

BARRAGEM SUBTERRÂNEA: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DO CEARÁ

Celme Tôrres Costa¹; Edenise M. Puerari² & Marco Aurelio H. De Castro³

Resumo - Os recursos hídricos disponíveis para os diversos usos ocorrem na superfície da terra em rios, riachos e lagos ou na subsuperfície, armazenados nos poros dos sedimentos arenosos ou fraturas de rochas cristalinas. A captação mais convencional desses mananciais é por intermédio de barramentos superficiais ou por poços para captação da água subterrânea. Por outro lado, os cursos de água superficial no semi-árido são em sua maioria intermitentes, parando de escoar um a dois meses depois do término do período chuvoso e, à perda de água por evaporação direta nos reservatórios de superfície atinge um volume bastante significativo, considerando as deficiências existentes no atendimento das demandas para distintos usos. A tecnologia da construção de barragens subterrâneas é um assunto ainda pouco divulgado, visto que a literatura existente se constitui basicamente de artigos técnicos publicados em revistas ou monografias apresentadas por pesquisadores em congressos científicos. É objetivo deste trabalho sintetizar os dados e informações sobre a experiência de barragens subterrâneas no estado do Ceará e contribuir na disseminação da técnica, como política pública, para o desenvolvimento sustentável do semi-árido Nordeste.

Abstract – The resource hydric available for the diverse uses occur in the surface from the land in rivers, streams and lakes or in the subsuperfície, stored us pores of the sandy sediments or crystalline fractures of rocks. To capitation more conventional of those springs is through of dams or by wells for groundwater. On the other hand, the superficial courses of water in the semi-arid in its intermittent majority, stopping drain a to two months after the term of the rainy period and, to the loss of water by straight evaporation in the reservoirs of surface reaches a significant enough package, the existing deficiencies in the service of the demands for distinct uses. To technology from the subterranean construction of dams is a matter still little divulged, seen that to existing literature is constituted basically of articles techniques published in magazines or monographs presented by researchers in scientific congresses. The objective of this work summarize the facts and information about the subterranean experience of dams in the state of Ceara and contribute in

¹ Doutoranda em Engenharia Civil/Recursos Hídricos; Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9589; Fax (85) 288.9589; celmeanp@ufc.br

² Doutoranda em Engenharia Civil/Recursos Hídricos; Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9589; Fax (85) 288.9589; ede.anp@ufc.br

³ Prof. Dr.; Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9623; marco@ufc.br

the expansion from the technique, as political public, for the development sustainable the Norwest of Brazil.

Palavras-chave – barragem subterrânea, semi-árido, armazenamento de água.

INTRODUÇÃO

Devido à irregularidade do regime pluviométrico e das condições físicas do semi-árido nordestino, em especial as geológicas que favorecem a ocorrência de elevados coeficientes de escoamento superficial e reduzida acumulação subterrânea, a máxima retenção de água no interior das bacias hidrográficas se apresenta como a questão fundamental para o planejamento e utilização dos recursos hídricos disponíveis. As barragens subterrâneas são capazes de interceptar o fluxo de água no solo e, conseqüentemente provocar o armazenamento de volumes e condições favoráveis de captação e controle. Seu uso no aproveitamento dos recursos hídricos do semi-árido ainda é uma questão bastante polemica. Os técnicos envolvidos discutem a eficiência da implantação dessas obras, principalmente em relação a quantidade e qualidade da água disponível.

DUQUE (1973), já chamava a atenção para as grandes vantagens da utilização das barragens subterrâneas no Nordeste, citando que toda vez que se acumula água acima do solo (açudes), esta água é exposta a uma grande evaporação. A quantidade de água nos açudes, perdida através da evaporação e infiltração dentro do reservatório, pode chegar de 80 a 90 % da água que é aplicada na irrigação de culturas, variando com as condições locais de topografia mais aberta ou mais fechada, altura d'água, direção e intensidade dos ventos, temperatura, etc.

O mesmo autor considera o fato de que as barragens subterrâneas, acumulando água dentro do solo e do subsolo, com muito menor exposição à evaporação, levam vantagem em relação às represas comuns. Os custos também são menores já que estes tipos de barragens podem ser executados com menos material e em menor tempo, pois consiste apenas de uma cortina impermeabilizadora interceptando o lençol freático de um córrego, riacho ou rio.

É objetivo deste trabalho sintetizar os dados e informações sobre a experiência de barragens subterrâneas no estado do Ceará e contribuir na disseminação da técnica, como política pública, para o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino.

HISTÓRICO

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 1.º Batalhão de Engenharia do Exército, em 1959, no município de Carnaúba 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.

No início 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, completamente 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, com extensões da ordem de 10 a 15m.

Ainda na mesma década, a EMBRAPA/CPTASA em Petrolina-PE, andou efetuando umas experiências com barramentos subterrâneos, porém não se tem notícia dos resultados por eles obtidos.

Visando o aproveitamento de recursos hídricos em regiões semi-áridas, BENVENUTO e POLLA (1982) apresentaram uma análise de algumas técnicas para o projeto e construção de barragens subterrâneas no Nordeste Brasileiro.

Uma alternativa para o Nordeste Brasileiro é proposta por SANTOS e FRANGIPANI (1978) com a implantação de barragens submersas nos depósitos aluvionares criando melhores condições de aproveitamento, tendo em vista que elas funcionarão como reguladoras das reservas de água subterrânea, favorecendo uma renovação mais rápida através do bombeamento contínuo e assim evitando ou minimizando os efeitos da salinização.

UMA VISÃO PANORÂMICA DO ESTADO DO CEARÁ

O Estado do Ceará é uma das nove unidades da federação da região Nordeste do Brasil. Sua área de 146.817 km² corresponde a 1,7 % da área do Brasil e a 9,4 % da área do Nordeste, limitando-se com o Oceano Atlântico e os Estados de Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba. Tem 93 % do seu território inserido na zona semi-árida do Nordeste. Dois terços da área do Estado se assenta em rocha cristalina, sobre a qual estão solos rasos, mas de diferentes tipos e

vocações. No terço restante se enquadram as áreas sedimentares, especialmente ao longo dos vales dos rios.

Seu relevo é compreendido por planícies litorâneas, zonas intermediárias do sertão e serras, com uma vegetação, que por estar inserida em sua maioria na região do semi-árido, mostra-se predominantemente constituída de plantas xerófilas, sendo a caatinga o principal complexo vegetacional do Estado.

Os solos que predominam no Estado estão classificados como: podzólicos eutróficos, brunos não cálcicos, litólicos eutróficos e planossolos solódicos. Em geral, embora férteis, em termos de suas características químicas, os solos cearenses apresentam limitações ora de escassez de recursos hídricos, ora de profundidade, pedregosidade e de relevo. Em áreas específicas, as condições são muito favoráveis e se racionalmente aproveitados podem assegurar explorações econômicas bastante promissoras.

Os principais rios do Estado são: Jaguaribe, Acaraú, Curu, Poti, Coreaú, Pirangi, Choró e Pacoti, que permitem dividir o Estado em onze regiões hidrográficas: Coreaú, Acaraú, Aracatiaçu, Curu, Metropolitana, Poti, Banabuiú, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe e Salgado. Saliente-se que o Estado não apresenta grandes mananciais hídricos subterrâneos.

Os indicadores das precipitações pluviométricas referentes ao Estado do Ceará apresentam características de regime pluviométrico do tipo tropical semi-árido, caracterizando-se pela irregularidade das chuvas no tempo e no espaço. O primeiro aspecto é caracterizado pela concentração de chuvas num certo período de tempo, determinando a ocorrência de dois momentos distintos: um chuvoso e outro seco ou de estiagem, o segundo, pelo total de chuvas ocorridas, de modo diferenciado, onde se pode destacar os municípios da área litorânea com precipitação média de 1.300 mm, os do sertão com 600 mm e os das serras úmidas, com 1.800 mm. Os totais anuais de precipitação estão compreendidos pelas isoietas de 500 a 1800 mm, com uma estação chuvosa relativamente curta (três a cinco meses), em contraposição a um período seco prolongado, o que acarreta a predominância do clima semi-árido (IPLANCE, 2000).

A ocorrência de elevadas taxas de evaporação na área provoca consideráveis perdas hídricas principalmente no que tange aos volumes acumulados em superfícies livres. Para o tanque classe A constata-se que a evaporação acumulada anual é de 2467 mm, o que representa aproximadamente, uma perda hídrica equivalente a uma altura de 1850 mm sobre o espelho de água. A evapotranspiração potencial (ETP) é de 1934 mm. A comparação entre a ETP anual e a pluviometria anual demonstra claramente a situação de permanente déficit hídrico a que está submetido o estado do Ceará.

CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

A barragem subterrânea é uma obra simples que faz o barramento da água acumulada no subsolo de um aluvião, baixio de rio ou de riacho formado pela sedimentação (assoreamento) do material transportado pelas águas durante muito tempo.

Para a sua construção, escava-se uma trincheira ou vala transversalmente ao curso do rio, por intermédio de um trator de esteira ou manualmente (dependendo da extensão da vala). Antes da abertura da vala é importante que se conheça antecipadamente através de uma série de sondagens, a granulometria do material a ser escavado, para poder dimensionar a largura da trincheira e o ângulo de inclinação do talude, bem como ainda detectar a existência de eventual zona saturada.

A escolha do material para o septo ou barramento deve levar em conta a disponibilidade do material a ser utilizado, tendo como critério básico à economia, que deve reger esse tipo de obra. O problema de estanqueidade é desprezível, visto que eventuais fugas de água através de um meio semipermeável são totalmente desprezíveis face ao lento movimento da água no meio poroso. De um certo modo, é até aconselhável que a base do septo não seja totalmente impermeável, permitindo uma lenta descarga de fundo, diminuindo assim os riscos de salinização. Os materiais de construção do septo mais comumente utilizados são a argila ou mistura de argila-silte, a lona plástica, o muro de pedra-argamassa e estacas justapostas em madeira, ferro ou cimento pré-moldado.

No caso de existência de uma zona saturada, pode-se optar por efetuar um bombeamento intensivo para rebaixamento do lençol ou fincar pranchas justapostas que passarão a atuar como septo barrador.

Uma vez aberta à trincheira e, escolhido o material do septo, a sua construção é muito simples: se o septo for de argila compactada, deposita-se uma camada de aproximadamente 0,60 m de largura na parte central da trincheira (equidistante das suas margens), por 0,30 m de altura (espessura), complementando-se o restante do espaço entre a parede da trincheira com o material retirado da própria escavação. Efetua-se a compactação pelos métodos convencionais disponíveis, do material argiloso (do septo) e arenoso (das bordas); repete-se o processo com sucessivas camadas até atingir a superfície. Se a construção for efetuada com lona plástica, é ainda mais simples, pois toda a trincheira é revestida com a lona, sendo posteriormente preenchida pelo próprio material escavado. No caso de construção por estacas justapostas, deverão ser as mesmas fincadas através de um "bate-estaca" ou até mesmo com um vibrador a ar comprimido, em face da reduzida extensão de cada estaca.

Construída a barragem subterrânea, deverão ser perfurados poços tubulares ou amazonas a montante do barramento, para bombeamento da água, a fim de evitar a salinização por concentração progressiva de sais.

Condições Restritivas

Apesar da simplicidade representada pela construção desse tipo de barragem, existem alguns condicionantes que, uma vez ignorados, podem inviabilizar ou representar um insucesso na quantidade ou na qualidade da água acumulada. São as seguintes as condições restritivas para a construção de uma barragem subterrânea:

- a) Deve existir um depósito aluvial arenoso, com espessura de pelo menos 2m;
- b) A predominância de material siltico-argiloso implica em elevada retenção de água e baixa condutividade hidráulica, com reduzida vazão nos poços que irão captar a água e riscos de salinização com o tempo;
- c) A água existente no depósito aluvial não deve possuir um elevado teor salino, pois, mesmo com o bombeamento intensivo ela não irá melhorar sua qualidade, e tenderá a salinizar os solos que eventualmente venham a ser irrigados;
- d) Precisa existir uma considerável extensão de depósito aluvial a montante da seção a ser barrada, pois um barramento efetuado nas cabeceiras de um riacho, por exemplo, não terá como ser alimentado por deficiência de drenagem superficial;
- e) Não devem existir soleiras do embasamento cristalino cortando transversalmente os cursos d'água, pois essas já se constituem em barramentos naturais dos depósitos aluviais, dispensando qualquer intervenção artificial;
- f) A calha menor ou leito ativo do curso d'água deve guardar relações de largura e desnível para com a calha maior ou terraço aluvial que viabilize a construção. Uma calha ativa profunda e estreita é desaconselhável, pois os volumes a serem armazenados serão muito reduzidos.

EXPERIÊNCIA DO CEARÁ

O estado do Ceará concentra em seu território 276 barragens subterrâneas. As barragens subterrâneas, aqui mencionadas, forma construídas em planos emergenciais durante os períodos de grandes secas. Os dados apresentados forma obtidos junto a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC e fazem parte do Programa Emergencial de Frentes Produtivas. A Figura 01 mostra como as barragens subterrâneas encontram-se distribuídas dentro do território do estado.

Embora os números tenham surpreendido, estima-se que a quantidade de barragens construídas ultrapasse os dados aqui apresentados, uma vez que em órgãos governamentais como a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, Superintendência de Obras Hídricas – SOHIDRA, entre outros, não tenha registro de construção nem mesmo de monitoramento deste tipo de obra. Alega-se que obras de pequeno porte como estas, construídas em planos emergenciais, não ficam registradas.

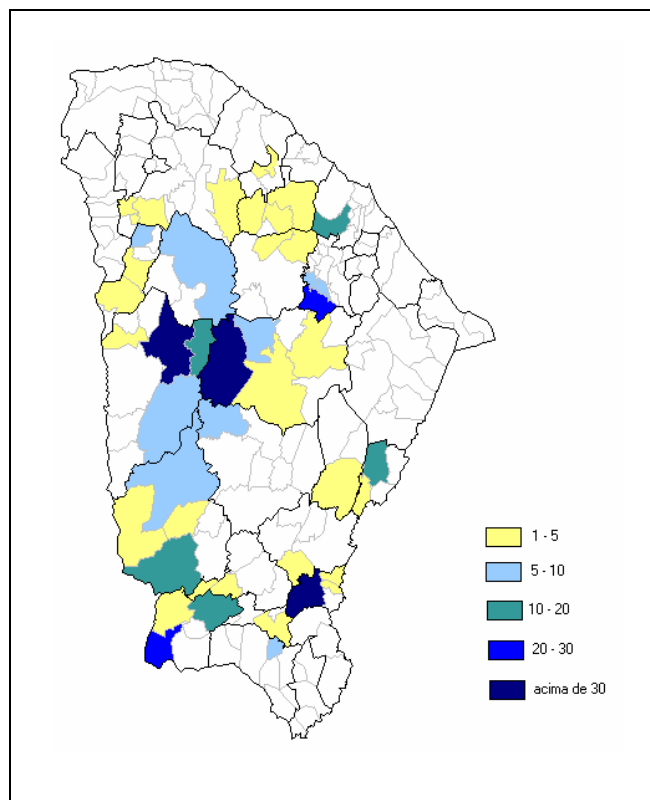


Figura 01 – Localização e distribuição das barragens subterrâneas existentes no estado do Ceará

Quando aos dados de qualidade de água destas barragens subterrâneas não foram encontrados dados de monitoramento. O que impede que seja realizada uma avaliação quanto ao risco de salinização e utilização da água para irrigação. Recomenda-se que a água proveniente de uma barragem subterrânea seja submetida a uma análise físico-química completa. O resultado da análise permitirá caracterizar hidroquimicamente a água do depósito aluvial, classificando-a quanto a potabilidade e uso para irrigação.

MONTEIRO (1988) fez um estudo referente ao armazenamento de água em barragens subterrâneas, onde os resultados obtidos da análise das amostras de água apresentaram restrições quanto ao seu uso para a irrigação. Não obstante, observou uma tendência da redução do risco de salinização devido à renovação da água pelas chuvas.

É importante salientar que, não se tem nenhuma informação se esses barramentos subterrâneos estão sendo controlados quanto à qualidade da água armazenada, como também se possuem poços para bombeamento da mesma, permitindo a sua renovação anual. Se as águas que escoam na região possuírem alguma salinidade, deverão progressivamente sofrer uma maior concentração, salinizando os solos da área.

Os planos emergenciais buscaram na construção das barragens subterrâneas as vantagens destas sobre as barragens superficiais nos seguintes termos: 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 além das diferenças de carga hidráulica a montante da barragem serem muito menor do que nos grandes volumes de água armazenados na superfície, o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo à lei de Darcy; dispensa onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais e como fator principal possui baixo custo por constituir uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas comparadas com àquelas de barramentos superficiais.

CONCLUSÕES

As barragens subterrâneas se constituem como uma alternativa viável para o semi-árido nordestino, principalmente no que diz respeito ao abastecimento de água para a população.

No entanto, esses barramentos subterrâneos não estão sendo controlados quanto à qualidade da água armazenada, como não possuem poços para bombeamento da mesma, permitindo a sua renovação anual. Podemos concluir que 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 construção de uma barragem subterrânea, apesar da sua simplicidade, deve, todavia, ser precedida de um estudo das condições do depósito aluvial e outros aspectos circundantes, sob pena de se obter um insucesso da mesma.

Embora os números e a distribuição das barragens subterrâneas no estado do Ceará sejam representativos, observa-se a pouca importância que o governo do estado, responsável direto pelo monitoramento destas barragens, tem dado as obras que foram realizadas. Em virtude deste descaso é impossível quantificar e qualificar as barragens subterrâneas construídas no Ceará, tanto quanto ao volume acumulado como a qualidade da água e riscos de salinização.

Três situações merecem ser aqui mencionadas como experiências desenvolvidas nesse campo, todas bem sucedidas: a barragem da Fazenda Pernambuco em 1987; os estudos desenvolvidos para o governo de Pernambuco em 1988 e as barragens de propriedades rurais, sob orientação da ONG denominada de Caatinga, todas no estado de Pernambuco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUQUE, J. G.. Solo e Água no Polígono das Secas. Ministério de Viação e Obras Públicas – DNOCS. ABC Gráfica Offset, Salvador – BH. 1973, 223p.
- MONTEIRO, L.C.C. Tese de Mestrado. Armazenamento de água em barragem subterrânea. 1988. IPLANCE, Fortaleza, 2000. <https://www.iplance.gov.ce.br>
- BENVENUTO, C; POLLA, C. Aspectos geotécnicos de projeto e construção de barragens subterrâneas. In. 7.º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Recife – PE. 1982.
- 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.
- SANTOS, J.P.dos & FRANGIPANI, A. - 1978 - Barragens submersas: uma alternativa para o nordeste brasileiro. In: II Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia; São Paulo –SP.