



DEPARTAMENTO DE ENSINO
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECÂNICA – FORMA INTEGRADA

ALLIN DOS SANTOS SATURNINO
LEONARDO DOS SANTOS OLIVEIRA
MARCUS VINICIUS CERQUEIRA DE ALMEIDA
TIAGO DE JESUS CONCEIÇÃO

SISTEMA BOMBEAMENTO MOVIDO A ENERGIA EÓLICA PRATICIDADE E
ECONOMIA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.

Santo Amaro – BA

2022

ALLIN DOS SANTOS SATURNINO
LEONARDO DOS SANTOS OLIVEIRA
MARCUS VINICIUS CERQUEIRA DE ALMEIDA
TIAGO DE JESUS CONCEIÇÃO

SISTEMA BOMBEAMENTO MOVIDO A ENERGIA EÓLICA PRATICIDADE E
ECONOMIA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do grau
Técnico de Nível Médio em Eletromecânica do
Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro.

Orientador: Dr. Silvando Vieira dos Santos

Santo Amaro – BA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

S623 Sistema bombeamento movido a energia eólica: praticidade e economia na captação de água. / Allin dos Santos Saturnino ... [et al.]. – Santo Amaro, 2022.
49 f.: il. algumas color.

Orientador: Prof. Dr. Silvando Vieira dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Santo Amaro, 2022.

1. Bomba de água – Projetos. 2. Estação de bombeamento. 3. Energia Eólica. 4. Poços. 5. Águas subterrâneas – Captação. 6. Santo Amaro (BA). I. Saturnino, Allin dos Santos. II. Oliveira, Leonardo dos Santos. III. Almeida, Marcus Vinicius Cerqueira de. IV. Conceição, Tiago de Jesus. V. Santos, Silvando Vieira dos (Orientador). VI. Instituto Federal da Bahia.

CDU 621.65:620.9
621.548

Elaborado por Reginaldo Pereira Pascoal Junior – CRB-5/1470
Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal da Bahia (SIB-IFBA)
Biblioteca IFBA Campus Santo Amaro

SISTEMA BOMBEAMENTO MOVIDO A ENERGIA EÓLICA PRATICIDADE E
ECONOMIA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.

ALLIN DOS SANTOS SATURNINO
LEONARDO DOS SANTOS OLIVEIRA
MARCUS VINICIUS CERQUEIRA DE ALMEIDA
TIAGO DE JESUS CONCEIÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

Aprovado em 02 / 12 / 2022, por:

Professor: DR. Silvano Vieira Dos Santos
Orientador

Professor: ME. Marcus Vinicius Pascoal Ramos
IFBA Campus Simões Filho

Professora: ME. Carolina Menezes De Almeida Santos
IFBA Campus Santo Amaro

Santo Amaro - BA

2022

DEDICATÓRIA

Foi pensando nas pessoas que executamos este projeto, por isso dedicamos este trabalho a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos estes anos de estudos.

Aos amigos, que sempre estiveram ao nosso lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que nos dedicamos a este trabalho.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

EPÍGRAFE

"Quando o caminho se fizer resistente, faça com resistência esse caminho." (ESA - Escola de Sargento das Armas).

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

SISTEMA BOMBEAMENTO MOVIDO A ENERGIA EÓLICA PRATICIDADE E
ECONOMIA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

O sistema de bombeamento movido à energia eólica é um modo de elevação de água que toma por base para seu desenvolvimento um modelo de bomba rosário, além das vantagens que promove, o mesmo utiliza de elementos simples para sua construção. O projeto em questão tem como objetivo atender a comunidade Ponta do Carvão em Santo Amaro-BA, na qual neste local existe um poço comunitário onde as pessoas retiram a água usando um sistema corda-balde, que é pouco eficiente e cansativo, e como alternativa a esse método este trabalho apresenta uma proposta de um sistema de bombeamento movido a energia eólica, onde não se faça necessário muito esforço físico e nem uso de energia elétrica para acionar o bombeamento. Sob essa ótica, tornou-se necessário trazer discussões sobre a má distribuição dos recursos hídricos do Brasil, energia eólica e também métodos alternativos de bombeamento. Os resultados obtidos através deste projeto apontam o potencial do sistema de bombeamento movido por meio da força dos ventos, sendo este fator avaliado com base em estudo teórico e proposições, pois realizou-se apenas a construção parcial do protótipo do sistema de bombeamento de forma que a eficiência da estrutura associada à captação e transmissão da força dos ventos não foi avaliada. Sendo assim, ao decorrer da pesquisa foram levantados dados, explicando a funcionalidade e como será feito o protótipo.

Palavras chaves: Bomba Rosário, Energia Eólica, Sistema de bombeamento.

Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

PUMPING SYSTEM POWERED BY WIND ENERGY PRACTICALITY AND ECONOMY IN WATER COLLECTION.

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

The pumping system powered by wind energy is a way of lifting water that is based on a rosary pump model for its development, in addition to the advantages it promotes, it uses simple elements for its construction. The project in question aims to serve the Ponta do Carvão community in Santo Amaro-BA, in which there is a community well where people draw water using a rope-bucket system, which is inefficient and tiring, and as an alternative to this method this work presents a proposal for a pumping system powered by wind energy, where it is not necessary much physical effort or use of electricity to trigger the pumping. From this perspective, it became necessary to bring discussions about the poor distribution of water resources in Brazil, wind energy and also alternative methods of pumping. The results obtained through this project point to the potential of the pumping system driven by the force of the winds, this factor being evaluated based on a theoretical study and propositions, since only the partial construction of the prototype of the pumping system was carried out so that the efficiency of the structure associated with capturing and transmitting wind force was not evaluated. Thus, during the research, data were collected, explaining the functionality and how the prototype will be made.

Keywords: Rosario pump, wind energy, pumping system.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição de recurso hídricos no Brasil (IBGE, 2010)	13
Tabela 2. Tabela comparativa de capacidade dos Sistemas de bombeamento.	26
Tabela 3- Listagem de materiais associados ao tamanho real.	28
Tabela 4- Listagem orçamentária protótipo.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BA	Bahia
ENERGÊS	Energias Renováveis
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GWP	Global Water Partnership
NE	Nordeste
UFES-DEM	Universidade Federal do Espírito Santo- Departamento de Mecânica
UFC	Universidade Federal do Ceará

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	13
1.1 APRESENTAÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Geral	19
1.3.2 Específicos	19
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA	21
CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA	27
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES	42
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Segundo a *Global Water Partnership* (GWP), o Brasil lidera o ranking mundial dos países com maiores recursos hídricos do mundo, chegando a ter aproximadamente 8.233 km³ de água própria para o consumo por ano. Porém essa riqueza está distribuída de maneira desigual por todo o território brasileiro, fazendo com que muitos estados sofram com a falta do recurso enquanto outros tenham maior disponibilidade do mesmo.

Como forma de apresentar a desigualdade de distribuição, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, fez um levantamento no qual o mesmo apresentou a concentração dos recursos hídricos do país em relação à densidade demográfica. Nesta Tabela 1 a seguir mostra-se o quanto no Brasil existe um desequilíbrio na disposição natural dos recursos hídricos, sendo que este gera problemas para grande parte da população Brasileira, pois enquanto algumas regiões do país possuem grande disponibilidade outras em razão da pequena quantidade de água disponível passam necessidades IBGE (2010).

Tabela 1. Distribuição de recurso hídricos no Brasil (IBGE, 2010)

Região	Densidade demográfica (hab/km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro- oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,5%

De acordo com o IBGE (2010), conforme dados contidos na Tabela 1, a região norte conta com 68,5% dos recursos hídricos do país por conta da imensa bacia hidrográfica amazônica presente no território. Em contrapartida, essa região apresenta a menor densidade demográfica do país contendo apenas 4,12 hab/km², ou seja, em comparação às outras regiões, o norte do Brasil apresenta certa vantagem, pois enquanto muitos estados sofrem pela falta de água, a região tem uma grande concentração do recurso. Sendo assim, esse desequilíbrio da distribuição do recurso hídrico superficial no país faz com que o abastecimento por meio de águas subterrâneas se torne uma alternativa para os problemas de abastecimento de locais que sofrem por escassez de água.

No Brasil, desde o período colonial, a água subterrânea é utilizada em decorrência da expansão dos colonos portugueses para o interior do continente, principalmente na região de rochas cristalinas do Nordeste (NE), com grandes áreas desprovidas de água em superfície (LEAL, 1999). Seguindo essa lógica de pensamento, a região nordeste (NE), como mostra os dados da Tabela 1, concentra apenas 3,3% dos recursos hídricos do país, porém em contrapartida, apresenta uma grande densidade demográfica. Portanto, poços artesianos localizados na região NE desempenham um papel importante no desenvolvimento socioeconômico do local, permitindo que comunidades pobres ou distantes das redes de abastecimento público possam usufruir do recurso.

Inicialmente, aproveitava-se a água das coberturas inconsolidadas, principalmente dos aluviões, suficientes para atender às necessidades básicas. Com o crescimento da população e, principalmente, com o surgimento dos primeiros aglomerados humanos e a expansão da pecuária, as principais fontes de abastecimento tornaram-se insuficientes para o atendimento das necessidades. Essa situação se fazia mais evidente na região Nordeste, tomando o aspecto de calamidade em períodos de seca (LEAL, 1999).

Ao decorrer da história as águas de poços foram utilizadas como meios de irrigação, consumo doméstico e industrial. Segundo o Instituto Trata Brasil (2019), 18% da água subterrânea é utilizada exclusivamente para abastecimento público urbano nos domicílios brasileiros.

As águas subterrâneas representam um recurso natural de extrema importância, e sua exploração vem crescendo cada vez mais. Para comprovar esse fato, segundo Leal (1999), o crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos vem crescendo junto com o número de pessoas interessadas pelas águas subterrâneas, tanto nos aspectos técnico-científico e socioeconômico como no administrativo e legal.

Existem vários métodos utilizados pelos humanos e desenvolvidos através do tempo para capturar a água dos poços artesianos. Como exemplo o primeiro método de captação de recursos hídricos subterrâneos da história, o sistema corda balde, no qual este consiste em retirar a água do poço através de uma corda presa em um recipiente responsável por captar a água do fundo deste poço. Outro sistema muito utilizado também, porém mais atual e moderno, consiste na utilização de uma máquina acoplada a encanamentos, sendo esta capaz de bombear a água até a superfície graças a princípios físicos de transformação energética.

Em alternativa a esses sistemas, o método conhecido popularmente como Bomba Rosário é uma opção muito utilizada nos poços simples em localidades onde o bombeamento

não possa ser realizado com o auxílio de uma máquina elétrica. Essa condição se deve ao fato da técnica ser mais eficiente que o sistema corda balde, além de não haver a dependência da utilização de energia elétrica para seu funcionamento.

Não se sabe ao certo quando os primeiros grupos no Brasil passaram a utilizar o método de bombeamento da bomba rosário, porém essa técnica é muito antiga em países do Oriente. Na China, por exemplo, usava-se um sistema de captação de água muito semelhante, no entanto feito com madeiras e cordas e por isso essa construção foi apelidada de "bomba de corda". Já no Brasil, este sistema é popularmente chamado de bomba rosário pelo fato dos anéis de borracha presentes na corda do aparelho, lembrarem aparentemente um rosário de rezar o terço (EUGÊNIO, 2019).

O método de bombeamento dos poços simples que usa uma bomba rosário, consiste em um sistema de bombeamento comum, que visa uma melhor captação de água, com baixo impacto ao meio ambiente, menos esforço físico, sendo uma alternativa na busca de garantir certa facilidade na obtenção deste recurso essencial sem gastos elevados.

Outro ponto de destaque é a possibilidade de utilização da bomba rosário por intermédio de um cata-vento em locais onde não exista estrutura de uma rede de distribuição de eletricidade, visando uma melhor obtenção da água de forma a inibir o trabalho manual. Dessa forma este projeto em questão visa transformar a bomba rosário manual em uma bomba d'água eólica.

Dando contexto ao surgimento do método de transformação da força dos ventos em movimento mecânico, a história da energia eólica começa quando civilizações por meio de cata-ventos começaram a moer grãos, bombear água e transportar mercadorias em barcos a vela (ENERGÊS, 2020). Sendo assim, com o avanço constante da agricultura ao passar dos anos, foi necessário cada vez mais a ampliação de ferramentas que o auxiliassem nas diversas etapas do trabalho.

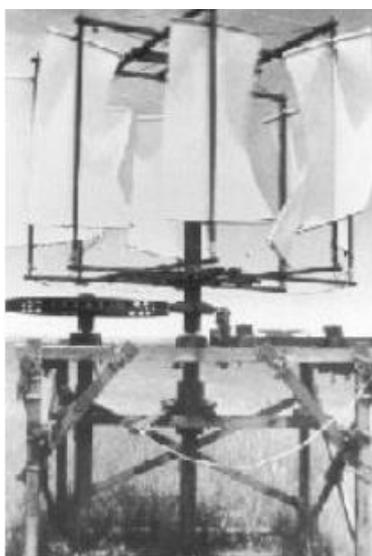
Segundo a companhia ENERGÊS (2020), muitas tarefas como a moagem dos grãos e o bombeamento de água exigiam muito esforço braçal e animal. Isso levou ao desenvolvimento de uma forma primitiva de moinho, que possuía um eixo vertical acionado por uma longa haste presa a ela.

Por volta de 1000 d.C, os Chineses aproveitaram a tecnologia dos moinhos verticais desenvolvidos pelos persas, porém exploraram umas das principais características encontradas atualmente nos moinhos de eixo vertical, que é a utilização do vento independentemente de sua direção. Com esta configuração, a pedra de moer era fixada no eixo e, portanto, não havia necessidade de redirecionamento do movimento rotacional, além

de não necessitar de uma caixa de engrenagens para aumentar a velocidade de rotação. Esse método foi bastante revolucionário para a época, pois antes o trabalho era feito de forma braçal ou animal (SILVA e BORGES, 2012).

Sendo assim, como está representado na Figura 1, os moinhos eólicos eram compostos por pás na posição vertical que tinham como principal função receber a energia cinética dos ventos e transformá-la em trabalho mecânico, fazendo com que a estrutura se movesse girando a engrenagem. Essa engrenagem transmitia o seu movimento mecânico para uma máquina que iria desenvolver o trabalho de moer os grãos.

Figura 1- Forma primitiva de moinho de eixo vertical



Fonte: SILVA e BORGES, (2012).

Com o passar dos anos, o uso dos moinhos de vento propiciou a otimização de várias atividades utilizando-se a força motriz dos ventos. O desenvolvimento tecnológico das pás, sistema de controle e eixos, tornaram os moinhos de vento as únicas máquinas de tração não animal capazes de fornecer energia mecânica, até o aparecimento da máquina à vapor no século XIX. Essa criação foi tão importante que na segunda metade do século XIX nos EUA as turbinas eólicas foram adaptadas aos avanços científicos e às novas necessidades (ENERGÊS, 2020).

Deste modo, utilizando dos conceitos de transformação de energia para o desenvolvimento da bomba d'água eólica é necessário apresentar alguns componentes da mesma. Portanto, o primeiro elemento é o cata-vento como mostrado na Figura 2. Este elemento é indispensável para o funcionamento da bomba d'água eólica, pois o mesmo é quem captura a energia cinética dos ventos e a transmite como movimento mecânico para o sistema, permitindo o seu acionamento.

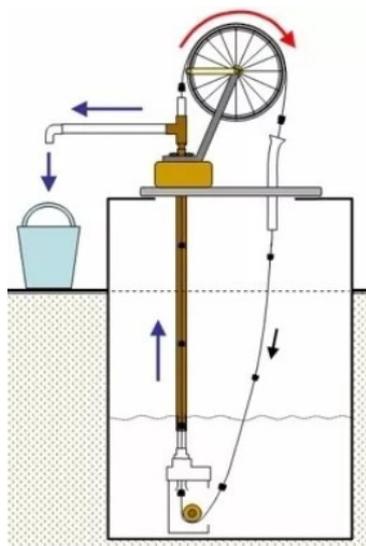
Figura 2- Representação do funcionamento do cata-vento da bomba d'água eólica.



Fonte: Luz verde (2020).

Analisando o cata-vento é possível notar que existe uma corda que está interligada em um sistema de rolamento. Nessa corda são adicionados anéis de borracha espaçados por toda sua extensão. Como está ilustrado na Figura 3, a qual descreve de forma mais detalhada o sistema de rolamento da bomba eólica.

Figura 3- Representação auxiliar do funcionamento do sistema de bombeamento da água.



Fonte: Sempresustentavel (2018)

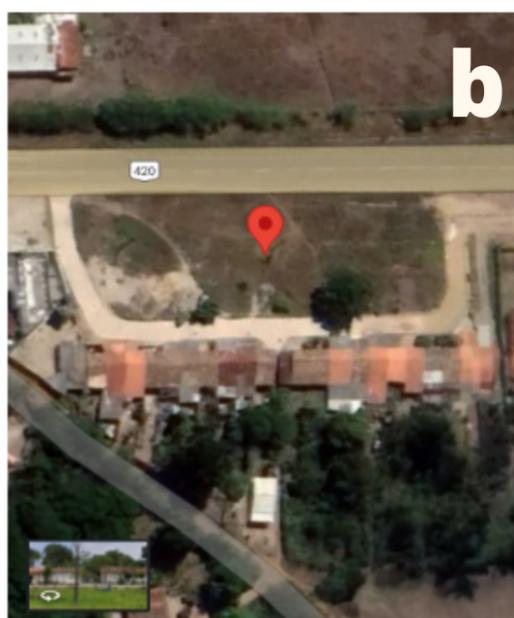
Diante do esquema proposto, evidencia-se que uma parte do sistema de bombeamento fica submersa na água e a outra na superfície do poço. Deste modo, quando projetamos um cata-vento a este sistema o mesmo é impulsionado pela força do vento faz com que o sistema de rolamento comece a girar. Portanto, a corda passa por dentro da tubulação, onde parte desta se localiza submersa, quase na mesma bitola dos anéis de borracha, que são adicionadas à corda de modo a estarem centralizados em relação ao eixo da corda e da tubulação. Esse

movimento gerado pelo funcionamento do sistema de rolamento executa o transporte da água até a parte superior da tubulação enchendo baldes e reservatórios.

1.2 JUSTIFICATIVA

A realização dessa pesquisa, se deve ao fato de que durante muito tempo, estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, moradores das cidades de Cachoeira-BA, Muritiba-BA, Maragogipe-BA e também Santo Amaro-BA, observaram a comunidade Ponto do Carvão, que fica à beira da BA-420 sentido Santo Amaro. Comunidade está mostrando as Figuras 4a e 4b respectivamente.

Figura 4a e 4b- BA-420, km 33 - Santo Amaro.



Fonte: Google Maps (2022).

Esta comunidade fica a cerca de 18 km da sede do município de Santo Amaro, na qual segundo fontes locais, apresenta uma média de 400 habitantes. Os moradores desse lugar são, com base nos critérios de classificação da Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015), do grupo de vulnerabilidade econômica a qual delimita-se uma renda comprovada por cada família entre R\$ 291,00 a R\$ 1.164,00, essas características sociais implicam na utilização do poço como alternativa ao gasto com o consumo de água, tornando o poço bastante importante para a subsistência da comunidade, mesmo que houvesse sistema de distribuição regular.

Portanto, ao longo de dois anos de aulas presenciais no instituto, idas e vindas para Santo Amaro foram importantes para que os elaboradores deste projeto percebessem que a comunidade de Ponto do Carvão, em determinados horários, retirava água de um poço usando um sistema de corda-balde, que demandava muito esforço físico, no qual era possível notar mesmo dentro do transporte escolar. Tendo em vista este fato, este projeto teórico de construção de um sistema de bombeamento eólico é apresentado como uma forma de facilitar a vida dessas pessoas, aumentando a eficiência e diminuindo o esforço na retirada da água de dentro do poço.

Com o decorrer dos anos é notável que os preços dos produtos essenciais tiveram crescimentos consideráveis, produtos como energia, gás, água e gasolina são exemplos do aumento do custo de vida dos brasileiros. Sendo assim, com o aumento dos preços se tornou muito importante buscar formas de economizar na utilização de bens de consumo essenciais. Portanto, isso se torna um fator determinante para a utilização de poços simples visando uma economia na captação de água. Portanto, busca-se com o projeto teórico mostrar uma solução para melhorar a vida dos moradores desses locais, ajudando-os na facilitação da coleta do recurso existente em algibes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GERAL

Desenvolver um protótipo em escala reduzida e propor a implantação de um sistema de bombeamento movido a energia eólica na comunidade do Ponto do Carvão em Santo Amaro com o intuito de construir uma maneira alternativa ao sistema de corda-balde para a coleta de recursos hídricos subterrâneos.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Compreender o mecanismo de funcionamento do sistema de bombeamento proposto.
- Desenvolver esboço característico do sistema de bombeamento d'água eólico.

- Construir um protótipo de acionamento manual em escala reduzida do sistema.
- Elaborar cálculos considerando variáveis que avaliem o protótipo.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

Quando tratamos de sistemas de elevação de água, são encontradas situações as quais necessita-se elevar a água acima de sua fonte, deste modo existe uma abundância de equipamentos que podem realizar esse tipo de função como é o exemplo das bombas d'água, bombas hidráulicas, sistemas elevadores, entre outros.

Segundo Delley e Oleson (2012, apud HENRIQUE, C. *et al.* 2002), a origem da bomba d'água surgiu nos primórdios da humanidade. Na antiga Grécia, desde o século VI a.C. já havia tecnologia para captação e distribuição de água a longas distâncias. Em Atenas nessa época, já existiam caixas d'água localizadas nas partes mais altas da cidade. Um dos primeiros utensílios teria sido um balde ligado a uma corda, mais tarde suspenso por um gancho e, depois, por uma roldana, por ser mais fácil transportar o material.

A prática cotidiana permite inferir que ao longo dos anos muitos métodos de coleta d'água subterrânea foram criados, desde o simples corda-balde aos mais complexos que usam bombas elétricas. Sendo assim, esses sistemas se caracterizam pela capacidade em comum de mover fluidos em sua maioria contra a ação da gravidade, no qual os mais complexos conseguem fazer isso dentro de tubulações pressurizadas. Um sistema hidráulico comumente utilizado são as bombas elétricas, conforme a Figura 5, estes em suma são de difícil acesso para muitas comunidades que precisam de um método de coleta de água, dessa forma se torna necessária a busca por sistemas que auxiliem cada vez mais na diminuição do esforço físico braçal e aumentem a eficiência do serviço.

Figura 5- Bomba periférica Ferrari Acquapump.

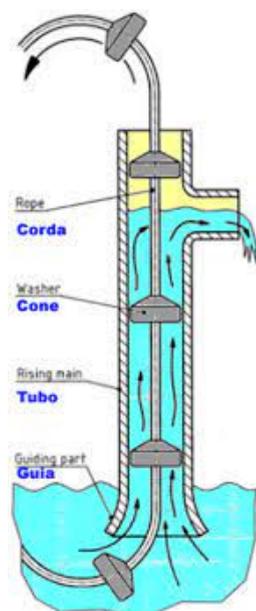


Fonte: Mercado livre.

Sendo assim define-se bomba como o equipamento responsável pelo deslocamento de fluidos por intermédio do acionamento por um motor (EUGÊNIO, 2019). Através das bombas é convertida energia cinética promovida por algum sistema de alimentação, tanto eólico, elétrico ou até mesmo manual, em energia hidráulica. Os sistemas de bombeamento em sua maioria são formados por tubulações, bombas, motores e reservatório e são conhecidos como instalações elevatórias.

Este trabalho usa como base a estrutura da bomba rosário, ou bomba de corda para o desenvolvimento de um sistema de bombeamento a partir do qual o mesmo pode ser impulsionado por alguns artificios de movimentação mecânica, como é o caso do cata-vento. Ou seja, a bomba rosário tem como princípio de funcionamento a elevação da água a partir de um sistema de rolamento que utilizam anéis de borracha para proporcionar movimento à água, como é ilustrado na Figura 6, e dessa forma este sistema pode ser acionado não somente de forma manual, mas também de forma eólica promovendo conversão de energia em movimento.

Figura 6- Funcionamento específico dos anéis da bomba rosário



Fonte: Rede Agronomia (2020).

Deste modo, ROSA, *et al.* (2017, p.4) reforçam a ideia do presente trabalho e dizem:

(...) a bomba de corda é uma tecnologia de baixo custo que pode ser facilmente reproduzida, pois demanda poucos materiais podendo também reutilizar materiais. É muito usada no semiárido do Nordeste pois pode bombear água de reservatórios contribuindo com o fornecimento de água na época de seca. Tem por objetivo viabilizar o aproveitamento da água que pode ser destinada para diversas funções, fazendo uso de uma tecnologia

alternativa. É uma tecnologia simples que é de boa viabilidade para o pequeno produtor, sendo esta uma tecnologia que não necessita do uso de energia elétrica e possui baixo custo.

Neste cenário, a utilização da força dos ventos pode se tornar uma alternativa viável. O vento nada mais é do que uma determinada massa de ar em movimento na horizontal. O ar, por ser uma mistura de gases, está sujeito a todas as características físicas destes fluidos. O ar ao aquecer se expande e torna-se, portanto, menos denso e tende a subir, sendo substituído por ar mais frio e mais denso (SILVA e BORGES, 2012 apud BRUNI e SOUZA, 2007).

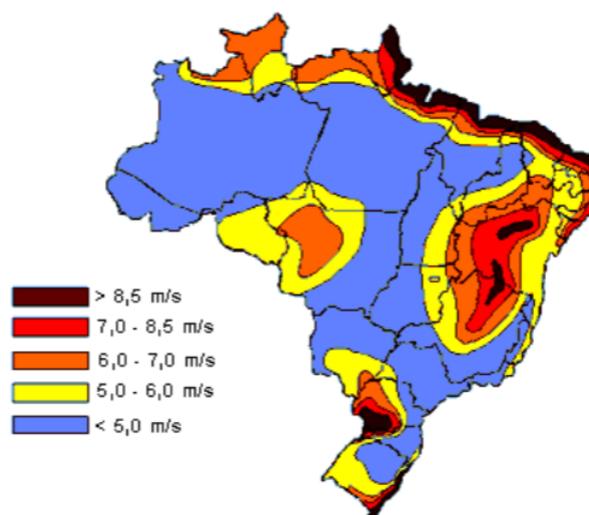
Denomina-se energia eólica, cinética ou, simplesmente energia do vento, a energia que se obtém do movimento das massas de ar. Seu aproveitamento ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação de determinadas peças móveis, denominadas turbinas eólicas ou aerogeradores, para a geração de energia elétrica. Já na realização de tarefas mecânicas, como o bombeamento de água, utilizam-se dispositivos denominados cata-ventos e/ou moinhos (SILVA e BORGES, 2012 apud BRUNI e SOUZA, 2007).

Segundo o Centro Brasileiro de Energia Eólica (2012), no Brasil assim como em outros países do mundo quase não existe acúmulo de dados de vento de qualidade para que seja possível uma análise de potencial eólico. Os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha-PE apenas no início dos anos 90. Deste modo os resultados obtidos com aquelas medições fomentaram a determinação precisa do potencial eólico daqueles locais e a instalação de turbinas eólicas (SILVA e BORGES, 2012)

Ao analisar a importância da caracterização dos recursos eólicos da região Nordeste, o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) lançou, em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico do Nordeste do Brasil, na qual seu principal objetivo foi desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados de ventos e elaborar mapas eólicos confiáveis para a região (SILVA e BORGES, 2012).

A partir disso um mapa de ventos mostrado na Figura 7 foi desenvolvido a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos.

Figura 7- Mapa de ventos do Brasil



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica (1998).

Com o passar dos anos foram notados grandes investimentos voltados para a geração de eletricidade através da utilização da energia eólica no Brasil. Porém o início de fato desse processo de implementação só veio no ano de 2001, durante uma grande crise energética cujas consequências geraram grandes dificuldades para todos no Brasil. Deste modo, o período de crise movimentou uma verdadeira corrida de empreendedores interessados em investir na construção e operação de usinas eólicas neste país (SILVA e BORGES, 2012).

Dessa forma, a partir dos avanços obtidos foram realizadas pesquisas pelo Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (Cepel) em 2005, que dividiu o potencial eólico brasileiro por regiões e o seu somatório chegava a aproximadamente 143,5 GW, tendo o maior potencial eólico brasileiro sido encontrado na região nordeste com 75GW (SILVA e BORGES, 2012).

Nesta perspectiva, é indispensável pensar maneiras de aproveitar o máximo da capacidade que os ventos podem oferecer. Primeiramente deve-se analisar o potencial eólico dos locais, pois dependendo do ponto no Brasil, uns podem gerar mais benefícios que os outros. Outro fator determinante para o aproveitamento é o design do cata-vento, como mostra o exemplo da Figura 8. O cata-vento junto com suas pás tem como principal objetivo facilitar a transformação de energia cinética promovida pelo vento em energia mecânica.

Figura 8- Aerogerador.



Fonte: ENGQUIMICASANTOSSP (2013).

Podendo ser feita em vários formatos a depender do estudo do melhor design de se captar a energia dos ventos para uma determinada região, como por exemplo a configuração da Figura 8. Nela as pás são fabricadas normalmente em poliéster ou epóxi reforçado com fibra de vidro ou também reforçadas com fibra de carbono ou aramidas (Kevlar). Desse modo, a partir do material e o chamado perfil aerodinâmico das pás, está promovendo o movimento mecânico quando o vento incide perpendicularmente nelas, gerando uma força de sustentação que provoca o movimento (IBERDROLA, 2022).

No Brasil, por exemplo, o uso da energia eólica não supre todo o território nacional, no entanto, em alguns momentos de crise dos sistemas hídricos, a energia proveniente dos ventos é utilizada para a complementação do fornecimento energético (IBERDROLA, 2022). Em função de fatores como o relevo e as condições atmosféricas que condicionam a geração de ventos intensos o suficiente para movimentação do país, segundo a Empresa de Pesquisa e Energia (EPE) (2020), o maior potencial eólico do Brasil se concentra na região Nordeste, cerca de 85,6% da energia eólica gerada.

Um estudo elaborado por Beatriz (2020), na Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, desenvolveu um comparativo entre dois sistemas de bombeamento visando mostrar a eficiência e capacidade de cada com o intuito de comparar e comprovar os dados, escolhendo assim o melhor sistema. Com todos os ensaios promovidos foi possível elaborar a

Tabela 2, na qual a mesma mostra significativa vantagem do sistema eólico para o corda-balde.

Tabela 2- Tabela comparativa de capacidade dos Sistemas de bombeamento.

	Balde	Quantidade	Reservatório	Tempo	Volume
Sistema corda-balde	10l	70 vezes	700l	2h	350 l/h
	Rotação	Quantidade	Reservatório	Tempo	Volume
Bomba d'água eólica	5l	140 vezes	700l	42 min	1000 l/h

Fonte: BEATRIZ, (2020).

A aplicação da energia proveniente do movimento dos ventos para bombeamento de água surge como uma alternativa de captação de água em poços sem haver a necessidade de algum tipo de motor elétrico. Este último utiliza bastante energia, precisa de frequente manutenção e está sujeito a causar variação no preço da conta de energia elétrica. De forma geral o sistema de bombeamento eólico transporta a água até reservatórios por meio do princípio da transformação de energia, gerando movimento para o sistema acoplado, que quando está funcionando, armazena a água e fornece o recurso para os consumidores. As principais vantagens deste sistema em questão são o acionamento por energia não poluente, custo de operação, baixa manutenção e longa vida útil.

A bomba d'água eólica proposta neste projeto parte dos conceitos listados acima, pois a mesma tem o intuito de bombear água sem o uso de energia elétrica, podendo ser usada em lugares remotos. Sendo assim, parte-se do pressuposto de que a bomba pode ser acionada de duas maneiras, por meio da ação dos ventos ou pelo acionamento manual de uma manivela acoplada ao sistema, pois em um dia que o vento não esteja favorável à movimentação do cata-vento, existe a possibilidade de ser acionada manualmente trazendo a captação de água subterrânea com o mesmo resultado. Porém, esses acontecimentos manuais podem ser evitados com a utilização de um reservatório que se manterá abastecido até em dias que não haja vento.

CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA

Este projeto busca mostrar uma alternativa ao sistema arcaico corda-balde de captação de água subterrânea, que exige uma grande quantidade de força humana, além de muito tempo gasto para conseguir coletar uma quantidade de água relativamente pequena, da ordem de 350L/h, enquanto o sistema eólico pode vir a retirar cerca de 1000 l/h, conforme dados apresentados em estudo realizado pela pesquisadora (BEATRIZ, 2020).

Para o desenvolvimento do projeto teórico da bomba, o começo da análise se deu a partir de pesquisas de poços semelhantes que utilizam o sistema corda-balde, pois a falta de recursos materiais e financeiros em associação com a suspensão das atividades presenciais por conta da pandemia de Covid-19 impossibilitou a realização de visita à comunidade do Ponto do Carvão, na etapa inicial de levantamento das necessidades para elaboração do projeto, no qual buscou-se maneiras de trabalhar considerando os dados que foram possíveis de se obter.

Dessa forma, algumas medições foram obtidas a partir da visita em um poço simples localizado na comunidade de Boa Vista de Belém, distrito do município de Cachoeira – BA, por se tratar de um poço com livre acesso a um dos integrantes da equipe. Os dados recolhidos são de informação do proprietário do poço que já tinha realizado medições no poço.

- Profundidade: 20 m
- Largura: 1,80 m

Após coleta desses dados foi produzido um protótipo de bomba em escala reduzida do poço em questão, desconsiderando o cata-vento, pois por questões financeiras não se tornou viável sua construção. Em contrapartida, o protótipo simula o funcionamento do sistema de bombeamento e demonstra os principais componentes e materiais selecionados para a construção do sistema considerando a projeção real.

Deste modo, a necessidade de aprofundamento em técnicas de desenho durante o desenvolvimento do projeto se tornou indispensável, pois para determinados momentos é de suma importância a apresentação de um esboço do sistema de bombeamento. Sendo assim, usando um software acessível de designer, o Canva, na versão online, foram feitos desenhos do protótipo, o esboço do sistema de bombeamento eólico proposto que apresenta como força motriz a energia dos ventos e um diagrama de blocos que mostra o processo de construção do protótipo. O desenho contendo o protótipo foi desenvolvido para que se tenha uma lista de instruções e ideias a serem seguidas para o processo de construção.

Na implementação da força motriz eólica da bomba foram feitas pesquisas teóricas com intuito de apontar as melhores formas para o desenvolvimento de um cata-vento funcional. Dessa forma os materiais selecionados são baseados em projetos de cata-ventos vistos na plataforma YouTube, no canal **Luz Verde (2020)**, cujo os títulos dos vídeos são “A bomba eólica mais fácil de fazer” e “Bomba Eólica inédita- construção da turbina e funcionamento”, e no canal **Vida em Silício (2020)**, cujo título do vídeo é “Bomba de água sem energia elétrica- Dispositivo Simples de Fazer”.

O YouTube é uma plataforma em que conteúdos são apresentados em formato de vídeos e, a partir deles, foi possível observar quais os modelos de cata-ventos são mais utilizados em sistemas de geração e bombeamento de água. Assim, foi notado que para o projeto teórico do cata-vento poderiam ser utilizados materiais comuns e de fácil acesso, como por exemplo tubos de pvc, vergalhões de ferro e o conjunto mandril com o motor de furadeira.

Apresentados esses elementos, a possibilidade da construção do cata-vento se dá a partir do corte e aquecimento do tubo de pvc com intuito de se modelar as pás do cata-vento com o formato adequado à captação dos ventos. A partir disso, estas pás são presas aos vergalhões que são soldados em uma das suas extremidades em uma porca que dará seu formato hexagonal, deste modo a porca é acoplada ao motor de furadeira que servirá como um conjunto de engrenagens fazendo a conversão de torque necessária para movimentar qualquer sistema que possa ser acoplado ao cata-vento.

Considerando todos os avanços que esse projeto pode proporcionar e devido às condições que impossibilitaram a construção da bomba em escala real, o mesmo no futuro, ainda pode ser incrementado de forma a beneficiar verdadeiramente as comunidades. Sendo assim foi desenvolvida, conforme a Tabela 3, uma listagem de materiais associados ao tamanho real do sistema de bombeamento, na qual são apresentados os materiais e suas funcionalidades no sistema. Portanto é possível levar em consideração que alguns desses elementos podem ser encontrados sem custos.

Tabela 3- Listagem de materiais associados ao tamanho real

Elemento	Função	Custo Estimado
1. Roda de Bicicleta aro 26	Servir como polia para o funcionamento do sistema de rolamento.	R\$ 50,00

2. Roda de bicicleta aro 18	Servir como polia para o funcionamento do sistema rolamento da sua porção submersa.	R\$ 25,00
3. Motor universal de furadeira com mandril.	Serve como sistema de engrenagem para a conversão de torque.	R\$ 170,00
4. 6 Vergalhões de 50 cm de comprimento	Servem para serem soldados montando-se a estrutura física no formato do cata-vento objetivando receber as hélices.	R\$ 18,00
5. Porca Sextavada Flangeada Serrilhada 3/4	Local onde serão soldados os vergalhões de ferro.	R\$ 7,00
6. Vara de tubo (PVC), 1 tubo de 3 metros , com Ø100 mm	Ser cortado, aquecido e moldado para se transformar em hélices do cata-vento.	R\$ 50,00
7. Metalon Galvanizado; 3 Tubos de 3 m 15x15mm	Construção de uma torre para a Sustentação do cata-vento e da tubulação.	R\$ 13,00
8. Suportes de metal; 4 tubos de 30 cm 15x15mm	Objetiva-se a fixação da tubulação na barra de metalon galvanizado. Observação: Estes são cortados da sobra do metalon galvanizado.	R\$ 13,00
9. Corda de Nylon 50m	Serve para ela ser acoplada aos anéis de borracha, objetivando-se a formação do rosário.	R\$ 5,00
10. Sandálias; 20 pares 300 anéis de borracha	Esse material servirá para ser cortado em círculos de 24mm de diâmetro, formando assim junto com a corda de nylon, o rosário.	R\$ 300,00
11. Latão de tinta vazio de 18l	Ficará no fundo do poço, no qual ele será preso à tubulação que levará a água até a superfície.	R\$ 47,00
12. Cimento, arenoso e pedras;	Usados como peso na lata para que ela se mantenha no fundo do poço.	R\$ 30,00
13.Vara de Tubo (PVC), 4 tubos de 6 metros, com Ø25mm;	Tubulação por onde a água é elevada para a superfície, enchendo-se o reservatório.	R\$ 96,00

14. Garrafa de álcool 2l;	Serve como um pequeno reservatório para água que é elevada ao final da tubulação. A partir do pequeno reservatório é acoplada outra tubulação que conduzirá a água para o reservatório acumulador.	R\$ 10,00
15. Tanque de 500l;	Nesse reservatório serve para armazenar toda a água captada enquanto o sistema estiver funcionando.	R\$ 225,00
Total:		R\$ 1.059,00

O protótipo é uma representação em escala reduzida da estrutura do sistema de bombeamento, desconsiderando o catavento, na qual servirá para apresentar o método de bombeamento e o funcionamento do mesmo. Sendo assim, o protótipo se torna algo extremamente importante para o projeto em questão.

A representação em escala reduzida é montada a partir de um sistema de rolamento posto no fundo de um tanque d'água. Neste sistema de rolamento há uma corda com anéis de borracha presos nela pelo centro da circunferência de cada anel, no qual após ser acionado o movimento do sistema de rolamento essa corda elevará a água por dentro da tubulação que interliga o reservatório que simula o fundo do poço e o pequeno reservatório superior localizado no ponto onde a água é elevada simulando assim o funcionamento do sistema de bombeamento eólico.

Com intuito de descrever o processo de construção do protótipo primeiramente é feita a indicação de materiais que foram utilizados para sua construção, conforme a Tabela 4 orçamentária abaixo. Dessa forma, é possível levar em consideração que alguns desses elementos podem ser encontrados sem custos.

Tabela 4- Listagem orçamentária protótipo.

Elemento	Especificação	Observação	Custo
1. Roda de Bicicleta aro 18	Material: Alumínio; 2 unidades.	Foi retirada de uma bicicleta antiga.	R\$ 50,00
2. Graxa	Material: Óleo básico, espessante e aditivos; 50 gramas.	Utilizada para lubrificação dos eixos da bicicleta.	R\$ 6,00
3. Corda de Nylon	Material: Fibra têxtil sintética, elástica e resistente a agentes atmosféricos; 1 unidade;	Percorre de uma extremidade a outra do sistema de bombeamento.	R\$ 5,00

	Dimensionamento: 380 cm de comprimento e Ø 0,2 cm.		
4. Tubulação de PVC	Material: Policloreto de vinila; 2 unidades; Dimensionamento: Uma de 80 cm e outra de 7,5 cm de comprimento, as duas com Ø 0,32cm.	Objetivo servir de passagem para o fluido.	R\$ 5,00
5. Anéis de borracha	Material: Borracha de poliuretano; 42 unidades; Ø 0,28 cm.	Feitas a partir de sandálias velhas.	R\$ 15,00
6. Ripa de Madeira	Material: Madeira massaranduba; 3 unidades; Dimensionamento: Uma 145 x 4,5 x 2 cm e duas de 20 x 4,5 x 2 cm.	Ela foi usada para sustentar todo o corpo da bomba e também a partir dela foi feito um suporte para a tubulação.	R\$ 5,00
7. Balde Plástico 20l	Material: Polímero à base de polietileno ou polipropileno; 1 unidade; volume 20L.	Esse reservatório servirá como um meio para simular um poço simples.	R\$ 40,00
8. Cimento, arenoso e pedaços de bloco	Material: Cerâmico, 500 gramas de arenoso e 500 gramas de cimento.	Este serviu para fazer uma base fixa para a ripa de massaranduba.	R\$ 5,00
9. Lata de Alumínio	Material reciclado; 1 unidade; lata de 740 gramas.	Utilizada para fazer fixação do sistema de bombeamento e servir de peso para que a mesma mantenha o fundo do reservatório. (Embalagem para armazenamento e comercialização de leite em pó).	R\$ 8,00
10. Garras de Ferro (conhecidas como pé de	Material: Metálico; 2 unidades; Dimensionamento: 20 cm de	Tem como objetivo ser fixada na ripa do sistema para melhorar a	R\$ 5,00

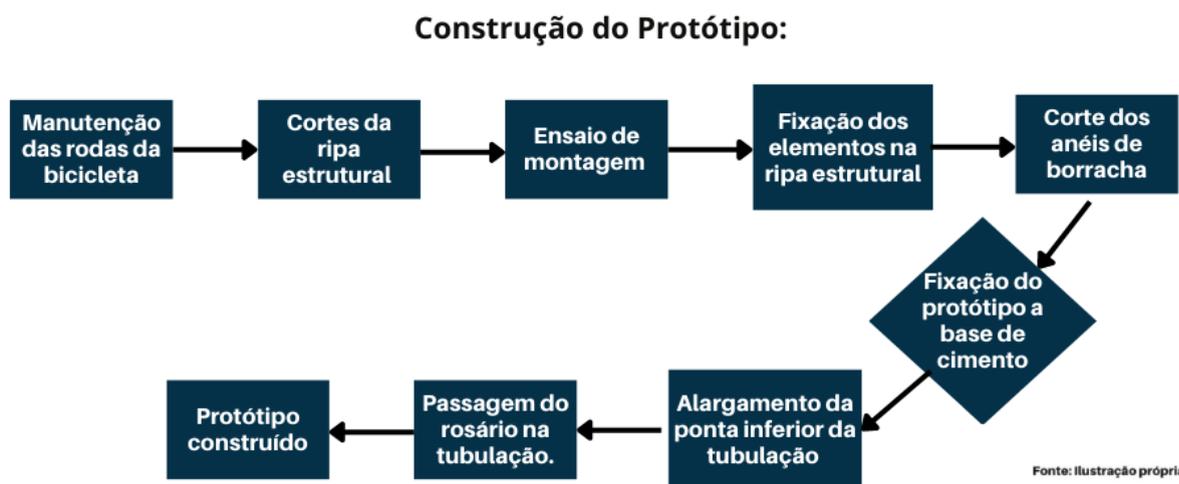
galinha)	comprimento.	sustentação da bomba no cimento.	
11. Folha de 12.Emborrachado liso	Material: EVA; 1 unidade; dimensionamento 40x60 cm.	Tem como objetivo reduzir o atrito entre os anéis de borracha e as rodas de bicicleta.	R\$ 1,50
13. Fita Isolante	Material: Policloreto de vinila; 1 Unidade; 1,8 x 300 cm.	Foi usada para fixar o emborrachado na roda (o contato com água não causará perda de eficiência).	R\$ 8,00
14. Cola de Silicone	Material: Silicone; 1 unidade; 280 gramas.	Esta serviu para fazer a junção da garrafa de álcool com a tubulação posicionada na horizontal.	R\$ 24,00
15. Adesivo Instantâneo	Material: Cola à base de Cianoacrilato, monocomponente, livre de solventes: 1 unidade; 100 gramas.	Utilizado para colar os anéis de borracha no cordão.	R\$ 35,00
16. Garrafa de Álcool;	Material: Plástico; 1 unidade; 1 L.	Esta serviu como um reservatório superior pequeno para facilitar a dispersão da água.	R\$ 13,00
17. Morsa	Material: Metálico; 1 unidade; 44,5 x 20,3 x 17,6 cm.	Serviu para a retirada do eixo da roda da bicicleta, na qual este eixo passou por lubrificação.	R\$ 40,00
18. Chave de boca fixa 15 mm	Material: Metálico; 1 unidade	Esta serviu para a retirada e fixação do eixo da roda da bicicleta como também para prender a roda a estrutura de sustentação do sistema de bombeamento.	R\$ 10,00

19. Furadeira com broca 10mm	Material: Metálico; 1 unidade.	Utilizada para fazer os furos a estrutura para que as rodas fossem fixadas.	R\$ 186,00
20. Estilete Plástico Lâmina Larga 18mm	Material: Plástico e alumínio; 1 unidade.	Este serviu para cortar os anéis de borracha.	R\$ 17,00
Total:			R\$ 453,50

Seguindo as informações indicadas pela listagem de materiais do protótipo do sistema de bombeamento proposto, foi desenvolvida a construção do mesmo. Em contrapartida, foi necessário definir uma ação de controle para o funcionamento do sistema de bombeamento, pois estas permitem verificar se as funções do equipamento estão sendo desempenhadas de forma satisfatória, prevendo controle de qualidade e quantidade para que os resultados sempre se mantenham no esperado. Dessa forma, foram estudadas opções de ações e analisou-se a que mais atende a necessidade do protótipo.

Diante do exposto, conforme a Figura 9, um diagrama de blocos foi desenvolvido com intuito de descrever os passos de construção do protótipo.

Figura 9- Diagrama de blocos



Deste modo, o início do processo de construção do protótipo se deu com a manutenção corretiva das rodas de bicicleta. Esse processo se tornou necessário porque as mesmas apresentaram-se bastantes corroídas pela ferrugem e seu eixo não funcionava. Depois

da manutenção foi dada uma atenção para a confecção das peças da estrutura da bomba. Nesta, utilizando uma serra circular de bancada, foram feitos cortes para a ripa estrutural de 145 x 4,5 x 2 cm e a sobra foi usada para a confecção de dois suporte para a tubulação de captação de água, sendo a dimensão dos suportes equivalente a 20 x 4,5 x 2 cm.

Com todos os elementos cortados e lubrificados, foi necessário ser feito um ensaio de montagem, para que fosse possível medir o tamanho do tubo. Dessa forma os elementos foram fixados, manipulando uma furadeira com uma broca 10 mm, primeiramente o acoplamento das rodas à estrutura foi preso utilizando-se de uma chave 15 mm para o aperto da porca ao eixo inserido e interligado na ripa de madeira da estrutura, depois os suportes foram presos e por último a tubulação de 80 cm.

Por outra perspectiva, ao analisar pontos específicos da construção do protótipo, foi notada a necessidade de construir um sistema de recebimento de água considerando um reservatório superior pequeno. Este foi produzido usando uma garrafa de álcool de 1 l, um pedaço de tubo de 7,5 cm e cola de silicone, e possui o intuito de facilitar o acúmulo de água e promover um efeito diretamente proporcional ao aumento da dispersão da água para o reservatório maior.

Já para a produção do rosário da bomba foi necessário o corte, com estilete, de sandálias para fazer os anéis de borracha de \varnothing 0,28 cm. Estes foram presos na corda de nylon com cola adesiva instantânea média viscosidade 100g. Com intuito de testar se o tamanho padrão dos anéis está adequado para a passagem do tubo, foi utilizado um tubo gabarito de \varnothing 0,32cm para a realização da passagem.

Outro ponto importante do processo de construção do protótipo foi a estabilização de sua estrutura em uma base feita de cimento, pois este promove peso ao sistema de bombeamento como também fixa a mesma na posição vertical. Foram utilizados uma mistura de 500g de cimento, 500g de arenoso, pedaços de blocos e água para serem colocados em uma lata de alumínio de 0,74 l. Com intuito de manter a estrutura do sistema na vertical, foi colocado um esquadro na sua lateral e com madeiras de mdf a mesma foi fixada na posição.

O procedimento anterior promoveu estabilidade à estrutura, deste modo se tornou mais fácil a realização do próximo passo, que foi a passagem do rosário dentro do sistema de rolamento, sendo assim após a passagem pelo tubo e rodas de bicicleta foi feita a junção dos dois extremos do rosário fazendo com que o protótipo fosse finalizado. Ademais, outro fator determinante para o funcionamento do protótipo foi o alargamento da boca inferior do tubo para que se facilitasse a entrada do rosário na tubulação, este procedimento foi feito a partir de

aquecimento da ponta e modelagem, utilizando um cabo de uma faca para fazer o formato de um funil.

Terminado o protótipo, se tornou necessário analisar o parâmetro da vazão fornecida pelo sistema e para isso foi feito um procedimento experimental em uma piscina de 3x6x1,45 m. Esse ensaio, mediu a quantidade de água em litros que o sistema conseguiu elevar em um determinado período de tempo. Para que se obtivesse um resultado real o procedimento consistiu em acionar manualmente o protótipo por um período de tempo de aproximadamente 30 segundos. Assim, esse ensaio foi repetido 10 vezes com intuito de calcular a média aritmética dos valores da quantidade de água chegando em um resultado aproximado de vazão.

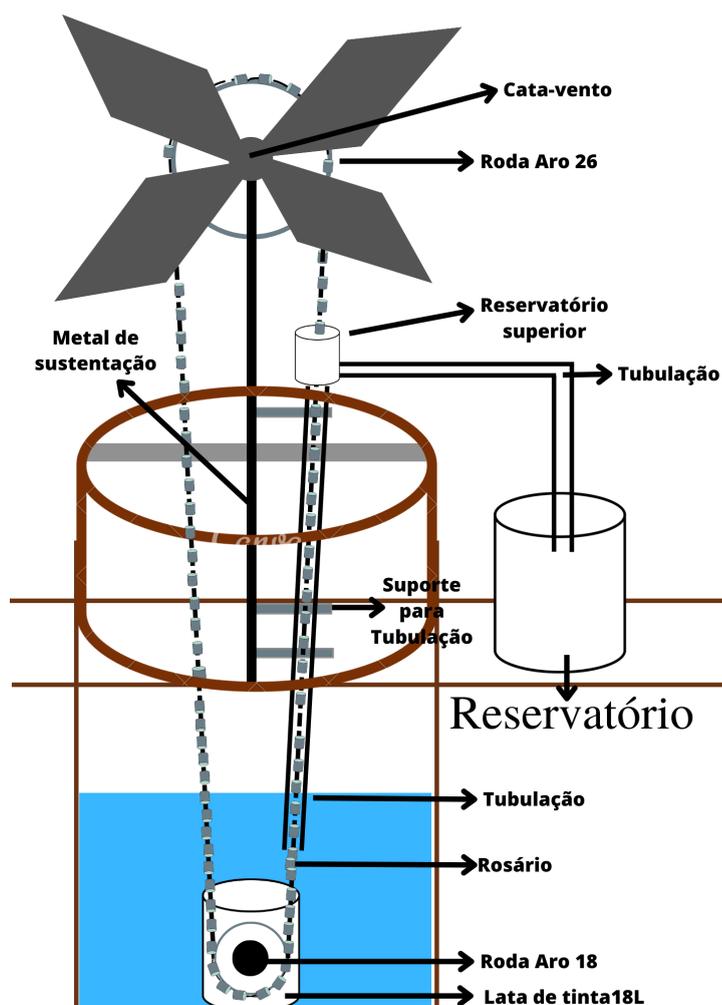
Ademais, os instrumentos usados para registrar as variáveis foram um copo medidor de 500ml que determinava o volume e um cronômetro para monitorar o tempo. Os resultados obtidos deste ensaio serão apresentados no capítulo de resultados e discussões.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Reforçando o que já foi dito anteriormente foi desenvolvida, juntamente com a parte teórica do projeto, a construção de um protótipo do sistema de bombeamento em questão, graças a isso, fez-se necessário também a realização de um esboço detalhado do que foi projetado e do que foi pensado para o projeto real.

Primeiramente utilizando o aplicativo de designer Canva, foi desenvolvido um desenho característico do projeto do sistema de bombeamento que utiliza como força motriz a energia dos ventos. A bomba pode apresentar diversas formas de receber o movimento mecânico, mas este projeto buscou analisar a bomba movida a partir da energia eólica. Deste modo, na Figura 10 abaixo observa-se a resolução dessa meta proposta e a forma na qual é cogitado a interconexão dos elementos desde o cata-vento ao reservatório.

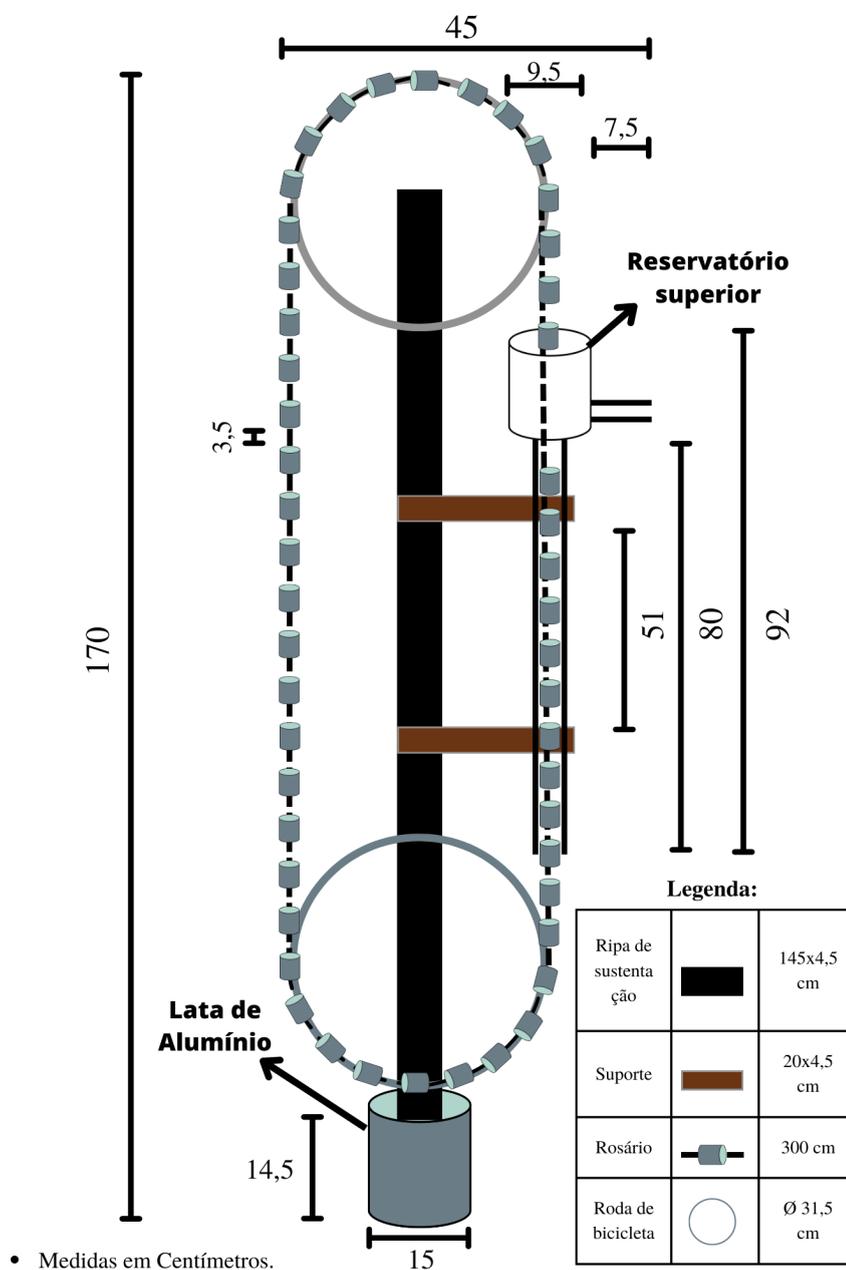
Figura 10- Esboço característico do sistema de bombeamento eólica.



Fonte: Elaboração própria

Por outra perspectiva, também utilizando o aplicativo de designer Canva, foi projetado o esboço representativo do protótipo construído em escala reduzida. Este resultado é apresentado na Figura 11, onde observam-se as características métricas do protótipo que foi desenvolvido com intuito de mostrar o funcionamento do sistema, onde localizado do lado inferior direito da imagem, encontra-se as informações de dimensões dos componentes que compõem toda a estrutura. Deste modo, a partir das informações contidas o esboço deu-se o início da construção do protótipo, conforme descrição apresentada na metodologia, pois foi pensado de forma conjunta em todas as etapas e processos necessários para o desenvolvimento, sendo assim esse esboço serve de guia para o roteiro de construção.

Figura 11- Desenho técnico do protótipo da bomba

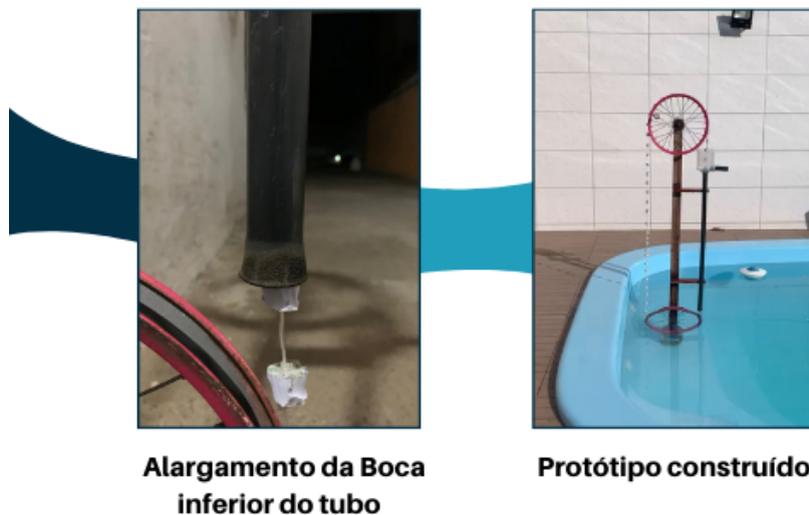


Fonte: Elaboração própria

A fim de apresentar os resultados da construção do protótipo, ainda utilizando o aplicativo de design Canva, foi feita a montagem de um diagrama de blocos que mostra o processo de construção e o resultado obtido, como é mostrado na Figura 12.

Figura 12- Diagrama de blocos da construção do protótipo





Fonte: Ilustração própria

Fonte: Elaboração própria

Ao final desse diagrama de blocos tem-se o registro fotográfico do protótipo construído em escala reduzida, no entanto observa-se que há apenas a parte mecânica composta pela ripa de sustentação, o suporte, o rosário e a roda de bicicleta, com exclusão das pás que captam a ação dos ventos, transformando-a em energia eólica mecânica para o bombeamento. Mas ainda assim o princípio de funcionamento pode ser entendido através da manipulação deste protótipo.

Terminado o protótipo, alguns outros parâmetros foram necessários de serem ajustados. Primeiramente foi definida a ação de controle do sistema, a qual a partir do teste de funcionamento foi percebido que a melhor ação que contempla esse sistema é a ação de controle ON-OFF (liga/desliga), que é uma das ações de controle mais comuns no mercado. Este sistema apresenta dois momentos de trabalho, quando for necessário o abastecimento de água para o reservatório o sistema será ligado e quando o não for necessário o sistema será desligado.

Deste modo, propondo a análise para o sistema em tamanho real, poderá ser instalada uma trava mecânica no catavento que quando precisar ser desligado a trava seja acionada. Outro fator importante é a possibilidade dos ventos não apresentarem-se em condições para acionar o catavento. Para solucionar esse problema o sistema também promove um acionamento manual, ou seja, a comunidade não ficará à mercê dos ventos,

No que compete à análise da vazão fornecida pelo protótipo foi realizado um procedimento experimental observado na Figura 13, que obteve os resultados na sequência do texto:

Figura 13- Procedimento experimental do protótipo



Fonte: Ilustração própria

Os ensaios se organizaram em conformidade com a descrição na metodologia e para o cálculo de vazão devem ser consideradas as variáveis descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Variáveis para o ensaio.

Símbolo	Variável
Q	Vazão
L	Volume
T	Tempo
Qa	Média de vazão

Fonte: Elaboração própria

A equação utilizada apresentada abaixo, considera os resultados dos ensaios manuais em que os dados estão descritos na vazão (Q) ser diretamente proporcional ao volume (L) e inversamente proporcional ao tempo (T).

❖ Equação: $Q = L/T$

❖ Ensaio 1:

- $Q = 4750\text{ml} / 30,50\text{s} = 155,73 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 2:
 - $Q = 4250\text{ml} / 30,39\text{s} = 139,84 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 3:
 - $Q = 4050\text{ml} / 30,50\text{s} = 155,73 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 4:
 - $Q = 4100\text{ml} / 30,20\text{s} = 135,76 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 5:
 - $Q = 4500\text{ml} / 30,42\text{s} = 147,92 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 6:
 - $Q = 3850\text{ml} / 30,15\text{s} = 127,69 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 7:
 - $Q = 4850\text{ml} / 30,65\text{s} = 158,23 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 8:
 - $Q = 4100\text{ml} / 30,10\text{s} = 136,21 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 9:
 - $Q = 4250\text{ml} / 30,22\text{s} = 140,63 \text{ ml/s}$
- ❖ Ensaio 10:
 - $Q = 4500\text{ml} / 30,37\text{s} = 148,17 \text{ ml/s}$

Após obter esses resultados, foi realizado um cálculo de média aritmética, para que se obtivesse um valor de vazão que ilustra de forma aproximada a capacidade de bombeamento do protótipo.

$$Q_a \approx \frac{155,73 + 139,84 + 155,73 + 135,76 + 147,92 + 127,69 + 158,23 + 136,21 + 140,63 + 148,17}{10}$$

$$Q_a \approx 144,60 \text{ ml/s}$$

ou

$$Q_a \approx 520,6 \text{ l/h}$$

A partir desse resultado da média de vazão, conclui-se que o escoamento de água do protótipo se configura em aproximadamente 520,6 l/h, um valor satisfatório para os fins de demonstração que foi buscado. Porém, mesmo fazendo uma média aritmética, este resultado corresponde à situação de teste manual, sendo assim ainda que se tente manter um movimento constante, este pode variar, podendo apresentar outros valores de vazão. Deste modo, em uma situação de utilização do cata-vento, a vazão também pode variar dependendo da velocidade dos ventos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

Diante do exposto, evidencia-se que o projeto foi desenvolvido de forma satisfatória, pois usando a comunidade do Ponto do Carvão como inspiração foram obtidos diversos dados importantes que ajudarão muitas pesquisas que poderão vir a seguir.

Contudo, tratando sobre os objetivos específicos é notável que a avaliação das atividades propostas foram desenvolvidas de modo a atender com as expectativas, pois desde os estudos voltados a entender a funcionalidade do sistema à construção de um protótipo funcional, demonstram o desempenho do projeto enquanto aos aspectos propostos. Vale ressaltar também a preocupação em tentar demonstrar em esboços representativos as propostas do projeto e por meios de cálculos a tentativa de avaliar a eficácia do protótipo.

Esse projeto demonstrou que existe um potencial para facilitar o processo de coleta de água subterrânea tanto na comunidade de Ponta do Carvão, quanto em qualquer outro local em que for aplicado. Sendo assim o processo de bombeamento usando o Sistema de Bombeamento movido a Energia Eólica se destaca por ser um procedimento muito importante para garantir a qualidade e velocidade na captação de água em poços simples, garantindo assim comodidade para os consumidores que utilizaram o sistema.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar das conclusões terem mostrado que o sistema de bombeamento obteve resultados satisfatórios. Seria uma boa alternativa, como uma forma de obter outros resultados, a construção de um protótipo que possa ser movimentado com um cata-vento responsável por gerar o movimento de sucção da água, fazendo com que o sistema pudesse funcionar com o intuito que foi projetado. Deste modo, seria possível investir na ideia para que a mesma fosse usada para diversas finalidades como a utilização ou elevação de água em poços e tanques, como também a oxigenação de criatórios de peixes, na qual potencialize o projeto e crie mais questionamentos que possam ser explorados em trabalhos futuros.

Outra sugestão de melhoria para o projeto em questão é a aplicação de um sistema de automação, onde usando de alguns artifícios, como a ação de controle, e outros elementos como sensores e controladores, este projeto poderia promover um maior conforto e melhor autonomia ao consumidor. Sendo assim essa possível mudança futura é cogitada pelo fato de existir algumas vantagens na sua implementação, como por exemplo uma alta eficiência, autonomia, sendo capaz de bombear uma quantidade maior de água, e uma boa durabilidade.

REFERÊNCIAS :

APARECIDA, Priscyla; CRISTINA, Isabel; JORGE, Silvio. **“BOMBEAMENTO E TRATAMENTO : DA FASE LIVRE EM AQUÍFERO LITORÂNEO”**. Eng Sanit Ambient, Guaratinguetá (SP), v. 19, n. 4, p. 461-469, nov./2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/prX4bs3kpZrx9B9ZYZMMb8g/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 fev. 2002.

BEATRIZ, Érica. **“BOMBA ROSÁRIO: UMA FACILITADORA PARA A CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA AGRICULTURA FAMILIAR.”** TCC, Fortaleza (CE), v. 1, n. 1, p. 1-14. Disponível em: <https://petagronomia.ufc.br/wp-content/uploads/2020/09/ciclo-de-seminarios-site-2-1.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2022.

BRASIL ESCOLA. **“ENERGIA EÓLICA”**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/energia-eolica.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CEMIG: COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **“ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS”**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA. **“ENERGIA EÓLICA NO BRASIL”**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO 2005. **“VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO”**. Disponível em: <https://greenviewgv.com.br/valores-orientadores-cetesb/#:~:text=Conforme%20a%20Companhia%20Ambiental%20do%20Estado%20de%20S%C3%A3o,%C3%A1guas%20subterr%C3%A2neas%20e%20o%20Gerenciamento%20de%20%C3%81reas%20Contaminadas..> Acesso em: 21 abr. 2022.

CONCEITOS DO MUNDO. **“AÇÕES ESTRATÉGICAS, INSTRUMENTAIS E DE CONTROLE”**. Disponível em:

<https://conceitosdomundo.pt/acoes-estrategicas-instrumentais-e-de-controle/>. Acesso em: 5 out. 2022.

D’ALEXANDRIA, Carlos; GUILHERME, Luiz. **“OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE BOMBEAMENTO COM ENERGIA EÓLICA: SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE SÃO GABRIEL/BA”**. Sistema de bombeamento, Natal (RN), v. 1, n. 1, p. 14-33, jan./2007. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-49665/otimizacao-de-sistema-de-bombeamento-com-energia-eolica-sistema-de-bombeamento-de-sao-gabriel---ba>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ENERGES A LINGUAGEM DA ENERGIA. **"A HISTÓRIA DA ENERGIA EÓLICA"**. Disponível em: <https://energes.com.br/historia-da-energia-eolica/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ENGQUIMICASANTOSSP. **“ENERGIA EÓLICA: COMO FUNCIONA, VANTAGENS E DESVANTAGENS”**. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/12/energia-eolica-e-aerogeradores.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

EPE. 2020. **“EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA”**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 20/12/2022.

EUGÊNIO, Carlos. **“BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO DE ÁGUA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: DIMENSIONAMENTO TÉCNICO E FINANCEIRO”**. TCC. Paulo Afonso, v.1, n. 1, p. 1-62, dez/2019.

GLOBO RURAL. **“CONHEÇA A BOMBA ROSÁRIO, UM EQUIPAMENTO QUE PODE AJUDAR PRODUTORES DO SERTÃO DO NORDESTE”**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2020/04/26/conheca-a-bomba-rosario-um-equipamento-que-pode-ajudar-produtores-do-sertao-do-nordeste.ghtml>. Acesso em: 6 mar. 2022.

GOOGLE MAPS. **“PONTO DO CARVÃO”**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-12.6176586,-39.0046543,13z>. Acesso: 19/ 12/2022.

HENRIQUE, C. *et al.* **“A UTILIZAÇÃO DA BOMBA DE CORDA: COMO ALTERNATIVA NAS REGIÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO”**. Industria 4.0, Brasil, v. 1, n. 15, p. 1-9, out./2018. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/31126404.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

HIDROSFERA. **“PROJETO EXPERIMENTAL DA BOMBA DE ÁGUA MANUAL MODELO BOMBA DE CORDA”**. Disponível em: http://www.aevouzela.net/hidrosfera/bombas_de_agua.html. Acesso em: 6 mar. 2022.

IBERDROLA. **“AEROGERADORES: O QUE É UMA TURBINA EÓLICA E COMO FUNCIONA”**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pas-aerogeradores>. Acesso em: 10 out. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. **“PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO”** -2000. IBGE. Rio de Janeiro. CDROM.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2010. **“DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL”** -2010. IBGE. Rio de Janeiro. CDROM.

LEAL, Antônio. **“AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL: OCORRÊNCIAS, DISPONIBILIDADES E USOS”**. Águas Subterrâneas, Brasil, v. 1, n. 1, p. 1-19, out./2013. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/178716736/AS-AGUAS-SUBTERRANEAS-NO-BRASIL>. Acesso em: 24 abr. 2022.

LINHARES, Alessandra De. **“METODOLOGIA CIENTÍFICA : ORIENTAÇÃO AO TCC”**. TCC, Santa Catarina (SC), v. 1, n. 1, p. 1-77, jun./2016. Disponível em: <https://cursodegestaoelideranca.paginas.ufsc.br/files/2016/03/Apostila-Orienta%C3%A7%C3%A3o-ao-TCC.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

LUZ VERDE, “**A BOMBA EÓLICA MAIS FÁCIL DE FAZER**”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=94AM8HJrKQQ&t=346s>. Acesso em: 5 mar. 2022.

LUZ VERDE, “**A BOMBA EÓLICA INÉDITA- CONSTRUÇÃO DA TURBINA E FUNCIONAMENTO**”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=94AM8HJrKQQ>. Acesso em: 5 mar.2022.

MERCADO LIVRE, “**BOMBA PERIFÉRICA FERRARI ACQUAPUMP**”. Disponível em: Bomba periférica periférica Ferrari Acquapump 370W amarelo 220V | Parcelamento sem juros (mercadolivre.com.br). Acesso em: 19 dez.2022.

MONTEIRO, R. *et al.* “**BOMBA ROSÁRIO: UM SISTEMA ALTERNATIVO E SUSTENTÁVEL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA**”. ENACTUS BRASIL, Fortaleza(CE), v. 1, n. 3, p. 1-8, jul./2018. Disponível em: <http://brazil.enactusglobal.org/wp-content/uploads/sites/2/2018/11/Bomba-Ros%C3%A1rio-Um-sistema-alternativo-e-sustent%C3%A1vel-de-capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua-86711.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

PADOVANI. “**TUBOS E CONEXÕES**”. Disponível em: <https://www.padovani.com.br/hidraulica/tubos-e-conexoes>. Acesso em: 10 fev. 2022.

PÉREZ, Maria; IGNACLO, Juan. “**APRENDER A RESOLVER PROBLEMAS: RESOLVER PROBLEMAS PARA APRENDER**”. 1. ed. Madrid : DiaaDia-educação, 1998. p. 1-18.

REDE AGRONOMIA. “**BOMBA ROSÁRIO**”. Disponível em: <https://agronomos.ning.com/profiles/blogs/bomba-ros-rio>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ROBERTO, Luis. “**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO: PARA IRRIGAÇÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**”. Sistemas de Bombeamento, São Paulo(SP), v. 1, n. 1, p. 1-135, abr./2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301354867_A_UTILIZACAO_DE_SISTEMAS_F

OTOVOLTAICOS_DE_BOMBEAMENTO_PARA_IRRIGACAO_EM_PEQUENAS_PROPRIEDADES_RURAIIS#:~:text=Neste%20sentido%2C%20o%20uso%20da%20energia%20fo tovoltaica%20em,t%C3%AAm%20a%20maior%20quantidade%20de%20radia%C3%A7%C3%A3o%20solar%20dispon. Acesso em: 11 abr. 2022.

ROSA, G. *et al.* **“TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA A AGRICULTURA”**. Folder. Instituto Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017. Acesso em: 25 abr. 2022.

SCHROEDER, Edni; LUIS, Irio. **“CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO BRASILEIRO”**: Autonomia e Protagonismo Social.. 1. ed. Brasília : IABS, 2015. p. 31-45.

SEMPRESUSTENTAVEL, **“PROJETO EXPERIMENTAL DA BOMBA DE ÁGUA MANUAL MODELO BOMBA DE CORDA”**. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/bombasdeagua/bomba-de-agua-model2.htm>. Acesso em: 11 abr. 2022.

SEA- SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. (2015), **“ESTRATIFICAÇÃO SOCIOECONÔMICA E CONSUMO NO BRASIL”**. Disponível em:<https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/conheca-a-sae>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVA, Luerles; BORGES, Rodrigo. **“ESTUDO DE TURBINAS EÓLICAS VERTICAIS: COM EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE UMA TURBINA EÓLICA DARRIEUS PARA APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS”**. Energia Eólica, Vitória (ES), v. 1, n. 1, p. 13-24, jul./2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/72365768-Estudo-de-turbinas-eolicas-verticais-com-exemplo-d-e-dimensionamento-de-uma-turbina-eolica-darrieus-para-aplicacao-em-edificios.html>. Acesso em: 25 abr. 2022.

TERESA, Maria; BERTONI, Neuza. **“METODOLOGIA : RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS. METODOLOGIA DE RESOLVER PROBLEMAS”**, Paraná, v. 1, n. 1, p. 1-9, jul./2018. Disponível em: http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_24/metodologia.pdf. Acesso em: 9 fev. 2022.

TRATA BRASIL . **“SANEAMENTO BÁSICO É VIDA; AGUA”**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 20 mar. 2022.

VIDA EM SILÍCIO, **“BOMBA DE ÁGUA SEM ENERGIA ELÉTRICA- DISPOSITIVO SIMPLES DE FAZER”**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p85scDeLFS0>. Acesso em: 5 mar.2022.