

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE TROVATTI GRECCO

**COLETOR DE ORVALHO WARKA WATER: SUA APLICABILIDADE E
EXPLORAÇÃO DE UMA FONTE DE ÁGUA ALTERNATIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

FELIPE TROVATTI GRECCO

**COLETOR DE ORVALHO WARKA WATER: SUA APLICABILIDADE E
EXPLORAÇÃO DE UMA FONTE DE ÁGUA ALTERNATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Roberto Widerski
Co-orientador: Profa. Me. Marisa Biali Corá

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**COLETOR DE ORVALHO WARKA WATER: SUA APLICABILIDADE E EXPLORAÇÃO DE UMA FONTE DE
ÁGUA ALTERNATIVA**

por

Felipe Trovatti Grecco

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 8h30min do dia 20 de dezembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Me. Marisa Biali Corá

(UTFPR)

Co-orientadora

Prof. Me. Luiz Becher

(UTFPR)

**Prof^a. Me. Valdomiro Lubachevski
Kurta**

(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widerski

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A minha família, pela confiança, motivação e apoio para trilhar meu caminho profissional.

Ao Prof. Roberto Widderski, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

À Prof. Marisa Biali Corá, que desde a concepção das diretrizes desta pesquisa, me apoiou e motivou à concluí-la.

Ao Prof. Valdomiro Lubachevski Kurta que sempre me incentivou a ser um profissional de excelência.

Aos amigos e colegas de curso, pelo companheirismo e contribuição para minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos de moradia, técnicos de laboratório, integrantes do Centro Acadêmico de Engenharia Civil e Diretório Central dos Estudantes, que com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

GRECCO, Felipe T. **Coletor de Orvalho Warka Water: sua aplicabilidade e exploração de uma fonte de água alternativa**. 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Neste trabalho foi abordado a capacidade de provimento de água por meio de um coletor de orvalho, dada a importância da exploração de novos recursos hídricos visto o déficit de acesso à água potável por muitas pessoas ao redor do mundo, que vem aumentando com a ascensão populacional mundial. Um protótipo em escala reduzida do projeto Warka Water foi construído e testado nas dependências da UTFPR-CM a fim de verificar a funcionalidade da estrutura bem como abordar de maneira mais categórica a possibilidade de se obter água potável através de um recurso hídrico pouco explorado como o orvalho. Devido a características peculiares do hidro meteorológico, sua formação se deu em baixa escala, inviabilizando estudos detalhados do processo de formação e eficiência do projeto. Entretanto, através da análise de alguns fatores meteorológicos, a cidade de Campo Mourão se demonstrou favorável à exploração desta fonte de água. Resumidamente, verifica-se a acessibilidade a concretização do projeto Warka Water através de técnicas simples e materiais locais, verificada sua capacidade de funcionamento relacionada à sua escala de construção e condições climáticas e geográficas favoráveis.

Palavras-chave: Orvalho, Água Potável, Warka Water

ABSTRACT

GRECCO, F. T. **Dew coletor warka water: its application and exploration of an alternative source of water**. 51 f. Degree project (Civil Engineering), Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão,

This paper brings the discussion regarding the capacity of providing clean water through a dew harvester. Known the importance of exploring new hydric resources, because of world's deficit regarding access to potable water by many people around the world, which is increasing because of its exponential population growth. A reduced scale prototype of the project Warka Water was built and tested at the UTFPR campus Campo Mourão, with the objective of verifying the functionality of the structure and approach the possibility of obtaining potable water through an hydric resource barely explored as dew is. Because of particular characteristics of the hydrometeor, its formation happened in small quantities, detailed studies of its condensation process and project efficiency became unfeasible. Even though, through the analysis of some meteorological data, the city of Campo Mourão demonstrated to be favorable to the exploration of dew and fog harvesting. Summarizing, the accessibility of the project is verified with simple construction techniques and the use of locally available materials, and its capacity of functioning related to its construction scale, climate and geographical favorable conditions.

Keywords: Dew, Potable Water, Warka Water

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVOS GERAIS	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 JUSTIFICATIVA	2
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
4.1 IMPORTÂNCIA DO ACESSO À ÁGUA POTÁVEL.....	3
4.1.1 Mortalidade na infância.....	4
4.1.2 Saúde materna.....	4
4.1.3 Combater o HIV, Malária e outras doenças	5
4.2 FATORES CLIMÁTICOS	5
4.2.1 Vapor d'água	5
4.2.2 Umidade relativa, temperatura de bulbo seco e úmido	6
4.2.3 Orvalho – Definição	6
4.2.3.1 Equação do Ponto de Orvalho	7
4.2.4 Nevoeiro e Ventos	8
4.2.5 Resfriamento Radiativo	9
4.2.6 Nebulosidade	10
4.2.8 Transpiração das plantas.....	10
4.3 WARKA WATER.....	11
4.3.1 Arturo Vittori.....	11
4.3.2 Projeto Warka Water	12
4.3.3 Impacto ambiental e premissas de projeto.....	13
4.3.4 Método Inovador	14
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5.1 ESCALA DE PROJETO	14
5.2 MATERIAIS E FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	15
5.2.1 Bambu.....	15
5.2.1.1 Coleta e armazenamento.....	16

5.2.2 Malha polimérica.....	16
5.3 ETAPAS DE MONTAGEM	17
5.4 LOCAIS DE TESTES	21
5.4.1.1 Local A	22
5.4.1.2 Local B	23
5.5 MÉTODO DE AFERIÇÃO DE COLETA.....	23
5.6 INMET.....	24
5.7 CUIDADOS COM HIGIENE E PROLIFERAÇÃO DE VETORES	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
6.1 DADOS METEOROLÓGICOS	25
6.2 PONTO DE ORVALHO E UMIDADE RELATIVA.....	26
6.3 CHUVAS ACUMULADAS.....	29
6.4 COLETA EFETIVA.....	30
6.5 TIPO DE MALHA	31
6.6 LOCAIS EXPERIMENTADOS.....	32
7 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Em preto: locais onde estudos da coleta de nevoeiro estão sendo conduzidas.....	9
Figura 2 - Umidade do solo	9
Figura 3 - Incidência solar anual	10
Figura 4 – Formação de nuvens pelo processo de transpiração, Floresta Amazônica	11
Figura 5 - Vista lateral e superior da torre.....	12
Figura 6 - Características do funcionamento básico da torre	13
Figura 7 - Touceira de bambu.....	15
Figura 8 - Colmos abertos em processo de secagem.....	16
Figura 9 - Malha de polipropileno	17
Figura 10 - Componentes do projeto Warka Water.....	18
Figura 11 - Etapas ilustrativas de montagem.....	20
Figura 12 - Protótipo Warka Water, construído na escala 1:4.....	21
Figura 13 - Locais de testes, local A à esquerda e local B à direita	21
Figura 14 - Direção dos ventos esperadas ilustradas pelas setas	22
Figura 15 - Local de testes A.....	22
Figura 16 - Local de testes B	23
Figura 17 - Reservatório com água.....	24
Figura 18 - Tela metálica entre o coletor e reservatório.....	25
Figura 19 - Dispositivo reflexivo instalado no topo da estrutura	25
Figura 20 – Coleta realizada após o registro de chuvas	29
Figura 21 - Manhã do dia 6 de junho de 2015, orvalho formado no coletor.....	31
Figura 22 - Orvalho sobre carro em manhã fria	32

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma visão sistemática do mundo por parte do engenheiro é importante para que ele possa reconhecer que é um agente de transformação social. Com isso, seu conhecimento empírico, técnico e científico não é suficiente para tal poder, saber como aplicar seus conhecimentos de forma humana e ética é o caminho para um exercício digno de sua profissão. O profissional tem a obrigação de estar comprometido no progresso de suas tarefas com total responsabilidade, independentemente de sua área de atuação. (SANTANA, et al. 2011)

No dia 28 de julho de 2010, pela Resolução 64/292, a ONU reconheceu publicamente o direito humano à água e ao saneamento básico. Também constatou que o acesso à água potável e saneamento básico são essenciais para o cumprimento de todos os direitos humanos. A resolução chama estados e organizações internacionais para providenciar fundos financeiros, ajuda de capacitação da mão de obra e transferência de tecnologia para ajudar países em desenvolvimento particularmente, a providenciar água potável e saneamento básico de uma forma segura, limpa, acessível e custeável.

A busca por novas fontes de água potável cresce com o passar do tempo dado sua relação inerente as demandas básicas do ser humano. A coleta de orvalho é uma técnica ainda pouco explorada no Brasil, mas que vem sendo utilizada por algumas nações espalhadas pelo globo. Com isso, este trabalho aborda a exploração deste recurso na região da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, através de um sistema de baixo custo, que possibilita a captação do orvalho.

Existem várias formulações para se prever a temperatura do ponto de orvalho, ou seja, a temperatura em que ele se formará de fato. Pesquisadores tentam explicar de forma empírica o fenômeno, relacionando-o com outras variáveis climatológicas, tais como, umidade relativa e temperatura de bulbo seco. Entretanto, estudos demonstram que outras variáveis causam grande impacto na ocorrência do orvalho, como incidência solar, velocidade do vento, nebulosidade, dentre outros. (LAWRENCE, 2005)

Dada importância de se obter água por meio de fontes renováveis e complexidade da formação do orvalho, este trabalho traz consigo a experimentação da técnica abordada pelo arquiteto italiano, Arturo Vittori, através da prototipação do projeto Warka Water, O projeto de Arturo consiste no uso de uma estrutura de bambu que traz uma malha polimérica em seu interior, com o objetivo de explorar a coleta de orvalho através de seus meios mais comuns de

seu aparecimento na atmosfera, por meio de nevoeiros e resfriamento radiativo da terra. Em adição, testes in loco do protótipo e estudos de dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia foram conduzidos a fim de correlacioná-los com os resultados efetivos da pesquisa e verificar a viabilidade do projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

- Apresentar o orvalho como uma fonte de água potável para consumo humano realizando sua coleta por meio do projeto Warka Water

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir um protótipo do projeto Warka Water
- Coletar orvalho utilizando a técnica na UTFPR-CM
- Analisar fatores meteorológica que favoreçam a coleta

3 JUSTIFICATIVA

De acordo com o juramento proferido pelos acadêmicos de Engenharia Civil em sua cerimônia de conclusão do bacharelado, o profissional promete que eu seu cumprimento de dever como Engenheiro, não se deixará cegar pelo excessivo da tecnologia, não se esquecer de que o próprio trabalha para o bem do Homem e não da máquina. Além do mais, coloca todo seu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento de toda a humanidade, respeitando o equilíbrio ecológico. (PADILHA, 2009)

Engenharia Civil é o aprimoramento da sociedade civil através da aplicação do conhecimento científico. A sociedade atual requer que o engenheiro esteja focado em atender as necessidades básicas das pessoas e ajuda-las em seu dia-a-dia. Necessidades estas que são sanadas melhorando a infraestrutura e os espaços comuns. (WIE, 2015)

Visto tamanhas responsabilidades que o Engenheiro Civil possui perante a sociedade, devido ao grande número de pessoas que não possuem acesso à água potável, e sua demanda por fontes hídricas alternativas, que aumenta proporcionalmente ao crescimento populacional. (ONU, 2011). Com isso, dada pouca exploração do uso do orvalho como uma fonte alternativa de água potável, esta pesquisa se deu necessária.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 IMPORTÂNCIA DO ACESSO À ÁGUA POTÁVEL

Este assunto ainda é muito sério e real, é um problema que atinge mais de 40% dos habitantes do planeta. O número de pessoas que vivem em regiões em desenvolvimento que enfrentam situações de extrema pobreza é de 1,4 bilhões de pessoas, e pelo ano de 2025, um futuro não muito distante, dois terços da população mundial podem enfrentar os mesmos problemas. (ONU, 2011)

Como a ONU ressalta, o mundo está sedento porque está com fome. Uma das principais causas da escassez de água é o seu uso ineficiente, especialmente na produção de alimentos, o que significa que os recursos hídricos mal geridos podem levar à fome. Precisamos beber uma média de 2,5 litros de água por dia, mas a quantidade de água necessária para produzir alimentos para uma pessoa por um dia varia de 2 a 5 mil litros. A seca é a causa número um de escassez de alimentos nos países em desenvolvimento, e tem causado mais mortes nos últimos 100 anos do que qualquer outro desastre natural. Em 2050, é esperado que a população do planeta seja de 7 bilhões, 2 bilhões a mais do que temos hoje. Combinado com a mudança de dietas, principalmente o aumento do consumo de carne em países desenvolvidos, significa que um mínimo de 70% a mais de alimentos será necessário. Embora a água seja recurso renovável, a água doce disponível no mundo é limitada e população do mundo está crescendo junto com a sua necessidade de alimento, por isso é necessário, não só para garantir água limpa

suficiente, mas também produzir mais alimentos usando menos água e reduzir o desperdício sempre que possível.

4.1.1 Mortalidade na infância

Cerca de 1,4 milhões de crianças morrem todos os anos devido à disenteria, onde 88% dos casos é constatado que os problemas estão relacionados ao consumo impróprio de água, falta de saneamento básico ou higiene insuficiente. Em adição, 860 mil mortes previsíveis são computadas todos os anos devidos a desnutrição. Crianças que estão abaixo do peso recomendável ser saudável, implica numa taxa de 35% das mortes de todas as crianças abaixo de 5 anos no mundo, ou algo em torno de 70 mil mortes por ano. Estima-se de que 50% do sob peso ou mal nutrição advém de diarreias crônicas ou infecções intestinais, resultado de más condições de higiene, saneamento e consumo de água. Além do mais, 54% das doenças que atingem as crianças são relacionadas com exposição ambiental a produtos químicos. Estima-se em 4,9 milhões delas falecem em todo o mundo, por doenças que são causadas pelo consumo de água contaminada. (UNICEF, 2011)

4.1.2 Saúde materna

Smitha Mundasad, repórter de assuntos relacionados à saúde da BBC, afirma que muitas mães e recém-nascidos estão morrendo devido à falta de saneamento, água limpa e higiene durante ou após o parto. Algo em torno de 40% das unidades de saúde em 54 países subdesenvolvidos não tem acesso à uma fonte segura de água. Ela salienta que o acesso à água potável e saneamento é essencial para a saúde das mulheres grávidas e para os recém-nascidos. Deficiências em vitaminas, tracoma e hepatite pode ser causada por condições precária de saneamento e baixa higiene. De todas as mortes maternas dentro de seis semanas após o nascimento da criança, 15% delas estão relacionadas a infecções devido à falta de higiene na hora do parto e durante a recuperação da mulher. Anemia, uma das cinco maiores causas de mortes e invalidez das mães, geralmente está mais associada com a mal nutrição, mas pode ser

causada por parasitas intestinais ou malária, ambos ocorrem quando as condições de higiene não são atendidas.

4.1.3 Combater o HIV, Malária e outras doenças

De acordo com o Relatório da OMS publicado em 2011, a água quando contaminada oferece grande risco aos consumidores, como microrganismos patogênicos, agentes químicos e radioativos. Doenças relacionadas ao consumo de água tem sido a maior preocupação em relação à saúde no mundo. Todos anos aproximadamente 2 milhões de mortes são acarretados devido ao consumo impróprio, principalmente de crianças. Além do mais, várias doenças como cólera, febre tifoide e hepatite podem ser transmitidas através da ingestão de água contaminada com coliformes fecais. Mais de 30 milhões de doenças relacionadas ao consumo de água imprópria poderia ser evitadas todos os anos através de intervenções sanitárias e provimento de água potável.

Pessoas que convivem com a HIV/AIDS precisam da maior proteção contra doenças possível. Devido ao sistema imunológico debilitado, eles estão altamente suscetíveis a adquirir doenças contagiosas e infecciosas, incluindo aquelas que está diretamente ligada ao consumo impróprio de água e falta de saneamento básico. Diarreia crônica, febre tifoide, podem ser letais para pessoas que sofrem e convivem com o vírus. O acesso a uma fonte segura e adequada de água pode ajudar na prevenção dos riscos à exposição dessas doenças. (OMS, 2011)

4.2 FATORES CLIMÁTICOS

4.2.1 Vapor d'água

O vapor de água é um dos gases mais variáveis presentes na atmosfera, variando de 0 nas regiões áridas do globo à 3 ou 4% nos trópicos mais úmidos. Relaciona-se estritamente com a temperatura do ar, e com a variação da disponibilidade de água na superfície do globo. Atua como absorvedor da radiação infravermelha, retransmitindo a sua temperatura interna. Sendo

assim, ele atua como um regulador de temperatura, impedindo que a camada de ar adjacente ao solo esfrie-se demais durante a noite. (SENTELHAS, et al., 2007)

4.2.2 Umidade relativa, temperatura de bulbo seco e úmido

De acordo com a Lei de conservação dos gases, é verificado que em condições de pressão constante, o volume de uma certa massa de ar é diretamente proporcional à sua temperatura, como pode ser observado na equação $V = n * R * T / P$. Sendo assim, o volume aumenta ou diminui de acordo com a variação da temperatura. Para se determinar a umidade relativa do ar, equipamentos com propriedades associadas ao teor de vapor de água contidos na atmosfera, são utilizados. O aparelho que afere esta condição é constituído por dois termômetros analógicos, um deles possui seu bulbo em contato com o ar e o outro tem o bulbo envolto com uma gaze umedecida. A gaze perderá água de acordo com a concentração de vapor de água no ar, gerando uma temperatura diferente entre os termômetros. Esta amplitude de temperaturas possibilita medir a Umidade Relativa. (SENTELHAS, et al., 2007)

4.2.3 Orvalho – Definição

Segundo Armani (2008), o orvalho surge a partir da condensação do vapor d'água atmosférico sobre qualquer superfície sólida. A condensação começa a partir do ponto em que a temperatura da superfície se estabiliza e se encontra próxima ou inferior ao ponto de orvalho.

Existem dois processos básicos para a formação do orvalho. Primeiro, sob calmarias, situação onde o vento é praticamente ausente, o vapor de água se desprende do solo para a superfície exposta, em processo de resfriamento radiativo, que é a perda de calor da terra via raios infravermelhos. Quando a temperatura da superfície atinge ou se torna menor que a temperatura do ponto de orvalho, o vapor de água se condensa sobre a superfície. Segundo, sob condições de vento fraco, ocorre a transferência turbulenta de vapor de água da atmosfera para a superfície fria (igual ou menor que a temperatura do ponto de orvalho), formando-o sobre ela. Esse processo é também conhecido como orvalhada, sendo mais raro que o primeiro. (ARMANI, 2008)

O ponto de orvalho é a temperatura em que o ar se satura em relação ao vapor d'água. Quando a temperatura é igual ao ponto de orvalho, a umidade relativa é de 100%. As maneiras mais comuns de se atingir a umidade relativa são: resfriamento do ar até o ponto de orvalho, evaporação de umidade no ar até que ele se sature, elevação da massa de ar por convecção até que ela se resfrie de forma adiabática até o ponto de orvalho. (ARMANI, 2008)

Dentre os processos de condensação conhecidos, existem duas propriedades em comum entre eles. A primeira propriedade diz que o ar deve estar saturado, fenômeno que ocorre devido ao resfriamento do ar abaixo do seu ponto de orvalho ou quando a água é adicionada ao ar, através da precipitação. Já a segunda, a existência de uma superfície se dá necessária para que o vapor de água possa condensar. Em um ar limpo, sem poeira e outros aerossóis, a deposição ou condensação de vapor de água é praticamente impraticada, a não ser que o ar esteja supersaturado, isto é, com umidade relativa acima de 100%. Entretanto, no momento em que o orvalho se forma, objetos que se encontram próximos ou sobre o solo servem a este propósito. (SENTELHAS, et al., 2007)

O orvalho, em todas as suas formas, tem grande importância nas regiões tropicais. A quantidade de água depositada em forma de orvalho é da ordem de 3mm por metro quadrado por noite. (ARMANI, 2008)

4.2.3.1 Equação do Ponto de Orvalho

O registro mais antigo de medidas mais cuidadosas do ponto de orvalho encontradas, foram feitas por Dalton (1802), que estava interessado em compreender o processo da transformação de água em seu estado líquido em umidade do ar. Após certo tempo, August (1828) propôs a fórmula que depois veio a ser conhecida como “fórmula de Magnus”. Gibbins (1990), Strehlke, Alduchov e Eskridge (1996), também contribuíram para o avanço de toda a formulação. Entretanto, a atualização mais notável se deu por Tetens (1930), que sugeriu que $A=17,27$ e $B=237,3^{\circ}\text{C}$. (LAWRENCE, 2005)

A temperatura de ponto de orvalho pode ser dada por,

$$T_d = \frac{B \cdot \alpha(T, UR)}{A - \alpha(T, UR)} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\alpha(T, UR) = \frac{A \cdot T}{B + T} + \ln(UR) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde, $A = 17.27$ e $B = 237.7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Esta formulação do ponto de orvalho tem como variável a temperatura de bulbo seco e umidade relativa. Pode ser carinhosamente chamada de Magnus-Tetens formula. Ela trabalha com a temperatura de bulbo seco entre 0 e 60°C, com a umidade relativa entre 0.01 e 1.00, fornecendo um ponto de orvalho entre 0 e 50°C. A incerteza do cálculo da temperatura de ponto de orvalho é de $\pm 0.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (LAWRENCE, 2005).

4.2.4 Nevoeiro e Ventos

Porém, de acordo com o website Sustainable Sanitation and Water Management, pouco se estuda no Brasil sobre esta fonte de água alternativa, o orvalho. A viabilidade de coleta de umidade do ar deveria ser avaliada nas áreas onde as fontes de água tradicionais, como por exemplo, água de superfície, água pluvial, não conseguem sanar as necessidades da população local, inclusive naquelas onde a chegada da rede de abastecimento de água ou a dessalinização da água se tornam financeiramente inviáveis. O foco da aplicação deste método são as áreas áridas e semiáridas do globo terrestre (SCHEMENAUER E CEREDA, 1997). O “cultivo de água” se dá melhor nas áreas onde os ventos sopram em uma direção para movimentar as nuvens baixas e os nevoeiros, que podem ser observadas na figura 1. (FUREY, 1998).

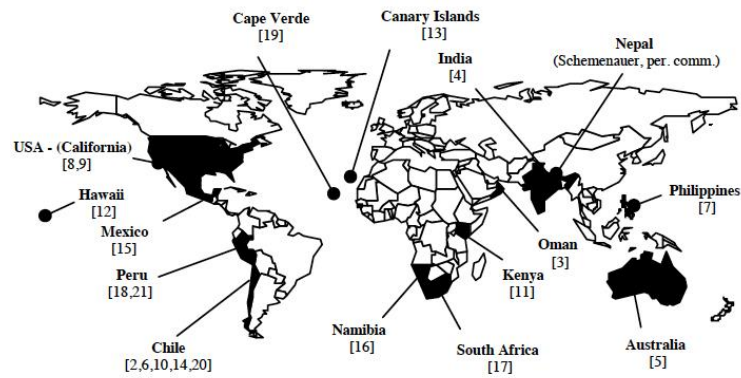


Figura 1 - Em preto: locais onde estudos da coleta de nevoeiro estão sendo conduzidas.
Fonte: Sustainable Sanitation and Water Management website, 2015.

4.2.5 Resfriamento Radiativo

Como citado anteriormente, outra maneira de se coletar o orvalho, é através da captura do vapor de água que se desprende do solo para a superfície exposta, em processo de resfriamento radiativo (perda de calor da terra), pode-se concluir que os melhores locais no globo terrestre para estudo desta formação de orvalho, são os locais com maiores índices de radiação solar e umidade do solo, que pode ser analisado através do cruzamento de dados das figuras 2 e 3. Na figura 2, a escala varia da cor branca até a cor verde, a cor verde representa alta umidade no solo e a cor branca, baixa umidade. Por sua vez, a figura 3 apresenta o grau de incidência anual da radiação solar, variando de acordo com a escala estabelecida ao lado esquerdo da figura, onde a cor azul representa baixa incidência e a cor amarela representa alta incidência.

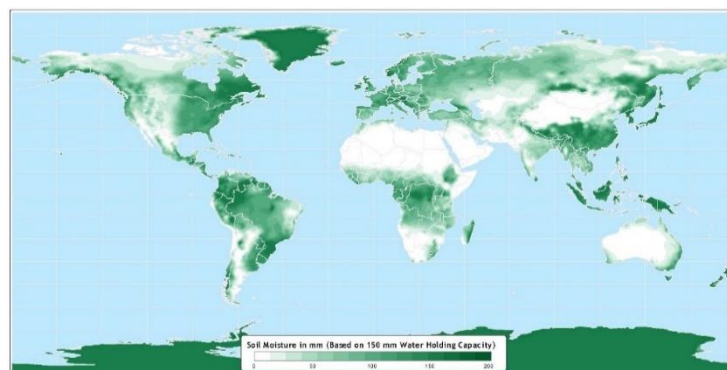


Figura 2 - Umidade do solo
Fonte: Nelson Institute – SAGE (2015)

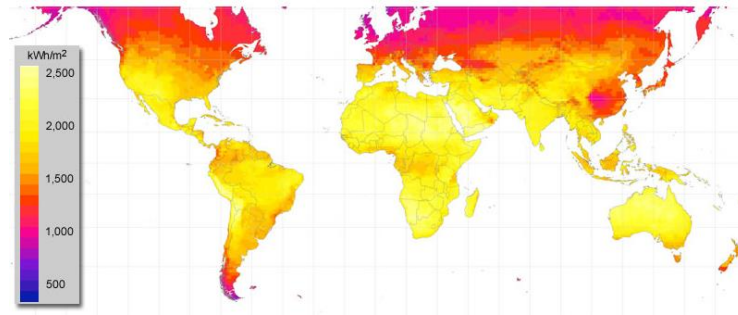


Figura 3 - Incidência solar anual
Fonte: Green Rhino Energy (2015)

4.2.6 Nebulosidade

Segundo Deffune et al. (1992), o estado geral da atmosfera é alterado pela nebulosidade devido à interferência na quantidade de insolação que chega à superfície da terra. Ela é dada como a cobertura do céu por nuvens e nevoeiro. Ela é indicada em oitavos ou décimos de céu aberto. Em sua pesquisa que correlaciona a influência da nebulosidade nos valores de insolação na região de Maringá, afirmam que ela tem caráter de interferência significativo na quantidade de insolação e que a nebulosidade deve ser levada em conta ao estimar-se a quantidade de incidência solar que determinado local recebe.

4.2.8 Transpiração das plantas

As plantas e árvores contribuem para o processo de formação das nuvens, ou aumento de umidade atmosférica, através da liberação de vapor d'água. Elas convertem luz, dióxido de carbono e água em açúcar e oxigênio através da fotossíntese. Ao longo de sua absorção de dióxido de carbono, o vapor d'água é liberado em um processo denominado transpiração. No calor do dia, o ar úmido sobe e eventualmente condensa e forma as nuvens de formato floculado, como ilustrado na figura 4. (NASA, Earth Observatory, 2009).



Figura 4 – Formação de nuvens pelo processo de transpiração, Floresta Amazônica
Fonte: NASA Earth Observatory (2015)

4.3 WARKA WATER

4.3.1 Arturo Vittori

Arturo Vittori, arquiteto italiano idealizador do projeto, é co-fundador do estúdio de arquitetura e design, Architecture and Vision (AV Website, 2015), o qual tem levado o projeto para lugares remotos da Etiópia em busca de uma melhor qualidade de vida para a população local. Em um dos vídeos institucionais sobre o projeto, Arturo Vittori descreve com propriedade os fatos que levaram a concepção de seu projeto e as características dele.

“Nós temos um sonho de que um dia nós viveremos em um planeta onde compartilharemos todos os recursos igualmente. A Organização Mundial da Saúde estima que 2,3 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável [...]. Mulheres e crianças caminham vários quilômetros por dia para trazer água potável até o vilarejo; vimos com nossos próprios olhos, é real. A partir daquilo, o conceito de ter uma estrutura que poderia providenciar água limpa, disposta na paisagem da vila, onde que fosse preciso, surgiu. Ao invés de desperdiçar várias horas do dia indo buscar água, aquelas mulheres e crianças poderiam estar produzindo, aprendendo, desenvolvendo outras atividades [...]. A ideia é de desenvolver esse projeto além, com o objetivo de testar todos os aspectos da inovação. Ela tem que ser testada, pois é como se fosse uma máquina, com o objetivo de produzir água e energia. (“073/WARKAWATER/2012”, vídeo disponível no YouTube).

4.3.2 Projeto Warka Water

De acordo com os detalhes de projeto expostos em seu website, a versão 3.2, exibida na figura 5, na qual este trabalho foi baseado, possui 10 metros de altura e pesa 60 quilogramas. Ela é constituída por 5 módulos que são assentados do topo à base. A parte estrutural externa, feita de bambu cortado, é estruturalmente otimizada para ser leve e forte. O design elegante da triangulação geométrica da estrutura oferece estabilidade e rigidez. A tensão nos cabos de amarração combinada com a resistência à compressão do bambu, permite que a estrutura resista a fortes ventos. Oito pontos de fixação são colocados radialmente a uma distância de 8 metros da base e são presos com 8 cordas de poliéster com pouca elasticidade e tem resistência a radiação solar. Dentro da estrutura de bambu, há uma malha pendurada que coleta as gotículas de água da alta umidade do ar e o coletor onde a condensação de orvalho se torna possível acontecer durante a noite, que segundo Vittori, na região montanhosa da Etiópia, pode coletar de 50 a 100 litros em uma única noite. (VITTORI, 2012)

A técnica de coleta de água e construção do Warka Water é inspirada em diversos aspectos. Várias plantas e animais têm desenvolvido propriedades em micro e nano escalas em suas superfícies, que os permitem coletar água do ar e sobreviver a ambientes hostis. Através do estudo do exoesqueleto do besouro da Namíbia, as flores da flor de lótus, teias de aranha e do sistema integrado de coleta de neblina do cacto, foram identificados materiais específicos que aumentam a condensação de orvalho, fluxo d'água e capacidade de armazenagem da torre. (VITTORI, 2012)

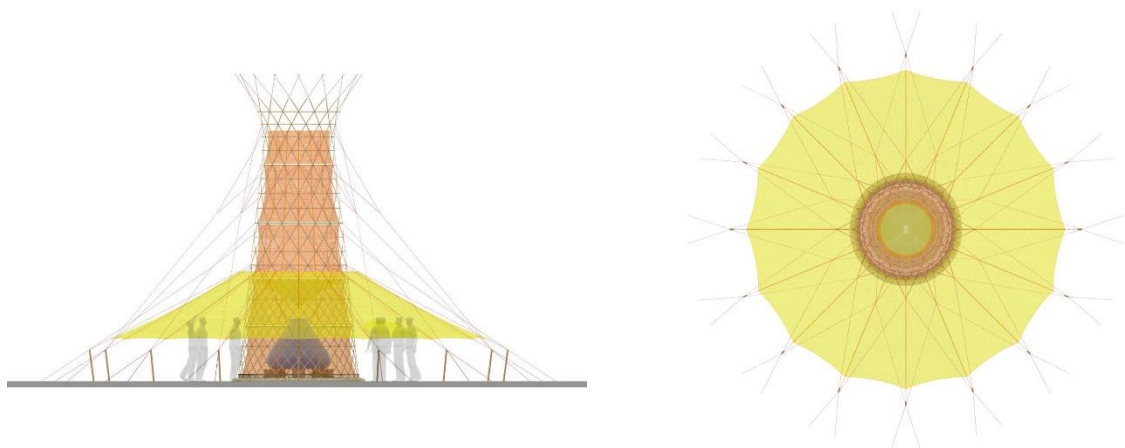


Figura 5 - Vista lateral e superior da torre
Fonte: Warka Water website (2015)

O que torna o projeto Warka Water eficiente é a sua capacidade de aproveitar os dois processos mais comuns de formação do orvalho, pelo resfriamento radiativo e pelo fluxo de ar, como ilustrados na figura 6. (VITORI, 2012).

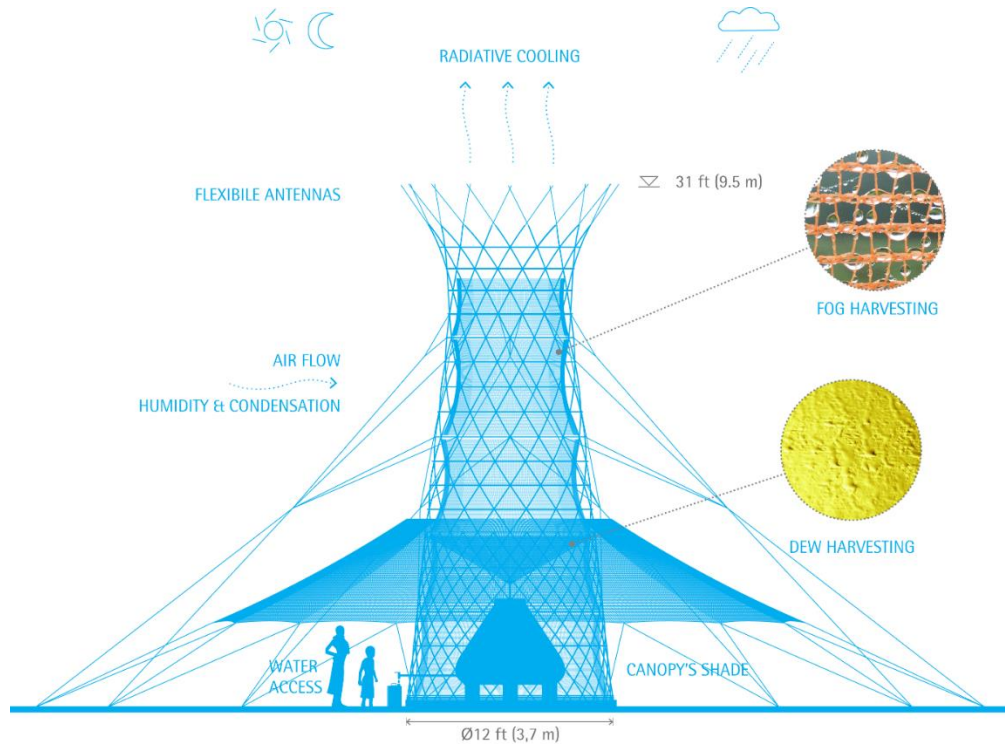


Figura 6 - Características do funcionamento básico da torre
Fonte: Warka Water website (2015)

4.3.3 Impacto ambiental e premissas de projeto

O Warka Water utiliza principalmente materiais locais e biodegradáveis. É uma estrutura designada a ser temporária e não deixar rastros no meio ambiente após a sua remoção, pois não exige escavações, modificações do relevo para a sua instalação. Em adição, a água gerada pela torre Warka pode ser usada para outros fins, tais como, irrigação, reflorestamento e regeneração do ecossistema. Como parte do treinamento dos habitantes locais, foi planejada a implementação de um programa que ensina o gerenciamento efetivo da água, no qual abordaria as melhores práticas de distribuição, uso e reciclagem da água coletada. (VITTORI, 2012)

4.3.4 Método Inovador

A água é designada para distribuição autônoma e progressiva. A torre pode ser facilmente construída e mantida pelas comunidades locais, usando ferramentas simples e cinco trabalhadores pelo período de quatro dias. A manutenção dela pode ser feita sem o uso de materiais específicos ou maquinário pesado. Com o treinamento e aconselhamento correto, os habitantes locais podem facilmente construir e dar manutenção a torre Warka. O *know-how* (conhecimento) obtido pelas primeiras equipes que forem treinadas pode ser transferido facilmente para outros vilarejos da vizinhança, com os habitantes locais ajudando a instalar outras torres na área e criando uma economia baseada na montagem e manutenção das torres. Este fato pode impulsionar em grande escala a produção de torres na região. Seguindo o desenvolvimento do protótipo e suas fases de testes, a Architecture and Vision tem como objetivo poder produzir a torre em grande escala, o que pode reduzir os custos de produção, que gira em torno de mil dólares, tornando-a significativamente mais barata do que qualquer método de obtenção de água disponível. (VITTORI, 2012)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 ESCALA DE PROJETO

O projeto de Arturo Vittori no qual este trabalho foi baseado, versão 3.2, possui 10 metros de altura. Para fins de estudo e executabilidade, este trabalho traz a confecção de um protótipo na escala 1:4, com 2,5 metros de altura e 92 centímetros de diâmetro em sua base.

5.2 MATERIAIS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Materiais utilizados: bambu, malha polimérica, fio de nylon, barbante de algodão, arame liso, CD-ROM, enforca gato, balde, fita adesiva branca. Ferramentas utilizadas: facão, alicate de bico, estilete, máquina de costura, tesoura, furadeira

5.2.1 Bambu

Para a confecção da estrutura da torre, o bambu da espécie *phyllostachys pubescens*, exposto na figura 7, foi utilizado. Tal espécie é a mais comum no sul do Brasil e é uma forte alternativa para o reflorestamento devido a sua rapidez de crescimento aliada aos fatores climáticos da região (BERNDSEN, 2008). Fato este que vai de acordo com as premissas de projeto de Arturo Vittori, que sugerem que materiais sustentáveis e que estejam disponíveis localmente sejam utilizados. (VITTORI, 2012)



Figura 7 - Touceira de bambu
Fonte: Autoria própria (2015)

5.2.1.1 Coleta e armazenamento

O bambu foi coletado na propriedade urbana localizada na Rua Miguel Luís Pereira, Campo Mourão, Paraná, onde a touceira se encontrava as margens do Rio Campo. Após a coleta do material, ele foi transportado para o Laboratório de Madeiras da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, onde foi cortado em comprimentos menores, para facilitar o seu transporte. Em uma outra etapa, realizou-se o corte longitudinal do bambu, com o intuito de deixar o interior dos colmos expostos, como observados na figura 8, para que pudessem secar devidamente e não ocasionar deformações indesejadas após a montagem da estrutura, devido ao encolhimento do material após a perda de água.



Figura 8 - Colmos abertos em processo de secagem
Fonte: Autoria própria (2015)

5.2.2 Malha polimérica

A malha polimérica utilizada, ilustrada na figura 9, foi adquirida no comércio local. Geralmente utilizada como vedação de janelas para evitar a entrada de insetos. Constituída de polietileno, de coloração branca e com abertura de 3x3 mm.



Figura 9 - Malha de polipropileno
Fonte: Autoria própria (2015)

5.3 ETAPAS DE MONTAGEM

O método de montagem da estrutura foi desenvolvido a partir da análise dos componentes que compõem o sistema, ilustrados na figura 10 e explicitados no quadro 1. O processo foi elaborado individualmente devido à ausência de necessidade de se seguir um projeto detalhado. A construção só precisa seguir algumas diretrizes básicas para o funcionamento da estrutura, tais como, resistência estrutural e facilidade de manuseio. Outra característica implementada neste protótipo, foi a confecção de 5 módulos independentes, que foram montados separadamente e depois colocados juntos na etapa final de montagem.

Quadro 1 – Componentes de Projeto, Warka Water

Antena	Um grupo de antenas com objetos refletivos em sua ponta, mantêm os pássaros longe da estrutura
Estrutura	O treliçamento realizado com as varetas de bambu, proporcional rigidez e resistência estrutural para a torre, além de proporcionar leveza ao conjunto
Cobertura	A cobertura proporciona sombra e um ambiente agradável para os usuários da torre
Cordas	A rede de cordas foi adicionada para verificar estabilidade à estrutura alta e em balanço
Malha	Uma malha permeável permite a passagem de ar através do material, capturando gotículas de orvalho que caem por gravidade
Coletor	A gotículas que se desprendem da malha caem no coletor e se direcionam até o reservatório. Este também funciona como uma superfície formadora de orvalho
Funil	Com a função de filtrar e encaminhar a água para o reservatório
Reservatório	Armazenamento de toda a água coletada para uso humano
Base	Base robusta com a função de manter a estrutura afastada do solo e dar rigidez a torre

Fonte: Autoria própria (2015)

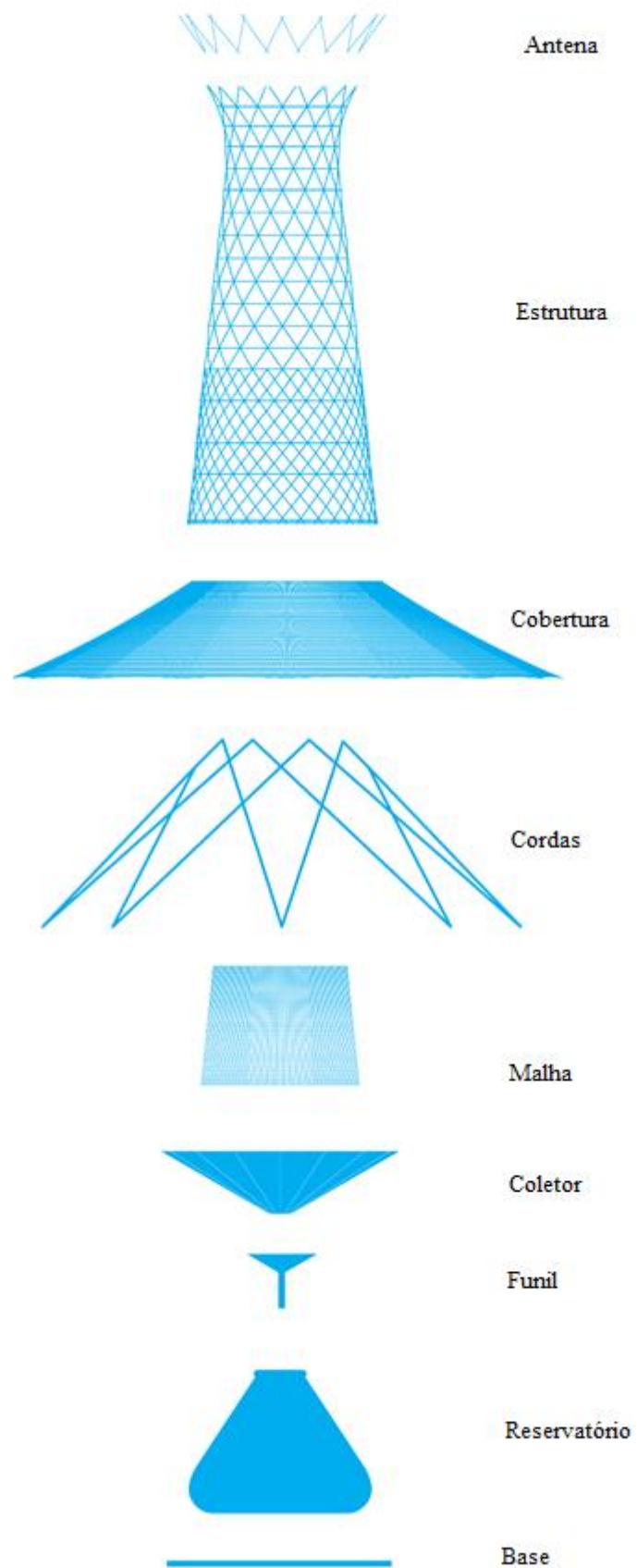


Figura 10 - Componentes do projeto Warka Water
Fonte: Arturo Vittori (2015)

A fim de explicar os processos de montagem da torre, a figura 11 traz ilustrações de algumas etapas que foram executadas para a construção do protótipo, que se encontra exposto na figura 12.

Em um primeiro momento, para uma coleta mais facilitado dos troncos de bambu, os cortes foram feitos de forma inclinada longitudinalmente ao caule e entre os colmos (a). Em seguida, pedaços com comprimentos menores foram cortados a fim de facilitar o manuseio (b). Então, os pedaços menores foram partidos ao meio, (c) e (d), e deixados em um ambiente coberto e com ventilação adequada para que a secagem do material pudesse se dar de uma forma mais eficaz (e), como ilustrado na figura 9. Subsequentemente, foram reduzidos a varetas com o comprimento de 70 cm (f), através do procedimento (c) e em seguida, foram furadas nos pontos necessários (g) com uma furadeira, à uma distância de 12 cm entre os furos e 2 cm das extremidades.

Por conseguinte, um alicate de bico foi utilizado para cortar o arame liso e confeccionar os pinos de ligação das varetas e as argolas de ajuste (h). Depois as varetas foram sobrepostas e vinculadas entre si (i) através dos procedimentos (j) e (k), de tal forma que formassem um arranjo contínuo treliçado (l). No momento seguinte, o arranjo contínuo treliçado foi completamente vinculado de uma maneira que a estrutura final se identificasse com a etapa (m).

Em seguida, já na confecção do coletor inferior, a lona plástica foi cortada com o diâmetro de um metro (n) e para que pudesse ser fixada de forma segura na estrutura. Reforços foram colocados nos locais de amarração a fim de evitar o rasgamento da mesma. Em sequência, os lugares indicados com as linhas pontilhadas em (n) foram colados entre si, a fim de forma um grande tronco de cone como em (o). Por conseguinte, a menor circunferência foi recortada de tal forma que o funil pudesse ser encaixado e colado a lona, como em (p). Em adição, um pequeno filtro (q) foi adicionado no interior do funil a fim de evitar a proliferação de vetores.

Subsequentemente, a malha polimérica foi cortada e costurada de tal forma que pudesse ficar dentro dos módulos e que tivesse argolas para possibilitar sua fixação na estrutura, vide (r). Então, o fio de nylon foi amarrado em toda a circunferência superior e inferior dos módulos (s), a fim de proporcionar a fixação da malha através das argolas de ajuste (h). Em seguida, uma pequena estrutura foi montada utilizando arame liso e varetas de bambu, para poder fixar os CDs de uma forma que seu giro fosse liberado (t).

Posteriormente, com os módulos finalizados e todas suas partes devidamente instaladas, eles foram transportados até o local de testes para a montagem final da torre. No local de testes A, um pequeno pallet de madeira foi posicionado no solo, a fim de propiciar o ajuste de nível

da torre. Por fim, os módulos foram instalados em conjunto e a fixação da torre no solo através de tirantes de arame liso, foi executada.

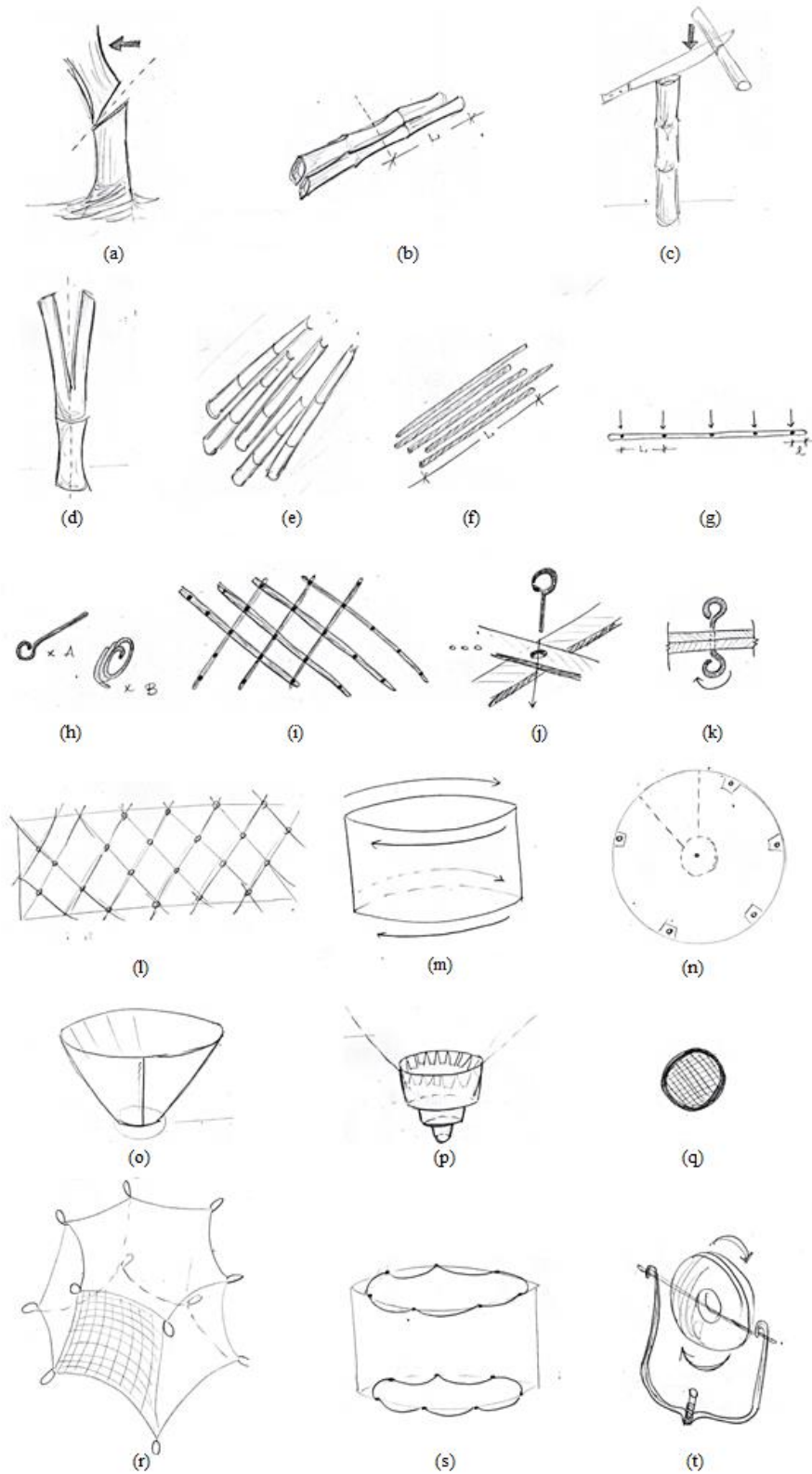


Figura 11 - Etapas ilustrativas de montagem
Fonte: Autoria própria (2015)



Figura 12 - Protótipo Warka Water, construído na escala 1:4
Fonte: A autoria própria (2015)

5.4 LOCAIS DE TESTES

Os testes foram realizados nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, nas coordenadas cartesianas $24^{\circ} 03' 43.2''S$ e $52^{\circ} 23' 07.1''$, entre os dias 29 de maio de 2015 e 01 de outubro de 2015. Sua instalação foi devidamente autorizada pela Direção Geral do campus, que incentivou a colocação do projeto em contato com o público, assim bem como as diretrizes centrais de projeto que este trabalho leva consigo. O protótipo foi posicionado em dois locais, vide figura 13, com condições ambientais diferentes, a fim de verificar o grau de influências destas adversidades na estrutura e em seu funcionamento.

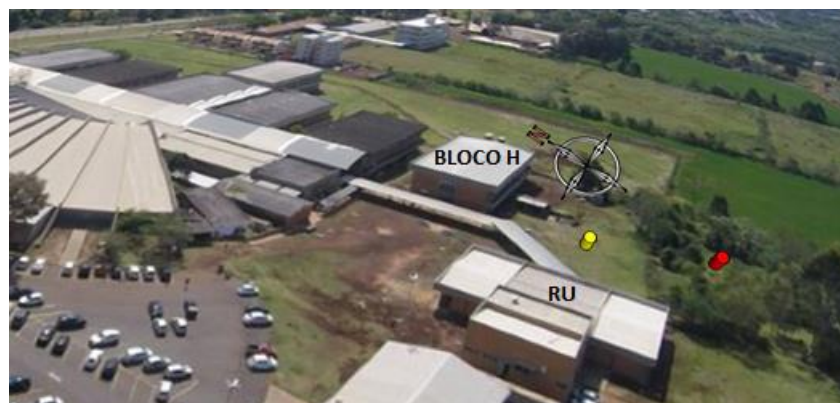


Figura 13 - Locais de testes, local A à esquerda e local B à direita
Fonte: A autoria própria (2015)

5.4.1.1 Local A

Primeiramente, a torre foi posicionada no ponto A devido às características geográficas do terreno. Como constatado anteriormente nos dados meteorológicos dos períodos de testes, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, os ventos sopram com uma maior frequência na direção Leste. Com isso, qualquer massa de ar com alto grau de vapor de água seria obrigada a passar pela estrutura.

Outro fator que contribuiria para este fato, é a diferença de cota existente entre o estacionamento da universidade e o terreno onde a torre foi posicionada, como ilustrado na figura 14, em amarelo. Em adição, o local oferece uma maior interação com os acadêmicos que utilizam dos serviços do Restaurante Universitário e desempenham atividades no Bloco H, como ilustrados na figura 15.



Figura 14 - Direção dos ventos esperadas ilustradas pelas setas
Fonte: Autoria própria (2015)



Figura 15 - Local de testes A
Fonte: Autoria própria (2015)

5.4.1.2 Local B

Em uma segunda oportunidade, o protótipo foi posicionado entre a vegetação adjacente ao Bloco H e Restaurante Universitário, como ilustrado na figura 16. Tal local foi escolhido para analisar se o vento teria caráter de influência significativa na coleta de orvalho, já que a incidência seria menor devido à vegetação que circunda a torre. Além disso, a vegetação poderia influenciar positivamente nos resultados devido à transpiração das plantas, como constatado anteriormente.



Figura 16 - Local de testes B
Fonte: Autoria própria (2015)

5.5 MÉTODO DE AFERIÇÃO DE COLETA

Anexado ao coletor, foi colocado um recipiente graduado com capacidade de 8 litros, com o intuito de verificar as coletas de orvalho, como ilustrado na figura 17. A inspeção do recipiente e da malha era realizada com frequência, e quando observado alguma alteração, os dados eram recolhidos e a limpeza quando necessária era realizada.



Figura 17 - Reservatório com água
Fonte: Autoria própria (2015)

5.6 INMET

A análise de eficiência do projeto foi realizada a partir do cruzamento de dados obtidos in loco com os registros meteorológicos da cidade de Campo Mourão, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no que se referem à temperatura de bulbo seco, umidade relativa, nebulosidade, velocidade e direção do vento. Cabe ressaltar que o INMET disponibiliza 3 medições diárias destas variáveis, que no período de análise, totalizando 378 medições. O instituto disponibiliza todo o histórico em seu website. Seu acesso se dá possível após o cadastramento e recebimento dos procedimentos de acesso. Todos os dados encontram-se no Anexo A deste trabalho.

5.7 CUIDADOS COM HIGIENE E PROLIFERAÇÃO DE VETORES

Devido ao acúmulo de água no recipiente, cuidados foram tomados para evitar a proliferação de vetores que pudessem causar algum dano à saúde da população local, no caso, dos frequentadores da UTFPR-CM. O funil anexo ao coletor, foi encaixado de forma que não houvesse espaço para a entrada de insetos no recipiente. Em adição, uma pequena malha vedante foi colocada na base do funil, como mostrado na figura 18.

Dada função da estrutura, qualquer tipo de contaminação por agentes externos deve ser evitado ao máximo. A fim de evitar que pássaros depositassem suas fezes na malha de captação

de orvalho, objetos reflexivos foram instalados para mantê-los a uma distância segura, como ilustrado na figura 20.



Figura 18 - Tela metálica entre o coletor e reservatório
Fonte: Autoria própria (2015)



Figura 19 - Dispositivo reflexivo instalado no topo da estrutura
Fonte: Autoria própria (2015)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados que serão analisados a seguir, foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia, INMET. Todos estes dados foram coletados pela estação meteorológica 83783, localizada na cidade de Campo Mourão, Paraná, Brasil, latitude $-24,05^\circ$ e longitude $-52,3667^\circ$.

Atualmente, alguns dados meteorológicos encontram-se completamente acessíveis ao público, que podem acessá-los de forma rápida e prática através de um breve cadastramento eletrônico no portal do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, o BDMEP.

Os dados em questão se referem à Umidade Relativa, Temperatura de Bulbo Seco, Direção e Velocidade do Vento, que foram coletados nos horários de 00, 12 e 18 UTC (Coordinated Universal Time). Entretanto, somente os dados das 00 e 18 UTC foram analisados em consequência de a formação de orvalho se dar durante a noite (SENTELHAS, et al., 2007). Dados estes que se encontram no Anexo A deste trabalho.

6.2 PONTO DE ORVALHO E UMIDADE RELATIVA

Como constatado anteriormente, a umidade relativa tem efeito direto sobre a temperatura de ponto de orvalho. Utilizando a Equação (2), a temperatura de bulbo seco (T) foi fixada em 20°C , e variou-se a umidade relativa de 0 a 100%. Como pode ser observado no gráfico 1, o ponto de orvalho se aproxima da temperatura de bulbo seco conforme a umidade relativa aumenta, tal fato se dá pelo crescente aumento da quantidade de vapor de água no ar, aproximando o ponto de orvalho (T_o), ou seja, o ponto de condensação da temperatura ambiente. A curva em azul representa a T_o e a reta em laranja demonstra onde os 20°C estão localizados.

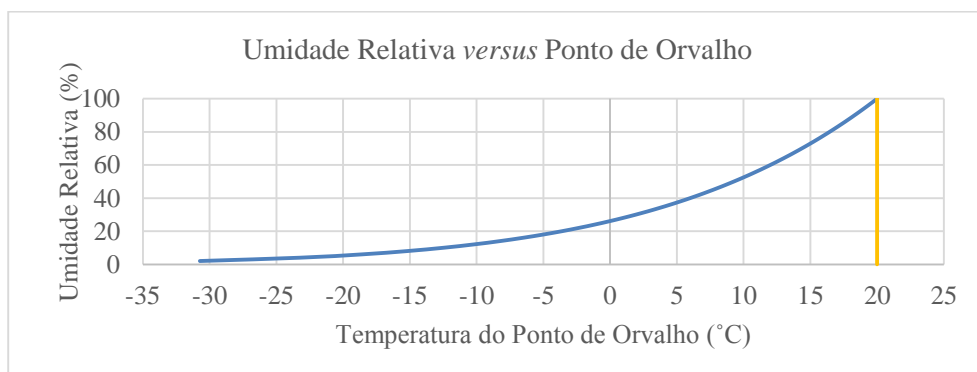


Gráfico 1: Relação entre Umidade Relativa e a Temperatura de Ponto de Orvalho
Fonte: Autoria própria (2015)

No que se diz respeito à umidade relativa da região em análise, foi constatada um valor alto e sem períodos de seca, salvo o breve período em que se manteve baixa compreendido entre

os dias 13 e 26 de setembro, que teve a menor média diária do período, no valor de 72%. Considerando os outros períodos, a UR se manteve entre 80 e 100%, como demonstra o gráfico 2, fator que influencia positivamente na coleta devido ao alto grau de vapor de água presente no ar.

Outra característica que relaciona a umidade relativa com a temperatura, é o aumento desta devido ao decréscimo daquela. A partir do princípio da Lei de Conservação dos Gases pode-se analisar esta relação com mais detalhes. Dado uma quantidade de ar, insaturado e com uma quantia de vapor de água, se a temperatura diminuir, a mesma quantidade de vapor de água pode saturar-se. Então, para a mesma quantidade de umidade do ar, a umidade relativa pode ser menor para uma temperatura maior, e maior para uma temperatura menor (LAWRANCE, 2005). Com isso, naturalmente, a umidade relativa é maior durante a noite do que durante o dia. Tais fatos podem ser constatados no gráfico abaixo.

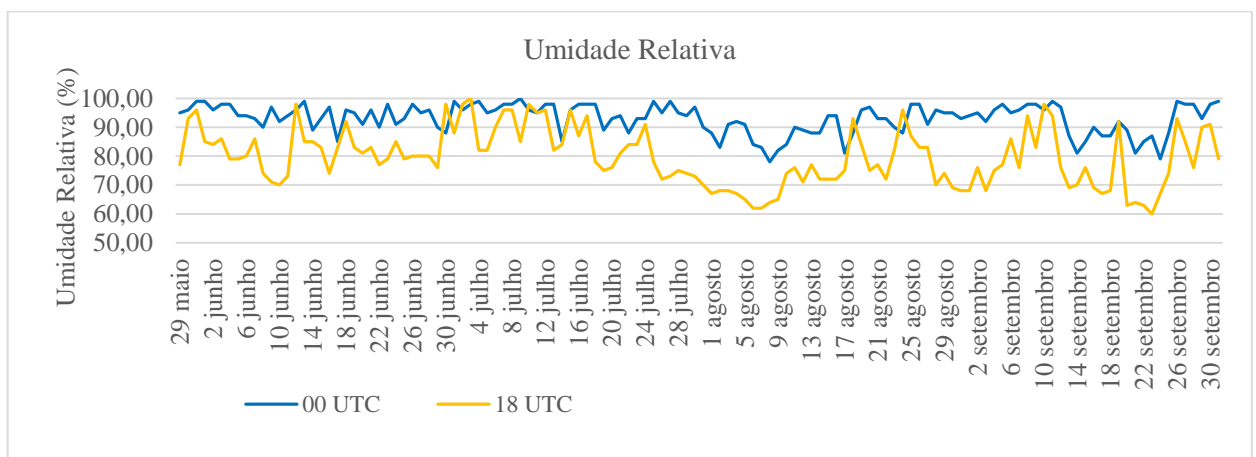


Gráfico 2: Umidade relativa dos UTCs 00 e 18 dos períodos em análise
Fonte: Autoria própria (2015)

Em outra análise, através da Equação (2), as temperaturas do ponto de orvalho, que se encontram ilustradas no gráfico 4, foram calculadas para as medições diárias das 18 e 00 UTC, exposta no gráfico 3. Como esperado, em sua grande maioria, as temperaturas calculadas para as 18 UTC foram maiores do que para as 00 UTC, fato este que está ligado diretamente com o acréscimo de umidade relativa com a entrada da noite, como exposta no gráfico acima, e o decréscimo da temperatura devido à ausência da insolação, como ilustrado no gráfico 2, o que deixa a temperatura de ponto de orvalho bem próxima da temperatura ambiente durante as noites, favorecendo a formação de gotículas.

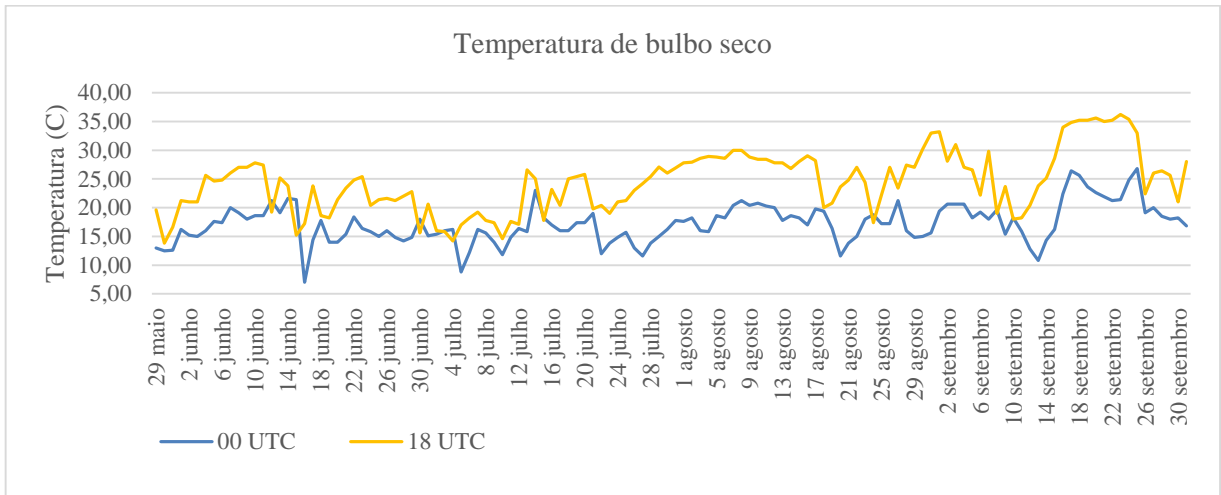


Gráfico 3: Temperaturas de bulbo seco registradas
Fonte: Autoria própria (2015)

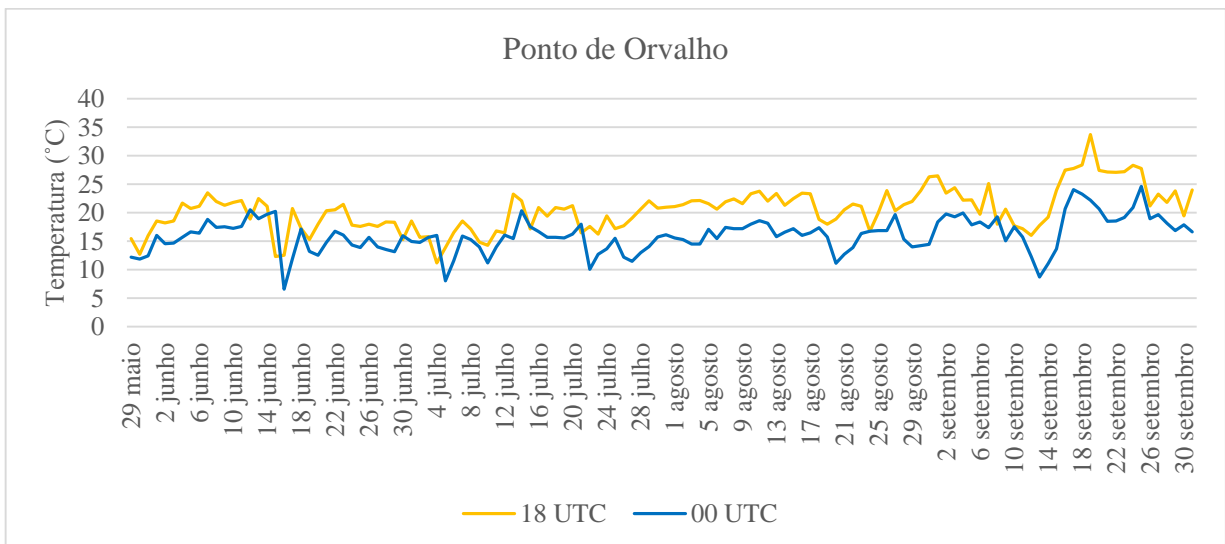


Gráfico 4: Temperatura do ponto de orvalho – registros dos UTCs 00 e 18 do período em análise
Fonte: Autoria própria (2015)

Como exposto anteriormente, a umidade relativa influencia diretamente no ponto de orvalho. Quanto maior a umidade, mais próximo a temperatura do ponto de orvalho, temperatura de condensação, está mais próximo da temperatura ambiente. Observando o gráfico abaixo, pode-se ver o distanciamento entre as linhas da temperatura ambiente e do ponto de orvalho nos momentos em que a umidade relativa apresenta um valor menor do que os usuais. Tal fenômeno ocorre com maior discrepância entre os períodos de 28 de julho à 17 de agosto e 16 de setembro à 26 de setembro.

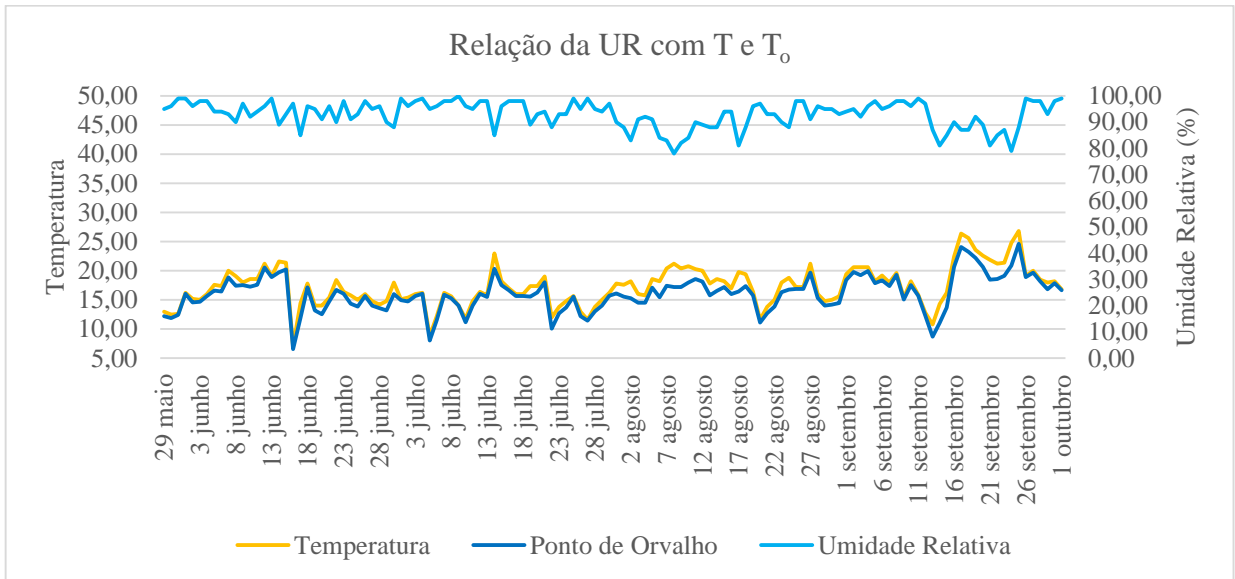


Gráfico 5: Demonstrativo da diferença entre a temperatura de bulbo seco e a temperatura do ponto de orvalho relacionando-as com a umidade relativa

Fonte: Autoria própria (2015)

6.3 CHUVAS ACUMULADAS

Apesar de seu design ser voltado para a coleta de orvalho através da passagem de nevoeiro e resfriamento radiativo do solo, a estrutura foi capaz de coletar água pluvial devido ao seu coletor impermeável e com certa grandeza radial. Tal fator contribuiu para a coleta de água potável, como demonstra a figura 20, atentando-se para a acidez da chuva dependendo da localidade em que a estrutura for instalada.



Figura 20 – Coleta realizada após o registro de chuvas
Fonte: Autoria própria (2015)

6.4 COLETA EFETIVA

Dentre as aferições da formação de orvalho na torre, foram constatadas pequenas formações de orvalho que se deram na malha polimérica, mas que não foram suficientes para que tivessem massa para que com seu peso se desprendessem da malha e chegassem até o coletor da estrutura ou até o reservatório.

No que se diz respeito às coletas efetivas realizadas pela torre, a mais notória se deu no local A, no dia 6 de junho de 2015, às 7h e 15 minutos do horário local. Observou-se a formação de pequenas gotículas sobre o coletor da estrutura, como pode-se verificar na figura 21.

Como o registro foi realizado na manhã do dia 6, a formação se deu da noite do dia 5 para a manhã do dia em questão. Com isso, analisa-se os dados meteorológicos dos dias 5 e 6 de junho de 2015, expostos na tabela 1. O dia 5 registrou temperaturas entre 17.6 e 24,6 °C, já o dia 6, por sua vez, 17.4 e 24.8 °C. Temperaturas estas que podem ser consideradas favoráveis devido à pouca variação entre as 18 UTC do dia 5 e 00 UTC do dia 6. Como exposto no quadro 2.

Como aludido previamente, quando a condensação se dá no ar acima do solo, os núcleos de condensação, que são pequenas partículas de água em suspensão, auxiliam o vapor de água a condensar-se devido à atração que ocorre entre elas. Com a variação reduzida, o calor latente do coletor da estrutura manteve-se baixo, isto é, adquire pouco calor ao decorrer do dia, através da radiação solar.

O fato de ter ganhado pouco calor, permitiu que ele se resfriasse durante a noite se aproximasse com maior facilidade do ponto de orvalho, o que tornou a superfície suscetível à formação de gotículas de águas. Outro quesito que também constatado, foi a alta umidade relativa registrada as 00 UTC, 94%, um valor alto que favorece a condensação do vapor de água, que pode ser observada na figura 21.



Figura 21 - Manhã do dia 6 de junho de 2015, orvalho formado no coletor
Fonte: Autorial própria (2015)

Quadro 2: Registros dos dados referentes aos dias 5 e 6 de julho, nos horários de 00 e 18 UTC

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento	V. Vento (m/s)	To (°C)	Prep. (mm)	T – To (°C)
5/6/2015	00	17.60	94.00	Sudeste	2.06	16.62	0.00	0.97
5/6/2015	18	24.60	79.00	Norte	2.06	20.71	0.00	3.89
6/6/2015	00	17.40	94.00	Leste	1.54	16.42	0.00	0.97
6/6/2015	18	24.80	80.00	Norte	1.54	21.11	0.00	3.69

Fonte: Autorial própria (2015)

6.5 TIPO DE MALHA

Constituída de polipropileno, com aberturas quadradas de 3mm e fios de 0,65mm, seu desempenho não foi favorável, dado as condições propícias do ambiente para a captação de gotículas de água.

Contudo, a constituição do material da malha polimérica não recebeu atenção necessária a fim de proporcionar uma superfície mais favorável para a formação do orvalho. Somente sua abertura e coloração foram levadas em consideração, com espaçamentos reduzidos e de coloração branca.

O polipropileno é tido como um material com uma boa estabilidade térmica (KARIAN, 2003), fato que em conjunto com os fios da malha com diâmetro relativamente pequenos, possibilitaram uma maior concordância entre a temperatura da malha e do ar. Fato que não acarreta vantagens à coleta do orvalho, porque a temperatura da malha teria que ser menor que a temperatura do ar, ou seja, mais próxima da temperatura do ponto de orvalho.

Esta característica singular pode ser facilmente compreendida quando analisado um fato corriqueiro no cotidiano de qualquer indivíduo que tenha contato com a civilização moderna, a formação de orvalho sobre a lataria dos veículos automotores, que geralmente são constituídas por ligas metálicas, vide figura 22. Os metais tendem a perder calor mais rápido para o ambiente do que outros materiais, como por exemplo, a madeira (CALLISTER, 2015). Devido à esta característica, as latarias se resfriam mais rapidamente do que o ar, atingindo a temperatura de ponto de orvalho rapidamente.



Figura 22 - Orvalho sobre carro em manhã fria
Fonte: Fabio Damazio (2007)

6.6 LOCAIS EXPERIMENTADOS

Como explicitado anteriormente, o teste foi conduzido em dois locais com características geográficas distintas a fim de verificar a influência da geografia e vegetação na formação efetiva de orvalho na torre coletora. Entretanto, não foi observada diferença significativa entre os experimentos. Acredita-se que a indiferença entre os testes se deu pela baixa taxa de coleta que impossibilitou a comparação efetiva dos resultados.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi abordado a capacidade de provimento de água nas dependências da UTFPR-CM através da construção de um protótipo de coleta de orvalho em escala reduzida, sem projeto detalhado e com materiais disponíveis localmente, baseado no projeto Warka Water. Por meio dos testes realizados, verificou-se a formação de orvalho em pequenas escalas, o que dificultou sua coleta devido à ausência de peso das partículas, impossibilitando sua queda até o reservatório. Entretanto, dados meteorológicos apontam que a região de Campo Mourão se demonstra favorável à exploração deste recurso hídrico, dado suas elevadas medições de umidade relativa, fator crucial para a formação do orvalho.

O orvalho pode ser explorado como uma fonte alternativa de água potável, mesmo que a coleta seja realizada em pequenas escalas, a água pode ser utilizada em atividades que exijam poucas quantidades de água, como por exemplo, a rega de pequenos cultivos domésticos de verduras e vegetais. Recomenda-se que estudos direcionados à temperatura do ponto de orvalho sejam previamente conduzidos na região em análise, a fim de determinar os pontos mais favoráveis para realizar a coleta efetiva. Em adição, o estudo detalhado do material que compõe a malha polimérica seria de grande valia para otimizar o processo de coleta, dado não somente sua composição química, mas também seu arranjo geométrico.

A prática de pesquisas voltadas às responsabilidades éticas profissionais do Engenheiro Civil é importante para o incentivo de novas pesquisas com este cunho. Além do mais, o cumprimento de seus deveres éticos tem que serem explorados de uma forma mais ampla durante a formação do profissional de Engenharia. Para se atingir uma sociedade digna e garantir o cumprimento dos direitos humanos estabelecido pelas Organizações das Nações Unidas, o engenheiro deve proporcionar o desenvolvimento igualitário de todas as nações, e não somente das detentoras de tecnologia e conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

Architecture and Vision. **Warka Water project website**. Imagens disponíveis em: <<http://www.architectureandvision.com/warkawater/design>>, acesso em: 21 de set. 2015.

BDMEP, **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**, Dados disponíveis em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>, acesso em: 7 de set. 2015.

SANTANA, J. G. L., et al., **A Responsabilidade Social na Vida de um Engenheiro**. COBENGE, Blumenau, Santa Catarina, out. 2011.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Resolução 64/292**, 108th Plenary Meeting, Genebra, Suíça, jul., 2010.

LAWRANCE, M. G., **The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air**. American Meteorological Society, BAMS, fev. 2005

PADILHA, E., **Juramento do Engenheiro**, Texto disponível em: <<http://www.eniopadilha.com.br/artigo/1355/juramento-do-engenheiro>>, acesso em: 21 de set. 2015.

WIE., **What is engineering: what you need to know about engineering**, Texto Disponível em: <<http://whatisengineering.com/>>, Acesso em: 21 de set. 2015.

World Health Organization (WHO).**Progresso on Drinking Water and Sanitation – 2014 update**, Genebra, Suíça, 2014.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). **Gender, Water and Sanitation: A Policy Brief**, Genebra, Suíça, 2006.

United Nations Development Programme (UNDP). **Mainstreaming Gender in Water Management**, New York, USA, 2006.

World Health Organization regional office for Europe. **Policy guidance on water-related disease surveillance**, Copenhagen, Dinamarca, 2011.

United Nations New York (ONU – NY) - Department of Economics and Social Affairs. **The World's Women 2010: Trends and Statistics**. New York, USA, 2010.

The United Nations Children's Fund (UNICEF) & World Health Organization (WHO). **Diarrhea: Why children are still dying and what can be done - New York and Geneva**, Genebra, Suíça, 2009.

BBC NEWS, **Poor water and hygiene 'kills mother and newborns'**, Smithat Mundasaq, dez., 2014, Texto disponível em: < <http://www.bbc.com/news/health-30452226>>, Acesso em: 21 de set. 2015.

SENTELHAS, P. C., ANGELOCCI, L. R., PEREIRA, A. R., **Meteorologia Agrícola**. Edição revisada e ampliada, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Dept. de Ciências Exatas, Piracicaba, SP, fev. 2007.

ARMANI, Gustavo, FUNARI, Frederico L., SALUM, Sergio T. **Ocorrência de Orvalho na Cidade de São Paulo**, Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 29 (1/2), 41-48, 2008.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4ed. 332p. Bertrand, Rio de Janeiro, 1996.

DEFFUNE, G., GALVANI, E., AVANCINI, M. **Influência da Nebulosidade nos Valores de Insolação – Maringá - PR. 1991 – 1992**. 8p. Maringá, Paraná, 1992.

BERDSEN, Rodrigo S. **Caracterização Anatômica, Física e Mecânica de Lâminas de Bambu (*Phyllostachys pubescens*)**. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

FUREY, S. G. **Fog Harvesting for Community Water Supply**. Canfield: Silsoe College Cranfield University, 1998.

SCHEMENAUER, R.; CERECEDA, P. **A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions**. Journal of Applied Meteorology 33, páginas 1313-1322, 1994.

WaterAid Ethiopia & Prognist. **Mapping the relationship between water, hygiene and sanitation and HIV/AIDS: a joint think piece**, Etiópia, 2004.

SCOTT, F. **Biological Science**, Benjamin Cummins, 3ed, 215p, 2007

KARIAN, H. **Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites**. CRC Press, mar. 2003

NASA Earth Observatory. **Transpiração das plantas no norte da Amazônia**, Imagem disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=39936>>, acesso em: 21 de set. 2015.

GREEN RHINO ENERGY. **World Map – Annual global versus direct irradiance**, Imagem disponível em: <<http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>>, acesso em: 21 de set. 2015.

NELSON INSTITUTE, SAGE – Center for Sustainability and the Global Environment. **Soil Moisture**, Imagem disponível em: <<http://nelson.wisc.edu/sage/data-and-models/atlas/maps.php?datasetid=23&includerelatedlinks=1&dataset=23>>, acesso em: 21 de set. 2015.

SSWM – Sustainable Sanitation and Water Management. **Places where fog-harvesting studies are being conduct**. Imagem disponível em: <<http://www.sswm.info/>>, acesso em: 21 de set. 2015.

DAMAZIO, F. **Formação de orvalho sobre superfície metálica**, Imagem disponível em: <https://www.flickr.com/photos/26196464@N00/943576089>, acesso em: 21 de set. 2015.

APÊNDICE A

Dados Meteorológicos de Campo Mourão do período em análise

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
29/05/2015	0.00	11/7/2015	61.40	22/08/2015	0.00
30/05/2015	0.30	12/7/2015	41.30	23/08/2015	0.00
31/05/2015	12.50	13/07/2015	17.90	24/08/2015	6.40
1/6/2015	0.40	14/07/2015	0.00	25/08/2015	14.60
2/6/2015	0.00	15/07/2015	34.10	26/08/2015	0.00
3/6/2015	0.00	16/07/2015	20.40	27/08/2015	18.40
4/6/2015	0.00	17/07/2015	62.10	28/08/2015	0.00
5/6/2015	0.00	18/07/2015	17.40	29/08/2015	0.00
6/6/2015	0.00	19/07/2015	0.00	30/08/2015	0.00
7/6/2015	0.00	20/07/2015	0.00	31/08/2015	0.00
8/6/2015	0.00	21/07/2015	4.20	1/9/2015	0.00
9/6/2015	0.00	22/07/2015	0.00	2/9/2015	0.00
10/6/2015	0.00	23/07/2015	0.00	3/9/2015	0.00
11/6/2015	0.00	24/07/2015	0.80	4/9/2015	0.00
12/6/2015	15.60	25/07/2015	4.20	5/9/2015	0.70
13/06/2015	25.20	26/07/2015	0.00	6/9/2015	3.20
14/06/2015	0.00	27/07/2015	0.00	7/9/2015	0.00
15/06/2015	11.40	28/07/2015	0.00	8/9/2015	114.50
16/06/2015	0.00	29/07/2015	0.00	9/9/2015	21.20
17/06/2015	0.00	30/07/2015	0.00	10/9/2015	0.60
18/06/2015	0.00	31/07/2015	0.00	11/9/2015	34.60
19/06/2015	4.40	1/8/2015	0.00	12/9/2015	0.00
20/06/2015	0.00	2/8/2015	0.00	13/09/2015	0.00
21/06/2015	0.00	3/8/2015	0.00	14/09/2015	0.00
22/06/2015	0.00	4/8/2015	0.00	15/09/2015	0.00
23/06/2015	0.00	5/8/2015	0.00	16/09/2015	0.00
24/06/2015	0.00	6/8/2015	0.00	17/09/2015	0.00
25/06/2015	0.00	7/8/2015	0.00	18/09/2015	0.00
26/06/2015	0.00	8/8/2015	0.00	19/09/2015	2.90
27/06/2015	0.00	9/8/2015	0.00	20/09/2015	0.00
28/06/2015	0.00	10/8/2015	0.00	21/09/2015	0.00
29/06/2015	0.00	11/8/2015	0.00	22/09/2015	0.00
30/06/2015	0.00	12/8/2015	0.00	23/09/2015	0.00
1/7/2015	13.40	13/08/2015	0.00	24/09/2015	0.00
2/7/2015	2.20	14/08/2015	0.00	25/09/2015	0.00
4/7/2015	35.50	15/08/2015	0.00	26/09/2015	37.50
5/7/2015	0.00	16/08/2015	0.00	27/09/2015	0.00
6/7/2015	0.00	17/08/2015	0.00	28/09/2015	14.00
7/7/2015	11.60	18/08/2015	0.00	29/09/2015	0.00
8/7/2015	28.40	19/08/2015	3.00	30/09/2015	38.70
9/7/2015	10.20	20/08/2015	0.00	1/10/2015	0.00
10/7/2015	0.20	21/08/2015	0.00		

Quadro 3: Precipitação diária registrada em mm

Fonte: INEP – BDMEP (2015)

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
29/05/2015	0:00	13.00	95.00	0	0.00
29/05/2015	12:00	12.10	97.00	18	0.00
29/05/2015	18:00	19.60	77.00	18	2.57
30/05/2015	0:00	12.50	96.00	5	1.54
30/05/2015	12:00	11.50	99.00	18	3.09
30/05/2015	18:00	13.80	93.00	5	3.09
31/05/2015	0:00	12.60	99.00	9	1.54
31/05/2015	12:00	13.80	97.00	9	3.09
31/05/2015	18:00	16.60	96.00	9	2.06
1/6/2015	0:00	16.20	99.00	9	1.03
1/6/2015	12:00	14.80	97.00	9	5.14
1/6/2015	18:00	21.20	85.00	9	3.09
2/6/2015	0:00	15.20	96.00	9	3.09
2/6/2015	12:00	14.20	93.00	9	3.09
2/6/2015	18:00	21.00	84.00	9	4.12
3/6/2015	0:00	15.00	98.00	9	3.09
3/6/2015	12:00	14.20	97.00	9	3.09
3/6/2015	18:00	21.00	86.00	36	2.57
4/6/2015	0:00	16.00	98.00	9	3.09
4/6/2015	12:00	17.00	94.00	14	1.54
4/6/2015	18:00	25.60	79.00	5	2.57
5/6/2015	0:00	17.60	94.00	14	2.06
5/6/2015	12:00	16.60	95.00	18	1.03
5/6/2015	18:00	24.60	79.00	36	2.06
6/6/2015	0:00	17.40	94.00	9	1.54
6/6/2015	12:00	17.20	96.00	9	1.54
6/6/2015	18:00	24.80	80.00	36	1.54
7/6/2015	0:00	20.00	93.00	5	1.03
7/6/2015	12:00	19.00	91.00	14	1.03
7/6/2015	18:00	26.00	86.00	36	2.06
8/6/2015	0:00	19.10	90.00	0	0.00
8/6/2015	12:00	19.60	93.00	14	2.06
8/6/2015	18:00	27.00	74.00	5	3.09
9/6/2015	0:00	18.00	97.00	0	0.00
9/6/2015	12:00	17.60	88.00	14	1.03
9/6/2015	18:00	27.00	71.00	36	2.06
10/6/2015	0:00	18.60	92.00	9	1.03
10/6/2015	12:00	20.10	90.00	5	1.54
10/6/2015	18:00	27.80	70.00	32	4.12
11/6/2015	0:00	18.60	94.00	0	0.00
11/6/2015	12:00	19.00	91.00	36	1.54
11/6/2015	18:00	27.40	73.00	32	5.66
12/6/2015	0:00	21.20	96.00	27	2.06
12/6/2015	12:00	18.80	96.00	14	2.06
12/6/2015	18:00	19.20	98.00	23	2.57
13/06/2015	0:00	19.10	99.00	36	0.51

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
13/06/2015	12:00	19.20	100.00	0	0.00
13/06/2015	18:00	25.20	85.00	36	5.14
14/06/2015	0:00	21.60	89.00	36	2.06
14/06/2015	12:00	20.00	90.00	32	4.63
14/06/2015	18:00	23.80	85.00	32	4.63
15/06/2015	0:00	21.40	93.00	27	3.09
15/06/2015	12:00	13.00	94.00	23	1.03
15/06/2015	18:00	15.20	83.00	23	3.09
16/06/2015	0:00	7.00	97.00	18	1.03
16/06/2015	12:00	5.80	88.00	9	5.14
16/06/2015	18:00	17.20	74.00	36	3.09
17/06/2015	0:00	14.40	85.00	9	3.09
17/06/2015	12:00	15.20	89.00	9	1.03
17/06/2015	18:00	23.80	83.00	36	2.57
18/06/2015	0:00	17.80	96.00	9	3.09
18/06/2015	12:00	19.60	97.00	27	2.06
18/06/2015	18:00	18.60	92.00	27	2.57
19/06/2015	0:00	14.00	95.00	14	1.54
19/06/2015	12:00	10.90	89.00	9	3.60
19/06/2015	18:00	18.20	83.00	14	2.57
20/06/2015	0:00	14.00	91.00	9	4.63
20/06/2015	12:00	12.00	93.00	9	4.12
20/06/2015	18:00	21.40	81.00	5	3.09
21/06/2015	0:00	15.40	96.00	9	2.06
21/06/2015	12:00	15.20	96.00	9	3.60
21/06/2015	18:00	23.40	83.00	36	3.09
22/06/2015	0:00	18.40	90.00	9	2.57
22/06/2015	12:00	18.40	91.00	9	2.06
22/06/2015	18:00	24.80	77.00	36	2.57
23/06/2015	0:00	16.40	98.00	0	0.00
23/06/2015	12:00	15.80	93.00	14	1.54
23/06/2015	18:00	25.40	79.00	36	0.51
24/06/2015	0:00	15.80	91.00	14	0.51
24/06/2015	12:00	16.20	94.00	14	2.06
24/06/2015	18:00	20.40	85.00	9	5.14
25/06/2015	0:00	15.00	93.00	9	4.63
25/06/2015	12:00	13.60	91.00	9	3.60
25/06/2015	18:00	21.40	79.00	9	3.09
26/06/2015	0:00	16.00	98.00	9	4.12
26/06/2015	12:00	14.80	89.00	9	4.12
26/06/2015	18:00	21.60	80.00	9	4.12
27/06/2015	0:00	14.80	95.00	9	0.51
27/06/2015	12:00	14.00	91.00	14	2.06
27/06/2015	18:00	21.20	80.00	5	2.06
28/06/2015	0:00	14.20	96.00	9	2.06
28/06/2015	12:00	14.60	91.00	9	2.06

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
28/06/2015	18:00	22.00	80.00	32	2.06
29/06/2015	0:00	14.80	90.00	9	1.54
29/06/2015	12:00	15.80	85.00	9	2.57
29/06/2015	18:00	22.80	76.00	5	2.06
30/06/2015	0:00	18.00	88.00	5	2.06
30/06/2015	12:00	17.00	88.00	5	1.54
30/06/2015	18:00	15.60	98.00	18	1.54
1/7/2015	0:00	15.10	99.00	5	1.54
1/7/2015	12:00	15.60	98.00	14	2.06
1/7/2015	18:00	20.60	88.00	5	1.54
2/7/2015	0:00	15.40	96.00	5	2.06
2/7/2015	12:00	15.60	95.00	36	1.54
2/7/2015	18:00	16.00	98.00	9	4.12
3/7/2015	0:00	16.00	98.00	9	3.09
3/7/2015	12:00	15.00	98.00	5	3.60
3/7/2015	18:00	15.80	100.00	5	2.57
4/7/2015	0:00	16.20	99.00	18	0.51
4/7/2015	12:00	10.80	96.00	18	1.54
4/7/2015	18:00	14.20	82.00	18	3.09
5/7/2015	0:00	8.80	95.00	18	1.54
5/7/2015	12:00	8.80	87.00	9	3.09
5/7/2015	18:00	17.00	82.00	9	3.60
6/7/2015	0:00	12.20	96.00	5	2.06
6/7/2015	12:00	13.40	94.00	14	3.09
6/7/2015	18:00	18.20	90.00	9	0.51
7/7/2015	0:00	16.20	98.00	5	0.51
7/7/2015	12:00	17.20	98.00	36	N/A
7/7/2015	18:00	19.20	96.00	5	N/A
8/7/2015	0:00	15.60	98.00	14	N/A
8/7/2015	12:00	15.20	98.00	36	N/A
8/7/2015	18:00	17.80	96.00	32	N/A
9/7/2015	0:00	14.00	100.00	32	N/A
9/7/2015	12:00	13.80	97.00	27	N/A
9/7/2015	18:00	17.40	85.00	27	N/A
10/7/2015	0:00	11.80	96.00	14	N/A
10/7/2015	12:00	15.40	94.00	9	N/A
10/7/2015	18:00	14.60	98.00	9	N/A
11/7/2015	0:00	14.80	95.00	14	N/A
11/7/2015	12:00	14.80	97.00	9	N/A
11/7/2015	18:00	17.60	95.00	5	N/A
12/7/2015	0:00	16.40	98.00	14	N/A
12/7/2015	12:00	16.20	94.00	32	N/A
12/7/2015	18:00	17.10	96.00	9	N/A
13/07/2015	0:00	15.80	98.00	14	N/A
13/07/2015	12:00	18.80	91.00	5	N/A
13/07/2015	18:00	26.60	82.00	36	N/A

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
14/07/2015	0:00	23.00	85.00	36	N/A
14/07/2015	12:00	21.00	89.00	5	4.63
14/07/2015	18:00	25.00	84.00	32	7.72
15/07/2015	0:00	18.20	96.00	14	2.06
15/07/2015	12:00	17.20	98.00	9	3.09
15/07/2015	18:00	17.80	96.00	5	4.63
16/07/2015	0:00	17.00	98.00	9	1.54
16/07/2015	12:00	17.00	96.00	9	1.54
16/07/2015	18:00	23.20	87.00	36	2.57
17/07/2015	0:00	16.00	98.00	14	2.57
17/07/2015	12:00	16.40	95.00	18	4.63
17/07/2015	18:00	20.40	94.00	14	0.51
18/07/2015	0:00	16.00	98.00	14	1.54
18/07/2015	12:00	18.00	92.00	9	2.57
18/07/2015	18:00	25.00	78.00	5	3.09
19/07/2015	0:00	17.40	89.00	9	2.57
19/07/2015	12:00	18.80	88.00	9	3.09
19/07/2015	18:00	25.40	75.00	36	4.12
20/07/2015	0:00	17.40	93.00	9	2.06
20/07/2015	12:00	17.00	92.00	5	0.51
20/07/2015	18:00	25.80	76.00	32	4.63
21/07/2015	0:00	19.00	94.00	0	0.00
21/07/2015	12:00	14.60	95.00	23	2.06
21/07/2015	18:00	19.80	81.00	23	2.06
22/07/2015	0:00	12.00	88.00	23	1.03
22/07/2015	12:00	12.80	90.00	14	3.09
22/07/2015	18:00	20.40	84.00	36	2.06
23/07/2015	0:00	13.80	93.00	9	2.06
23/07/2015	12:00	13.40	94.00	14	4.12
23/07/2015	18:00	19.00	84.00	9	2.06
24/07/2015	0:00	14.80	93.00	0	0.00
24/07/2015	12:00	16.20	98.00	14	2.06
24/07/2015	18:00	21.00	91.00	27	1.54
25/07/2015	0:00	15.70	99.00	23	2.06
25/07/2015	12:00	13.20	94.00	14	0.51
25/07/2015	18:00	21.20	78.00	14	0.51
26/07/2015	0:00	13.00	95.00	9	2.57
26/07/2015	12:00	14.00	91.00	9	2.06
26/07/2015	18:00	23.00	72.00	23	1.54
27/07/2015	0:00	11.60	99.00	14	0.51
27/07/2015	12:00	14.00	91.00	9	1.03
27/07/2015	18:00	24.20	73.00	9	1.03
28/07/2015	0:00	13.80	95.00	9	1.03
28/07/2015	12:00	15.60	89.00	9	2.57
28/07/2015	18:00	25.40	75.00	5	1.03
29/07/2015	0:00	15.00	94.00	14	2.06

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
29/07/2015	12:00	16.90	90.00	14	1.54
29/07/2015	18:00	27.10	74.00	36	2.57
30/07/2015	0:00	16.20	97.00	9	1.03
30/07/2015	12:00	17.80	87.00	14	1.54
30/07/2015	18:00	26.00	73.00	9	1.54
31/07/2015	0:00	17.80	90.00	9	4.63
31/07/2015	12:00	18.20	85.00	9	0.51
1/8/2015	0:00	17.60	88.00	9	2.6
1/8/2015	12:00	19.40	84.00	9	2.6
1/8/2015	18:00	27.80	67.00	9	3.1
2/8/2015	0:00	18.20	83.00	5	2.1
2/8/2015	12:00	18.00	84.00	9	3.1
2/8/2015	18:00	27.90	68.00	32	2.6
3/8/2015	0:00	16.00	91.00	5	1
3/8/2015	12:00	18.60	88.00	9	0.5
3/8/2015	18:00	28.60	68.00	23	2.6
4/8/2015	0:00	15.80	92.00	23	1.5
4/8/2015	12:00	18.80	83.00	9	1.5
4/8/2015	18:00	28.90	67.00	5	2.1
5/8/2015	0:00	18.60	91.00	9	1.5
5/8/2015	12:00	19.20	81.00	9	1
5/8/2015	18:00	28.80	65.00	5	3.1
6/8/2015	0:00	18.20	84.00	14	2.1
6/8/2015	12:00	19.80	81.00	9	1.5
6/8/2015	18:00	28.60	62.00	5	4.6
7/8/2015	0:00	20.40	83.00	5	2.1
7/8/2015	12:00	20.60	76.00	9	2.1
7/8/2015	18:00	30.00	62.00	36	4.1
8/8/2015	0:00	21.20	78.00	5	2.1
8/8/2015	12:00	20.80	77.00	14	1.5
8/8/2015	18:00	30.00	64.00	9	3.6
9/8/2015	0:00	20.40	82.00	9	2.1
9/8/2015	12:00	20.80	79.00	9	2.1
9/8/2015	18:00	28.80	65.00	36	3.1
10/8/2015	0:00	20.80	84.00	9	3.1
10/8/2015	12:00	21.10	83.00	5	3.1
10/8/2015	18:00	28.40	74.00	5	3.1
11/8/2015	0:00	20.30	90.00	9	3.1
11/8/2015	12:00	21.40	87.00	5	1
11/8/2015	18:00	28.40	76.00	5	2.6
12/8/2015	0:00	20.00	89.00	9	3.1
12/8/2015	12:00	22.20	70.00	9	2.1
12/8/2015	18:00	27.80	71.00	5	4.1
13/08/2015	0:00	17.80	88.00	9	2.1
13/08/2015	12:00	19.60	87.00	9	2.1
13/08/2015	18:00	27.80	77.00	36	1.5

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
14/08/2015	0:00	18.60	88.00	14	3.1
14/08/2015	12:00	19.40	86.00	9	2.1
14/08/2015	18:00	26.80	72.00	36	4.1
15/08/2015	0:00	18.20	94.00	9	0.5
15/08/2015	12:00	17.80	86.00	14	1
15/08/2015	18:00	28.00	72.00	36	4.1
16/08/2015	0:00	17.00	94.00	9	0.5
16/08/2015	12:00	19.80	85.00	14	1.5
16/08/2015	18:00	29.00	72.00	9	2.6
17/08/2015	0:00	19.80	81.00	14	3.1
17/08/2015	12:00	20.60	84.00	9	3.1
17/08/2015	18:00	28.20	75.00	36	4.1
18/08/2015	0:00	19.40	88.00	9	2.6
18/08/2015	12:00	21.20	87.00	9	1.5
18/08/2015	18:00	20.00	93.00	27	3.6
19/08/2015	0:00	16.40	96.00	23	4.1
19/08/2015	12:00	14.20	96.00	23	2.1
19/08/2015	18:00	20.80	84.00	14	2.6
20/08/2015	0:00	11.60	97.00	0	0
20/08/2015	12:00	14.60	89.00	9	2.1
20/08/2015	18:00	23.60	75.00	9	2.1
21/08/2015	0:00	13.80	93.00	9	0.5
21/08/2015	12:00	16.60	86.00	9	3.1
21/08/2015	18:00	24.80	77.00	36	2.1
22/08/2015	0:00	15.00	93.00	9	2.1
22/08/2015	12:00	16.20	91.00	9	2.1
22/08/2015	18:00	27.00	72.00	36	2.6
23/08/2015	0:00	18.00	90.00	9	2.1
23/08/2015	12:00	17.60	92.00	9	2.1
23/08/2015	18:00	24.40	82.00	9	6.2
24/08/2015	0:00	18.80	88.00	14	3.6
24/08/2015	12:00	16.80	96.00	9	5.1
24/08/2015	18:00	17.40	96.00	9	5.1
25/08/2015	0:00	17.20	98.00	14	3.1
25/08/2015	12:00	16.80	96.00	9	1.5
25/08/2015	18:00	22.20	87.00	5	4.1
26/08/2015	0:00	17.20	98.00	9	1.5
26/08/2015	12:00	19.40	90.00	5	2.1
26/08/2015	18:00	27.00	83.00	36	4.6
27/08/2015	0:00	21.20	91.00	18	2.1
27/08/2015	12:00	19.90	99.00	14	2.1
27/08/2015	18:00	23.40	83.00	14	2.1
28/08/2015	0:00	16.00	96.00	36	0.5
28/08/2015	12:00	14.80	97.00	5	1.5
28/08/2015	18:00	27.40	70.00	5	1
29/08/2015	0:00	14.80	95.00	9	1

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
29/08/2015	12:00	17.50	90.00	9	3.6
29/08/2015	18:00	27.00	74.00	5	2.1
30/08/2015	0:00	15.00	95.00	9	1.5
30/08/2015	12:00	20.10	91.00	9	1.5
30/08/2015	18:00	30.20	69.00	36	3.1
31/08/2015	0:00	15.60	93.00	0	0
31/08/2015	12:00	22.20	79.00	9	1.5
31/08/2015	18:00	33.00	68.00	18	1.5
1/9/2015	0:00	19.40	94.00	0	0.00
1/9/2015	12:00	22.20	84.00	9	1.50
1/9/2015	18:00	33.20	68.00	36	1.50
2/9/2015	0:00	20.60	95.00	0	0.00
2/9/2015	12:00	19.80	86.00	9	5.10
2/9/2015	18:00	28.10	76.00	36	2.60
3/9/2015	0:00	20.60	92.00	9	2.60
3/9/2015	12:00	20.20	89.00	32	1.00
3/9/2015	18:00	31.00	68.00	27	3.60
4/9/2015	0:00	20.60	96.00	27	0.50
4/9/2015	12:00	19.80	93.00	23	1.50
4/9/2015	18:00	27.00	75.00	9	3.10
5/9/2015	0:00	18.20	98.00	9	1.50
5/9/2015	12:00	17.50	91.00	14	4.10
5/9/2015	18:00	26.60	77.00	9	2.60
6/9/2015	0:00	19.20	95.00	27	1.50
6/9/2015	12:00	17.50	97.00	5	1.50
6/9/2015	18:00	22.20	86.00	36	3.10
7/9/2015	0:00	18.00	96.00	36	1.50
7/9/2015	12:00	20.20	89.00	9	2.10
7/9/2015	18:00	29.80	76.00	36	3.10
8/9/2015	0:00	19.60	98.00	5	3.10
8/9/2015	12:00	17.80	98.00	18	1.00
8/9/2015	18:00	19.00	94.00	23	2.60
9/9/2015	0:00	15.40	98.00	14	0.50
9/9/2015	12:00	15.60	98.00	5	2.10
9/9/2015	18:00	23.70	83.00	36	3.10
10/9/2015	0:00	18.20	96.00	5	2.10
10/9/2015	12:00	18.20	95.00	5	2.10
10/9/2015	18:00	18.00	98.00	5	2.60
11/9/2015	0:00	15.90	99.00	36	1.00
11/9/2015	12:00	15.00	98.00	18	1.50
11/9/2015	18:00	18.20	94.00	18	3.10
12/9/2015	0:00	12.80	97.00	18	1.00
12/9/2015	12:00	14.40	85.00	9	4.10
12/9/2015	18:00	20.40	76.00	14	2.60
13/09/2015	0:00	10.80	87.00	14	1.50
13/09/2015	12:00	14.80	79.00	9	3.10

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	Vento (Dir.)	Vento (m/s)
13/09/2015	18:00	23.80	69.00	23	0.00
14/09/2015	0:00	14.30	81.00	14	0.00
14/09/2015	12:00	16.40	85.00	5	5.10
14/09/2015	18:00	25.10	70.00	5	4.10
15/09/2015	0:00	16.20	85.00	9	1.50
15/09/2015	12:00	19.30	83.00	9	2.60
15/09/2015	18:00	28.60	76.00	36	2.60
16/09/2015	0:00	22.40	90.00	5	1.00
16/09/2015	12:00	26.20	85.00	36	1.50
16/09/2015	18:00	34.00	69.00	32	5.10
17/09/2015	0:00	26.40	87.00	36	3.10
17/09/2015	12:00	26.20	85.00	36	1.50
17/09/2015	18:00	34.80	67.00	32	2.60
18/09/2015	0:00	25.60	87.00	23	1.00
18/09/2015	12:00	27.40	84.00	14	1.00
18/09/2015	18:00	35.20	68.00	27	5.10
19/09/2015	0:00	23.60	92.00	0	0.00
19/09/2015	12:00	23.60	92.00	27	1.50
19/09/2015	18:00	35.20	92.00	36	4.10
20/09/2015	0:00	22.60	89.00	32	2.60
20/09/2015	12:00	25.80	81.00	9	1.50
20/09/2015	18:00	35.60	63.00	32	4.10
21/09/2015	0:00	21.90	81.00	9	2.10
21/09/2015	12:00	26.60	78.00	5	4.10
21/09/2015	18:00	35.00	64.00	36	3.60
22/09/2015	0:00	21.20	85.00	23	1.50
22/09/2015	12:00	26.80	75.00	9	1.00
22/09/2015	18:00	35.20	63.00	36	3.10
23/09/2015	0:00	21.40	87.00	9	2.10
23/09/2015	12:00	27.00	72.00	9	2.10
23/09/2015	18:00	36.20	60.00	14	4.60
24/09/2015	0:00	24.80	79.00	36	1.50
24/09/2015	12:00	28.00	75.00	27	2.10
24/09/2015	18:00	35.40	67.00	23	4.10
25/09/2015	0:00	26.80	88.00	0	0.00
25/09/2015	12:00	26.60	83.00	32	1.00
25/09/2015	18:00	33.00	74.00	27	5.10
26/09/2015	0:00	19.10	99.00	5	4.60
26/09/2015	12:00	20.20	96.00	5	2.10
26/09/2015	18:00	22.40	93.00	5	4.60
27/09/2015	0:00	20.00	98.00	9	1.50
27/09/2015	12:00	21.80	93.00	32	3.60
27/09/2015	18:00	26.00	85.00	32	6.20
28/09/2015	0:00	18.50	98.00	5	2.10
28/09/2015	12:00	18.60	92.00	14	1.50
28/09/2015	18:00	26.40	76.00	27	2.60

29/09/2015	0:00	18.00	93.00	14	1.00	30/09/2015	18:00	21.00	91.00	36	2.10
29/09/2015	12:00	20.60	77.00	36	3.60	1/10/2015	0:00	16.80	99.00	0	0.00
29/09/2015	18:00	25.60	90.00	36	1.50	1/10/2015	12:00	20.80	93.00	9	4.10
30/09/2015	0:00	18.20	98.00	5	0.50	1/10/2015	18:00	28.00	79.00	5	4.10
30/09/2015	12:00	17.80	98.00	9	1.50						

Quadro 4: Dados meteorológicos referentes ao período em análise, de 29/05/2015 à 01/10/2015
Fonte: INEP – BDMEP (2015)