

## ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA AUMENTAR A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

Luiza Teixeira de Lima Brito<sup>1</sup>, Dinarte Aéda da Silva<sup>2</sup>, Nilton de Brito Cavalcanti<sup>3</sup>,  
José Barbosa dos Anjos<sup>4</sup> e Maurício Mariano do Rego<sup>5</sup>

### RESUMO

Armazenar água em aquíferos artificiais, por meio de barragens subterrâneas, pode ser uma alternativa capaz de suprir as necessidades de água no meio rural, principalmente para consumo vegetal. Na construção dessas barragens pode-se utilizar material disponível na própria região, como argila, alvenaria, concreto ou lona plástica. Este trabalho objetivou analisar a viabilidade técnico-econômica de uma barragem subterrânea construída no município de Alexandria, RN, utilizando-se lona plástica de polietileno, confirmando-se que, mesmo na estação seca, o conteúdo de água disponível no solo foi suficiente para suprir as necessidades de água das culturas, possibilitando a exploração agrícola durante todo o ano. Nestas condições, verificou-se aumento significativo na produção das culturas de milho, feijão e arroz, quando comparada com os anos anteriores, em condições de solo e clima semelhantes. O aumento da produtividade permitiu ao agricultor comercializar o excedente da produção, aumentar sua renda familiar e dispor de restos culturais para complementar a alimentação do rebanho.

**Palavras-chave:** barragem submersa, água, polietileno, subirrigação

### TECHNOLOGICAL ALTERNATIVE TO INCREASE WATER AVAILABILITY IN SEMI-ARID REGION OF BRAZIL

### ABSTRACT

Storage of water in underground dams is an alternative to fulfill water needs in rural areas, mainly for plant use. For the construction of these dams, materials available in the region may be used, like clay, masonry, concrete and plastic canvas of PVC. This work had the objective of analysing the technical and economical viability of an underground dam built in a private farm at Alexandria-RN, Brazil, using plastic canvas of polyethylene. It could be concluded that even in a dry season the water content available in the soil was enough to fulfil the water needs of the crops, making possible to cultivate them during the whole year. In these conditions, a significant increase in the yield of maize, beans and rice was achieved in comparison to previous years in the same soil and climatic conditions. The yield increase allowed the farmer to sell the surplus production to increase his family income and to complement the food supply of his livestock with crop residues.

**Key words:** underground dam, water, polyethylene, subirrigation

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, M.Sc. Irrigação e Drenagem. EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, CP 23, CEP 56300-000, Petrolina, PE, E-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Civil, M.Sc. Irrigação e Drenagem, Dept. de Engenharia Civil, UFRN, Natal, RN - CEP 59000-000, Fone (084) 231 1266

<sup>3</sup> Administrador de Empresas, M.Sc. em Extensão Rural, EMBRAPA-CPATSA

<sup>4</sup> Eng. Agro. M.Sc. Conservação do Solo, EMBRAPA-CPATSA

<sup>5</sup> Eng. Agro. EMATER, Alexandria, RN

## INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro, com uma disponibilidade hídrica anual de 700 bilhões de m<sup>3</sup>, pode ser considerado de expressiva disponibilidade hídrica; no entanto, somente 24 bilhões de m<sup>3</sup> permanecem efetivamente disponíveis, o restante, 97%, é consumido pelo fenômeno da evaporação que, em média, atinge 2000 mm anuais, e pelo escoamento superficial (Rebouças & Marinho 1972). Nesta região, a instabilidade climática é mais afetada por sua irregularidade que pela escassez, constituindo-se num grande obstáculo à permanência do homem no meio rural, devido à falta de água até mesmo para suprir suas necessidades básicas.

Existem diferentes alternativas para a criação e exploração de reservas hídricas nesta região; reservatórios superficiais são mais usados, devido às condições geológicas que favorecem um elevado escoamento superficial; no entanto, vários condicionantes impedem o uso generalizado desta tecnologia, principalmente os custos de implantação.

Estudos desenvolvidos em regiões áridas e semi-áridas do mundo enfatizam a necessidade de se armazenar água, principalmente no subsolo, aproveitando as técnicas antigas usadas por pequenos agricultores e, atualmente, avaliadas e adaptadas para outras regiões agroecológicas, visando ao suprimento de água no meio rural (Silva & Porto, 1982).

Nos Estados Unidos, o aproveitamento dos rios para fins de irrigação impossibilitou a construção de novos reservatórios de água superficiais, fazendo-se necessário o uso de armazenamento e conservação de água no subsolo. Os primeiros trabalhos realizados sobre técnicas para o aproveitamento da água subterrânea, foram realizados na Califórnia, por volta de 1895 (Tigre, 1949 e Orev, 1980).

A construção de barragens subterrâneas com vistas à exploração de uma agricultura de vazante e/ou uma subirrigação, também foi realizada por hidrogeólogos franceses nas regiões áridas da África do Norte e no Saara (IPT, 1981).

No Nordeste brasileiro, a construção de barragens subterrâneas ocorreu no século passado, em Mossóro, RN, com ênfase a partir de 1935, através da Inspeção de Obras Contra as Secas, que tinha, como um de seus objetivos, a construção de barragens subterrâneas em rios intermitentes da região. A partir de 1954 instalou-se, em Recife, a “Missão de Hidrogeologia para o Nordeste”, através do Projeto Maior para Zonas Áridas, da UNESCO, que começou a divulgar a barragem subterrânea como tecnologia apropriada para as condições nordestinas (IPT, 1981).

Assim, o objetivo deste trabalho foi mostrar alguns aspectos técnicos e econômicos da barragem subterrânea construída com lona plástica de polietileno, a nível de produtor.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

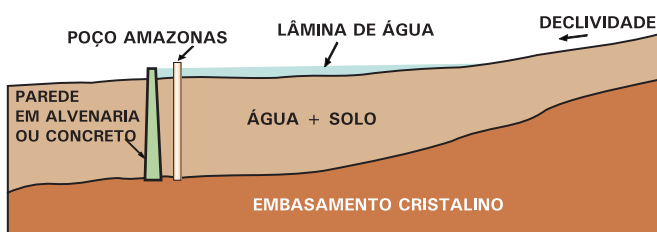
Levantamentos realizados com o objetivo de se caracterizar as barragens subterrâneas existentes nas regiões do Cariri, PB e Seridó, RN, apresentaram características diferenciadas quanto aos aspectos construtivos, empregando-se os diversos materiais da própria região: pedra e cal, barro batido, alvenaria e concreto e exploravam, basicamente, culturas forrageiras (Maciel & Silva, 1984). Em 1981, a EMBRAPA-CPATSA iniciou pesquisas

visando definir uma metodologia de manejo, testar a lona plástica na construção da parede da barragem subterrânea em linhas de drenagens naturais e explorar culturas anuais (Brito, 1989).

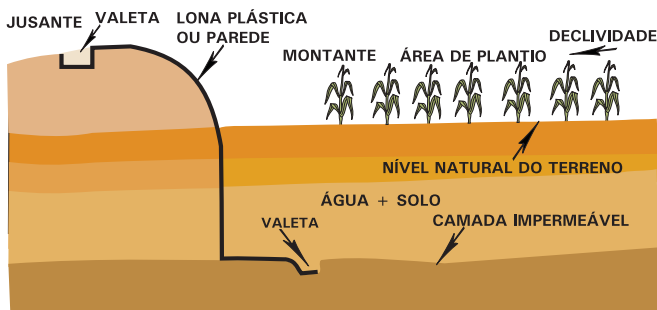
Barragem subterrânea é toda estrutura que objetiva barrar o fluxo subterrâneo de um aquífero preexistente ou criado concomitantemente com a construção de uma barreira impermeável (Santos & Frangipani, 1978).

Alguns autores (Santos & Frangipani, 1978, Monteiro, 1984 e Silva & Rego Neto, 1992) definem barragem subterrânea ou submersível aquela formada por uma parede que parte da camada impermeável ou rocha até uma altura acima da superfície do aluvião, de tal forma que na época das chuvas forma um pequeno lago a montante (Figuras 1 A e B) enquanto a barragem submersa tem sua parede totalmente no aluvião, ficando a água armazenada no perfil do solo (Figura 1 C).

A - Alvenaria



B - Lona plástica



C - Alvenaria

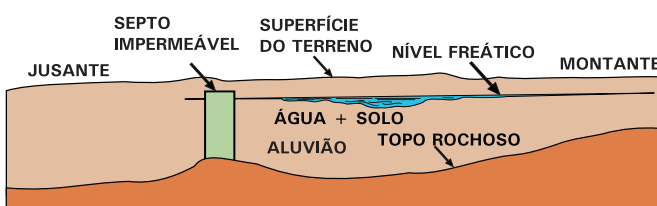


Figura 1. Diferentes tipos de barragem subterrânea

### Componentes da barragem subterrânea

Área de captação (Ac) - é a área representada por uma bacia hidrográfica, formada pelos divisores de água: topográfico e freático. 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, considerada, hoje, um grande desafio na manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo (Figura 2).

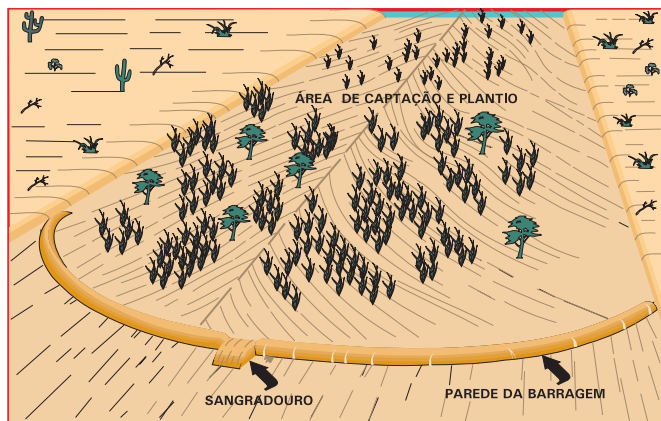


Figura 2. Vista parcial de uma barragem subterrânea

Área de plantio (Ap) - é a própria bacia hidrográfica da barragem. Com o carreamento de partículas sólidas pelas águas das chuvas, esta área anualmente vai sendo assoreada, formando camadas de solos férteis propícios à exploração agrícola.

Parede da barragem (Pa) - também denominada septo impermeável. Tem a função de interceptar o fluxo de água subterrâneo e superficial e na sua construção podem ser utilizados diversos materiais, como camadas de argila compactadas, barro amassado, alvenaria, lonas plásticas de polietileno ou PVC, concreto, ou a combinação de alguns materiais, desde que na parte de cotas mais baixa se utilize material mais resistente.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Na construção dessas barragens alguns fatores devem ser observados, como a precipitação média da região, vazões dos rios/riachos ou linhas de drenagem, granulometria dos solos da área selecionada, qualidade da água, quanto ao aspecto salinidade, capacidade de armazenamento do aquífero e profundidade da camada impermeável.

### Seleção da área

A primeira etapa consiste da seleção da área, onde se deve abrir trincheiras até a camada impermeável com o objetivo de oferecer maiores conhecimentos sobre geologia e pedologia do solo, além de detectar a presença ou não de lençol freático. De preferência, deve-se utilizar solos aluviais, não muito profundos, no máximo 3 a 4 m, textura média a grossa e declividade de até 3 a 4 %; pode-se, também, selecionar áreas em linhas de drenagem natural, conhecidas por córrego, para onde, durante as chuvas, escoam grande quantidade de água.

### Levantamento topográfico

Selecionada a área, recomenda-se realizar um levantamento planialtimétrico, em quadrículas de 20 x 20 m, para melhor se definir o local de seus componentes básicos: área de captação, área de plantio, parede da barragem e sangradouro.

### Valeta para construção da parede

No local definido para a parede da barragem, abre-se uma valeta transversal ao leito do rio ou à linha de drenagem, com profundidade até a camada impermeável e largura, que varia em função da profundidade desta camada, do tipo de solo e do

material a ser usado para a construção da parede; esta escavação pode ser manual, por meio de equipamentos simples disponíveis na propriedade, ou mecânica, usando-se máquinas.

Em aluviões muito arenosos e secos ocorrem constantes desmoronamentos dos taludes, que dificultam o trabalho; nesses aluviões, facilmente se encontra lençol freático, que deve ser bombeado para baixar seu nível e permitir a escavação até a camada impermeável.

### Alguns materiais usados na parede da barragem subterrânea

Camada de argila - A argila deve ser depositada na valeta, em camadas uniformes de no máximo 10 cm e que, após umedecida e compactada manualmente, forme camadas com aproximadamente 5 cm; não se deve utilizar a argila pura, mas um material com teor de argila que garanta baixa permeabilidade. Esse material é muito usado na construção dessas barragens pelos produtores do Rio Grande do Norte e da Paraíba, o qual é conhecido como "barro batido".

Alvenaria - Para construção da parede da barragem, os tijolos devem ser maciços, bem cozidos e isentos de sais; deve-se utilizar argamassa de cimento e areia, no traço de 1:4, com base da parede mais larga que a parte superior, na forma trapezoidal. Esta parede deve ser levantada totalmente em nível e preenchidos os espaços entre ela e o corte do talude a jusante, com o material retirado da própria escavação da valeta. A montante da parede deve ser rebocada, utilizando-se argamassa de cimento e areia (traço 1:3) e impermeabilizante (sika) diluído em água, na proporção de 1:15, para evitar infiltrações. Após este reboco, o espaço vazio entre a parede e o talude também deve ser preenchido com o mesmo material da escavação da valeta.

Pedra - Em áreas muito pedregosas, pode-se substituir os tijolos por pedra, rejuntando-a com argamassa de cimento e areia (traço 1:4); essas pedras devem ser bem arranjadas na argamassa, para evitar espaços vazios que provocam filtrações. Recomenda-se, também, utilizar um reboco com argamassa de cimento e areia (traço 1:3) e impermeabilizante diluído em água, na proporção de 1:15, para evitar filtrações. Devido à irregularidade no tamanho das pedras, normalmente utiliza-se mais mão-de-obra; de forma semelhante, os espaços entre a parede e os taludes devem ser preenchidos com o mesmo material retirado da escavação.

Lona plástica - Após aberta a valeta, recomenda-se fazer um reboco a jusante, usando-se barro e água, para uniformizar o corte do talude e evitar perfurações no plástico, através de pontas de pedra, raízes etc, reduzindo os riscos de perda de água.

Na parte inferior, a montante, deve-se abrir uma valeta na camada impermeável e uma outra na superfície do solo, a jusante, com 20 x 20 cm, para fixar as extremidades da lona plástica (Figura 1 B) usando-se a mesma argamassa de barro utilizada no reboco.

Alguns cuidados deve-se ter na colocação da lona, evitando-se principalmente tensioná-la, colocando-a sob condições de ventos brandos e baixas temperaturas, para evitar dilatação e perfuração da lona; caso isto ocorra, deve-se fazer um remendo utilizando-se um pedaço de plástico e cola apropriados para este material.

## MANEJO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

O manejo do solo e da água na barragem subterrânea tem sido muito discutido por estudiosos da área, principalmente com relação ao perigo de salinização do solo.

Para diminuir o risco de salinização dessa área, devido ao aumento progressivo na concentração de sais, recomenda-se colocar um tubo de descarga, de aproximadamente 4 polegadas de diâmetro, sobre a camada impermeável, partindo da montante, e perfurando a parede da barragem, até jusante, em cuja extremidade se deve colocar uma curva de 90° com um outro tubo, o qual funcionará como poço, podendo a água ser bombeada com frequência. Este tubo facilitará a lavagem do perfil do solo, carreando os sais dissolvidos na água da barragem e funcionando como descarga de fundo. Esta recomendação também é defendida por Costa (1999), reforçando que alguns agricultores da região que construíram barragens subterrâneas sem considerar esses aspectos, estão correndo sérios riscos, a médio prazo, com a possibilidade de salinização dos solos, tornando-os impróprios para as culturas. Outra alternativa será construir poços amazonas à montante da barragem, que permitirá a captação de água para objetivos diversos e para o esgotamento do aquífero, garantindo a renovação da água, como ilustrado na Figura 1 A.

Quando a barragem subterrânea tiver, como objetivo, o armazenamento de água para o consumo humano, deve-se atentar para o fato de não se utilizar defensivos agrícolas nas áreas à montante, evitando-se a contaminação da água.

Caso a barragem seja destinada à produção agrícola, poder-se-á preparar o solo antes do período chuvoso, ou após as chuvas, semelhante ao sistema de agricultura de vazante, onde as sementes são plantadas na curva de nível formada pela água.

## CUSTOS

Os custos de implantação de uma barragem subterrânea são variáveis, em função de fatores como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável e disponibilidade de mão-de-obra na família, entre outros; assim, apresentam-se, na Tabela 1, os custos de uma barragem subterrânea com, aproximadamente, 100 m de comprimento de parede, utilizando-se lona plástica de polietileno. Costa (1999) apresenta custos de barragens subterrâneas variando de R\$ 1.000,00 a R\$ 3.000,00, o que representa um custo de R\$ 0,033 a R\$ 0,10 por metro cúbico de água, valores estes bem inferiores aos níveis utilizados atualmente, principalmente se comparados aos custos da água consumida no meio rural nos períodos secos, a qual é transportada por carros-pipa a longas distâncias, sem se considerar os aspectos qualitativos e quantitativos.

Tabela 1. Custos de implantação de uma barragem subterrânea construída com lona plástica de polietileno

Material	Unidade	Quantidade	Custo Total (R\$)
Lona plástica, largura 4m	m	100	240,00
Tela arame	m <sup>2</sup>	30	150,00
Cimento (50 kg)	Saco	6	36,00
Areia	m <sup>3</sup>	2	10,00
Sub-total (1)			436,00
Mão-de-obra			
Servente/Pedreiro	Homem/dia	36	185,00
Sub-total (2)			185,00
Total (1 + 2)			621,00

Fonte: Adaptada de Brito et al. (1989)

## RESULTADOS A NÍVEL DE PRODUTOR

A partir de um treinamento ministrado para técnicos da Extensão Rural do Estado do Rio Grande do Norte, foi construída, em 1994, uma barragem subterrânea no município de Alexandria, RN, Distrito de Sítio Curral Velho, na propriedade do Sr. Francisco Floriano Soares, cuja área é de 29,1 ha. A região apresenta precipitação média anual de 1000 mm. As características dessa barragem estão resumidas abaixo:

- Solo: aluvião (leito de rio/riacho temporário)
- Textura do solo: média
- Parede: lona plástica polietileno
- Comprimento da parede: 193 m
- Altura da parede: 0,60 m acima do solo
- Camada impermeável: 4,0 m
- Poço Amazonas: p = 4,0 m, Ø = 2,20 m
- Recursos: governo/próprios
- Sangradouro: natural
- Área de influência: 2 ha (montante) e 1 ha (jusante) irrigado com água do poço.
- Culturas: cana-de-açúcar, arroz, algodão, batata-doce, macaxeira, milho, capim, feijão e algumas fruteiras
- Rebanho: 14 vacas, 1 touro, 2 bois de tração, 9 novilhos(as) e 4 cavalos/éguas.

A nível de produtor, tornou-se difícil acompanhar a produtividade das diversas culturas exploradas na barragem, principalmente as de subsistência, como milho e feijão, pois grande parte da produção foi consumida e/ou comercializada ainda no período de maturação. Em seu depoimento, o Sr. Francisco afirmou ter colhido em uma área de 5 ha 100 sacos de de arroz 50 kg, em 1995, correspondendo a aproximadamente, 2,5 t ha<sup>-1</sup>, enquanto nos anos anteriores colhia, na mesma área, no máximo 6,0 sacos ou 300 kg.

Em uma análise econômica simples da produtividade da cultura do arroz obtida na barragem subterrânea observa-se que, se essa produção de 5,0 t. de arroz fosse comercializada a R\$ 0,30 kg<sup>-1</sup> o produtor obteria uma renda bruta de R\$ 1.500,00; como na barragem foram investidos aproximadamente R\$ 800,00 logo resultaria numa renda líquida de R\$ 700,00 só no primeiro ano de exploração e apenas com a cultura do arroz, porém o produtor cultivou a área o ano todo com outras culturas, devido o conteúdo de umidade do solo ter sido suficiente para suprir as necessidades de água dessas culturas.

Em 1996, segundo depoimento do Sr. Francisco, a renda proveniente da venda dos produtos cultivados na barragem permitiu-lhe a compra de um kit de irrigação, possibilitando-o irrigar 1,0 ha a jusante da barragem subterrânea, com água proveniente do poço amazonas. Esses resultados demonstram a viabilidade da tecnologia a nível de produtor, como alternativa capaz de diminuir os riscos de produção na agricultura dependente de chuva e melhorar o padrão de vida do homem no meio rural.

## CONCLUSÕES

1. A barragem subterrânea é mais uma alternativa capaz de viabilizar a exploração agrícola no semi-árido brasileiro, diminuindo os riscos da agricultura dependente de chuva, com aumentos significativos da produtividade das culturas.
2. Pode ser construída extensivamente na região semi-árida brasileira.
3. Apesar de sua simplicidade, a barragem subterrânea requer alguns cuidados na construção, devendo-se observar principalmente a escavação da valeta, que deve ser até à camada impermeável e evitar problemas de salinização dos solos.
4. Em algumas regiões, técnicos e produtores necessitam de treinamentos, quanto aos aspectos construtivos e quanto ao manejo da tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, L.T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J.L.; MONTEIRO, M.A.R. **Barragem subterrânea I. Construção e manejo**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38p. Il. Boletim de Pesquisa, 36
- COSTA, W.D. **Barragens subterrâneas – uma intervenção de baixo custo para a região semi-árida nordestina**. Disponível: site IICA (13 nov. 1997). URL: <http://www.iica.org.br/Agua> Consultado em 4 fev. 1999.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo, SP. **Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste: bacias dos Rios Piranhas-Açu RN e Jaguaribe CE**. São Paulo: IPT, 1981. 56p. il. Relatório 14887
- MACIEL, J.L.; SILVA, D.D. da. **Levantamento técnico de algumas barragens subterrâneas da Paraíba e Rio Grande do Norte**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1984. n.p. Relatório
- MONTEIRO, L.C. Barragem subterrânea: uma alternativa para suprimento de água na região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza, CE. 1984. **Anais...** Fortaleza, ABAS, 1984. v.1. p.421-430.
- OREV, Y. Prolonging water-flow in Negev wades: Preliminary report on a modest experiment. **Kidma**, v.5, n.4, p.8-11, 1980.
- REBOUÇAS, A. da C.; MARINHO, M.E. **Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil**. Recife: SUDENE-DRN, Divisão de Hidrologia, 1972. 126p. BRASIL. SUDENE. Hidrologia, 40
- SANTOS, J.P. dos; FRANGIPANI, A. Barragens submersas - uma alternativa para o Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo, SP, 1978. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1978. v.1. p.119-126.
- SILVA, D.A.; REGO NETO, J. Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semi-árido. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, Natal, RN, 1992. **Anais....** Natal: ABID, 1992. v1. p.335-361.
- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1982. Documentos, 14
- TIGRE, C.B. **Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'água**. Anuário do Instituto do Nordeste, Fortaleza, CE, p.13-29, 1949.