



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ALANA TICIANE ALVES DO RÊGO

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E
UTILIZAÇÃO DE MECANISMOS ALTERNATIVOS PARA CONTROLE DA
EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2018

ALANA TICIANE ALVES DO RÊGO

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E
UTILIZAÇÃO DE MECANISMOS ALTERNATIVOS PARA CONTROLE DA
EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Marineide Jussara Diniz

Coorientador (a): Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista

MOSSORÓ

2018

© 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.

R343s Rêgo, Alana Ticiane Alves do.
Sistemas de captação e armazenamento de água
pluvial e utilização de mecanismos alternativos
para controle da evaporação no semiárido
brasileiro / Alana Ticiane Alves do Rêgo. - 2018.
63 f. : il.

Orientadora: Marineide Jussara Diniz.
Coorientador: Rafael Oliveira Batista.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
Curso ou Programa--, 2018.

1. Gestão de recursos hídricos. 2. Região
Nordeste. 3. Mitigação de perdas. I. Diniz,
Marineide Jussara, orient. II. Batista, Rafael
Oliveira, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

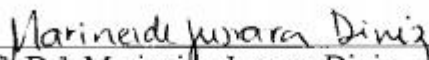
ALANA TICIANE ALVES DO RÊGO

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E
UTILIZAÇÃO DE MECANISMOS ALTERNATIVOS PARA CONTROLE DA
EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

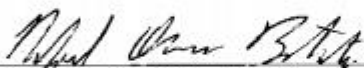
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Defendida em: 17 / 04 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^ª Dr.^ª Marineide Jussara Diniz – UFERSA
Presidente



Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista – UFERSA
Membro Examinador



Prof.^ª Dr.^ª Solange Aparecida Goularte Dombroski – UFERSA
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Dra. Marineide Jussara Diniz, pela consideração em ter aceitado a orientação, por sempre estar disponível para retirar todas as minhas dúvidas e me ajudar da melhor forma possível. Aqui lhe exprimo a minha eterna gratidão.

Agradeço ao meu professor e coorientador, Dr. Rafael Oliveira Batista, por todos os ensinamentos e conhecimentos repassados durante todo o processo de construção desse trabalho e em suas aulas, e por não medir esforços na sua orientação.

Agradeço à banca examinadora pela disponibilidade e por contribuírem significativamente para o enriquecimento desse trabalho.

Agradeço à minha mãe, Francisca Lúcia, que mesmo diante os problemas pessoais e de comunicação, sempre colocou os meus estudos em primeiro plano.

Agradeço meu namorado, Rafael Silva, pelo seu apoio em minha vida e nesse trabalho. Suas características de companheirismo, atenção e paciência foram fundamentais para concepção desse desafio.

Agradeço à minha querida avó materna, Luzia da Silva, que sempre escutou os meus problemas e planos para o futuro, e me aconselhou das melhores formas possíveis.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos, que de forma direta e indiretamente, ajudaram na idealização desse trabalho.

A todos os professores do curso de Ciência e Tecnologia da UFERSA, pela contribuição na construção do meu conhecimento.

A todos meu sincero e profundo: **Muito Obrigada!**

“Grandeza a partir de pequenos começos.” (Sir Francis Drake)

RESUMO

Uma das principais soluções para o abastecimento de água e suprir a sua falta durante períodos de estiagem em comunidades rurais no semiárido brasileiro é o sistema de captação e armazenamento da água pluvial. Diante disso, existem algumas alternativas com características próprias, vantagens e desvantagens, e que são aplicadas para diferentes fins na região semiárida. Porém, devido a fatores como a irregularidade da distribuição de precipitações pluviométricas associada a elevada incidência da energia solar, contribuem para o aumento significativo das taxas de evaporação de reservatórios abertos. Por esse motivo, surgem métodos alternativos com a proposta de reduzir e controlar o índice da evaporação de corpos hídricos, e que por mais que esses métodos apresentados neste trabalho, apresentem suas desvantagens, pode-se afirmar que estes são compensados pelas suas vantagens a respeito de seus custos, fácil acessibilidade e construção do material, além de sua possível adequação nos reservatórios de regiões com características áridas e semiáridas. Finalmente, são apresentadas comparações entre os métodos alternativos para redução da evaporação, neste caso os quebra-ventos, isopor e macrófitas aquáticas, dos quais se mostraram mais adequados ao semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos; região Nordeste; mitigação de perdas.

ABSTRACT

One of the main solutions for the provision of water and shortage during drought operations in rural communities is the Brazilian semi-arid, the system for collecting and storing rainwater. Therefore, there are some alternatives with its own characteristics, advantages and disadvantages, which are applied for different purposes in the semiarid region. However, due to factors such as the irregular distribution of rainfall associated with high incidence of solar energy, contributing to the significant increase in evaporation rates of open reservoirs. For this reason, there are alternative methods with the proposal to reduce and control the evaporation rate of water bodies, and that although these methods present their disadvantages, it can be said that these are compensated for their advantages in terms of their costs, easy accessibility and construction of the material, as well as their possible suitability in the reservoirs of regions with characteristics arid and semi-arid regions. Finally, comparisons are made between alternative methods to reduce evaporation, in this case the windbreaks, styrofoam and aquatic macrophytes, of which they were more adequate to the Brazilian semi-arid.

Keywords: Management of water resources; Northeast region; loss mitigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	– Nova delimitação do Semiárido brasileiro	20
Figura 02	– Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea	26
Figura 03	– Desenho esquemático do sistema para irrigação de salvação	28
Figura 04	– Imagem aérea da irrigação de salvação	28
Figura 05	– Caldeirão	29
Figura 06	– Barreiro construído em tanque de pedra	30
Figura 07	– Cisterna de telhado	31
Figura 08	– Cisterna calçadão	32
Figura 09	– Imagem aérea da irrigação de salvação	33
Figura 10	– Nesta figura observa-se uma região mais "lisa" na superfície da água de um lago. É nela que o filme monomolecular está espalhado.....	36
Figura 11	– Bolas de sombra no reservatório de Los Angeles	37
Figura 12	– Fileiras de árvores representando quebra-ventos	37
Figura 13	– Comportamento dos ventos com a barreira vegetal	37
Figura 14	– Cera de parafina impregnada ao poliestireno expandido após a temperatura de 100 F e mais alguns dias sob condições de poeira, à direta, uma aproximação da deterioração do material	39
Figura 15	– Reservatórios do experimento após 3 dias	41
Figura 16	– Redutor de evaporação sobre o açude	43
Figura 17	– Tanque de referência (T ₁), e à direita tanque com cobertura de EPS (T ₃)	43
Figura 18	– Esquema representativo dos tipos de plantas aquáticas	45
Figura 19	– <i>Eichhornea crassipes</i>	47
Figura 20	– Imagem inicial do experimento, mostrando as caixas com e sem plantas	48
Figura 21	– Ninfeia branca	49
Figura 22	– Ninfeia branca nas margens de um rio	49
Figura 23	– <i>Pistia stratiotes</i>	50

Figura 24	–	Pistia stratiotes nas margens de um corpo hídrico	50
Figura 25	–	Tanque de referência (T ₁), e à direita tanque povoado com a planta Pistia stratiotes (T ₂)	51
Figura 26	–	Typha latifolia nas margens de um corpo hídrico	52
Figura 27	–	Navegação prejudicada devido à proliferação das macrófitas aquáticas	54
Figura 28	–	Acumulação de macrófitas aquáticas em hidrelétrica de Barra Bonita	54
Figura 29	–	Artesanato com a utilização de plantas aquáticas	55
Figura 30	–	Cultivação de macrófitas aquáticas em um lago artificial	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	–	Perdas hídricas estimadas no açude (com e sem redutor de evaporação)	
			44

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	–	Principais Tecnologias apropriadas ao semiárido	25
Quadro 02	–	Dados referentes aos testes nos reservatórios realizados por Darwish et al. (2011)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	–	Taxas médias das perdas hídricas durante o dia e a noite	46
Tabela 02	–	Evapotranspiração média com e sem a presença da <i>Typha</i> spp. no pântano.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
Feam	Fundação Estadual do Meio Ambiente
Ac	Área de Captação
Ta	Tanque de Armazenamento
Ap	Área de Plantio
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
EPS	Poliestireno Expandido
spp.	Várias Espécies

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Objetivos.....	18
1.1.1	Objetivo geral.....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
1.2	Metodologia.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	Conceitos básicos sobre o semiárido brasileiro.....	20
2.2	Captação de água pluvial no semiárido brasileiro.....	22
2.3	Qualidade da água pluvial.....	23
2.4	Principais tipos de tecnologias para armazenamento de água pluvial.....	24
2.4.1	Barragem subterrânea.....	25
2.4.2	Barragem para irrigação de salvação.....	27
2.4.3	Caldeirão.....	28
2.4.4	Cisternas domiciliares rurais.....	30
	1º Caso: Cisternas de telhados.....	31
	2º Caso: Cisternas no solo ou calçadão.....	32
2.4.5	Pequenos açudes.....	32
2.5	Evaporação no semiárido brasileiro.....	33
2.6	Mecanismos alternativos utilizados para redução da evaporação.....	35
2.6.1	Isopor.....	38

2.6.2	Macrófitas aquáticas.....	44
2.6.2.1	<i>Eichhornea crassipes</i> (Mart.) Solms.....	47
2.6.2.2	<i>Nymphaea alba</i> Linnaeus.....	48
2.6.2.3	<i>Pistia stratiotes</i> Linnaeus.....	50
2.6.2.4	<i>Typha latifolia</i> Linnaeus.....	51
2.6.3	Importância das macrófitas aquáticas e seus impactos ambientais.....	53
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O contexto histórico, político e socioeconômico do semiárido, caracterizado por apresentar baixo nível de sustentabilidade hídrica em decorrência da precipitação pluviométrica, demonstram que durante muito tempo, a seca foi considerada como principal fator das precárias condições de vida, o que levou a intensificar o processo de êxodo rural que ainda perdura atualmente (MENEZES et al., 2013).

O ambiente semiárido brasileiro é diversificado nos seus recursos naturais e complexo na convivência do homem com o seu clima seco e quente, constituindo-se num fator limitante para a produção agropecuária na região dependente de precipitações pluviométricas (SILVA; BRITO, 2006).

No 3º Fórum Mundial da Água, realizado em Kioto, no Japão, em 22 de março de 2003, houve a seguinte conclusão sobre a captação de água pluvial:

[...] A captação e o armazenamento de água pluvial como consumo ou para uso na agricultura não é uma ideia nova, mas está sendo largamente ignorada pelos planejadores e a iniciativa privada por não serem considerados tão atraentes como os grandes projetos de abastecimento de água existentes. Mesmo assim, a captação de água pluvial, se introduzida em larga escala, pode aumentar o abastecimento a um custo relativamente baixo (SANTOS, 2012, p. 27).

A elevada energia solar associada à irregularidade da distribuição de precipitações pluviométricas anuais no semiárido brasileiro contribui para o aumento das taxas de evaporação, fenômeno da qual ocorre em função do aumento natural ou artificial da temperatura, provocando perdas significativas de água armazenada por meio da evaporação, principalmente em reservatórios pequenos como em açudes, frequentemente, encontrados no semiárido brasileiro. Visto que também existe essa problemática, não basta apenas ter um sistema de coleta e armazenamento de água pluvial. É por esta razão que se faz necessária a busca de medidas para o controle deste fenômeno.

Tentar reduzir a evaporação de reservatórios é uma proposta bastante atrativa e não muito recente. Diversos estudos que envolvem técnicas para a redução da evaporação, têm sido conduzidos no mundo inteiro, principalmente nas décadas de 1960 e 1970. No Brasil, alguns poucos estudos foram feitos principalmente nas décadas de 1970 e 1980 (SILANS, 2003).

As técnicas de mitigação de evaporação de reservatórios existentes estão sendo desenvolvidas, reavaliadas e implantadas para proteger a água dos processos de evaporação, a fim de assegurar o recurso natural em benefício das futuras gerações (SCHOUTEN et al., 2012). Para Khan e Issac (1990) a conservação da água pluvial armazenada em reservatórios somada

à técnicas que permitem a redução das perdas por evaporação, é o meio mais econômico para fornecer suprimentos de água por um período mais longo.

Embora existam diferentes mecanismos alternativos voltados para a solução da evaporação de reservatórios abertos no semiárido brasileiro, e que estes ofereçam vantagens e desvantagens em relação aos seus custos, eficiência dos métodos e viabilidade dependendo do volume do reservatório a ser trabalhado, é necessário saber se a eficácia entre as tecnologias são satisfatórias para a região.

Diante desse contexto, constitui-se a questão central do estudo: será que o sistema de captação de água pluvial associado ao método de utilização de mecanismos alternativos para o controle da evaporação sofrida nos reservatórios de água pode demonstrar como sendo uma alternativa para consumo da população rural e suprir a carência de água no semiárido brasileiro?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho consiste em expor conceitos relacionados à captação de água pluvial e comparar diferentes mecanismos alternativos utilizados para controlar a evaporação de reservatórios, abordando suas vantagens, desvantagens, aplicações e viabilidade para o semiárido brasileiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender a importância e conceitos referentes à captação de água pluvial, os principais tipos de tecnologias existentes para armazenamento e a qualidade da água pluvial no semiárido brasileiro.
- Comparar diferentes tipos de mecanismos alternativos utilizados para redução da evaporação, com respeito a suas vantagens, desvantagens e aplicações.
- Analisar a possibilidade de utilização dos mecanismos alternativos para redução da evaporação nos reservatórios do semiárido brasileiro.

1.2 Metodologia

A presente pesquisa pode ser classificada quanto à natureza como básica, pois busca levantar conhecimentos que possam ser aplicados em regiões semiáridas. Quanto à abordagem, pode ser classificada como qualitativa, pois foi pautada na literatura e quanto ao objetivo pode ser classificada como descritiva, pois relaciona as características do fenômeno.

Em relação aos procedimentos a pesquisa é caracterizada como uma revisão bibliográfica, tendo como fonte: artigos, livros, monografias, dissertações de mestrados, entrevistas em revistas especializadas, arquivos virtuais, bem como livros de literatura especializada dentre outros recursos disponíveis. No primeiro momento, foi feita toda a pesquisa e coleta de informações literárias, e, por conseguinte os dados foram analisados e expostos aqui, de forma a possibilitar um maior esclarecimento e entendimento do assunto em questão, mostrar conceitos relacionados a captação de água pluvial e a utilização de mecanismos alternativos no controle da evaporação de reservatórios no semiárido brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos básicos sobre o semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro refere-se a uma região que ocupa 1.262 municípios de nove estados da Federação, de acordo com dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Grande parte dessa zona semiárida, pertence ao Nordeste, com exceção do Estado de Maranhão, havendo predominância também em uma parte do Estado de Minas Gerais, pertencente a Região Sudeste do país (Figura 01). A região é historicamente conhecida pela sociedade brasileira por ser um lugar de difícil sobrevivência, por apresentar grandes períodos de estiagem e por concentrar a maior parte da população com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).



Figura 01: Nova delimitação do Semiárido brasileiro¹

Fonte: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017)

¹ A nova delimitação do Semiárido Brasileiro criado pelo Grupo de Trabalho Interministerial, estabelece os seguintes critérios: i) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; ii) índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; e iii) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Marcada pelo clima semiárido, seco e quente, e associado ao bioma predominantemente da caatinga, da qual possui uma abundância em biodiversidade e heterogeneidade, a zona semiárida é caracterizada pela deficiência hídrica resultante do baixo índice pluviométrico e a má distribuição de chuvas. De acordo com Malvezzi (2007), o subsolo da região é predominantemente cristalino e raso, dificultando, portanto, a formação de mananciais hídricos e a potabilidade da água.

Silva (2007, p. 468) afirma que:

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres em matéria orgânica. O prolongado período seco anual eleva a temperatura local, caracterizando a aridez sazonal.

Segundo a Articulação Semiárido Brasileiro (2017)², o semiárido brasileiro é o mais chuvoso do planeta, com uma média de 200 a 800 mm anuais. Uma precipitação pluviométrica concentrada em poucos meses do ano e distribuída de forma irregular em todo semiárido.

Em decorrência deste cenário de problemas relacionados a água no semiárido apenas evidenciam a necessidade de buscar alternativas capazes de promover soluções para a atual conjuntura na região. Em função disso, Gnadlinger (2000), em seus estudos propôs utilizar uma técnica popular e milenar, usada tradicionalmente em diversas regiões áridas e semiáridas do mundo, como é o exemplo da China, Índia, Israel e dentre outras localidades, onde a colheita da água pluvial vem sendo utilizada desde a milhares de anos atrás. O mesmo autor ainda acrescenta que a necessidade de abastecimento de água para consumo em geral e utilização na agricultura vem sendo pressionado com o crescimento populacional. Para Andrade Neto (2003, p. 8), “[...] apesar de milenar, é uma tecnologia moderna quando incorpora novos conceitos de técnicas construtivas e de segurança sanitária”.

As tecnologias de captação e manejo de água pluvial surgiram de maneira diversa em muitas regiões do mundo e tem sido uma técnica de uso comum, principalmente em áreas áridas e semiáridas, onde as precipitações, além de irregulares, ocorrem em intervalos pequenos (SANTOS et. al., 2009). Dias et. al. (2013) acrescenta que a condição, de interação da

² A Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) é uma rede com diversas organizações que defende, propaga e põe em prática, inclusive através de políticas públicas, o projeto político da convivência com o Semiárido. Sua missão é fortalecer a sociedade civil na construção de processos participativos para o desenvolvimento sustentável e a convivência com o Semiárido referenciados em valores culturais e de justiça social.

população com a dinâmica climática, pode ser explicada pelo processo de colonização da região marcada pela total desconsideração das populações tradicionais.

Durante os últimos 20 anos, milhares de comunidades rurais, apoiadas por organizações da sociedade civil e setores governamentais, especialmente ligados à pesquisa, têm adotado os sistemas de captação e armazenamento de água pluvial. Essa proposta tem se firmado como uma solução de baixo custo e de grande eficácia para todo o semiárido (JALFIM, 2001).

2.2 Captação de água pluvial no semiárido brasileiro

Existem diferentes definições para esta técnica popular, a mais conhecida diz que um sistema de aproveitamento de água pluvial, também conhecido popularmente como captação de água pluvial, que se define como sendo um conjunto de elementos, de tecnologia simples e econômica, com o objetivo de captar e armazenar a água pluvial para uso futuro, tanto para fins potáveis ou não potáveis. Kahinda et al. (2007) descrevem a colheita de águas pluviais como sendo uma concentração em pequena escala para fins produtivos.

Para Cohim et al. (2008) os sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais em áreas rurais devem ser tratados de forma diferente do que ocorre em áreas urbanas, visto que a água pluvial captada é fortemente aplicada em práticas de agricultura.

Em áreas rurais a água pluvial pode ser a única fonte acessível e o dimensionamento do sistema de captação utiliza o princípio de coletar e armazenar a maior quantidade de água durante o período de chuva para uso nos períodos de estiagem. A utilização da água pluvial nestas regiões é uma técnica consolidada e largamente utilizada (COHIM et al., 2008, p. 5).

Gnadlinger (2000) relata que a captação de água pluvial se torna uma medida estratégica para o desenvolvimento social e econômico da região semiárida. A sustentabilidade de sistemas de coleta de água pluvial é baseada na combinação entre as necessidades básicas dos agricultores, as condições naturais locais e as condições políticas e econômicas predominantes da região.

Em concordância, Palmer (2003, p. 1) afirma que:

A gestão de recursos hídricos em regiões de escassez hídrica é de crucial importância para planejar, regular e controlar o uso da água, atendendo às diversas demandas pelo recurso, com concomitante gestão do meio ambiente. Entre as diversas estratégias para minorar ou solucionar o problema da escassez de água, técnicas de captação de água de chuva têm sido cada vez mais utilizadas em muitos países, inclusive em alguns de clima temperado.

A importância desse sistema vai muito além do seu próprio uso como uma medida alternativa diante a estiagem vivida no semiárido, uma vez que está técnica promove segurança hídrica em tempos de racionamento. Na publicação “Aproveitamento da água pluvial” responsável pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), lista-se pontos importantes do aproveitamento da água pluvial, e alguns dos itens citados estão como sendo uma fonte alternativa à água potável para a população, conservação dos recursos hídricos disponíveis na região e redução dos custos associados às tarifas de água.

2.3 Qualidade da água pluvial

Silva (2010) destaca a captação de água pluvial como sendo uma alternativa em relação à conservação da água, mas que necessita ser preservada, tanto em níveis quantitativos quanto qualitativos.

A captação da água de chuva, forma milenar de utilização da água pelo homem, vem sendo redescoberta como uma opção interessante, necessitando, porém, de estudos mais precisos para definir os padrões de qualidade nos diversos usos que o homem faz da água. Bem como a determinação de uma otimização entre o dimensionamento quantitativo dos reservatórios de acumulação com a questão financeira envolvida (SILVA, 2010, p. 17).

De acordo com Melo (2001), regiões tropicais de clima quente e seco, como é caso do semiárido brasileiro, que se caracterizam pelas elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, o que ocasiona frequentemente o problema de salinização e/ou alcalinização em solos.

Para Lewandowski (2009) a qualidade da água de diferentes ambientes é comprometida devido a presença de substâncias contaminantes que podem ser de origem orgânica como hidrocarbonetos e coliformes fecais, ou ainda podem ser de origem inorgânica, como os metais pesados. O mesmo autor afirma que a agricultura é uma das principais fontes de poluição dos recursos hídricos, isso ocorre devido à grande quantidade de pesticidas que são transportados para os mananciais hídricos mais próximos.

Andrade Neto (2003) afirma que a água pluvial em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados são suscetíveis a ter presença de metais pesados, os quais são potencialmente perigosos, como também a presença de substâncias químicas orgânicas, que quando em altas concentrações podem contaminar a água. E que a

maioria das localidades do mundo, especialmente em áreas rurais e em pequenas cidades, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos e não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água pluvial.

Segundo Hagemann (2009), as maiores alterações na qualidade da água pluvial geralmente ocorrem após sua passagem pela superfície de captação.

Andrade Neto (2003) reforça que “[...] a qualidade e a segurança sanitária das águas de cisternas dependem, principalmente, das condições da superfície de captação e da proteção sanitária do tanque”. Porém para Malvezzi (2007), “[...] as famílias podem corrigir a maior parte das contaminações com filtragem e cloração da água”.

Percebeu-se também que ao mesmo tempo em que a implantação das cisternas no ambiente rural do semiárido baiano torna-se um caminho para resolver os problemas ocasionados pela escassez hídrica, têm se tornado também, um foco de contaminação, comprometendo assim a saúde das famílias que fazem uso da água armazenada nas cisternas (MENEZES et. al., 2013, p. 460).

Silva (2010) afirma que é importante realizar um planejamento da utilização de um sistema de aproveitamento da água pluvial a fim de verificar a quantidade e qualidade da água coletada e armazenada no reservatório, como também, analisar a necessidade de tratamento.

Poucos estudos técnicos foram realizados, até então, com o objetivo de avaliar a segurança hídrica do agricultor frente a estas tecnologias. No entanto, é certo que todas estas tecnologias possuem grande aceitação das famílias da região, sugerindo sua viabilidade, mesmo sabendo-se que pesquisas devem ser feitas com objetivo de entender melhor os mecanismos de funcionamento, além de propor ajustes para tornar as tecnologias mais eficientes e relevantes (DIAS et al., 2013, p. 198).

2.4 Principais tipos de tecnologias para armazenamento de água pluvial

De acordo com Dias et al. (2013, p. 202), a conceituação para os sistemas de coleta e armazenamento de água pluvial passou a ganhar novas concepções, sendo ampliada para englobar não somente as águas captadas e armazenada para fins de uso da agricultura, como também a água que é captada e armazenada para fins de consumo humano.

Santos et al. (2009) ressalta que “[...] essas tecnologias são extremamente importantes para regiões em que o acesso à água é muito difícil e que as alternativas de abastecimento de milhares de pessoas são poços descobertos, valas ou pequenos açudes”.

Para Furtado et al. (2014) é necessário adotar diferentes estratégias que visam o consumo humano, consumo animal e atividade agrícola, visto que as precipitações pluviométricas não permitem acumular água nos reservatórios para atender satisfatoriamente

as necessidades das famílias rurais dispersas, como também para reduzir os riscos da instabilidade climática na atividade agrícola.

Silva e Brito (2006) destacaram em seu estudo, de acordo com pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido no ano de 1975, diferentes alternativas tecnológicas que foram desenvolvidas e/ou adaptadas às condições semiáridas brasileiras, visando o armazenamento e uso das águas pluviais. Com isso, eles propuseram diferentes tipos (Quadro 01):

• <i>Barragem subterrânea;</i>
• <i>Barramento de água de estradas e caminhos;</i>
• <i>Barreiro trincheira (Caxio);</i>
• <i>Barreiros para irrigação de salvação;</i>
• <i>Cacimbas ou poços rasos;</i>
• <i>Caldeirão (Tanque de pedra);</i>
• <i>Cisterna adaptada para a roça;</i>
• <i>Cisternas domiciliares rurais;</i>
• <i>Pequenos açudes;</i>
• <i>Sulcos em nível (Captação de água de chuva in situ).</i>

Quadro 01: Principais Tecnologias apropriadas ao semiárido

Fonte: Silva e Brito (2006)

O semiárido brasileiro é imensamente diversificado em seus recursos naturais e em sua complexidade de suas características. É a partir desta afirmação que se faz necessário buscar diferentes alternativas tecnológicas e diferentes meios de alcançar o aumento da disponibilidade de água para o consumo humano, animal e produção de alimentos. O Embrapa Semiárido³ tem o objetivo de desenvolver e adaptar tecnologias que permitam melhorar a qualidade de vida dos produtores. Nesse sentido, diversas tecnologias foram criadas e adaptadas para as condições semiáridas brasileira, e deve-se destaque as seguintes técnicas: barragem subterrânea, barragem para irrigação de salvação, caldeirão, cisterna domiciliar rural de telhado e de solo.

2.4.1 Barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma tecnologia simples e de baixo custo de captação e armazenamento da água pluvial dentro do perfil do solo, tendo como função aumentar o nível

³ Chamado antigamente de Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), foi criado no ano de 1975 e está vinculado à Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que por sua vez, pertence ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

do lençol freático existente, possibilitando a exploração de uma agricultura no local. Costa et al. (1998, p. 2) relatam esse tipo de tecnologia como sendo um “[...] tipo de intervenção de baixo custo, simplicidade construtiva e operacional e que pode ser implantada em larga escala, desde que haja condições naturais para tal”. Para Fábio Laudonio (2013, p. 30) a barragem subterrânea “[...] serve para armazenar a água na terra, ajudando muitas famílias agricultoras no semiárido brasileiro, pois permite a plantação e a produção não só no período chuvoso, mas também na estiagem”. Para Dias et al. (2013) nesse tipo de tecnologia, a água pode ser utilizada para consumo humano, animal ou até produção agrícola, dependendo das características hidrogeológicas locais.

Sua estrutura, Figura 02, consiste na construção de uma abertura ou valeta no solo até a camada impermeável ou rocha. Em seguida, coloca-se uma lona forrando desde a camada impermeável até a superfície, após fecha-se a abertura com o solo que antes foi retirado. Com isso, é necessário construir um sangradouro na parte mais baixa dessa estruturação. Depois da barragem pronta, quando chove, a lona que havia sido colocada dentro do solo funcionará como uma barreira para que água fique acumulada para posterior plantio do local.

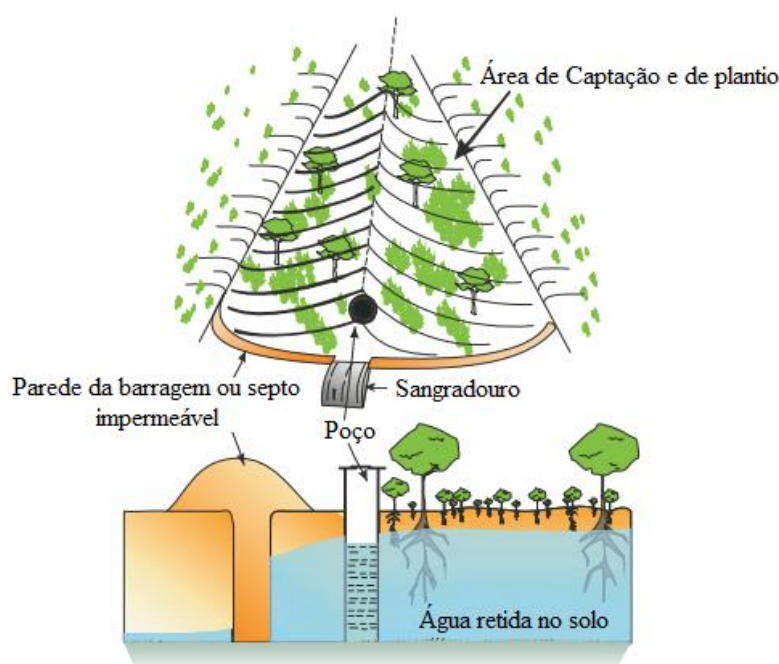


Figura 02: Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea

Fonte: Modificado de Brito et. al. (2007)

De acordo com Silva e Brito (2006, p. 4), a barragem subterrânea “[...] serve como alternativa tecnológica para o aproveitamento das águas pluviais, evitando-se que escoem na superfície do solo, onde podem causar erosão, além de não poderem ser utilizadas posteriormente”. Além disso, de acordo com Brito (1989), os custos de implantação variam em

função de fatores tais como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável e disponibilidade de mão-de-obra na família.

De acordo com Brito et al. (2007, p. 124), “esse barramento faz com que a água fique armazenada no perfil do solo com perdas mínimas de umidade, pelo fato da evaporação ser muito lenta, diferentemente da evaporação que ocorre em barragens convencionais”. Em concordância, Malvezzi (2007, p. 114) relata que “essa concepção de guardar a água sob o solo evita, ou pelo menos reduz drasticamente, o fenômeno da evaporação”. O mesmo autor ainda acrescenta uma desvantagem dessa tecnologia, visto que ela depende de lugares apropriados para ter eficiência, onde nem sempre pequenas propriedades familiares possuem esse requisito.

De acordo com Dias et al. (2013, p. 211), “[...] as barragens subterrâneas podem ser consideradas um instrumento efetivo de complementação das necessidades hídricas em regiões de clima semiárido e, em alguns casos, a própria solução para o fornecimento de água para a família ou comunidade” Porém, o mesmo autor acrescenta que são necessárias avaliações prévias para a implantação desse tipo de obra hídrica, visto que, há riscos concretos de contaminação da água subterrânea e do solo/subsolo, principalmente quando se trata do conteúdo de sais dissolvidos.

2.4.2 Barragem para irrigação de salvação

Silva e Porto (1982) definem irrigação de salvação como sendo uma irrigação suplementar para atender o requerimento mínimo de água das culturas, após a ocorrência de déficits hídricos. Na visão de Malvezzi (2007) a irrigação de salvação é uma tecnologia de convivência importante, porém pouco utilizada, podendo ser feita a partir de diversos corpos d’água.

Define-se a irrigação de salvação como a lâmina de água aplicada à cultura nos veranicos que comumente ocorrem durante o período chuvoso na região Nordeste, de forma a não permitir que a cultura sofra estresse hídrico e, em alguns casos, morra (BRITO et al. 2007, p. 159).

Os primeiros estudos sobre essa tecnologia voltada para o semiárido brasileiro no campo da agricultura familiar com o objetivo de otimizar o uso dos recursos hídricos disponíveis e potencializar o aproveitamento do escoamento superficial na região, foram estabelecidos após o modelo proposto por Silva e Porto (1982) com um sistema constituído por três elementos básicos (Figura 03 e 04):

- Área de captação (Ac): formada por uma microbacia hidrográfica que coleta a água pluvial proveniente do escoamento superficial e direciona-a para um tanque de armazenamento.
- Tanque de armazenamento (Ta): é a área destinada a armazenar a água captada na área de captação.
- Área de plantio (Ap): é a área reservada ao cultivo de culturas, onde a água é aplicada por gravidade na área irrigada.

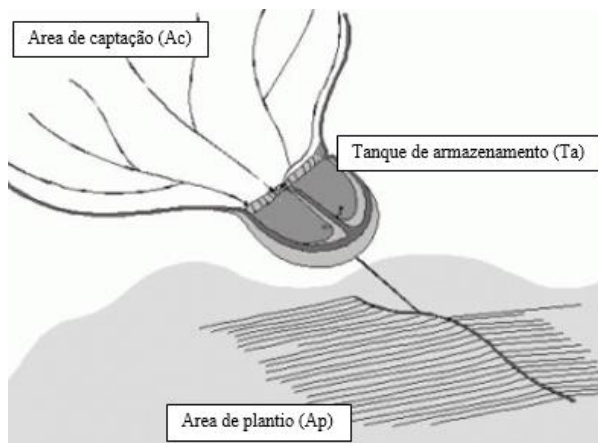


Figura 03: Desenho esquemático do sistema para irrigação de salvação.

Fonte: Modificado de Gnadlinger (2000)



Figura 04: Imagem aérea da irrigação de salvação.

Fonte: Brito et. al. (2007)

A vantagem desse tipo de técnica é a redução de perdas das plantações na região semiárida. Na visão de Malvezzi (2007) o procedimento dessa tecnologia é de custo baixo, isso porque a irrigação somente é ativada quando é necessário salvar um cultivo em períodos de estiagem onde pode comprometer a produção das culturas. Em complemento, Gnadlinger (2000) afirma que se já um período seco durante a estação chuvosa, é possível irrigar as plantações com a água do reservatório. Porém se não há necessidade da água, é possível realizar uma nova plantação durante a estiagem e usar a água armazenada para irrigar a segunda plantação.

2.4.3 Caldeirão

Segundo Malvezzi (2007, p. 110), caldeirão ou tanques de pedra “[...] são estruturas naturais localizadas em pedreiras de granito. Aproveita-se o cristalino que aflora nos solos e constroem-se assim reservatórios naturais na pedra”. Brito et al. (2007, p. 74) ressalta que o caldeirão “[...] se constitui como um excelente reservatório para armazenar água das chuvas

para uso humano, animal e agrícola”. Dias et al. (2013) destacam caldeirão, como sendo um sistema de armazenamento por escoamento superficial natural, visto que a água pluvial escoar superficialmente pelas rochas impermeáveis e se deposita nos pequenos reservatórios naturais.

De acordo com Silva e Brito (2006), os caldeirões “[...] com pequena largura, grande comprimento e profundidade são os que têm melhores condições de eficiência de estocagem da água por longo período, em decorrência da reduzida área de evaporação”. Em concordância, Malvezzi (2007) diz que “quanto mais fundo e com menos espelho d’água, mais eficientes para evitar a evaporação”. Para o mesmo autor, a vantagem desta técnica de captação das águas pluviais é que seu custo é baixo e a quantidade da água acumulada nas fendas cristalinas muitas vezes pode surpreender (Figura 05).

Schistek (1999) destaca como outra desvantagem dessa técnica como sendo o volume limitado de água e a impossibilidade de aumentar a cavidade natural da rocha cristalina, e mesmo que use explosivos na área pode causar rachaduras na rocha e consequentemente a perda da água. Souza (2014) apresenta uma solução para o aumento da capacidade de armazenamento, trata-se de paredes de alvenaria que são erguidas, na parte mais baixa ou ao redor, que funcionam como barragens para acumulação de água na rocha, como mostra a Figura 06.

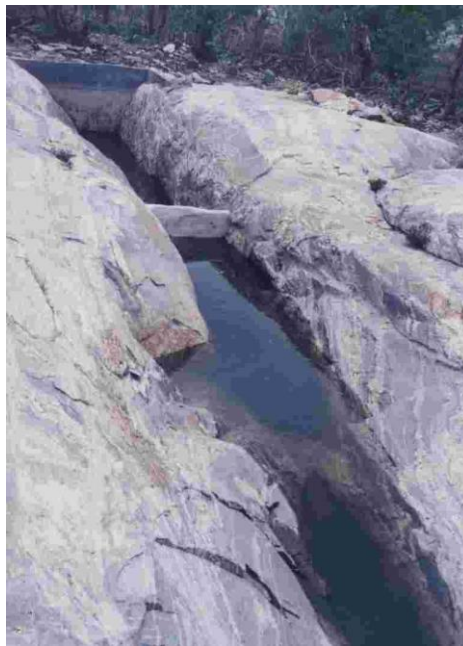


Figura 05: Caldeirão

Fonte: Shistek (1999)



Figura 06: Barreiro construído em tanque de pedra.

Fonte: Souza (2014)

2.4.4 Cisternas domiciliares rurais

Segundo Silva e Brito (2006), cisterna domiciliar rural é um reservatório, fechado, com o intuito de armazenar a água pluvial captada de telhados dos domicílios ou no próprio solo, revestido com materiais impermeáveis, que objetiva aumentar a disponibilidade da água. Malvezzi (2007) acrescenta que as cisternas são hermeticamente fechadas, considerada como uma vantagem, visto que não permite a entrada de luz e assim não ocorre a multiplicação de algas e outros elementos vivos.

"Tratam-se de soluções simples, descentralizadas, de baixo custo e fácil execução, que têm contribuindo para a melhoria da qualidade de vida das famílias e reduzido os riscos da produção agrícola" (FURTADO et al. 2014, p. 37).

De acordo com Cohim et al. (2008), um sistema de captação e utilização de água pluvial é composto por uma superfície de captação em áreas impermeáveis, calhas e tubulações para transportar a água pluvial coletada, tratamentos para garantir a qualidade da água coletada, bombas e sistemas pressurizados para a retirada da água e evitar contato direto, e por fim composto com reservatórios fabricados em diversos materiais. Para o mesmo autor, é necessário avaliar cada caso onde será aplicado o sistema de captação de água pluvial, além de analisar aspectos como capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo da operação e disponibilidade do local.

O tamanho do reservatório para armazenamento das águas pluviais, segundo Cohim et al. (2008), dependerá de diversos fatores como o regime de precipitações local, área disponível de captação, demanda necessária para usos e consumos da água, o tipo de consumo a que será destinada a água e a existência de outras fontes para suprimento. Em regiões onde não dispõe

de outras fontes é comum construir grandes reservatórios com o intuito de acumular a água pluvial para posteriormente ser utilizada durante a estiagem.

1º Caso: Cisternas de telhados

Consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e os depósitos ou cisternas como área de armazenamento, como mostra a Figura 07. Para Silva e Porto (1982, p. 13) “esses telhados se apresentam como uma das mais eficientes áreas de captação que se conhece, posto que permite escoar totalmente o volume precipitado”. O mesmo autor ainda acrescenta que a água pluvial na região semiárida é normalmente pura, sem a presença de substâncias tóxicas ou microrganismos. Porém, é aconselhável não coletar as primeiras águas, para evitar sujeiras provenientes do telhado. Em concordância, Malvezzi (2007) cita que já foram realizados exames onde constata uma água ausente de coliformes fecais, metais pesados e entre outras contaminações, já que a água pluvial no sertão brasileiro não tem poluição.



Figura 07: Cisterna de telhado

Fonte: Notícias Uol (2018)

Em contrapartida disso, Silva e Brito (2006) explica que há uma necessidade de capacitação das famílias com relação ao manejo adequado da água pluvial, visando reduzir os riscos de contaminação e garantir uma qualidade da água. Para isso, é necessário que para a água que seja consumida tenha passado por medidas de filtração ou tratamento com cloro.

Menezes et al. (2013) destaca a importância de investigar os indicadores de qualidade, manejo e uso da água pluvial armazenada em cisternas.

Apesar das cisternas representarem uma opção de sobrevivência para as populações rurais, observa-se que se não houver maior acompanhamento e controle da qualidade da água depositada nestes reservatórios, o que seria uma solução, poderá tornar-se um problema que compromete a saúde pública (MENEZES et. al. 2013, p. 461).

2º Caso: Cisternas no solo ou calçamento

Consiste em um reservatório de água ligado a um calçamento ou um solo revestido com materiais impermeáveis apresentando um desnível suave em relação ao local que serve como área de captação das águas pluviais, essa tecnologia surgiu com o intuito de complementar ou substituir a técnica de armazenamento da água pluvial por meio do telhado das casas (Figura 08). De acordo com Malvezzi (2007, p. 109), esse tipo de técnica é destinado totalmente à produção de agricultura e pode ser construído onde os telhados das residências dos familiares rurais são pequenos e insuficientes para a captação da água pluvial.



Figura 08: Cisterna calçamento

Fonte: Noticias Uol (2018)

Diferentemente das cisternas de telhados, os calçadões não possuem qualidade adequada para o consumo humano, isso porque o solo impermeável onde se coleta a água pluvial é totalmente descoberto e sujeito a agentes patológicos. É aconselhável que a água coletada e armazenada nesse tipo de tecnologia seja somente para uso doméstico, consumo animal e agricultura. De acordo com Souza (2014, p. 13), a água armazenada geralmente “[...] é destinada a pequenas irrigações nos quintais domésticos e à dessedentação dos animais”.

2.4.5 Pequenos açudes

De acordo com Molle e Cadier (1992), esses pequenos reservatórios servem, sobretudo “[...] para assegurar o abastecimento de água durante a estação de seca”. De acordo com Malvezzi (2007), os açudes cumprem um papel importante na oferta de água na região semiárida, estes servem para armazenar as águas superficiais que correm através de córregos,

rios e escoem pela superfície do solo. Além disso, suas águas são usadas comumente para consumo das famílias, dessedentação animal, irrigação em pequena escala, dentre outras aplicações (Figura 09).



Figura 09: Açude inteligente localizado em Barra do Bento no Ceará

Fonte: Notícias Uol (2018)

“Os açudes encontram-se principalmente em regiões de maior densidade de população, de maior ocorrência de secas, de relevo favorável e de geologia cristalina” (MOLLE; CADIER, 1992, p. 18). Em concordância, Suassuna (2018) acrescenta que o escudo cristalino, caracterizado por solos rasos do semiárido brasileiro e escoamentos superficiais maiores do que a porção de água que se infiltra, propicia condições favoráveis à construção de açudes.

Para Malvezzi (2007) o maior problema relacionado aos açudes é que eles estão sujeitos a intensa evaporação, principalmente açudes de pequeno porte e rasos, que por maior que seja o volume armazenado nele, há uma perda hídrica considerável por evaporação. Suassuna (2018) cita que “trabalhos nessa área estimam que os pequenos e médios açudes no semiárido brasileiro perdem cerca de 40% da água acumulada”, através do fenômeno da evaporação.

2.5 Evaporação no semiárido brasileiro

“Evaporação são as perdas d’água para a atmosfera na forma de vapor das superfícies livres d’água e do solo” (AMORIM NETO, 1980, p. 2). A evaporação é afetada por diversos fatores, que de acordo com Benzaghta e Mahamaa (2009), se intensifica com a alta velocidade do vento, altas temperaturas e baixa umidade na região, reduzindo o rendimento das áreas de captação nos reservatórios abertos. Schouten et al. (2012, p. 202) ainda acrescentam que “o

efeito da evaporação se intensifica em condições de seca, particularmente em regiões tradicionalmente áridas e semiáridas”.

Em razão da evaporação, somada a má distribuição da água, além das irregularidades e concentrações pluviométricas durante o ano, há uma perda hídrica anualmente considerável nos reservatórios de armazenamento. Segundo Brito et al. (2007), o índice de evaporação varia em torno de aproximadamente 2000 mm anuais, um volume muito maior do que as precipitações médias anuais, que são inferiores a 800 mm. Para a Articulação Semiárido Brasileiro (2018) “esse desafio tem sido enfrentado pelas famílias do semiárido brasileiro através do armazenamento de água pluvial em tecnologias sociais diversas”.

É por esse motivo que as construções de reservatórios são cada vez mais frequentes na região semiárida, estima-se que há um total de 70.000 açudes/ reservatórios abertos que visam aumentar a disponibilidade da água e a sua utilização em época de escassez (SUASSUNA, 2018). Portanto não basta apenas pensar na captação da água pluvial como sendo a principal resposta para os problemas no semiárido brasileiro, visto que os fatores como a alta evaporação, influenciam negativamente na condição hídrica da região. Burston (2002) destaca que o armazenamento de um corpo d’ água de tamanho considerável e a céu aberto, como represas, reservatórios e lagos, estão expostos a uma perda evaporativa significativa no corpo hídrico.

Para Pochop et al. (2007) as taxas de evaporação dependem, em sua maioria, das características do corpo hídrico. A evaporação de pequenas lagoas superficiais geralmente é considerada bastante diferente da dos grandes reservatórios principalmente devido a diferenças nas taxas de aquecimento e resfriamento dos corpos d’água devido às diferenças de tamanho e profundidade. Além disso, em regiões semiáridas, o ar quente e seco que se desloca de uma superfície terrestre sobre um corpo hídrico resultará em maiores taxas de evaporação para corpos hídricos menores.

De acordo com Karpiscak et al. (1984, p. 113) existem quatro abordagens para a supressão da evaporação:

- 1) reduzir a área da superfície hídrica, 2) reduzir a velocidade do vento diretamente sobre o reservatório, 3) diminuir a entrada de energia solar que penetra na superfície da água, ou 4) cobrir o reservatório com alguma barreira impermeável.

“Merece ser destacado o fato das tecnologias de convivência ter como princípio a diminuição da exposição da água aos raios solares, o que leva a diminuição das perdas por evaporação” (DIAS ET AL., 2013, p. 198). Verifica-se então, a necessidade e a importância de

conhecer mecanismos alternativos para a minimização e controle da evaporação em reservatórios abertos, além de analisar a sua viabilidade para as famílias do semiárido brasileiro.

2.6 Mecanismos alternativos utilizados para redução da evaporação

De acordo com Frenkiel (1965), os trabalhos para o controle das perdas hídricas por evaporação começaram no ano de 1960, dos quais envolviam proteger a superfície da água contra esse fenômeno, e desde então, diversos investigadores têm desenvolvido pesquisas com o intuito de encontrar métodos alternativos que possam controlar a evaporação. Para Benzaghta e Mohamaa (2009, p. 5, tradução nossa) “o uso das técnicas de redução da evaporação tem o potencial de proporcionar maior segurança de abastecimento”.

Para pequenos armazenamentos, os mecanismos flutuantes podem ser úteis e eficazes. Porém, para grandes corpos hídricos, o custo para cobertura da superfície com flutuadores é inviável. Além disso, no caso de reservatórios com transbordamentos, existe também o perigo da perda dos flutuadores pelo vertedouro ou através de canais. As coberturas flutuantes são, portanto, de utilidade limitada em corpos hídricos maiores, visto que não se pode ser empregado em qualquer reservatório aberto (GOVERNO DA ÍNDIA, 2006).

Cluff (1987) apontou uma técnica promissora e de custo baixo para o controle da evaporação, descoberta na Universidade do Arizona, o uso de esferas flutuantes que podem ser feitas de plástico, vidro ou cerâmica. De acordo com ele, as esferas de cerâmica achatadas podem ser impregnadas com cera para evitar a infiltração da água, visto que, a cera entra no espaço dos poros da cerâmica, fazendo com que a torne mais eficaz e duradoura. Geralmente, essas esferas cobrem cerca de 85% da superfície da água e reduzem a evaporação em 70%. Alguns testes iniciais mostraram que as esferas de cerâmica parecem ser rígidas o suficiente para flutuar na superfície da água, e se testes com números suficientes de esferas forem aplicados na superfície de qualquer reservatório para reduzir a ação das ondas contra a costa, estas poderiam ser usadas em reservatórios maiores.

“Na literatura especializada, diversas técnicas são citadas para diminuir a evaporação, tais como: quebra-ventos; corpos artificiais flutuantes à superfície; filmes monomoleculares de álcoois gordurosos; coberturas por plantas aquáticas e armazenamento subterrâneo” (SILANS, 2003, p. 102).

Buscar a minimização e a redução da evaporação em açudes e reservatórios abertos tem sido bastante atrativo, principalmente para regiões com características áridas. Porém, muitas

técnicas são de difíceis execução ou economicamente inviável para as comunidades rurais do semiárido brasileiro.

Para Silans (2003) e Alvarez et al. (2006) a aplicação de filmes monomoleculares à superfície da água, Figura 10, como por exemplo o hexadecanol (álcool cetílico, $C_{16}H_{34}O$), torna-se inviável para as comunidades rurais, devido sua complexidade e alto custo. Para Santos (2012, p. 23) “[...] esses materiais possuem altos custos de investimentos e são sensíveis ao vento”.



Figura 10: Nesta figura observa-se uma região mais "lisa" na superfície da água de um lago. É nela que o filme monomolecular está espalhado.

Fonte: Modificado de Gugliotti (2018).

Outro método importante, além de recente, a ser citado são as bolas de sombra (Figura 11). Essa técnica ficou conhecida por esse nome devido o material ser pequenas esferas constituídas de polietileno de alta densidade (PEAD) que são despejadas em lagos com o intuito de reduzir a excessiva evaporação durante períodos de seca impedindo a passagem de raios solares. Malandrino et al. (2015, p. 1) acrescenta que “[...] além da redução da evaporação as bolas também interferem na vida aquática nos reservatórios já que reduzem o crescimento de algas o que resulta em maior qualidade da água”. Para Müller et al. (2016, p. 1) “as bolas de sombras são uma solução economicamente viável e sustentável de proteger os reservatórios a céu aberto”. Porém, é necessário analisar a viabilidade desta tecnologia no semiárido brasileiro, visto que de acordo com Malandrino et al. (2015, p. 6), “em cada região do mundo os diversos custos que compõem o preço final da bola como o material utilizado, a linha de produção, a cadeia logística, são diferentes, o que resultaria em diferentes preços finais aos consumidores”.



Figura 11: Bolas de sombra no reservatório de Los Angeles.

Fonte: Malandrino et al. (2015)

Os quebra-ventos, Figura 12, são barreiras naturais ou construídas por uma faixa de vegetação nas margens do corpo d'água, com o intuito de reduzir a evaporação a partir da redução de ventos e de radiação solar direta no local, como mostra a Figura 13. De acordo com Governo da Índia (2006, p. 28), esses quebra-ventos servem para “influenciar na temperatura, umidade atmosférica, umidade do solo, evaporação e transpiração⁴ da área protegida”.



Figura 12: Fileiras de árvores representando quebra-ventos.

Fonte: Okuno (2014)

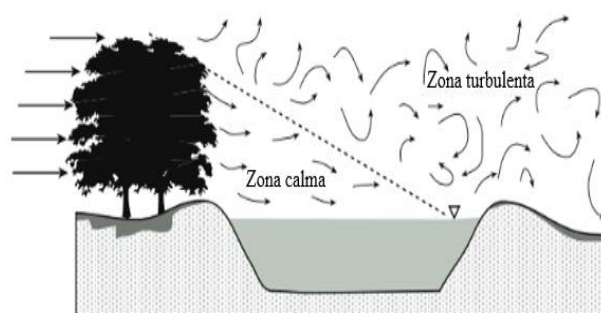


Figura 13: Comportamento dos ventos com a barreira vegetal.

Fonte: Modificado de Silva (2012)

Para Benzaghta e Mohamaa (2009) esse tipo de método tem eficiências de evaporação variáveis e podem ser combinadas com qualquer um dos outros métodos alternativos para maximizar o controle de evaporação, visto que estes são de fáceis construções e adaptações. Porém para Silans (2003) esta solução merece maiores investigações, visto que há muito poucas referências a respeito de estudos dessa natureza.

⁴ Transpiração é o processo de eliminação de água das plantas sob a forma de vapor, o qual é liberado para a atmosfera. (Portal São Francisco, 2018)

2.6.1 Isopor

De acordo com Monteiro et al. (2011), poliestireno expandido (EPS), ou popularmente conhecido no Brasil como isopor, é uma espuma formada a partir de derivados de petróleo, composto basicamente de 2% de poliestireno (carbono e hidrogênio) e 98% de vazios contendo ar. Em função da tecnologia disponível, baixo custo, da facilidade de se trabalhar com o produto e da demanda, variadas formas e aplicações se desenvolveram a partir dele.

Ambiente Brasil (2018) listou as principais características físico-químicas do isopor, dentre elas, se destacam como sendo um material de baixa condutibilidade térmica, estabilidade térmica e baixa absorção de água e umidade. Porém ele se degrada ou deteriora na presença de solventes (sendo o processo acelerado com temperaturas elevadas); água do mar, soluções de sais; materiais de construção correntes (cal, cimento, gesso); soluções alcalinas; soluções ácidas fracas; ácido clorídrico 35%; ácido nítrico 50% e álcool.

Estudos mais antigos, realizados por Cluff (1980), retrataram a eficácia do uso do poliestireno expandido. Foram realizadas pesquisas intensas na Universidade do Arizona, onde pode-se estudar a viabilidade do poliestireno expandido esmagado, do qual possuía 50% de eficiência, até então. Após aproximadamente um mês, o material ficou encharcado pela água devido a ação de ventos fortes, fazendo com que a eficiência caísse para menos de 10%, tornando esse tipo de abordagem impraticável.

Afim de evitar a absorção de água pelo poliestireno expandido, foi realizada uma nova pesquisa por Cluff (1980), utilizando espuma (poliestireno expandido) impregnada de parafina, com um ponto de fusão de 140 F (60 °C). Em seus testes no laboratório da Universidade do Arizona, percebeu-se que o material impregnado de parafina funcionaram muito bem até altas temperaturas, 100 F (equivalente à 37,8 °C). Porém são encontrados sob condições “empoeiradas”, visto que o calor faz com que a superfície da parafina fique pegajosa, aderindo assim, com mais facilidade, partículas de poeira. O mesmo autor relata que a mistura realizada no poliestireno expandido, pode ser o melhor método para proteger a superfície hídrica a baixo custo até então, mas seria necessário realizar mais testes antes de experimentar o material em grande escala.

Os primeiros testes de campo da espuma impregnada com parafina foram muito bem-sucedidos. Nenhuma água foi absorvida pelo poliestireno expandido. O tratamento sobreviveu aos dois primeiros verões e invernos sem problemas. No terceiro verão (1978), dias quentes de vento causaram depósito de poeira escura no material flutuante. Esta poeira elevou a temperatura no material, fazendo com que derretesse mais parafina e juntasse mais poeira,

causando assim, intempéries aceleradas (Cluff, 1980, p. 19), como retrata na Figura 14. Para o autor, este método, poliestireno expandido impregnado da parafina seria as respostas que ele estava procurando, porém, devido essas circunstâncias, fez ele concluir na época, que não haveria nenhum método flutuante de controle da evaporação que seja superior aos demais já descobertos.

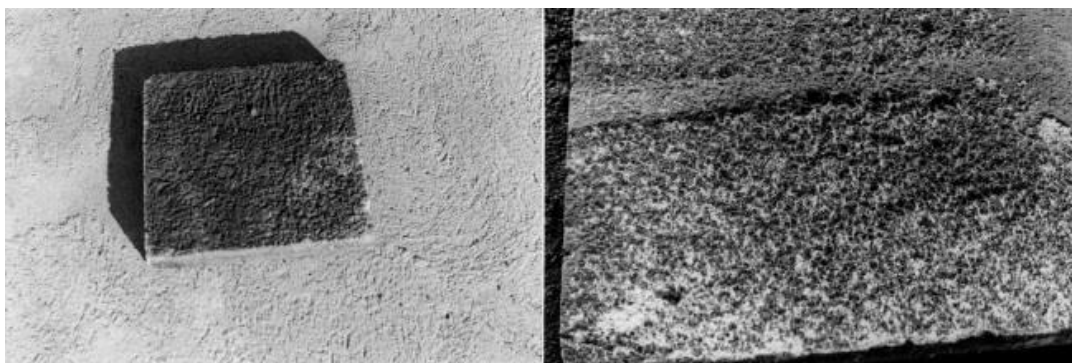


Figura 14: Cera de parafina impregnada ao poliestireno expandido após a temperatura de 100 F e mais alguns dias sob condições de poeira, à direta, uma aproximação da deterioração do material.

Fonte: Modificado de Cluff (1980)

Um pouco depois de uma década, Porto et al. (1986) em seus estudos, percebeu também que somente o isopor sem nenhum material adicionado para auxiliar na diminuição de sua porosidade, apresenta uma baixa eficiência. Por este motivo, o autor utiliza um total de 148 discos de isopor, com área circular de 60,8 cm², mergulhado em uma mistura de cera carnaúba e parafina derretida para reduzir a porosidade do material. Em seus experimentos no estado de Pernambuco, utilizou um tanque de classe “A”, constatou uma redução de 69% nas perdas d’água, onde 78,6% da superfície do tanque foi coberta. O experimento teve duração entre março de 1983 e fevereiro de 1984, com uma leitura no tanque feita diariamente, e constou uma evaporação medida neste período de 1194 mm. Em sua pesquisa, estão presentes outros experimentos com diversos materiais flutuantes distintos, porém o autor destacou o tratamento com os discos de isopor impregnados com a mistura de cera de carnaúba e parafina derretida, como sendo a melhor alternativa para a redução da evaporação. Esse resultado é explicado devido a coloração branca do material, tendo então, um alto poder de reflexão da radiação solar incidente no corpo d’água. Ainda em suas considerações, os autores acrescentam que no primeiro mês de tratamento, a mistura de cera de carnaúba mais parafina começou a desagregar-se, o que aumentou a porosidade e o material adquiriu uma coloração escura, porém advertiu-se que essas alterações não afetaram significativamente os resultados finais.

Segundo Porto et al. (1986, p. 5), “do ponto de vista econômico, a aplicação da cobertura em grandes superfícies livres de água torna-se por demais onerosa”. Além disso, no tratamento com os discos de isopor foram observados problemas técnicos na sua utilização, já que com o passar do tempo a mistura de cera de carnaúba mais parafina impregnada desgastou-se, tornando o material mais vulnerável à ação do vento, devido a sua cobertura leve. Por mais que seja um material vantajoso, eficiente no controle da evaporação e baixo custo econômico, apresentou desvantagem por sofrer ação do tempo, desgastando a mistura do disco e o tornando menos eficiente ao longo do período.

Em 13 de janeiro 1994 a 2 de maio de 1994, Kobayashi (1996) realizou experimentos com medidas que poderiam ser viáveis para a conservação da água em um lago localizado no Norte da Tailândia, para a escassez hídrica nas irrigações durante os períodos de estiagem. Por este motivo, foi determinado métodos simples e econômicos que poderiam ser aplicados pelos agricultores do local. Um dos métodos escolhidos foi o poliestireno expandido, cobrindo 65% da superfície da água de um tanque redondo com diâmetro de 46,5 polegadas e profundidade de 10 polegadas (equivalente a 1,18 m e 25,4 cm, respectivamente). Percebeu-se que após os experimentos e os resultados obtidos, após uma coleta da média de 6 dados durante todo o período, que caso utilizasse o material na lagoa, haveria uma redução da evaporação duas vezes mais se não houvesse nenhum material no local. O autor percebeu que o poliestireno expandido retardou o aumento da temperatura ocasionada pela radiação solar em comparação com as condições naturais do tanque de referência, devendo-se ao fato da alta propriedade de isolamento térmico. Neste caso, o autor não especificou os resultados quantitativos referentes a evaporação no local do experimento, foi avaliado em tal circunstância, o fator da temperatura no reservatório hídrico.

Frischkorn e Rocha Neto (2001) destacam as placas refletoras de isopor como sendo um método de redução de evaporação, visto que o material cobre uma parte da superfície hídrica e reduzem, pela alta refletividade, a incidência da radiação solar sobre o corpo d'água. O mesmo autor, em seus experimentos com o material, utilizou um tanque de classe “A”⁵ para a medição da evaporação, constatou um valor significativo de 39% a 54% de redução média da evaporação em um intervalo de 12 meses, com uma leitura no tanque feita no intervalo de 2 dias, entre outubro de 1998 e junho de 1999 no estado de Ceará. Porém no sexto mês verificou-se um escurecimento e decomposição das placas de isopor, contribuindo em um decréscimo na

⁵ O tanque classe “A” é utilizado na medição direta da evaporação, podendo ser construído com tanque em chapa de aço inoxidável ou galvanizado. As medidas de diâmetro e altura respeitam aos padrões internacionais: diâmetro interno de 1,21 m e altura interna de 25,4 cm (STONE; SILVA, 2004)

eficiência do material e, portanto, na redução da evaporação de 47% para 24% neste mês. Nos meses seguintes, a partir de julho de 1999 até outubro de 1999, constatou uma redução média da evaporação com apenas 34%. Em suas considerações finais, os autores mostram que as placas de isopor obtiveram resultados eficientes no controle da evaporação, pois além de cobrir uma parte da superfície do corpo hídrico, a sua refletividade evita a absorção da radiação solar, reduzindo, portanto, a temperatura no reservatório. Além disso, destaca que o isopor comercial não é adequado devido à baixa resistência mecânica, isso se dá ao fato do contato e exposição contínua do material na água.

Em uma pesquisa teórica realizada por Darwish et al. (2011) propôs avaliar a quantidade de água que poderia ser salva se prevenisse o processo de evaporação natural com o uso de uma cobertura parcial no lago Nasser localizado no sul do Egito. Em seu experimento, realizado em 3 pequenos reservatórios cônicos de plástico, com diâmetro superior de 25 cm, diâmetro inferior de 15 cm e profundidade de 12 cm; foi utilizado somente pedaços de folhas de isopor com densidade de 100 kg/m^3 e dimensões de comprimento e altura de 20 mm cada, e espessura de 2 mm (Figura 15). Cada reservatório foi preenchido com 4 kg de água. Os dois primeiros reservatórios foram preenchidos parcialmente com a cobertura flutuante de isopor, sendo que o primeiro, coberto com 50% do material e o segundo com 25%, como mostra no quadro 2. Já o terceiro reservatório, foi escolhido para ser a referência da evaporação. Durante o teste, a temperatura variou de 32°C a 42°C , com um média de 36°C .



Figura 15: Reservatórios do experimento após três dias.

Fonte: Darwish et al. (2011).

Após 21 dias, o reservatório de referência, Número 3, secou totalmente, enquanto o reservatório de Número 2 levou 37 dias para se esvaziar, e o de Número 1, levou 51 dias para

ter sua água evaporada totalmente. No quadro 2, são expostos os resultados da quantidade de água economizada para cada reservatório.

Reservatório	Área referente a cobertura (cm ²)	Superfície hídrica coberta (%)	Quantidade de água economizada (%)
Número 1	245,5	50	39
Número 2	122,75	25	25

Quadro 02: Dados referentes aos testes nos reservatórios realizados por Darwish et al. (2011).

Fonte: Autoria própria.

De acordo com os autores, essa experiência foi capaz de fornecer um embasamento de como se deve proteger um reservatório real de uma evaporação excessiva, ampliando, portanto, o tamanho experimental em 50 vezes para o uso real, ficando assim com dimensões de 1000 mm de comprimento, 1000 mm de altura e 100 mm de espessura. Estima-se então, que no lago Nasser, com uma média de 10 km³ de evaporação anual, for revestido 50% da superfície hídrica com os pedaços de isopor nas dimensões reais propostas, haverá um total de 39% de redução da evaporação anual total. E se a superfície desse lago for revestida com 25% da cobertura, haverá uma redução de 25% na evaporação anual total do lago. Porém, é necessário que ocorra pesquisas em reservatórios reais para que possa comparar os resultados com os do laboratório.

Em uma outra pesquisa realizada na Paraíba por Marinho et al. (2015), objetivou-se avaliar a eficiência do uso de poliestireno expandido reciclado (EPS) no processo de redução da evaporação de um pequeno açude povoado com uma densa vegetação de *Pistia Stratiotes* (Alface D'água) na região paraibana, como mostra na Figura 16, com 512 mil litros (área da superfície hídrica com 512 m² e profundidade média de 1 m) no período de abril de 2014. Foi instalado também, para fins de comparação nos resultados, dois tanques, cada um com 150 litros de água (0,87 m de diâmetro e 0,88 m de altura), onde tinha um tanque livre (T₁) para servir de referência e um tanque coberto por placa de EPS reciclado (T₃) cobrindo 30% da superfície da água (Figura 17). Foi levado em consideração, durante os experimentos no açude, os índices de precipitação pluviométrica, consumo de água dos animais no açude (consumo total de 350 L dia⁻¹), e os quantitativos de água conservada em decorrência do uso do poliestireno expandido.



Figura 16: Redutor de evaporação sobre o açude.

Fonte: Marinho et al. (2015).



Figura 17: Tanque de referência (T_1), e à direita tanque com cobertura de EPS (T_3).

Fonte: Marinho et al. (2015)

Na comparação obtida nos tanques de 150 litros de água, no período entre abril a julho de 2014, observou-se um índice médio de evaporação do tanque livre (T_1) de $7,61 \text{ mm dia}^{-1}$, e no tanque coberto por placa de EPS reciclado (T_3) cobrindo 30% da superfície da água foi de $5,16 \text{ mm dia}^{-1}$. Provou-se uma redução de 33% da evaporação no tanque coberto pelo poliestireno expandido, em relação ao tanque de referência. Esse resultado foi decorrente da redução na temperatura que as placas de EPS provocaram, reduzindo, portanto, a evaporação.

Verificou-se que durante a experimentação principal, houve uma redução de 34 cm da altura do açude durante os 100 dias. Portanto, levando em consideração de que o volume inicial do açude era de 512 mil litros, somados com 25 mil litros da contribuição estimada da precipitação pluviométrica no local durante o período, estimou-se então, uma perda total de

água de aproximadamente 199 mil litros. Além disso, houve perdas em decorrência do consumo animal, estimado no valor de 35 mil litros, e perdas por evaporação que foram aproximadamente 164 mil litros. Resultando então, no local, uma perda total da água no açude de 199 mil litros no período do experimento. Estimou-se que, as perdas (apenas por evaporação hídrica) seriam de 316 mil litros se não houvesse o redutor de evaporação (Gráfico 01). Portanto, pode-se dizer que com a utilização da cobertura com placas de EPS foi conservado no açude um volume de água de 117 mil litros durante o período de 100 dias.

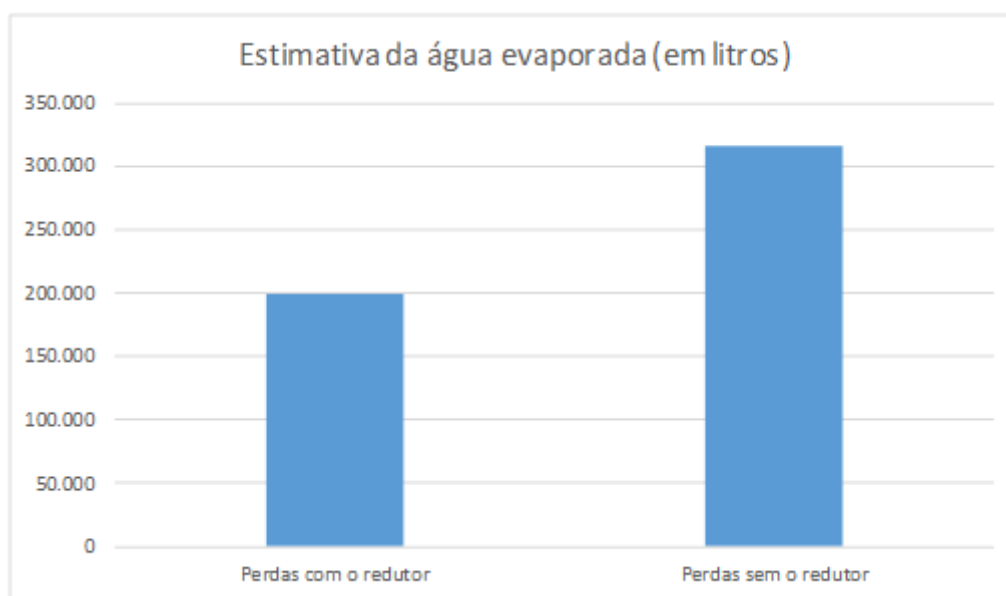


Gráfico 01: Perdas hídricas estimadas no açude (com e sem redutor de evaporação).

Fonte: Modificado de Marinho et al. (2015)

Em suas considerações, Marinho et al. (2015), percebeu-se a relevância de estudos para minimizar as perdas de água, visto que, o experimento foi realizado no período de precipitação pluviométrica, e mesmo assim, houve uma redução significativa por evaporação. Portanto, a utilização das placas de poliestireno expandido pode contribuir para minimizar os efeitos da evaporação sobre pequenos reservatórios de água, e aumentar de forma significativa a disponibilidade hídrica para suprir a demanda de água onde as precipitações são escassas.

2.6.2 Macrófitas aquáticas

De acordo com o Programa de Biodiversidade, plantas aquáticas, também conhecidas como macrófitas aquáticas (macro = grande, fita = planta), ou ainda hidrófitas, são aquelas que vivem em água ou em solo que esteja permanentemente saturado com água, comumente

encontradas em lagos, margens de rios, pântanos e manguezais. Algumas espécies dessas plantas aquáticas vivem totalmente submersas na água, enquanto outras mantêm apenas suas raízes e caules embaixo da água. Existem diferentes tipos de plantas macrófitas das quais são classificadas em cinco grupos ecológicos com relação a sua posição em diferentes profundidades no corpo hídrico e seu biótipo, são elas (Figura 18):

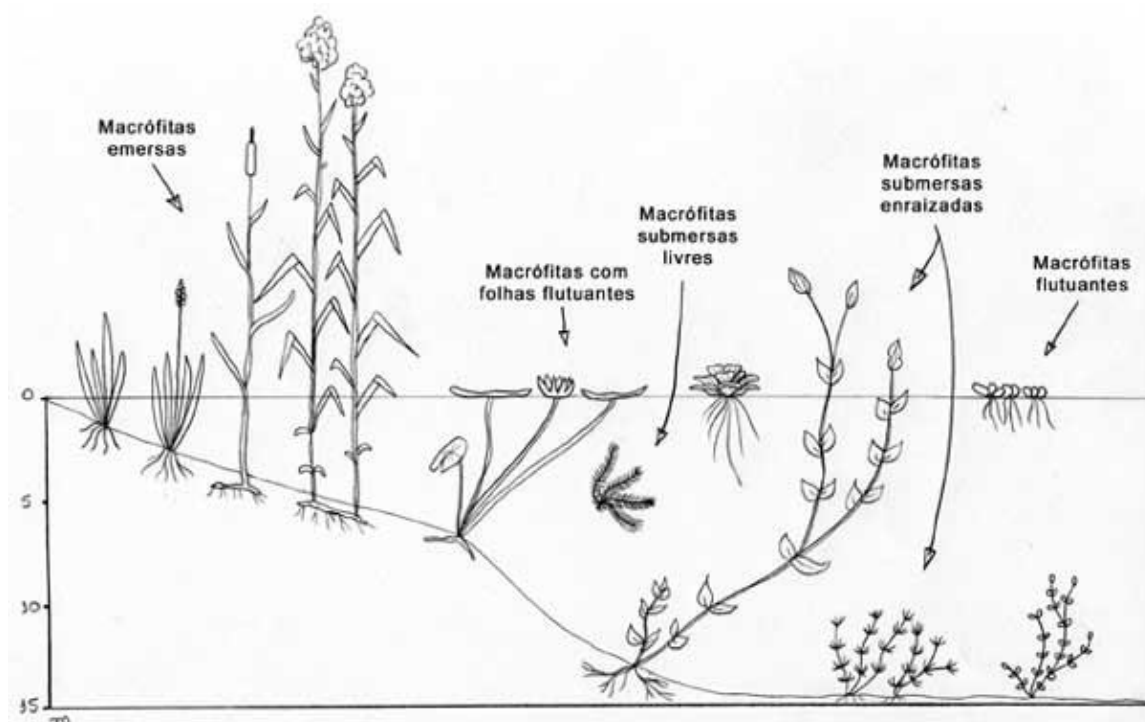


Figura 18: Esquema representativo dos tipos de plantas aquáticas.

Fonte: Modificado de Programa de Biodiversidade (2018).

Segundo Arbo e Gonzalez (2018), as plantas emergentes, também chamadas de plantas de anfíbios ou pântanos, são típicas de zonas húmidas, comumente encontradas em regiões de pântano, como é o exemplo da planta Taboa (*Typha domingensis*). As plantas aquáticas enraizadas com folhas flutuantes são frequentes em águas estagnadas ou em correntes de águas lentas, como é o exemplo da Vitória-régia (*Victoria amazonica*). As plantas submersas enraizadas ou profundas são frequentes em corpos hídricos de água corrente, e seu aparelho vegetativo fica totalmente submerso em água. As plantas aquáticas submersas livres e as flutuantes possuem o aparelho vegetativo bem desenvolvido, com folhas modificadas para flutuar na água e raízes que servem principalmente para garantir o equilíbrio da planta.

As plantas aquáticas flutuantes e a vegetação crescem normalmente em margens de corpos hídricos e oferecem uma possibilidade no controle da evaporação de reservatórios,

formando uma barreira física da qual impende parcialmente à interação da água com a corrente de ar, a redução significativa da energia solar incidente no local e a área superficial descoberta do reservatório. Porém, nem todas as plantas aquáticas atuam de forma a reduzir o efeito da evaporação, visto que, algumas espécies de plantas possuem folhas suspensas em relação à superfície d'água. Devido essa característica, ocorre um aumento na área da superfície de transpiração, e por não compensar a água que é transpirada, resulta então, em uma elevada taxa de evaporação.

Rao (1988) em seu experimento no campus central em Kottamparamba, localizado na Índia, onde há predominantemente um clima tropical úmido com um período seco contínuo de novembro a maio, e temperaturas que variam de 20,5% a 32,5%. As taxas de evapotranspiração das plantas *Eichhornea Crassipes*, *Salvinia molesta* e *Nymphaea lotus* foram constatadas diariamente durante o período de seca. Em seus resultados, o autor conclui que as taxas de evapotranspiração da *Eichhornea Crassipes* foram 30% a 51% maior do que a evaporação no corpo hídrico aberto, o que aumentou as perdas hídricas em 750 mm ano⁻¹. Para a *Nymphaea lotus*, constatou-se uma redução de até 18% da evaporação, evidenciando a retardamento das perdas da evaporação durante os períodos de estiagem, economizando um valor de 145 mm ano⁻¹ das perdas hídricas. Na tabela 1 são mostradas uma média das perdas hídricas em cada planta aquática, pode-se constatar que as perdas diurnas foram significativamente maiores do que as perdas noturnas.

	<i>Eichhornea crassipes</i>	<i>Salvinia molesta</i>	<i>Nymphaea lotus</i>	Superfície aberta
Dia	7,6	4,6	3,3	4,2
Noite	2,9	1,6	2,1	1,8
Relação do dia para a noite	2,62	2,88	1,57	2,33

Tabela 1: Taxas médias das perdas hídricas durante o dia e a noite

Fonte: Traduzido de Rao (1988)

Em seus estudos, Silans (2003) realiza um resumo de plantas flutuantes à superfície e de seus resultados apresentados em sua literatura a respeito da eficiência para o controle da evaporação. Ele destaca a *Eichhornea crassipes* como sendo uma planta que aumenta a temperatura, as *Nymphaeas* como sendo uma boa planta para a diminuição da evaporação em pequenos reservatórios, mas que possivelmente pode ser utilizada em reservatórios maiores também, a *Pistia stratiotes* como sendo uma planta que tem variações de aumento e diminuição

da evaporação, porém não é quantificado valores. Além disso, o autor acredita que a *Lemna minor* também tenha um efeito favorável para a diminuição da evaporação.

2.6.2.1 *Eichhornea crassipes* (Mart.) Solms

De acordo com Marchante et al. (2008), *Eichhornea crassipes* (Mart.) Solms, seu nome científico, é uma espécie de planta aquática flutuante da família Pontederiaceae, presente em corpos hídricos doces de baixo fluxo de regiões subtropicais e tropicais quentes do Brasil, também conhecida popularmente por aguapé e jacinto-de-água, como retrata na Figura 19. Além disso, ela possui a capacidade de suportar flutuações drásticas no nível de água, acidez e níveis baixos de nutrientes. O seu crescimento reduz a qualidade da água, a biodiversidade, a luz disponível e o fluxo de água, e ainda aumenta significativamente a eutrofização no local.



Figura 19: *Eichhornea crassipes*.

Fonte: Modificado de Biorede (2018).

Em um experimento realizado por Castro (2008) na cidade de Ilha Solteira no Estado de São Paulo realizado entre os dias 01 à 11 de maio de 2007, com o clima caracterizado como tropical chuvoso de bosque, com chuvas de verão e estiagem de inverno, com temperatura média de 28 °C, optou-se por utilizar duas caixas de plástico polietileno de alta resistência com capacidade de 250 litros (0,54 m de altura e 3,07 m de circunferência da extremidade superior), ambas preenchidas com o volume inicial de 140 litros de água para o experimento. Sendo que uma das caixas foi preenchida com apenas água para referência dos resultados, e a outra caixa teve sua superfície coberta por 100% da planta *E. crassipes* (Figura 20).



Figura 20: Imagem inicial do experimento, mostrando as caixas com e sem plantas.

Fonte: Castro (2008).

Um dia antes da introdução da população de plantas na caixa, houve uma adição de 30 gramas de adubo químico formulado (4% de N, 30% de P e 10% de KCl) para estimular o crescimento vegetativo das plantas *E. crassipes*.

No fim do experimento, o valor diminuiu, resultou em uma evaporação de 23,7 mm de coluna de água no reservatório sem as plantas. Já com a caixa que estava coberta com as plantas flutuantes, houve uma perda de 100,8 mm de coluna de água entre o início e o final da coleta dos dados. Com isso, demonstrou-se que as perdas nessa caixa foram acentuadas em relação ao que se encontrou no tratamento livre de macrófitas aquáticas, onde por meio de sua transpiração, aumentou a perda de água em pelo menos 4,5 vezes em relação as perdas de água no tratamento sem a presença das plantas.

[...] Pouco se tem observado em estudos no Brasil sobre a relação entre as macrófitas aquáticas e seu consumo ou necessidade de consumo de água propriamente dito, porém, alguns estudos relatam que plantas de *E. Crassipes* atuam como exportadoras de água para o ambiente. (CASTRO, 2008, p. 16)

2.6.2.2 *Nymphaea alba* Linnaeus

Nymphaea alba L. é uma espécie de planta aquática flutuante da família Nymphaeaceae, presente em corpos hídricos doces de baixo fluxo de regiões subtropicais e tropicais. Também conhecida popularmente por ninfeia branca, golfão-branco, lírio branco e lírio d'água, como mostra as Figuras 21 e 22).



Figura 21: Ninfeia branca.

Fonte: Biorede (2018).



Figura 22: Ninfeia branca nas margens de um rio.

Fonte: Biorede (2018).

De acordo com Soares et al. (2016), essa planta “[...] pode ser utilizada como planta aquática no tratamento de esgoto doméstico com eficiência”, visto que suas raízes absorvem as matérias orgânicas dissolvidas na água poluída”. Além disso, segundo a Biorede (2018), a ninfeia branca possui propriedades medicinais, como o uso para tratamento de queimaduras e úlceras, e são aproveitáveis para fins terapêuticos.

Em seus experimentos, realizados no estado Ceará, Frischkorn e Rocha Neto (2001) estudaram a possibilidade do uso da planta aquática *Nymphaea alba* como medida de controle da evaporação, comparando a lâmina evaporada do tanque coberto pela planta *Nymphaea alba* e um tanque de referência sem nenhum tipo de material para reduzir o efeito da evaporação. Foram utilizados inicialmente, tanques de classe “A”. Porém, com a exposição ao sol, devido à baixa profundidade do tanque, gerou aquecimento excessivo, com temperatura de até 38,4° C, o que comprometeu, portanto, o crescimento da planta. Por esta razão, foi necessário trocar o tanque do experimento, e optou-se pelo tanque de amianto impermeabilidade com 50 cm de profundidade. O período do experimento durou entre janeiro de 1999 e outubro de 1999. Os autores, constaram até o mês de junho, uma redução da evaporação de 14% em média, levando em consideração que a superfície da água tinha sido coberta por 21% da planta. No intervalo de julho e outubro, a redução da evaporação passou a ser 4%, essa queda de porcentagem foi explicada por uma deterioração das folhagens da planta, das quais, algumas apresentavam estado de decomposição. Nas considerações, revelou-se que a planta da família Nymphaeaceae reduz significativamente a evaporação de tanques. Porém, o crescimento dessas plantas foi prejudicado durante o experimento com o tanque de baixa profundidade, sendo ideal uma profundidade de pelo menos 1 m para que ocorra o desenvolvimento da planta.

2.6.2.3 *Pistia stratiotes* Linnaeus

A espécie *Pistia stratiotes*, popularmente conhecida como alface d'água, erva de santa Luzia, lentilha d'água, flor-d'água, golfo, entre outras denominações que variam para cada região do Brasil, é uma planta aquática flutuante, devido às folhas esponjosas e aerênquimas (Figura 23 e 24). De acordo com Lorenzi (1982), a origem da macrófita *P. stratiotes* é desconhecida, sendo atribuída à América do Sul ou África, e frequentemente encontrada em regiões tropicais. Além disso, a planta é amplamente utilizada em paisagismo de ambientes aquáticos como aquários e lagos.

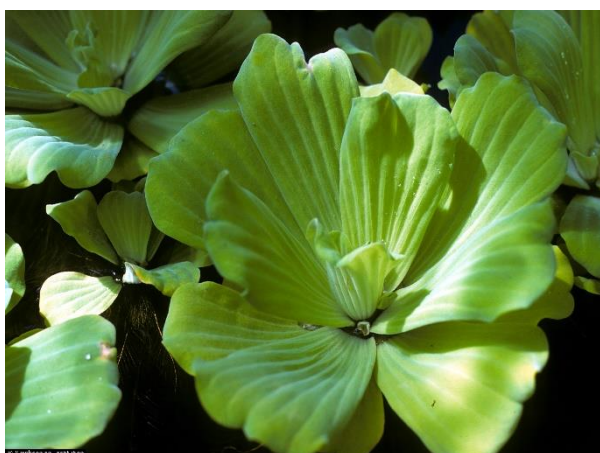


Figura 23: *Pistia stratiotes*.

Fonte: United States Department of Agriculture (2018).



Figura 24: *Pistia stratiotes* nas margens de um corpo hídrico.

Fonte: Tudo sobre Plantas (2018).

Em um experimento realizado por Marinho et al. (2015), foram observadas as perdas hídricas de um pequeno açude povoado com uma densa vegetação de *P. stratiotes* (Alface D'água) na região paraibana, realizado no mesmo período e condições do experimento para simulação da evaporação usando o poliestireno expandido reciclado (EPS), mostrado anteriormente no item 2.6.1. Para comparar as condições reais do açude, foram instalados dois tanques, (T_1) como sendo o tanque de referência e (T_2) como sendo o tanque povoado pela *P. stratiotes*, como mostra as Figuras 25. Na comparação obtida nos tanques de 150 litros de água, no período entre abril a julho de 2014, observou-se um índice médio de evaporação do tanque livre (T_1) de $7,61 \text{ mm dia}^{-1}$, e no tanque povoado com a macrófitas aquática foi de $11,10 \text{ mm dia}^{-1}$. Provou-se um aumento de 32% da evaporação no tanque coberto pela planta *P. stratiotes*, em relação ao tanque de referência. Portanto, pode-se dizer que a utilização da cobertura com a alface d'água contribui de forma significativa para o aumento das perdas hídricas por

evapotranspiração, devendo então ser retiradas do corpo hídrico e aproveitá-la como adubo natural.



Figura 25: Tanque de referência (T₁), e à direita tanque povoado com a planta *Pistia stratiotes* (T₂).

Fonte: Marinho et al. (2015)

2.6.2.4 *Typha latifolia* Linnaeus

Typha latifolia L. (Figura 26) é uma espécie de macrófita aquática pertencente à família Typhaceae, popularmente conhecida por tabôa, tábua de folha larga, entre outras denominações que variam para cada região do mundo. De acordo com CABI (2018), a *T. latifolia* é uma planta cosmopolita, presente em áreas úmidas de áreas subtropicais, comumente encontradas em pântanos submersos e margens de reservatórios. Sua matéria prima é frequentemente utilizada na produção de artesanato, decoração em tanques e jardins ornamentais, e na fitodepuração da água.



Figura 26: *Typha latifolia* nas margens de um corpo hídrico.

Fonte: SEINET (2018)

De acordo com CABI (2018 apud Holm et. al. 1997), “*T. latifolia* pode impactar populações de animais selvagens e pode alterar negativamente os ciclos de nutrientes”.

Um estudo de caso realizado na Nigéria, por Salako et al. (2016), verificou-se a perda hídrica pela evapotranspiração das plantas *Typha* spp.⁶ em zonas úmidas do Hadejia Nguru, em períodos intermediários (janeiro, março e junho) do ano de 2013. Foi realizada uma análise comparativa entre um pântano, habitat do qual a planta é comumente encontrada, e um reservatório com a superfície livre, a fim de determinar a taxa de perda hídrica em reservatórios. No entanto, entre o período experimental, os resultados comparativos não demonstraram ser significativos, a ponto de ser o motivo para a redução do nível das águas nas zonas úmidas, apesar de que alguns autores já constatarem valores quantitativos consideráveis de perda hídrica no Hadejia Nguru (Tabela 2).

Meses	Evapotranspiração média do pântano com <i>Typha</i> spp. (mm)	Evapotranspiração média do pântano sem <i>Typha</i> spp. (mm)
Janeiro	338	328
Março	480	499
Junho	361	246
Total	1179	1073

Tabela 2: Evapotranspiração média com e sem a presença da *Typha* spp. no pântano.

Fonte: Modificado de Salako et al. (2016)

⁶ A abreviatura “spp.” significa “várias espécies”. Faz referência a várias espécies do gênero indicado.

2.6.3 Importância das macrófitas aquáticas e seus impactos ambientais

Para Silans (2003, p. 107) “[...] a presença destas plantas invasoras num ambiente aquático pode trazer certos impactos ambientais negativos e positivos, dependendo na realidade do controle que o usuário do açude poderá efetuar sobre as mesmas”. De acordo com o autor, ocorre uma acumulação da grande quantidade de biomassa produzida pelas plantas aquáticas no fundo do lago, o que ocorre posteriormente a decomposição desse material e a demanda de oxigênio, originando subprodutos que causam sabor, odor e cor na água de abastecimento. Além disso, ocorre também, a liberação de nutrientes inorgânicos, o que poderá resultar no aceleração do processo de eutrofização do reservatório. Por outro lado, existem fatores positivos, como por exemplo a inibição da formação de algas no corpo hídrico, visto que a temperatura da água é mais baixa em área coberta pela vegetação e pelo seu sombreamento.

No Brasil, a maioria dos lagos são relativamente rasos, possibilitando a formação de extensas regiões litorâneas, áreas amplamente ocupadas por macrófitas. Essas regiões são consideradas as principais responsáveis pela produtividade biológica dos sistemas aquáticos e são extremamente vulneráveis aos impactos causados pelo homem, como a poluição e a turbidez da água ocasionada pelo material inorgânico proveniente da erosão dos solos e carregados pelas chuvas (PROGRAMA DE BIODIVERSIDADE, 2018).

De forma a corroborar a esse pensamento, Kissman (1997) retrata as plantas daninhas aquáticas flutuantes como sendo causadoras de diversos inconvenientes, como comunidades de plantas cobrindo extensas áreas da superfície hídrica, levando a uma série de problemas, como: redução da penetração de luz e da capacidade fotossintética dos vegetais imersos; elevação dos índices de evaporação da área infestada; dificuldade de navegação (Figura 27); danos aos equipamentos de irrigação; prejuízo do desempenho de usinas hidroelétricas (Figura 28); e, até mesmo, abrigo de animais indesejados e vetores de doenças.



Figura 27: Navegação prejudicada devido à proliferação das macrófitas aquáticas.

Fonte: Almeida (2018).



Figura 28: Acumulação de macrófitas aquáticas em hidrelétrica de Barra Bonita.

Fonte: Globo G1 (2018).

Por outro lado, as macrófitas aquáticas desempenham papéis importantes, como fornecedoras de habitats, abrigo e fonte de alimento para espécies locais; proporcionam sombreamento, evitando a alta intensidade da radiação solar sob o local; pode ser utilizada como fertilizante de solo, matéria prima para fabricação de remédios e artesanatos (Figura 29), além de ornamentação de aquários e jardins (Figura 30).



Figura 29: Artesanato com a utilização de plantas aquáticas.

Fonte: Guia Virtual – Praia Seca (2018).



Figura 30: Cultivação de macrófitas aquáticas em um lago artificial.

Fonte: Biboca Ambiental (2018).

Diante a problemática da evaporação de reservatórios abertos, de acordo com Silans (2003, p. 107), quando se trata de pequenos açudes:

[...] As plantas aquáticas parecem ser a solução viável. No entanto mecanismo de controle da sua decomposição e proliferação bem como controle biológico do seu desenvolvimento associando o seu ciclo de vida aos períodos de maior necessidade de redução da evaporação devem ser ainda bem estudados. Os aspectos positivos quanto ao aproveitamento econômico das plantas devem ser realçados.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à escassez hídrica em regiões semiáridas, se faz necessário avaliar alternativas que possam suprir a falta de água em períodos de estiagem. Compreendeu-se que uma das estratégias para o abastecimento de água mais utilizadas em comunidades rurais é o sistema de captação, coleta e armazenamento de água pluvial, uma tecnologia de baixo custo e de grande eficiência, porém, sendo fundamental o planejamento de sua construção, visto que há diversas variáveis que precisam ser levadas em considerações, como por exemplo, a área de captação da água pluvial, dimensionamento do reservatório, além de ser necessário saber para qual fim a água armazenada será utilizada, como bem a qualidade desta.

Devido a fatores como irregularidade e a má distribuição das precipitações pluviométricas, como também fonte de águas escassas, associadas à elevada energia solar incidente sobre os mananciais hídricos, contribuem para o aumento significativo das taxas de evaporação. Por esse motivo, os métodos alternativos surgem com o intuito de assegurar uma segurança hídrica em períodos de estiagem.

Diante dos métodos apresentados neste trabalho, os mecanismos redutores que indicam ser adequados como sendo uma possível alternativa para a redução da evaporação em reservatórios abertos no semiárido brasileiro, destacam-se os quebra-ventos, isopor e as macrófitas aquáticas. Teoricamente, os quebra-ventos se mostraram eficazes na redução da ação de ventos e da energia solar incidente sobre a superfície hídrica dos reservatórios, visto que esses são os maiores fatores que contribuem para as perdas hídricas. O isopor, na maioria dos experimentos apresentados, mostrou características de desvantagens: como a coloração escura e sua posterior deteriorização do material se for revestido com algum tipo de cera, e ainda a ineficácia em questão de sua durabilidade, visto que se encharca facilmente na água, e por fim, em questão de sua estrutura, por ser um material leve, é facilmente levado pela ação do vento. As macrófitas apresentadas neste trabalho, em sua maioria, mostrou-se resultados negativos quanto a redução da evaporação de reservatórios abertos. A única planta aquática que de fato mostrou vantagem quanto a redução da evaporação, aqui apresentada, foi as espécies da família *Nymphaea*, porém, como foi abordado nas informações literárias, é necessário cuidado ao se trabalhar com plantas aquáticas, pois estas ainda possuem desvantagens em causar impactos nos mananciais hídricos. Os demais mecanismos redutores também se tornaram adequados em reduzir a evaporação de reservatórios abertos, mas foram descartados para a região semiárida brasileira devido seus altos custos de aplicação.

Por mais que os mecanismos alternativos redutores da evaporação apresentados neste trabalho, apresentem suas desvantagens, pode-se afirmar diante vários autores que estes métodos são compensados pelas suas vantagens a respeito de seus custos, fácil acessibilidade e construção do material, além de sua possível adequação nos reservatórios de regiões com características áridas e semiáridas. Porém, é indispensável estudos e pesquisas mais avançadas neste tema, no que diz respeito aos impactos ambientais e viabilidade socioeconômica.

Neste trabalho viram-se os principais conceitos referentes a captação pluvial, diferentes tipos de sistemas de captação, coleta e armazenamento das águas pluviais mais utilizadas no semiárido brasileiro, e que, se associada a métodos alternativos para o controle da evaporação dos reservatórios de armazenamento, poderá ser uma solução para suprir a carência de água vivida no semiárido brasileiro. De modo geral, comprova-se a importância do assunto abordado neste trabalho, pois se trata de alternativas criativas para o armazenamento e conservação da água em reservatórios abertos nas regiões semiáridas. Por mais que algumas das informações referentes aos métodos alternativos para o controle da evaporação sejam de quantidade insatisfatória para a construção dessa revisão literária, pode-se afirmar um grande aprendizado diante o assunto, e de interesse para execução de pesquisas e projetos futuros.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, T. **Povos do semiárido resistem e mostram como é possível superar a pobreza.** Cáritas Brasileira, 2013. Disponível em: <<http://caritas.org.br/povos-do-semiarido-resistem-e-mostrar-como-e-possivel-superar-a-pobreza/23672>> Acesso em: 27 dez. 2017.

ALMEIDA, S. L. de. **Current situation of agrochemicals used in water environment in Brazil.** Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/current-situation-agrochemicals-used-water-brazil-almeida>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

ANDRADE NETO, C. O. de. A. **Segurança sanitária das águas de cisternas rurais.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. **Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva.** Juazeiro: ABCMAC, 2003. p. 1-8.

AMBIENTE BRASIL. **Isopor** – características. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor_-_caracteristicas.html>. Acesso em: 17 fev. 2018

AMBIENTE BRASIL. **Isopor** - o impacto no meio ambiente. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor_-_o_impacto_no_meio_ambiente.html>. Acesso em: 24 fev. 2018.

AMORIM NETO, M. da S. **Evaporação e evapotranspiração.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1980, 22 p.

AMORIM NETO, M. S.; PORTO, E. R.; SILVA, D. D. **Utilização de materiais flutuantes no controle da evaporação no trópico semiárido (TSA).** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 21, n. 1, p. 1-7, 1986.

ARBO, M.; GONZALEZ, A. M. **Hidrófitos e higrófitos.** Disponível em: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_4hidrofita.htm>. Acesso em: 02 abr. 2018.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **É no semiárido que a vida pulsa!** Disponível em: <<http://www.asabrazil.org.br/semiarido>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

BENZAGHTA, M. A.; MOHAMAD, T. A. Evaporation from reservoir and reduction methods: An overview and assessment study. **International Engineering Convention,** Domascus, 2009. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Mostafa_Benzaghta/publication/279983251_Evaporation_from_reservoir_and_reduction_methods_An_overview_and_assessment_study/links/55a1ae0a08aea54aa8144c17/Evaporation-from-reservoir-and-reduction-methods-An-overview-and-assessment-study.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

BIBOCA AMBIENTAL. **Macrófitas** – plantas aquáticas. Disponível: <<https://bibocaambiental.blogspot.com.br/2018/03/macrophytas-plantas-aquaticas.html>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

BIOREDE. **Eichhornia crassipes**. diversidade vegetal. Disponível em: <<http://www.biorede.pt/page.asp?id=2230>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

BIOREDE. **Nymphaea alba L.** diversidade vegetal. Disponível em: <<http://www.biorede.pt/page.asp?id=1842>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

BRITO, L. T de L.; MOURA, M. S. B de.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no semi- árido brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA Semi- Árido, 2007, 181 p.

BRITO, L.T. de L.; SILVA, A. De S.; MACIEL, J.L.; & MONTEIRO, M.A.R. **Barragem subterrânea I**. Construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38p.

BURSTON, I. A. **Conservation of water from open storages by minimising evaporation**. Melbourne, 2002, 237 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, RMIT University, Melbourne.

CABI. Invasive Species Compendium. **Typha latifolia (broadleaf cattail)**. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/54297>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

CASTRO, R. M. **Estudo comparativo das perdas d'água em mesocosmos colonizados ou não por aguapé (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laubach)**. Botucatu, SP, 2008, 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CLUFF, C. B. **Low-cost evaporation control using wax impregnated foam**: project completion report. Tucson, 1980, p. 1-32. Water Resources Research Center. University of Arizona.

CLUFF, C. B. Water harvesting in arid lands. **Kuwait Symposium On Management And Technology Of Water Resources In Arid Zones**. University of Arizona, Tucson, 1987, 11 p.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuvas: dimensionamento de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9., 2008. Salvador. Anais... Salvador, 2008, 16 p.

COOP, P. A. **Detection of evaporation reducing monolayers on open water surfaces.** Australia, p. 249, 2011.

COSTA, W. D.; CIRILO, J. A.; PONTES, M.; MAIA, A. Z.; SOBRINHO, O. P. Barragem subterrânea: uma forma eficiente de conviver com a seca. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 1998, 10 p.

DARWISH, A. M.; ABDUL-HUSSEIN, W. G.; AI-KHATEEB, T. A. A theoretical attempt to increase the amount of water flowing through the Nile. **Annals of Faculty Engineering Hundedara. University of technology**, Baghdad, IRAQ, 2011, p. 367-370.

DIAS, N. S.; BRÍGIDO, A. R.; SOUZA, A. C. M. **Manejo e conservação dos solos e da água.** 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

FEAM. **Aproveitamento de água pluvial** – conceitos e informações gerais. 2016. Disponível em: < <http://www.feam.br/noticias/1/1418-cartilha-orienta-sobre-implementacao-de-sistema-de-aproveitamento-de-agua-de-chuva> > Acesso em: 01 jan. 2018.

FERNANDES NETO, S.; FURTADO, D. A.; BARACUHY, J. G. de V.; FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, V. A. de. **Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro.** Campina Grande, v. 1, 2014, 308 p.

FRENKIEL, J. **Evaporation reduction, physical and chemical principles and review of experiments.** UNESCO arid zone Research Series XXVII, UNESCO, 1965, 77 p.

FRISCHKORN, H.; ROCHA NETO, J. L. Controle de evaporação por plantas aquáticas (ninféia) e isopor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: COBENGE, 2001, p. 30-33.

GLOBO G1. **Abertura de comportas de hidrelétrica ajuda eliminar aguapés do Rio Tietê.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/08/abertura-de-comportas-de-hidreletrica-ajuda-eliminar-aguapes-do-rio-tiete.html>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. Palestra. 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda, 2000.

GOVERNO DA ÍNDIA. **Evaporation control in reservoirs**. Basin Planning and Management Organisation, New Delhi, 2006, 96 p.

GUGLIOTTI, M. **Redução da evaporação de água por filmes monomoleculares**. Disponível em: < http://www.crq4.org.br/informativomat_1227>. Acesso em: 24 fev. 2018.

GUIA VIRTUAL – PRAIA SECA. **Primeira estação de tratamento de esgoto com sistema wetland**. Disponível em: <<http://guiavirtualpraiaseca.com.br/estacao-de-tratamento-de-esgoto-wetland/>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

HAGEMANN, S. E.; **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009, 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: < <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7715>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

JALFIM, F. T. **Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira**. In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semi-árido. Campina Grande. Petrolina: ABCMAC. 2001. CD-ROM.

KARPISCAK, M. M.; FOSTER, K. E.; RAWLES, R. L. A novel method of evaporation suppression in a water harvesting system. **Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest**. Tucson, 1984, p. 113-120.

KHAN, M. A.; ISSAC, V. C. Evaporation Reduction in Stock Tanks for Increasing Water Supplies. **Journal of Hydrology**, v. 119, 1990, p. 21-29.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: BASF, 1997, 852 p.

KOBAYASHI, H. **Current approach to soil and water conservation for upland agriculture in Thailand**. National Research Institute of Agricultural Engineering, 1996, p. 43-48.

LAUDONIO, F. Depois que a chuva passar. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNIA DO NORDESTE, 3., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2013, p. 28–32.

LEWANDOWSKI, H.; SCHIRMER, W. N.; TAKATA, N. H.; WATZLAWICK, L. F.; PEDROSO, K. Análise de água pluvial e de precipitação em campo aberto e floresta. **Revista Acadêmica**, Ciências Agrárias Ambientais. Curitiba, v. 7, n. 2, p. 157-164, 2009.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestre, aquáticas, Parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, 1982, p. 425.

MALANDRINO, A. G.; GUERRA, D. N.; GONÇALVES, G.; MARIANI, M. A.; GONSALEZ, V. Bolas de Sombra – Análise da tecnologia. IN: SEMINÁRIOS, ÁGUA EM AMBIENTES URBANOS, 1., São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2015, p. 12.

MALVEZZI, R. **Semi-árido**: Uma Visão Holística. Brasília: Confea, 2007. 140p.

MENEZES, G. F. F. de; SANTOS, D. B. dos; BATISTA, R. O.; AZEVEDO, D. de O. A.; SANTANA, G. da S.; SILVA, A. S.; DUARTE, A. J. A. P. Indicadores de qualidade, manejo e uso da água pluvial armazenada em cisternas do semiárido baiano. **Revista Agrarian**. Dourados, v.6, n.22, p.460-472, 2013. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2237/1598>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MARCHANTE, E.; FREITAS H.; MARCHANTE, H. **Guia prático para a identificação de plantas invasoras de Portugal Continental**. Universidade de Coimbra, Portugal, 2009, p. 183.

MARINHO, F.J.L.; AGUIAR, R. L.; UCHOA, T. R.; LEITE, S.F.; NASCIMENTO, A.S. Mecanismo redutor de evapotranspiração em manancial hídrico localizado no semiárido paraibano. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL. Lagoa Seca, 2015. **Anais...** Lagoa Seca, 2015, p. 94-103.

MELO, H. N. de S.; MIRANDA, R. J. A.; ANDRADE NETO, C. O. de; LUCAS FILHO, M. Salinização no pós-tratamento de esgotos por disposição controlada no solo. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/coletanea2/ART5.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1992. 523 p.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, E. S.; SOUZA, J. G. **Plano de gerenciamento integrado de resíduos de isopor**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2011.

MÜLLER, L. C.; SOUZA, W. S.; CARLS, J. L.; SOUSA, C. M.; DARONCO, G. C. **Shade balls** – Uma maneira criativa de evitar a seca na Califórnia. XXIV Seminário de Iniciação Científica. Rio Grande do Sul, 2016, p. 5.

NOTÍCIAS UOL. **Falta de água, cisternas são alívio para moradores do interior do NE.** 2017. Disponível <<https://noticias.uol.com.br/album/2015/03/25/cisternas-sao-alivio-para-moradores-do-interior-do-ne.htm#fotoNav=8>> Acesso em: 29 jan. 2018.

NOTÍCIAS UOL. **Falta de água, no sertão do CE, açude inteligente não seca e garante água a comunidades.** 2015. Disponível em: < <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/03/24/no-sertao-do-ce-acude-inteligente-nao-seca-e-garante-agua-a-comunidades.htm#fotoNav=12>> Acesso em: 29 jan. 2018.

OKUNO, M. **Quebra-vento, uma prática esquecida para os dias atuais.** 2014. Disponível em: < <http://inteliagro.com.br/quebra-ventos/>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

PALMIER, L. R. **Uso de técnicas de captação de água de chuva:** causas de insucessos e tendências futuras. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 4., 2003, Juazeiro, **Anais...** Juazeiro, 2003, p 1-8.

POCHOP, L.; WARNAKA, K.; BORRELLI, J.; HASFURTHER, V. **Design information for evaporation ponds in Wyoming.** Wyoming water research center. University of Wyoming, Colorado, USA, 2007. Disponível em: <<http://library.wrds.uwyo.edu/wrp/85-21/85-21.html>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Fisiologia Vegetal.** Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/fisiologia-vegetal>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

PROGRAMA DE BIODIVERSIDADE (PROBIO). **Esquema da distribuição de algumas macrófitas em um ambiente aquático.** Disponível em: < <http://www.ufscar.br/~probio/index.html> >. Acesso em: 01 abr. 2018.

RAO, A. S. **Evapotranspiration rates of eichhornia crassipes (Mart.) S Olms, Salvinia molesta D.S. Mitchell and Nymphaea lotus (L.) Willd. Linn. In a humid tropical climate.** Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988. p. 215-222.

SALAKO, G.; SAWYERR, H.; OLALUBI, O. **Does *Typha* spp. contribute to wetland waterloss and health risk: A Case Study of Hadejia Nguru Wetlands (HNW) System NE Nigeria.** Open Journal of Ecology, 2016. p. 151-158.

SANTOS, M. H. V. dos. **Alternativas de captação pluvial e redução na evaporação para incremento de disponibilidade hídrica no semiárido pernambucano**. 2012. 79 p. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, C. F.; SCHISTEK, H.; OBERHOFER, M. Cartilha no semiárido, viver é aprender a conviver: conhecendo o semiárido em busca da convivência. 2007, 48 p.

SANTOS, M. J. dos; ARAUJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semi-árido de Sergipe. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, 2009, p. 55–73.

SCHISTEK, H.. Caldeirão, caxio e cacimba: três sistemas tradicionais de captação de água de chuva no nordeste brasileiro. **Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva e 9th International Rainwater Catchment Systems Conference** – Petrolina, Pe/Brasil. 1999.

SCHOUTEN, P.; PUTLAND, S.; LEMCKERT, C. J.; PARISI, A. V.; DOWNS, N. **Alternative methods for the reduction of evaporation**: practical exercises for the science classroom. Physics Education, 2012. p. 202-210.

SEINET. **Typha latifolia** L. Disponível em: <
<http://swbiodiversity.org/seinet/taxa/index.php?taxon=3280> >. Acesso em: 02 abr. 2018.

SILANS, A. M. B. P. de. Redução da evaporação de açudes – O estado da arte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 101-109, 2003.

SILVA, A. C. da. **Redução de perdas de água em reservatório por evaporação, utilizando substâncias químicas**. Pernambuco, 2012. Disponível em: <
<https://prezi.com/tcxulkdhpvsj/reducao-de-perdas-de-agua-em-reservatorio-por-evaporacao-utilizando-substancias-quimicas/>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. **Captação de água de chuva**: Sustentabilidade ambiental no semi-árido brasileiro. XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Paraíba, 2006. 22 p.

SILVA, A. DE S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil**: tecnologias de baixo custo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982, 128 p.

SILVA, G. C. O. e. **Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá e seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis nas edificações**. Cuiabá, 2010, p. 138. Dissertação (Pós Graduação em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SILVA, R. M. A. da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi- Árido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 466-485, 2007.

SOARES, Z. T.; SOARES, E. F; MARTINS, C. P.; **Construção de filtros aplicando as espécies macrófitas Pistia stratiote e Nymphaea alba para o tratamento de efluentes domésticos**. Educação Ambiental em Ação, v. XIV, 2016, p. 1-12.

SOUZA, M. Programa uma terra e duas águas (P1+2): uma iniciativa inovadora para o enfrentamento da pobreza rural. **Agriculturas**, v. 11, n. 2, p. 12-15, 2014.

STONE, L. F.; SILVA, S. C. **Uso do tanque classe a no controle da irrigação do arroz de terras altas cultivado sob plantio direto**. Circular Técnica, 63, Embrapa. Santo Antônio de Goiás, 2004

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semi-árido nordestino: uso da água para produção de alimentos**. Fundaj, 2017. Disponível: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=756&Itemid=376> Acesso em: 29 jan. 2018.

SUDENE. **Delimitação do semiárido**. 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

TUDO SOBRE PLANTAS. **Pistia stratiotes**. Disponível em: <https://www.tudosobreplantas.com.br/asp/plantas/ficha.asp?id_planta=3224>. Acesso em: 02 abr. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Pistia stratiotes L.** – water lettuce. Disponível em: <https://plants.usda.gov/java/largeImage?imageID=pist2_003_ahp.tif>. Acesso em: 02 abr. 2018.