



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CAMPUS DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ERICK FERREIRA DE SOUSA

USO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE BOM SUCESSO/PB

**PAU DOS FERROS
2016**

ERICK FERREIRA DE SOUSA

**USO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE BOM
SUCESSO/PB**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Pau dos Ferros, para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos – UFERSA

**PAU DOS FERROS
2016**

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-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.

S725u Sousa, Erick Ferreira de.
 Uso da barragem subterrânea no município de Bom
Sucesso/PB / Erick Ferreira de Sousa. - 2016.
 59 f. : il.

 Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

 1. Convivência com a seca.. 2. Águas pluviais.
3. Águas subterrâneas. 4. Atividades agropastoris.
5. Abastecimento. I. Santos, Wesley de Oliveira ,
orient. II. Título.

ERICK FERREIRA DE SOUSA

**USO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE BOM
SUCESSO/PB**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido – UFERSA, Campus de Pau
dos Ferros, para a obtenção do título
de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Orientador: Profº. Dr. Wesley de
Oliveira Santos – UFERSA

APROVADA EM: 24 / 05 / 2016

BANCA EXAMINADORA

Wesley de Oliveira Santos

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos - Presidente

Marília Cavalcante Santiago

Prof. Me. Marília Cavalcante Santiago - Membro

Janaína Cortêz de Oliveira

Prof. Dr. Janaína Cortêz de Oliveira - Membro

A Tereza Maria da Silva (*in memoriam*),
minha mãe/vó, por todo o seu esforço e
dedicação em me educar, amar, e me
tornar um homem. Obrigado por ter feito
parte da minha vida. A senhora estará
para sempre em meu coração. Te amo!

Dedico esse trabalho a duas mulheres
que são especiais na minha vida: minha
esposa Alana Raquel de Lima Silva, por
todo apoio, compreensão e amor a mim
dedicados; e a minha sogra Maria de
Lourdes de Lima Silva, pelo apoio,
atenção, os conselhos e por ser para mim
mais que uma mãe.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Pai, a Jesus Cristo seu Filho e ao Espírito Santo por me capacitarem, me dando força, coragem e entendimento para chegar ao fim desse trabalho. Mais uma vez se cumpre a palavra do Senhor Jesus: “porque sem mim nada podeis fazer” Mt 15:5b.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos, pelas orientações, auxílios, conselhos e cobranças. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos para finalização desse trabalho.

Aos meus familiares, em especial a minha esposa e a minha sogra, por não medirem esforços para que eu chegasse a concretização desse sonho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Ma. Marília Cavalcante Santiago e Prof. Dra. Janaína Cortêz de Oliveira, que se destacam no corpo docente da UFERSA e me dão a oportunidade de ter o meu trabalho avaliado por tão boas mãos.

Um agradecimento especial ao Sr. Ricardo Pereira de Farias, Assessor Estadual em Agroecologia e Convivência com o Semiárido da EMATER-PB, e a Prof. Soahd Arruda Rached Farias, Professora da UFCG/UAEA, pela atenção e o material fornecidos.

Aos meu amigos George Matias de Freitas, pelas ideias e ajuda que chegaram em boa hora; Flaudemir da EMATER, por compartilhar comigo uma parte de seu vasto conhecimento; aos secretários municipais Sebastião Pereira Moreno Júnior e Francisco André Ferreira Paulino, por não medirem esforços para me ajudar a concluir esse trabalho; aos proprietários de barragens subterrâneas do município de Bom Sucesso/PB que se disponibilizaram para a execução desse trabalho.

Aos membros da Igreja Evangélica Assembleia de Deus em Bom Sucesso/PB que levantaram as suas orações em meu favor.

A todos os professores do curso de Bacharelado em Ciências e Tecnologia da UFERSA por me ensinarem que o segredo do sucesso é o trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

“Então darei a chuva da vossa terra a seu tempo, a temporã e a serôdia, para que recolhais o vosso grão, e o vosso mosto e o vosso azeite.

E darei erva no teu campo aos teus animais, e comerás, e farta-te-ás.”

Deuteronômio 11: 14-15

RESUMO

A Convivência com os efeitos da seca é um desafio, principalmente para os moradores de regiões áridas e semiáridas onde esse fenômeno é presente e rotineiro. O nordeste brasileiro está bem familiarizado com essa realidade. Tentando amenizar a situação da população surgem às ações de combate à seca, porém é importante que além do combate, se tenha visão de convívio, já que a seca é uma certeza em pelo menos alguns meses do ano. A barragem subterrânea surge como uma alternativa à convivência do homem com a seca. Esse trabalho foi realizado em duas etapas: na primeira estudou-se os fatores relacionados à construção de barragens subterrâneas, como: as técnicas de construção e locação, seus principais modelos, sua viabilidade econômica, os resultados em diversas localidades onde foi utilizada, o manejo adequado para evitar o processo de salinização, suas principais vantagens e desvantagens. Na segunda etapa avaliou-se vários aspectos como o uso da barragem subterrânea no município de Bom Sucesso/PB através da aplicação de questionários à autoridades representante do município bem como aos produtores/agricultores locais que utilizam a barragem subterrânea em suas atividades, a fim de levantar dados socioeconômico, utilização, local de construção, mão de obra, materiais impermeabilizantes utilizados e a utilização de poços amazonas. Pode-se constatar que a barragem subterrânea é eficiente no fim a que se destina por ser de fácil construção torna-se uma alternativa econômica, permitindo o convívio do homem com a seca, assegurando desenvolvimento das atividades agropastoris e o abastecimento hídrico das suas residências.

Palavras-Chave: Convivência com a seca. Águas pluviais. Águas subterrâneas. Atividades agropastoris. Abastecimento.

ABSTRACT

The Living with the effects of drought is a challenge, especially for residents of arid and semi-arid regions where this phenomenon is present and routine. The Brazilian northeast is well acquainted with this reality. Trying to ease the situation of the population appear to combat drought actions, however it is important that in addition to the fighting, has been living vision, since drought is a certainty in at least a few months of the year. The underground dam is an alternative to human coexistence with drought. This work was carried out in two stages: first studied the factors related to the construction of underground dams, such as the construction techniques and leasing, its main models, its economic viability, results in several locations where it was used, management appropriate to avoid the process of salinization, its main advantages and disadvantages. In the second stage we evaluated various aspects such as the use of underground dam in the municipality of Bom Sucesso / PB by applying questionnaires to municipal representative authorities and the local producers / farmers using the underground dam in its activities in order to raise socioeconomic data, use, construction site, labor, used waterproofing materials and the use of dug wells. It can be seen that the underground dam is effective at the end it is designed to be easy to construct trona is an economical alternative, allowing the interaction of human beings with drought, ensuring development of agropastoral activities and the water supply to their homes.

Keywords: Living with Drought. Stormwater. Groundwater. Agropastoral activities. Supply.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Detalhamento do PIB do município de Bom Sucesso/PB.....	39
Gráfico 2: Divisão por faixa etária	45
Gráfico 3: Local de instalação da parede das barragem subterrâneas	47
Gráfico 4: Finalidades de uso das Barragens Subterrâneas	48
Gráfico 5: Proprietarios que possuem poço amazonas junto a barragem subterrânea	48
Gráfico 6: Construção dos poços amazonas em relação a construção da barragem subterrânea	49
Gráfico 7: Grau de satisfação dos entrevistados em relação ao uso das barragens.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Barragens Subterrâneas	21
Figura 2: Barragem Subterrânea modelo CAATINGA.....	24
Figura 3: Barragem subterrânea modelo COSTA & MELO.....	25
Figura 4: Barragem subterrânea modelo CPATSA/EMBRAPA.....	26
Figura 5: Abertura da vala utilizando retroescavadeira	28
Figura 6: Abertura da vala interceptando o leito do riacho Bom Sucesso	28
Figura 7: Instalação da lona plástica	30
Figura 8: Instalação da lona plástica numa barragem subterrânea construída em Bom Sucesso/PB	31
Figura 9: Fechamento da vala.....	31
Figura 10: Divisão da barragem subterrânea em camadas.....	36
Figura 11: Localização do município de Bom Sucesso/PB	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índices pluviométricos para o município de Bom Sucesso entre 2011 e 2015	18
Tabela 2: Relação de barragens subterrâneas construídas pelo município de Bom Sucesso/PB.....	58
Tabela 3: Relação de barragens subterrâneas construídas de iniciativa particular e que foram alvo do presente estudo.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba

BAPUCOSA – Barramento com pneus utilizados para contenção de solo e águas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CPATSA – Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

EMATER/PB – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba

PAC 2 – Programa de aceleração do crescimento – Fase 2

SAMAD/PMBS/PB - Secretaria de Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Prefeitura Municipal de Bom Sucesso - Paraíba.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 SECA: HISTÓRICO, DEFINIÇÃO, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.....	17
3.2 BARRAGEM SUBTERRÂNEA: UM POUCO DA HISTÓRIA.....	19
3.3 BARRAGEM SUBTERRÂNEA.....	20
3.3.1 Componentes de uma barragem subterrânea	22
3.3.2 Tipos de barragens subterrâneas	23
3.4 TÉCNICAS DE LOCAÇÃO E CONSTRUÇÃO	26
3.4.1 Locação e escavação do poço Amazonas	32
3.4.2 Escavação e locação da BAPUCOSA	33
3.4.3 Manejo da barragem subterrânea e o risco da salinização do solo	34
3.5 CÁLCULO PARA O VOLUME DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA.....	35
4 METODOLOGIA	37
4.1 PRIMEIRA ETAPA	37
4.2 SEGUNDA ETAPA.....	37
4.2.2 Caracterização da área de estudo da segunda etapa: O município de Bom Sucesso/PB.....	38
4.2.2.1 Localização e acesso	38
4.2.2.2 Aspectos socioeconômicos	38
4.2.2.3 Aspectos fisiográficos.....	39
5 DESENVOLVIMENTO	40
5.1 O SUCESSO E/OU INSUCESSO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM DIVERSAS LOCALIDADES DO PAÍS.....	40
5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS.....	42
5.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A ENTREVISTA E OS QUESTIONARIOS	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	52

APÊNDICE A – Entrevista aplicada ao Secretário Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.....	55
APÊNDICE B – Questionário aplicado aos proprietários de Barragens Subterrâneas	56
APÊNDICE C – Relação de Barragens Subterrâneas construídas de iniciativa do Governo Municipal.....	58
APÊNDICE D – Relação de Barragens Subterrâneas construídas de iniciativa particular, alvos do presente estudos.....	59

1. INTRODUÇÃO

A crise hídrica iniciada em 2012 vem se agravando nos últimos anos e até o presente momento continua causando transtornos aos moradores das regiões afetadas, principalmente os de menor poder aquisitivo. Santos et al. (2012) chega a comparar a seca de 2012 com as registradas nos anos de 1777-1779 e a seca de 1888, tamanha as suas proporções.

Visando mitigar a situação dos moradores, principalmente do nordeste que se preconiza como a região mais afetada, surgem às medidas de combate à seca dentre elas: construção de açudes, barragens, cisternas, operação Pipa, transposição do rio São Francisco, entre outras. Quando se fala em combate a seca as ações ficam voltadas para a captação de águas pluviais e represamento superficial, que ficam sujeitos a altos índices de evaporação e evapotranspiração. A falta de chuvas prejudica a recarga dos reservatórios superficiais, que chegam a secar, comprometendo o abastecimento público e o desenvolvimento de atividades agropastoris.

Nos últimos anos, devido à escassez dos recursos hídricos superficiais, começou uma verdadeira caça às águas subterrâneas, com abertura de poços amazonas, sem estudos prévios e em qualquer lugar. As águas subterrâneas é o resultado das infiltrações de águas provenientes das precipitações e das recargas diretas de rios e lagos, sendo um recurso natural indispensável à vida. Do total da água existente na terra 97,3% correspondem a água salgada e 2,5% de água doce, desse percentual de água doce 2,2% encontram-se em formas de geleira. Do percentual de água doce utilizável 98,5% é de água subterrânea (SANTOS, 2016)

Uma maneira de utilizar essas águas subterrâneas é a construção de barragem subterrânea, uma tecnologia que permite o acúmulo de água no perfil do solo através da utilização de um material impermeabilizante, possibilitando o desenvolvimento de culturas através da subirrigação, além da utilização de poços amazonas a montante do barramento permitindo a captação das águas armazenadas no subsolo e sua utilização na irrigação, consumo humano e animal.

As barragens subterrâneas vêm ganhando destaque e sendo propagada por ser uma técnica que se adapta as condições das regiões áridas e semiáridas, contribuindo para o convívio dos moradores como os efeitos causados pela seca. A utilização dessa tecnologia de captação de águas pluviais no município de Bom

Sucesso/PB iniciou no ano de 2014, numa iniciativa da Secretaria de Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Prefeitura Municipal de Bom Sucesso/PB (SAMAD/PMBS/PB) e tem proporcionado que pequenos produtores consigam sobreviver em meio à estiagem.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Pretende-se apresentar a barragem subterrânea como uma alternativa de convivência do homem com os efeitos causados pela seca, determinando a sua eficiência, e o uso dessa tecnologia no município de Bom Sucesso/PB.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os tipos de barragem subterrânea, as finalidades e as técnicas envolvidas na sua construção.
- Realizar um levantamento da quantidade de barragens construídas, nos últimos anos, no município de Bom Sucesso/PB.
- Avaliar os aspectos e as técnicas aplicadas na construção, bem como às finalidades a que se destinam no município.
- Apresentar as vantagens e desvantagens desse método, e as maneiras de se extrair a água armazenada nas camadas subterrâneas das barragens.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SECA: HISTÓRICO, DEFINIÇÃO, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

A seca é um fenômeno antigo no nordeste brasileiro, com referências históricas que datam desde a época da colonização portuguesa, conforme afirma Souza (1979) apud Campos e Studart (2001): “houve uma grande seca e esterilidade na província (Pernambuco) e desceram do sertão, ocorrendo-se aos brancos cerca de quatro a cinco mil índios”. Percebemos pelo relato que no nordeste brasileiro, chamado pelo autor de “sertão”, houve uma grande “seca e esterilidade”, ou seja, falta de recursos hídricos e consequente falta de alimentos provenientes desses recursos o que resultou na migração de índios. Têm-se, então, a primeira visão histórica da seca no nordeste brasileiro e suas consequências para os habitantes dessa região. Para Campos e Studart (2001) as secas periódicas e as condições adversas do nordeste brasileiro foram fatores que retardaram o início da ocupação portuguesa na região.

Nos anos de 1777 a 1779 houve um grande período seco, responsável pela morte de muitos nordestinos. Aproximadamente um século depois, no ano de 1888, outra seca atingiu o nordeste brasileiro, conhecida como “a seca dos três oitos”. (CAMPOS; STUDART, 2001). Percebe-se, então, que este fenômeno é periódico e traz consigo efeitos desastrosos aos moradores dessas regiões, principalmente os de menor poder aquisitivo.

Muitas são as definições de seca, e elas variam de acordo com a perspectiva daqueles que a observam e de acordo com a sua realidade, logo não existe uma definição que seja aceita em comum acordo pelos acadêmicos e a população em geral (SANTOS et al., 2012).

Campos e Studart (2001) definem alguns tipos mais comuns de seca, sendo elas: a seca climatológica, que ocorre devido à carência no total de chuvas e tem causas naturais; a seca edáfica que se caracteriza pela distribuição irregular das chuvas, resultando em impactos severos para o nordeste, dentre eles perdas econômicas, fome, miséria, migração, que caracterizam a seca social; e, por fim, a seca hidrológica que se caracteriza pela falta de água em reservatórios gerando impactos no abastecimento. Ainda de acordo com Campos e Studart (2001) “A atenuação da seca hidrológica depende da eficiência da gestão das águas.”.

Além dos fatores naturais (climáticos e físicos), alguns autores entendem que fatores históricos e políticos estão intimamente ligados as consequências causadas pelo fenômeno da seca. Campos e Studart (2001) afirmam que no período colonial, em meados do século XVIII e XIX, houve um período sem aparecimento de secas severas, que resultou no aumento de atividades como agricultura e pecuária, e consequente crescimento populacional, contudo, as construções visando represamento de água não acompanharam esse crescimento, resultando numa população vulnerável, dependente de pequenos açudes e águas passageiras de pequenos reservatórios superficiais.

Fatores políticos são atribuídos para o agravamento da situação socioeconômica da população afetada pela seca, onde alguns autores utilizam a expressão indústria da seca ao afirmarem que verbas destinadas a projetos de irrigação e distribuição de águas são desviadas, deixando de beneficiar a população carente, agravando ainda mais a dura situação dos moradores dessas regiões afetadas pelas estiagens (PENA, 2016).

Atualmente a seca continua causando transtornos sociais na região nordeste do país prejudicando o abastecimento, agricultura e a pecuária, principais fontes de renda, principalmente de pequenos produtores.

O estado da Paraíba, localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, incluído no chamado polígono das secas, encontra-se em situação de emergência desde maio de 2012, através do decreto Nº 32.984 de 28 de maio de 2012, do poder executivo estadual; sendo o presente decreto renovado a cada seis meses devido ao prolongamento da estiagem, de acordo com o G1 PB (2016).

O município de Bom Sucesso/PB encontra-se em situação de emergência desde 2012 até o presente ano, estando entre os 170 municípios paraibanos citados no decreto Nº 32.984. A tabela 1 mostra os índices pluviométricos para o município de Bom Sucesso entre os anos de 2011 a 2015 de acordo com a Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

Tabela 1: Índices pluviométricos para o município de Bom Sucesso entre 2011 e 2015

Ano	Volume (mm)
2011	776,0
2012	291,3
2013	681,8
2014	703,3
2015	308,1

Fonte: (AESAs, 2016)

Em meio a esse cenário de seca, e as consequências causadas por esse fenômeno, surgem às ações de combate, que em sua maioria são de cunho político. Dentre essas ações pode-se citar a açudagem, que seria a construção de açudes para armazenamento de água e posterior utilização em tempos de estiagem; além de construções de barragens, barreiros, poços amazonas, cacimbas, e mais recentemente estudos visando a captura das águas subterrâneas, uma vez que as águas superficiais estão se esgotando e os reservatórios superficiais necessitam do reabastecimento realizado pelas chuvas. Dentre os meios de captação de águas subterrâneas tem-se os poços artesianos e as barragens subterrâneas.

3.2 BARRAGEM SUBTERRÂNEA: UM POUCO DA HISTÓRIA

A barragem subterrânea está entre as alternativas de armazenamento de águas, neste caso no subsolo, e apresenta-se como uma alternativa para as situações de escassez de água por representar uma tecnologia de baixo custo e fácil instalação. Portanto, vem sendo difundida e utilizada principalmente por pequenos produtores, que não possuem muitos recursos financeiros.

Em 1895, na Califórnia (EUA), foram realizados os primeiros estudos sobre aproveitamento de águas subterrâneas (TIGRE, 1949). Barragens subterrâneas para fins agrícolas foram implantadas por hidrogeólogos franceses no Saara (IPT, 1981). No nordeste brasileiro, especificamente na cidade de Mossoró/RN, foram construídas as primeiras barragens subterrâneas, obra realizada pela Inspetoria de Obras Contra a Seca, no ano de 1935, com objetivo de barrar o fluxo subterrâneo em rios intermitentes da região (IPT, 1981).

Segundo Benvenuto e Polla (1982) a difusão internacional dessa tecnologia de captação de águas pluviais ficou a cargo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), através do Projeto Maior para Zonas Áridas, em 1951, afirmando que essa técnica é adequada para as condições climáticas da região nordestina. Outros autores como (COSTA, 1997; SILVA, 1998; SILVA; REGO NETO, 1992) apresentaram um histórico das construções de barragens subterrâneas nos estados da Paraíba em 1919, no Rio Grande do Norte em 1920 e no Ceará em 1965.

Silva e Porto (1982 apud BRITO et al. 1999), afirmou que estudos desenvolvidos em regiões áridas e semiáridas no mundo enfatizam a necessidade

do armazenamento de água, principalmente no subsolo, com o intuito de suprir a necessidade de água no meio rural. Logo, o armazenamento de água no subsolo associado a métodos de extração dessas águas beneficiariam moradores de regiões áridas e semiáridas, visando atender aos consumos humano e animal bem como a sua utilização na agricultura.

Observa-se, então, uma evolução histórica dessa tecnologia de acúmulo de águas pluviais, desde a sua utilização no exterior até seu desenvolvimento no nosso país. Outros estudos foram desenvolvidos em formatos de monografias, livros, artigos, sendo de grande relevância para o assunto. Em 1981 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA – CPATSA) desenvolveu estudos objetivando avaliar o desempenho e as técnicas adequadas de manejo do solo e água em barragens subterrâneas em linha de drenagem natural, sendo uma das pioneiras na utilização de lonas plásticas como material impermeabilizante (BRITO et al., 1989).

3.3 BARRAGEM SUBTERRÂNEA

A 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).

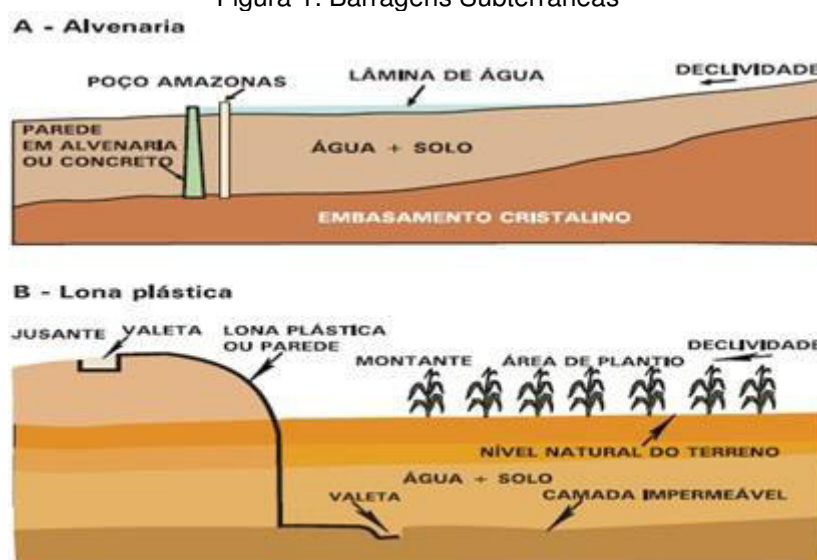
De acordo com Silva et al. (2001) barragem subterrânea é:

barrar (interceptar) a água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo (fluxo de água superficial e subterrâneo) através de uma parede (septo impermeável) construída transversalmente à direção das águas. A água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas. Este barramento faz armazenar água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo a terra úmida por um período maior de tempo.

Já Monteiro, (1984), Santos; Frangipani, (1978), Silva; Rego Neto, (1992) apontam dois tipos de barragens: a subterrânea ou submersível, e a submersa. Esses dois tipos de barragens tem o mesmo objetivo, porém, a primeira apresenta o septo impermeável desde o embasamento rochoso até uma pequena altura acima do nível do solo, que pode variar entre 0,50m a 0,70m, e pode-se formar um pequeno lago a montante, enquanto que, na segunda, a parede impermeável fica

totalmente submersa no solo ficando a água captada armazenada no perfil do solo. A figura 1 ilustra dois modelos de barragem subterrânea, em A têm-se a barragem subterrânea utilizando alvenaria como material impermeabilizante, em B a que utiliza a lona plástica.

Figura 1: Barragens Subterrâneas



Fonte: (adaptado de BRITO et al., 1999).

Para Costa (2014) barragem subterrânea representa um barramento no depósito aluvial de um rio ou riacho para deter o fluxo subterrâneo quando o escoamento superficial parar. Porém Nascimento, Azevedo e Farias (2008) afirmam que em áreas que apresenta inclinação suficiente para gerar acúmulo de águas pluviais podem ser instaladas barragens subterrâneas com o mesmo propósito, aproveitando, assim, as linhas de drenagem naturais do terreno, contudo para esse tipo de barragem a recarga de água será feita somente pelas águas provenientes das precipitações.

Portanto conclui-se que a barragem subterrânea é uma tecnologia de barramento de águas presente no subsolo, através da instalação de uma parede impermeabilizante, construída transversalmente ao fluxo da água, que pode ser em leitos de rios e riachos ou em áreas que apresentem inclinação suficiente para gerar acúmulo de água, permitindo ao terreno a montante adquirir características como solo úmido, elevação ou criação de um lençol freático e baixas taxas de evaporação direta. Para serem construídas de forma adequada alguns passos devem ser seguidos, como por exemplo, a escolha do local, o tipo de material

impermeabilizante utilizado e o tipo de barragem que será construída.

Ao longo dos anos os estudos envolvendo barragens subterrâneas permitiram que esta técnica fosse aprimorada e alguns pesquisadores desenvolveram metodologias de construções próprias, dentre elas tem-se os modelos CPATSA/ EMBRAPA, COSTA & MELO e o modelo CAATINGA.

3.3.1 Componentes de uma barragem subterrânea

Os principais componentes de uma barragem subterrânea de acordo com Brito et al., (1999) são:

- Área de captação (Ac): “é a área representada por uma bacia hidrográfica, formada pelos divisores de água: topográfico e freático.” (BRITO et al., 1999). A água captada nas chuvas escoar através do terreno e aos poucos vai se infiltrando e sendo armazenada nos espaços vazios presente no subsolo. Além de proteger a água da evaporação, protege o solo reduzindo a erosão.
- Área de plantio (Ap): é a própria bacia hidrográfica da barragem subterrânea. A ação das chuvas vai assoreando a parte à montante da barragem subterrânea tornando o solo fértil e propício para exploração agrícola. Nessa área são construídos reservatórios, como por exemplo, o poço amazonas, que tem por finalidade permitir a captação das águas armazenadas no subsolo, além de permitir o monitoramento da qualidade dessas águas.
- Parede da barragem subterrânea (Pa): também denominada de septo impermeável, tem a finalidade de barrar o fluxo subterrâneo das águas. Pode ser construído de diversos materiais, dependendo do tipo de barragem que esteja edificando. Entre os mais utilizados temos os materiais compactados (argila, barro), alvenaria, concreto, lonas plásticas de polietileno ou PVC, sendo esta última a mais utilizada, principalmente pelo seu baixo custo.
- Sangradouro: tem por finalidade escoar o excedente de água que se acumula na área de captação/plantio.

3.3.2 Tipos de barragens subterrâneas

Segundo Costa (2002) os tipos de barragens subterrâneas são classificados baseados em aspectos construtivos e funcionais e também pela captação da água. Em conformidade com Costa (2002) as barragens são classificadas de acordo com a captação das águas em três tipos:

- Barragem de captação: aquelas que barram o fluxo subterrâneo procurando aumentar o nível piezométrico do lençol freático possibilitando a captação da água ali acumulada.
- Barragem de acumulação de areia e sedimentos: as que barram o fluxo subterrâneo, porém, não ocorre a captação das águas armazenadas. À montante do barramento ocorre a formação de um pequeno lago que permite o desenvolvimento de culturas agrícolas.
- Barragem de captação – acumulação: é aquela onde ocorre a junção dos dois modelos citados anteriormente.

Segundo Costa (1984) as barragens subterrâneas são classificadas também com os materiais utilizados e a finalidade a que se destinam, podendo ser:

- Barragem semi-impermeável;
- Barragem impermeável com núcleo de argila;
- Barragem impermeável em alvenaria
- Barragem impermeável com estacas.

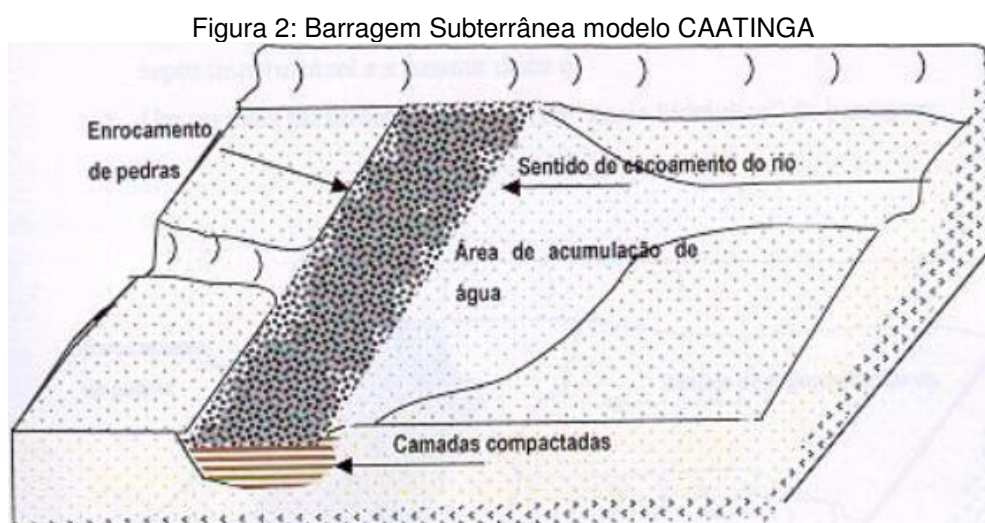
De acordo com o material utilizado no septo impermeabilizante temos:

- Alvenaria de pedras ou tijolos;
- Argila compactada;
- Lona plástica;
- Estacas de metal, madeira ou concreto.

A barragem semi-impermeável é utilizada para locais onde existem riscos de salinização do solo, logo, não se retém a água totalmente, no entanto pode retardar a sua lixiviação. Diversos materiais podem ser utilizados na sua construção desde que permitam que a água percole.

Para o barramento impermeável, Costa (1997) e Oliveira (2001) apresentam três modelos principais, que passam a ser apresentados a seguir, em ordem crescente de complexidade e custos da construção:

- **Modelo CAATINGA:** modelo proposto pela organização não governamental CAATINGA, utilizado inicialmente em Ouricuri/PE. De simples instalação, é feita cavando-se uma trincheira linear e como material impermeabilizante utiliza o próprio material retirado na escavação submetido a uma compactação feita por animais, logo depois se faz um enrocamento de pedras sobre a barragem. Nesse modelo não são utilizados poços amazonas, impossibilitando assim a retirada da água armazenada no subsolo. A água armazenada é utilizada pelas plantas através da subirrigação. Dentre as principais vantagens se destacam o baixo custo e fácil construção, utiliza mão de obra local e não possui restrições a sua utilização. As principais desvantagens compreende o menor acúmulo de água, utilizada somente para subirrigação, e ainda não permite o controle e o monitoramento da água acumulada podendo gerar salinização do solo. A figura 2 ilustra este modelo de barragem subterrânea.

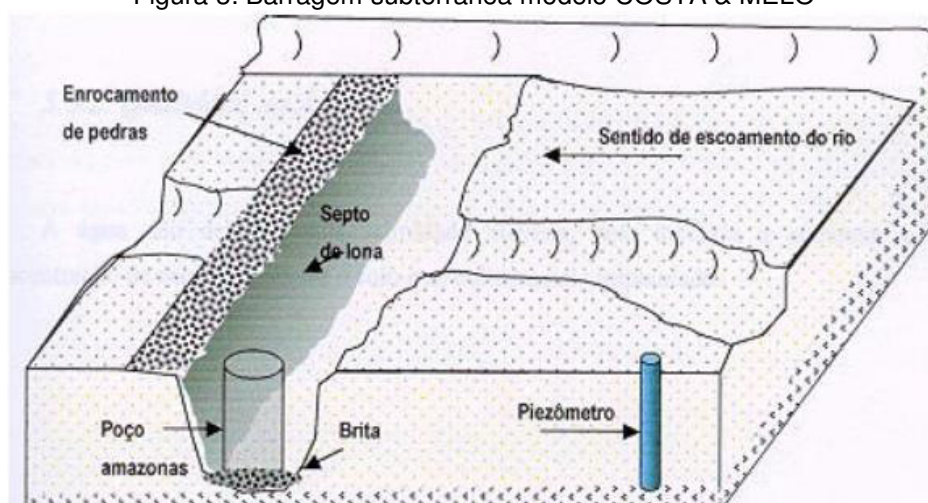


Fonte: (COSTA, 1997; apud COSTA, 2002).

- **Modelo COSTA & MELO:** Desenvolvido no início da década de 80 pelos pesquisadores Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, daí o nome COSTA & MELO, em função dos nomes dos seus criadores. Esse modelo foi ampliado, modificado e adequado às condições locais, é um dos modelos mais difundidos, na figura 3 é apresentado um modelo desse tipo de barramento. Consiste em uma escavação perpendicular à direção do escoamento, sendo utilizado como material impermeabilizante a lona plástica e por cima da barragem um enrocamento de pedras. Nesse

modelo são instalados um ou mais poços amazonas junto ao septo impermeável e à montante da barragem além da utilização de um piezômetro ao longo da bacia hidráulica. Entre as vantagens podemos citar: rapidez e o baixo custo, na construção, a possibilidade de captação e monitoramento das águas armazenadas através dos poços amazonas, podendo evitar a salinização do solo, e utilização de mão de obra local. Entre as desvantagens temos maior custo em relação ao modelo CAATINGA e a sua aplicação depende de condições naturais específicas.

Figura 3: Barragem subterrânea modelo COSTA & MELO

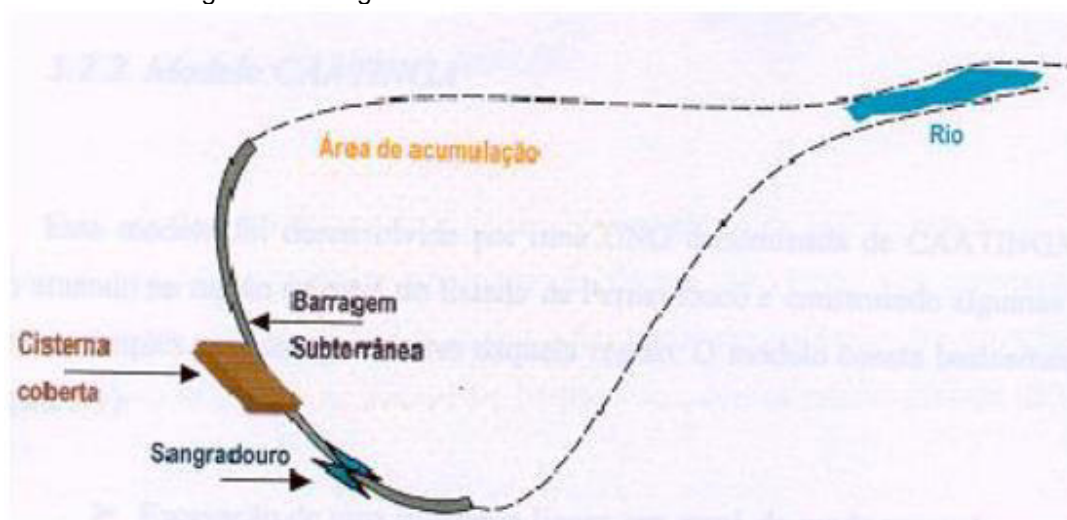


Fonte: (CIRILO et al, 1998; apud COSTA, 2002).

- **Modelo CPATSA/ EMBRAPA:** Desenvolvido em Petrolina/PE na década de 80 por pesquisadores do CPATSA/EMBRAPA com a finalidade de captação e armazenamento de água e desenvolvimento de agricultura de subsistência, sendo adequada para rios de médio e grande porte. A escavação é feita em arco, com aproximadamente 100 m, em seguida é utilizado um material impermeabilizante na parede. Junto a parede da barragem é colocada uma tubulação que serve para conduzir a água armazenada no subsolo até uma cisterna que fica a jusante da parede, após o aterramento da parede é construído um sangradouro que pode ser de alvenaria e cimento, ou concreto. Como principais vantagens podemos citar: maior acúmulo de água, e uma separação das águas de acordo com a finalidade que se deseja utilizar. Entre as desvantagens temos que para a construção desse tipo de barragem é necessário técnicos

especializados; é mais onerosa em relação aos outros modelos já citados, além do tempo de construção que é maior; e por fim não permite o controle da salinização e o monitoramento do nível da água. Na figura 4 é apresentado este tipo de barramento.

Figura 4: Barragem subterrânea modelo CPATSA/EMBRAPA



Fonte: (COSTA, 1997; apud COSTA, 2002).

3.4 TÉCNICAS DE LOCAÇÃO E CONSTRUÇÃO

Para a construção da barragem subterrânea alguns fatores devem ser levados em consideração, visando um processo construtivo seguro e que irá garantir o bom funcionamento da barragem subterrânea. Dentre esses fatores pode-se citar a escolha do local de instalação, que como dito anteriormente pode ser no leito de um rio/riacho ou em local que apresente declividade suficiente para armazenamento da água da chuva; precipitação média da região; granulometria dos solos da área selecionada; qualidade da água principalmente quanto ao aspecto salinidade; profundidade da camada impermeável; declividade; capacidade de armazenamento; distância de nascente, entre outros (BRITO et al., 1999; NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

O primeiro passo é a seleção da área a ser instalada a barragem subterrânea, para Brito et al.,(1999) após a seleção da área é recomendado a realização de um levantamento planialtimétrico, em quadrículas de 20 x 20 m, para definir com melhor precisão o local de instalação dos componentes da barragem. Para confirmação do local de escavação do eixo da barragem devem-se executar estudos de sondagem,

referente a esses estudos de sondagem, Nascimento, Azevedo e Farias (2008) afirmam:

A sondagem visa determinar a espessura do depósito aluvial, a morfologia do embasamento deste depósito, o tipo de solo que o constitui, sua porosidade, coeficiente de permeabilidade, o nível do lençol freático e o perfil do solo no local do eixo escolhido para o barramento. Considera-se que a água será depositada nos vazios do solo, o volume acumulado é igual ao volume útil do depósito aluvial multiplicado pela porosidade.

Após os estudos deve-se analisar a granulometria do material presente no aluvião, pois o mesmo indicará a capacidade de armazenamento de água e os cuidados que devem ser tomados no momento da escavação. Deve-se observar a presença de material argiloso no solo, pois o mesmo pode dificultar a retirada da água. Além disso, a escolha de locais que apresentem uma menor largura possibilitará maior economia de materiais (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

Após a análise dos parâmetros de locação, procede-se com a construção da barragem subterrânea. Alguns passos devem ser seguidos nessa etapa, Costa (2014) define essas etapas em: escavação da vala, instalação do septo impermeável, construção do poço amazonas (para os modelos que apresentam o uso dessa tecnologia) e posterior fechamento da vala. Dentre as etapas citadas, apenas a escavação da vala, instalação do septo impermeável e fechamento da vala são comuns a todos os três modelos citados nesse trabalho, outras etapas utilizadas nas construções são inerentes ao modelo escolhido, dentre essas etapas pode-se citar o poço amazonas para o modelo COSTA & MELO e a cisterna com sistema de filtração para o modelo CPATSA/EMBRAPA. É importante citar que alguns proprietários não seguem um modelo à risca, podendo mesclar características de diferentes modelos adaptando a tecnologia à realidade presente no seu terreno.

A escavação da vala pode ser manual ou mecanizada, sempre de forma perpendicular ao curso do local onde se pretende instalar a barragem subterrânea (seja rio/riacho ou nas áreas que apresentam linhas de drenagem natural). Esta etapa é indicada para o período mais seco, pois o escoamento superficial cessa e o escoamento subterrâneo está baixo. A abertura da vala, também chamada de trincheira, deve atingir o material rochoso ou impermeável, a figura 5 apresenta a escavação mecanizada da parede de uma barragem subterrânea. A figura 6 exibe a

abertura da parede de uma barragem subterrânea que intercepta o leito do riacho Bom Sucesso.

Figura 5: Abertura da vala utilizando retroescavadeira



Fonte: (Arquivo da SAMAD/PMBS/PB, 2014).

Figura 6: Abertura da vala interceptando o leito do riacho Bom Sucesso



Fonte: (Arquivo da SAMAD/PMBS/PB, 2014).

A escavação manual é o processo mais simples e menos oneroso, utilizando equipamentos simples, presente nas propriedades, em contrapartida demanda mais

tempo e gastos com mão de obra. A escavação mecânica utiliza máquinas como trator de esteira e retroescavadeiras, sendo a última mais indicada quando o nível da água está elevado (COSTA, 2014). A escavação mecanizada utilizando retroescavadeira é mais comum, por ser mais prática e rápida.

Alguns cuidados devem ser tomados nesta etapa, pois dependendo do solo e da presença de água, podem ocorrer desmoronamentos. Caso presente este risco se faz necessária a utilização de entroncas para o escoramento da parede, processo que deve ser acompanhado por técnico especializado. O material retirado da escavação deve ser alocado a montante numa distância segura que evite do material cair na vala aberta, principalmente quando o material impermeabilizante for a lona plástica, evitando incômodos no momento da instalação da mesma e facilitando o arraste do material no processo de fechamento da vala. A vala aberta deve estar livre de raízes e pedras.

Em seguida é realizada a instalação do septo impermeável. Para esta etapa existem diversos materiais que podem ser utilizados. Brito et al. (1999); Costa (2014) e Nascimento, Azevedo e Farias (2008) apresentam os seguintes materiais: material compactado (argila), parede de alvenaria, pedras, concreto e lona plástica, sendo a última a mais rápida, barata e de fácil instalação.

Quando construída com argila deve ser feita a limpeza da valeta, retirando raízes e água e colocando posteriormente camadas uniformes de aproximadamente 10 cm, que depois de compactadas fiquem em torno de 5 cm, sendo as demais camadas maiores, não ultrapassando 30 cm quando compactada com rolo compactador. A parede feita em alvenaria é mais onerosa e demanda mais tempo, além de alguns cuidados que devem ser tomados na sua construção. Este tipo de parede deve ser construído de tijolos bem cozidos e sem sais, ou pedras, desde que a área apresente pedras suficientes para a construção; devendo ser levantada a nível, sendo rebocada e impermeabilizada para evitar infiltrações. O espaço entre a parede e a montante deve ser preenchido com o material retirado na escavação. Este tipo de parede exige mão de obra especializada para evitar o mau funcionamento da barragem e posterior prejuízo. Para a construção com concreto deve-se analisar a viabilidade econômica, pois é necessária uma empresa especializada na execução dessas obras que geralmente apresentam custo elevado (BRITO et al., 1999; NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

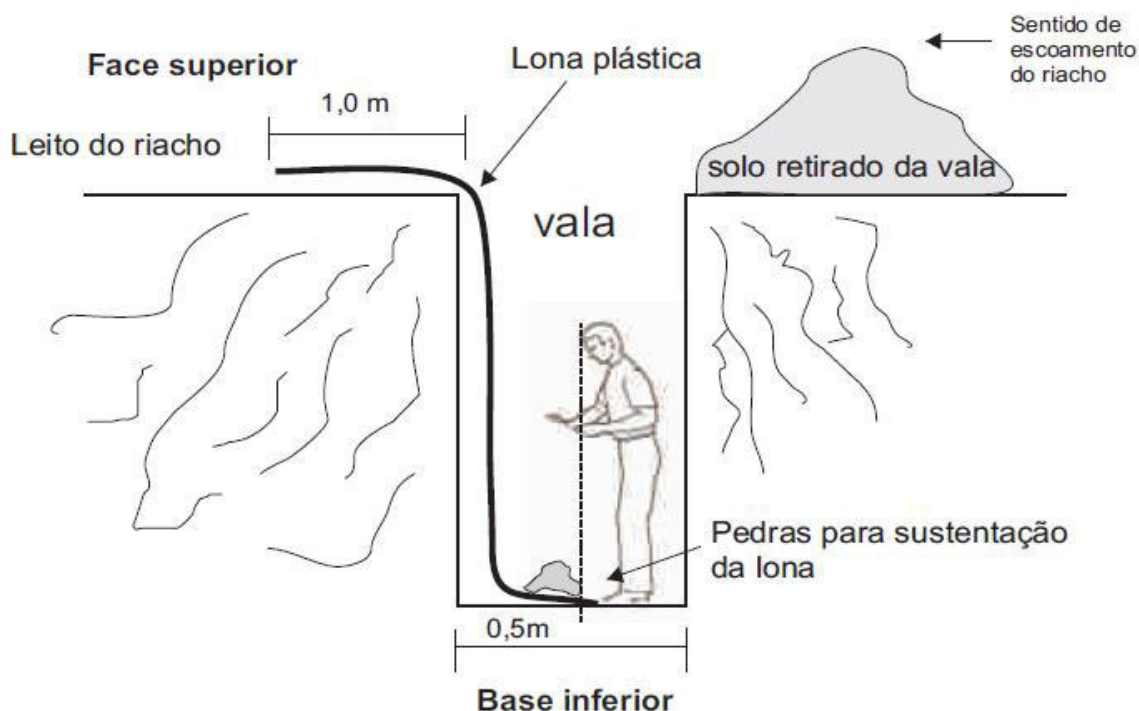
A utilização da lona plástica como material impermeabilizante foi estudada em

1989 pela EMBRAPA/CPATSA no modelo que leva o mesmo nome (BRITO et al., 1989). É um material mais viável economicamente, e o mais difundido, principalmente depois do surgimento do modelo COSTA & MELO.

A lona plástica é aplicada em toda a parede no lado posterior ao escoamento, deve ser feita a limpeza do local, retirando materiais que possam perfurar a lona, como galhos, raízes e pedras. Brito et al (1999) recomenda fazer um reboco a jusante para uniformizar o corte do talude.

Nascimento, Azevedo e Farias (2008) recomenda que 0,5m da lona repousem no fundo da trincheira e 1 m na parte a jusante do terreno, conforme ilustra a figura 7. Alguns cuidados devem ser tomados quando se pretende utilizar a lona plástica como material impermeabilizante como: velocidade dos ventos; presença de material perfurante que possa rasgar a lona; não tensioná-la e evitar horários de alta temperatura, pois pode dilatar a lona. A lona deve ser presa nas laterais com a mesma argamassa utilizada no reboco da parede à jusante. A figura 8 apresenta a instalação da lona plástica em uma barragem subterrânea construída no distrito de Serrinha, zona rural do município de Bom Sucesso/PB.

Figura 7: Instalação da lona plástica



Fonte: (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008)

Figura 8: Instalação da lona plástica numa barragem subterrânea construída em Bom Sucesso/PB



Fonte: (Arquivo da SAMAD/PMBS/PB, 2014).

Em seguida o material retirado na escavação é empurrado para preencher o espaço entre a parede a montante e o material utilizado como impermeabilizante, podendo ser manual ou mecanizado dependendo do processo utilizado na escavação, essa etapa é chamada de enchimento da vala. A figura 9 apresenta esse processo.

Figura 9: Fechamento da vala



Fonte: (Arquivo da SAMAD/PMBS/PB, 2014).

3.4.1 Locação e escavação do poço Amazonas

A utilização de poço amazonas esta ligada ao tipo de barragem subterrânea que se deseja construir. O modelo COSTA & MELO foi o pioneiro a apresentar a utilização do poço, porém, a ideia vem sendo incorporada na construção de barragens subterrâneas, mesmo que não sejam do modelo citado. O poço amazonas é instalado a montante do septo impermeável e tem algumas funcionalidades. Entre elas a mais citada é a captação da água retida na barragem para irrigação de culturas, consumo humano e animal. Porém o poço amazonas figura como um importante instrumento, pois permite o monitoramento da água a fim de estudar suas características quanto à salinização e ainda essa retirada de água faz com que novas águas advindas das precipitações infiltrem e seja assim renovado o recurso hídrico ali presente, evitando a salinização do solo.

Assim como na construção da barragem subterrânea, o poço amazonas pode ser escavado manualmente ou mecanizado, sempre a montante do septo impermeável. O modelo COSTA & MELO recomenda a locação do poço perto da parede impermeável, aproveitando a trincheira já escavada para a colocação do material impermeabilizante (COSTA 2014). Nascimento, Azevedo e Farias (2008) aconselha a locação do poço a, pelo menos, 2 metros a montante da parede da barragem subterrânea. O material utilizado pode ser alvenaria de tijolo, ou anéis pré-moldados de concreto.

Quando a escavação for manual o anel pré-moldado de concreto servirá como molde, sendo instalado à medida que vai ocorrendo a escavação até chegar à rocha sã, ou material impermeável. Quando a construção é mecanizada abre-se um retângulo com um diâmetro igual ao diâmetro do anel pré-moldado mais 1 metro (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

Para instalar os anéis com o auxílio da máquina é necessário dois trabalhadores que amarrarão o anel à máquina, e essa levará o anel até o local da escavação. Quando a instalação dos anéis for manual, é necessário pelo menos seis trabalhadores para descerem um anel sobre o outro, a segurança deve ser colocada em primeiro lugar, evitando movimentos bruscos e entrada de pessoas no local escavado a fim de evitar acidentes.

O último anel deve ser rejuntado com cimento e recoberto com uma tampa para proteção da água ali presente. Depois de instalado os anéis e construído o

poço, deve ser preenchido os espaços laterais, preferencialmente com solo arenoso, ou com o próprio material retirado na escavação (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

3.4.2 Escavação e locação da BAPUCOSA

Alguns autores orientam a utilização de barragens subterrâneas sucessivas para melhorar o desempenho, proporcionando um maior acúmulo de águas pluviais. Outras técnicas também são empregadas com esta finalidade, como o enrocamento de pedras, utilizado no modelo COSTA & MELO. Um mecanismo de auxílio às barragens subterrâneas é o barramento com pneus utilizado para contenção de solo e águas (BAPUCOSA).

Quando ocorrem as enxurradas o solo é carregado e a água demora mais a infiltrar, não sendo suficiente para gerar o acúmulo de água no interior das barragens subterrâneas, principalmente em solos argilosos. A BAPUCOSA consiste em uma parede feita de pneus com o objetivo de reter solo e água, proporcionando assim maior infiltração e consequente armazenamento na barragem, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica a montante da barragem após a sedimentação das partículas de solo suspensas na água.

De acordo com Azevedo et al (2010) o local de construção da BAPUCOSA é a jusante da barragem, aproximadamente um metro, em forma de arco, sendo retirada a camada mais superficial de solo, de forma que a escavação fique com altura menor que a do pneu, permitindo maior estabilidade e evitando o rompimento por baixo. É recomendada a utilização dos mesmos tipos de pneus para a construção das camadas; assim os pneus são depositados uns sobre os outros de forma que o centro do pneu da camada anterior coincida com as bordas dos pneus da camada superior. É recomendada uma parede com até quatro camadas, passando disso a estrutura vai exigir mais segurança na amarração. Após a instalação das camadas deve-se colocar pedra no interior dos pneus para proporcionar maior resistência frente as enxurradas.

Para a amarração dos pneus, são recomendados vergalhões com bitola de $\frac{1}{2}$ polegada e o comprimento variando de acordo com a profundidade da camada impermeável do local onde se esta construindo o barramento. A cada camada construída, uma haste é colocada junto à face montante de cada pneu, sendo

utilizada uma marreta para penetrar a haste de forma que sobre, aproximadamente 40 cm que servira para amarrar o pneu, esse procedimento fixa o pneu no mesmo alinhamento da camada abaixo (AZEVEDO et al, 2010).

3.4.3 Manejo da barragem subterrânea e o risco da salinização do solo

Um grande desafio e também apontado por alguns autores como uma desvantagem no uso da barragem subterrânea é o processo de salinização do solo, pois gera acúmulo de sais no solo, tornando-o infértil e impróprio para o uso agrícola, podendo culminar no processo de desertificação.

A água presente na superfície ou no subsolo possui sais dissolvidos em sua composição e nas regiões áridas e semiáridas a concentração de sais é maior por causa dos períodos secos (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008). O processo da salinização está ligado a fatores físicos e químicos que contribuem para o aumento da concentração dos sais no solo. Dentre esses fatores podemos citar a evapotranspiração onde a água é evaporada, porém, os sais ficam retidos no solo aumentando sua concentração. Outro fator que contribui para esse processo são os baixos índices de precipitação e a distribuição irregular das chuvas, não sendo possível a lavagem do solo para retirada dos sais.

As ações antropogênicas também contribuem para a formação de um solo salino, pois o manejo inadequado na utilização de agrotóxicos pode agravar o processo de salinização. Caso as águas acumuladas na barragem sejam destinadas a consumo humano não é recomendado o uso de defensivos agrícolas nas culturas a montante da barragem para evitar a contaminação das águas.

As barragens subterrâneas estão sujeitas ao processo de salinização do solo, pois a água retida pode ser evaporada de forma que a concentração dos sais torne o solo impróprio para o cultivo sendo esse um dos objetivos da barragem subterrânea.

Visando um manejo adequado a fim de evitar a salinização alguns autores propõem medidas para evitar e/ou mitigar os efeitos da salinização. O modelo CPATSA/EMBRAPA propõe o uso de um tubo de descarga, passando pelo septo impermeável até a jusante da barragem permitindo assim a lavagem do solo pela água, sendo carregados os sais ali presentes. O modelo Costa & Melo propõe o uso de poços amazonas a montante da barragem com o mesmo objetivo do tubo de descarga utilizado no modelo CPATSA/EMBRAPA. Assim a água presente no solo

vai sendo retirada, permitindo que novas águas provenientes das precipitações infiltrem e lavem o perfil do solo.

3.5 CÁLCULO PARA O VOLUME DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

O baixo volume de acúmulo de uma barragem subterrânea é tido como uma desvantagem da utilização dessa tecnologia, porém, seria possível estimar um valor para o volume de acúmulo? A literatura especializada confirma ser através de parâmetros obtidos na construção e através de estudos laboratoriais.

Nascimento, Azevedo e Farias (2008) afirmam que a quantidade de água de uma Barragem Subterrânea depende de características como densidade, porosidade e textura, e que o conhecimento da quantidade de água disponível é importante para o planejamento do uso do recurso hídrico disponível. Ainda de acordo com Nascimento, Azevedo e Farias (2008) o cálculo do volume de uma barragem subterrânea pode ser obtido levando-se em consideração fatores como: a umidade do solo em base de volume, a profundidade das camadas e a área da superfície. O cálculo do volume utiliza a seguinte fórmula:

$$V_n = \frac{U_{VN} * Z_N * A_S}{100} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

- U_{VN} representa a umidade de solo em base de volume $\text{cm}^3/\text{água}/\text{cm}^3/\text{solo}$;
- Z_N representa a profundidade das camadas em cm;
- A_S representa a área da superfície da barragem em m^2
- N representa o número de camadas

Para melhor entendimento faz-se necessário à divisão da barragem subterrânea em camadas conforme a figura 10.

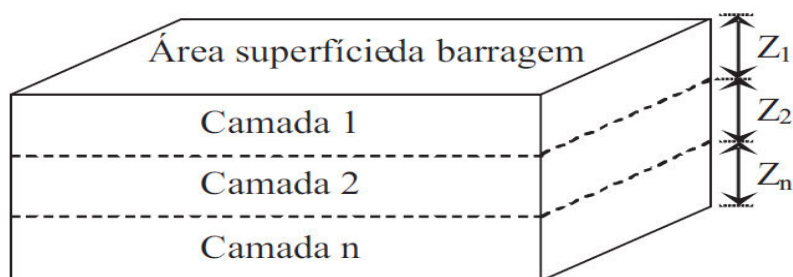


Figura 10: Divisão da barragem subterrânea em camadas
 Fonte: (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008)

Para Costa et al. (1998), outra maneira de calcular o volume de uma barragem subterrânea leva em consideração a largura do vale, extensão da área de acumulação, espessura do depósito aluvial e porosidade do aluvião. A fórmula é apresentada a seguir:

$$V = L * E_x * E_s * \mu \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

- V representa o volume em m^3
- L - largura do vale
- E_x – extensão da área de acumulação
- E_s – espessura do depósito aluvial
- μ - porosidade do aluvião

4 METODOLOGIA

4.1 PRIMEIRA ETAPA

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica, revisão de trabalhos publicados, livros, dissertações, buscando analisar, através dos resultados alcançados pelos autores, se a tecnologia de barragem subterrânea é eficiente no convívio com os efeitos da seca; os resultados em relação a sua utilização em diferentes localidades e por fim apresentar as vantagens e desvantagens de uma barragem subterrânea.

4.2 SEGUNDA ETAPA

A segunda etapa do trabalho foi uma análise da utilização das barragens subterrâneas no município de Bom Sucesso/PB, através da aplicação de uma entrevista e questionários, que são apresentados nos anexos desse trabalho, objetivando avaliar os resultados da utilização da tecnologia no município.

A entrevista foi direcionada ao secretário municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a fim de levantar dados sobre o programa de construção de barragens subterrâneas no município de Bom Sucesso/PB, programa de iniciativa do governo municipal, através da Secretaria Municipal de Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento (SAMAD).

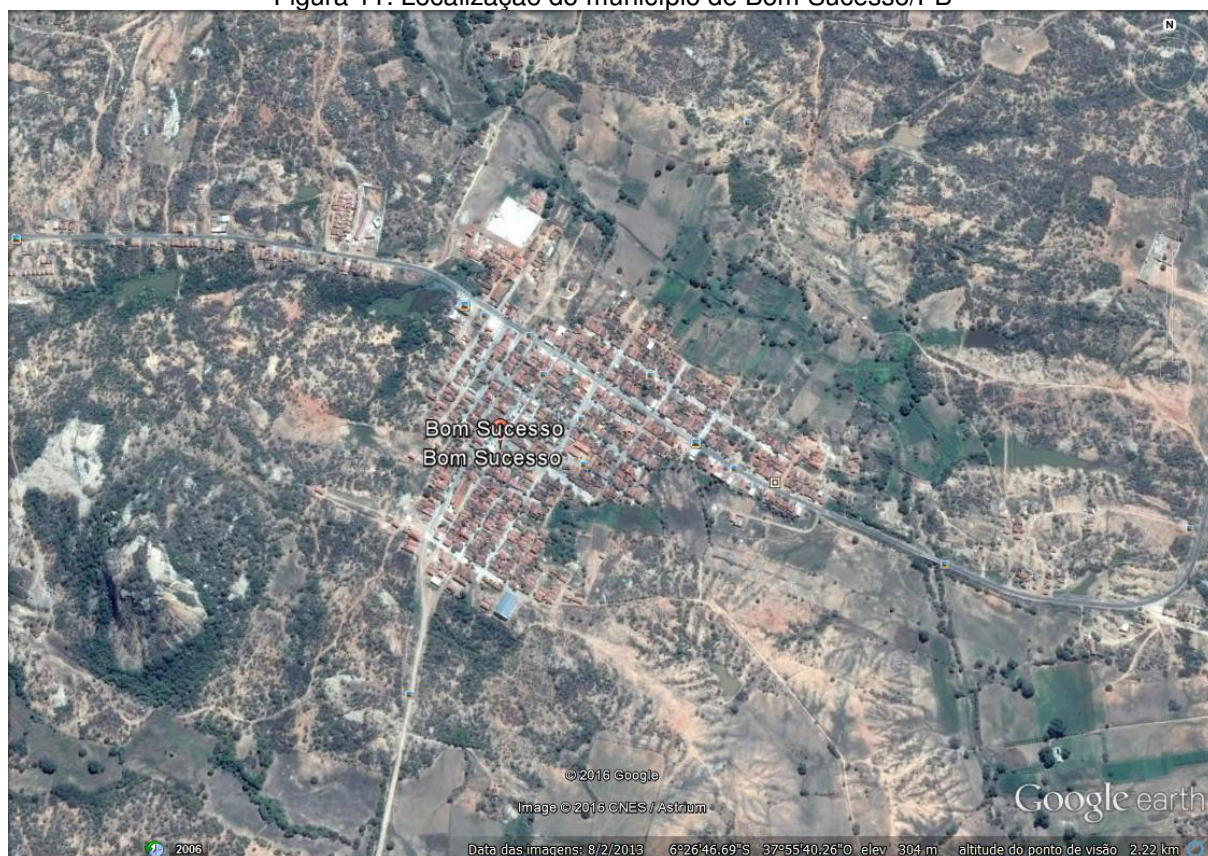
Os questionários foram direcionados aos proprietários de barragens subterrâneas, tanto os contemplados pelo poder público como os que construíram barragens subterrâneas de iniciativa privada; visando levantar dados como: socioeconômicos do público alvo e a utilização da barragem pelos mesmos, o uso do poço amazonas, os rendimentos obtidos com a utilização das barragens, os resultados apresentados, etc.

4.2.2 Caracterização da área de estudo da segunda etapa: O município de Bom Sucesso/PB

4.2.2.1 Localização e acesso

O município de Bom Sucesso situa-se na região Oeste do sertão Paraibano, na microrregião de Catolé do Rocha. Faz fronteiras ao norte com as cidades de Alexandria/RN e Brejo dos Santos/PB, ao leste com Brejo dos Santos/PB e Jericó/PB, ao sul com Lagoa/PB e Santa Cruz/PB, e ao oeste com Alexandria/RN e Santa Cruz/PB. A figura 11 apresenta uma vista aérea do município de Bom Sucesso/PB

Figura 11: Localização do município de Bom Sucesso/PB



Fonte: (Google Earth, 2016)

4.2.2.2 Aspectos socioeconômicos

Criado pela lei 3.049 de 17 de Junho de 1963 e instalado em 02 de agosto de 1963 o município de Bom Sucesso/PB possui uma área 184,102 Km² e uma

população de 5.035 habitantes de acordo com o ultimo censo de 2010, entre os quais 2.030 (40,32%) residem na zona urbana e 3.005 (59,68%) na zona rural possuindo portanto uma densidade demográfica de 27,35 hab/Km², de acordo com o site do IBGE 2016.

O município de Bom Sucesso possui um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 20.325.000,00. O detalhamento do PIB pode ser observado no gráfico 1.

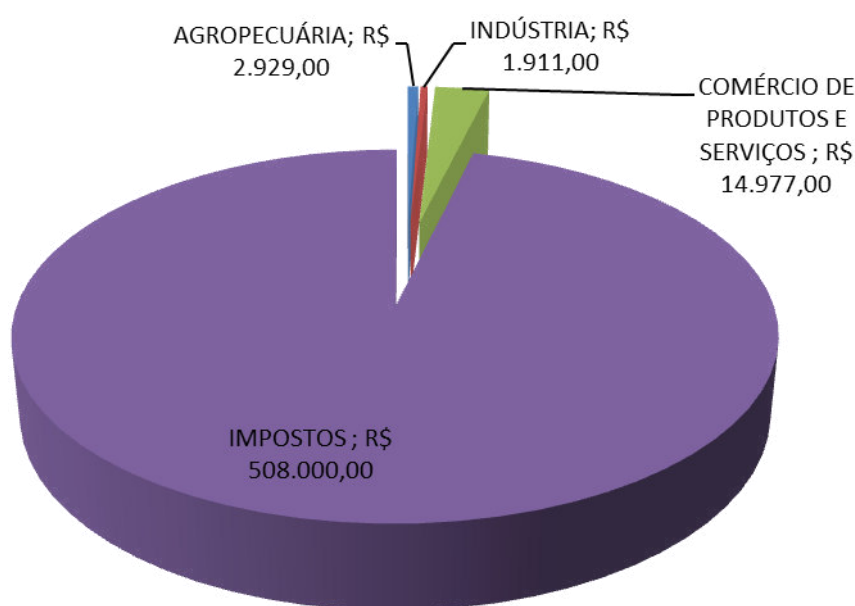


Gráfico 1: Detalhamento do PIB do município de Bom Sucesso/PB
Fonte: Própria do autor

4.2.2.3 Aspectos fisiográficos

Inserido no polígono das secas, o município de Bom Sucesso possui clima quente e úmido com chuvas de outono e inverno. De acordo com o zoneamento do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas o município apresenta clima Tropical, quente e de seca atenuada, variando entre 7 a 8 meses secos. Com pluviosidade média de 1.000 mm, vegetação do tipo Caatinga, e temperatura média anual entre 27°C a 28°C.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 O SUCESSO E/OU INSUCESSO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM DIVERSAS LOCALIDADES DO PAÍS.

A construção de barragens subterrâneas vem sendo difundida e utilizada no nosso país, principalmente em regiões afetadas pelas secas, como a região nordeste, porém, outras regiões do país utilizam essa tecnologia, como por exemplo, a região sudeste, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Embora todo o sucesso apresentado pelas barragens subterrâneas, alguns cuidados devem ser tomados na sua utilização, principalmente no tocante ao risco de salinização do solo, para tanto as técnicas de locação e construção agregadas a análises de solo e água e um manejo adequado no uso da barragem subterrânea são necessários. Muitos trabalhos sobre essa tecnologia de captação de águas pluviais estão voltados para análise de sucesso ou fracasso no seu uso.

A utilização das barragens subterrâneas está presente em diversos estados do nordeste, dentre eles Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco. As experiências nestes estados mostram resultados satisfatórios, sendo utilizadas para os mais diversos usos, como irrigação, dessedentação animal, consumo humano, agricultura familiar, sequeiro, forrageira, etc.

Grande parte desses trabalhos foi voltada para a análise de barragens subterrâneas no estado do Pernambuco, que concentra um bom número desse tipo de construção. Segundo Costa et al (1998) no ano de 1998, por iniciativa do Governo Estadual e Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente e de Agricultura, o estado de Pernambuco contou com um programa de construção de 3.000 barragens subterrâneas distribuídas em todo o estado.

No ano de 1981 a EMBRAPA/CPATSA construiu três barragens subterrâneas no modelo que leva o mesmo nome da empresa, chegando a resultados como garantia de cultivos agrícolas sem risco em anos de irregularidade pluviométrica, chegando até duas colheitas em anos regulares; baixas perdas por evaporação e evapotranspiração; baixo custo de implantação e fácil manejo. Durante três anos de pesquisa nas culturas de caupi, milho e sorgo houve uma variação na produtividade de 542 a 1093 kg/ha, 2128 a 4697 kg/ha e 2993 a 4531 kg/ha, respectivamente (BRITO et al., 1989).

Brito et al (1999) apresentou resultados a nível de produtor de uma barragem subterrânea construída em 1994 no município de Alexandria/RN, numa área de 29,1ha, onde no ano de 1995 o proprietário colheu 100 sacos de 50 kg de arroz, o que corresponde a aproximadamente $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$, sendo que nos anos anteriores, na mesma área se colhia, no máximo, 300 kg. O autor ainda aponta que com o recurso que a barragem proporcionou foi possível adquirir um kit de irrigação, utilizando o poço amazonas presente na barragem para irrigar 1,0 ha a jusante do barramento.

Segundo Costa (1987) no ano de 1985 em uma propriedade no município de São Mamede/PB foram construídas algumas barragens subterrâneas do modelo COSTA&MELO, sendo construídos alguns poços amazonas a montante da barragem, utilizados para irrigar uma área de 40 há. A utilização da barragem permitiu ao proprietário exportar manga para a Europa, além de cultivar outras culturas, por subirrigação, como: milho, feijão, capim e culturas forrageiras para a criação de gado. Os poços amazonas de 4 m de diâmetro foram projetados para bombear $30\text{m}^3/\text{h}$ cada um com um regime de bombeamento de 8 horas/dia.

Para Palmier e Carvalho (2003) no estado de Minas Gerais cerca de 30% da área total do estado é de regiões semiáridas. Na década de 80 algumas barragens foram construídas no estado, principalmente, na bacia do rio Jequitinhonha e do São Francisco. Com relação a essas barragens subterrâneas as informações são escassas, porém, o autor chega a conclusão que a utilização dessa tecnologia no estado não foi bem sucedida e que o insucesso se deu pela falta de capacitação tanto dos executores quanto dos usuários.

Costa et al. (2000) apresentou em seu trabalho um aparente insucesso da utilização das barragens subterrâneas no estado do Pernambuco, devido a alguns fatores em suas locação e construção, dentre eles: a construção da barragem em cabeceiras de rios; reduzida espessura dos aluviões; solo argiloso; existência de barragens superficiais nas proximidades; presença de soleiras rochosas em leitos de rio; água salinizada; locação impropria do eixo; ausência de enrocamento de pedras para o modelo COSTA&MELO; poço amazonas com tubos impermeáveis e impermeabilização parcial do septo.

As barragens subterrâneas quando construídas de forma inadequada causam perdas financeiras ocasionando uma possível ruína da imagem positiva dessa tecnologia de convivência com a seca, pois, como se percebe em outros trabalhos, a

utilização das barragens é eficiente e geram retornos para os proprietários nos mais diversos usos.

5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Dentre as vantagens pode-se dizer que a barragem subterrânea permite o desenvolvimento da atividade agrícola mesmo em meio à escassez, pois, permite o aumento do nível da água subterrânea, que pode ser utilizada na subirrigação, sendo captada pelas plantas através das suas raízes, ou por irrigação, utilizando o poço amazonas para a captação da água.

A água armazenada fica livre da incidência dos raios solares, permitindo uma proteção contra a evaporação, que segundo Brito et al (1999) pode atingir em média 2000 mm anuais e segundo Costa (2014) pode atingir uma ordem de 2500 mm/ano ou 7mm/dia, afetando, principalmente, reservatórios superficiais.

Segundo Nascimento, Azevedo e Farias (2008) outras vantagens que podem ser citadas são: o não alagamento de terras sendo as mesmas aproveitadas para plantio; baixos riscos de rompimento; facilidade nos reparos no sistema e, por fim, a sua construção e utilização provoca menor impacto ambiental se comparada as barragens superficiais principalmente porque a área de acumulo de água é subterrânea. As barragens superficiais inundam grandes áreas, destruindo fauna e flora e sendo responsável, por vezes, pelo deslocamento de aldeias, cidades ou povoados; provocando impactos negativos de ordem ambiental e social.

Os custos de uma barragem subterrânea em comparação a outros métodos de captação de águas pluviais constitui uma das maiores vantagens dessa tecnologia, pois dispensa gastos com tratamento, manutenção, operação, energia elétrica, entre outros gastos associados a barramentos superficiais. Associadas ao baixo custo têm-se a facilidade de construção e a utilização de mão de obra local, gerando renda para a população e rapidez na construção. As barragens levam, em média, um a dois dias para ficarem prontas se a construção for mecanizada, além de maior proteção da água contra contaminação bacteriana superficial (BRITO et al., 1999; COSTA et al., 1998; NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

Dentre as desvantagens a maior preocupação é o risco de salinização, que pode ser provocada pela evaporação ou pelo uso de fertilizantes nas culturas.

Entretanto alguns cuidados podem ser tomados a fim de evitar a salinização, como uma análise preliminar de solo e água, pois, caso já sejam salinos a tendência é piorar, não sendo aconselhada a utilização desses terrenos.

O uso de poço amazonas faz a retirada das águas represadas na barragem permitindo que novas águas infiltrem lavando o solo e evitando a salinização.

Outra desvantagem apontada se refere ao volume de acumulação, sendo baixo se comparado a barramentos superficiais. Brito et al.,(1989) e Nascimento, Azevedo e Farias (2008) recomendam a utilização de barragens subterrâneas sucessivas, formando um sistema integrado, que permite um maior acúmulo de água. A utilização da BAPUCOSA, que obstruí o fluxo hídrico superficial, permite maior infiltração, mantendo umidade no solo e permitindo o desenvolvimento de culturas anuais e manutenção das perenes.

5.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A ENTREVISTA E OS QUESTIONARIOS

O município de Bom Sucesso/PB vem sendo afetado com os efeitos da seca desde o ano de 2012, quando o menor índice pluviométrico dos últimos cinco anos, de acordo com a AESA, com um volume de 291,3 mm para um município que apresenta uma média anual de 1000 mm de pluviosidade.

Nos anos seguintes a situação apresentou piores índices, dificultando o abastecimento público e a vida dos pequenos produtores que estão acostumados a plantar depois das primeiras chuvas e irrigar com a água que fica acumulada em poços amazonas ou barreiros. Em face dessa dificuldade hídrica, e, conseqüente agravamento da seca social, o município de Bom Sucesso/PB procurou mitigar a situação desenvolvendo programas de combate à seca, juntamente com as Secretarias Municipais de Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Secretaria de Infraestrutura. Um dos programas contemplou proprietários rurais com a construção de barragens subterrâneas. As informações referentes a esse programa foram obtidas através de entrevista ao Secretário Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do município.

No final do ano de 2013 chegaram ao município máquinas advindas do Programa de Aceleração do Crescimento Fase 2 (PAC 2), do Governo Federal, sendo o município contemplado com uma retroescavadeira, uma enchedeira, uma

moto niveladora, uma caçamba e um carro pipa. Com a chegada das máquinas o governo municipal iniciou um programa de combate à seca, construindo e recuperando pequenos açudes, barreiros, bebedouros, e barragens subterrâneas. Para a implantação das atividades municipais foram realizadas parcerias entre o Governo Municipal, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER), Sindicato dos Trabalhadores Rurais e os agricultores/produtores.

A ideia das barragens subterrâneas foi inicialmente questionada, por se tratar de uma tecnologia até então desconhecida. Porém, o secretário municipal de agricultura participou de um treinamento, ministrado por técnicos da EMATER, onde foram abordados conhecimentos acerca da barragem subterrânea como: técnicas de locação, construção e utilização da lona como material impermeabilizante. Os conhecimentos adquiridos foram repassados ao poder executivo municipal que acatou a ideia e deu prosseguimento ao projeto de construção das barragens.

Em 2014 iniciou-se a construção das barragens, onde o município entrou com as máquinas e os operadores e, em contrapartida, os proprietários com os gastos com lona e mão de obra. As barragens subterrâneas construídas pelo município foram aos poucos sendo transformadas em pequenos açudes pelos proprietários, ficando um restante de 22 barragens subterrâneas construídas pelo município e em pleno funcionamento. Para o poder executivo o gasto por barragem girou em torno de R\$ 1.200,00 a R\$ 1.500,00 reais, enquanto a contrapartida dos proprietários atingiu um valor de R\$ 500,00 a R\$ 700,00 reais por barragem construída.

Com a construção das barragens subterrâneas pelo município e o início dos resultados, mesmo com os baixos índices pluviométricos, alguns proprietários construíram em seus terrenos barragens subterrâneas por iniciativas próprias.

Os proprietários contemplados com o programa de construção de barragens do pelo executivo municipal e os que construíram por iniciativa própria foram alvo do presente estudo, respondendo a um questionário aplicado.

Das 22 barragens subterrâneas construídas pelo município, doze foram visitadas, corresponde a 54,54% do total de barragens. Por não haver nenhum dado com relação à quantidade de barragens construídas de iniciativa privada, não se pode afirmar ao certo a quantidade construída nos últimos anos, porém, de acordo com relatos de populares foram construídas seis. A visita *in loco* foi realizada em três barragens construídas de iniciativa privada, assim distribuídas nas comunidades de:

Oiticica dos Belos, Passagem Molhada e sítio Bom Sucesso. Os dados obtidos foram analisados e os resultados são apresentados a seguir:

Quanto à divisão por sexo observou-se que dos 15 proprietários de barragens subterrâneas que foram alvos da pesquisa, treze são do sexo masculino, ao passo que dois são do sexo feminino. O gráfico 2 apresenta a divisão, em porcentagem, por faixa etária. Percebe-se que o maior número de usuários de barragens subterrâneas se encontram em uma faixa de idade superior a 40 anos. Dentre os 15 entrevistados, doze se encontram em faixa etária superior a 40 anos, um dos entrevistados possui de 18 a 30 anos, e dois possuem de 31 a 40.

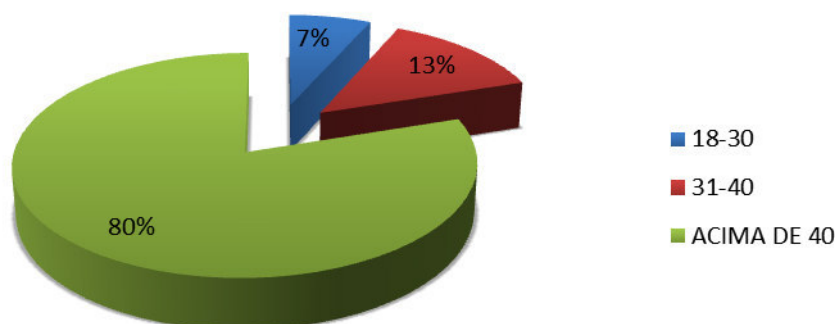


Gráfico 2: Divisão por faixa etária
Fonte: questionário de pesquisa

Com relação ao método de construção, todos os 15 proprietários entrevistados responderam que utilizaram máquinas na escavação e posterior aterro da parede da barragem subterrânea. Nas barragens construídas pelo município foram utilizados retroescavadeira e enchedeira. Nas barragens construídas de iniciativa privada foi utilizada retroescavadeira de esteira, tendo em vista a profundidade do embasamento sólido. Por exemplo, a barragem subterrânea construída na comunidade Passagem Molhada apresentou uma profundidade de 13m.

Referente aos estudos preliminares, ou seja, os estudos prévios, que visam o melhor desempenho e a melhor execução na construção da barragem subterrânea, foram elencados alguns tipos de estudos, dentre eles: levantamento topográfico

visando o melhor local para abertura da parede; sondagem e análise granulométrica para aferir o tipo de solo onde será executada a construção e, por fim, análises de solo e água visando obter dados referentes ao teor de sais evitando assim o risco de salinização. A pesquisa indicou que nenhum dos entrevistados realizou estudos prévios para a construção das barragens subterrâneas.

No tocante ao material utilizado no septo impermeabilizante houve predominância no uso da lona plástica, ou seja, 100% dos entrevistados utilizaram a lona plástica na construção das barragens subterrâneas. Isso se deve ao fato de que dentre os materiais que se pode utilizar no septo impermeável, a lona plástica é a que apresenta o melhor custo benefício, pois é barata, de fácil instalação e cumpre com eficácia o objetivo ao qual se destina. Para a utilização da lona plástica deve-se tomar cuidado com a instalação, para evitar perfurações na lona e posterior escape da água retida. Para tanto se deve fazer a limpeza da parede com a retirada de galhos, pedras ou outros materiais ali presentes que possam danificar a lona plástica.

Todos os entrevistados utilizaram mão de obra local. Essa é apontada como umas das vantagens na construção da barragem subterrânea, que por ser de fácil execução, não necessita de mão de obra especializada. Além da economia em relação à utilização de mão de obra especializada, a mão de obra local gera renda para o município.

O local onde será instalada a parede da barragem subterrânea é de fundamental importância, pois, qualquer erro nessa etapa pode comprometer as etapas posteriores. A barragem subterrânea pode interceptar leitos de rios ou riachos, e ainda ser construída em áreas que apresentam declividade suficiente para acúmulo de água. No gráfico 3 observa-se que apenas 20%, ou seja, três barragens subterrâneas foram construídas interceptando leitos de rio/riacho, essas foram as três barragens construídas pela iniciativa privada. Os outros 80%, que correspondem a doze barragens, foram construídas em áreas que apresentavam declividade suficiente para gerar acúmulo de água. É importante salientar que ambas estão funcionando normalmente, apresentando bons resultados, independente do local de instalação da parede.

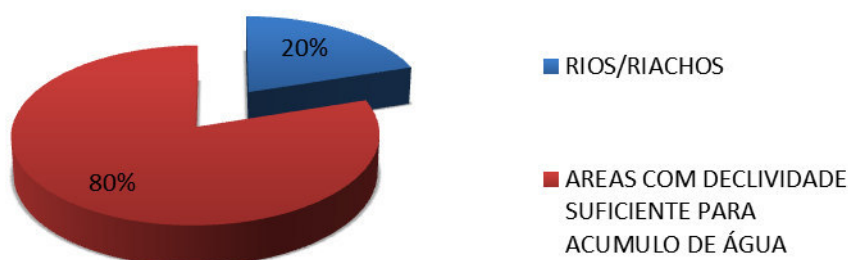


Gráfico 3: Local de instalação da parede das barragem subterrâneas
Fonte: questionário de pesquisa

No que se refere as finalidades de uso das barragens subterrâneas, foram consideradas algumas finalidades de uso mais comuns na utilização dessa tecnologia, dentre elas: a agricultura, fonte de renda de muitas famílias bomsucessenses. Observou-se o cultivo do milho e feijão a montante da barragem, utilizando a subirrigação. e irrigação para as barragens que apresentavam poço amazonas; na pecuária o destaque foi para a criação de bovinos e suínos, onde a barragem foi utilizada para dessedentação animal, através da água obtida pelo poço amazonas e para o cultivo de culturas forrageiras utilizadas para fazer ração para os animais.

O gráfico 4 apresenta valores, em porcentagens, para as diferentes utilizações da barragem subterrânea. Percebeu-se pouca utilização na agricultura e cultivos de culturas forrageiras devido aos baixos índices pluviométricos que dificultaram a captação da água. A pecuária e dessedentação animal tem destaque pois, mesmo com poucas chuvas, as águas represadas pelas barragens permitem aos produtores, pelo menos, matar a sede dos animais.

Dentre os entrevistados 9%, ou seja, quatro entrevistados, utilizam a barragem para consumo humano, captando a água dos poços e utilizando nos mais diversos afazeres domésticos; além do consumo de casa, dois dos entrevistados responderam que utilizam a água das barragens para abastecimento das casas na cidade, tendo em vista que o abastecimento público esta suspenso. Mil litros de água são vendidos a R\$ 15,00.

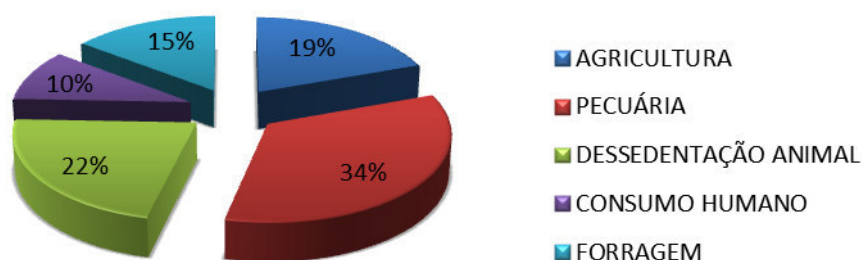


Gráfico 4: Finalidades de uso das Barragens Subterrâneas
Fonte: questionário de pesquisa

O poço amazonas têm diversas aplicações e é de fundamental importância quando utilizado em conjunto à barragem subterrânea. Através do poço a água pode ser captada para irrigação, dessedentação animal, consumo humano, e ainda permite a análise da água quanto aos riscos de salinização. De acordo com o gráfico 5, entre os quinze entrevistados nove possuem poço amazonas, correspondendo a 60% dos entrevistados; os outros seis não possuem poço amazonas, porém demonstraram interesse em construir, sendo a dificuldade financeira o maior empecilho. O gráfico 6 demonstra que dos nove proprietários que possuem poço amazonas em suas barragens, apenas um construiu o poço depois da construção da barragem, os outros oito já tinham construídos em seu terreno o poço amazonas.

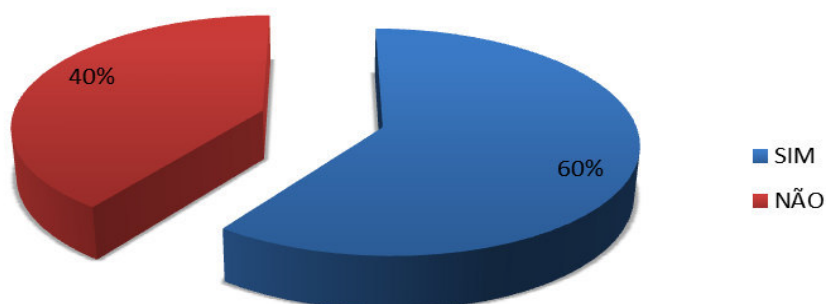


Gráfico 5: Proprietários que possuem poço amazonas junto a barragem subterrânea
Fonte: questionário de pesquisa



Gráfico 6: Construção dos poços amazonas em relação a construção da barragem subterrânea
Fonte: questionário de pesquisa

No que se refere ao modelo de barragem utilizada observou-se que das 15 barragens visitadas, todas foram construídas num mesmo modelo, não seguindo um modelo específico, dentre os três mais utilizados, os quais são : CAATINGA, COSTA e MELO e CPATSA/EMBRAPA. A construção das barragens consistiu apenas na abertura da vala, colocação da lona e fechamento da vala, não sendo construído outros componentes inerentes aos modelos supracitados, como poço amazonas, cisternas, enrrocamento de pedras, etc.

Em relação aos resultados apresentados pelas barragens subterrâneas os entrevistados expressaram suas opiniões afirmando que as barragens têm apresentado bons resultados, mesmo em meio a falta de chuvas para recarregar a água das barragens.

O gráfico 7 apresenta os resultados, em porcentagem, do grau de satisfação dos usuários em relação aos resultados apresentados pelas barragens. Dos 15 entrevistados treze, que corresponde a 87%, mostraram-se satisfeitos; em contrapartida 13%, que corresponde a dois entrevistados, mostraram-se insatisfeitos com os resultados apresentados pelas barragens.

Em visita ao local detectou-se que as barragens que não corresponderam às expectativas dos usuários possivelmente apresentaram erros na sua construção. Em conversa com os proprietários que se mostraram insatisfeitos esses afirmaram que o problema foi no fechamento da vala, que por não fecharem direito os animais pisotearam a lona acarretando em furos e consequente fuga de água.

Dentre os resultados apresentados os mais citados foram: aumento das águas, tanto para uso humano como animal e irrigação; mais umidade no solo; redução das despesas com ração; aumento dos lucros dos que utilizaram as barragens para venda de água, dentre outras.

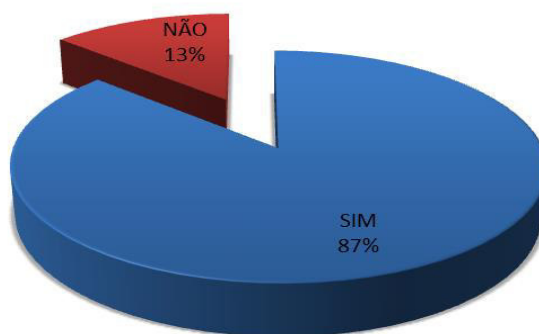


Gráfico 7: Grau de satisfação dos entrevistados em relação ao uso das barragens.
Fonte: questionário de pesquisa

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de barragens subterrâneas pode mitigar os efeitos da seca permitindo o desenvolvimento de culturas, a criação de animais e consequentemente, a melhoria da qualidade de vida das populações atingidas por este fenômeno. Por ser uma alternativa de baixo custo e de fácil implementação, permite a convivência com a seca, até mesmo para populações mais carentes, que podem se reunir e construir uma barragem que beneficie toda a comunidade, utilizando a mão de obra local e dividindo as despesas.

Em relação ao município de Bom Sucesso/PB, o presente estudo demonstrou que a utilização de barragens subterrâneas tem melhorado a situação econômica e social dos pequenos produtores, permitindo que os mesmos cultivem na época de estiagem, além da criação de animais e água para o consumo humano. É notória a satisfação dos que tem em sua propriedade uma barragem subterrânea. Além de permitir o desenvolvimento das atividades agropastoris a barragem subterrânea valoriza o terreno, gerando ainda mais lucros ao proprietário.

Porém, vale salientar que por não apresentarem nenhum estudo prévio referente ao solo, à água e quanto à salinização, as barragens do município de Bom Sucesso/PB correm o sério risco de que seus solos se tornem salinos, prejudicando assim o seu desempenho. Outro agravante é que algumas barragens não possuem poço amazonas, ou outro tipo de tecnologia que permita a retirada das águas armazenadas no perfil do solo e consequente reposição através de novas chuvas o que pode acelerar ainda mais o processo de salinização, pois não permitem que as novas águas advindas das precipitações lavem o solo.

O programa de construções de barragens subterrâneas do município de Bom Sucesso/PB é louvável e merece o reconhecimento, apesar de ser necessárias melhorias. São necessários mais investimentos, advindos das três esferas, Federal, Estadual e Municipal, além de cursos de capacitação para os usuários das barragens, permitindo mais conhecimento e consequente manejo adequado evitando assim que uma tecnologia, simples, de baixo custo e eficiente se torne ineficiente e traga prejuízos aos seus usuários.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, M. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; FURTADO, D. A. **Técnicas construtivas para barragens subterrâneas, BAPUCOSA e Poços Amazonas**. Revista Educação Agrícola Superior. Brasília, v.25, n.1, p.31-36, 2010.
- BENVENUTO, C.; POLLÁ, C.M. **Aspectos geotécnicos de projeto e construção de barragens subterrâneas no nordeste**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. 7., 1982, Olinda - Recife, PE. ANAIS - Recife. ABMS. V. 2. p. 417-428.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina, PE: EMBRAPACPATSA, 1989. 38 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; RÊGO, M. M. do. **Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.
- CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. N. C. **Secas no Nordeste Brasileiro: Origens, Causas e soluções**. IN: IV Diálogo Interamericano de gerenciamento de águas, Foz do Iguaçu, 2001.
- COSTA, Margarida Regueira da. **Avaliação do potencial de aproveitamento de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas no semi-árido brasileiro**. 2002. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2002.
- COSTA, W. D. **Aquíferos Aluviais como Suporte Agropecuário no Nordeste**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 3, Fortaleza - CE, Anais... Fortaleza, 1984. v.1. p.431-440.
- COSTA, W. D.; CIRILO, J. A.; PONTES, M.; MAIA, A. Z.; SOBRINHO, O. P. **Barragem Subterrânea: Uma Forma Eficiente de Conviver Com a Seca**. Disponível em:
<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22277/14620>>
Acesso em: 25 de março de 2016.
- COSTA, W.D. **Barragens subterrâneas x Barragens de assoreamento: aspectos construtivos e finalidades**. Disponível em:
<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28311/18420>>
Acesso em: 25 de março de 2016.
- COSTA, W.D. **Manual de barragens subterrâneas. Conceitos básicos, Aspectos Locacionais e Construtivos**. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco-PE, 1997.

COSTA, W. D., CIRILO, J. A. ABREU, H. F. G. e COSTA, M. R. **O aparente insucesso das barragens subterrâneas em Pernambuco**. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABAS; AHLSD; IAH, 2000. 1 CD-ROM.

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, p.13-23.

G1. **Governo prorroga estado de emergência em 170 cidades da PB** Disponível em <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2016/04/governo-prorroga-estado-de-emergencia-em-170-cidades-da-pb.html>>. Acesso em 25 de março de 2016.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo - SP. **Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste: bacias dos Rios Piranhas-Açu RN e Jaguaribe CE**. São Paulo: IPT, 1981. 56p. il. Relatório 14887

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

NASCIMENTO, José Wallace Barbosa do; AZEVEDO, Marluce Araújo de; FARIAS, Soahd Arruda Rached. **BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**. Campina Grande / Pb: Gráfica Agenda, 2008. 96 p.

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

PALMIER, L. R. & CARVALHO, F. R. de. **Barragens Subterrâneas: a Experiência do Estado de Minas Gerais**. In: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Juazeiro, BA, 2003.

PENA, Rodolfo F. Alves. **"Por que no Nordeste há seca?"**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/por-que-nordeste-seco.htm>>. Acesso em 25 de março de 2016.

SANTOS, A. R. dos; **A ÁGUA NA NATUREZA E O CICLO HIDROLÓGICO**. Disponível em <<http://mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo14-AguaNaturezaCicloHidrologico.pdf>> Acesso em 15 de maio de 2016

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M.C.L. (2012). **A seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região Nordeste e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no Distrito de Iguaçu/Canindé/Ce**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.1, N.5, p 819 – 830, 2012.

SANTOS, J. P. dos; FRANGIPANI, A. **Barragens submersas - uma alternativa para o Nordeste brasileiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1978. v.1. p.119-126.

SILVA, D.A.; REGO NETO, J. **Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semi-árido.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, Natal - RN, 1992. **Anais....** Natal: ABID, 1992. v1. p.335-361.

SILVA, F. F. (1998). **Investigação e Modelamento do Fluxo Subterrâneo em Aquífero Aluvial no Semi-Árido da Paraíba**, Laboratório de Hidráulica - DEC/CCT/UFPB, Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Campina Grande-PB, 109 p.

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S. S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem subterrânea.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 49).

TIGRE, C.B. **Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'água.** Anuário do Instituto do Nordeste, Fortaleza, CE, p.13-29, 1949.

**APÊNDICE A – Entrevista aplicada ao Secretário Municipal de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento.**

Entrevista

1. De onde partiu a ideia de construir barragens subterrâneas nas comunidades rurais do município?
2. Qual o objetivo do município?
3. Houve alguma parceria?
() SIM () NÃO
4. Caso a resposta da questão anterior seja SIM responda, com quais entidades ou pessoas?
5. Houve algum treinamento para quem trabalhou na construção das barragens subterrâneas? Se SIM, qual?
6. Qual o método de construção?
() Manual () Maquinas (retroescavadeira, trator de esteira, etc.)
7. Foram feitos algum dos estudos prévios citados abaixo antes do começo da construção?
() Levantamento topográfico
() Sondagem
() Estudos de Granulometria
() Análises (solo, água)
() Não houve realização de nenhum estudo prévio
() Outros: _____
8. Houve utilização de mão de obra? Especializada ou local?
9. Quantas barragens subterrâneas foram construídas? E quais as localidades?
10. Qual o material utilizado no septo impermeabilizante?
11. Qual o gasto aproximado por barragem?
12. As barragens subterrâneas foram construídas em qual dos ambientes abaixo?
() Rios, riachos temporários
() Áreas que apresentam inclinação suficiente para acúmulo de água

**APÊNDICE B – Questionário aplicado aos proprietários de Barragens
Subterrâneas**

Questionário

Idade:

Gênero: Masculino () Feminino ()

Profissão:

Comunidade de localização da barragem subterrânea:

1. É o proprietário do terreno?
() SIM () NÃO
2. Qual a finalidade, uso, da barragem subterrânea na propriedade? Obs: A pergunta pode ter mais de uma resposta
() Agricultura (subsistência, sequeiro, familiar)
() Pecuária
() Dessedentação animal
() Forragem
() Consumo humano
() Outros:
3. Tem poço amazonas (cacimbão)?
() SIM () NÃO
4. Caso a resposta da pergunta anterior seja SIM, foi construído antes ou depois da construção da barragem subterrânea?
() ANTES () DEPOIS
5. A barragem subterrânea tem apresentado resultados? Quais?

OBS: só responder as questões de 6 a 10 se tiver construído a barragem subterrânea por iniciativa privada

6. Foram feitos algum dos estudos prévios citados abaixo antes do começo da construção?
() Levantamento topográfico
() Sondagem
() Estudos de Granulometria
() Análises (solo, água)
() Não houve realização de nenhum estudo prévio
() Outros
7. Houve utilização de mão de obra? Especializada ou local?
8. Qual o método de construção?
() Manual () Máquinas (retroescavadeira, trator de esteira, etc.)
9. Qual o material utilizado no septo impermeabilizante?
10. As barragens subterrâneas foram construídas em qual dos ambientes abaixo?

- () Rios, riachos temporários
- () Áreas que apresentam inclinação suficiente para acúmulo de água

APÊNDICE C – Relação de Barragens Subterrâneas construídas de iniciativa do Governo Municipal

MUNICIPIO	ESTADO	COMUNIDADE	QUANTIDADES
Bom Sucesso	PB	Saco do Marinheiro	3
Bom Sucesso	PB	Córrego do Boi	1
Bom Sucesso	PB	Humaitá	1
Bom Sucesso	PB	Oitica dos Belos	3
Bom Sucesso	PB	Oitica dos Abrantes	1
Bom Sucesso	PB	Oitica dos Timóteo	2
Bom Sucesso	PB	Serrinha	1
Bom Sucesso	PB	Baixas	2
Bom Sucesso	PB	Lamarão	1
Bom Sucesso	PB	Escondida	1
Bom Sucesso	PB	Riacho do Sítio	1
Bom Sucesso	PB	Olho D'aguinha	1
Bom Sucesso	PB	São Bento	1
Bom Sucesso	PB	Riacho da Soledade	1
Bom Sucesso	PB	Mutamba	2

Tabela 2: Relação de barragens subterrâneas construídas pelo município de Bom Sucesso/PB
Fonte: Própria do autor

APÊNDICE D – Relação de Barragens Subterrâneas construídas de iniciativa particular, alvos do presente estudos.

MUNICIPIO	ESTADO	COMUNIDADE	QUANTIDADES
Bom Sucesso	PB	Sítio Bom Sucesso	1
Bom Sucesso	PB	Oiticica dos Belos	1
Bom Sucesso	PB	Passagem Molhada	1

Tabela 3: Relação de barragens subterrâneas construídas de iniciativa particular e que foram alvo do presente estudo.

Fonte: Própria do autor