



Barragem Subterrânea I: Construção e Manejo

BARRAGEM SUBTERRÂNEA I:
CONSTRUÇÃO E MANEJO

Luiza Teixeira de Lima Brito
Aderaldo de Souza Silva
José Lins Maciel
Marco Almiro Resende Monteiro



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico
Semi-Árido - CPATSA
Petrolina, PE.

© EMBRAPA-1989
EMBRAPA-CPATSA

Exemplares deste documento devem ser solicitados ao:
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico
Semi-Árido - CPATSA
BR 428, Km 152 - Caixa Postal 23
Telefone: (081) 961-4411, Telex 810016
56300 Petrolina, PE.

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles (Presidente)
Aderaldo de Souza Silva
Clementino Marcos Batista de Faria
Clóvis Guimarães Filho
Eduardo Assis Menezes
Marcos Antônio Drumond
Paulo César Fernandes Lima
Francisco Lopes Filho
Luiza Teixeira de Lima Brito
Severino Gonzaga de Albuquerque

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa
Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE.

Barragem subterrânea I: construção e manejo, por Luiza Teixeira de
Lima Brito e outros. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1989.

40p. ilustr. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).

Colaboração de: Aderaldo de Souza Silva, José Lins Maciel, Marco
Almiro Resende Monteiro.

1. Barragem subterrânea - Construção. 2. Barragem subterrânea -
Manejo. I. Silva, Aderaldo de Souza, Colab II. Maciel, José Lins,
Colab III. Monteiro, Marco Almiro Resende, Colab IV. Título V. Série.

CDD 333-91

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

BARRAGEM SUBTERRÂNEA I: CONSTRUÇÃO E MANEJO¹

Luiza Teixeira de Lima Brito²

Aderaldo de Souza Silva³

José Lins Maciel⁴

Marco Almiro Resende Monteiro³

RESUMO - No Campo Experimental Manejo da Caatinga da EMBRAPA-CPATSA em Petrolina-PE, foram construídas em 1982 três barragens subterrâneas sucessivas, objetivando avaliar o desempenho em linhas de drenagem natural utilizando lona plástica de polietileno como material impermeabilizante. O solo é arenoso com profundidade média de 1,0m. Após três anos observou-se que não houve variação na condutividade elétrica da água das cisternas, sendo classificada com baixo perigo de salinidade e baixa concentração de sódio, como também a lona plástica de polietileno apresentou bom nível de elasticidade. Apesar da extrema irregularidade na distribuição pluviométrica no período foram obtidos incrementos significativos nas produtividades médias das culturas. Para o caupi variou de 542 a 1093 kg/ha; o milho de 2128 a 4697 kg/ha e o sorgo de 2993 a 4531 kg/ha. Os resultados mostram que a barragem subterrânea é mais uma alternativa para incrementar a produtividade agrícola da região e viabilizar a exploração agrícola em pequenas e médias propriedades rurais, principalmente as que não dispõem de recursos hídricos para uso em irrigação convencional.

¹Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA-SUDENE/PAPP

²Enga. Agrícola, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300, Petrolina, PE.

³Eng. Agr., M.Sc., Irrigação e Drenagem, EMBRAPA/CPATSA.

⁴Eng. Agrícola, EPABA/UEP Sobradinho, BA.

Termos para indexação: água subterrânea, vazante, subirrigação, impermeabilização.

SUBSURFACE DAM I: CONSTRUCTION AND MANAGEMENT

ABSTRACT - Three successive subsurface dams were constructed in 1982 at Caatinga Experiment Station, EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, Pernambuco State, aiming at evaluating their performance in lines of natural drainage, utilizing plastic layer of polyethylene as waterproofing material. The soil is sandy with 1.0m average depth. After three years of observation, it was found that there was no variation in the electrical conductivity of the water in the cisterns being classified as low risk of salinity and low sodium content, and the plastic layer of polyethylene showed a good elasticity index. Although the extreme irregularity of the rainfall distribution during the study period, the showed significant increases in productivity. Cowpea yield ranged from 542 to 1,093 kg/ha; maize yield ranged from 2,128 to 4,697 kg/ha; and sorghum yield ranged from 2,993 to 4,531 kg/ha. The results show that the subsurface dam is another alternative for increasing the agricultural productivity in the semi-arid region and making viable this explortation in small and medium farms mainly those which do not have available water resources for conventional irrigation.

Index words: Subsurface water, Receding, Subirrigation, Waterproofing.

INTRODUÇÃO

A superfície agrícola da terra dependente de chuva, abrange 86% da área cultivada, num total de 1,37 bilhões de hectares. Destes, 243,3 milhões de hectares estão localizados na América Latina, com 61,6 milhões no Brasil, sendo 8 milhões no Nordeste (Fundação Bahiana 1984 e FAO 1982).

Segundo Saunders e Warford (1983), em 91 países em desenvolvimento, apenas 68% da população urbana e 14% da rural tinha uma adequada disponibilidade de água até 1970.

O risco da agricultura dependente de chuva e a falta de água para o consumo humano e pequenas criações são as principais causas da baixa qualidade de vida no meio rural, principalmente nas zonas áridas e semi-áridas que correspondem a 55% das terras ao nível mundial e 13% do território nacional (Silva et al. 1984c).

No Brasil, esses efeitos são mais intensos na região Nordeste, onde no meio rural um dos fatores que limitam a produção e a produtividade agrícola é a irregularidade na distribuição espaço-temporal de chuva, considerada mais grave do que sua escassez propriamente dita.

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

Uma infra-estrutura hídrica mínima que permite armazenar parte do volume de água que se perde anualmente por escoamento superficial, beneficiaria grande parte da população rural, melhorando sua qualidade de vida.

Uma das principais alternativas, em recursos hídricos, implementadas em regiões áridas para viabilizar a atividade agrícola e suprir as necessidades de consumo humano e pequenas criações é a barragem.

As barragens podem acumular água de duas maneiras: acumulação superficial e acumulação subterrânea. As barragens convencionais de derivação e vertedouras são as do primeiro tipo, enquanto que as barragens acumuladoras de maior volume de água dentro do solo agricultável e subsolo, fazem parte do segundo (Duque 1973).

Segundo Andrade (1927), Tigre (1949) e Monteiro (1984), a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica adequada para as propriedades agrícolas do Nordeste brasileiro, principalmente nas áreas de base cristalina que apresentam lençol freático.

Andrade (1927) e Duque (1973) preconizam o uso desta tecnologia, onde as terras beneficiadas pelas barragens serviriam para a exploração agrícola na época das chuvas e, principalmente, para a exploração de agricultura de vazante.

Barragens subterrâneas são obras de baixo custo e fácil operação, que podem ser construídas com a disponibilidade de mão-de-obra local e, diferentes de outros barramentos que armazenam água na superfície, não inundam terras potencialmente agricultáveis (IPT 1981).

Essas barragens subterrâneas, exploradas por agricultores há dezenas de anos no Nordeste, foram construídas em leitos de rios temporários, com o septo impermeável formado de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia, núcleos de argila compactada, ou de tijolos com argamassa de cimento e cal, visando basicamente a exploração de forrageiras (Maciel & Silva 1984).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de barragens subterrâneas construídas em linhas de drenagem natural, utilizando a lona plástica de polietileno como septo impermeável, e também o manejo de solo e água mais adequado na exploração de culturas alimentares tais como: milho, caupi e sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

. Caracterização da área

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental da Caatinga/CPATSA, em Petrolina, PE. (Latitude: 09° 05' S, Longitude: 40° 24' W e Altitude 379 m). A descrição sumária do perfil do solo da área experimental é apresentada a seguir, sendo classificada como podzólico-plano sólico, amarelo-arenoso, com profundidade média de 1,0 m (Riché, sd.). As principais características físicas são mostradas na Tabela 1.

Descrição dos principais elementos de uma barragem subterrânea.

Foram construídas em 1982 três barragens subterrâneas sucessivas, podendo-se observar pela Figura 1 que a barragem subterrânea é formada, basicamente, por área de captação e armazenamento de água (Ac), considerada também como área de plantio (Ap) e parede da barragem (Pa) (Silva et al. 1984a).

Descrição sumária do perfil do solo

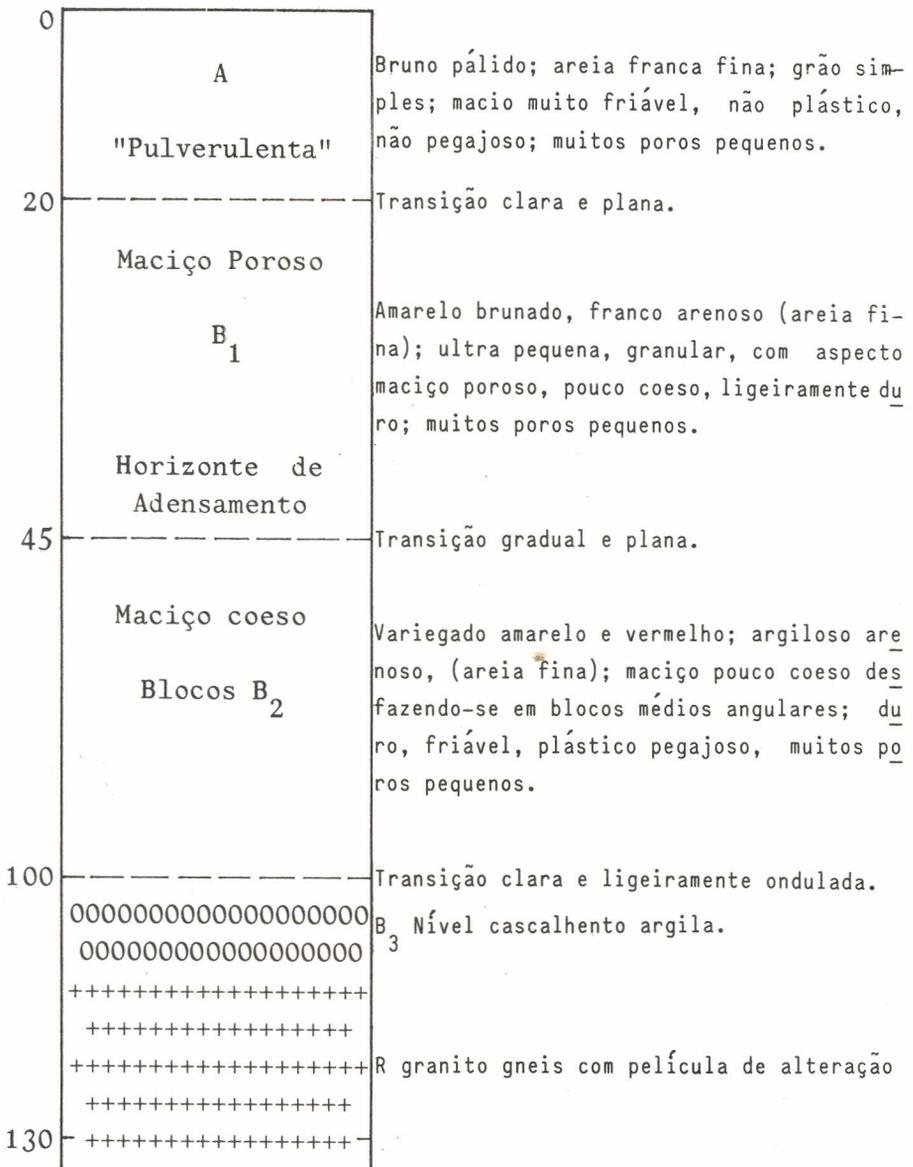


TABELA 1. Algumas características físicas do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Textura (%)			Densidade aparente (g/cm ³)	Umidade (%)	
	Areia	Silte	Argila		1/3 atm	15 atm
0 - 20	77	9	14	1,57	10,57	5,57
20 - 40	69	6	25	1,60	14,84	7,47
40 - 60	68	9	23	1,54	15,57	7,93
60 - 80	71	8	21	1,59	14,12	7,46
80 - 100	69	9	22	1,32	16,63	7,34

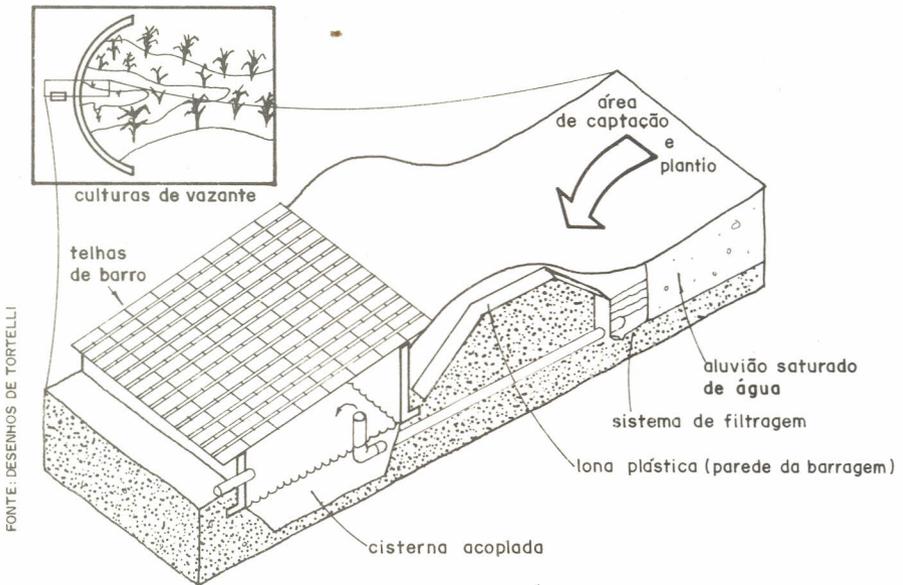


FIG. 1. Modelo esquemático de uma barragem subterrânea tipo CPATSA com reservatório a jusante (SAES-BS).

No caso em estudo foi construído um reservatório a jusante formado por um sistema de filtragem (Fi) e o tanque de armazenamento (Ta).

Área de captação (Ac) e área de plantio (Ap), é a área representada por uma pequena bacia hidrográfica formada pelos divisores de água topográfico e freático. A água proveniente da chuva precipitada nessa área é armazenada no solo dando origem a um lençol freático, sendo utilizado posteriormente pelas plantas. Com o carreamento de partículas sólidas pelas águas, esta área vai assoreando e abrangendo as circunvizinhas, permitindo um maior volume de água armazenado nos macroporos aluvionais, e simultaneamente uma maior área de plantio.

Parede da barragem (Pa), conhecida também como septo impermeável, tem a função de interceptar o fluxo de água superficial e subterrâneo, dando origem a formação e/ou elevação do nível do lençol freático. Esta parede pode ser construída em blocos de argila compactados, alvenaria, concreto, lonas plásticas, dependendo das condições locais, do produtor e da disponibilidade de material na região.

Sistema de filtragem (Fi), localizado a montante da barragem, de onde parte um tubo condutor de água até o reservatório a jusante, e formado por materiais porosos como areia grossa e fina, carvão vegetal e seixos rolados, em camadas superpostas.

Tanque de armazenamento ou Cisterna (Ta), recebe o excesso da água armazenada no subsolo da Ap através de um tubo condutor.

• **Locação e construção**

Para locação dos eixos das barragens foi feito um levantamento planialtimétrico da área em quadrículas de 20 x 20 m. Observou-se uma declividade natural do terreno no sentido longitudinal de 0,4%. No sentido transversal a área tem uma forma côncava que permitiu a seleção, auxiliada pela declividade.

Com base no estudo planialtimétrico determinou-se os eixos de locação das três barragens sucessivas, com a forma semi-circular e raio de 48 m, conforme o nível do terreno, para ocupar uma maior área, em média 1,0 ha cada (Fig. 2). Marcados os eixos abriu-se uma valeta com as dimensões de 0,80 x 150 x 1,8 m, de largura, comprimento e profundidade média até a camada de solo impermeável (Fig. 3).

A escavação foi feita manualmente, sendo parte do material jogado a montante para aterrara valeta, posteriormente, e parte, a jusante para formar uma parede de sustentação acima da camada do terreno natural com altura média de 0,80 m e nivelada. Após a escavação foi traçado o perfil da camada impermeável, nível do terreno natural e coroamento das três barragens (Fig. 4). Na parede de cada barragem foi locado um sangradouro com 5,0 x 5,0 x 0,6 m de largura, comprimento e profundidade, a partir da cota do coroamento.

Na construção do septo impermeável utilizou-se lona plástica de polietileno cujas características são mostradas na Tabela 2. As extremidades da lona foram fixadas em duas minivaletas de 0,2 x 0,2 x 150 m de largura, profundidade e comprimento, escavadas na camada impermeável e na parte superior da parede da barragem (Fig. 5).

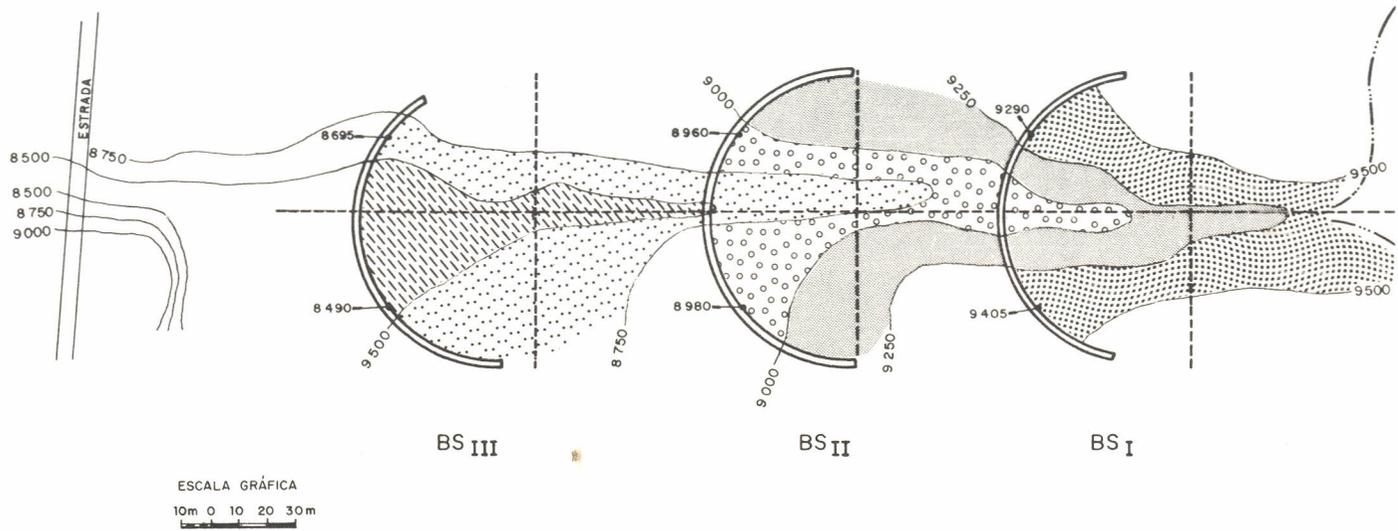


FIG. 2. Planta planialtimétrica das barragens subterrâneas tipo CPATSA (SAES-BS).

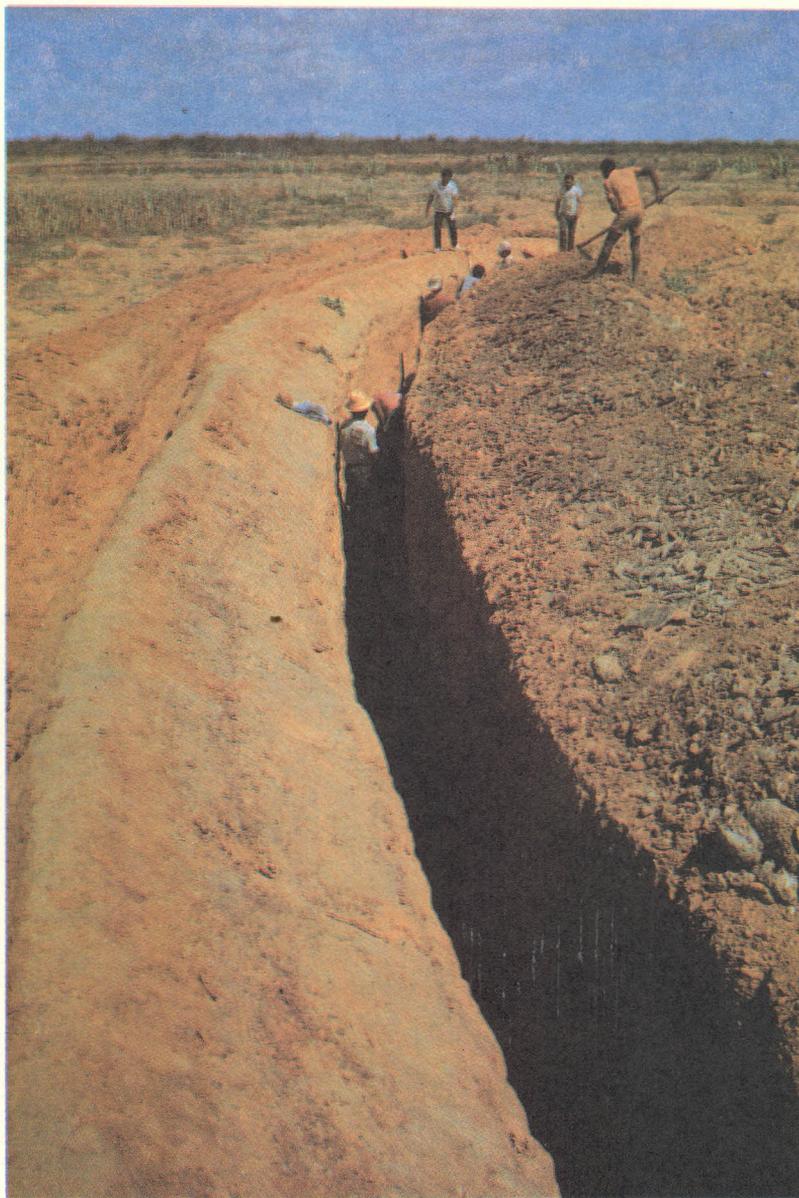


FIG. 3. Valeta de escavação da barragem subterrânea, até a camada impermeável.

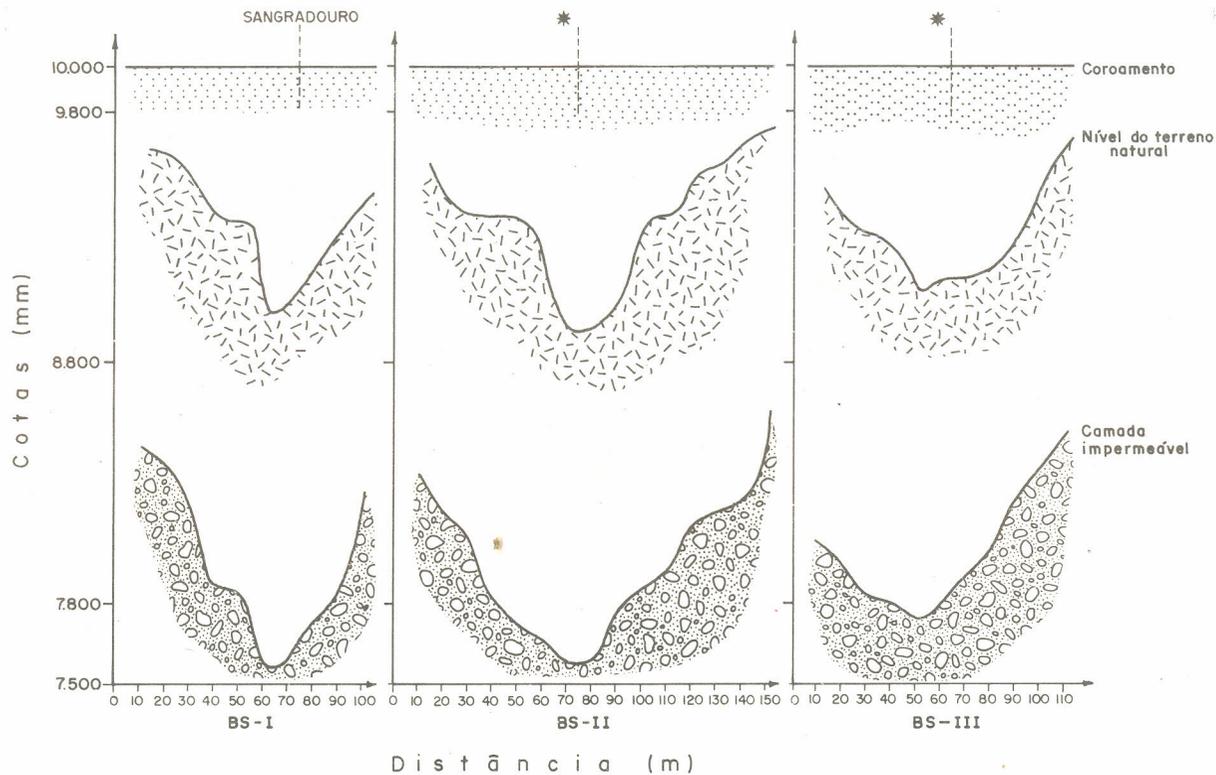


FIG. 4. Perfil da camada impermeável, nível do terreno natural e coroamento das três barragens subterrâneas.

TABELA 2 . Características da lona plástica de polietileno usada como septo impermeável.

CARACTERÍSTICAS	
Largura (m)	2, 3, 4, 5, 6, 8
Comprimento (m)	100
Espessura (mm) $\pm 15\%$	0,20 = 200 micra
Tensão de ruptura na tração: largura	150 Kg/cm ²
comprimento	160 Kg/cm ²
Alongamento de ruptura na tração: largura	850%
comprimento	750%
Cobertura de pigmentação	99,5%

FONTE: Plástico Polyfilm (1985)



FIG. 5. Septo impermeável em lona plástica da barragem subterrânea.

A lona plástica foi colocada verticalmente, aderindo a parede da valeta, sendo em seguida aterrada manualmente. No local do sangradouro, sobre a lona plástica foi colocada uma tela de arame, fio 22 com $3/4$ " de diâmetro para aderência da argamassa de cimento e areia (traço 1:4) usada no revestimento do sangradouro (Fig. 6). As extremidades da lona plástica e da tela, que atingiram a camada impermeável foram fixadas com seixos rolados e argamassa.



FIG. 6. Sangradouro da barragem subterrânea, localizado no centro da parede.

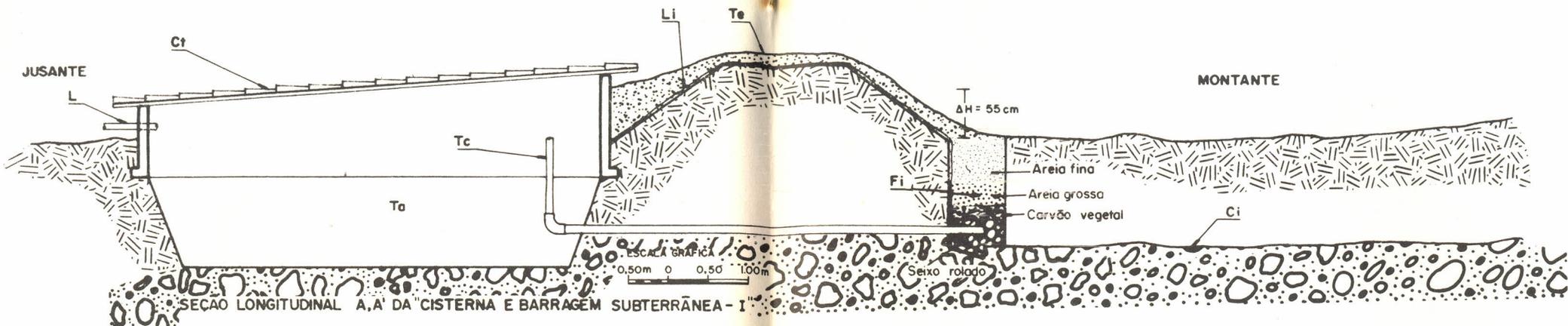
A jusante de cada barragem foi construída uma cisterna com capacidade para 30 m^3 , conforme metodologia descrita por Silva et al (1984b). A cisterna é interconectada à barragem por um tubo de PVC rígido que parte de um sistema de filtragem (seixos rolados carvão vegetal e areia fina e grossa) a montante, sobre a camada impermeável até o interior da cisterna. Nesta extremidade, acoplado a um joelho de PVC rígido foi colocado outro tubo na vertical com $0,10 \text{ m}$ de diferença de nível da cota do sangradouro da barragem (Fig. 7).

. Modelo de exploração

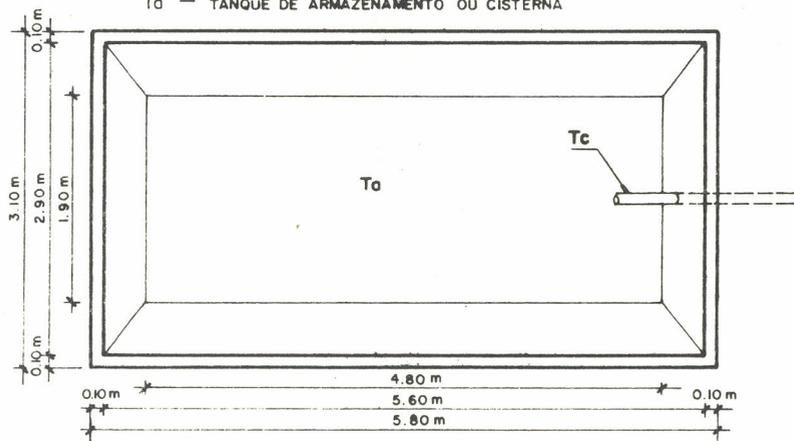
O sistema de exploração agrícola em barragem subterrânea pode ser normal, isto é, com a área de plantio (Ap) preparada antes das chuvas e no sistema de agricultura de vazante, sendo a Ap preparada e plantada durante as chuvas quando existir água armazenada superficialmente.

No primeiro ano de exploração a área foi preparada com o sistema de captação de água de chuva "in situ", método Guimarães Duque, de acordo com a metodologia descrita por Silva et al (1986).

Nos demais anos a Barragem Subterrânea I foi explorada em sistema de agricultura de vazante (Fig 8), segundo metodologia de Silva & Porto (1982), sendo a área arada e gradeada com implementos a tração animal antes do período chuvoso e sulcada durante as chuvas. As barragens II e III foram aradas, gradeadas e sulcadas, em nível, com implementos a tração animal, com espaçamento de $0,75 \text{ m}$ entre sulcos, antes das chuvas.

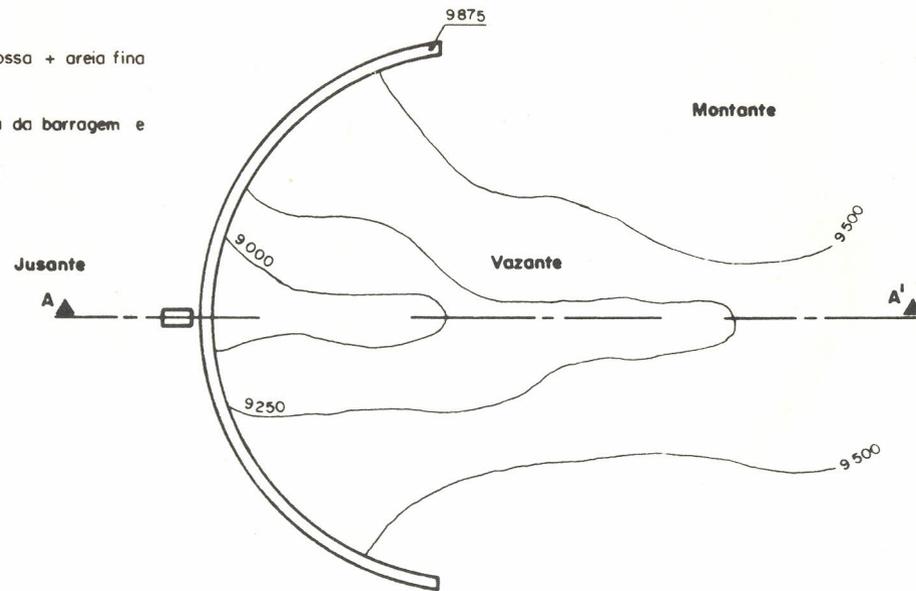


- | | |
|---|---|
| Tc — TUBO CONDUTOR DE ÁGUA PVC, RÍGIDO C/4" Ø | Fi — FILTRO |
| Ct — COBERTURA | pedra + carvão vegetal + areia grossa + areia fina |
| madeira + telha | Ci — CAMADA IMPERMEABILIZANTE |
| Te — CAMADA DE TERRA | rocha |
| Li — LONA IMPERMEABILIZANTE | ΔH — Diferença de nível entre a cota máxima da barragem e |
| L — LADRÃO | a saída de água do tubo condutor. |
| Ta — TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA | |



PLANTA BAIXA DA CISTERNA - I

ESCALA GRÁFICA
0,50m 0 0,50 1,00m



PLANTA PLANALTIMÉTRICA DA "CISTERNA E BARRAGEM SUBTERRÂNEA - I"

ESCALA GRÁFICA
0,50m 0 0,50 1,00m

des.: J. C. Bezerra

FIG. 7 Seção longitudinal de uma barragem subterrânea com reservatório a jusante.

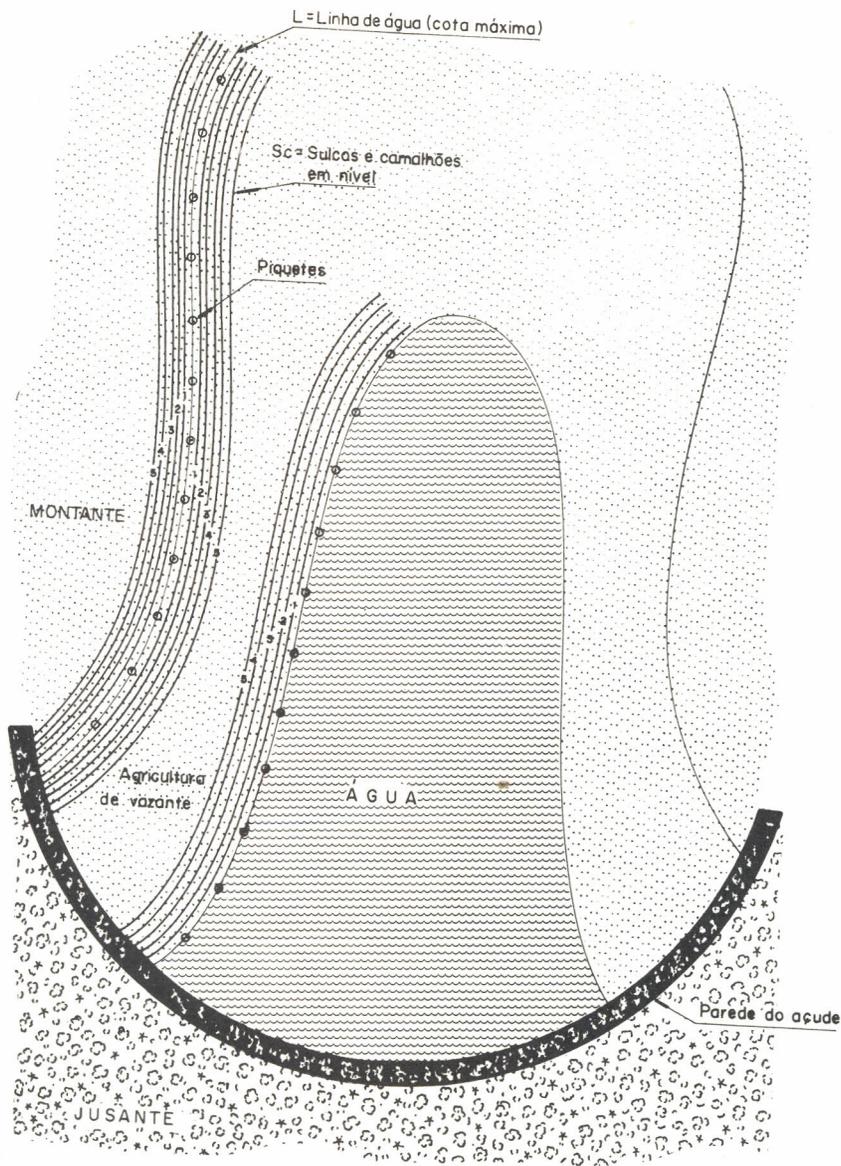


FIG. 8. Modelo esquemático do sistema de exploração de vazante - Tecnologia de sulcos e canais em nível, seguindo o nível da própria água (CPATSA-EMBRAPA).

Durante os três anos as culturas exploradas nas três barragens foram milho cv. Centralmex, caupi cv. Pitiuba e sorgo granífero cv IPA 7301011. O plantio foi realizado no início de cada período chuvoso, com plantadeira manual no milho e caupi, no espaçamento de 0,50 m entre plantas, deixando-se por ocasião do desbaste duas plantas por cova. O sorgo foi semeado, e desbastado deixando-se 15 plantas por metro linear.

Foi feito o controle de ervas daninhas, através de capinas manuais, duas por cada ciclo vegetativo; duas pulverizações com Monocrotophos para combater a cigarrinha no caupi e duas com Permethrim no milho e sorgo, no combate a lagarta do cartucho, para cada ciclo vegetativo. Foram realizadas amostragem de solo nas camadas de 0-15, 15-30, 30-45 cm para determinação do teor de umidade do solo, pelo processo gravimétrico. E coletados também dados de precipitação e evaporação na Estação Meteorológica da Caatinga.

Após a colheita de cada ciclo foram determinados os rendimentos a 13; 15,5 e 12% de umidade do grão para o caupi, milho e sorgo, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 1983 determinou-se a condutividade elétrica (mmhos/cm a 25°C) - CE e a Razão de absorção de sódio (RAS) da água armazenada nas cisternas, a jusante das três barragens subterrâneas, sendo repetida três anos após. No mesmo período determinou-se a Condutividade Elétrica do estrato saturado na área de plantio da barragem subterrânea I (Tabela 3).

TABELA 3. Condutividade elétrica (mmhos/cm) da água das cisternas e extrato saturado da BS1⁽¹⁾.

Amostras/ano	C.E.25 ^o C mmhos/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Classi- ficação
1983 Cisterna 1	0,18	1,00	0,10	0,32	C ₁ S ₁
Cisterna 2	0,20	1,12	0,08	0,26	C ₁ S ₁
Cisterna 3	0,21	1,26	0,14	0,33	C ₁ S ₁
1986 Cisterna 1	0,17				
Cisterna 3	0,23				
1986 Extrato saturado-BS1 profundidade (cm)					
0 - 20	0,12				
20 - 40	0,12				
40 - 60	0,11				
60 - 80	0,16				
80 -100	0,38				

(1) Análise realizada no laboratório de solos da EMBRAPA -CPATSA.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que, decorridos quatro anos de construídas as barragens, não houve variação na condutividade elétrica das águas das cisternas, sendo classificada com baixo perigo de salinidade, apresentando coerência com a condutividade elétrica do estrato saturado determinada na barragem subterrânea I.

A água armazenada nas cisternas é proveniente da área de exploração agrícola das barragens, proporcionando uma drenagem e retirada dos sais solúveis do solo, funcionando como dessalinizador, uma vez que esta passa por um processo de filtragem natural, lavando conseqüentemente, as camadas do solo até a camada de solo impermeável.

Em setembro de 1985, após três anos de estudos em barragens subterrâneas utilizando a lona plástica de polietileno como septo impermeável, foi feito um trabalho de inspeção nessa lona, quando foi escavada uma barragem e retirada a lona plástica. Amostras dessa lona foram enviadas a um laboratório especializado para análise, e, segundo parecer técnico da Plástico Polyfilm (1985), apresentou bom nível de elasticidade, tendo sido considerada ainda utilizável. Com relação à durabilidade afirmaram que é função de vários fatores, sendo porém, a luz solar o principal agente de redução da vida útil dos materiais plásticos em geral. Todavia, estando a lona plástica totalmente recoberta, sua vida útil pode ser mais prolongada.

A distribuição pluviométrica nos anos agrícolas 1982/83 a 1984/85 ocorreu de forma extremamente irregular (Fig. 9). Nesta figura os dados de precipitação e evaporação em mm, foram considerados os totais de decêndios e os ciclos do caupi, milho e sorgo agrupados em quatro fases de desenvolvimento (Magalhães & Amorim Neto 1984)

germinação - plantio até 10% da cobertura efetiva, cor respondendo a 10 dias para o caupi e 20 dias para milho e sorgo; desenvolvimento vegetativo - final da primeira fase ao início da floração, 20 dias para caupi e 30 dias para milho e sorgo; floração - início da floração ao início da maturação, 30 dias para caupi e 40 dias para milho e sorgo; e maturação - início da maturação à colheita, 20 dias para caupi, milho e sorgo.

Na Figura 9 observa-se que nos anos agrícolas 1982/83 e 1983/84 ocorreu um balanço hídrico negativo com déficits totais de água correspondendo a 680,68 e 257,83 mm, respectivamente, em todo ciclo das culturas. Apesar de nos 15 primeiros dias e 55-65 dias após o plantio ter havido excesso pluviométrico no primeiro ano agrícola, já em 1983/84 esse excesso ocorreu nos 25 primeiros dias após o plantio, com o restante do ciclo das culturas, totalmente com déficit hídrico.

No ano agrícola 1984/85, considerado um ano atípico na região com relação à distribuição espaço-temporal e o total de precipitação pluviométrica de 886 mm, embora a média da região seja de 415 mm, foi possível a exploração de dois cultivos. No primeiro, o balanço hídrico no ciclo foi positivo, com um excedente de apenas 2,35 mm, havendo excesso pluviométrico nos 18 primeiros dias e 70-95 dias após o plantio, excluindo o período crítico de floração e atingindo a fase final da floração do milho e sorgo, ocorrendo déficit hídrico nas demais fases. Já no segundo cultivo o balanço hídrico foi negativo com déficit de 475,48 mm de todas as fases de desenvolvimento das culturas.

O déficit hídrico ocorrido praticamente em todas as fases de cultivo nos três anos em estudo, foi amenizado

pela maior disponibilidade e por um período mais prolongado de água armazenada no solo que oferece a tecnologia da barragem subterrânea, auxiliada pela baixa perda de água por evaporação, que, segundo Santos & Frangipani (1978), em barragem subterrânea correspondem a 20% das perdas ocorridas em reservatórios de águas superficiais.

As Figuras 10, 11 e 12 mostram a distribuição do teor de umidade do solo nos três anos agrícolas e nas barragens subterrâneas na profundidade de 15-30 cm. As amostras de solo foram retiradas no sentido transversal ao escoamento da água a uma distância de 60m, do sangradouro de cada barragem e a partir deste ponto de 10 em 10 m.

As Figuras 10, 11 e 12 mostram uma distribuição de umidade irregular ao longo do perfil da camada natural do terreno, com algumas parcelas ultrapassando o ponto de saturação (SAT) do solo em determinados períodos do ano. Observa-se na Figura 10, correspondendo a barragem subterrânea I, que no ano agrícola de 1984/85 as parcelas de 3 a 6 ficaram inundadas durante todo ciclo da cultura. Isto ocorreu devido, principalmente a regularidade na distribuição pluviométrica nesse ano, visto na Figura 9, possibilitando também a exploração de um segundo cultivo em todas as barragens com as culturas do caupi, milho e sorgo.

O investimento necessário para construção de uma barragem subterrânea utilizando lona plástica de polietileno como septo impermeável e explorando uma área agrícola em torno de 1,0 ha está mostrado na Tabela 4, correspondendo a 64,92 OTN. A Tabela 5 mostra os custos de produção das culturas caupi, milho e sorgo, correspondendo a 15,08; 19,80 e 19,69 OTN, respectivamente.

Nas três barragens subterrâneas estão sendo exploradas culturas anuais (caupi, milho e sorgo) e perenes (mangueira, graviola e limão).

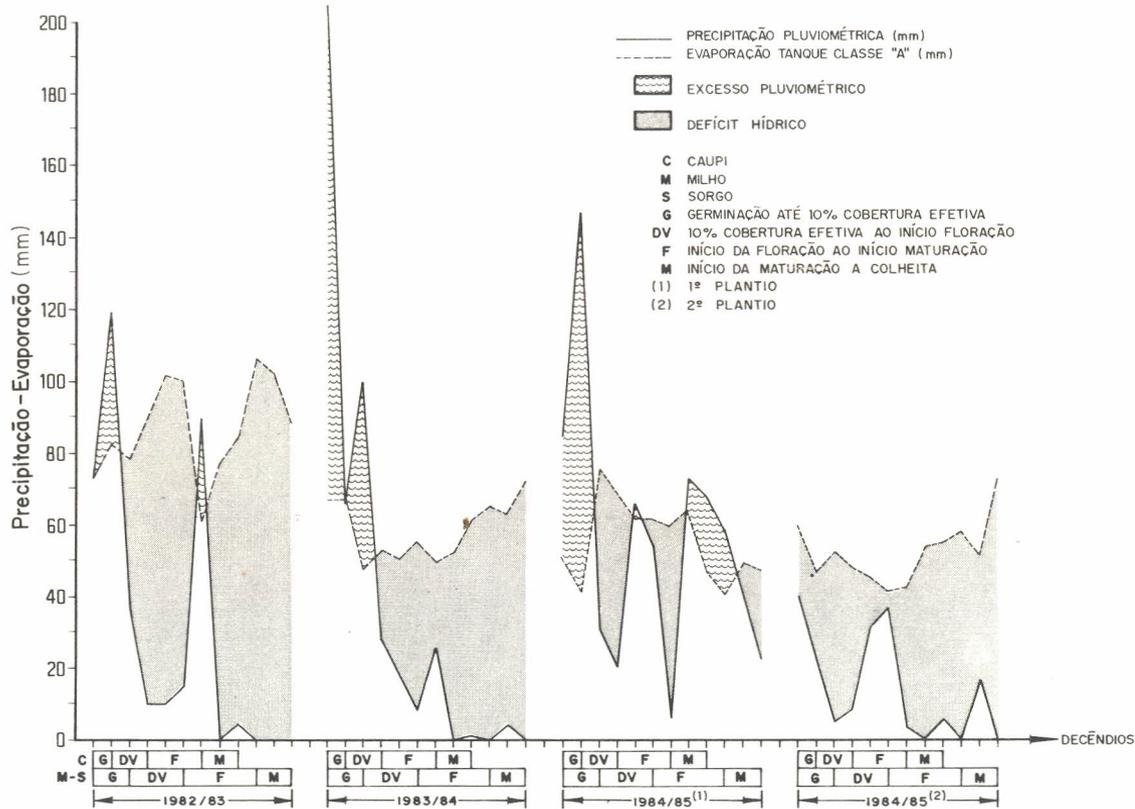


FIG. 9. Balanço hídrico e fases de desenvolvimento do caupi, milho e sorgo nas barragens subterrâneas de 1982 a 1985.

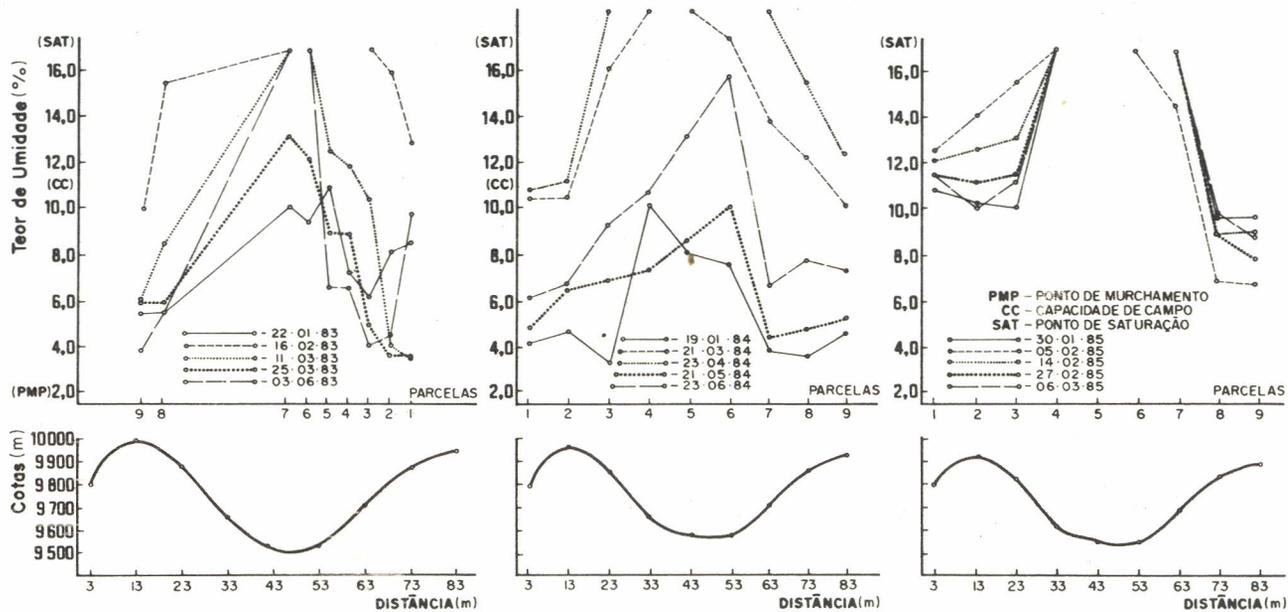


FIG. 10. Distribuição do teor de umidade do solo na barragem subterrânea I e o perfil da camada do terreno.

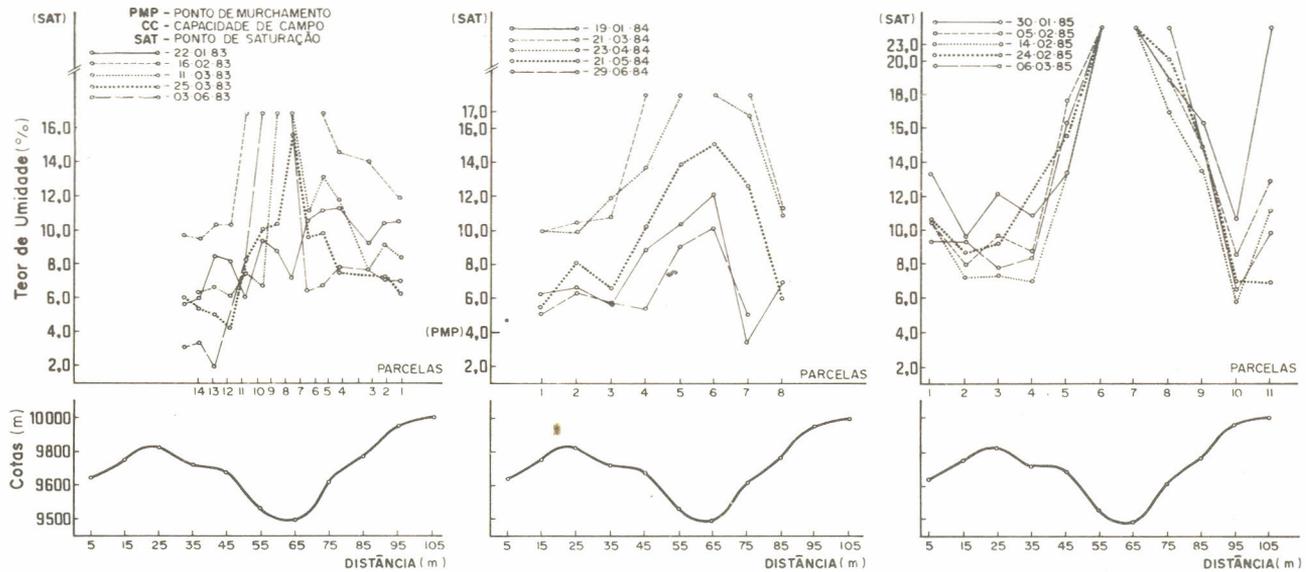


FIG. 11. Distribuição do teor de umidade do solo na barragem subterrânea II e o perfil da camada do terreno.

TABELA 4. Custos de implantação de uma barragem subterrânea (junho/1986).

Material e mão-de-obra	Unid	Quant	Valor OTN ¹
Investimento			
- Lona impermeável (150 x 6)	m ²	900	30,45
- Tela de arame 3/4"	m ²	60	6,09
- Cimento	Saco	6	2,82
- Areia	m ³	2	0,56
- Seixo rolado	m ³	2	0,75
- Mão-de-obra			
Servente	h/d ²	80	22,56
Pedreiro	h/d	3	1,69
Total			64,92

¹OTN = Cz\$ 106,40

²H/d = Homem - dia

TABELA 5. Custos de produção de caupi, milho e sorgo em barragens subterrâneas, (junho/86).

Serviços e material	Unid	Caupi		Milho		Sorgo	
		Quant	OTN ¹	Quant	OTN	Quant	OTN
- Preparo da Ap							
Gradagem/Sulcamento	H/a ²	9	3,38	9	3,38	9	3,38
- Insumos							
. sementes	kg	20	0,71	20	1,20	40	0,81
. inseticida	ml	300	0,28	300	1,69	300	1,60
. plantio	H/d ³	1	0,28	1	0,28	2	0,56
. tratos culturais							
Capina	H/d	20	5,64	30	8,46	30	8,46
Pulverização	H/d	2	0,56	2	0,56	2	0,56
. Colheita/melhoramento	H/d	15	4,23	15	4,23	15	4,23
Total			15,08		19,80		19,69

¹OTN = Cz\$ 106,40

²H/a = Hora tração animal (Policultor 1.500)

³H/d = Homens-dia

A Tabela 6 mostra as produtividades médias (Kg/ha) do caupi, milho e sorgo nos anos agrícolas de 1982/83 a 1984/85 obtidas nas três barragens subterrâneas. Observa-se que no primeiro ano agrícola as três culturas foram cultivadas em parcelas nas três barragens. Nos demais anos cada cultura foi plantada por barragem.

A produtividade média de caupi na região está entre 300 e 500 kg/ha (Morgado & Rao 1985). O milho e o sorgo granífero apresentam um rendimento médio de 661 e 816 kg/ha, respectivamente (Fundação IBGE 1979). Com a tecnologia de barragem subterrânea, considerando um investimento inicial de 64,92 OTN (Tabela 4), obtiveram-se incrementos significativos nas produtividades médias das culturas. Para o caupi, as produtividades mínima e máxima obtidas foram de 542 e 1.093 kg/ha; o milho de 2.128 e 4.697 kg/ha e o sorgo de 2.993 e 4.531 kg/ha.

Os resultados acima demonstram que a barragem subterrânea é mais uma alternativa para incrementar a produtividade agrícola da região, principalmente nas propriedades rurais que não dispõem de recursos hídricos para o uso em irrigação.

TABELA 6. Produtividades médias (kg/ha) de caupi, milho e sorgo nas barragens subterrâneas (BS1, BS2 e BS3) no período de 1982/83 a 1984/85.

Barragens Subterrâneas	1982/83 ¹			1983/84			1984/85 ²		1984/85 ³	
	Caupi	Milho	Sorgo	Caupi	Milho	Sorgo	Caupi	Milho	Caupi	Sorgo
BS1	542	3782	4313	788	-	-	559	-	783	-
BS2	812	2605	3709	-	-	3071	-	4697	-	-
BS3	1093	2341	4531	-	2128	-	879	-	-	2993
Média	816	2909	4184	788	2128	3071	719	4697	783	2993

¹Neste ano agrícola as três culturas foram exploradas em parcelas em todas as barragens.

²Primeiro cultivo.

³Segundo cultivo.

As áreas de pequenas e médias propriedades, as áreas potencialmente agricultáveis são os baixios, e nestes, geralmente são construídos os reservatórios de águas superficiais, cobrindo totalmente a área explorável. A implantação da barragem subterrânea elimina essa limitação, pois a área de armazenamento de água é a mesma de exploração agrícola.

CONCLUSÕES

- Após três anos de construídas as barragens subterrâneas, não houve variação na Condutividade Elétrica das águas das cisternas.
- Análise da lona plástica de polietileno usada no septo impermeável das barragens subterrâneas, após três anos de instalada apresentou bom nível de elasticidade.
- Em anos de distribuição pluviométrica irregular a barragem subterrânea diminui os riscos de exploração agrícola. Em anos regulares possibilita mais de uma colheita.
- As baixas perdas por evaporação em barragens subterrâneas prologam o tempo de disponibilidade de umidade no solo, principalmente abaixo de 0,30m de profundidade do nível do terreno natural.
- A barragem subterrânea apresenta baixo custo de implantação e fácil manejo, comparada a outras estruturas hidráulicas.
- Resultados de três anos mostraram que, com a exploração em barragem subterrânea o incremento na produtividade média do caupi, milho e sorgo foi significativo, com as produtividades variando entre 542 a 1.093 Kg/ha; 2.128 a 4.697 Kg/ha e 2.993 a 4.531 Kg/ha, respectivamente.

- A barragem subterrânea é mais uma alternativa para viabilizar as pequenas e médias propriedades, principalmente aquelas que não dispõem de recursos hídricos para uso em irrigação.
- A barragem subterrânea possibilita o aproveitamento de áreas potencialmente agricultáveis, consideradas de baixios, que são normalmente cobertas pelos reservatórios de acumulação superficial de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, H.R. de. Serviços contra as secas do Nordeste; barragens subterrâneas. In. _____. **Pela agricultura nordestina**. Fortaleza, CE, 1927. p.346-50.
- DUQUE, J.G. Algumas sugestões da exploração de açudes públicos. In. _____. **Solo e água no polígono das secas**. 4.ed. Fortaleza, CE, DNOCS, 1973. p. 129-56. (DNOCS. Publicação 154. Série I-A).
- FAO, Roma, Itália. **FAO production yearbook-1981**. Rome, 1982. v.35 (FAO. Statistics, 40).
- FUNDAÇÃO BAHIANA PARA ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS. Salvador, BA. **Convivência do homem com a seca e irrigação no Nordeste**. Salvador, 1984. 76p.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. **Produção agrícola municipal-1977**; Culturas temporárias e permanentes: Brasil. Rio de Janeiro, 1979. v.4, t.8, 61p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo, SP. "Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro": **Bacias dos rios Piranhas - Açú (RN) e Jaguaribe (CE)**. São Paulo, 1981. 56p. il.

- 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.
- MAGALHÃES, A.A. de & AMORIM NETO, M. da S. **Determinação da evaporação pelo método do "tanque classe A".** Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1984. No prelo.
- 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.421-30.
- MORGADO, L.B. & RAO, M.R. População de plantas e níveis de água no consórcio milho x caupi. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, 20 (1): 45-55, jan. 1985.
- PLÁSTICOS POLYFILM, São Paulo. Carta GVLC|046|85, 29 de novembro de 1985, São Paulo, S.P., para Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2p. Assinada por Juan Berenguer.
- RICHÉ, G.R. **Características morfo-físico-químicas dum perfil de solo representativo do Campo Experimental Tração Animal.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, s.d. 4p.
- 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.119-26.

- SAUNDERS, R.J. & WARFORD, J.J. **Abastecimento de água em pequenas comunidades: aspectos econômicos e políticos nos países em desenvolvimento.** Rio de Janeiro, ABES, 1983. 252p.
- SILVA, A. de S.; LIMA, L.T. de; MACIEL, J.L. & ARAÚJO, V. de P.A. **Alternativa de captação, conservação e uso de água para abastecimento no meio rural.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984, 52p. il. Trabalho apresentado no 3º Congresso de águas subterrâneas, Fortaleza, CE, set. 1984a.
- SILVA, A. de S. & PORTO, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil;** tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE, EMBRAPA - CPATSA, 1982, 128p. il. (EMBRAPA-CPATSA, Documentos, 14).
- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; BRITO, L.T. de L. & MONTEIRO, M.A.R. **Captação de água de chuva "in situ". I. Comparação de métodos na região semi-árida brasileira.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, Brasília, DF, 1986. **Anais...** Brasília, ABID, 1986, v.3, p.1019-36.
- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; LIMA, L.T. de & GOMES, P.C.F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano;** cisternas rurais: dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE, EMBRAPA - CPATSA, 1984b. 103p il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).
- SILVA, A. de S.; SOARES, J.M. & PORTO, E.R. **Tecnologias de baixo custo para convivência do homem com a seca.** Petrolina, PE, EMBRAPA - CPATSA, 1984, 37p il. Trabalho apresentado no 14º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Fortaleza, CE, jul. 1984c.

TIGRE, C.B. Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'agua.
An. Inst. Nordeste, Fortaleza, CE, 13-29, 1949.

Revisão Editorial: Maria do Socorro Amorim Gomes
Composição: Jani Cleide Pereira da Cruz
Arte-final: José Clétis Bezerra
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA
Foto da capa: Francisco Lopes Filho