

**Waldir Duarte Costa¹, José Almir Cirilo², Murilo Pontes¹,
Aerton Zamboni Maia¹ e Oswaldo Pereira Sobrinho¹**

Resumo - O Governo do Estado de Pernambuco através das Secretarias de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente e de Agricultura, vem implantando nos últimos 12 meses uma série de barragens subterrâneas com a finalidade precípua de fixar o homem no campo, a partir da oferta de água para plantação de uma cultura de subsistência em sua propriedade. Já foram construídas nos últimos 6 meses 120 barragens, tendo sido locadas por técnicos especializados, mais de quinhentas, as quais fazem parte de uma programação de construção de 3.000 barragens em todo o Estado. Esses barramentos, de fácil e rápida construção e baixos custos, podem ser executados totalmente com mão-de-obra local, o que proporciona, ainda, emprego para o homem do campo durante esse período de seca que vem assolando a região semi-árida do nordeste do Brasil.

Palavras-chave - Barragem subterrânea - Aluvião - Reservas hídricas

1 - INTRODUÇÃO

As regiões semi-áridas possuem, em geral, precipitações pluviométricas escassas e concentradas em alguns meses do ano, acompanhada de uma taxa de evaporação elevada que proporciona um balanço hídrico com déficits constantes.

Nas 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.

¹ Consultor da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco

² Prof. da UFPE – Depto. De Eng. Civil – Secretário Adjunto de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, Rua Irmã Maria David, 180 - Casa Forte - Recife - PE
Fone: (081) 441.5636 FAX: (081) 441.7525 E.mail: sectma@sectma.gov.br

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 eventuais rios perenes, nem tampouco há disponibilidade de água para levar a todos os agricultores, a solução é proporcionar meios de acumulação de água no próprio terreno do agricultor.

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.

Na região nordeste do Brasil, experiências têm sido desenvolvidas a partir da década de 80, com pesquisas efetuadas na Universidade Federal de Pernambuco e na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

Uma das mais bem sucedidas experiências foi desenvolvida na propriedade do Sr. Clovis Nobrega Lima, em 1986, pelos professores de geologia da UFPE, Waldir D. Costa, Pedro G. de Melo e Ricardo R. Pessoa, tendo ali sido desenvolvida pelo seu proprietário, após construção de uma barragem subterrânea, uma área de produção agrícola, com fruticultura irrigada, cujos produtos são exportados em escala comercial para a Europa.

A tecnologia de construção dessas barragens, segundo o modelo COSTA & MELO desenvolvido e aperfeiçoado pelos pesquisadores citados vem atualmente sendo empregada pelo Governo do Estado de Pernambuco que pretende implantar 3.000 dessas obras na região semi-árida do Estado até o final do ano de 1998.

2 - O QUE É UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

O escoamento sub-superficial que ocorre no depósito aluvial quando o rio deixa de “escoar” na superfície, faz com que esse depósito também conhecido como *aqüífero aluvial* vá perdendo gradativamente as suas reservas hídricas acumuladas, podendo vir mesmo a secar totalmente no final do período de estiagem. É comum a existência de *poços amazonas* (também chamados de *cacimbões*) construídos nesses depósitos aluviais, ficando completamente cheios logo após o período chuvoso e secarem totalmente ao final do período de estiagem.

O barramento subterrâneo consiste em construir um septo impermeável no depósito

aluvial com a finalidade de impedir que a água nele acumulada continue a escoar durante o período de estiagem. A partir do local do barramento para *montante*, a água vai sendo acumulada, enquanto para *jusante*, o nível irá continuar baixando com o tempo.

Em rios de maior extensão pode-se efetuar vários barramentos, distanciados pelo menos de 1km um do outro, para evitar que a jusante do barramento toda a área fique prejudicada com o rebaixamento contínuo do nível das águas contidas no depósito aluvial.

Também é recomendável a construção de barragens subterrâneas sucessivas, a jusante de barragens superficiais de maior porte que possuem descarga de base. Essa prática permite manter sempre saturados os depósitos aluviais a jusante da barragem, com a liberação de volumes de água em períodos alternados de tempo.

3 - ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Após a sondagem de alguns furos para detectar o melhor local para a construção da barragem, procede-se a escavação de uma vala ou trincheira, disposta segundo a direção perpendicular em relação ao curso do rio.

Essa vala pode ser escavada manualmente ou mecanizada, através de um trator de esteira ou uma retro-escavadeira. Sua largura deve ser de no mínimo um metro. A profundidade deve ser no mínimo 1,5 m, para permitir uma acumulação de água suficiente para o atendimento de pelo menos a unidade familiar. A profundidade máxima tem por limite o leito rochoso sobre o qual se depositou o aluvião.

A figura 1 em anexo, mostra a execução de barragem subterrânea de 8m de profundidade entre os Municípios de Belo Jardim e Jataúba, região Agreste de Pernambuco.

Uma vez concluída a escavação da vala, procede-se a colocação do septo impermeável que pode ser de várias origens: lona plástica, argila compactada, argamassa de tijolo e cimento, argamassa de pedra, concreto ou ainda de pranchas de madeira justapostas. O procedimento mais comum, levando em conta os custos financeiros, a rapidez de construção e a facilidade de disposição do material, é o septo de lona plástica.

A colocação da lona é procedida da seguinte maneira: desdobra-se o rolo sobre a superfície do terreno na borda da vala contrária ao fluxo das águas superficiais e a faz descer sobre a parede até que a mesma fique totalmente revestida com a lona, passando ainda cerca de 0,5m para o fundo da vala. Na parte superior, prende-se com algumas pedras, ou montículos de areia, a borda superior da lona na superfície do terreno.

Antes de proceder ao enchimento da vala, deve-se construir o poço amazonas, na

parte mais profunda da escavação. Esse poço terá várias funções, como será visto adiante.

A construção desse poço amazonas também pode ser feita de várias maneiras, porém a mais empregada por sua rapidez de construção é de anéis de concreto semi-porosos, justapostos. Esses anéis tem tido um diâmetro em torno de 1,0m e a altura de 0,5m para facilitar o transporte e a colocação dentro da vala. Antes de colocar o primeiro anel, deve-se construir uma base de brita solta, com cerca de 0,2m de altura e diâmetro em torno de 1,5m para proporcionar maior permeabilidade na entrada da água pelo fundo do poço. Após nivelar devidamente o primeiro anel, os outros irão lhe suceder até atingir cerca de 0,8m acima do nível superficial. Para aumentar o fluxo da água para o poço, pode-se também construir drenos ou galerias convergindo para o mesmo.

Concluído o poço, pode-se completar o enchimento da vala, com o mesmo material dela retirado, até nivelar com a superfície do terreno. Antes de chegar à superfície, dobre-se para o interior da vala o excedente da lona na superfície (em torno de 0,3m) e depois recobre-se de maneira a não aparecer a lona na superfície do terreno.

A figura 2, em anexo, mostra a execução do poço e a implantação da lona plástica na barragem citada anteriormente.

Nos riachos tributários dos rios de maior porte, em que o escoamento superficial não se verifique com muita velocidade e poder erosivo, a barragem subterrânea poderá ainda ser complementada com um enrocamento de pedras arrumadas, sem cimentação de qualquer espécie, com altura em torno de 0,5m, que irá reter a água superficial por alguns dias, favorecendo a infiltração para alimentar a barragem subterrânea.

Concluída a barragem subterrânea, convém construir um ou mais piezômetros, que são poços de pequeno diâmetro, revestidos em canos de plástico (de 2") e que terão a finalidade de acompanhar a extensão da superfície de saturação do depósito aluvial a montante da barragem, permitindo um bom monitoramento dos rebaixamentos de níveis d'água com o tempo.

4 - CRITÉRIOS LOCACIONAIS

A locação de uma barragem subterrânea, apesar da singeleza da obra, deve ficar subordinada à existência de algumas condições técnicas básicas, sem as quais poderá não se alcançar o êxito dela esperado.

As principais condições são as seguintes:

1. a água do rio ou riacho não deve possuir teor de sais que a torne insuportável para o consumo humano, animal ou agrícola ; uma água com sólidos totais acima de 3.000 mg/l é desaconselhável, pois a tendência seria aumentar a concentração salina com o tempo;
2. considerando que a evaporação alcança até 0,5m de profundidade, o depósito aluvial deve possuir pelo menos 1,5m de espessura para justificar a implantação de um barramento;
3. o aluvião deve ser de constituição predominantemente arenosa, pois os materiais argilosos não permitem uma liberação da água neles acumulada;
4. se o leito fluvial possui soleiras de rochas que afloram transversalmente, estas já se constituem em barramentos naturais, não havendo mais necessidade de implantação de uma obra artificial;
5. quando a “calha viva” do rio ou riacho é muito profunda em relação aos “terraços fluviais”, mesmo que os terraços se apresentem com boa espessura, será desaconselhável a construção se a espessura aluvial na calha viva for inferior a 1,5m;
6. a declividade do terreno deve ser a menor possível, pois, em terrenos semi-planos o armazenamento da água se estende por vários quilômetros enquanto em terrenos íngremes não vai além de algumas centenas de metros;
7. o barramento não deve ser efetuado nas cabeceiras do riacho, pois além de recair no caso de declividade mais elevada, não irá possuir área de recarga para realimentar a “bacia hidráulica” na medida que se usa a água; a distância a observar das cabeceiras seria em torno de um quilometro;
8. o local a ser barrado deve constituir um estreitamento no final de áreas aluviais mais alargadas, a fim de se economizar na obra e aproveitar integralmente toda a área de maior possança.

5 - MONITORAMENTO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Apesar da simplicidade da obra, uma barragem subterrânea deve receber atenção contínua para evitar problemas de salinização, considerando as elevadas taxas de evaporação que incidem nas regiões semi-áridas (no nordeste do Brasil a evaporação média anual é de 2.500 mm, contra uma precipitação de 600 mm).

A construção do poço amazonas junto ao barramento e na porção mais profunda da vala tem os seguintes objetivos:

- a) permitir a captação da água por bombeamento ou simplesmente com um sistema de sarilho/corda/caçamba, para consumo humano, animal ou irrigação;
- b) coletar amostras d'água para análises físico-químicas periódicas a fim de monitorar a evolução da salinização na bacia de acumulação;
- c) acompanhar a evolução do rebaixamento dos níveis d'água durante o ano;
- d) exaurir a água da bacia de acumulação quando se iniciarem as primeiras chuvas do ano, a fim de que haja renovação das águas armazenadas, evitando o processo de salinização progressiva decorrente da evaporação das zonas mais superficiais.

Para o monitoramento do rebaixamento dos níveis, também se fará uso dos piezômetros que venham a ser instalados.

A coleta de água para elaboração de análises físico-químicas, ou ao menos da condutividade elétrica da água, deve ser procedida a cada três meses, ou pelo menos duas vezes ao ano, uma durante o período das chuvas e outra no período de estiagem.

O processo de salinização é decorrente da concentração progressiva de sais devido à evaporação da água, processo esse que ocorre também com as águas na superfície. Se for observado o esquema de esgotamento da barragem a cada ano, não haverá condições para um aumento progressivo da salinização.

6 - CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA

Algumas citações antigas dão conta de consideráveis volumes obtidos a partir de barragens subterrâneas, como aquelas de Marcelo Conti em seu Tratado de Hidrologia Agrícola (Buenos Aires, 1938), onde se refere às regiões agrícolas das Calábrias e da Sicília com irrigação dos seus famosos pomares e plantações de hortaliças; refere-se ainda o autor, a uma barragem subterrânea, que ele denomina de "dique subterrâneo" no rio Los Sauces, próximo a cidade de La Rioja na Argentina, com 96m de comprimento e 6,2m de profundidade, que fornece 450 l/s e irriga 1.000 ha.

No Brasil, especialmente no Nordeste, onde as condições de semi-aridez do clima são presentes, não há tradição nesse tipo de intervenção hídrica. O caso mais relevante de aproveitamento de aluviões com barragem subterrânea é o da Fazenda Pernambuco, em São Mamede, no Estado da Paraíba, onde o seu proprietário, Sr. Clóvis Lima vem irrigando, a partir de uma barragem subterrânea de 200m de extensão por 4,0m em média de profundidade, uma área de 40 ha. Dessa área irrigada e plantada com mangueiras, o seu proprietário exporta anualmente toneladas de manga para a Europa.

Na maioria das situações, entretanto, as áreas e espessuras aluviais são mais reduzidas, não comportando uma irrigação de dezenas ou centenas de hectares. Suponhamos uma situação seguinte: um depósito aluvial com largura média de 100m, espessura saturada média de 2m e uma extensão de área a montante de um barramento chegando aos 1.000m. Considerando uma porosidade efetiva média do depósito aluvial da ordem de 15%, o volume de água disponível - V - será dado por:

$V = L$ (largura do vale) \times E_x (extensão da área de acumulação) \times E_s (espessura do depósito aluvial) \times μ (porosidade efetiva do aluvião)

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

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

O custo para construção de uma barragem subterrânea é muito baixo em relação a outras obras de captação; para barramentos de até 3m de profundidade por 100m de extensão, o custo de construção de uma barragem subterrânea, incluindo o poço amazonas, irá oscilar entre R\$ 1.000,00 e R\$ 2.000,00. Para barramentos de grande profundidade, da ordem de 5m ou mais, e extensões de 200m ou maiores, os custos poderão superar o valor de R\$ 5.000,00.

7- BARRAGENS SUBTERRÂNEAS X BARRAGENS SUPERFICIAIS

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

- Não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha umidificada para plantio, o que implica numa sub-irrigação;
- Há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na sub-superfície;
- Apresenta menor perda por evaporação, pois, não existindo “espelho d’água”, a insolação quase não atua (apenas na franja capilar);
- As perdas por infiltração em fraturas do embasamento são muito reduzidas, pois as diferenças de carga hidráulica a montante da barragem são muito baixas e o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo à lei de Darcy;

- Representa maior facilidade de construção, pois, sendo o septo encaixado no depósito aluvial, não exige grande espessura de parede e nem ombreiras laterais no vale;
- Pelo mesmo motivo, apresenta grande estabilidade da parede (septo) contra a erosão e nenhum risco de desmoronamento;
- Apresenta grande economicidade na construção, pois constitui uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas comparadas com aquelas de barramentos superficiais;
- São de rápida construção, podendo ser executadas em um ou dois dias, quando a operação é mecanizada, ao contrário das superficiais que requerem vários dias, até meses para a sua construção;
- Podem ser construídas inteiramente com mão-de-obra localizada, gerando empregos para a população beneficiada;
- Dispensam onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais.

8 - CONCLUSÃO

Apesar de ser um programa iniciado há apenas dois anos, as barragens subterrâneas já implantadas vem dando os resultados esperados, atendendo às necessidades básicas de algumas áreas de condições extremamente críticas em função da seca que está assolando o Nordeste no presente. Mesmo com redução de aproximadamente 60% nos índices de precipitação pluviométrica, as barragens onde já se procedeu o cultivo vem sustentando adequadamente a produção agrícola, em função do armazenamento subterrâneo.

Na fase que ora se inicia (julho de 1998) o Estado de Pernambuco busca capacitar milhares de agricultores nessa técnica, dando uma nova perspectiva às frentes produtivas criadas para enfrentar os efeitos da seca.



Figura 1 - Abertura da vala



Figura 2 - Implantação do poço e da lona plástica

