



Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Campus Caraúbas

Bacharelado em Ciência e Tecnologia

**AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS IMPLANTADAS NO
MUNICÍPIO DE OLHO D'ÁGUA DO BORGES**

Sebastião Arruda de Moraes Junior

Caraúbas – RN

2015

SEBASTIÃO ARRUDA DE MORAIS JUNIOR

Trabalho de conclusão de curso para obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA.

Orientadora: Prof^ª. Ms. Cibele Gouveia Costa Chianca

Caraúbas - RN

2015

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Caraúbas (BCC)
Setor de Informação e Referência

M827a Moraes Junior, Sebastião Arruda de.

Avaliação das barragens subterrâneas implantadas no município de Olho D'Água dos Borges/ Sebastião Arruda de Moraes Junior -- Caraúbas, 2015.

47f.: il.

Orientador: Prof. Me. Cibele Gouveia Costa Chianca

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Barragem - subterrâneas. 2. Pluviometria. 3. Reservatório
- construção. I. Título.

RN/UFERSA/BCC

CDD: 627.8

Bibliotecário: Eugênio Pacelli Ferreira da Costa
CRB-15/658

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Campus Caraúbas

**AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS IMPLANTADAS NO
MUNICÍPIO DE OLHO D'ÁGUA DO BORGES**

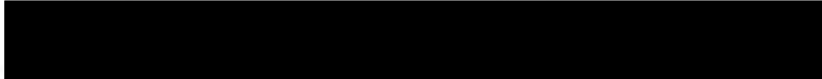
Sebastião Arruda de Moraes Junior

APROVADA EM: 02/02/2015

BANCA EXAMINADORA


Me. Cibele Gouveia Costa Chianca
Presidente


Me. André Moreira de Oliveira
Membro


Dr^a. Pollyanna Freire Montenegro Agra
Membro

“Por isso nunca desanimamos. Embora nossos corpos desgastem, a força interior vai se renovando dia a dia. Estes nossos sofrimentos e aflições, leves e momentâneos, não durarão muito tempo. Entretanto, este curto tempo de angustia resultará em uma glória eterna sobre nós para todo sempre! Portanto, não olhamos para aquilo que não podemos ver atualmente, mas olhamos para aquilo que não se vê. Pois o que se pode ver dura apenas pouco tempo, mas o que não se vê durará eternamente.” 2 Co 4:16-18. NOVA BÍBLIA VIV

A minha esposa Rogeane, que sempre tem me apoiado estando ao meu lado em todos os momentos e me ensinou o verdadeiro significado do amor.

A Deus pela sua infinita bondade e proteção.

Aos meus pais, Sebastião e Adailda que desde criança tem me apoiado, tanto na vida pessoal como na vida acadêmica e são os responsáveis por esta conquista a eles dedico este trabalho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me abençoado até aqui, sou grato por tudo que me fez, todas as lutas, mas principalmente pelas grandes vitórias e está em especial, pois é uma grande batalha que está chegando ao fim.

Ao meu pai Sebastião e minha mãe Adailda, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente, por toda a força que tem me dado nos momentos de fraquezas, por se esforçarem o máximo para me dar o bem mais precioso da humanidade que é a educação.

A minha esposa Rogeane que sempre me apoiou em tudo, e meu filho Kaleo, vocês são a minha base, sem vocês não conseguiria.

Ao meu grande amigo Francisco Erivan e sua esposa Dacy Alves, por serem verdadeiros amigos, que me ajudaram nas horas mais difíceis e nas maiores necessidades, obrigado por tudo que fizeram por mim, vocês são muito especiais eu não teria concluído esse curso sem a ajuda de vocês.

A minha orientadora professora Cibele Gouveia Costa Chianca, por toda a sua dedicação e paciência e pela confiança em mim depositada.

A todos os meus amigos e amigas, Ailton Brito, Wlisses Dantas, Kerolaynny Brenda, Anny Gabrielly, Isac Santos, Evandro Pereira e Enedina Aira pela sua amizade verdadeira e toda a sua ajuda.

A todos os meus professores que fizeram essa conquista possível em especial ao professor André Moreira, Kleber Cabral e as professoras Edna Rocha, Guymmann Clay.

RESUMO

A região nordeste do Brasil, onde predomina o clima semiárido é caracterizada por ter baixos índices pluviométricos e alta evaporação, esses processos provocam grandes perdas para a população local gerando fome e miséria em períodos de longa estiagem. Para enfrentar esse problema ao longo do tempo foram desenvolvidas técnicas de enfrentamento que visam minimizar os seus efeitos, dentre estas, podemos evidenciar a barragem subterrânea que se destaca por ser uma tecnologia inovadora que armazena a água da chuva através de um processo de absorção no solo, onde está água fica armazenada dentro do próprio solo, que fica livre do processo de evaporação e de contaminantes externos. Este trabalho buscou fazer um levantamento geral das características construtivas dessas barragens bem como os benefícios sociais que vem com sua implantação e para isso foram analisadas 06 barragens implantadas no município de Olho D'água do Borges, onde foi possível perceber que essas barragens realmente são bastante adequadas para a região por manterem uma considerável quantidade de água e possibilitarem o plantio de culturas mesmo em períodos de longas estiagens, porém são necessários alguns cuidados no tocante aos critérios locacionais e ao monitoramento, pois uma falha nesses pontos pode inutilizar a barragem, além disso é necessária orientação técnica para que as famílias beneficiadas saibam utilizá-la corretamente, o que não ocorre em nenhuma das barragens avaliadas.

Palavras Chaves: Barragens subterrâneas, características construtivas, benefícios sociais.

ABSTRACT

The northeast region of Brazil, dominated the semi-arid climate is characterized by having low rainfall and high evaporation, these processes lead to large losses for local people leading to starvation and misery in periods of prolonged drought. To address this problem over time were developed coping techniques aimed at minimizing its effects, among them we can highlight the underground dam that stands out as an innovative technology that stores rainwater through an absorption process in soil, where water is stored in the soil itself, which is free from the process of evaporation and external contaminants. This study aimed to make a general survey of the constructive characteristics of these dams and the social benefits that come with its implementation and for this were analyzed 06 dams deployed in the village of Olho D'agua Borges, where it is noted that these dams are really quite appropriate to the region by maintaining a considerable amount of water and make possible the planting of crops even in periods of long drought, however some care is necessary with regard to locational criteria and monitoring, as a failure at these points can disable the dam also it is necessary technical guidance for families benefited know properly use it, which does not occur in any of the evaluated dams.

KEY-WORDS: Underground dams, construction features, social benefits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição água no planeta.....	14
Figura 2 - Esquema barragem subterrânea modelo Costa & Melo.....	15
Figura 3 - Modelo de barragem submersível.....	18
Figura 4 - Modelo de barragem submersa	18
Figura 5 - Espessura do Aluvião.....	22
Figura 6 - Leito do Riacho em relação as suas margens.....	22
Figura 7 - Inclinação do Leito Aluvial	23
Figura 8 - Locais do Barramento	23
Figura 9 - Localização do Eixo da Barragem	24
Figura 10 - Abertura da Vala	25
Figura 11 - Colocação da Lona Plástica e implantação de Poço	26
Figura 12 - Vala escavada e implantação de Poço Amazonas.....	27
Figura 13 - Cacimba escavada na Barragem de Higino Luis Barros de Mesquita	28
Figura 14 - Localização Geográfica Olho D'agua do Borges	30
Figura 15 - Localização Geográfica Barragens Subterrâneas em Olho D'agua do Borges.....	33
Figura 16 - Barragem construída na propriedade de Eutario Marcolino Braga.....	37
Figura 17 - Barragem e Poço na propriedade de Raimundo Franklin da Costa	37
Figura 18 - Barragem construída na propriedade de Francisco Jose de Oliveira	38
Figura 19 - Poço construída com anéis de concreto na Barragem de Francisco Jose de Oliveira.....	39
Figura 20 - Barragem e Poço construídos na propriedade de Jose Vicente Viana	40
Figura 21 - Barragem construída na propriedade de Manoel Dias	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos medio de uma Barragem Subterrânea.....	24
Tabela 2 - Dados Construtivos das Barragens Subterrâneas no município de Olho D'agua do Borges-RN.....	33

SUMÁRIO

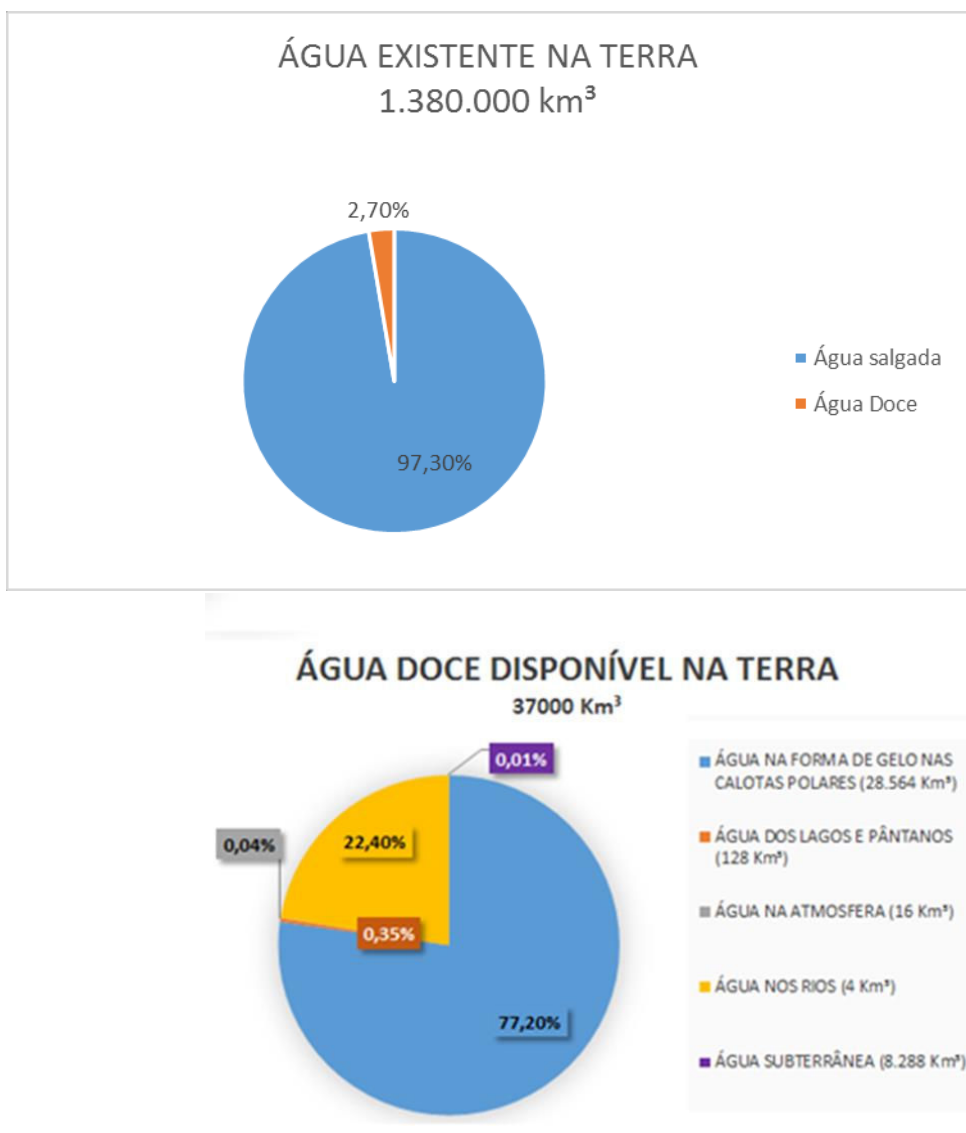
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 BARRAGEM SUBTERRÂNEA	18
3.2 HISTÓRICO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS	20
3.3 ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	21
3.3.1 Critérios Locacionais.....	21
3.3.2 Fases da Construção	25
3.4 MONITORAMENTOS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS.....	26
3.5 CASO DE SUCESSO.....	27
3.6 ÓRGÃOS FISCALIZADORES.....	27
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLHO D'AGUA DO BORGES	30
4.1.1 Aspectos Socioeconômicos	30
4.1.2 Aspectos Fisiográficos.....	31
4.1.3 Recursos Hídricos.....	31
4.2 BARRAGENS ANALISADAS	31
4.3 ANALISE DAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	33
4.4 ASPECTOS SOCIAIS.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	36
6 CONCLUSÃO.....	43
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	44

REFERÊNCIAS	45
ANEXOS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento de fundamental importância para a manutenção da vida em nosso planeta, esse recurso natural cobre cerca de 70% da superfície terrestre, porém somente 2,7% deste volume é água doce. Da água doce existente somente 23,8% são utilizáveis, estando a restante congelada nas calotas polares e em aquíferos na forma de águas subterrâneas, o que restringe bastante a sua utilização DAEE (Departamento de Aguas e Esgoto São Paulo), Como mostra a (figura 1).

Figura 1- Distribuição água no planeta



Fonte: Adaptações de DAEE-SP (2005)

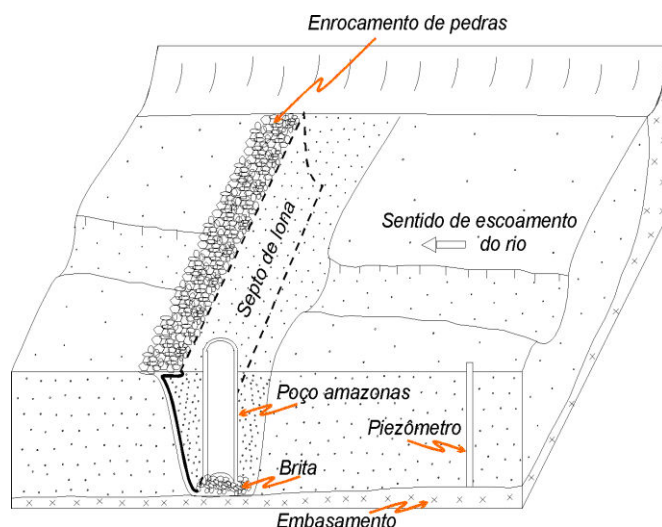
A região nordeste do Brasil, a qual predomina o clima semiárido se caracteriza pela baixa pluviometria e alta evaporação, essas características favorecem a falta de água para o consumo humano e para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, gerando assim fome, miséria para a população local.

A estiagem afeta principalmente a zona rural dos municípios, pois a falta d'água para consumo e desenvolvimento da agricultura e pecuária, gerando o deslocamento das famílias para os centros urbanos, ocasionando o êxodo rural e o amontoamento das cidades.

Para combater essa adversidade da natureza, muitas medidas de enfrentamentos foram tomadas pelos órgãos governamentais e algumas ONG's (Organizações Não Governamentais), com intuito de minimizar os seus efeitos. Dentre essas medidas podemos destacar: a construção de cisternas de placas e cisternas de captação de águas pluviais dos telhados, as quais visam armazenar a água na época da chuva para ser usada no período de estiagem; a construção de barragens e barreiros de pequeno médio e grande porte; e a distribuição de água através de carros pipas. Dentre essas medidas as barragens subterrâneas se destacam, pois segundo Cirilo e Costa (1997), não há perdas de áreas superficiais por inundações podendo serem utilizadas para plantações, há maior proteção da água contra poluição externa, apresenta menor perda por evaporação e são mais fáceis de construir.

A barragem subterrânea é uma tecnologia de captação e armazenamento de água no subsolo, a qual se dá através do barramento do riacho impedindo assim que a água nela acumulada continue a escoar, conforme Figura 2.

Figura 2- Esquema barragem subterrânea modelo Costa & Melo



Fonte: Cirilo (1998)

Avaliar os aspectos construtivos, operacionais e sociais dessas barragens é fundamental para o uso correto e adequado desse tipo de construção, pois muitas vezes um erro operacional pode comprometer toda a barragem e causar diversos impactos negativos como inundações, erosão, além geração de renda para os usuários da mesma.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os aspectos gerais da implementação de barragens subterrâneas no município de Olho D'água do Borges. Realizando um levantamento bibliográfico sobre barragem subterrânea, com fim de analisar os aspectos gerais da implantação dessas barragens no município de Olho D'água do Borges.

2.2 Objetivos Específicos

- Fazer o levantamento das características construtivas das barragens.
- Avaliar a operacionalização e os aspectos sociais, no tocante as mudanças econômicas e melhorias na saúde de seus usuários.

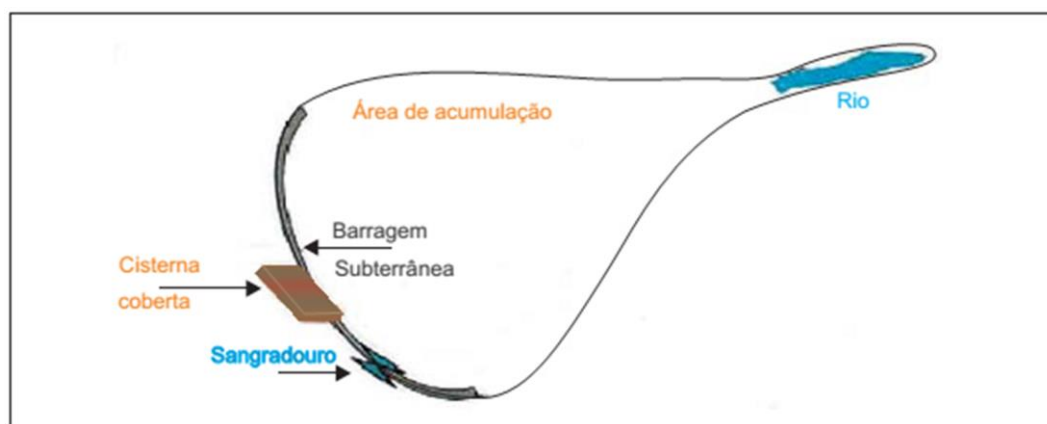
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Barragem Subterrânea

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).

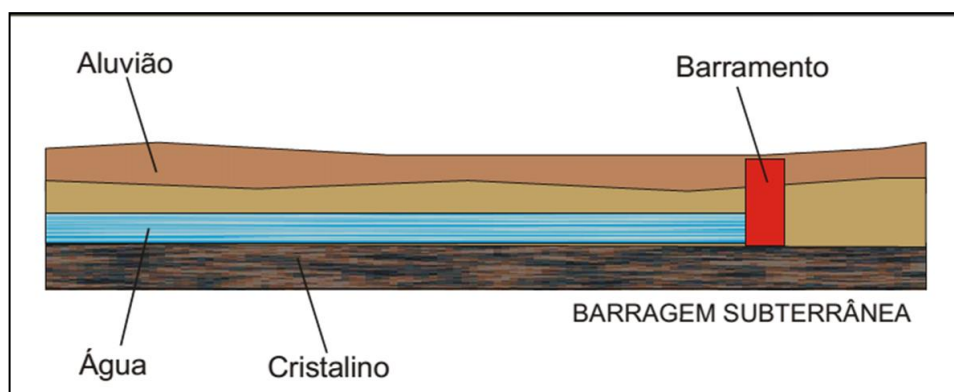
Alguns autores (Santos & Frangipani, 1978, Monteiro, 1984 e Silva & Rego Neto, 1992) definem barragem subterrânea ou submersível aquela formada por uma parede que parte da camada impermeável ou rocha até uma altura acima da superfície do aluvião, de tal forma que na época das chuvas forma um pequeno lago a montante (Figuras 3) enquanto a barragem submersa tem sua parede totalmente no aluvião, ficando a água armazenada no perfil do solo (Figura 4).

Figura 3 - Modelo de barragem submersível



Fonte: Costa (1997)

Figura 4 - Modelo de barragem submersa



Fonte: Cirilo (1998)

Segundo Oliveira (2001) existem basicamente três modelos de barragem subterrânea, que são o modelo desenvolvido pela ONG Caatinga que ficou denominado modelo Caatinga, ele se caracteriza por ser uma barragem subterrânea submersa e seu processo construtivo se dá pela escavação de uma vala linear ao leito do rio ou riacho em seguida é preenchido essa vala com o próprio material retirado dela só que submetido a uma compactação feita por animais, depois é feito um enrocamento de pedras arrumadas sobre a base compactada, elas apresentam baixo custo e é utilizada sem restrições visto o baixo volume armazenado, além disso utiliza a mão de obra local. O outro modelo é denominado Costa e Melo, que faz referência a seus desenvolvedores os professores da UFPE Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, ela é um modelo de barragem subterrânea submersa, onde sua construção começa com a escavação de uma vala reta perpendicular a direção de escoamento, é instalado um septo impermeável ao longo da vala e construído um ou mais poços instalados junto ao septo impermeável no lado da montante, é finalizado com um enrocamento de pedras arrumadas em cima da barragem, também é construído um piezômetro que serve para medir os níveis de água da barragem, além disso sua construção é bastante rápida com um baixo custo, apresentam condições de controle de salinidade e de níveis de armazenagem e pode ser utilizada para diversos fins, pois há possibilidade de retirada de água através do poço. Já o modelo desenvolvido pela Embrapa é caracterizado como barragem subterrânea submersível, sua construção é feita escavando-se uma vala em arco onde é construída uma parede impermeável elevada a um metro do nível do solo, é feito um sangradouro em concreto ou alvenaria é construída no lado da jusante uma cisterna coberta que interligada com a barragem através de tubos que possuem filtros em seu interior, para filtrar a água e ela poder ser utilizada para os diversos fins. O modelo Embrapa consegue armazenar o maior volume dentre todos os 03 modelos no entanto o seu custo é muito superior aos outros e a mão de obra para sua construção tem que ser técnica, diferente dos outros modelos.

No geral a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica capaz de armazenar água da chuva e suplementar as necessidades de água de uma propriedade rural nos períodos secos (MOREIRA, et al. 2007). Ela aproveita a água de enxurrada das chuvas de pequenos riachos e consegue manter um bom nível de umidade no solo nos períodos de seca, sendo assim aproveitada para o plantio de diversas culturas, desde fruteiras até hortaliças e gramíneas. Além da agricultura, as barragens subterrâneas podem ser utilizadas para abastecimento humano e dessedentação de animais (COSTA, 1997).

Essas barragens tem uma gama de vantagens em relação as barragens superficiais, dentre essas podemos destacar:

- Há maior resistência à evaporação, pelo fato da água está protegida por uma camada de solo;
- Não tem problema com o assoreamento, justamente por ser subterrânea;
- Não inundam áreas de terra, deixando-as disponível para plantio;
- O seu custo é relativamente baixo se comparado com uma superficial;
- A qualidade da água é bem melhor que uma superficial por haver uma camada de solo protegendo-a contra impurezas externas;
- Geram menos impacto ambiental do que as barragens superficiais, visto que não inundam grandes áreas de terra;

3.2 Histórico das Barragens Subterrâneas

O uso de barragens para o fluxo de água subterrânea é uma concepção antiga segundo HANSON & NILSSON (1986), reportam construções desse tipo desde a época do império romano, na Sardenha e em civilizações antigas do Norte da África. Já no século XVIII tem registros de utilização dessas barragens principalmente no norte e sudeste da África, Índia, Israel e Irã (PONÇANO, 1981). Porém segundo o IPT - Instituto de pesquisas de São Paulo (1981) elas foram também utilizadas no Saara, por hidro geólogos franceses, com intuito de explorar agricultura em vazantes. Já TIGRE (1949) dizia que os primeiros trabalhos envolvendo técnicas de represamento de águas subterrâneas foram na Califórnia em Santo Antônio por volta do ano de 1895.

O primeiro estudo que visava o abastecimento hídrico a indicar a construção da barragem subterrânea aqui no Brasil foi feito pelo engenheiro Pierre Taltasse, através da UNESCO, para o batalhão de engenharia do exército em 1959, na cidade de Carnaúba dos Dantas, no estado do Rio Grande do Norte, onde o mesmo elaborou um estudo hidrológico específico para o local e projetou a construção do que seria a primeira barragem subterrânea do Brasil, sendo que esta não chegou a se concretizar.

A primeira barragem subterrânea construída no Brasil foi feita no Estado do Ceará em 1965, pelo DNOCS, na cidade de Tauá no depósito aluvial do Rio Trici. Logo após na década de 70, alguns autores destacaram a importância desse tipo de construção, como SANTOS E FRANGIPANI (1978), os quais afirmaram que a implantação de barragens submersas nos depósitos aluviais seria uma boa alternativa para a região nordeste. Eles consideraram essas

barragens como sendo reguladoras das reservas de água do subsolo, facilitam a renovação através do bombeamento contínuo e minimizam os efeitos de salinização.

No início da década de 80, o IPT elaborou um estudo e construiu algumas barragens subterrâneas, sendo elas localizadas no Ceará, no Rio Palhano (bacia do Rio Jaguaribe) e no Rio Grande do Norte, no Rio das Cobras e dos Quintos (bacia do rio Seridó). Já em meados da década de 80, a EMBRAPA/CPTASA realizou em Petrolina-PE algumas experiências com barragens subterrâneas. Nessa mesma época pesquisadores da UFPE, coordenados pelo professor Waldir Costa, desenvolveram um modelo de barragem subterrânea que foi aprimorado e patenteado como modelo COSTA & MELO, fazendo referência aos seus criadores Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, aonde se chegou ao modelo mais usual, o qual é utilizado atualmente. Algumas adaptações nesse modelo foram feitas pela ONG (ASA), que uma das principais responsáveis pela disseminação desse tipo de barragem e vem atuando em todo o semiárido nordestino com o projeto governamental denominado P1+2, que tem como objetivo a implementação de tecnologias de convivência com o semiárido.

3.3 Aspectos Construtivos

3.3.1 Critérios Locacionais

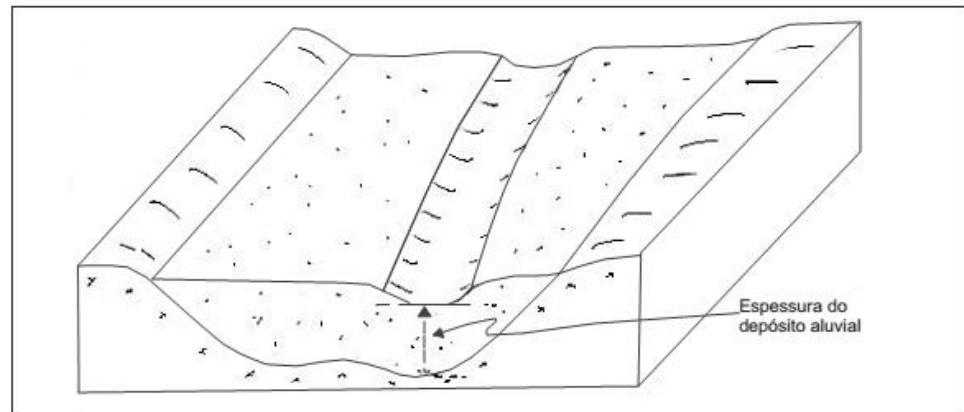
Em Olho D'água do Borges foram implantadas barragens condizentes com o modelo Costa & Melo, esse tipo de barragem se destaca por ser bastante rápida a construção, ter baixo custo, pode ser executada inteiramente por mão de obra local ou por máquinas, tem condições de controle dos níveis de água e salinização e pode ser usada para diversos usos, como o consumo humano, animal e o plantio de culturas.

O processo construtivo dessas barragens, segundo Cirilo (1998), é bastante rápido e barato como pode-se observar na Tabela 1, e na escolha da sua localização deve-se levar em consideração:

- O teor de sais da água do rio ou riacho: a água do rio ou riacho não pode ter grandes concentrações de sais, pois isso pode inadequar seu uso para consumo humano e animal. Uma água com teor de sólidos acima de 3000 mg/l é desaconselhável pois a tendência é com o tempo aumentar a concentração salina.

- Como a evaporação alcança a profundidade de 0,5 metros, a espessura do depósito aluvial deve ter no mínimo 1,5 metros para justificar a implantação de um barramento (figura 5);

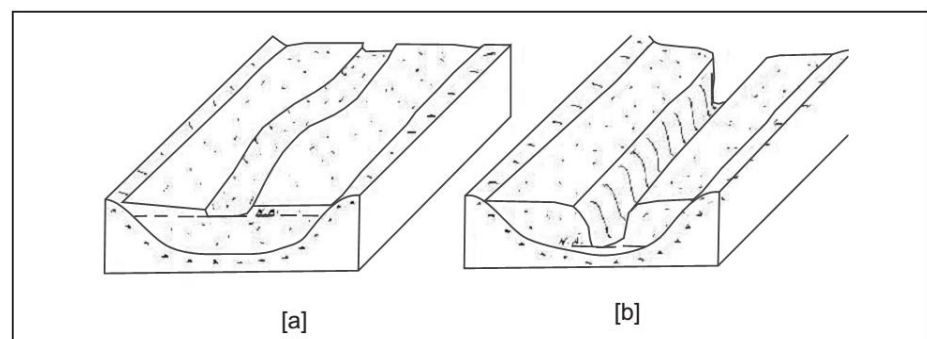
Figura 5 – Espessura do Aluvião



Fonte: Costa (1997)

- O tipo de solo: a barragem deve ser construída preferencialmente em solos arenosos, pois solos argilosos não permitem a liberação da água acumulada neles.
- Se o leito do rio ou riacho for muito profunda em relação as margens, mesmo que as margens apresentem boas espessuras é desaconselhável a construção se espessura do leito for inferior a 1,5 metros, como podemos observar nas figuras 6 a e 6 b, onde o local ideal para construção pode ser visualizado na figura 6 a;

Figura 6 – Leito do Riacho em relação as suas margens

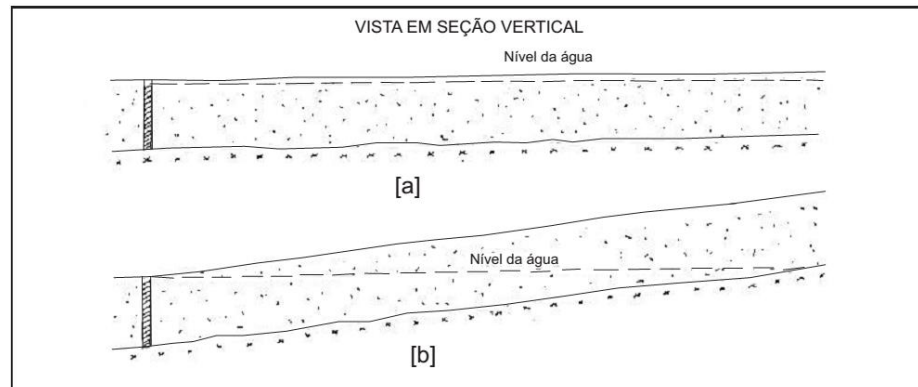


Fonte: Costa (1997)

- A declividade do terreno: deve ser a menor possível isso para que a área de armazenamento seja a maior possível, sendo que quanto mais plano mais a

água se espalhara e aumentara a área úmida da barragem ver figuras 6 a e 6 b, onde o local recomendado será o da figura 7 a;

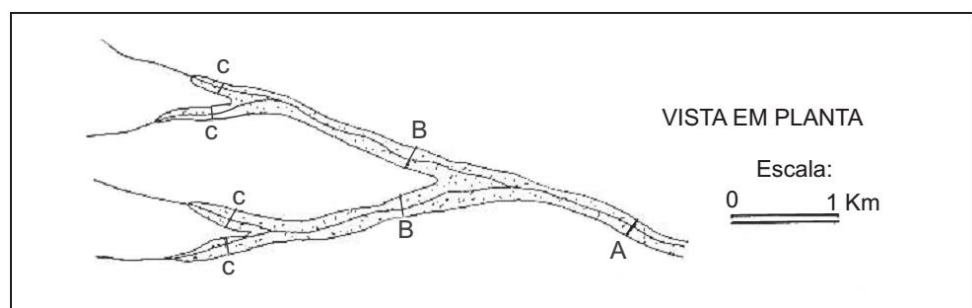
Figura 7 – Inclinação do Leito Aluvial



Fonte: Costa(1997)

- Distância da cabeceira: o barramento não deve ser locado nas cabeceiras dos rios ou riachos, pois além da declividade ficar muito elevada, não haveria área para recarregar a bacia hidráulica, na medida que se retirar a água. A distância recomendada seria em torno de um quilometro da cabeceira, ver figura 8, onde o ponto ideal para implantação seria o ponto A, sendo também possível implanta-la no ponto B;

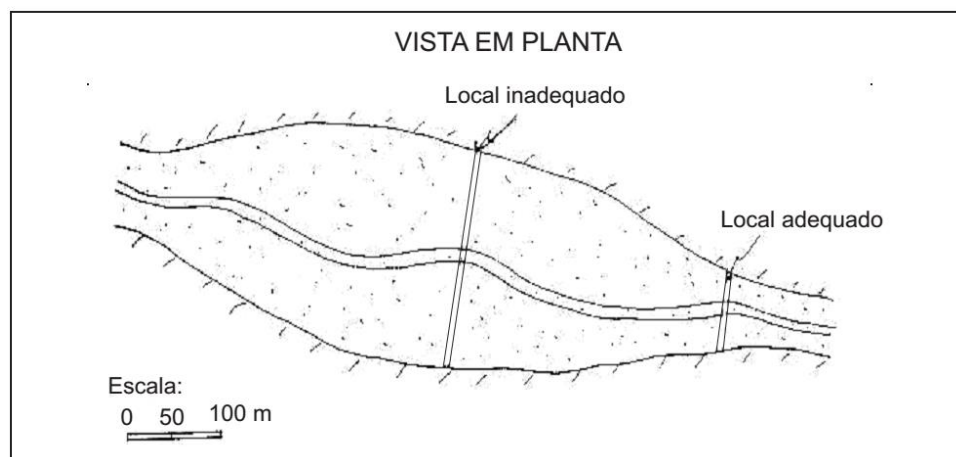
Figura 8 – Locais do Barramento



Fonte: Costa (1997)

- Deve-se construir a barragem no local mais estreito possível das áreas aluviais mais alargadas, isso com fim de economizar na obra e se ter maior área de armazenamento (figura 9)

Figura 9 – Localização do Eixo da Barragem



Fonte: Costa (1997)

Tabela 1- Custos médios de uma Barragem Subterrânea

Material de construção	Unid.	Quant.	Valor Unitário	Valor Total	
			R\$	R\$	US\$*
Lona plástica, largura de 4 m	m	100	6,00	600,00	279,07
Tela de arame, tipo galinheiro	m	30	2,50	75,00	34,88
Cimento (saco de 50 kg)	un	6	20,00	150,00	69,77
Areia grossa	m3	2	30,00	60,00	27,91
Brita 2	m3	1	65,00	65,00	30,23
Mão-de-obra					
Retroescavadeira/ Enchedeira	Horas/maq	8	120,00	960,00	446,51
Trabalhador rural	Homem/dia	20	30,00	600,00	279,07
Pedreiro	diária	01	40,00	40,00	18,60
Servente	diária	05	30,00	150,00	69,77
Total com máquina				2.700,00	1.255,81
Total sem máquina				1.740,00	809,30

Fonte: EMBRAPA (2008)

3.3.2 Fases da Construção

A construção de uma barragem subterrânea do modelo Costa & Melo é composta por diversas etapas, a primeira etapa consiste na escolha adequada do local, esse local deve ser uma área com linha de drenagem natural como rios ou córregos onde a água da chuva escoar em grande quantidade. Após a escolha do local é feita a escavação de uma vala transversal ao leito de escoamento com profundidade até a camada impermeável do solo. Em seguida coloca-se o septo impermeável, que pode ser de vários tipos como: Lona plástica, argamassa de argila compactada, tijolo com argamassa de cimento, parede de pedra ou ainda pranchas de madeira justapostas. Levando em conta o custo da obra e a facilidade de disposição do material costuma-se utilizar a lona plástica. Para fixar bem a lona é feito um reboco utilizando uma argamassa de barro no lado da jusante, para evitar perfurações na lona plástica. Por fim se escava o local do poço e coloca-se os anéis que o formam (Brito et al, 1999). As Figuras 10 e 11 demonstram como é feito esse processo construtivo.

Figura 10 - Abertura da Vala



Fonte: Costa (1998)

Figura 11 - Colocação da Lona Plástica e Implantação de Poço



Fonte: Costa (1998)

3.4 Monitoramentos das Barragens Subterrâneas

O monitoramento da barragem depois de construída é de fundamental importância, pois segundo Cirilo (1998), apesar de não requerer tanta manutenção quanto uma barragem superficial, é necessário monitorar para evitar a salinização da água, tendo em vista as elevadas taxas de evaporação na região semiárida que podem chegar aos 3000 mm/ano, frente a média de precipitação que é 600 mm/ano, o que gera um esvaziamento da reserva ao longo do período de seca por evaporação. O processo de salinização é decorrente da concentração ao longo do tempo de sais devido a evaporação. Além disso é fundamental esse acompanhamento pois um erro operacional pode inutilizar a barragem, como por exemplo escavar poço em local inadequado, ou perfurar a lona plástica. O principal elemento de monitoramento é o poço amazonas construído próximo ao septo impermeável (figura 12), este que desempenha papel fundamental na barragem subterrânea, o qual tem as seguintes funções: Permitir a retirada da água por bombeamento ou manual, para o consumo humano ou animal; coletar amostras de água para fazer análises físico-químicas, que indicam os níveis de salinização; medir o nível de esvaziamento do reservatório e exaurir a água da bacia de acumulação quando se iniciam as primeiras chuvas, com fim de que haja renovação dessa água para evitar o processo de salinização.

Figura 12 - Vala escavada e Implantação de Poço Amazonas



Fonte: PRODHAM

3.5 Caso de Sucesso

Um grande exemplo de sucesso das barragens subterrâneas se encontra na cidade de Canindé interior do estado do Ceará, lá o agropecuarista Higino Luis Barros de Mesquita, proprietário da fazenda riacho do facão, localizada no povoado de Santa Clara há 24 km da sede do município, ele tem criação de bovinos que é visto como modelo para a região, graças as tecnologias de convivência com o semiárido implantadas na propriedade, tais como a barragem subterrânea e o plantio de espécies forrageiras adaptadas a região. Na fazenda, ele manteve diversos animais, entre vacas de leite, novilhas e bezerros em 11 hectares de terra de um total 700 ha, o mesmo afirma retirar 26 litros de leite/dia. Para garantir a alimentação dos animais, Higino faz o plantio mesmo em épocas secas de cana de açúcar, capim, palma, mandacaru e canafístula. Esse cultivo fornece suporte forrageira para alimentar os animais, com um volume de 400 toneladas/ano aproximadamente. Isso com uma economia de 90% de água segundo o agropecuarista.

E isso tudo só foi possível graças a implantação de uma barragem subterrânea na propriedade, esta que foi implantada com recursos próprios e totalizou um custo de 6800,00. “A água fica retida no subsolo e deixa o lençol freático molhado o ano inteiro, garantindo assim a produção de várias espécies de forragens para o alimento dos animais” afirma Higino.

Isso possibilitou uma grande economia para o proprietário, pois com a área úmida o ano inteiro foi possível implantar diversas culturas forrageiras para alimentar os animais e com isso o produtor deixou de compra ração industrializada, gerando uma enorme economia. Mas com o grande período de estiagem as reservas hídricas superficiais da propriedade secaram, O criador afirma que um cacimbão de 12 metros de boca, com vazão de 100 mil litros por hora, secou. Três poços profundos, com 7.400 litros e um com cata-vento com capacidade de 8.600 litros também esvaziaram. Os três açudes de grande porte perderam a capacidade hídrica, deixando o agropecuarista preocupado. Para sanar a situação o mesmo perfurou no leito do rio na área úmida da barragem, uma cacimba que mata a sede dos animais. Para o produtor a falta de chuvas no semiárido é uma realidade já conhecida “Eu busquei me preparar para evitar uma situação mais difícil. A partir dos projetos e tecnologias ensinadas por técnicos da agência de Canindé do Banco do Nordeste, aperfeiçoei em qualidade a minha produção” afirma ele ALVES (2013).

Figura 13 - Cacimba escavada na Barragem de Higino Luis Barros de Mesquita



Fonte:<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/online/barragens-subterraneas-garantem-agua-em-caninde-1.834808>

3.6 Órgãos Fiscalizadores

Os órgãos responsáveis pela fiscalização das obras dessas barragens são, a nível federal a ANA (Agencia Nacional de Águas), a nível estadual a responsabilidade é do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) através de sua unidade estadual, já no

município de Olho D'água do Borges essas obras foram acompanhadas pelo secretário municipal de recursos hídricos Thiago Escolástico Paulino Leite.

+

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do Município de Olho D'água do Borges

O município de Olho D'água do Borges situa-se a mesorregião oeste potiguar e na micro região de Umarizal, limitando-se com os municípios de Caraúbas, Apodi, Patú, Rafael Godeiro e Umarizal, abrangendo uma área 141,170 km² (IBGE, 2010), a sede do município tem uma altitude media e 164 m e coordenadas 05°57'21,6" de latitude sul e 37°42'21,6" de longitude oeste, distando da capital cerca de 347 km.

Figura 14- Localização Geográfica Olho D'água do Borges



Fonte: http://www.gilbertodias.com.br/2014/12/olho-dagua-do-borges-comemora-hoje-51.html#.VLe_pivF-PY

4.1.1 Aspectos Socioeconômicos

O município de Olho D'água do Borges foi criado pela lei nº 2.998, de 17/12/1963, desmembrado de Almino Afonso. Segundo o censo de 2010, tem uma população total residente de 4295 pessoas, sendo que 3240 moram na zona urbana e 1055 residem na zona rural. O município possui 1.147 domicílios permanentes, sendo 841 na área urbana e 306 na área rural. Destes, com relação ao abastecimento hídrico, 604 são abastecidos através da rede geral de água, 208 através de poço ou nascente e 335 são abastecidos por outras fontes. Nenhum domicílio está ligado à rede geral de esgotos e só 540 têm coleta regular de lixo. As

principais atividades econômicas são: agropecuária, extrativismo, comércio e o serviço público municipal.

4.1.2 Aspectos Fisiográficos

Segundo o IDEMA (2008) o município possui um clima tropical, com precipitação média de 828,5 mm anuais, distribuído entre os meses de fevereiro e abril, tem temperatura média anual de 27,7 °C, umidade relativa média de 70 %. Quanto à formação vegetal, o município possui Caatinga Hiperxerófila (vegetação de caráter mais seco com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixos e espalhadas), exemplos: jurema preta, mufumbo, facheiro, xique-xique e marmeleiro. O solo predominante é Regossolo Eutrófico - fertilidade média a alta, textura arenosa, fase rochosa, bem drenada, relevo plano e suave ondulado entre 100 e 200 metros. A maior limitação ao uso agrícola é a falta d'água, o que elimina as possibilidades de uma agricultura mais intensiva sem irrigação.

4.1.3 Recursos Hídricos

O município encontra-se totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, sendo que os principais riachos são o Olho D'água, Do cunha e Umari, que cortam o município. Existem algumas lagoas e açudes de pequeno porte, onde se destacam o Açude do Brejo (17.000.000m³/público), o Açude do Riacho do Cunha (1.532.275m³/público) e o açude da Bela Flor (comunitário). Todos os cursos d'água tem regime intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (IDEMA-2008). Sendo que no momento todos estão completamente secos devido ao longo período de estiagem.

4.2 Barragens Analisadas

O município de Olho D'água do Borges possui seis barragens subterrâneas, as quais duas foram construídas através do projeto *Segunda Água* que é uma parceria do governo federal com o governo estadual operacionalizado pela EMATER-RN, e as outras quatro foram construídas pelo DNOCS. As barragens estão distribuídas por algumas comunidades da zona rural do município. A primeira está localizada no Sítio Brejo, na propriedade do senhor

Francisco Jose de Oliveira e está nas coordenadas S 05°58'25.22" e O 37°44'34.82", próximo ao açude do Brejo, a segunda também está localizada no Sítio Brejo, só que na propriedade do senhor Raimundo Franklin da Costa, e nas coordenadas S 05°58'54.90" e O 37°44'8.9", a terceira está localizada no Sítio Várzea Comprida, na propriedade do senhor Manoel Dias, próximo a estrada carroçal que liga a sede do município ao sítio Várzea Comprida e sob as coordenadas S 06°00'16.82" e O 37°43'32.72", a quarta foi construída no sítio Riacho do Cunha, na propriedade do senhor Jose Vicente Viana, ao lado da estrada carroçal que liga sede do município a comunidade de Riacho do cunha e fica nas coordenadas S 06°01'38.25" e O 37°42'22.43" , a quinta está localizada no sítio Inveja, na propriedade do senhor Eutario Marcolino Braga, ao lado da estrada carroçal que liga a sede do município a comunidade do Alivio, sob as coordenadas S 05°59'12.86 e O 37°39'53.25", e a sexta foi construída na propriedade do senhor João Bessa Viana, no sítio Grotão, ao lado da RN 078 que liga os municípios de Olho D'água do Borges e Patú, nas coordenadas S 06°00'30.49" e O 37°41'2.98" conforme figura 15. Atualmente no município estão sendo implantadas 30 barragens subterrâneas pela EMATER-RN, através do projeto *Segunda Água*, que é uma ação governamental que visa melhorar o convívio com a seca, utilizando recursos federais e estaduais, esse projeto esta construindo além das barragens subterrâneas, também poços, pequenos barreiros e cisternas. Isso demonstra a importância da avaliação desse tipo de barragem, com intuito de se avaliar se os recursos financeiros estão surtindo os efeitos desejados.

Figura 15 - Localização Geográfica Barragens Subterrâneas no município de Olho D'água do Borges-RN



Fonte: Google Earth

4.3 Análise das Características Construtivas

Para analisar as características construtivas das barragens, inicialmente foram obtidos seus dados construtivos juntos aos órgãos construtores, no caso a EMATER-RN e o DNOCS (tabela 2). Os mesmos informaram que todas as barragens construídas no município seguiram o modelo Costa & Melo.

Tabela 2: Dados Construtivos das Barragens Subterrâneas no município de Olho D'água do Borges-RN

LOCALIZAÇÃO/ PROPIETARIO	ANO	CARACTERISTICAS GERAIS (DIMENSÕES E MATERIAL)	ÓRGÃO
Sítio Riacho do Cunha Jose Vicente Viana	2014	40 metros de comprimento/ 4 metros de profundidade/ Lona plástica/ Poço amazonas	DNOCS

Sítio Várzea Comprida Manoel Dias	2014	60 metros de comprimento/ 5 metros de profundidade/ Lona plástica/ Poço amazonas	DNOCS
Sítio Grotão João Bessa Viana	2014	70 metros de comprimento/ 4 metros de profundidade/ Lona plástica/ poço amazonas	DNOCS
Sítio inveja Eutalio Marcolino Braga	2014	90 metros de comprimento/ 6 metros de profundidade/ Lona plástica/ Poço amazonas	DNOCS
Sítio Brejo 1 Francisco José de Oliveira	2013	93 metros de comprimento/ 7,8 metros de profundidade/ Lona plástica/ Poço amazonas	EMATER
Sítio Brejo 2 Raimundo Franklin da Costa	2013	60 metros de comprimento/ 6 metros de profundidade/ Lona plástica/ Poço amazonas	EMATER

Fonte: EMATER e DNOCS

Além disso, foram observados por análise visual e conversas informais com os proprietários os seguintes itens in loco:

- Os níveis de salinização do solo, através de conversas informais com os proprietários;
- A espessura do depósito aluvial, também através de conversas informais com os proprietários;
- O tipo de solo, caracterizado de forma visual;
- Barramentos naturais existentes, também de forma visual;
- A profundidade do leito do rio em relação às margens, ou seja se há barramentos laterais, de forma visual;
- A declividade do terreno, observado também visualmente;
- Área de recarga, também observado de forma visual;
- Existência de poço e sua localização, observado visualmente

4.4 Aspectos Sociais

Para avaliar os aspectos sociais da implantação dessas barragens, foi elaborado um questionário que visa entender como foi a aceitação da comunidade local, bem como se houve

ganhos tanto financeiros e em qualidade de vida, e ainda verificar se os proprietários sabem realmente fazer o manejo correto das barragens subterrâneas. O questionário aborda os seguintes pontos:

- O tipo de utilização da barragem, se para consumo humano, animal, ou para uso agricultura, ouvindo a opinião dos proprietários;
- A aceitação da comunidade local, através de conversas informais;
- A razão da escolha do local da construção, onde foram ouvidas as opiniões dos proprietários;
- Os benefícios gerados pela barragem, financeiros e em qualidade de vida onde foram ouvidas as opiniões dos proprietários;
- Avaliar a qualidade da água, observando as palavras dos proprietários;
- Saber se há acompanhamento técnico, para dar instruções sobre o manejo das barragens;

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aspectos Construtivos

No tocante aos aspectos construtivos, Os locais avaliados apresentam profundidade adequada bem acima do mínimo recomendado, que é de 1,5 metros variando de 3 a 8 metros, os solos são arenosos, ideais para retirada da água infiltrada neles, apresentam pequena declividade, o que torna a área de armazenamento da barragem mais ampla e consequentemente mais produtiva por apresentar uma área de aproveitamento maior. Os leitos dos riachos em que foram construídas apresentam profundidade bastante adequada visto que não são profundos em relação as margens. O que dificultaria o barramento por se tornar muito raso no leito e profundo nas margens.

Já em relação a área de recarga da barragem foi observado que a barragem da propriedade do senhor Eutario Marcolino Braga, foi construída bem próximo a um pequeno açude distanciam cerca de 200 metros a jusante deste o que inviabiliza a sua recarga, além disso o proprietário construiu em cima da barragem subterrânea um parede de barro com cerca de 2 metros de altura descaracterizando o objetivo principal desse tipo de barragem que é o armazenamento de água subterrânea, passando a mesma a ser considerada um pequeno açude, popularmente conhecido por “barreiro” (figura 16). O restante das barragens foram construídas em locais com ampla área de recarga favorecendo a sua recarga na época das chuvas, mas já propriedade do senhor Raimundo Franklin da Costa foi construída uma parede de barro com cerca de 2 metros o que também a descaracterizou a barragem subterrânea, infelizmente não será utilizada da maneira adequada, sendo que um dos principais fatores negativos será a diminuição da área de plantio que nesse caso será reduzida, assim que a barragem começar a encher. Outro problema está relacionado com o poço escavado no leito o qual ficara submerso podendo até chegar a ser totalmente entupido caso haja uma enxurrada (figura 17).

Figura 16 - Barragem construída na propriedade de Eutario Marcolino Braga



Fonte: Autor

Figura 17- Barragem e Poço na propriedade de Raimundo Franklin da costa



Fonte: Autor

Em relação aos comprimentos das barragens foi possível observar que a maioria delas não se enquadra perfeitamente no local de menor comprimento do leito do riacho e maior bacia de recarga, sendo a que apresentou o maior comprimento foi a construída na

propriedade do senhor Francisco Jose de Oliveira a qual chegou aos 93 metros de comprimento e foi localizada em um local bastante largo que apesar de ter ficado com uma ampla área de armazenamento, o custo também se torna mais alto e isso é algo que tem que ser analisado como critério de seleção da área (Figura 18).

Figura 18 - Barragem construída na propriedade de Francisco Jose de Oliveira



Fonte: Autor

Outro problema encontrado em todas as barragens foi o material usado para confecção dos poços amazonas, sendo que todos foram feitos com anéis de concreto, isso dificulta a recarga do poço, devido à baixa porosidade desse material, não sendo indicado para este tipo de construção e segundo Costa (2002) seria mais indicado a construção com tijolos e alvenaria que são materiais com maior porosidade, pois o poço visa não só o abastecimento da propriedade como também a irrigação (figura 19).

Figura 19 - Poço construída com anéis de concreto na Barragem de Francisco Jose de Oliveira



Fonte: Autor

Outro problema dectado foi na propriedade do senhor Jose Vicente Viana, a qual o poço amazonas foi construído em um local bastante íngreme ficando com uma grande diferença de altura em relação ao leito da barragem o que ocasionara no não enchimento desse poço mesmo quando a reserva de água estiver completa (figura 20), inutilizando para o uso. Um problema grave que foi constatado através do questionário aplicado, foi a perfuração da lona plástica durante a colocação da mesma na vala, isso ocorreu em cinco das seis barragens estudadas e segundo os proprietários ocorreu quando a máquina enchedeira fazia a cobertura da lona plástica dentro da vala a mesma por muitas vezes estava muito esticada e foi rasgada com o peso do solo em cima, aconteceu também quando a máquina retirava o solo para despejar dentro da vala, a lona se enganchava na pá e rasgava durante o movimento, esse problema é sério, porque apesar de terem sido feito remendos na lona ainda assim fica frestas por onde a água armazenada poderá escapar e esvaziar a barragem.

Além disso foram encontrados alguns outros problemas chamam a atenção, com base nas respostas dos questionários foi possível perceber que a barragem do senhor Raimundo Franklin da Costa e a de seu Manoel Dias podem ter problemas com a salinidade da água visto que os mesmos afirmaram que a água da região é um pouco salobra.

Figura 20 - Barragem e Poço Construídos na Propriedade de Jose Vicente Viana



Fonte: Autor

5.2 Aspectos Sociais

Durante a estiagem prolongada dos últimos anos, somente duas barragens conseguiram armazenar algum volume de água considerável, chegando a praticamente secar em dezembro de 2014, sendo que na barragem de seu Eutario Marcolino Braga o mesmo utilizou a pequena quantidade de água armazenada para dar de beber aos seus animais, retirando-a através do poço. Já na propriedade de seu Manoel dias, como conseguiu armazenar uma quantidade maior de água, ele fez plantio de leguminosas, que serviu para alimentar o seu rebanho de bovinos. Vale salientar que está barragem foi a única que obteve alguma renda, mesmo que indireta com o plantio das leguminosas, percebe-se pela figura 21 que mesmo com o grande período de estiagem a vegetação local ainda permanece verde sinalizando que ainda há umidade no local. As demais barragens não foram utilizadas de forma alguma, pela baixa precipitação e armazenamento durante o período de análise.

Figura 21 - Barragem Construída na Propriedade de Manoel Dias



Fonte: Autor

Um ponto negativo que foi constatado com o questionário é que nenhuma das propriedades aqui relacionadas tem qualquer acompanhamento técnico, nem mesmo foram orientados como se da utilização e a manutenção de uma barragem subterrânea, o que pode com o tempo inutiliza-las por completo, pois segundo Costa (2002), é essencial o acompanhamento técnico após a construção da barragem para orientar os agricultores quanto as técnicas de irrigação para não desperdiçar água, adequando essas técnicas de acordo com o tipo de solo como também as culturas certas que devem ser plantadas nesses locais, além disso segundo Cirilo (1998) apesar de não requerer tratamentos complexos quanto as barragens superficiais, é preciso monitorar os níveis de salinidade da água nesse tipo de barramento com fim de evitar o processo de salinização da água como também do solo.

Um detalhe que foi observado é que nenhum dos entrevistados afirmou que fez uso ou vai fazer uso da água da barragem para o consumo doméstico, esse fato se deve por haver cisternas construídas em todas as propriedades visitadas, onde além de armazenarem água das chuvas também são abastecidas por carros pipas, tornando assim a extração da barragem desnecessária para o consumo doméstico.

Outro aspecto analisado, foram os benefícios trazidos com a construção, nesse aspecto todos os proprietários afirmaram que tem conhecimento que ela traz dois tipos de benefícios, que são o aumento da área de plantio no período de seca e o aumento da quantidade de água

nesse período, o que demonstra que eles têm algum conhecimento sobre a importância e funcionalidade da barragem, Mas desconhecem a sua completa potencialidade, visto que ela pode trazer diversos benefícios além desses, como por exemplo a melhor qualidade da água. Em outras palavras, os proprietários sabem o básico do funcionamento de uma barragem subterrânea, mas precisam de orientação para explorar todas as suas funcionalidades.

Um ponto muito importante que não foi considerado no momento da escolha da barragem pelos órgãos responsáveis, foi a implantação em áreas que beneficiem o máximo de famílias possível sendo que nesse caso, todas foram construídas em locais particulares que só beneficiam uma família, além que podem afetar o percurso da água nas outras propriedades vizinhas.

6 CONCLUSÃO

No tocante as barragens construídas no município de Olho D'água do Borges é possível afirmar que não foi realizado nenhum estudo mais aprofundado para local adequadamente as barragens, sendo sua localização definidas pelos proprietários e os técnicos da EMATER e do DNOCS apenas por observação visual. Apesar disso as barragens em geral foram localizadas em áreas com bom potencial, com exceção da barragem na propriedade do senhor Eutario Marcolino Braga, a qual foi construída a jusante de um pequeno açude, impossibilitando assim a sua recarga.

Em relação aos poços construídos nas barragens foi possível observar que o material usado não é o ideal, sendo que o mesmo seria bem mais aproveitado se fosse construído com material mais poroso que permitisse maior penetração de água, como por exemplo alvenaria de tijolos.

No tocante ao impacto social elas deixam a desejar visto que foram construídas em propriedades isoladas que beneficiam apenas uma família, além disso faltou orientação por parte dos órgãos implantadores, sobre o funcionamento correto desse tipo de barragem além da sua utilização adequada e o monitoramento.

De um modo geral, pode-se dizer que a barragem subterrânea é uma tecnologia bastante eficiente para armazenamento de água em regiões secas, e é recomendável implantá-la em propriedades que beneficiem o máximo de famílias possível e que essas famílias recebam apoio dos órgãos implementadores sobre o correto uso das barragens e do seu principal objetivo que é a geração de renda e a melhoria de condição de vida dos beneficiados.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuação desse trabalho sugere-se monitorar a qualidade da água dessas barragens e os seus níveis (quantidade de água armazenada), além de abranger essa avaliação para as 30 barragens que estão sendo construídas no município de Olho D'água do Borges.

REFERÊNCIAS

ALESSANDRA, B. (23 de novembro de 2014). IRT Brasil. Fonte: Site da IRT Brasil: <http://www.irtbrasil.unibo.it/en/resources/files/paper>.

BRITO, L. T. L. et al. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

CIRILO, J. A, COSTA, W. D., PONTES, M., MAIA, A. Z. (1998). **Barragem Subterrânea: Uma Forma Eficiente de Conviver com a Seca**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, SP.

CIRILO, J. A.; COSTA, W. D. (1997) **Barragem subterrânea: experiência em Pernambuco**. Petrolina: EMBRAPA.

COSTA, M. R.; **Avaliação de Reservatórios Constituídos por Barragens Subterrâneas**. 2002.189f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

COSTA, W. D. (1997). **Manual de barragens subterrâneas: Conceitos básicos, Aspectos Locacionais e Construtivos**. Recife-PE.

DAEE. (11 de Novembro de 2014). *DAEE SP*. Fonte: Site do Departamento de águas e esgoto de São Paulo: <http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/distribuicao.htm>

HANSON, G.; NILSSON, A. (1986). **Ground-Water Dams for Rural-Water Supplies** in Developing Countries. *Ground Water*, V. 24, n. 4, p. 497-506

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). www.ibge.gov.br.

MELO, R. F. (16 de Janeiro de 2015). *Embrapa*. Fonte: Site da Embrapa: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54893/1/INT96.pdf>

MONTEIRO, L.C. Barragem subterrânea: uma alternativa para suprimento de água na região Semi-Árida. In: CONGRESSOBRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza,CE. 1984. **Anais...**Fortaleza, ABAS, 1984. v.1. p.421-430.

MOREIRA, M. M., 2007. Avaliação dos impactos da barragem subterrânea em duas propriedades de agricultura familiar agroecológica no sertão da Paraíba. ed. **Rev. Bras. de Agroecologia**: Vol.2.

OLIVEIRA, J. B. **Manual técnico operativo do PRODHAM**. Fortaleza: SRH, 2001.

PONÇANO, W. L. (1981). **Barragens Subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: Uma Alternativa Tecnológica para o Abastecimento de Água no Semi-Árido**. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3 Itapema, ABGE, V.1, p.301/321.

SANTOS, J. P. & FRANGIPANI, A. (1978). Barragens Submersas - Uma Alternativa para o Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo, SP.. ANAIS - São Paulo, ABGE, 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 EDRENAGEM, 9, Natal, RN, 1992. **Anais**....Natal: ABID, 1992.v1. p.335-361.

TIGRE, C.B. (1949). **Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento de água**. Anuario Inst. Nordeste, Fortaleza – CE 13-29.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário aplicado junto aos proprietários das Barragens Subterrâneas

Aspectos sociais

- 1) Faz uso da barragem? Se faz para que?
- 2) Porque escolheu esse local para fazer a barragem?
- 3) A construção da barragem trouxe algum benefício para você? Se trouxe quais?
- 4) Quanto custou a implantação da barragem?
- 5) Você está tendo acompanhamento técnico de alguma forma para a utilização e manutenção da barragem?
- 6) Tira alguma renda relacionada a produção vinculada a barragem?
- 7) Tem algum tipo de plantação ou criação proporcionada pela implantação da barragem?
- 8) A agua da barragem é utilizada para consumo doméstico? Quais?

Aspectos construtivos

- 9) A agua aqui da região é muito salobra?
- 10) Qual foi a profundidade que foi escavada para fazer a barragem?
- 11) O solo é argiloso ou arenoso?
- 12) O terreno aqui é muito íngreme ou é mais plano?
- 13) Qual é o comprimento da barragem?
- 14) Houve alguma perfuração na lona plástica durante a sua colocação?
- 15) Qual a profundidade do poço?
- 16) A barragem foi escavada até a rocha?