

## O APARENTE INSUCESSO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS EM PERNAMBUCO

**Waldir Duarte Costa<sup>1</sup> ; José Almir Cirilo<sup>2</sup> ; Gustavo Henrique F.G.de Abreu<sup>3</sup> . & Margarida Regueira Costa<sup>4</sup>.**

**Resumo** - A construção de uma barragem subterrânea quando tecnicamente bem feita representa sem qualquer dúvida, uma obra de relevância para o aproveitamento das águas que escoam nos vales fluviais, ensejando até a exportação de frutas como ocorre na Paraíba, na propriedade Pernambuca do Sr. Clovis Lima. Lamentavelmente todavia, foram constatadas vários casos em Pernambuco, de aparente insucesso dessa tecnologia simples e de baixo custo, os quais foram provocados apenas por não ter sido observada a correta metodologia de locação e de construção. Como resultado, após o período chuvoso, o poço amazonas construído no centro da barragem permaneceu praticamente seco.

Como procedimento incorreto na locação, podem ser citados a reduzida espessura do depósito aluvial, a reduzida área de recarga a montante da barragem, a declividade acentuada do substrato, a presença de soleiras rochosas no leito do rio, dentre outras.

As principais falhas na construção dessas barragens foram: em primeiro o uso de tubulões pré-moldados completamente impermeáveis em vez de tubos semi-porosos como recomendado; em segundo, não foi construído o enrocamento de pedras na superfície para reter por algum tempo a água que escoar rapidamente na superfície e facilitar a infiltração da água no depósito aluvial. Essas foram as principais falhas construtivas, entretanto outras foram cometidas, inclusive não se procedendo a um bombeamento para retirada da água durante a escavação o que acarretou a formação de uma barragem suspensa.

---

<sup>1</sup> Geólogo, Professor Titular da UFPE. Diretor-Presidente da COSTA Consult.e Serv.Tec.e Amb.Ltda. Av. Santos Dumont, 320, Afritos- Recife-PE; 50.050-050; Fone/FAX(081) 241.3715 E.mail: [waldir@costa.com.br](mailto:waldir@costa.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro civil, Professor Adjunto da UFPE – Departamento de Engenharia Civil – Grupo de Recursos Hídricos. Fone: (081) 271.8223. E.mail: [almircirilo@torricelli.com.br](mailto:almircirilo@torricelli.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro civil, estudante do Curso de Mestrado em Recursos Hídricos do Centro de Tecnologia da UFPE; Fone: (081) 99618756. E.mail: [gustavo@elogica.com.br](mailto:gustavo@elogica.com.br)

<sup>4</sup>

**Palavras-chave** - barragem subterrânea, poço amazonas, enrocamento de pedras.

## **I – INTRODUÇÃO**

### **I.1 – A ÁREA DE INTERESSE**

Nos anos de 1997/98 o estado de Pernambuco desenvolveu uma programação pioneira na região semi-árida do Nordeste, que foi a implantação de barragens subterrâneas.

Essas barragens subterrâneas foram construídas em número de 400 nas zonas do agreste e sertão, compreendendo toda a região semi-árida do estado e essa área constitui o objetivo da análise processada quanto aos resultados auferidos com o programa.

Em recente trabalho desenvolvido no Departamento de Engenharia Hidráulica da UFPE por alunos do mestrado, foram constatadas inúmeras falhas na locação e na construção dessas barragens, que comprometeram decisivamente o objetivo da sua construção.

### **I.2 – HISTÓRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO NORDESTE DO BRASIL**

O emprego dessa tecnologia singela de utilização de recursos hídricos não vem sendo, infelizmente, devidamente difundida na região nordestina, como de resto, em todo o país, se bem que, no sul, a relativa abundância de águas superficiais, em regime de escoamento perenizado, dispensa a utilização de métodos não convencionais.

No Nordeste, talvez em todo o Brasil, o primeiro estudo visando abastecimento hídrico e que indicou a alternativa de uma barragem subterrânea, foi executado pela UNESCO, para o 1º Batalhão de Engenharia do Exército, em 1959, no município de Carnauba dos Dantas, Estado do Rio Grande do Norte. O engenheiro Pierre Taltasse elaborou um estudo hidrogeológico específico e projetou o que seria a primeira barragem subterrânea do Brasil, que, todavia, jamais chegou a ser construída.

A primeira barragem subterrânea que se tem notícia no Brasil foi construída pelo DNOCS, em 1965, no depósito aluvial do Rio Trici, contribuindo para o abastecimento d'água da cidade de Tauá, no Ceará, não se tendo conhecimento da metodologia utilizada nem da atual situação dessa obra.

No início da década 80, dois grupos de pesquisa iniciaram, simultaneamente, estudos sobre esse tema, o primeiro, no Centro de Tecnologia da UFPE, e o outro na CPATSA/EMBRAPA em Petrolina/PE, elaborando cada um, diferentes modelos de barragens

subterrâneas com divulgação em publicações específicas. O grupo da CPATSA/EMBRAPA chegou a efetuar algumas experiências de campo com o seu modelo.

Em meados da década 80, o IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo elaborou estudos e construiu barragens subterrâneas nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, respectivamente no rio Palhano (Bacia do Rio Jaguaribe) e rios das Cobras e dos Quintos (Bacia do Rio Seridó). A montante de cada uma dessas barragens, construiu uma cacimba para monitorar a qualidade da água; o resultado desse monitoramento revelou um contínuo aumento da salinidade, plenamente justificável, desde que as águas dessas barragens não foram explotadas e conseqüentemente não foram renovadas.

Em 1986 a Minérios de Pernambuco S/A executou três pequenas barragens subterrâneas no alto sertão de Pernambuco, todavia por se localizarem nas cabeceiras de pequenos riachos, com reduzidas áreas de captação, jamais chegaram a armazenar água. O septo dessas barragens foi construído em alvenaria de tijolo, com extensões da ordem de 10 a 15m.

Ainda em 1986, o Sr. Clovis Lima, proprietário da fazenda Pernambuca localizada no município de São Mamede na Paraíba, tendo visto em suas viagens pelo exterior, barragens subterrâneas construídas em aluviões de rios sendo usadas para irrigação, resolveu construir uma em sua propriedade, tendo para tanto contratado os serviços de uma equipe de pesquisadores da UFPE, sob a coordenação do geólogo Waldir D.Costa. Uma vez realizados os estudos hidrogeológicos foi dimensionada e construída a barragem subterrânea e respectivas obras complementares que ensejariam ao seu proprietário a implantação de um programa intensivo de irrigação, contando com um volume de água acumulado no depósito aluvial da ordem de  $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Após a implantação de todas as obras recomendadas, adotou-se ainda um método de irrigação de maior eficiência, a micro-aspersão, que permitiu a irrigação de 46 ha de fruticultura, além de milho, feijão e capim na calha viva, por sub-irrigação. Decorridos já 14 anos da implantação do projeto, o Sr. Clovis Lima se constitui em um dos exportadores de frutas para a Europa e ainda cria gado sob regime de confinamento, não faltando a pastagem e a água oriunda também de duas barragens subterrâneas.

Em 1988, foi assinado um contrato entre a EMOPER - Empresa de Obras do Estado de Pernambuco e a ATEPE-Associação Tecnológica de Pernambuco, vinculada ao CT/UFPE, através do qual foram elaborados estudos sob a coordenação do pesquisador Waldir D.Costa que resultaram na locação de 10(dez) barragens subterrâneas, distribuídas

nos municípios de Flores, Serra Talhada, Verdejante, Sítio dos Moreiras, Salgueiro, Serrita, Parnamirim, Granito, Exu, Bodocó e Ouricuri.

Em 1995 o DNPM contratou à COSTA Consultoria um estudo sobre aluviões na bacia hidrográfica do Rio Pajeu, visando a implantação de barragens subterrâneas; os estudos efetuados incluindo foto-interpretação, análise de campo, análise da condutividade elétrica das amostras de água, sondagens e ensaios de permeabilidade, resultaram no projeto de 7(sete) barragens subterrâneas, com profundidades entre 3 e 5m.

A partir de 1995, na região de Ouricuri, alto sertão de Pernambuco, uma organização não governamental denominada de CAATINGA, vem prestando ajuda aos agricultores locais através de introdução de técnicas agrícolas visando obter melhorias na produção agrícola. Uma das técnicas introduzidas por esta organização foi a de construção de barragens subterrâneas, para uso como sub-irrigação de culturas de curto ciclo como feijão, milho e até mesmo arroz, pois os barramentos que executam são em parte subterrâneo, com escavação de trincheira e preenchimento com terra compactada, e em parte superficial, com um enrocamento de pedras arrumadas, com altura da ordem de 0,5m. O barramento superficial propicia um encharcamento do terreno, oferecendo assim condições para a cultura do arroz; um pouco mais distante da área inundada, são plantadas as demais culturas, inclusive árvores frutíferas e capim para o gado.

Apesar da euforia dos pequenos agricultores da região que vêem nesses barramentos a possibilidade de aumento das suas safras agrícolas, estão infelizmente correndo sérios riscos a médio prazo, com a possibilidade de salinização dos seus solos, tornando-os impróprios para as culturas que vêm desenvolvendo. Com efeito, esses barramentos subterrâneos não estão sendo controlados quanto a qualidade da água armazenada, nem também possuem poços para bombeamento da mesma, permitindo a sua renovação anual. Se as águas dos riachos que escoam naquela região já possuem alguma salinidade, deverão progressivamente sofrer uma maior concentração, salinizando os solos da área.

A partir de 1996, a SECTMA, tomando por base principalmente as experiências do consultor Waldir D.Costa, autor do método COSTA & MELO, que melhor se adaptou na região nordeste por seu baixo custo, simplicidade e rapidez de execução, desencadeou uma campanha de construção de barragens subterrâneas, com a construção inicial de seis barragens experimentais no município de Caruaru. Tendo comprovado a eficácia do sistema, a SECTMA adotou a obra como uma das soluções viáveis para fixar o homem no campo, a partir da reserva de um volume de água que pudesse viabilizar uma cultura familiar de

subsistência. Dentro dessa ótica, executou 5.000 barragens subterrâneas, nas regiões agreste e sertão do Estado de Pernambuco

## **II – A CORRETA LOCAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**

### **II.1 – A LOCAÇÃO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**

Apesar da simplicidade com que se reveste uma obra de barragem subterrânea, ela não pode ser considerada uma “panacéia” para ser utilizada em qualquer lugar, sob pena de incorrer nos riscos de não armazenamento de água ou ainda de salinização.

Para que a obra seja adequadamente localizada necessário se faz um trabalho prévio de consulta a base cartográfica, geológica e a aero-fotos e depois, uma análise de campo.

No mapa plani-altimétrico procura-se analisar o relevo da área e a drenagem superficial a fim de localizar as melhores áreas de baixios com declividades mais suaves. Também se poderá ter uma idéia sobre a existência de obras hídricas na superfície que torne desnecessária a execução de uma barragem subterrânea.

No mapa geológico procura-se evitar as áreas representadas por bacias sedimentares que se tornam impróprias para a construção de barragens subterrâneas devido a permeabilidade do substrato do depósito aluvial.

As aero-fotos são muito importantes pois permitem com mais precisão analisar as dimensões dos depósitos aluviais, os estrangulamentos que favorecem a implantação da barragem, a extensão do depósito aluvial a montante além de outros aspectos relacionados ao relevo e a litologia, tais como a presença de soleiras rochosas no leito do rio.

De posse das observações preliminares, contendo já marcadas em mapa algumas opções para análise de campo, segue a etapa de observações “in situ”.

Nos possíveis locais a analisar no campo, deverão ser observados a espessura e a composição do depósito aluvial, a existência de elementos impróprios como soleiras rochosas no leito do rio, barramentos superficiais que já promovam a elevação do freático ou diminua a área de recarga, a declividade do terreno, dentre outros aspectos.

### **II.2 – A CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**

O modelo COSTA & MELO que é o mais eficiente, de mais rápida construção e de menor custo, consta do seguinte procedimento:

- Escava-se uma vala transversalmente ao leito do rio até alcançar o substrato rochoso; essa escavação pode ser manual ou mecanizada com trator de esteira ou retro-escavadeira;
- Reveste-se a parede da vala que fica oposta ao sentido de escoamento do rio com uma lona plástica para formar o septo impermeável; também pode ser construído o septo com uma deposição de argila dentro da vala;
- Forra-se o leito rochoso na parte mais profunda, com uma camada de brita de 0,3m de espessura numa área circular com pelo menos 2m de diâmetro;
- Colocam-se os tubulões de anéis semi-porosos de cimento, um superposto ao outro até chegar na superfície, ficando pelo menos 0,5m acima da superfície; o conjunto formará o poço amazonas; essa construção também poderá ser feita com tijolo e argamassa desde que se mantenha furos para entrada d'água na parede;
- Tubos plásticos perfurados ou ranhurados devem ser colocados ao longo da vala (um para cada lado) e encaixados no depósito de brita (abaixo do poço amazonas),
- Fecha-se a vala com o mesmo material dela retirado, sem qualquer compactação;
- Constroi-se um enrocamento de pedras a jusante da barragem.

Alguns aspectos construtivos são imprescindíveis ao sucesso do barramento e desempenham papel específico no processo. Assim é que o poço amazonas que se recomenda construir a montante da barragem possui as seguintes funções:

- 1º – serve para captar a água armazenada utilizando-a para os diversos fins;
- 2º – constitui um importante instrumento de monitoramento quantitativo e qualitativo da água armazenada na barragem, pois permite acompanhar o rebaixamento de nível da água com o tempo, na medida que se vai explotando o manancial e também verificar se está havendo aumento da salinidade da água na medida que o reservatório vai diminuindo de volume;

3º – permite um efetivo controle da qualidade da água, pois ao chegar próximo do período de chuvas, poderá ser efetuado um bombeamento intensivo no poço para exaurir o aquífero e permitir a renovação da água.

Quanto ao enrocamento de pedras, a sua função é importante pois permite a retenção da água de escoamento superficial durante algum tempo favorecendo assim a infiltração da água no sub-solo. As chuvas do nordeste são, na maior parte das vezes, de regime torrencial com escoamento muito rápido e curto período de duração o que dificulta muito o processo de infiltração para recarregar os aluviões, podendo, até nem ocorrer acumulação em determinados eventos pluviométricos.

### **III – ERROS COMETIDOS EM ALGUMAS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS CONSTRUÍDAS EM PERNAMBUCO**

No levantamento efetuado em algumas bacias hidrográficas do semi-árido de Pernambuco, após as chuvas ocorridas em 99, constatou-se que enquanto algumas barragens subterrâneas acusavam um bom volume de água acumulada nos aluviões a montante do septo impermeável, outras acusavam baixos volumes e até mesmo se encontravam praticamente secas.

Foi procedido então uma análise das causas que provocaram os insucessos de algumas dessas barragens, pois a eficácia do processo em si já está plenamente comprovada nos locais onde o processo se desenvolveu corretamente, como por exemplo, a barragem de São Mamede que já perdura por quase 15 anos, proporcionando condições até de exportação de frutas ao seu proprietário.

As causas do “aparente insucesso” das barragens subterrâneas podem ser divididas em dois grupos: erros de locação e erros de construção.

#### **III.1 – ERROS DE LOCAÇÃO**

Os principais erros cometidos na locação da barragem foram os seguintes:

- **Construção da barragem nas cabeceiras do riacho:**

Algumas das barragens subterrâneas foram construídas nas cabeceiras do riacho, onde a área de contribuição era quase nula, quer por possuírem essas áreas uma declividade

mais acentuada favorecendo um rápido escoamento, quer por não possuírem espessura suficiente de aluviões.

- **Reduzida espessura de aluviões**

Para que se tenha um volume considerável de água acumulada deve-se ter uma espessura mínima de aluvião (no local mais profundo) da ordem de 2 m. Para isso é que se deve durante a pesquisa de campo, efetuar alguns furos de trado a fim de verificar a espessura do depósito aluvial bem como a sua composição granulométrica.

Na foto ao lado – Figura 3.1 – verifica-se a construção na fase terminal de uma barragem subterrânea vendo-se a lona já colocada. Pela altura dos homens que nela estão trabalhando, constata-se que a máxima espessura não ultrapassa de 1m o que acarretará um volume acumulado irrisório.



**Figura 3.1** – Construção de uma barragem subterrânea rasa.

- **Aluvião predominantemente argiloso**

Quando o aluvião é predominantemente argiloso a água infiltrada não é facilmente liberada e o depósito mesmo estando saturado não fornecerá água.

- **Existência de barragem superficial nas proximidades**

A existência de uma obra de barramento na superfície é prejudicial tanto quando ela fica a montante como a jusante da barragem subterrânea. No primeiro caso, ela irá reter a água de escoamento superficial impedindo a recarga da barragem superficial e no segundo caso, o nível da água no depósito aluvial ficará elevado a partir do extremo da bacia hidráulica tornado praticamente desnecessária a construção de uma barragem subterrânea nessas condições.

- **Existência de soleiras rochosas no leito do rio**



Quando o embasamento rochoso é ondulado ocorrem soleiras de rochas transversalmente ao leito do rio, que afloram acima do nível superficial do depósito aluvial. Essas soleiras atuam como barragens subterrâneas naturais e portanto, a locação de uma barragem subterrânea nas proximidades das mesmas é totalmente desfavorável. Se a barragem ocorrer a jusante da soleira, não irá ter área de recarga e se a montante já encontrará o nível do freático elevado por conta do barramento natural.

- **Existência de água salinizada**

Embora a intervenção da obra da barragem subterrânea não acarrete a salinização da água desde que seja adequadamente monitorada, se a água do riacho já for salinizada a tendência natural será de aumentar a concentração salina e tornar a obra ineficiente.

A água salinizada além de não se prestar para consumo humano, podendo eventualmente ser utilizada para consumo animal, ainda tem um alto poder corrosivo como mostra a figura 3.2 acarretando destruição das estruturas prediais.



**Figura 3.2** – Corrosão na parede de tijolo provocada por água salinizada.

- **Impropriedade na locação do eixo**

O depósito aluvial é geralmente representado por faixas largas que se estreitam a intervalos variados, formando muitas vezes, uma estrutura conhecida como “salsicha”, com “ventres” e “nós”. Nessa situação, a condição ideal para a locação do eixo barrável é ao final de cada “ventre” ou seja, no início de cada “nó”, por duas razões: o eixo terá menor extensão, ficando a barragem menos onerosa, por gastar menos horas para abertura da vala e menos material (lona, pedra para enrocamento, etc) para a construção; em segundo lugar, esse posicionamento proporciona maior aproveitamento da área de montante com maior largura.

Uma das causas de insucesso foi justamente a locação do eixo barrável na porção mais larga do depósito aluvial, no que encareceu substancialmente os custos e proporcionou uma reduzida área de acumulação.

### III.2 – ERROS DE CONSTRUÇÃO

Quanto aos erros construtivos, podem ser apontados três como os mais freqüentes:

- **Ausência do enrocamento de pedras**

As poucas chuvas que caíram no semi-árido nos anos de 98/99 foram mal distribuídas no espaço e no tempo, não permitindo praticamente armazenamento nos açudes e muito menos infiltração e saturação do sub-solo.

Foi descrito acima o papel desempenhado pelo enrocamento de pedras, para reter a água do escoamento superficial e proporcionar melhores condições de infiltração, sobretudo em períodos de escassez pluviométrica.

Na maioria das barragens subterrâneas que foram construídas no semi-árido do estado de Pernambuco deixou de ser colocado esse importante instrumento, o que diminuiu muito a infiltração da água superficial para o corpo da barragem.

Na figura 3.3 observa-se um enrocamento provisório que foi tentado num riacho, com sacos cheios de areia, pela dificuldade em localizar pedras nas cercanias. Esse enrocamento teve a finalidade de melhorar as condições de infiltração naquela barragem.



**Figura 3.3** – Enrocamento com sacos de areia

- **Poços amazonas com tubos impermeáveis**

Os poços amazonas foram construídos em grande parte com anéis de concreto pré-moldado desprovidos de qualquer porosidade, o que os tornava praticamente impermeável, somente permitindo a entrada de água pelo fundo do poço.

Foi feita uma tentativa de solucionar o problema com a perfuração do poço em vários pontos, tanto por dentro como por fora do poço, nesse caso quando da escavação procedida para introdução de um dreno para aumentar a permeabilidade do maciço aluvial.

A figura 3.4 mostra o início da escavação de um dreno que partiu de montante da barragem até alcançar o poço amazonas. O dreno apresentava um declive desde a superfície até a base do poço sendo posteriormente preenchido com uma camada de cascalho com cerca de 0,3m de espessura para aumentar a permeabilidade do meio aluvial.

A figura 3.5 mostra um homem procedendo a perfuração do tubo pelo lado de fora, dentro do dreno escavado.

Uma outra solução encontrada para aproveitamento da barragem subterrânea, foi a construção de um outro poço amazonas, desta feita com tijolos perfurados, como mostra a figura 3.6.

Os tijolos perfurados são rejuntados com argamassa logo acima de uma sapata, sendo o revestimento de menor diâmetro que a parede do furo. O espaço anelar entre o revestimento de tijolos e a parede do furo é preenchido com cascalho.



**Figura 3.4 – Escavação do dreno**



**Figura 3.5** – Perfuração dos anéis do poço amazonas feita por fora do revestimento.

- **Impermeabilização parcial do septo**

Nos depósitos aluviais mais espessos e ainda com uma zona saturada d'água na época da escavação para construção da barragem subterrânea não houve, em alguns casos, a preocupação de colocar uma bomba para esgotar o depósito saturado e permitir a escavação até o substrato cristalino. Assim é que algumas barragens tiveram a lona colocada de maneira parcial em relação à espessura total do depósito aluvial.

Como conseqüência, ficou uma zona de abertura no depósito, na sua base por onde se infiltrava toda água que poderia se acumular na barragem subterrânea. A barragem



**Figura 3.6** – Poço amazonas construído com tijolos furados na porção inferior e tijolos maciços na parte superior. Observe-se a existência de cascalho colocado entre a parede do poço e o revestimento

subterrânea assim construída tornou-se uma “**barragem subterrânea suspensa**” e não cumpriu com o seu papel de reter a água de escoamento subterrâneo.

Além dessas três principais deficiências construtivas, outras ocorrem ainda como a construção do poço amazonas sem observar o local mais profundo da vala escavada; a re-colocação do material escavado sob pressão (compactação); a não colocação da camada de brita sob o poço amazonas; dentre outros.

#### **IV – CONCLUSÕES**

Pelo exposto, constata-se que várias são as falhas que vêm sendo cometidas tanto na escolha do local como na construção da barragem subterrânea, o que resulta num obra ineficiente e causa a má impressão de que a barragem subterrânea não se constitui numa intervenção útil para o armazenamento de água nos leitos aluviais.

Embora a barragem subterrânea seja uma obra de baixo custo, a sua construção indevida acarreta prejuízos financeiros além de desgastar a imagem produtiva de uma obra desse porte.

Convém lembrar que a metodologia construtiva proposta no modelo COSTA & MELO deve ser integralmente cumprida, pois a ausência de qualquer uma das fases da construção, como por exemplo a falta de enrocamento, pode comprometer todo o trabalho desenvolvido.

Torna-se necessário que sejam constituídos grupos de trabalho de pessoas que dominem a tecnologia construtiva e os problemas de locação de uma barragem subterrânea para divulgar em todo o semi-árido nordestino, os corretos procedimentos dessa intervenção no meio aluvial.

#### **VI – BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA**

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

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.; MONT'ALVERNE,A.F.;SANTOS,A.C.; e COSTA FILHO,W.D.- 1986 – Estudo de aluviões do Rio Pajeú-PE visando a implantação de barragens subterrâneas. Anais do III Simpósio De Hidrogeologia Do Nordeste, PP.149-157 – RECIFE-PE
- COSTA,WALDIR D. & COSTA,WALTER D.- 1998 – Presa subterranea: una opcion para el semiarido. Anais do 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea., pp. 543-553 MONTIVIDEU-URUGUAI
- 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
- SUDENE/MINÉRIOS DE PERNAMBUCO S/A - 1987 - Projeto Barragem Subterrânea. Relatório de circulação restrita. Recife – PE
- TIGRE,C.B. - 1949 - Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'água. Anais do Instituto Nordeste, 13-29.