



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DO SERTÃO/DELMIRO GOUVEIA-AL
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

JOSÉ LUCAS FERNANDES DA SILVA

**CAPTAÇÃO DE CONDENSAÇÃO DO ORVALHO COMO ALTERNATIVA HIDRICA
CONSIDERANDO O CICLO HIDROLOGICO**

DELMIRO GOUVEIA- AL

2023

**Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S586c Silva, José Lucas Fernandes da

Captação de condensação do orvalho como alternativa hídrica considerando o ciclo hidrológico da Silva. - 2023.
56 f. : il.

Orientação: José Alegn Roberto Leite Fachine.
Coorientação: Vicente de Paulo Ribeiro Carneiro
Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Geografia. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Geografia física. 2. Hidrologia. 3. Recursos hídricos. 4. Ciclo hidrológico. I. Fachine, José Alegn Roberto Leite. II. Carneiro, Vicente de Paulo Ribeiro. III. Título.

CDU: 911.2

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR(A): JOSÉ LUCAS FERNANDES DA SILVA

“CAPTAÇÃO DE CONDENSAÇÃO DO ORVALHO COMO ALTERNATIVA HÍDRICA CONSIDERANDO O CICLO HIDROLÓGICO” - Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus do Sertão.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas e aprovado em 20 de setembro de 2023.

Banca Examinadora:

Orientador(a)



Prof. Dr. José Alegnberto Leite Fechine – UFAL /Campus do Sertão

1º Examinador(a)



Prof. Ms. Vicente de Paulo Ribeiro Carneiro – Codevasf

2º Examinador(a)



Profa. Ms. Ívia Rejane Ferreira Silva - Escola Estadual Prof. José Sena Dias

À minha amada esposa Vania Fernandes de Cerqueira, por ter sido meu apoio e suporte em todos os sentidos nessa longa jornada de construção dessa monografia. Com você a jornada tornou-se mais branda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de cursar em uma universidade federal, e por não me deixar desistir nessa jornada. Quando cansava respirava fundo e pedia a Ele discernimento.

Ao meu orientador/ professor José Alegnoberto Leite Fechine (Beto) por não ter desistido de me acompanhar nessa jornada que teve tantos infortúnios. E pelos conhecimentos comigo dividido em sala de aula e ao longo da escrita desse trabalho.

Ao meu coorientador o engenheiro civil, da Codevasf, Vicente De Paulo Ribeiro Carneiro, palavras seriam insuficientes para demonstrar o quanto sou grato por ter me apresentado esse tema do TCC, e por todo auxílio desde o desenrolar dos croquis até a participação na banca examinadora. Sempre ouvi da minha esposa que você tem o dom de ensinar, e ao longo dessa longa jornada pude constatar isso. Gratidão por tudo e por tanto!

Agradeço a vida por ter colocado no caminho desse aluno de geografia, uma aluna de engenharia civil, minha amada Vania Fernandes de Cerqueira, que veio a tornar-se minha esposa, companheira de vida pessoal e acadêmica, meu porto seguro. Sem ela meus caminhos nos saberes não teriam sido os mesmos. Resumindo é a mulher com a qual quero ficar velhinho ao lado dela. Qual dos dois será o mais rabugento os anos dirão!

Aos meus pais gratidão pela criação e educação escolar proporcionada nos primeiros anos de vida. Hoje homem feito tenho grande orgulho de Ser o primeiro filho dos senhores a ter nível superior. E a gratidão a Deus por tê-los presente nesse evento marcante de minha vida é inenarrável.

Não poderia deixar de agradecer a Daiana Mello por ter feito não só uma, mas duas inscrições no Enem para mim. Ela me proporcionou o primeiro passo para a vida acadêmica, e certamente isso não foi e nem será esquecido. Pois para correr é preciso dá um primeiro passo, e esse passo inicial foi ela que deu por mim, como largada na longa corrida chamada Licenciatura em Geografia no Campus Ufal Sertão. Que o Pai Celestial te recompense.

Não poderia deixar de citar minha amada filha Lívia, que quando criança me acompanhou em algumas aulas na Ufal. Espero ter deixado com isso o gostinho do quero isso também para minha vida. Eu pelas escolhas feitas na juventude só pude galgar uma graduação de nível superior perto dos 40 anos. Desejo a você melhores escolha, melhores caminhos e melhor aproveitamento de sua juventude.

A Marcos Leite e Família, por ter aberto os portões de sua propriedade para a implantação dos protótipos do estudo aqui relatado. Em tempos de tantos protocolos e medos que foi o auge da Pandemia da COVID-19, coincidentemente o período que dei início aos trabalhos, me recebeu

e assim tive a oportunidade de concluir a etapa de campo. Acolhimento descreve meu sentimento.

Não poderia deixar de citar Lidiane do CRCA da Ufal Campus Sertão, por ter ultrapassado a excelência enquanto servidora pública. Por várias vezes, nessa Caverna do Dragão que foram essas matrículas.

para desenvolvimento do meu TCC, ela foi luz onde parecia ter chegado ao fim do túnel. Registro aqui também, minha admiração por seu trabalho humano na defesa e cuidados com os animais do Campus.

Registro aqui também minha gratidão em nome de Silvio e Rogério Brilhante, a todos servidores do campus, que fazem a roda girar para além de sala de aula.

Gratidão também a ida de um Polo da Ufal para Delmiro Gouveia, que deu a oportunidade a tanta gente consumir o sonho do diploma de nível superior, que se não fosse com esse Campus ai não o teria feito. Lembro-me ainda quando estava de plantão e a viatura passava pela frente da construção, quantas não foram as vezes que pensei que eu ainda estudaria ali. E consegui!

Por fim agradeço a todos os professores que ao longo da vida acadêmica dividiram seus conhecimentos comigo, deixo aqui meu carinho em especial a professora Ana Risia Camêlo pela forma humana de acolher o aluno em suas dificuldades acadêmicas e pelo jeito amigo de convivência nas viagens feitas para as aulas de campo. Pela maioria dos professores que passei ao longo dessa jornada fui acolhido e respeitado pelo que sou e como sou. No entanto toda flor além de sua beleza tem também seus espinhos. Espinhos esses que me fortaleceram e me tornaram mais resiliente. Gratidão a todos!

RESUMO

Neste trabalho de pesquisa foi discutido a capacidade de provimento de água por meio de um coletor de orvalho, modelo Atrapaniebla. Dada a relevância da exploração de novas fontes de Recursos Hídricos, visto a escassez e a dificuldade de acesso à água de qualidade, por muitas pessoas ao redor do mundo, que vem aumentando progressivamente com o seu crescimento populacional. Um protótipo em escala real do modelo Atrapaniebla foi construído e experimentado na cidade de Penedo, estado de Alagoas, a fim de investigar a funcionalidade desta estrutura, bem como abordar de maneira mais técnica a possibilidade de se obter água potável através de um recurso Hídrico Alternativo e pouco explorado como o orvalho. Devido a características intrínsecas à região de Penedo, com a ocorrência constante de fuligem vegetal, ocasionado pela queima de cana de açúcar, o experimento se demonstrou desfavorável à exploração desta fonte de água, apresentando resultados expressivos apenas no final de sua coleta de dados, quando não mais ocorria a queima do canavial. Entretanto através da análise dos resultados coletados em campo, atestamos sua funcionalidade e recomendamos seu uso em locais apropriados, por se tratar de uma técnica simples, de baixo custo, sem consumo de energia elétrica, com emprego de materiais locais que poderá ser utilizada pelas populações mais pobres como opção para abastecimento humano de água e produção de alimentos para seu próprio consumo.

Palavras chave: Atrapaniebla; Água; Ciclo Hidrológico; Alternativa hídrica; Penedo; Alagoas; Povoado Cooperativa 1º Núcleo; Coleta de orvalho; Nordeste Brasileiro; Codevasf; Lucas Fernandes; UFAL Sertão; Delmiro Gouveia.

ABSTRACT

In this work, the ability to provide water through a dew collector, Atrapaniebla model, was discussed. Given the relevance of exploring new sources of Water Resources, given the scarcity and difficulty of access to quality water by many people around the world, which has been progressively increasing with its population growth. A full-scale prototype of the Atrapaniebla model was built and tested in the city of Penedo, state of Alagoas, in order to investigate the functionality of this structure, as well as to approach in a more technical way the possibility of obtaining drinking water through an Alternative Water resource. and little explored like the dew. Due to intrinsic characteristics of the Penedo region, with the constant occurrence of vegetable soot, caused by the burning of sugar cane, the experiment proved to be unfavorable to the exploitation of this water source, presenting expressive results only at the end of its data collection, when the burning of the cane field no longer occurred. However, through the analysis of the results collected in the field, we attest its functionality and recommend its use in appropriate places, as it is a simple, low-cost technique, without electricity consumption, with the use of local materials that can be used by the populations. as an option for human water supply and food production for their own consumption.

Keywords: Atrapaniebla. Water; Hydrological Cicle; water alternative.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
4	REVISÃO DE LITERATURA	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

REFERÊNCIAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Atrapaniebla implantado no Chile.....	18
Figura 2: Sistema Atrapaniebla implantado nesse estudo no município de Penedo/AL	19
Figura 3: Anotações de campo de dados coletados nas telas Atrapaniebla implantado nesse estudo no município de Penedo/AL.....	21
Figura 4: Tela de polietileno com 50% de retenção de luminosidade solar, cor preta	22
Figura 5: Tela em polietileno na cor branca, pop. conhecida como tela fachadeira	22
Figura 6: Corte e costura de preparação das Telas	26
Figura 7: Preparação (corte, raspagem e pintura) dos postes/estroncas de madeira para fixação das telas em campo	27
Figura 8: Peças utilizadas na preparação das telas de captação de água e armazenamento. Sendo (A) Tubo DN100 mm, a imagem (B) joelho 90° DN 100mm e a imagem (C) um cap utilizado para fechar/vedar o lado extremo da calha onde não foi utilizado o joelho	28
Figura 9: Complemento das peças utilizadas na preparação das telas de captação de água e armazenamento. Sendo (D) ½ garrafa pet de 2 l, cortada ao meio tendo utilizando-se dos dois litros 16,5 cm, do meio a boca da garrafa ; (E) mangueira pvc cristal, DN 3/4”, esp. 2mm; (F) um balde com tampa em plástico com cap. para acumular de até 16 litros de água captada ...	28
Figura 10: Calha de coleta de água do estudo montada	29
Figura 11: Demonstração do preparo dos reservatórios da água do estudo. Onde demonstra o furo no balde para a passagem da mangueira para o interior do balde (A), a numeração individual de casa balde (B) e o balde já acoplado a mangueira vinda da calha (C)	30
Figura 12: Ensaio de montagem do protótipo de tela proposto no estudo	31
Figura 13: Vergalhão em aço 8 mm utilizado entre os dois postes (A) de cada protótipo para dá maior resistência do prototipo as intempéries. Tendo sido fixado no entalhe previamente feito na madeira (B). Sendo utilizado um vergalhão 10 cm abaixo do topo do poste e o segundo vergalhão a 1,30 m do solo (C).....	32
Figura 14: Protótipo com as quatro telas montadas em campos e prontos para começar o processo de coleta do orvalho. Sendo a tela a direita da imagem, a tela branca de número 1 e sequencialmente na ordem numérica a tela da esquerda da imagem é a tela preta de número 4. (vista frontal)	33
Figura 15: Protótipo com as 4 telas montadas em campo, constando das coordenadas geográficas (vista fundo)	34
Figura 16: Digital Termo-higrômetro	35
Figura 17: Digital Thermo Anemômetro digital	36
Figura 18: Termômetro Infravermelho (-50 a 380°C).....	37

Figura 19: Provetas em polipropileno. Sendo a da direita com capacidade de coleta de 250 ml de água do orvalho e a da esquerda com capacidade de 500ml	37
Figura 20: Figura mostrando a coleta de água do orvalho da Tela 1, e anotações de dados da Tela 02.....	38
Figura 21: Mapa de acesso partindo da rotatória Toca do Índio (AL 110) até a área onde foram implantadas as telas do estudo.....	39
Figura 22: Mapa da propriedade onde foram implantadas as telas do estudo.....	40
Figura 23: Passagem da água da fase líquida para a fase sólida e vice-versa	43
Figura 24: Ciclo da Água ou Ciclo Hidrológico.....	44
Figura 25: Distribuição de água no mundo	45
Figura 26: Delimitação do Semiárido 2021	46
Figura 27: Pegada Hídrica dos produtos.....	50
Figura 28: Chultuns (Reservatório de água) – Cisterna do Século X.....	52
Figura 29: Cisternas para captação de água de chuva	53
Figura 30: Quatro formas construtivas para aproveitamento de água de chuva, que são: Sistema de Fluxo Total, Sistema com Derivação, Sistema com volume de Retenção e Sistema com Infiltração no Solo	54
Figura 31: Coleta de neblina.....	55
Figura 32: Forma de captação tradicionalmente utilizada no Chile é chamada de ATRAPANIEBLA.....	56
Figura 33: Funcionamento do modelo Atrapaniebla.....	57
Figura 34: Modelo Atrapaniebla bidimensional	57
Figura 35: Modelo de captação de nevoa modelo Warka Water.....	58
Figura 36: Água da névoa dos céus de Canárias, denominação de GAROÉ	59
Figura 37: Cerveja Atrapaniebla, produzida no Chile com água da nevoa (como possível ver ao fundo da imagem telas captoras de água do orvalho	60
Figura 38: O emprego de fogo para eliminação da palha de cana-de-açúcar e a conseqüente formação de fuligem de carvão vegetal	69
Figura 39: Residência atingida por fuligem decorrente de queimada	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de dados acompanhados em cada dia de coleta de água do orvalho	20
Tabela 2: Tabela preenchida em campo de dados acompanhados em cada dia de coleta de água do orvalho	20
Tabela 3: Dados coletados das telas de captação de orvalho, entre 01/10 à 30/12/2020	61
Tabela 4: Determinação da temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Det. de materiais utilizados para a confecção da (s) Tela (s) na cor Preta	24
Quadro 2: Det. de materiais utilizados para a confecção da (s) Tela (s) na cor Branca.....	25
Quadro 3: Captação de orvalho mensal segundo sua cor (branca ou preta).....	71
Quadro 4: Custo por m ² dos protótipos com telas captoras brancas e tela preta	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representação ponto de orvalho em relação à temperatura do ar e da umidade relativa do ar	63
Gráfico 2: Comportamento da umidade relativa do ar, quando comparado com as temperaturas ambientes e do ponto de orvalho	64
Gráfico 3: Captação do orvalho (Decilitro) com a velocidade (Km/h)	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

T1B: Tela 1 - cor Branca

T2P: Tela 2 - cor Preta

T3B: Tela 3 - cor Branca

T4P: Tela 4 - cor Preta

UR – Umidade Relativa

MZU – macrozona urbana

MZR – macrozona rural

DN: diâmetro nominal

MZU: macrozona urbana

MZR: macrozona rural

MZUR: macrozona de transição urbano-rural

IBGE

BHSF: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

UR: Unidade relativa

ANA: Agência Nacional de Águas em seu Manual de Usos Consuntivos de Água no Brasil

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DRSAI: Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE

PISF: Projeto de Integração do Rio São Francisco

CODEVASF: Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

FOGQUEST: é uma instituição de caridade canadense sem fins lucrativos, registrada, dedicada ao planejamento e implementação de projetos hídricos para comunidades rurais em países em desenvolvimento. Utilizando coletores de neblina inovadores, bem como coletores de chuva eficazes para otimizar o uso da natureza.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho de pesquisa foi abordado a capacidade de captação e aproveitamento de água de orvalho considerando o Ciclo Hidrológico, através da construção e instalação de quatro protótipos de coleta de orvalho em escala reduzida e com materiais disponíveis localmente, baseado no projeto Chileno denominado de ATRAPANIEBLAS, em português algo como “capta nuvens”.

O local de implantação das quatro telas do estudo proposto, foi o Povoado Cooperativa 1º Núcleo (MZR), município de Penedo (MZU) no Estado de Alagoas, região nordeste do Brasil.

O município de Penedo, Alagoas, é pertencente a Região Hidrográfica São Francisco, e Mesorregião Leste Alagoano. Conforme a Lei Municipal nº 1.281/2007, o município subdivide-se em três macrozonas: urbana (MZU); rural (MZR); e a de transição urbano-rural (MZUR). O censo do IBGE de 2021 apontou uma população de 58.647 habitantes

Segundo a Plataforma Municípios e Saneamento, o município de Penedo/AL tem 97,51% da população atendida com abastecimento de água, frente a média de 74,15% do estado, 84,2% do país. O que só reforça a necessidade de buscarmos alternativa hídrica, tal qual o sistema Atrapaniebla aqui estudado.

O município de Penedo fica localizado à margem esquerda do Rio São Francisco (limite geográfico sul), região conhecida como Baixo São Francisco. Dista de sua capital Maceió aproximadamente 145 km.

O município foi escolhido como local para implantação do protótipo baseado no modelo ATRAPANIEBLAS, em virtude de estar inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) e por ter sua área territorial entrecortada por afluentes do citado rio, tais como os rios Piauí/Marituba, Perucaba e Boacica, assim sendo supõem-se um teor elevado de evaporação; apresenta ainda grandes variações de altitudes que vão desde 2 metros na várzea de Marituba a 142 metros no Tabuleiro; ter cerca de 1.596 habitantes (cerca de 2,5%) do município não tem acesso à água segundo informações do Instituto Água e Saneamento.

Portanto analisar a viabilidade da região de Penedo para a captação de condensação do orvalho como alternativa hídrica considerando o ciclo hidrológico, significou estudar uma nova alternativa de captação de água no nosso país, que é tão rico e ao mesmo tão pobre no tocante a parte hídrica. Alternativa essa que até então é pouco estudada e, portanto, não se tem histórico registrado de implantação do sistema Atrapaniebla em funcionamento no Brasil. No entanto o estudo aqui detalhado foi baseado num sistema que a mais de uma década vem se demonstrando

eficaz no norte árido do Chile. Seja no reflorestamento de áreas como o Parque Nacional Fray Jorge, na utilização nas pias de banheiros de escolas na região, ou na Reserva Ecológica Cerro Grande de Ovalle; até mesmo na fabricação de cerveja, apesar da água coletada não ser aconselhada para consumo sem o devido tratamento (cerveja Atrapaniebla) que segundo afirmou Miguel Carcuro, com o uso da água de captadores de neblina no processo de maceração conseguiram um produto único que incorpora o clima e a geografia do lugar. Água é um recurso vital portanto o estudo de um método alternativo de captação de água, é estudar possibilidade de alcançar maior parte da população com esse recurso precioso da natureza. De acordo com Marx (2008) a natureza e o homem são indissociáveis, pois o homem vive da natureza ao passo que é parte dela.

Os trabalhos de campo do presente trabalho foram executados entre outubro e dezembro de 2020. Importante ressaltar que todo estudo se deu durante o período pandêmico da Covid-19, tendo sido respeitado todos os cuidados necessários no refreio da disseminação do vírus. Tendo sido os protocolos, apesar de extremamente necessários, um fator de atraso bem como também de abreviação na conclusão deste trabalho. Dado que os protótipos foram instalados em uma propriedade rural, porém com residência e moradores, sendo inclusive que o período de coleta de campo foi de apenas três meses, pois o proprietário solicitou a finalização o mais breve possível, já que o medo da contaminação tomava conta praticamente do mundo e não foi diferente nessa família.

Inicialmente foi considerado fazer análise química e bacteriológica das amostras coletadas e comparada com a qualidade da água do Rio São Francisco. Porém praticamente todos órgãos públicos, nos anos de 2020 a 2022, foram fechados para atendimento ao público, como protocolo de medidas de segurança determinadas pela Agência Nacional de Saúde, para conter a pandemia mundial do Coronavírus-19 e suas variantes. Assim sendo não foi possível a realização em laboratório das análises citadas acima. tínhamos como meta a realização dessas análise em laboratório, dado que a bibliografia, em outras pesquisas desse tema aqui estudado, afirmaram que a qualidade da água do orvalho possuía uma qualidade superior quando comparada á água de superfície. Portanto será registrado na conclusão do trabalho como uma recomendação nas próximas pesquisas sobre o sistema Atrapaniebla feitas em nosso país.

Tendo que a SAAE Penedo, não fugiu ao determinado, o atendimento ao público externo foi fechado, e havia a necessidade de análise de laboratório de amostras coletadas da água do orvalho, para a conclusão do trabalho proposto.

Desta forma o objetivo geral deste trabalho de pesquisa foi analisar se o modelo Chileno do protótipo Atrapaniebla, seria viável na cidade de Penedo/Al. Por meio da implantação de modelo similar, coleta de amostras da água do orvalho, comparando-se aos dados pluviométricos, umidade relativa do ar, temperatura e direção do vento, com posterior possível análise dessas amostras em laboratório e análise de demais parâmetros de campo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse capítulo tem por objetivo a explanação sobre os materiais e metodologia que foram utilizados na elaboração dos protótipos, implantação dos mesmos e como se deu o sistema de coletas da água de orvalho. Detalhando os dados acompanhados em cada tela ao longo dos três meses de pesquisa experimental em campo sobre o sistema alternativo Atrapaniebla, apresentado neste trabalho.

2.1 – Descrição do objeto de estudo

A base teórica para construção e montagem dos protótipos foi baseada em leitura de diversos artigos, publicações, livros dedicados a estudos de alternativas acessíveis e de baixo custo como o sistema Atrapaniebla (Figura 01) que foi escolhido como método de estudo, implantado na zona rural do município de Penedo/Al.

Figura 1: Sistema Atrapaniebla implantado no Chile



Disponível em: <https://www.aguamarket.com/tema-interes.asp?id=3869&tema=>. Acesso em 27/07/2023.

Esse trabalho de pesquisa teve como objetivo específico, por meio do estudo aqui explanado, analisar a viabilidade de mais uma possibilidade de fonte alternativa de água para a

população. Alternativa essa que fosse econômica, não prejudicial ao meio ambiente e sem a utilização de energia elétrica, sendo capaz de fornecer água a comunidades isoladas. Assim sendo depois de leitura de sucesso de estudos feitos no Chile que demonstraram a eficiência do sistema Atrapaniebla, o mesmo foi escolhido como modelo de estudo a ser implantado na cidade de Penedo/AL.

Essa metodologia de captação é relativamente simples e consiste em estender uma tela geralmente feita de polietileno (comumente utilizada no Brasil para diminuir a radiação solar para proteger as plantas), as telas do estudo aqui apresentado são de até 1.50 metros de largura e 2,20 metros de comprimento, entre dois postes de madeira ou aço. A névoa passa pela malha, sendo que as fibras plásticas da tela retêm parte da umidade, que se condensa, vira água e escoam por um canal que leva a um reservatório.

O estudo trata de uma pesquisa experimental. No modelo utilizado nesse estudo buscou-se utilizar materiais de fácil acesso a população em caso de futura reprodução no município do modelo aqui estudado. Além de fácil acesso, optou-se também pela utilização de material de baixo custo e fácil acesso para que pudesse viabilizar sua replicação caso o estudo mostra-se ser eficaz.

Figura 2: Sistema Atrapaniebla implantado nesse estudo no município de Penedo/AL



Fonte: Figura Fernandes, Lucas 2020

Tabela 2: Tabela preenchida em campo de dados acompanhados em cada dia de coleta de água do orvalho

02/10/20 a 31/10/20.

CAPTAÇÃO DE ORVALHO COLETA DE DADOS																			
DATA (D/M/A)	COLETA				TEMPERAT. AMBIENTE	TEMPERATURA TELA				UMID. RELAT. DO AR - UR	VELOCIDADE DO VENTO				PONTO DE ORVALHO				observação
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	(°C)	A (°C)	B (°C)	C (°C)	D (°C)	(%)	A (M/S)	B (M/S)	C (M/S)	D (M/S)	A (°C)	B (°C)	C (°C)	D (°C)	
02-10	?	?	?	?	26.0	15.4	16.0	12.4	16.8	53%	?	?	?	?					
04-10	18mm	76mm	12mm	34mm	26.9	10.7	21.6	12.4	24.4	75%	0.9								CHUVA
07-10	?	?	?	?	25.7	18.5	18.6	18.3	18.2	72%	0.7								
10-10	?	12mm	?	38mm	26.6	21.3	20.3	19.5	22.6	73%	0.8								
13-10	20mm	6mm	20mm	10mm	25.2	22.1	22.3	22.6	23.2	75%	1.1								
16-10	42mm	34mm	48mm	16mm	26.0	22.3	20.6	20.6	22.4	64%	0.2								
19-10	22mm	6mm	22mm	10mm	25.0	21.8	21.1	20.8	23.1	71%	0.8								
22-10	60mm	14mm	14mm	14mm	24.2	24.2	23.2	22.8	24.4	75%	1.7								
25-10	4mm	?	8mm	4mm	26.4	22.8	21.3	21.4	22.2	72%	0.7								
28-10	?	?	?	?	27.4	23.9	23.5	24.0	24.7	70%	0.6								
31-10	2374	2636	2500	2622	27.1	23.1	23.6	23.0	23.0	77%	2.4								CHUVA

A Protótipo - A Tela - Folha Módulo - Fixo
 B Protótipo - B Tela - Polietileno Módulo - Fixo
 C Protótipo - C Tela - Folha Módulo - Móvel
 D Protótipo - D Tela - Polietileno Módulo - Móvel

Fonte: Lucas Fernandes 2020

Figura 3: Anotações de campo de dados coletados nas da telas Atrapaniebla implantado nesse estudo no município de Penedo/AL

DATA: 30/12/20 HORA: 6:00

TEMP. AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA
MAX 22.8°C	75%
MIN 22.8°C	69%

TEMPERATURAS				
	1	2	3	4
TELA	22.0°C	22.0°C	19.7°C	21.9°C
CALHA	23.2°C	24.0°C	22.0°C	21.0°C
BALDE	20.7°C	20.3°C	19.8°C	20.7°C

COLETAS				
	1	2	3	4
BALDE	136ml	135ml	1100	3064ml

VELOCIDADE m/s				
	1	2	3	4
m/s	x	x	x	x
TEMP.	26.8°C	27.8°C	27.7°C	27.7°C

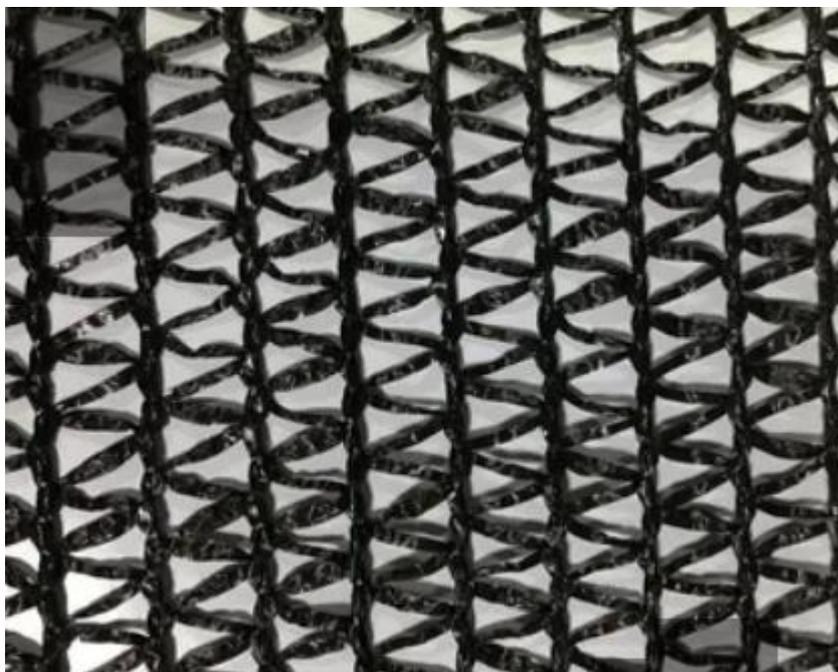
Fonte: Lucas Fernandes 2020

2.3 Materiais utilizados

Em virtude disso, e da disponibilidade do material no mercado local, foi escolhido a tela em polietileno de sombreamento, com 50% de retenção de luminosidade solar na cor preta. E tendo em perspectiva que a cor preta tende a reter mais calor e a consequente evaporação da água retida na mesma, utilizou-se também telas em polietileno na cor branca, com a finalidade de comparativos de resultados

A tela de polietileno com 50% de retenção de luminosidade solar (figura 4), e comumente utilizada na agricultura com a principal função de reduzir a intensidade luminosa e a temperatura especialmente em regiões mais quentes como o nordeste brasileiro. Normalmente sua apresentação comercial é em rolo medindo 1,50 metros X 50 metros. Sendo facilmente encontrada a venda por metro em casas de produtos agropecuários.

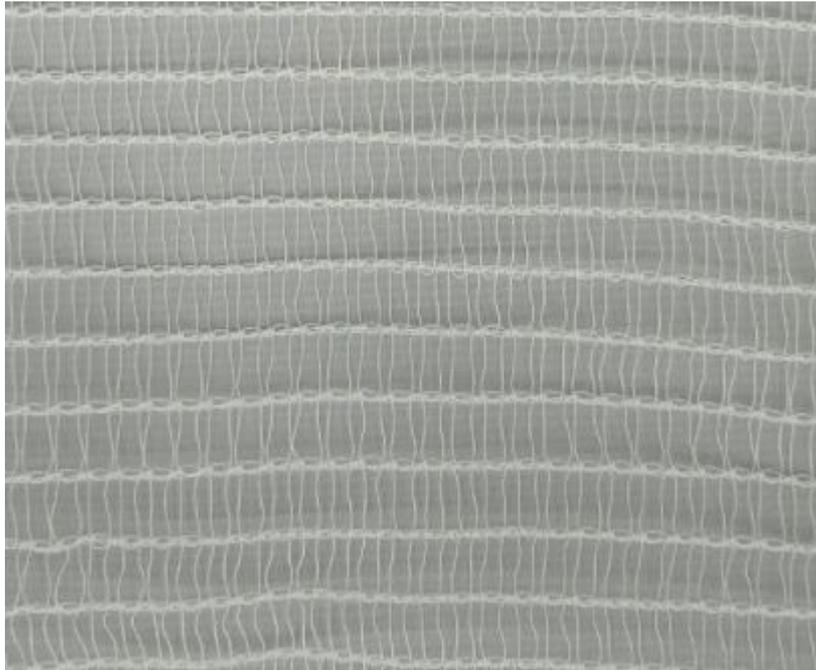
Figura 4: Tela de polietileno com 50% de retenção de luminosidade solar, cor preta



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Já a tela em polietileno na cor branca (figura 5), é conhecida popularmente no ramo da construção civil como tela fachadeira, por ser utilizada como proteção de fachadas de obras evitando que resíduos de construção caiam em áreas vizinhas. E são produzidas segundo a norma da ABNT 20150107_RedeProteçãoedificações.

Figura 5: Tela em polietileno na cor branca, popularmente conhecida como tela fachadeira



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.3.1 – Detalhamento dos materiais utilizados nas Tela na cor preta

Para cada protótipo com tela preta foram utilizados os materiais conforme abaixo detalhados no Quadro 1, sendo uma visão simplificada a que segue. 1,5 m x 1,2m de tela em polietileno, com 50% de retenção de luminosidade solar, ou seja, 1,8 m² de tela. Duas estroncas em madeira tipo nim (arvore nativa da Índia e facilmente encontrada no Brasil, por ser utilizada como um pesticida natural e eficiente contra insetos nocivos a agricultura), cada uma medindo 3,5 metros, ou seja, 7 metros de madeira por protótipo.

Quadro 1: Detalhamento de materiais utilizados para a confecção da (s) Tela (s) na cor Preta

QUADRO DOS MATERIAIS USADOS PARA FABRICAR OS PROTÓTIPOS DE TELA PRETA					
ITEM	COMP. (M)	LARG (M)	ÁREA (M²)	QUANTIDADE	QUANTIDADE
				USADA POR PROTÓTIPO	USADA PARA 2 PROTÓTIPOS
Tela em Polietileno, com 50% de retenção	1,5	1,2	1,8	1,8 m ²	3,6 M ²
Estronca madeira, tipo nim	3,5	0,1	0,35	2 unidades 7 metros	4 und. com 3,5 m 14 metros
Joelho Pvc, linha normal, 90° DN 100	-	-	-	1	2
Cap em pvc Esgoto, linha normal, DN 100 CB	-	-	-	1	2
Tubo em pvc Esgoto, linha normal, DN 100	-	-	-	1,5 m	3 m
Abraçadeira em nylon, com 20 com de comprimento	-	-	-	42	84
Mangueira pvc cristal, DN 3/4", esp. 2mm	-	-	-	2 m	4 m
Fio poliester tipo costura de sacaria, cor Preta	-	-	-	10 m	20 m
Vergalhão em aço CA-50, 8 mm (5/16")	-	-	-	3,4	6,8 m
Balde plastico com tampa, capacidade 16l. Reciclado	-	-	-	1	2
1/2 Garrafa Pet 2000 ml. (Do meio ao Bocal)	-	-	-	1	2
Material reciclado. Cor: Cristal/ verde					
Corda em polietileno, (tipo varal) N°5, espessura 3,5mm	6,6	-	-	6,6 m	13,2 m

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.3.2 – Detalhamento dos materiais utilizados nas Tela na cor branca

Para cada protótipo com tela branca foram utilizados os materiais conforme abaixo descritos no Quadro 2, sendo uma visão simplificada a que segue. 1,5 m x 1,2m de tela branca tipo fachadeira, ou seja, 1,8 m² de tela. Duas estroncas em madeira tipo nim, cada uma medindo 3,5 metros, ou seja, 7 metros de madeira por protótipo.

Quadro 2: Detalhamento de materiais utilizados para a confecção da (s) Tela (s) na cor Branca

QUADRO DOS MATERIAIS USADOS PARA FABRICAR OS PROTÓTIPOS DE TELA BRANCA					
ITEM	COMP. (M)	LARG (M)	ÁREA (M²)	QUANTIDADE	QUANTIDADE
				USADA POR PROTÓTIPO	USADA PARA 2 PROTÓTIPOS
Tela em Polietileno, cor branca	1,5	1,2	1,8	1,8 m ²	3,6 M ²
Estronca madeira, tipo nim	3,5	0,1	0,35	2 unidades 7 metros	4 und. com 3,5 m 14 metros
Joelho Pvc, linha normal, 90° DN 100	-	-	-	1	2
Cap em pvc Esgoto, linha normal, DN 100 CB	-	-	-	1	2
Tubo em pvc Esgoto, linha normal, DN 100	-	-	-	1,5 m	3 m
Abraçadeira em nylon, com 20 cm de comprimento	-	-	-	42	84
Mangueira pvc cristal, DN 3/4", esp. 2mm	-	-	-	2 m	4 m
Fio poliéster tipo costura de sacaria, cor Preta	-	-	-	10 m	20 m
Vergalhão em aço CA-50, 8 mm (5/16")	-	-	-	3,4	6,8 m
Balde plástico com tampa, capacidade 16l. Reciclado	-	-	-	1	2
1/2 Garrafa Pet 2000 ml. (Do meio ao Bocal)	-	-	-	1	2
Material reciclado. Cor: Cristal/ verde					
Corda em polietileno, (tipo varal) N°5, espessura 3,5mm	6,6	-	-	6,6 m	13,2 m

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.3.2 – Detalhamento da confecção das telas

As medidas estipuladas para cada tela utilizada nesse estudo foi de 1,50m (comprimento) x 1,20m (altura). No entanto a apresentação comercial tanto da tela em polietileno branca quanto a preta eram de medidas superiores a esta. Assim sendo foi necessário cortar na medida estipulada, deixando 5 cm a mais nos quatro lados da tela, para que fosse feita uma bainha (costura de reforço), já que ao cortar a tela foi retirada a borda “ourela” reforçada com fios da trama reintroduzido que evitam o desfiamento das mesmas que vem de fábrica. Tendo sido feito tal processo dobrando os 5 cm passantes (nos 4 lados) de modo que a parte do corte ficasse internamente, tendo sido costurado a mão com fio em poliéster do tipo utilizado para confecção/fechamento de sacarias. O pedaço de aço que aparece na imagem foi utilizado tão somente como guia para não ultrapassar a medida estipulada para a bainha (figura 6).

Por dentro da bainha à medida que a costura se dava foi introduzindo uma corda em polietileno, (tipo varal) n°5, espessura 3,5mm, com 6,60m de comprimento, sendo que em cada quina foi dado um nó deixando passante (forra da bainha) 0,30 m de corda para fixação da tela ao poste de madeira posteriormente.

Figura 6: Corte e costura de preparação das Telas para fixação nos postes de madeira. Sendo demonstrada a costura da bainha da tela, onde aparece o aço utilizado como guia de tamanho (A). Bem como o cordão em poliéster sendo costurado na parte interna. Na sequência (B) é detalhado a parte do nó no cordão, deixado para fixação da tela ao poste/estaca de madeira do modelo proposto no estudo. Aparecendo na última imagem (C) a tela finalizada pronta para ser afixada.



Fonte: Figura do autor 2020

2.3.3 – Preparação dos postes/estroncas de madeira para fixação das telas em campo

Como as estrocas/postes em madeira do tipo nim foram compradas em medidas superiores as estipuladas a serem usada em estudo, foi necessário inicialmente o corte feito de forma manualmente com serrote (figura 7) para que cada um ficasse com 3,50 m de altura e aproximadamente 0,10 m de largura (A). Fez-se necessária também uma limpeza previa de cascas mais grossas e a retiradas de nós aparentes da madeira (B), tendo sido finalizado com uma pintura, exceto os 0,50 m que ficaram a ser enterrado em solo. A pintura foi do tipo caiação (C) na cor branca (pintura a base de cal) para que desse maior destaque aos protótipos quando implantado, evitando esbarros e acidentes desnecessários. Já que apesar de ser uma parte isolada do terreno por cercas (Figura 18), esse terreno faz parte de uma propriedade residencial localizada no Povoado Cooperativa 1º Núcleo, na zona rural de Penedo/Al.

Figura 7: Preparação (corte, raspagem e pintura) dos postes de madeira para fixação das telas em campo

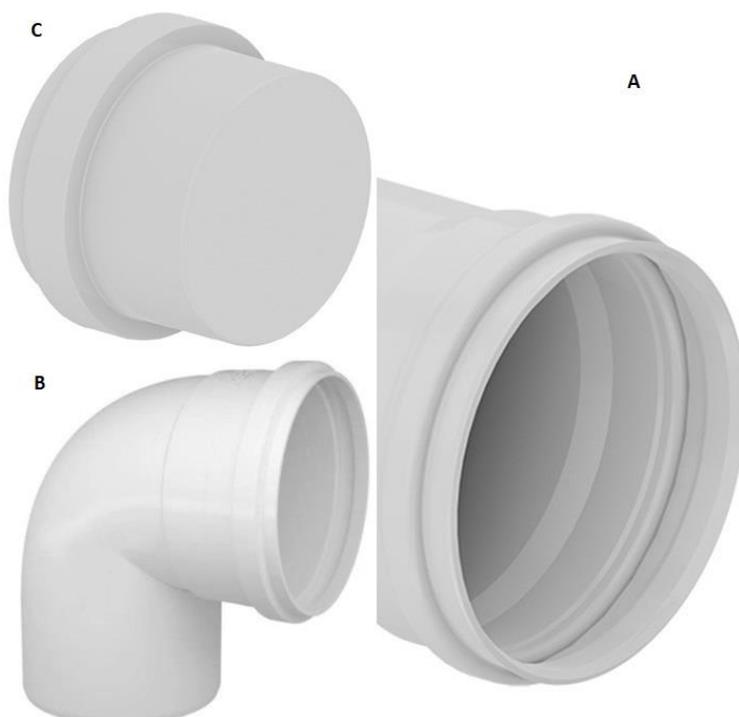


Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.3.4 – Preparação das calhas para captação da água das telas.

Para a produção de cada calha, para captação da água com as medidas e itens detalhados no croqui do projeto, foi necessário para captação da água 1,50 m de tubo fabricado em pvc rígido na cor branca no DN de 100 mm, ou seja, diâmetro nominal de 10 cm (A) comumente utilizado na construção civil nas instalações prediais da rede de esgoto; um CAP DN de 100 mm (utilizado para isolar/ vedar uma das pontas da calha, impedindo o retorno das águas) (B) ; 01 joelho de DN 100 mm, com 90 °. O tubo utilizado foi da linha branca, para fazer a junção do cano com a garrafa pet (C); foi utilizada ½ garrafa pet de 2 l, cortada ao meio tendo sido utilizada somente 16,5 cm, do meio a boca da garrafa (D); utilizou-se 2 m de mangueira pvc cristal, DN 3/4”, esp. 2mm (E) e um balde com tampa em plástico com capacidade para acumular de até 16 litros de água captada (F). Como detalhado nas figuras 8 e 9 abaixo.

Figura 8: Peças utilizadas na preparação das telas de captação de água e armazenamento. Sendo (A) Tubo DN100 mm, a imagem (B) joelho 90° DN 100mm e a imagem (C) um cap utilizado para fechar/vedar o lado extremo da calha onde não foi utilizado o joelho.



Fonte: Manual Técnico Tigre, 5ª. edição, junho/2013. Disponível para consulta em: <https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2019->

Fonte: Adaptado por Fernandes, Lucas (2023)

Figura 9: Complemento das peças utilizadas na preparação das telas de captação de água e armazenamento. Sendo (D) ½ garrafa pet de 2 l, cortada ao meio utilizando-se dos dois litros 16,5 cm, do meio a boca da garrafa ; (E) mangueira pvc cristal, DN 3/4”, esp. 2mm; (F) um balde com tampa em plástico com capacidade para acumular de até 16 litros de água captada.



Fonte: Manual Técnico Tigre, 5ª. edição, junho/2013. Disponível para consulta em: <https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2019->

Fonte: Adaptado por Fernandes, Lucas (2023)

No pedaço de tudo que foi cortado com 1,50 m de comprimento, foi feita uma abertura ao longo do tudo de cada lado. Sendo gerada assim uma abertura superior de 4 cm, formando a calha em si. Tendo sido feito também furos na parte interna da calha por onde foram passadas as abraçadeiras de nylon para fixação da tela a calha. Na extremidade da calha foi colocado o joelho com a outra ponta virada para baixo, onde foi encaixada a metade da garrafa pet e na ponta (boca) da garrafa o pedaço de mangueira que serviu de condutor da água coletada na calha para o reservatório escolhido, ou seja, o balde com capacidade 16 l de armazenamento. Do lado esquerdo da calha foi encaixado o CAP para vedar esse lado da calha, e, portanto, evitando que a água escorresse para fora do reservatório e permite a circulação de água no restante do sistema de tubulação.

Abaixo (Figura 10) temos a calha pronta para ser implantada no protótipo.

Figura 10: Calha de coleta de água do estudo montada.



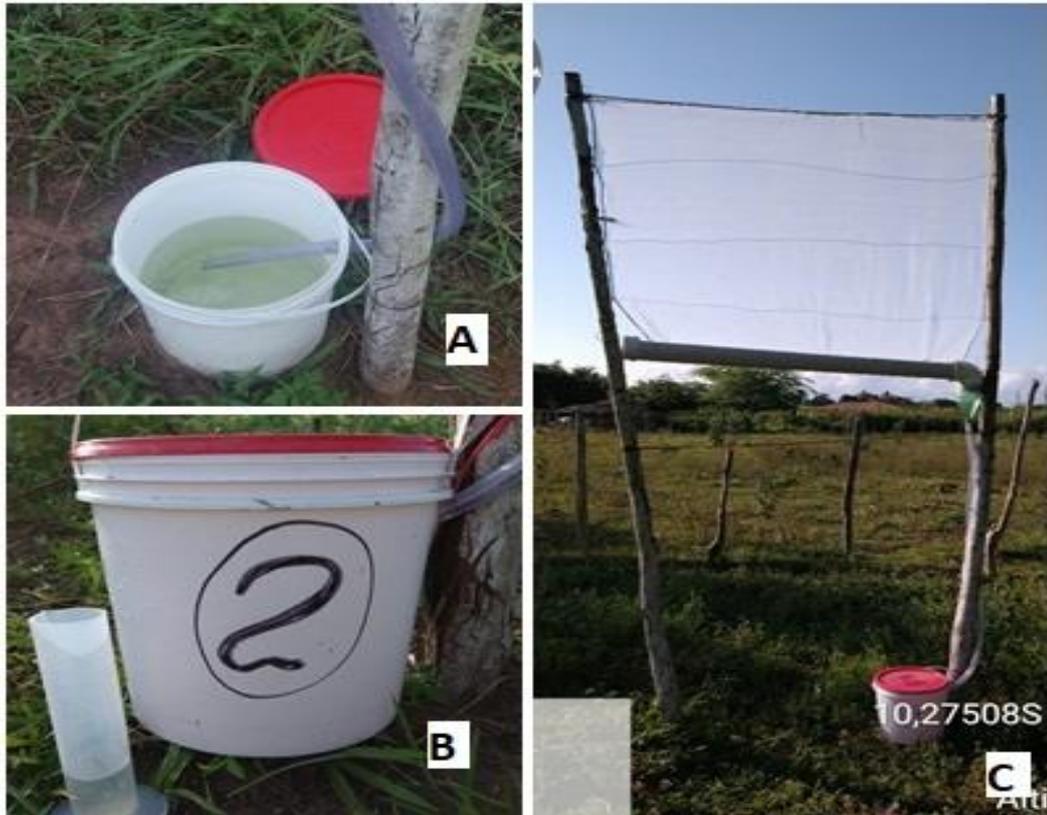
Fonte: Fernandes, Lucas 2020

O reservatório escolhido para esse projeto, foi o balde alimentar que normalmente é vendido industrialmente com margarina, e que as padarias costumam repassar o vasilhame a baixo custo a população. Tendo sido comprado para esse projeto numa das padarias locais, quatro unidades do vasilhame, com tampa e de capacidade de 16 litros (figura 11). Tendo sido pago por cada, no ano de 2020, o valor de R\$5,00 (cinco reais).

Após ter sido lavado e retirado as sobras de margarina (dado que a escolha foi reaproveitar materiais para baixar o custo total do modelo), em cada balde foi feito um furo lateral superior por onde foi encaixada a mangueira vinda da calha (A), posteriormente cada balde foi enumerado com lápis permanente (B), para que cada numeração do balde correspondesse a

numeração da tela. E essa numeração foi seguida para efeitos de anotação de cada dia de coleta da água e demais observação medidas e anotadas em campo.

Figura 11: Demonstração do preparo dos reservatórios da água do estudo. Onde demonstra o furo no balde para a passagem da mangueira para o interior do balde (A), a numeração individual de cada balde (B) e o balde já acoplado a mangueira vinda da calha (C).



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.3.5 – Implantação das telas prontas em campo

Uma vez que as quatro telas estavam prontas, bem como os conjuntos de postes/estroncas de madeira e os conjuntos de calhas, inicialmente montou-se deitada no piso de casa para uma breve análise de que as peças haviam sido confeccionadas corretamente (figura 12), para só então transportar todo material para o terreno na zona rural de Penedo onde foram montadas ao solo.

Figura 12: Ensaio de montagem do protótipo de tela proposto no estudo.



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Com o terreno previamente limpo de vegetação mais altas, iniciou-se a implantação dos protótipos na área escolhida para estudo. Buscou-se com o auxílio de um Thermo Anemômetro digital a melhor posição para a fixação das telas ao solo.

Com o auxílio de um cavador manual do tipo articulado com cabo de madeira, foi feito um furo no solo com aproximadamente 12 cm de largura e 50 cm de profundidade. Sendo nesse orifício foi introduzido o primeiro poste em madeira, e subsequentemente o aterro do espaço restante com o próprio solo que havia sido retirado. Distante 1,50m do primeiro poste fixado ao solo, foi feito o mesmo procedimento para fixação do segundo poste necessário para um protótipo. Na sequência para que as madeiras não sofressem movimentação por ação do vento, foram colocados dois vergalhões formando uma espécie de gancho que deixou os postes de madeira mais resistentes a movimentações (Figura 13). Cada gancho foi composto por 1,70 m de Vergalhão em aço CA-50, 8 mm (5/16").

Como o espaço entre cada poste foi de 1,50m (medida na qual foram feitas as telas), o vergalhão formou dois ganhos de cerca de 10 cm, que abarcou o poste dos dois lados. Tendo sido feito um entalhe prévio na madeira para melhor encaixe e fixação do vergalhão a mesma.

Figura 13: Vergalhão em aço 8 mm utilizado entre os dois postes (A) de cada protótipo para dá maior resistência ao protótipo as intempéries. Tendo sido fixado no entalhe previamente feito na madeira (B). Sendo utilizado um vergalhão 10 cm abaixo do topo do poste e o segundo vergalhão a 1,30 m do solo (C)



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

A calha para captação da água da tela previamente montada (figura 10) foi fixada aos postes de madeira distando do solo 1,70m. Para fixação foi utilizado aço galvanizado 5.0 mm, sendo de um lado preso o Joelho em pvc à madeira, e do outro lado utilizou-se o mesmo procedimento para prender o cap em pvc ao poste de madeira.

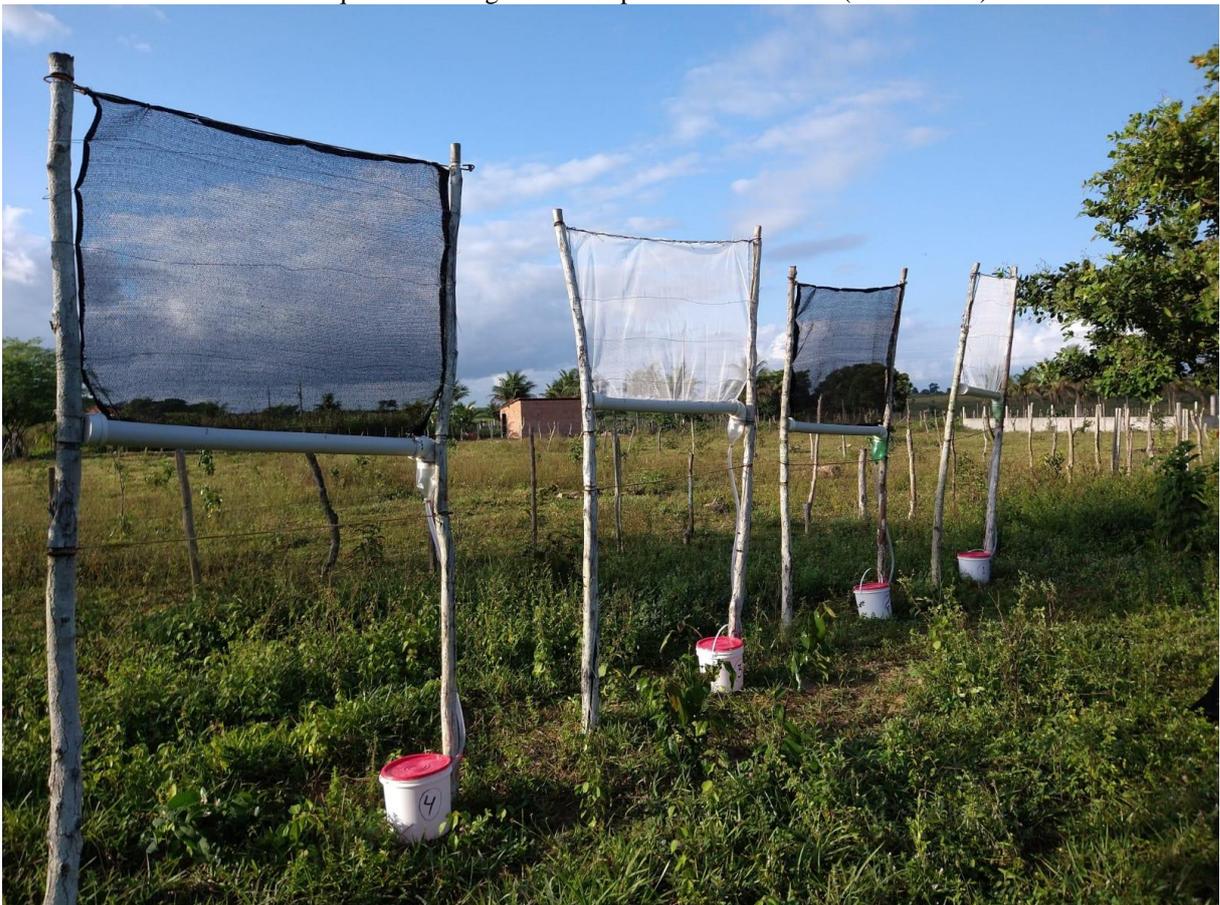
Com o auxílio de presilhas em nylon (popularmente conhecidas como enforca gato) a tela previamente costurada (figura 6) foi fixada tanto ao vergalhão de aço superior, quanto aos dois postes e por fim presa a parte interna da calha.

Sequencialmente foi fixada a mangueira na ponta da garrafa pet. E por fim a mangueira foi introduzida ao reservatório com tampa (balde). Finalizando assim a primeira tela.

O procedimento foi repetido por quatro vezes, compondo um conjunto de quatro protótipos. Sendo dois em telas na cor preta e dois telas na cor branca.

As quatro telas foram colocadas a uma distância de 80 cm entre o fim e início do próximo protótipo. Tendo seguido a fixação em linha reta, umas com relação a outra. E todas obedecendo a direção do vento (figura 14 e 15)

Figura 14: Protótipo com as quatro telas montadas em campos e prontos para começar o processo de coleta do orvalho. Sendo a tela a direita da imagem, a tela branca de número 1 e sequencialmente na ordem numérica a tela da esquerda da imagem é a tela preta de número 4. (vista frontal)



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Figura 15: Protótipo com as 4 telas montadas em campo, constando das coordenadas geográficas (vista fundo)



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.4 – Equipamentos utilizados para coletar dados em campo

2.4.1 – Termo-higrômetro digital

É um instrumento que mede a temperatura interna / externa e a umidade relativa do ambiente em que opera, em alguns casos um medidor de ponto de orvalho. O modelo de aparelho utilizado nos estudos foi o Termo-higrômetro com sonda da marca Simpla modelo TH02. Segundo informações técnicas do fabricante o aparelho conta com seleção de grau °Celsius e °Fahrenheit, e registro de temperatura máxima e mínima, apoio retrátil, furação traseira com encaixe (para fixação em parede) e indicação das condições ambiente: Comfort (confortável), dry (seco) e wet (úmido).

A faixa de medição do aparelho é: -10 a 50°C (temperatura interna) / -50 a 70°C (temperatura externa) 20 a 90% UR. Sua resolução varia entre 0.1°C e 1% UR, com exatidão de $\pm 1^\circ\text{C}$ e $\pm 5\%$ UR. A Temperatura de operação vai de -10 a 50°C Umidade de operação: 20 a 90%UR (sem condensação).

Em campo esse equipamento foi utilizado para a medição das temperaturas do ambiente, e umidade relativa do ar na localização onde estavam implantadas as telas, em cada dia de coleta de dados de campo conforme pode ser observado na (Tabela 2).

Abaixo figura do Termo-higrômetro Digital.

Figura 16: Digital Termo-higrômetro



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.4.2 – Thermo Anemômetro

Foi utilizado o Thermo Anemômetro da marca AKSo e modelo AK8000A.

Segundo o fabricante a faixa de medição é:

- Velocidade do ar: 0,4 à 30,0 m/s;
- Temperatura: -10 à 50° C

Nos estudos o aparelho foi utilizado para medir a velocidade do vento, sendo o procedimento feito frente a cada tela, e devidamente anotado na já referida Tabela 2.

Abaixo figura do Termo-higrômetro Digital utilizado no estudo.

Figura 17: Thermo Anemômetro digital



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.4.3 – Termômetro Infravermelho (-50 a 380°C)

Segundo o fabricante o Termômetro Infravermelho Simpla modelo TI38 é um termômetro infravermelho ideal para o monitoramento da temperatura de alimentos e/ou produtos que necessitem de medição à distância. Por efetuar suas medições sem contato físico, este instrumento evita possíveis contaminações e danos a embalagens, além de garantir a segurança em medições de temperaturas muito elevadas. Possui mira laser, faixa de medição de -50 a 380°C com resolução de 0.1°C, distância focal de 8:1, registros de máxima de mínima e visor com backlight (luz de fundo)

No estudo esse termômetro infravermelho foi utilizado para medir a temperatura das telas, como pode ser visto na Tabela 2.

Abaixo foto do instrumento citado:

Figura 18: Termômetro Infravermelho (-50 a 380°C)



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.4.4 – Provetas

Segundo o fabricante J. Prolab as provetas são confeccionadas em material de polipropileno, não autolavável e graduadas em alto relevo

Para a medição do volume de água coletada em cada balde de cada protótipo, utilizou-se uma proveta de 250 ml e outra de 500 ml.

Conforme imagem abaixo:

Figura 19: Provetas em polipropileno. Sendo a da direita com capacidade de coleta de 500 ml de água do orvalho e a da esquerda com capacidade de 250ml.



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

2.5 – Coletas de dados feita em campo

As coletas feitas em campo foram feitas entre outubro e dezembro de 2020.

Foram feitas a cada três dias, sempre entre 5:30 h e 6:00 h da manhã.

Primeiramente era medida a temperatura e umidade relativa do ar, utilizando-se o Digital Termo-higrômetro.

Sequencialmente utilizando-se o Termômetro Infravermelho era medida a temperatura de cada tela.

Posteriormente com o Thermo Anemômetro digital verifica-se a velocidade e temperatura do vento.

Por último era retirada a tampa do balde (reservatório) de cada protótipo, para que fosse medido o volume captado de água da nevoa. Tendo ocorrido em alguns intervalos de medição, chuva. Porem esses volumes de água da chuva não foram dispensados, tendo sido devidamente registrado sua volumetria, e que acabou sendo discutido num item a parte da coleta de orvalho.

Exceto algumas amostras reservadas para os testes de laboratório, a água do orvalho após ser medida e devidamente anotado seu volume por tela, era descartada.

Figura 20: Figura mostrando a coleta de água do orvalho da Tela 1, e anotações de dados da Tela 02.



Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Tendo a coleta de todos os dados acima citados, sido rigorosamente anotados para prosseguimento do estudo. Passando então para a fase escrita e analítica do estudo. Bem como a fase de testes em laboratório das amostras coletadas, para verificar-se a qualidade da água coletada.

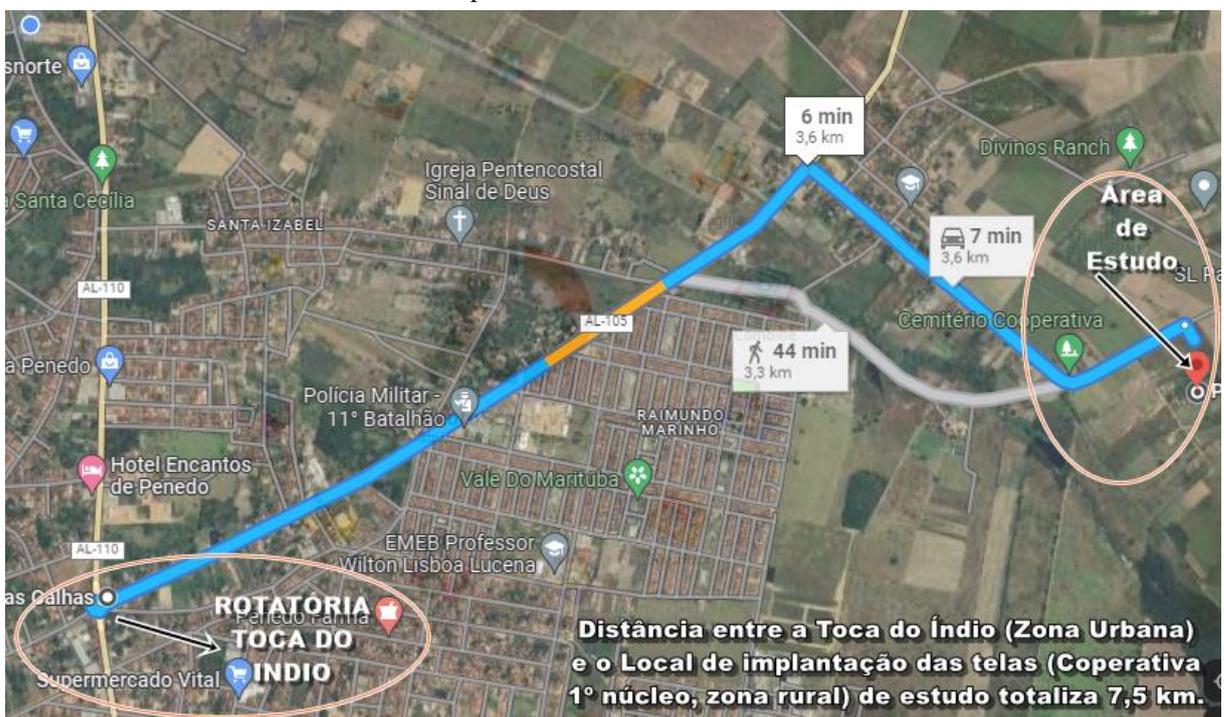
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de implantação das quatro telas do estudo proposto, baseado no modelo Atrapaniebla, foi em uma propriedade residencial rural, localizada no Povoado Cooperativa 1º Núcleo (MZR), município de Penedo (MZU) no Estado de Alagoas, região nordeste do Brasil.

O Município de Penedo conta com 3 acessos/saídas via rodovia e 1 acesso/saída via rio, no porto das Balsas situado no Centro Histórico do município de Penedo.

O Povoado Cooperativa 1º Núcleo dista da rotatória conhecida como Toca do Índio (a citada rotatória dá acesso ao Município de Arapiraca, saída para a cidade de Aracaju, bem como para o sertão alagoano pela AL 110), seguindo pela Avenida Guarani 6,8 km. Se considerado a distância do povoado com relação ao Porto das Balsas essa distância sobe para 11,2 km. À distância entre a Rotatória na Al 110 conhecida como Toca do Índio e a propriedade onde foi implantado as quatro telas de estudo dá em torno de 7,5 km conforme Figura 17 abaixo.

Figura 21: Mapa de acesso partindo da rotatória Toca do Índio (AL 110) até a área onde foram implantadas as telas do estudo.



Fonte: Google Maps, adaptado Fernandes , Lucas (2023)

Na figura 22 mostra a propriedade no Povoado Cooperativa 1º Núcleo (MZR), onde foram instaladas as 4 telas baseadas no modelo Atrapaniebla. Sendo mostrada a delimitação da área domiciliar da propriedade, bem como a cerca que separa a parte onde há uma plantação de cajueiros, tendo sido nessa área, o espaço utilizado para a implantação do protótipo de estudo.

Figura 22: Mapa da propriedade onde foram implantadas as telas do estudo.



Fonte: Google Maps, adaptado Fernandes, Lucas (2023)

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 – A importância da água para o ser humano.

O papel essencial da água para a sobrevivência do ser humano e para o desenvolvimento das sociedades é de conhecimento global nos dias de hoje. Ao mesmo tempo, sabe-se que a sua disponibilidade na natureza não é suficiente para atender a demanda requerida em muitas regiões do planeta, fenômeno que vem se agravando de forma contínua e crescente.

O mundo está vivenciando muitos problemas socioambientais e hídricos, decorrente do crescimento desordenado dos municípios, da poluição dos recursos hídricos e também das estiagens. Devido a isto, a preocupação com atendimento da demanda de água necessária em geral, adquire importância relevante, pois o seu uso aumenta proporcional ao crescimento da população.

Do ponto de vista dos recursos hídricos existentes no planeta, tanto os superficiais quanto os subterrâneos, verificam-se diversos usos demandados pelas populações e pelas atividades econômicas, alguns deles resultando em perdas entre o volume de água captado e o volume que

retorna ao curso d'água (uso consuntivo) e outros sem que estas perdas não se verifiquem (uso não consuntivo). Tomamos como exemplo para o uso consuntivo; abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação e aquicultura e para o uso não consuntivo; geração de energia hidroelétrica, navegação, recreação e pesca.

Conforme dito no Manual de Saneamento da Fiocruz, a extração da água de uma fonte, como um rio lago ou aquífero, chama-se retirada. Depois da retirada, a água poderá ser usada em fazendas (meio rural), cidades ou indústrias e parte dela escoar da fazenda ou pelos ralos naturais e volta à fonte original como vazão de retorno. A porção da água usada que não retorna à fonte é considerada de uso consuntivo, isto é, é perdida ou eliminada da conta de água.

É importante observar a competição entre os usos consuntivos. Em linhas gerais, pode-se observar uma maior superioridade da parcela para uso em irrigação nos continentes com menor desenvolvimento; superando 80% do uso na África e na Ásia e a grande participação da água para uso industrial nos continentes ocupados por países mais desenvolvidos, ou mais industrializados.

Segundo a ANA – Agência Nacional de Águas em seu Manual de Usos Consuntivos de Água no Brasil (2019), os principais usos consuntivos de água no Brasil são o abastecimento humano (urbano e rural), o abastecimento animal, a indústria de transformação, a mineração, a termoelectricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais. Atualmente a irrigação é responsável por 52% das retiradas de água, seguida pelo abastecimento humano 23,8%, indústria de transformação 9,10 % e abastecimento animal 8,0 %.

Um fato curioso é a evaporação líquida de reservatórios artificiais em nosso país, que se constitui em importante uso consuntivo múltiplo da água e é uma informação necessária para reconstituição das séries de vazões naturais nas bacias que abrigam estes reservatórios. Com grandes números do uso da água por evaporação líquida de reservatórios artificiais.

A variação das vazões de retiradas nas unidades federativas, destacando-se São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Ceará como os estados de maior consumo de água por evaporação líquida, reflexo do histórico de implantação de reservatórios de grande porte para geração hidroelétrica ou para usos múltiplos, em especial abastecimento público. Vale destacar a maior participação do Nordeste com 33%, do Sudeste 27% e do Centro Oeste 17%.

De acordo com Di Bernardo e Sabogal Paz (2013), são necessárias, em média, 100 litros de água por dia por pessoa para uma sustentação razoável e para atender todas as suas necessidades. Em países mais desenvolvidos, observa-se gastos maiores, como na Europa onde

gasta-se em média 150 litros por dia; nos Estados Unidos 200 litros por dia, o Chile chega a 150 litros por dia.

Conforme o IPEA (2009) , no livro *Questão Social e Políticas Sociais no Brasil Contemporâneo*, no Brasil a realidade é totalmente outra e bem significativa, a depender da classe social, o que a torna um fator excludente, em locais onde predomina a classe alta, o consumo chega a 400 litros por dia e em locais onde predomina a classe baixa, o consumo possui uma média de 40 litros por dia; essa diferença significativa de lugares e classes sociais, revelam que a população de menor poder aquisitivo também sofre com a ausência de fornecimento e distribuição de água.

Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2017), o consumo médio de água por pessoa por dia, ou como é conhecido por consumo per capita, que é o consumo de água por dia de uma comunidade dividido pelo total da sua população servida. A quantidade de água consumida por uma população varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima e os hábitos da população.

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e outras, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças, como nos casos de gastroenterites. De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem; pela ingestão direta, na preparação dos alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer. Os riscos para a saúde relacionados com a água podem ser distribuídos em duas categorias:

a) Riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e vetores), pelo contato direto ou por meio de insetos vetores;

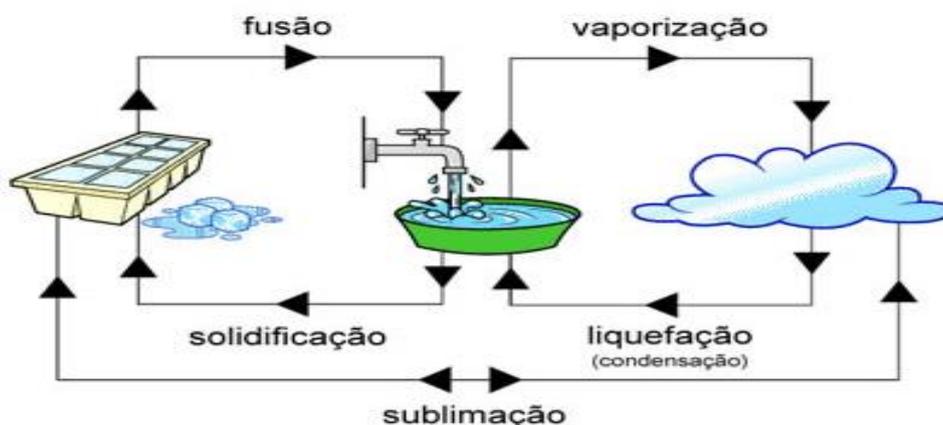
b) Riscos derivados de poluentes químicos e radioativos; geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais.

De acordo com o Atlas de Saneamento – Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (3ª Edição), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE/ 2021, menciona que apesar dos avanços no controle das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, elas ainda foram responsáveis por cerca de 0,90 % de todos os óbitos ocorridos no Brasil entre 2008 e 2019. Entre as mortes ocorridas apenas por doenças infecciosas e parasitárias no Brasil, as DRSAs (Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado) têm participação em 21,70 % dos óbitos no mesmo período, sendo esse percentual maior nas regiões Centro oeste, 42,90 % e nordeste, 27,10 %.

4.2 – Fases e estados da Água com sua distribuição global.

Na natureza a água se apresenta de três formas diferentes: sólida, líquida e gasosa; que também poderá ser chamado de fases da matéria ou estados de agregação da matéria. Em cada fase ou estado, as substâncias têm características moleculares diferentes, podendo se organizar de diferentes formas, que é o que vai diferenciar cada estado físico da água. A mudança do estado físico da água se dá também pelo recebimento ou perda de calor que a água recebe, ou seja, o calor afasta as moléculas e o resfriamento junta as mesmas. A água que estiver no estado sólido pode passar para o estado líquido e vice-versa. E também a água que estiver no estado líquido passa para o estado gasoso e vice-versa, por isso pode-se dizer que as fases da água são reversíveis, conforme ilustra a figura abaixo.

Figura 23: Passagem da água da fase líquida para a fase sólida e vice-versa.



Fonte: <http://cienciaparavida.blogspot.com>. Acesso em: 10/06/2022

A água é capaz de mudar de uma fase para outra de acordo com as condições do ambiente, como no caso do Ciclo da Água ou Ciclo Hidrológico, onde há constante modificação das moléculas.

Figura 24: Ciclo da Água ou Ciclo Hidrológico



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/30598022>. Acesso em: 12/10/2022

A circulação contínua e a distribuição da água sobre a superfície terrestre, subsolo, atmosfera e oceanos são conhecidas como Ciclo Hidrológico. A radiação solar e a gravidade são os principais agentes que governam os processos do Ciclo Hidrológico. Existem seis processos básicos no Ciclo Hidrológico; Evaporação, Precipitação, Infiltração, Transpiração, Escoamento Superficial e Subterrâneo. Os mecanismos que regem o Ciclo Hidrológico são concomitantes, o que não permite caracterizar o seu início ou fim.

Segundo a Associação Brasileira de Recursos Hídricos, em escala continental, cerca de 25% do volume d'água que atinge o solo alcança os oceanos, ao passo que 75% volta à atmosfera por evapotranspiração.

Como é sabido, os recursos hídricos constituem um bem natural renovável, cujo volume total no globo terrestre é relativamente constante ao longo dos tempos, com uma distribuição variável no tempo e no espaço, entre os diversos compartimentos ambientais.

Na atmosfera terrestre, a água envolve cerca de 71% de toda sua superfície, ou seja, 2/3 da superfície do planeta; este percentual encontra-se dividido em estado líquido (rios, lagos e mares), em estado sólido (geleiras), em aquíferos e na atmosfera. Calcula-se que o volume total de água na terra está estimado em 1.386 MKm³ (milhões de quilômetros cúbicos), sendo que

97,50% deste total estão armazenados nos oceanos e mares e que apenas 2,50% corresponde a reserva de água doce; conforme pode ser observado na figura abaixo.

Figura 25: Distribuição de água no mundo



Fonte: <https://euhidrologista.wordpress.com/2013/11/11/agua/>. Acesso em 12/10/2022

Se faz importante observar que do total de água doce (2,50%), somente 1,20 % (0,3% + 0,9%) encontra-se disponível em rios, lagos e outros reservatórios, onde o volume de água na atmosfera é superior ao volume líquido acessível.

4.3 – Situação de escassez e sua problemática em regiões semiáridas.

A água é um bem essencial à vida, dotada de valor econômico, cumpre seu ciclo global a partir das precipitações, retornando à atmosfera através da evaporação de corpos de água e transpiração dos vegetais. Os componentes hidrológicos deste ciclo se distribuem desuniformemente entre as diversas regiões do planeta, razão por que são afetados por ações antrópicas capazes de alterar sua disponibilidade, em termos quantitativos e qualitativos. Dentre as regiões submetidas a cenários de escassez de água, se destacam as zonas semiáridas no nordeste brasileiro, sujeitas as chuvas de distribuição irregular, no tempo e no espaço, produzindo períodos de estiagem aguda.

O semiárido brasileiro abrange a maior parte dos estados do Nordeste e a região setentrional de Minas Gerais, ocupando uma área total de 969.589,40 Km² (Cirilo, 2007, p.508);

com precipitação média anual de 750 mm, embora em algumas áreas a precipitação média não ultrapasse 400 mm anuais. A Figura abaixo mostra a Região do Semiárido.

Figura 26: Delimitação do Semiárido 2021



Fonte: SUDENE, 2021

Do ponto de vista hidrológico, seu aspecto mais proeminente é a contínua interrupção na disponibilidade natural de água. Em contraponto, nas regiões áridas há constante indisponibilidade natural, enquanto nas regiões úmidas há disponibilidade natural contínua. Como consequência, ocorre no semiárido, carência de intervenção humana para que a vida social se viabilize, fazendo com que tais regiões sejam de baixa densidade populacional.

No caso brasileiro, sua região semiárida, a mais populosa do globo, apresenta a mesma densidade média do país, superior a 20 hab/Km², o que torna um desafio incontestável.

Batista e Freitas no editorial Geografia da Fome, 75 anos (Recife, 2021), as Nações Unidas costumam fazer a classificação dos seus países membros, tendo por base a repartição das descargas médias de longo período de seus rios, pelas respectivas populações. Assim, os países são classificados em seis categorias: 1. MUITO POBRES, ou seja, aqueles países com menos de 500 M³/ ano per capita de água nos seus rios; 2. POBRES, são os países com potencial de água fluindo pelos rios capazes de proporcionar entre 500 e 1.000 M³/ ano per capita; 3. REGULARES, são os países com potenciais entre 1.000 e 2.000 M³/ ano per capita; 4. SUFICIENTES, são os países com potenciais de água fluindo entre 2.000 e 10.000 M³/ ano per capita; 5. RICOS, entre 10.000 e 100.000 M³/ ano per capita, e MUITO RICOS, os países em que a descarga média de longo período de seus rios proporciona mais de 100.000 M³/ ano per capita.

Vale destacar, que nesta classificação, o Brasil, cujas descargas médias de longo período de seus rios são de 5.764 Km³/ ano, representa uma oferta da ordem de 27.450 M³/ ano per capita (RICO), considerando sua população de 210.000.000 de habitantes. Entretanto, nessa classificação não se considera que 79% desses potenciais estão nas regiões hidrográficas do Amazonas (73%) e Tocantins (6%), regiões onde a densidade de população são as mais baixas, respetivamente de 4% e 2%. (Rebouças et Al – 2002).

4.4 – Fontes alternativas de suprimento de água.

Existe seis opções gerais para equilibrar ou aumentar o Balanço Hídrico de uma comunidade. Algumas envolvem aproveitar novas fontes, outras o armazenamento para aliviar a falta temporária e outras ainda a redução do que deve ser retirado ou usado. Descreverei a seguir, cada uma das seis opções, na ordem geral do custo mais alto para o mais baixo; dessalinização, reuso, importação, armazenamento, gestão de bacias hidrográficas e conservação.

4.4.1 – Dessalinização.

Torri em sua monografia cujo o tema foi Dessalinização de água Salobra e/ou Salgada: Metodos, custo e aplicação (2015), a dessalinização trata-se de um processo tecnológico que remove sais e outros minerais da água do mar ou da água salobra subterrânea. No modo tradicional, é um processo de destilação em que se ferve a água salgada para separar, por evaporação, a água doce dos sais, mas recentemente a osmose reversa, passou a ser o método preferido por ser menos cara. Na osmose reversa, a água salgada é forçada a atravessar uma

membrana semipermeável, permitindo a passagem de moléculas de água, mais não de sais e outros minerais. Tipicamente, cerca de metade da água salgada processada na dessalinização se torna água doce, e o que sobra é um resíduo concentradíssimo chamado de salmoura ou concentrado. A dessalinização pode ser uma opção factível e atraente para criar oferta adicional de água em litorais ou lugares onde aquíferos salobros possa ser aproveitado com facilidade.

Com o crescimento da população costeira, o uso mais intenso da dessalinização poderia aliviar bastante a pressão sobre outras fontes de água doce. A maior desvantagem é o custo. Este método continua a ser o mais caro para se obter água doce, seu custo elevado se deve a grande necessidade de energia elétrica. Ainda segundo Torri (2015), hoje há quase 16.000 usinas de dessalinização no mundo, com as maiores na Arábia Saudita, nos Emirados Árabes Unidos e em Israel. O uso desse método cresce com rapidez, mas todas as usinas do mundo hoje ainda oferecem menos de 1% de todas as retiradas de água doce.

4.4.2 – Reuso da Água.

Também conhecido como reciclagem, o Reúso da Água envolve purificar a água depois de usada em residências, empresas ou indústrias, e dar-lhe novo uso. No processo, as impurezas são removidas das águas servidas até um nível apropriado para o reuso pretendido. O mais comum é aproveitar essa água em fazendas, campos de golfe, lavagem de ruas; as vezes ela é usada no resfriamento de usinas elétricas ou em outros processos industriais. Israel é o líder global desse processo e reusa 80% de toda a água retirada de fontes de água doce. O segundo maior reusuário é a Espanha com apenas 17% e todos os outros países estão muito atrás. (MANCUSO, SANTOS (2003)

Há poucos lugares, onde a água de reúso volta a ser potável, principalmente devido à aversão psicológica e não por temores legítimos quanto a qualidade da água; o chamado fator nojo, reação comum a ideia de beber água servida, por mais limpa que seja, reação de uma sociedade fecofóbica.

Com tratamento adequado, quase toda água servida pode ser usada seguramente como água potável. Por exemplo, Singapura distribui em garrafas a água reciclada ou a canaliza em residências ou empresas sob a marca NewWater, ao passo que os astronautas que viajam pelo espaço reciclam a própria urina e outras águas servidas e a bebem a bordo das espaçonaves enquanto estão em órbita.

O custo do reúso da água costuma ser alto pela mesma razão que encarece a dessalinização; o processo de remover das águas servidas substâncias indesejáveis exige muita

energia elétrica. No entanto, as tecnologias de reúso são cada vez mais personalizadas para produzir água tratada de qualidade e adequada ao uso final, e isso pode ser muito mais barato do que tratar sempre a água como se fosse destinada para beber. O reúso da água faz todo o sentido quando há períodos, como as secas, em a cidade ou indústrias simplesmente não pode retirar água suficiente do rio por estar baixo demais ou porque a cidade não tem direito de usar água adicional. Com o reúso, a cidade não precisará retirar tanta água do rio ; lagoa ou aquífero e ficará menos vulnerável ao baixo nível de água.

4.4.3- Importação de Água.

Conforme posto pela Fundação Alexandre de Gusmão, no livro OS FUNDAMENTOS DA GEOPOLÍTICA CLÁSSICA: MAHAN, MACKINDER, SPYKMAN (2021), durante milhares de anos, quando a necessidades hídrica excedia o que as fontes locais podiam oferecer, cidades e fazendas conseguiam água complementar recorrendo a outras fontes. Centenas de anos antes de Cristo o uso de água em Roma reduziu muito a vazão do Rio Tibre, que passa pelo centro da cidade. A partir de 312 AC, os romanos começaram a construir aquedutos para transportar água adicional. Quando a população da cidade de Roma chegou a um milhão de habitantes, onze aquedutos forneciam aproximadamente mil litros por pessoa por dia ($q = 1.000$ l/ hab. Dia), mais dos que os habitantes urbanos recebem atualmente nas grandes cidades, parte dessa água vinha de quase 100 KM de distancia.

Ao contrário dos aquedutos romanos, que deslocavam a água usando apenas gravidade, a maioria dos projetos de importação de água de hoje, precisa de muita energia para deslocar (Recalcar) a água morro acima em alguns momentos, o que torna essa água caríssima. Outro grande problema da importação de água, também chamada de Integração entre bacias, é que ela pode provocar ou intensificar a escassez de água em outras bacias hidrográficas. Um exemplo desta solução é o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF da CODEVASF) que transporta água para suprir demandas sazonais dos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte.

A água também pode ser importada virtualmente, por meio do comércio de mercadorias que exijam água em sua produção. A expressão Água Virtual foi cunhada pelo professor Tony Allan, do King's College, em Londres, para demonstrar que as frutas, a cevada, o malte da cerveja e o algodão da camisa, por exemplo, precisam de água em seu cultivo ou manufatura, originando o conceito de Pegada Hídrica dos produtos. A título de exemplificação, consome-se em média: 5,5 litros para produzir 1 litro de cerveja e 2.500 litros para uma camisa de algodão,

por este entendimento, quando enviamos essas mercadorias de um lugar a outro, na verdade transportamos água virtual. A figura 26, abaixo esclarece o Conceito de Pegada Hídrica.

Figura 27: Pegada Hídrica dos produtos



Fonte: <https://euhidrologista.wordpress.com/2013/11/11/agua/>. Acesso em: 10/06/2022

Embora gere problemas econômicos, ambientais e sociais graves, a importação de água foi usada há muito tempo para aliviar faltas de água locais e continuam sendo utilizadas até hoje. Segundo estimativas, mais de 350 sistemas de transferência de grande volume de água foram construídos nos últimos 60 anos. Provavelmente, metrópoles como Los Angeles, Denver, Nova York, Mumbai, Karachi, Tel Aviv e cidade do Cabo, continuariam a ser cidades pequenas se não tivessem construído canais e adutoras para importar água de outras Bacias Hidrográficas.

4.4.4 – Armazenamento de Água.

Construir represas para armazenar água traz muitas desvantagens; uma delas é o custo. Na série de opções aqui discutidas, a construção de represas fica na faixa média do custo benefício. As represas e os reservatórios a elas associados podem causar imenso impacto ambiental e social. Elas são a principal causa do declínio de peixes e outras espécies fluvial no mundo inteiro, por bloquearem seus movimentos e mudarem a vazão de água, nutrientes e sedimentos no ecossistema do rio. Elas também desorganizam a vida de centenas de milhões

de pessoas, que perderam seu meio de vida e até seus lares com a construção de represas. (Richter Etal. 2010).

Os reservatórios criados pelas represas também podem perder muita água com a evaporação, principalmente em regiões áridas e semiáridas, como no nosso sertão nordestino. Em razão das perdas por evaporação destes reservatórios, armazenar água subterrânea para utilização posterior é uma solução inteligente que vem obtendo popularidade.

4.4.5 – Gestão de Bacias Hidrográficas.

A vegetação e o solo das Bacias Hidrográficas influenciam o modo como a água se desloca através delas ou penetra nos aquíferos; alguns tipos de vegetação usam mais água do que outros. Há muitas estratégias de gestão de Bacias Hidrográficas para influenciar a vazão e a qualidade da água, e várias têm excelente relação custo benefício para disponibilizar mais água.

A remoção de arbustos e árvores de raízes profundas que usam a água consultivamente e sua substituição por gramíneas podem liberar água. Vale citar o exemplo da África do Sul, onde foram introduzidas mais de nove mil espécies vegetais exóticas, como os sedentos Eucaliptos da Austrália, que mudaram a paisagem e a biodiversidade deste país e também o balanço hídrico das suas bacias hidrográficas. Um programa chamado Working for Watter (Trabalhar pela Água) empregou mais de 20 mil sul africanos para remover a vegetação indesejável de mais de um milhão de hectares, que resultou em um aumento de mais de 10% na vazão dos rios destas bacias.

Vale aqui destacar que na nossa região do semiárido nordestino, foi introduzida uma espécie vegetal exótica, conhecida cientificamente como *Azadirachta Indica*, é conhecida pelos nomes comuns de *amargosa* e *nim*, que merece ser melhor analisada quanto aos seus ganhos ambientais. Tendo sido inclusive as estroncas de madeira utilizadas nesse estudo dessa madeira utilizada nesse projeto.

4.4.6 – Conservação da Água.

Devido a ótima relação custo – benefício e aos benefícios ambientais, a Conservação da Água, isto é, menos água tirada de rios, lagos e aquíferos, deverá ser sempre o primeiro lugar a investir, e seu potencial deverá ser maximizado antes de empregar as outras opções discutidas anteriormente. De forma resumida existe apenas duas maneiras de aplicar com eficácia a conservação da água: Em primeiro lugar, investir em medidas que reduzam a perda consultiva de água na bacia hidrográfica ou aquífero, deixando assim, mais água para os habitantes e a

natureza. Em segundo lugar, fazer o possível para reduzir a necessidade de retirada de água das fontes de água doce.

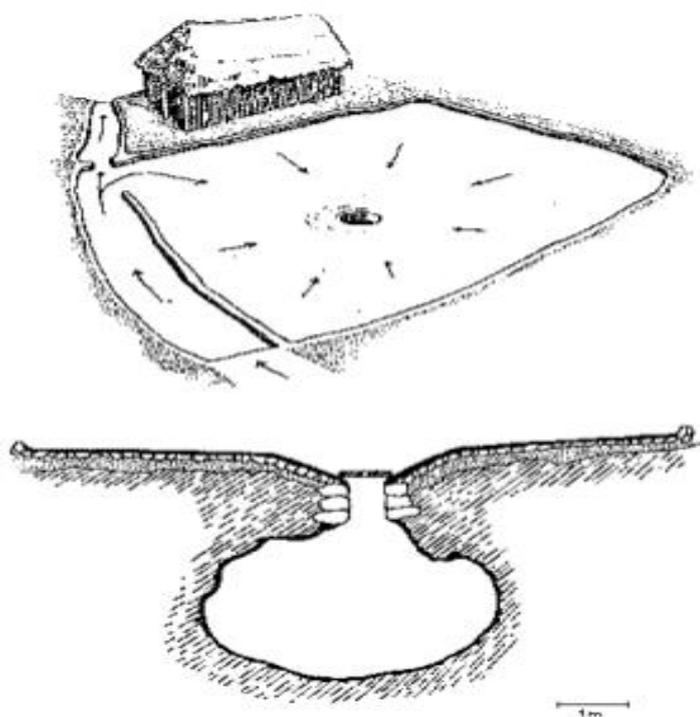
Nas cidades, os encanamentos que vazam devem ser o primeiro lugar no qual buscar oportunidades para reduzir a retirada de água. A Agência de Proteção Ambiental nos Estados Unidos estima que cerca de 17% da água fornecida a residências e empresas no país se perde com vazamentos. Boston perde 30% da água e Londres quase 50%. Dados do Brasil, apresentados pelo Instituto Trata Brasil (Fonte SNIS 2013), apontam para uma perda média de 39,07%; na região nordeste de 45,03% e no estado de Alagoas de expressivos 63,36%.

É importante destacar que os maiores usuários de água no lar, são a máquina de lavar, o vaso sanitário e o chuveiro; então é nesses lugares que devemos ter cuidado especial.

4.5 – Métodos de Captação de água para regiões semiáridas.

Tendo em vista que a captação de água não é uma prática atual, os Métodos de Utilização da Água de chuva são existentes por vários povos como fonte de abastecimento, como os Incas, os Astecas e os Maias, no Século X. No sul do México, a agricultura era fundamentada pela água da chuva coletada, sendo após, armazenado em cisternas que suportavam volumes de 20 a 45 metros cúbicos e, eram chamadas pelos Maias de Chultuns (Gnadlinger, 2006).

Figura 28: Chultuns (Reservatório de água) – Cisterna do Século X.



Fonte: Gnadlinger, 2006

Na região do semiárido nordestino, esta prática foi bastante difundida pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF e pela Articulação do Semi Àrido – ASA, com o fornecimento e instalação de cisternas para captação de água de chuva, com volumes de 16 M3 e 50 M3, respectivamente. Estes modelos estão ilustrados na Figura 28 abaixo:

Figura 29: Cisternas para captação de água de chuva



A



B

Modelo Codeavsf – PEAD – 16 m³.

Modelo ASA – Placas – 50 m³

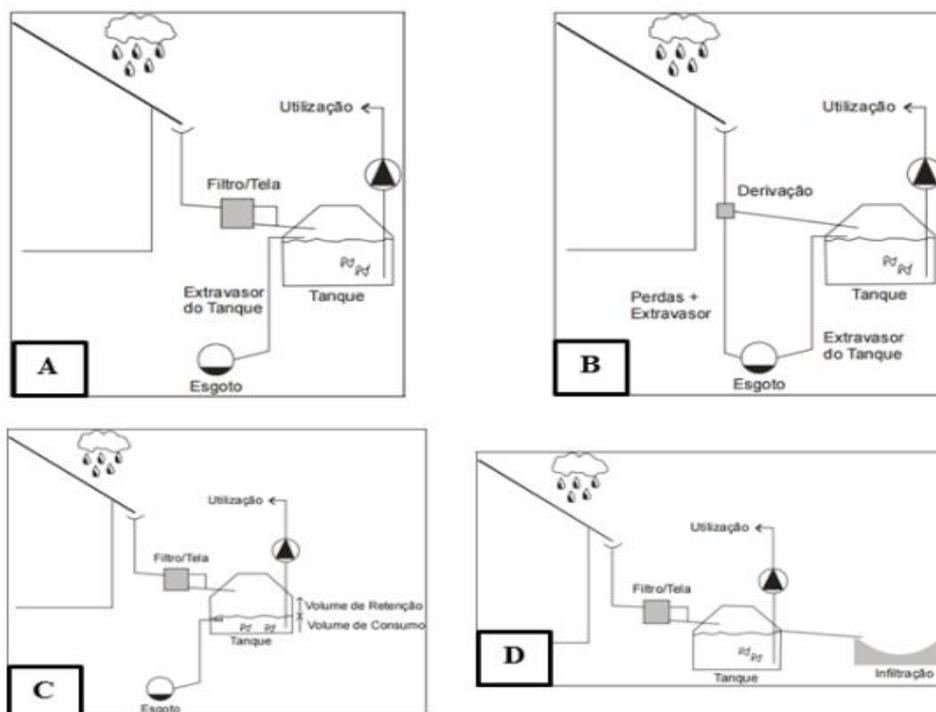
Fonte: A: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/junho/forca-tarefa-das-aguas-leva-612-cisternas-a-comunidades-rurais-da-bahia>. Acesso em: 20/10/2021

B: https://issuu.com/acaatinga/docs/cartilha_cisterna_de_placas. Acesso em: 20/06/2021

4.5.1 – Métodos de Captação em países que há chuvas.

No Brasil pratica-se quatro formas construtivas para aproveitamento de água de chuva, que são: Sistema de Fluxo Total, Sistema com Derivação, Sistema com volume de Retenção e Sistema com Infiltração no Solo. As Figuras abaixo representam estes Sistemas Construtivos.

Figura 30: Quatro formas construtivas para aproveitamento de água de chuva, que são: Sistema de Fluxo Total, Sistema com Derivação, Sistema com volume de Retenção e Sistema com Infiltração no Solo.



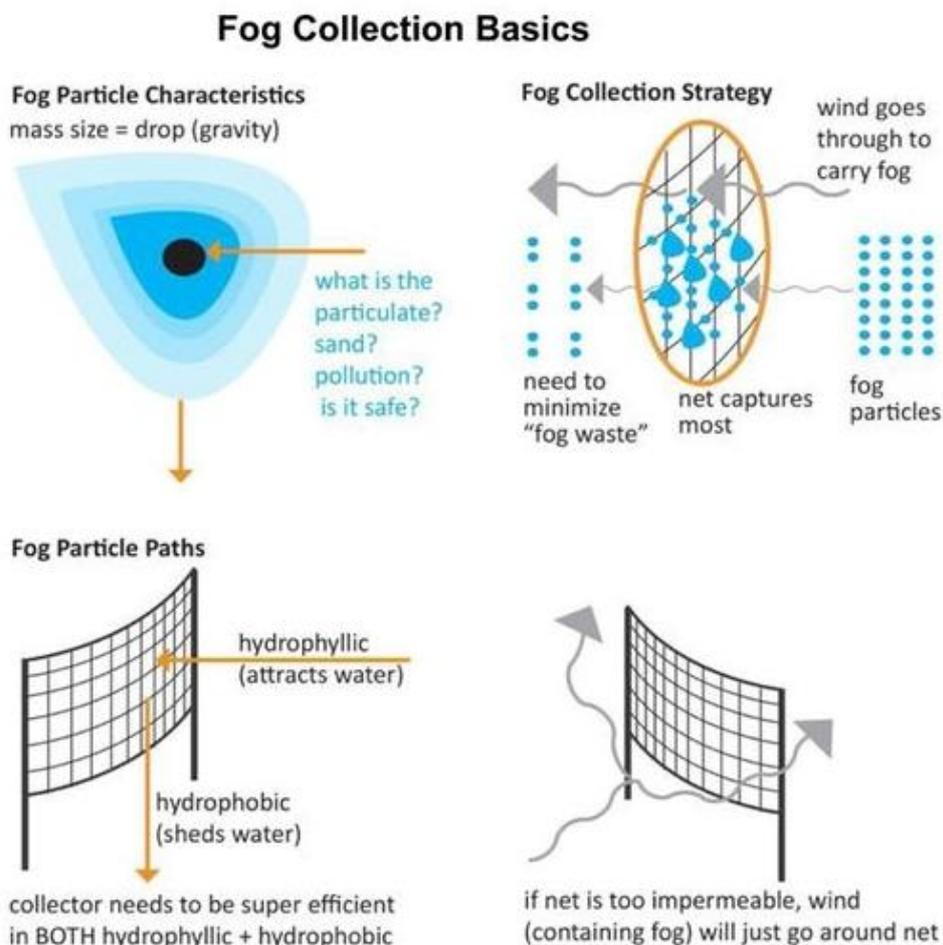
Fonte: Adaptado por Fernandes , Lucas (2023), com base em Herrmann e Schimida, 1999

4.5.2 – Métodos de Captação em países que não chuva.

A forma de captação de água de chuva em regiões onde o índice de precipitações é pouco ou nulo, tornam-se ineficazes para abastecimento do consumo de populações e também para o seu uso regular na produção agrícola. Pensando nisso, a Organização Canadense FOGQUEST-SUSTAINABLE WATER SOLUTIONS (Missão Nevoeiro – Soluções Sustentáveis de Água), foi fundada em 2011 com o propósito de implantar e coordenar projetos de coleta do nevoeiro para produção de água limpa, seu diretores e funcionários acreditam que este método é um sistema eficaz para produção de água para abastecimento das populações de países em desenvolvimento.

Na última década, em várias partes do mundo, vem sendo desenvolvidos vários métodos de diferentes formas, com pesquisas em Centros Universitários, por organizações não governamentais ou através de fundações humanitárias. Como recurso natural o nevoeiro também pode ser um grande contribuinte para o consumo humano.

Figura 31: Coleta de neblina



Fonte: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/ra/d0ra03939j#fig1>. Acesso em 10/07/2021.

Quezada Gutierrez (2009) explica que a névoa é um fenômeno pertencente ao Ciclo Hidrológico, sendo a etapa anterior às precipitações, ou seja, são as partículas que através da evaporação são armazenadas nas nuvens e não atingem peso suficiente para a queda, permanecendo suspensas no ar e podem ser movidas pelo vento.

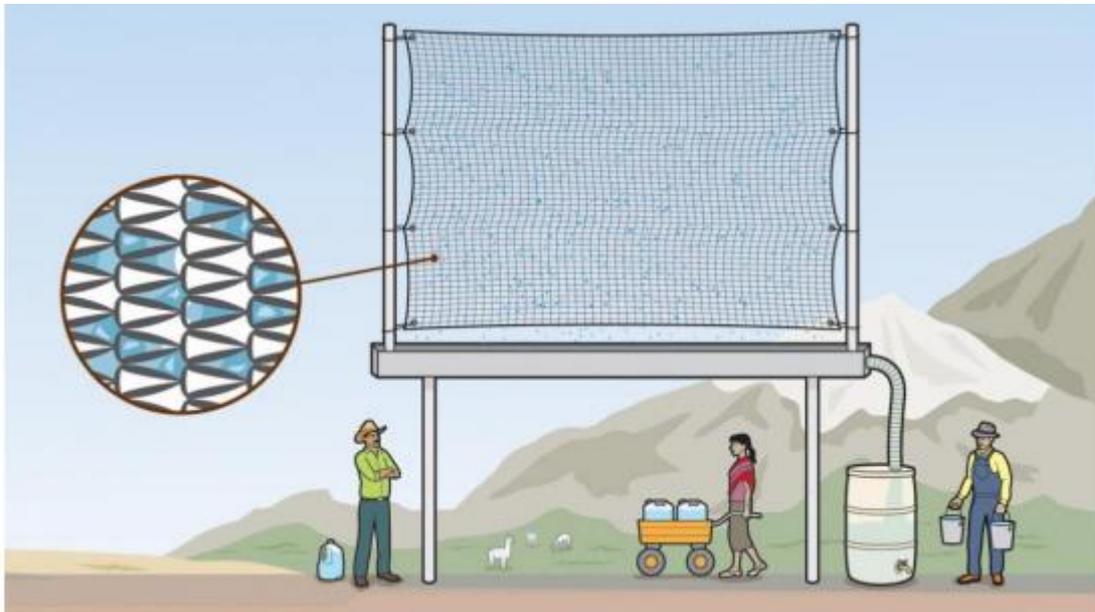
O Chile, no deserto de Atacama, foi pioneiro com a ideia inovadora de criação do captor de nevoeiro ou LARGE FOG COLLECTORS – LFC (Grandes Coletores de Nevoeiro), para combater o problema de escassez hídrica.

Nas últimas décadas, projetos de captores também foram implantados em regiões como Peru, Equador, África do Sul, Nepal, Espanha e Cabo Verde. (Shemenauer; Cereceda; Osses, 2015) Figura 31.

A forma de captação tradicionalmente utilizada no Chile é chamada de ATRAPANIEBLA, que significa algo em português como Capta Nuvem. O método consiste

em malhas de polietileno de alta densidade, instalada entre dois postes de madeira ou de aço, onde os fios de plástico, da malha estendida, retém a neblina que escorre dentro de uma canaleta destinada a um reservatório de Armazenamento. Quezada Gutierrez (2009), cita que este reservatório armazena a água captada, onde a mesma é de origem totalmente potável, sendo possível seu uso para várias utilidades.

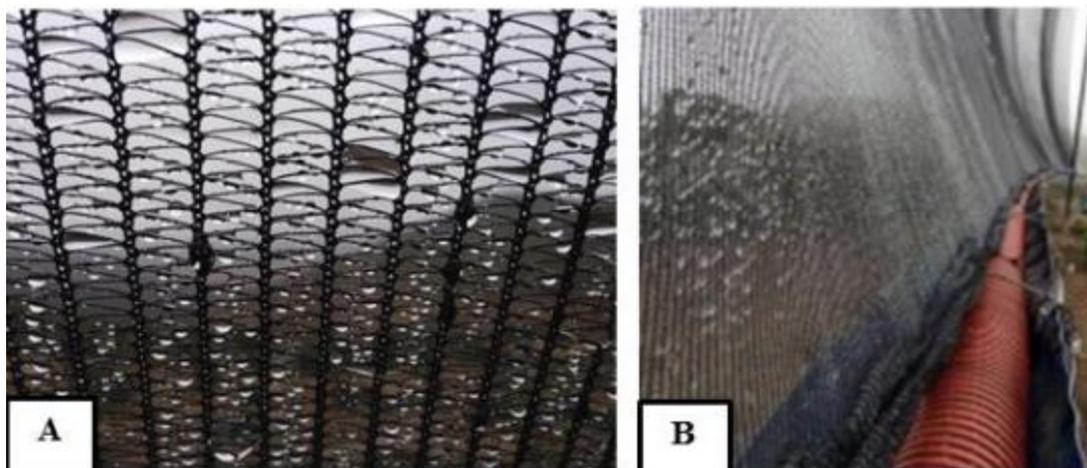
Figura 32: Forma de captação tradicionalmente utilizada no Chile é chamada de ATRAPANIEBLA.



Fonte: Brown, 2014^a

Continuando, o autor explica que as ATRAPANIEBLAS devem ficar perpendiculares ao vento, para desta forma, receber a nuvem de frente e entrar em contato com mais umidade. Quando a névoa atravessa a ATRAPANIEBLA a malha captura as gotículas de água, que se aglomeram na tela até formar uma gota maior, com peso suficiente para escorrer até uma canaleta . Dessa calha captora, a água desce por uma tubulação vedada até os reservatórios localizados na base da montanha, onde fica pronta para ser usada. (Quezada Gutierrez, 2009). A figura 32 ilustra o seu funcionamento.

Figura 33: Funcionamento do modelo Atrapaniebla.



Fonte: Adaptado por Fernandes , Lucas (2023), com base em DOMINGA, 2015

O modelo de ATRAPANIEBLA BIDIMENSIONAL nasceu no Chile a partir de 1980 e ganhou grande influência no decorrer das décadas, sendo o mais usual atualmente. Na década de 80, os primeiros coletores eram apoiados em postes de madeira e executados com tela de nylon. Eles foram instalados distanciados a 12 metros cada poste, onde foi instalada uma malha tipo Raschelde com 4 metros de altura e podem variar de tamanho, sendo simples ou múltiplos com mais malhas de captação. O rendimento médio desse tipo de ATRAPANIEBLA pode variar de 2 a 6 litros por dia, por metro quadrado – (2 a 6 L/dia.M2). (Mateus, 2015).

Figura 34: Modelo Atrapaniebla bidimensional



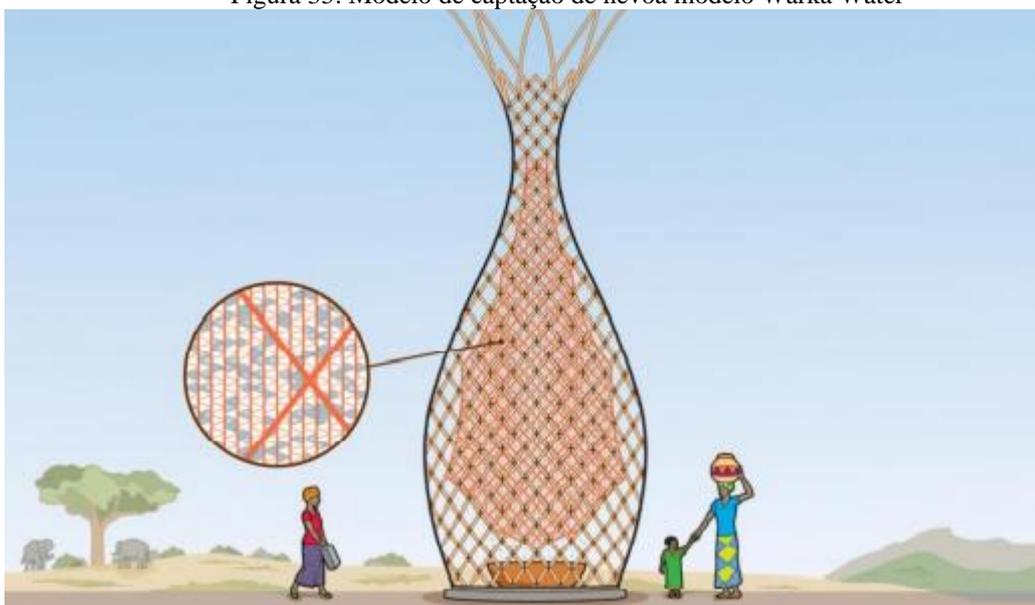
Fonte: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=2675897702>. Acesso em: 05/08/2021.

4.5.3- Atrapaniebla Bidimensional.

Desde as primeiras experiências realizadas no deserto de Atacama, no Chile, outras iniciativas surgiram. Como exemplo, estão os projetos apoiados pela FOGQUEST; a organização Canadense, que recebe fundos através de verbas de instituições, doações de pessoas físicas e jurídicas e pelas taxas pagas por indivíduos, colaborando desde 2001 com os primeiros projetos criados. O processo ocorre primeiramente com a valiação das condições locais, logo são instalados pequenos coletores chamados de STANDARD FOG COLLECTORS (SFCs) – Coletores de Nevoeiro Padrão, para proceder testes de captação, se o local se mostrar de boa produtividade, o coletor de água pode ser construído. (FOGQUEST, 2011).

Apesar de ser o mais comum, e de baixo custo, o Chileno apanhador de nevoeiro plano não é o único projeto desenvolvido para este escopo. Desde de 2012, na Etiópia vem sendo desenvolvido protótipos que diferem totalmente da ideia padrão retangular que vinha sendo utilizada, a WARKA WATER (Warka Água) tem um formato inovador, conforme Figura 34. Sua forma foi inspirada em colmeias de cupins e em plantas e animais que desenvolvem características que permitem recolhimento de água do ar para sobrevivência, como teias de aranha e cactus. Mas a escolha do design deve-se ao típico artesanato Etíope através das cestarias e armadilhas para peixes. (Warka Water, 2015).

Figura 35: Modelo de captação de nevoa modelo Warka Water



Fonte: Brown, 2014b, texto digital

A estrutura que leva o nome devido a árvore WARKA, uma espécie de figueira comum e de elevada importância na cultura e ecossistema da Etiópia, consiste numa torre de 9,50

metros. Construída com materiais locais e biodegradáveis, como bambu, cordas de fibras e bioplástico, conforme mostrado na figura anterior.

A captação é feita através da malha, que envolve a estrutura, onde a água condensa sobre a tela formando gotículas líquidas, essas caem por gravidade em um recipiente localizado na parte inferior da estrutura, onde deve ser colhida antes do nascer do sol pela pessoa designada como gerente de água ou alguém que faça parte da manutenção da mesma. (Warka Water, 2015).

Como dados de captação, tem-se o exemplo do primeiro modelo criado em 2015, que permite coleta diária de 13 a 26 galões ou seja, equivalentes a 50 a 100 litros, sendo direcionado a tanques de água com capacidade de 3.000 litros.

Utilizada não só como bem público para consumo, a ideia de captar água através de coletores já ganhou âmbito comercial, tal como a água da névoa dos céus de Canárias, a marca ganhou denominação de GAROÉ, decorrente de uma árvore histórica sagrada dos pré colombianos na Ilha de El Hierro. A empresa espanhola Agualternativa Engenharia SL que produz as embalagens de comercialização da água foi quem criou os captadores NRP no topo de Tenerife na ilha de Canárias na Espanha, e a comercializa (AGUALTERNATIVA INGENIERÍA S.L., [2015]).

Figura 36: Água da névoa dos céus de Canárias, a marca ganhou denominação de GAROÉ



Fonte: Agualternativa Ingenieria S.L, 2015

Mas a utilização mais original da água que vem do céu acontece em Peña Blanca, 100 km mais ao Sul. Alimentada pela água de apenas duas pequenas malhas montadas no topo de uma de suas montanhas, funciona uma cervejaria artesanal. A Cervejaria Atrapaniebla tem três tonéis e uma câmara fria e produz 24 mil litros da bebida por ano. A boa Atrapaniebla, nome do rótulo, é uma Scottish Ale produzida com 100% de água captada do ar. “Sem fontes de água na quantidade que precisávamos, tivemos que apelar para as nuvens. Além disso, a água da camanchaca é de excelente qualidade, e dá particularidades especiais à nossa cerveja”, diz

Miguel Carcuro, dono e desenvolvedor da cervejaria. É a desculpa que você precisava para tomar cerveja – dessa vez, uma que caiu, literalmente, do céu.

Figura 37: Cerveja Atrapaniebla, produzida no Chile com água da nevoa (como possível ver ao fundo da imagem telas captoras de água do orvalho).



Fonte: <https://www.uol.com.br/nossa/noticias/afp/2022/07/02/como-agua-da-neblina-no-chile-se-transforma-em-cerveja-com-sabor-unico.htm>. Acesso em 07/10/2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa com exposição do desenvolvimento, apresentação dos resultados, análises e discussão destes.

Foram construídos quatro protótipos bidimensionais, com as dimensões internas de (1,20 x 1,50) metros, sendo dois com tela na cor branca e dois com tela na cor preta.

Os resultados foram obtidos durante três meses de pesquisa, outubro, novembro e dezembro de 2020, sendo realizado coletas a cada três dias, que serão apresentados e analisados a seguir.

5.1 Dados coletados dos protótipos

Através de coletas efetuadas, em média, a cada três dias, nos Protótipos; T1B (Tela 1 - cor Branca), T2P (Tela 2- cor Preta), T3B (Tela 3- cor Branca) e T4P (Tela 4 -cor Preta), pelo próprio pesquisador, obtiveram-se os valores demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Dados coletados das telas de captação de orvalho, entre 01/10/2020 à 30/12/2020

DATA	COLETA				TEMP. AMB. (°C)	TEMPERATURA TELA (°C)				MID. REL. DO AR - UF (%)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)				PONTO ORVALHO TO (°C)	OBS.
	TA.B (ml)	TB.P (ml)	TC.B (ml)	TD.P (ml)		TA (°C)	TB (°C)	TC (°C)	TD (°C)		A	B	C	D		
	1/10/20	0	0	0		0	26	15,4	16		12,4	16,8	83	0,3		
4/10/20	12	76	12	34	26,9	10,7	21,6	12,4	24,4	75	0,9	0,9	0,9	0,9	chuva	
7/10/20	0	0	0	0	25,7	18,5	18,6	18,3	18,7	72	0,7	0,7	0,7	0,7	-	
10/10/20	0	12	0	38	26,6	21,3	20,3	19,5	22,6	73	0,8	0,8	0,8	0,8	-	
13/10/20	20	6	20	10	25,2	22,1	22,3	22,6	23,2	75	1,1	1,1	1,1	1,1	-	
16/10/20	42	34	48	60	26	22,3	20,6	20,6	22,4	68	0,2	0,2	0,2	0,2	-	
19/10/20	22	6	22	10	25	21,8	21,1	20,8	23,1	71	0,8	0,8	0,8	0,8	-	
22/10/20	60	14	14	14	24,2	24,2	23,2	22,8	24,4	75	1,7	1,7	1,7	1,7	-	
25/10/20	4	0	8	4	26,4	22,8	21,3	21,4	22,2	72	0,7	0,7	0,7	0,7	-	
28/10/20	0	0	0	0	27,4	23,9	23,5	24	24,7	70	2,6	2,6	2,6	2,6	-	
31/10/20	2.374	2.636	2.500	2.622	27,1	23,1	23,6	23	23	77	2,4	2,4	2,4	2,4	chuva	
3/11/20	18	2	10	6	27,4	27,4	22,7	22	23,7	77	0,6	0,6	0,6	0,6	-	
6/11/20	340	160	192	152	27,8	23,4	23,6	21,1	23,2	76	0,6	0,6	0,6	0,6	-	
9/11/20	2.380	1.750	1.032	1.124	27,8	21,3	20,8	21,2	21	73	1,3	1,3	1,3	1,3	chuva	
12/11/20	330	466	332	576	26,4	21,9	23,2	21,5	21,6	72	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
16/11/20	20	0	0	2	27,3	25,1	25,6	24,1	21,2	73	1,2	1,2	1,2	1,2	-	
20/11/20	0	0	0	0	27,8	24,8	24,6	24,4	23,7	74	3,4	3,4	3,4	3,4	-	
23/11/20	4	0	4	0	28	20,5	20,5	20,3	20,4	72	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
26/11/20	500	700	278	694	26,5	22,6	22,7	22,3	22	70	0,6	0,6	0,6	0,6	chuva	
28/11/20	6.000	10.500	6.500	9.500	28,2	26,3	27,4	27,6	27,5	70	3,3	3,3	3,3	3,3	chuva	
29/11/20	50	14	36	34	24	24,7	22,9	21,2	23,9	76	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
2/12/20	10	0	0	10	27,6	24,9	27,1	23,9	25	67	0,3	0,9	1	10	-	
5/12/20	10	0	0	8	27,4	23,6	23,8	23	23,4	74	1,8	0,8	1,2	1,4	-	
9/12/20	0	0	18	14	27,2	23,1	24,6	21,7	23,6	76	0,6	0,6	0	0	-	
12/12/20	0	0	0	20	27,4	24,9	26,3	23,8	25,3	67	0,9	0,9	0,5	0,5	-	
15/12/20	0	0	0	12	26,9	22,3	23	21,9	22,4	74	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
18/12/20	532	486	486	582	27,5	22,7	22,8	22,5	22,5	77	0,7	0,7	0,7	0,7	chuva	
21/12/20	14	0	0	10	27,2	22,4	22,1	20,3	21,6	71	0,6	0,6	2,1	2,1	-	
24/12/20	0	0	0	0	25,8	22,1	22,1	21,5	22,5	73	0	0	0	0	-	
27/12/20	0	0	0	0	31,8	24	24,1	23,7	23,6	76	0,7	0,7	1,5	1,5	-	
30/12/20	1.036	1.035	1.100	3.064	22,8	22	22	19,7	21,9	75	0,1	0,1	0,1	0,1	-	

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Analisando a Tabela 3, é possível verificar as quantificações de coletadas em Mililitros (ml), nos últimos três meses do ano de 2020. Todas as coletas foram realizadas no início da manhã entre as 05:30 e 06:00 horas, com início no dia 01/10/2020 e término em 30/12/2020. Nos intervalos de datas faltantes não houve coletas e nas coletas demarcadas com a cor cinza, são coletas de ocorrência de chuvas, que servirão de base comparativa para as coletas de orvalho, portanto não serão descartadas.

As primeiras coletas de orvalho foram concretizadas no dia 10/10/2020, onde foram coletas 50 ml de água de névoa, sendo obtidas nas telas de cor preta (T2P e T4P).

Outras captações se concretizaram nos dias: 13, 16, 19, 22, 25 de outubro; 3, 6, 9, 12, 16, 23, 29 de novembro e 2, 5, 9, 12, 15, 21, 30 de dezembro de 2020; perfazendo um total de 9.577 mililitros de água de orvalho. Em um total de 31 dias de coleta, observou-se que em 19 dias aconteceu coleta de água pela contribuição do orvalho, ou seja, 61% dos dias analisados.

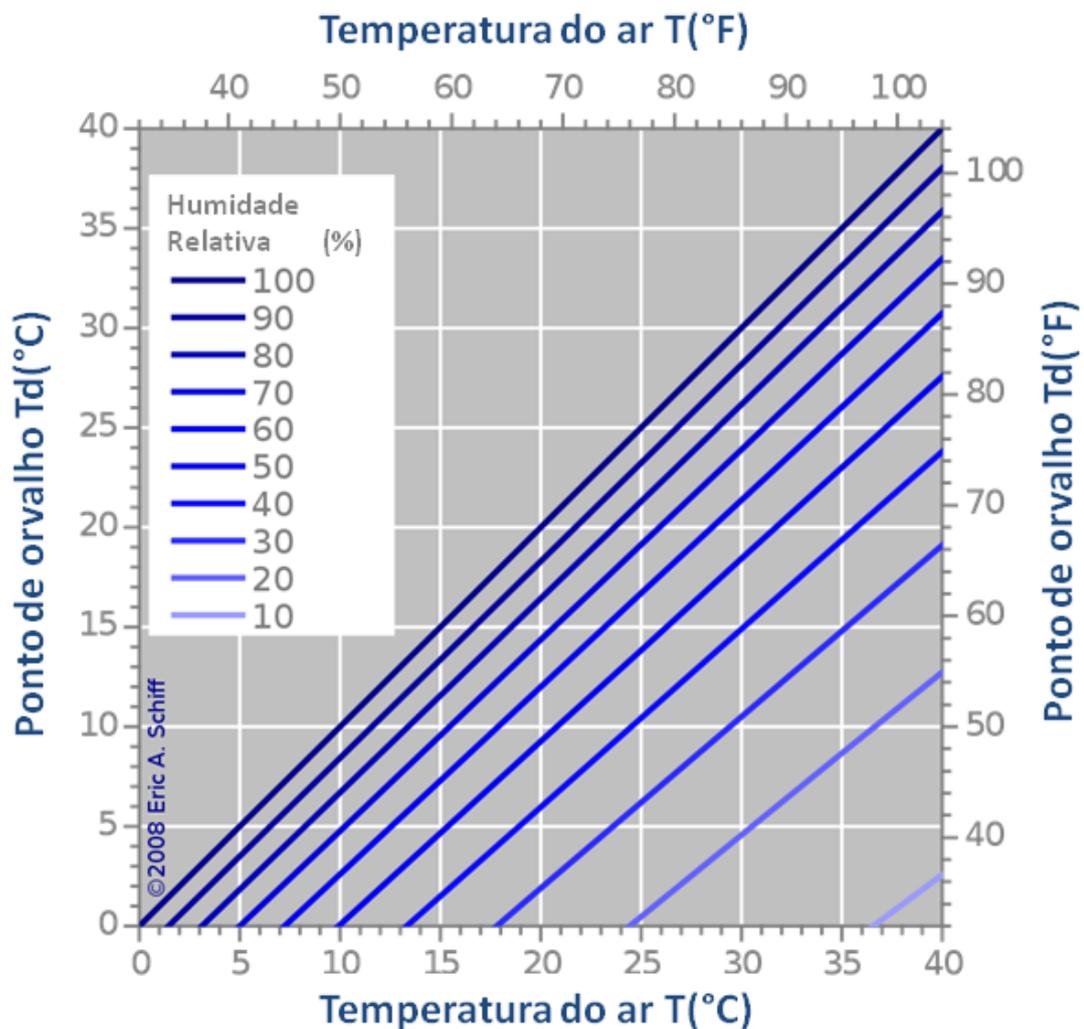
Vale destacar os dias 6/11/2020, 12/11/2020 e 30/12/2020 que obtiveram coletas com valores acima da média, sendo 844 ml, 1.704 ml e 6.235 ml, respectivamente.

5.2 Determinação do ponto de orvalho

O Ponto de Orvalho designa a temperatura na qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas por via da condensação, o chamado orvalho. Em outras palavras, é a temperatura na qual o vapor de água que está em suspensão no ar começa a condensar.

Como não podemos contar com o apoio de uma estação meteorológica, para fornecer a Umidade Relativa do ar e o Ponto de Orvalho, utilizou-se um termo-higrômetro digital, para obter-se a temperatura do ar e sua umidade relativa. E de forma gráfica determinar o seu ponto de orvalho através do gráfico que representa o ponto de orvalho em relação à temperatura do ar e da umidade relativa do ar (Gráfico 1).

Gráfico 1: Representação ponto de orvalho em relação à temperatura do ar e da umidade relativa do ar



Fonte: Wikipédia, 2021. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponto_de_orvalho>. Acesso em: 07/11/2021

Com os dados da temperatura ambiente do ar T (°C) e os dados da umidade relativa, obtidos com a leitura do termo higrômetro digital, utiliza-se o Gráfico 1, obtendo-se no eixo das ordenadas (Eixo Y) a Temperatura do Ponto de Orvalho em Graus Celsius. Para melhor explicar tomamos o dia 28/10/2020, com a temperatura ambiente de 27,4 ° C e Umidade Relativa do Ar de 70%, graficamente determina-se o Ponto de Orvalho de 21,5° C. Repetindo-se este procedimento gráfico para todos os dias de coleta de orvalho, forma-se a Tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Determinação da temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius

CAPTAÇÃO DE ORVALHO COLETA DE DADOS																			
DATA	COLETA				TOTAL COLETA ML	TEMP. AMB. (° C)	TEMPERATURA TELA					TEMP. MEIA (° C)	MID. RELAT. DO AR - UR (%)	VELOCIDADE DO VENTO				T.O. DE ORVALH A (° C)	OBS.
	TA.B	TB.P	TC.B	TD.P			A	B	C	D	A			B	C	D			
	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)			(° C)	(° C)	(° C)	(° C)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)			
1/10/20	0	0	0	0	0	26,0	15,4	16	12,4	16,8	15,15	83	0,3	0,9	1	1	24,50	-	
4/10/20	12	76	12	34	134	26,9	10,7	21,6	12,4	24,4	17,28	75	0,9	0,9	0,9	0,9	23,00	chuva	
7/10/20	0	0	0	0	0	25,7	18,5	18,6	18,3	18,7	18,53	72	0,7	0,7	0,7	0,7	22,00	-	
10/10/20	0	12	0	38	50	26,6	21,3	20,3	19,5	22,6	20,93	73	0,8	0,8	0,8	0,8	22,60	-	
13/10/20	20	6	20	10	56	25,2	22,1	22,3	22,6	23,2	22,55	75	1,1	1,1	1,1	1,1	21,00	-	
16/10/20	42	34	48	60	184	26,0	22,3	20,6	20,6	22,4	21,48	68	0,2	0,2	0,2	0,2	14,00	-	
19/10/20	22	6	22	10	60	25,0	21,8	21,1	20,8	23,1	21,70	71	0,8	0,8	0,8	0,8	18,60	-	
22/10/20	60	14	14	14	102	24,2	24,2	23,2	22,8	24,4	23,65	73	1,7	1,7	1,7	1,7	19,90	-	
25/10/20	4	0	8	4	16	26,4	22,8	21,3	21,4	22,2	21,93	72	0,7	0,7	0,7	0,7	18,50	-	
28/10/20	0	0	0	0	0	27,4	23,9	23,5	24	24,7	24,03	70	2,6	2,6	2,6	2,6	21,50	-	
31/10/20	2.374	2.636	2.500	2.622	10.132	27,1	23,1	23,6	23	23	23,18	77	2,4	2,4	2,4	2,4	22,80	chuva	
OUTUB.	148	72	112	136	468	26,05	20,55	21,10	19,80	22,32	20,94	73,55	1,11	1,16	1,17	1,17	20,76	V. MÉDIOS	

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Continuação da Tabela 4: Determinação da temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius

3/11/20	18	2	10	6	36	27,4	27,4	22,7	22	23,7	23,95	77	0,6	0,6	0,6	0,6	25,00	-
6/11/20	340	160	192	152	844	27,8	23,4	23,6	21,1	23,2	22,83	76	0,6	0,6	0,6	0,6	25,80	-
9/11/20	2.380	1.750	1.032	1.124	6.286	27,8	21,3	20,8	21,2	21	21,08	73	1,3	1,3	1,3	1,3	23,40	chuva
12/11/20	330	466	332	576	1704	26,4	21,9	23,2	21,5	21,6	22,05	75	0,1	0,1	0,1	0,1	23,80	-
16/11/20	20	0	0	2	22	27,3	25,1	25,6	24,1	21,2	24,00	73	1,2	1,2	1,2	1,2	21,70	-
20/11/20	0	0	0	0	0	27,8	24,8	24,6	24,4	23,7	24,38	74	3,4	3,4	3,4	3,4	21,00	
23/11/20	4	0	4	0	8	28,0	20,5	20,5	20,3	20,4	20,43	72	0	0	0	0	14,00	
26/11/20	500	700	278	694	2.172	26,5	22,6	22,7	22,3	22	22,40	70	0,6	0,6	0,6	0,6	20,80	chuva
28/11/20	6.000	10.500	6.500	9.500	32.500	28,2	26,3	27,4	27,6	27,5	27,20	70	3,3	3,3	3,3	3,3	22,00	chuva
29/11/20	50	14	36	34	134	24,0	24,7	22,9	21,2	23,9	23,18	76	0,1	0,1	0,1	0,1	21,30	
NOVEMB.	762	642	574	770	2748	27,12	23,8	23,4	22,57	22,82	23,1475	73,6	1,12	1,12	1,12	1,12	21,88	V. MÉDIOS

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Continuação da Tabela 4: Determinação da temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius

2/12/20	10	0	0	10	20	27,6	24,9	27,1	23,9	25	25,23	77	0,3	0,9	1	10	21,90	
5/12/20	10	0	0	8	18	27,4	23,6	23,8	23	23,4	23,45	74	1,8	0,8	1,2	1,4	22,10	
9/12/20	0	0	18	14	32	27,2	23,1	24,6	21,7	23,6	23,25	76	0,6	0,6	0	0	22,30	
12/12/20	0	0	0	20	20	27,4	24,9	26,3	23,8	25,3	25,08	77	0,9	0,9	0,5	0,5	21,80	
15/12/20	0	0	0	12	12	26,9	22,3	23	21,9	22,4	22,40	74	0,1	0,1	0,1	0,1	21,20	
18/12/20	592	486	486	582	2.146	27,5	22,7	22,8	22,5	22,5	22,63	77	0,7	0,7	0,7	0,7	23,10	chuva
21/12/20	14	0	0	10	24	27,2	22,4	22,1	20,3	21,6	21,60	73	0,6	0,6	2,1	2,1	19,50	
24/12/20	0	0	0	0	0	25,8	22,1	22,1	21,5	22,5	22,05	73	0	0	0	0	19,30	
27/12/20	0	0	0	0	0	31,8	24	24,1	23,7	23,6	23,85	76	0,7	0,7	1,5	1,5	26,70	
30/12/20	1036	1035	1100	3064	6235	22,8	22	22	19,7	21,9	21,40	77	0,1	0,1	0,1	0,1	21,80	
DEZEMBRO	1.070	1.035	1.118	3.138	6.361	27,16	23,20	23,79	22,20	23,18	23,09	75,40	0,58	0,54	0,72	1,64	21,97	V. MÉDIOS

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

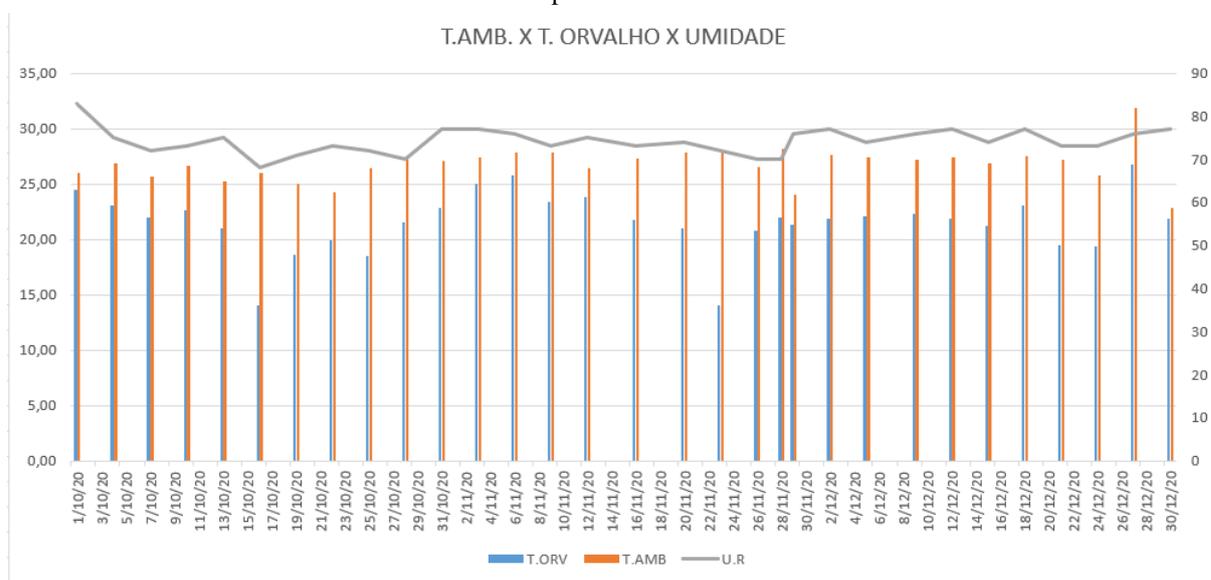
5.3 Análise e discussão dos resultados

A umidade relativa do ar pode-se ser adquirida e analisada de forma a observar-se a proximidade da temperatura do ambiente com a temperatura do ponto de orvalho, pois quanto mais próximas as duas estiverem, mais umidade relativa o ar possuirá. (STEINK,201)

Este fato foi observado durante o experimento, em que os dias em que a temperatura ambiente estava mais próxima da temperatura do ponto de orvalho, ocorreu uma umidade relativa maior, com uma maior captação de água de orvalho, precisamente nos dias 6/11/2020, 12/11/2020 e 30/12/2020, que aparecem destacados na cor azul da Tabela 4.

Abaixo no Gráfico 2 é apresentado, o comportamento da umidade relativa do ar, quando comparado com as temperaturas ambientes e do ponto de orvalho durante o período experimentado.

Gráfico 2: Comportamento da umidade relativa do ar, quando comparado com as temperaturas ambientes e do ponto de orvalho



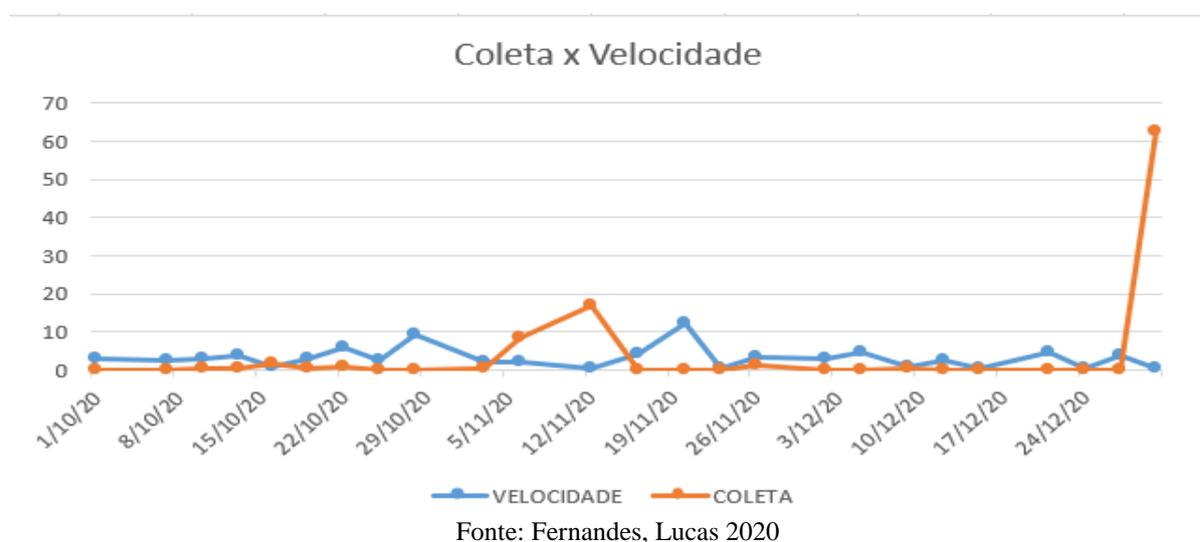
Fonte: Fernandes, Lucas 2020

Como exposto anteriormente no Gráfico 2, pode-se ver o distanciamento entre as colunas da temperatura ambiente e do ponto de orvalho nos momentos em que a umidade relativa apresenta um valor menor. Tal fenômeno ocorre com maior discrepância entre o período 16/10/2020 a 28/10/2020. Portanto quanto maior a umidade relativa, mais próximas estão as temperaturas ambiente e de orvalho.

Outra verificação importante está relacionada à velocidade do vento que conduz o orvalho, fazendo com que este atravesse a tela de captação. Velocidades superiores a 2.0 m/s, (7.20 Km/h) mesmo com uma umidade relativa do ar (UR) acima de 70% não produziram água

de orvalho. Este acontecimento pode ser explicado pelo fato desta velocidade fazer com que o orvalho atravesse a tela de captação muito rápida, e desta forma o vapor de água não tenha aderido para sua condensação. Conforme ocorreu nos dias, 28/10/2020 e 19/11/2020. Ainda em relação à velocidade, observou-se que considerando uma mesma umidade relativa (UR), velocidades inferiores a 0,50 m/s, (1.80 Km/h) promovem uma captação de água maior, devido a passagem do orvalho pela tela captora ser mais lenta, permitindo que o orvalho possa condensar antes de ser arrastado. Os dias de maiores captação de orvalho foram 12/11/2020 e 30/12/2020, se deram com velocidades registradas de 0,10 m/s (0.36 Km/h).

Gráfico 3: Captação do orvalho (Decilitro) com a velocidade (Km/h)



O Gráfico 3 relaciona a captação do orvalho (Decilitro) com a velocidade (Km/h), nos seus dias de coleta, ilustrando que velocidades acima de 2,0 m/s (7.20 Km/h) dificultam a captação do orvalho.

Outro evento, não menos importante, foi presenciado durante o período de coleta, e trata-se de um acontecimento imprevisto, que prejudicou o rendimento das telas captoras com o seu isolamento por fuligem de carvão vegetal.

Os protótipos experimentais foram instalados na zona rural do município de Penedo, estado de Alagoas, área vizinha de plantações da cana de açúcar, fornecedora de matéria prima para indústrias produtoras de álcool e açúcar.

Como prática corrente nesta região, a cana de açúcar é cortada após sua queima no período noturno. Produzindo grande quantidade de fuligem de carvão vegetal, que com a ação do vento atingiu as telas captoras, isolando este anteparo captor com uma camada de cinzas.

Fazendo com que houvesse baixa condutividade térmica e assim retardasse o seu resfriamento; por conseguinte reduzindo também a condensação do orvalho.

A fuligem de carvão vegetal é feita quase inteiramente de carbono, substância muito fraca em condução térmica. Abaixo as figuras 1 e 2 comprovam o isolamento térmico provocado pela fuligem. Este acontecimento ficou evidenciado nos dados coletados, demonstrando que à medida que as queimadas foram reduzidas durante o período de coleta, outubro a dezembro de 2020, observou-se um aumento significativo nas coletas de orvalho. Passando de 468 ml em outubro para 2.748 ml em novembro, e para expressivos 6.361 ml em dezembro de 2020.

Figura 38: O emprego de fogo para eliminação da palha de cana-de-açúcar e a consequente formação de fuligem de carvão vegetal



Fonte: SANTOS, Samuel (2021). Disponível em: < <https://ecossocioambiental.org.br/2019/04/29/a-queima-de-palha-de-cana-de-acucar-e-a-tutela-de-penal/>>. Acesso em: 08 de nov. 2021

Figura 39: Residência atingida por fuligem decorrente de queimada



Fonte: SANTOS, S. (2016). Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2016/06/queimada-de-cana-de-acucar-encobre-dracena-com-fuligem.html>>. Acesso em Acesso em: 08 de nov. 2021

Os protótipos experimentais para coleta de orvalho, foram montados em quatro unidades, sendo duas unidades em tela de polietileno na cor branca com malha de 1,40 mm x 1,60 mm (TA e TC) e outras duas unidades em tela de polietileno na cor preta com malha de 2,50 mm x 2,50 mm (TB e TD), tendo como objetivo verificar se ocorreria diferentes coletas de água, motivadas pela cor da tela. Como se sabe a cor branca, teoricamente deve esfriar mais rápido, por absorver menos calor e conseqüentemente propiciar uma coleta de orvalho maior; na prática, para uma umidade relativa UR abaixo de 75%, isto não aconteceu. Observou-se que a Tela na cor preta obteve uma produtividade 53% maior que a Tela da cor branca. Tal fato pode ser explicado porque utilizou-se para Tela Preta o sombrite 50%, fabricada em Polietileno com estabilizador anti-Uv, para bloqueio dos raios ultravioleta, tendo como principal função reduzir a intensidade luminosa e a temperatura sem prejudicar a transmissão de radiação solar.

Quadro 3: Captação de orvalho mensal segundo sua cor (branca ou preta).

CAPTAÇÃO MENSAL DE ORVALHO POR COR DE TELA EM ML				
Mês	Coleta Tela Captora		Total	Porcentagem
	Cor Branca	Cor Preta	Mensal	Mensal
Outubro	260	208	468	4,89%
Novembro	1.336	1.412	2.748	28,69%
Dezembro	2.188	4.173	6.361	66,42%
TOTAL /COR	3.784	5.793	9.577	
% Por Cor	39,51%	60,49%		

Fonte:
Fonte:
Fonte:

Fernandes, Lucas 2020

Embora não seja objeto da pesquisa quantificar e avaliar a contribuição de água de chuva, esta merece ser comentada por apresentar resultados significativos durante o período de coleta; demonstrando que esta tecnologia tem dupla função, podendo coletar água de chuva (53.370 ml) e água de orvalho (9.577 ml), com um custo mais barato, capaz de ser construído pelos próprios moradores enquanto comparado com outros métodos de captação, mesmo aqueles que não precisam de energia elétrica, tais como; cisternas calçadões e telhados de captação. Em relação aos custos para montagem e instalação dos protótipos, dividiremos o protótipo de captação em quatro peças; sendo elas: Tela Captora, Mastros, Calha de Drenagem e Reservatório. Abaixo o quadro 2 sintetiza os custos por metro quadrado dos protótipos com telas captoras branca e preta.

Quadro 4: Custos por metro quadrado dos protótipos com telas captoras brancas e tela preta.

QUADRO DE CUSTOS DAS TELAS CAPTORAS						
Item	Material	Und	R\$ / M2		R\$/M2 Médio	Porcentagem
			T.Branca	T. Preta		%
01	Tela Captora	M2	9,68	2,16	5,92	6,13%
02	Mastro Madeira	M	31,50	31,50	31,50	32,62%
03	Calha Drenagem	M	54,15	54,15	54,15	56,07%
04	Reservatório	L	5,00	5,00	5,00	5,18%
TOTAL			100,33	92,81	96,57	

Fonte: Fernandes, Lucas 2020

De acordo com o quadro de custos apresentado (quadro 2), pode-se concluir que os protótipos com telas branca e na cor preta, custam por metro quadrado R\$ 100,33 e R\$ 92,81, respectivamente. Também fica evidente que o maior custo diz respeito à calha de drenagem, que foi confeccionada com tubos e conexões de PVC. O custo da mesma, representou mais de 50% do custo do protótipo. Especificamente representou 54% do custo de confecção do protótipo com tela de cor branca e 58% do custo do confeccionado com tela de cor preta. Por este motivo aconselha-se o uso de outro material para esta finalidade.

5.4 Dimensionamento de uma tela captora

Para efeito didático, dimensionaremos um sistema de captação de Água de Orvalho, com utilização de Tela Captora, considerando os dados obtidos na pesquisa e que esta água será destinada apenas ao consumo humano como bebida.

5.4.1 Determinação do Consumo per capita de água para consumo humano. - (qb).

Segundo dados teremos:

IDADEml/kg.dia..... PESO – 70 kg

10/55 anos 35 ml/kg.....2,45 l/dia

56/65 anos 30 ml/kg.....2,10 l/dia

> 66 anos25 ml/kg.....1,75 l/dia

Adotaremos como consumo médio qb = 2,10 l/dia

Fonte: FUNASA. MANUAL SANEAMENTO CAP.-02 Pag. 33_51.Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/manual_saneamento2.pdf. Consultado em:15/10/2022

5.4.2 Determinação da necessidade de uma família. – (N).

Considerando que uma família da zona rural de Penedo seja composta por cinco pessoas.

$$N = P \times q_b \dots\dots\dots P = 5 \text{ pessoas} \dots\dots\dots q_b = 2,10 \text{ l/dia. pessoa}$$

$$N = 5 \times 2,10$$

$$N = 10,50 \text{ l/dia}$$

5.4.3 Determinação da Taxa de Orvalho. – (Txo).

Considerando os dados obtidos no último mês de coleta, dezembro/2020, teremos a seguinte Taxa de Orvalho: Txo = 6.235,00 ml / Area Total Captação

$$Txo = 6.235,0 \text{ ml} / (4 \times 1,2 \times 1,5)$$

$$Txo = 6.235,0 \text{ ml} / 7,20 \text{ M2} \dots\dots\dots Txo = 866,0 \text{ ml/M2} \dots\dots\dots Txo = 0,86 \text{ L/M2}$$

5.4.4 Determinação da Área para Tela Captora. – (Acp).

Pelos dados obtidos, chega-se a seguinte Equação para determinar a Área necessária para captação de água de orvalho:

$$ACP = (P \times q_b) / Txo - \text{Eq.01} \text{ ou } ACP = N / Txo - \text{Eq.02} \text{ onde,}$$

ACPÁrea Captora em M2

P.....População alvo em habitantes

Qb.....Consumo unitário de água para beber em L/hab.dia

Txo.....Produção de água de orvalho em L/M2.dia

N.....Necessidade diária em Litros.

Logo teremos, $ACP = 10,50 / 0,86 \dots\dots\dots ACP = 12,21 \text{ M2} \dots\dots\dots ACP = (3,50 \times 3,50) \text{ M2}$

Pelo cálculo apresentado, conclui-se que precisamos de uma área de 12,21 M2, para suprir com água de beber uma família de cinco pessoas na região pesquisada de Penedo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi abordado a capacidade de captação e aproveitamento de água de orvalho considerando o Ciclo Hidrológico, através da construção e instalação de quatro protótipos de coleta de orvalho em escala reduzida e com materiais disponíveis localmente, baseado no projeto Chileno denominado de ATRAPANIEBLAS, em português algo como “capta nuvens”.

Entretanto dados coletados apontam que a região de Penedo/ Alagoas se demonstra desfavorável à exploração deste Recurso Hídrico, dado suas baixas medições de Umidade Relativa do Ar, fator crucial para a formação de orvalho e principalmente pela ação da fuligem, derivada da queima da cana de açúcar que isola termicamente as Telas Captoras.

O orvalho pode ser explorado como uma fonte alternativa ou complementar de Recurso Hídrico, para comunidades isoladas, mesmo que a coleta seja reduzida, a água poderá ser utilizada, como por exemplo, a rega de pequenos cultivos domésticos de verduras e vegetais, também poderá ser utilizada para o próprio consumo humano, por possuir condições de potabilidade superior às águas superficiais da nossa região rural.

A vantagem do modelo experimentado é que ele é 100% sustentável, não atrapalha a flora e a fauna e funciona durante o ano todo, o que torna possível planejar a produção de água, porém a sua grande vantagem é que este método não utiliza energia elétrica, diferentemente de outros processos caros de obtenção de água em regiões secas, como a dessalinização de água salobra e a captação de água de superfície.

De forma simplificada, o vento trata de espremer as nuvens pelas malhas captoras e a gravidade cuida de carregar a água até os baldes. portanto não precisam de energia elétrica para seu funcionamento.

Com os resultados obtidos deste experimento e visando o incentivo de novas pesquisas deste cunho, faz-se as seguintes recomendações para a instalação de telas Captoras de Orvalho:

- Pesquisar aspectos climáticos da região, tais como Temperatura Ambiente e Umidade Relativa do Ar;
- Evitar áreas com incidência de queimadas ou fuligens industriais;
- Experimentar telas captoras com materiais de maior condutibilidade térmica e resfriamento mais rápido, por exemplo, telas metálicas de alumínio ou aço inox;
- Construir sistemas tridimensionais que permitam captar orvalho em várias direções;

- Instalar telas duplas para regiões onde a velocidade do vento ultrapassar 2,00 m/s;
- Analisar qualitativamente a água coletada para verificar sua potabilidade;
- Pesquisar materiais alternativos para a construção das Calhas Drenantes, como: zinco, fibro cimento, caixas de leite ou garrafas pet, evitando o elevado custo do material hidráulico de PVC para esta finalidade.

Para se alcançar uma sociedade mais justa e garantir o cumprimento dos Direitos Humanos, estabelecidos pelas Organizações das Nações Unidas – ONU, notadamente o seu artigo 27 – “ Toda a pessoa tem o direito de tomar parte livremente na vida cultural da sociedade, de fruir as artes e de participar no progresso científico e nos benefícios que dela resultam “; o Geógrafo deve proporcionar o desenvolvimento igualitário de toda sociedade, e não somente das detentoras de tecnologia e conhecimento científico.

Por fim, torna-se interessante mencionar ENOQUE ETÍOPE (Século II A.C), que relatou por escrito. “E o espírito do orvalho tem sua habitação nos confins do céu e está ligado aos depósitos de chuvas. E sua trajetória é no inverno e no verão e nas nuvens. E as nuvens da névoa estão associadas, uma da outra “.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernardo, Paz. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água - Volume 1**, 2013.

DEMETRIO, J. G. A. et al. Aquíferos fissurais. In: CIRILO, J. A. et al. (Org.) **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas**. Recife: ABRH – Editora Universitária UFPE, 2007.

REBOUÇAS et Al. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2002

SUDENE. **DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO, RELATÓRIO FINAL**– 2021.

MELO ; SANTOS; MAGALHÃES, **Ocupação urbana e áreas ambientalmente frágeis no município de Penedo, Alagoas, VII CONNEPI**, Palmas – Tocantins, 2012.

TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. (Ed.) **Bridging water research and management: new perspectives for the Americas. IIE, IIBRH, Ianas, Brazilian Academy of Sciences**, IAP, 2008.

Richter, Brian D. **Em busca da água : um guia para passar da escassez à sustentabilidade** / Brian Richter ; tradução de Maria Beatriz de Medina. São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; Sidagis Galli, C. (Ed.). **Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle**. IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas, 2006. p.161-82

BITOUN, Jan. **Os embates entre as questões ambientais e sociais no urbano**. IN.: CARLOS, Ana Fani A.; LEMOS, Amália Inês G. (Org.). **Dilemas Urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. 2ª.ed. São Paulo: Contexto, 2005. p. 299-307.

GNADLINGER, J. **Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva em Regiões semiáridas**. In: KÜSTER, A; MELCHERS, I; MARTI, J.F. (Org.). **Tecnologias Apropriadas Para Terras Secas**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2006, v. 1, p. 103-122.

Associação Caatinga, **Cartilha Cisterna de Placas**, 2018.

QUEZADA-GUTIÉRREZ, M.D.C.; DÍAZ-CELAYA, M.; DEL ROSARIO, M.; CIPRIANO, G.; RODRÍGUEZ-ALVARADO, G.; FERNÁNDEZ-PAVÍA, S.P. **Mancha algal en guayabo (*Psidium guajava* L.) y mango (*Mangifera indica* L.) ocasionada por *Cephaleuros virescens* en Michoacán, México**. *Biológicas*, San Nicolás de Hidalgo, v.11, n.1, 2009.

RICHTER, B. D. et al. Lost in development's shadow: **The downstream human consequences of dams**. *Water Alternatives*, 3(2), 14-42, 2010.

MARX, K. **Contribuição à Crítica da Economia Política**. São Paulo: Expressão Popular, 2008.

FUNASA, **Manual Funasa de Boas Práticas na gestão de Saneamento em áreas rurais**, 2017.

IBGE, **Atlas de Saneamento – Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** (3ª Edição), 2021.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos. Rima, 2005.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial**. São Paulo: Manole, 2003, p 12.

MANCUSO, SANTOS. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial**. ABCD USP - Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais da Universidade de São Paulo. 2003. Acesso em: 27/08/2023.

STEINKE, ERCÍLIA TORRES. **Climatologia Fácil**. São Paulo: São Paulo, Oficina de textos, 2012.

TIGRE. **Manual Técnico Tigre**, 5ª. edição, junho/2013. Disponível para consulta em: https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2019-08/Tigre_Manual+Tecnico.pdf.

FORTPACK. Disponível em: <http://www.preformapet.com.br/garrafas-e-frascos/garrafa-pet-2-litros-pco-28mm-1881-1816>. Acesso: 17/08/2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **Municípios e Saneamento, 2021**. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/al/penedo>. Acesso em: 04/09/2023.

IBGE. **Mapa Político-Administrativo de Penedo, 2019**. Disponível em: https://dados.al.gov.br/catalogo/zh_CN/dataset/municipio-de-penedo/resource/b510cf1f-57a3-4b80-bf28-76dc63065032?inner_span=True. Acesso em: 28/08/2023.

IBGE. **Informações do Brasil, Povoado Cooperativa 1º Núcleo, Penedo – AL**. Disponível em: <https://informacoesdobrasil.com.br/rua/al/penedo/povoado-cooperativa-i-nucleo+104>. Acesso: 04/09/2023.

ENGENHARIA, Premier. **Diagnóstico da Situação do Saneamento Básico de Penedo - AL**, 2018.