGÊNCIA ENTRE BARRAGEM SUBTERRÂNEA E BARRAGEM DE ASSOREAMENTO.

Inexiste qualquer divergência entre os dois tipos, pois uma barragem de assoreamento somente é construída em locais onde não há condições para realização de uma barragem subterrânea e vice-versa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, G.H.G.de – 2001 – *A função da barragem subterrânea como obra de convivência com a seca*. Dissertação de mestrado defendida na Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica da UFPE
- 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., ABREU, G.H.F.G.de; E COSTA, M.R. – 2000 - *Barragem Subterrânea: Uma Alternativa A Considerar*. Revista da ABRH Nº 2 – jul/2000
- COSTA, C.T.; PUERARI, E.M.; E CASTRO,M.A.H.de – 2002 – *Barragem Subterrânea: A experiência do Ceará*. Anais do XII Congr.Bras.de Águas Subterrâneas – ABAS – Florianópolis.
- COSTA, M.R.de – 2002 – *Avaliação de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas*. Dissertação de mestrado defendida no Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica da UFPE
- 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. – 1987 – *Água para Plantar*. Cartilha para o agricultor. Editada em 1ª. edição pela SECTMA, Recife-PE e reeditada (em cores) pelo SEBRAE em 2000, em Fortaleza-CE
- COSTA, Waldir.D.; COSTA, Walter D. e LIMA,C.N. -1988 – *Presas subterrâneas: opción para el semiárido*. Revista Agricultura de las Américas; Nº6, Año 47, Keller International Publishing Corporation, New York, E.U.A.
- COSTA,W.D.; CIRILO,J.A.;ABREU,G.H.F.G.de; E COSTA,M.R.- 2.000 - *O Aparente Insucesso Das Barragens Subterrâneas Em Pernambuco* - Anais em CD do 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas – ABAS/ALSHUD/IAH – Fortaleza – 31jul/4ago-2000
- COSTA, W.D. – 2001 - *Barragem Subterrânea: Uma Obra De Redenção No Semi-Árido*. Anais em CD do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste – Recife/PE –14/17-10-01
- 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
- SAUERMANN,H.B. - 1966 - *Water storage in sand-filled dams*. Nat.Mech.Eng.Res.Inst. - South Africa
- SILVA,A.S. & PORTO,E.R. - 1982 - *Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil*, Petrolina, CPTASA.EMBRAPA Documento nº 14.
- SILVA,1.S.; LIMA,L.T.; MACIEL,J.L. e ARAUJO,V.de P.A. - 1984 - *Alternativas de captação, conservação e uso da água para abastecimento do meio rural*. EMBRAPA - Petrolina -PE