

Bomba de Corda & Cata-vento, sustentabilidade monitorada com Arduino

Alvanir Ricardo Dums¹, Leandro Correa Pykosz¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Centro de Educação do Planalto Norte (CEPLAN)

alvanir@outlook.com, leandro.pykosz@udesc.br

Resumo. *Através do estudo sobre energia eólica, bomba de corda e a automação utilizando o Arduino e sensores, o trabalho propõem o desenvolvimento de um protótipo para auxiliar no processo de aproveitamento de água de chuva, implantando um método autossustentável através do uso de uma bomba de corda movida pela força de um cata-vento. E também promover o monitoramento do protótipo através da informática aplicada com auxílio do Arduino e sensores de rotação sobre cata-vento e de fluxo de água sobre a bomba de corda, combinando a informática com a sustentabilidade. Através de testes em ambiente real pode-se comprovar o real funcionamento e também a performance do protótipo desenvolvido.*

Abstract. *Through the study of wind energy, rope pump and automation using Arduino and sensors, the paper proposes development of a prototype to assist in rainwater recovery process deploying a self-sustaining method by use of a powered rope pump the strength of a weather vane and also promote monitoring by computer applications with Arduino and rotation sensors on weathervane and water flow over the rope pump, aid combining computer-sustainability. Through real environment tests can prove the actual operation and also performance of the developed prototype.*

1. Introdução

A água é um dos elementos mais importantes no ciclo da vida dos seres humanos, animais e plantas. Além de fazer parte de toda uma cadeia de atividades realizadas pelo homem, como por exemplo, limpeza doméstica, produção de energia, irrigação na agricultura, produção industrial, entre outros.

Segundo Portal Brasil (2015), a UNESCO aponta em seu relatório que nas últimas décadas o consumo de água cresceu duas vezes mais do que a população e a estimativa é de que o consumo cresça ainda mais 55% até o ano de 2050. Se o consumo atual for mantido no ano de 2030 haverá um déficit de 40% no abastecimento de água no mundo.

Diante da extrema importância da água e dos fatores que agravam a sua escassez, surge então a necessidade de além de conscientizarmos sobre o uso da água, também existe a necessidade de apresentar para a população soluções sustentáveis, como no caso do aproveitamento da água da chuva. E para tais métodos aprimorar buscando soluções mais baratas, flexíveis e automatizadas, com objetivo de facilitar e incentivar pessoas a aderirem esses métodos.

Este artigo tem como objetivo geral desenvolver e apresentar um protótipo para auxiliar no processo de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, bem como implantar o método de bombeamento autossustentável através do uso da bomba de corda movida pela força gerada de um cata-vento e também promover o monitoramento do sistema com auxílio do Arduino.

2. Importância da água

Á água é um recurso natural com seu valor inestimável, sem ela não existiria vida em nosso planeta. A água está presente na manutenção de praticamente todas as atividades do ecossistema como a biológica, ecológica e química. Para o ser humano a água é também considerado como elemento fundamental para qualquer uma de suas atividades, como por exemplo, o desenvolvimento industrial e agrícola na qual tem a água como elemento primordial em todo e qualquer ciclo (YOSHINO, 2012).

Na agricultura a água é fundamental para o desenvolvimento e produção, sem ela as pessoas do campo não teriam o sustento econômico e as pessoas do meio urbano ficariam sem alimento. É possível verificar a importância dela para a agricultura nas prateleiras dos supermercados, visto que há período de seca atingindo a agricultura, os preços dos alimentos tendem a aumentar pela pouca produção e grande procura.

2.1. Qualidade da água da chuva

Na opinião de Dornelles (2012), a análise da qualidade da água proveniente de um sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser avaliado em ao menos 4 pontos: na água da chuva antes dela incidir sobre o telhado, na água que está chegando no reservatório de armazenamento após pré-tratamento, na água armazenada para o consumo e na água no ponto do consumo.

A alteração da qualidade da água está diretamente ligada as condições do ambiente onde está o sistema de captação de água, como por exemplo, a poluição do ar, ou pela proximidade com o oceano, fazendo com que a chuva traga consigo elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio.

Os padrões de qualidade da água são determinados de acordo com os riscos de contaminação e determinadas de acordo com o tipo de atividade que será utilizado (BARBOSA, 2013).

Apesar da falta de padrões e possibilidades de total tratamento da água da chuva ela é considerada boa opção para o abastecimento de água residencial ou industrial para utilização em atividades que tem como necessidade de água não potável, como por exemplo, vasos sanitários, lavagem de calçadas, lavagem de roupas, entre outras.

3. Energia eólica

Na opinião de Nogueira (2009), a energia eólica é obtida através movimento das massas de ar, denominada também como energia cinética ou também por energia do vento. O aproveitamento dessa energia é feito através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação de determinados elementos móveis, como por exemplo, turbinas eólicas para geração de energia elétrica ou cata-ventos para realização de tarefas mecânicas, como por exemplo bombeamento de água.

3.1. Tipos de aerogeradores

De acordo com CRESESB (2008), existem diversos tipos de aerogeradores, sendo separados em dois grupos principais na qual são definidos através da posição do rotor em vertical e horizontal, definidos a seguir:

- Rotores de eixo vertical: são tipos de rotores que levam vantagens por não precisar de mecanismos de acompanhamento para variação da direção do vento, reduzindo a complexidade do projeto e os esforços;
- Rotores de eixo horizontal: são os tipos mais comuns e mais estudados, pois possuem maior eficiência do que os tipos de rotores verticais. São movidos pelas forças aerodinâmicas chamadas de força de sustentação (lift) e força de arrasto (drag);

3.2. Cata-vento

Para este projeto foi escolhido o modelo na qual o eixo do rotor é posicionado na horizontal, exigindo o seu movimento em 360° sobre sua base, para melhor aproveitamento do vento sobre todas as direções.

Na construção das pás do cata-vento foram utilizadas tiras de cano de PVC de 100 mm na quantidade total de 8 pás, todas centralizadas a um disco de *nylon* de 27,5 cm de diâmetro. Para construir o rotor do cata-vento utilizou parte de uma esmerilhadeira, pelo fato de já estar na estrutura ideal e permitir o giro entorno de si em 360°. Mesmo tendo a estrutura pronta foram necessários algumas adaptações, como o eixo principal e também o eixo para fixação do conjunto de pás. No rotor também se fixou a cauda do cata-vento permitindo o direcionamento conforme a direção do vento.

A Figura 1 apresenta a estrutura do cata-vento juntamente com o conjunto de engrenagens adaptadas para transferir a força do eixo principal (vertical) para o eixo horizontal.

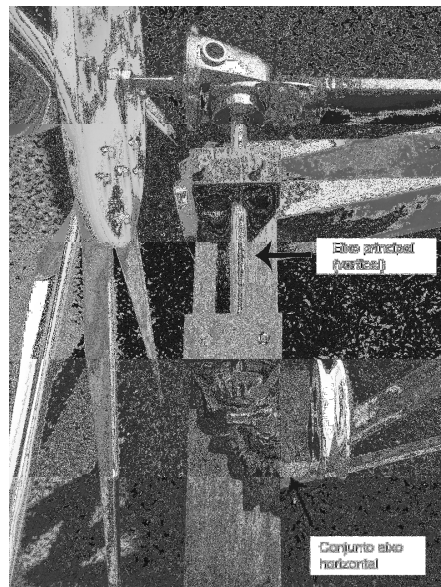


Figura 1: Estrutura do cata-vento com as engrenagens e eixo horizontal.

4. Bomba de corda

Conforme Mancebo Piqueras, (2010), a bomba de corda consiste em uma corda com pistões de borracha flexível na qual o seu diâmetro são pouco menores que o diâmetro do tubo, sendo fixados em intervalos ao longo da corda. Esse sistema é colocado dentro de um tubo, e é capaz de transportar água em pequenos volumes até a borda próximo à bomba onde há uma saída lateral permitindo a saída da água.

Os materiais utilizados no desenvolvimento são todos recicláveis, visando baixo custo e também maior sustentabilidade. O material mais utilizado foi o PVC, na qual foram utilizados canos de diferentes bitolas para montar a estrutura de sustentação e também para condução da água da cisterna até a superfície.

O desenvolvimento da bomba de corda se dividiu em três grupos principais, sendo eles:

- **Estrutura de entrada e saída da corda:** é composto pelos canos por onde a corda entra na cisterna e por onde a corda sai da cisterna trazendo consigo a água até a superfície. Ambos em PVC porém em bitolas diferentes respectivamente 40 e 25 mm. Também foram fixados guias para melhor direcionamento da corda para entrada e saída pelos canos;
- **Estrutura externa:** é composta pela roda da bomba de corda e também pelo seu próprio suporte. A roda da bomba de corda é o reaproveitamento de uma roda de bicicleta completa aro 20, sendo retirado apenas o seu pneu. O suporte foi desenvolvido utilizando canos e conexões em PVC de 25 mm, formando uma base retângula.
- **Corda:** é composta pela corda de 3 mm de espessura e junto a ela são fixados os pistões com diâmetro pouco menor que o diâmetro do cano da estrutura de saída. Para fixação dos pistões foi necessário perfura-los e transpassa-los pela corda e fixa-los a cada 25 cm de distância com dois nós um de cada lado.

A Figura 2 apresenta a bomba de corda finalizada, porém ainda do lado de fora da cisterna, permitindo analisar os grupos citados anteriormente fixados sobre a tampa da cisterna.

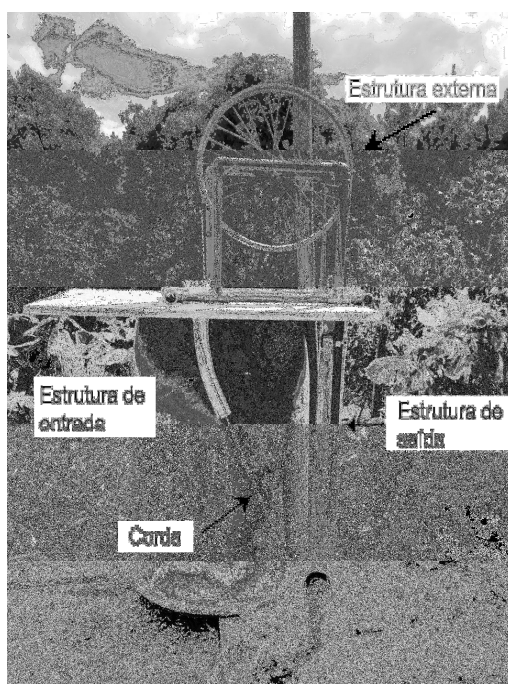


Figura 2: Bomba de corda finalizada.

5. Sistema autossustentável

Para o desenvolvimento do sistema autossustentável foi necessário fazer a ligação da bomba de corda com o cata-vento. Permitindo que a bomba de corda seja movida pela energia eólica gerada pelo cata-vento. Para isso foram utilizados dois conjuntos de engrenagens de tamanhos diferentes e correntes de bicicleta, com objetivo de diminuir a velocidade e aumentar a força do cata-vento.

Segundo Lordes (1996), a mudança de velocidade e torção é feita na razão dos diâmetros. Aumentando a rotação, o momento de torque diminui e vice-versa. Assim, num par de engrenagens, a maior delas terá sempre rotação menor e transmitirá torque maior. A engrenagem menor tem sempre rotação mais alta e torque menor.

O conjunto de engrenagens utilizadas para fazer a ligação do cata-vento com a bomba de corda consiste em 4 engrenagens, contando com a engrenagem (Pinhão) fixada na polia do eixo horizontal do cata-vento. Na sequência o pinhão é ligado à coroa de bicicleta utilizando a engrenagem maior contendo 48 dentes. Junto a essa coroa foi acoplado uma engrenagem menor que o pinhão contendo apenas 19 dentes, ambas fixadas na estrutura do cata-vento. E por fim essa engrenagem menor ligada à engrenagem da bomba de corda. Esse conjunto de engrenagens permitiram através da redução da velocidade aproveitar melhor a força do vento, vindo a movimentar e bombear a água da cisterna.

6. Monitoramento

O monitoramento da bomba de corda e do cata-vento ficou por conta do Arduino e seus sensores, por ser uma ferramenta de baixo custo e ter grande quantidade de conteúdo disponível na Internet.

Segundo McRoberts (2011), o Arduino consiste em um microcomputador na qual você pode programar para processar entradas e saídas entre os dispositivos e os componentes externos conectados a ele. O Arduino pode ser considerado uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, é possível ele interagir com ambiente através de *software* ou *hardware*.

O Arduino foi desenvolvido com a finalidade de ser de fácil entendimento e aplicação. Existe também uma comunidade que trabalha em projetos para Arduino *open-source*, ou seja projetos que são disponibilizados gratuitamente a qualquer tipo de usuário (FONSECA, 2013).

A Figura 3 apresenta o esquema de ligação dos componentes responsáveis pelo monitoramento. Na Figura 3 é possível verificar as portas utilizadas no Arduino e também os sensores utilizados. As portas utilizadas foram todas digitais do tipo PWM (*Pulse Width Modulation*).

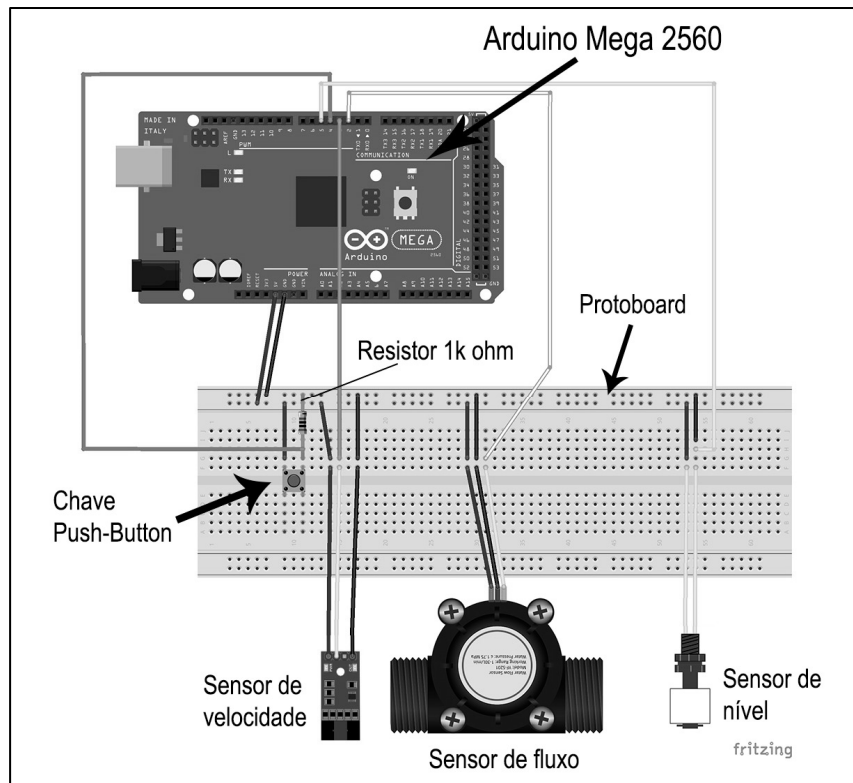


Figura 3: Esquema de ligação do elementos.

6.1. Interface de monitoramento

A interface disponível ao usuário para monitoramento dos resultados coletados pelo Arduino, ficou por conta da comunicação serial. A IDE do Arduino disponibiliza um terminal que permite o recebimento e até envio de informações para a placa do Arduino. Para acessar esse terminal basta ir até os menus “Ferramentas > Serial Monitor” e abrir a janela de monitoramento conforme mostra a Figura 4.

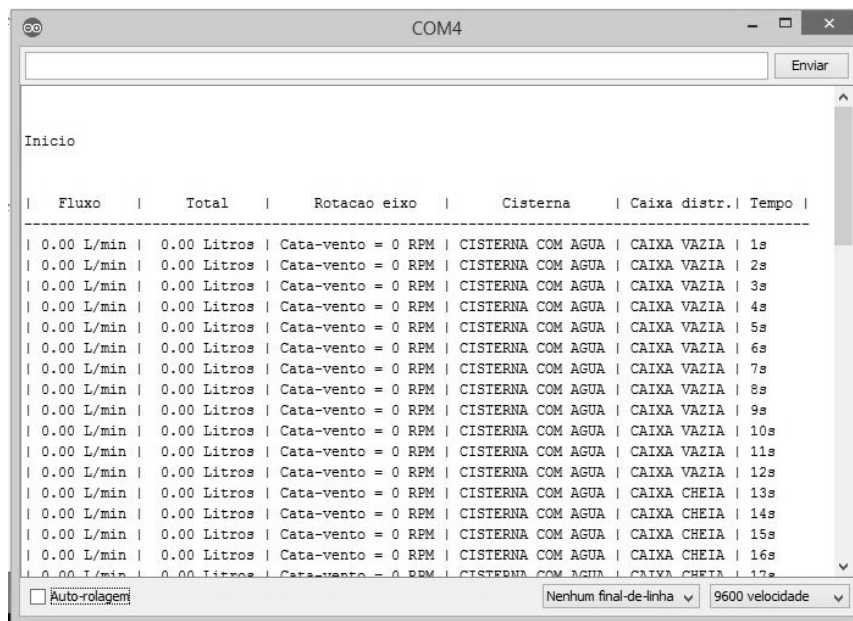


Figura 4: Interface de monitoramento.

7. Testes

Para realização do teste de monitoramento, o protótipo foi mantido no ambiente onde foi desenvolvido, no caso o quintal da residência na cidade de Rio Negrinho - Santa Catarina, utilizando a cisterna de 200 litros e através do uso de um *notebook* conectado via interface USB com Arduino para fazer o monitoramento e a coleta dos dados.

Os testes de monitoramento foram realizados na quantidade de 2 vezes, em datas distintas afim de obter diferentes condições do vento. O primeiro monitoramento manteve-se no período de 3 horas e 12 minutos, já o segundo teste foram obtidos dados durante 2 horas e 15 minutos.

A quantidade de testes realizados ficou limitado devido alguns fatores inesperados. O período de desenvolvimento do protótipo excedeu o previsto, limitando o tempo para o monitoramento. Durante o mês de maio período restante para monitoramento, as condições do tempo foram de muitas chuvas e com muita umidade. Com a dificuldade em vedar os sensores utilizados e com as condições climáticas desfavoráveis, o monitoramento não pode ser realizado 24 horas por dia.

7.1. Resultados

Afim de fazer comparações entre os dados obtidos no monitoramento do sistema autossustentável com informações de uma estação meteorológica, foram extraídos informações disponíveis na base de dados do website do Samae (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) de Rio Negrinho. Essas informações estão disponíveis ao Samae através de uma estação meteorológica localizada a mais ou menos 10 km de distância da instalação do sistema autossustentável.

A Tabela 1 apresenta o histórico dos dados meteorológicos disponíveis ao Samae referentes aos dias em que houve monitoramento do sistema auto sustentável. É possível perceber que no dia 11 de Junho a rajada máxima de vento foi um pouco maior do que no dia 21 de Maio. Já o vento médio (Km/h) os valores ficaram iguais, juntamente com a direção do vento onde ambas direções Leste.

Tabela 1: Histórico dos dados meteorológicos.

Data	Vento Predominante	Rajada. Máx. (Km/h)	Vento Médio (Km/h)
21/05/16	Leste	19,3	1,9
11/06/16	Leste	20,9	1,9

Os testes realizados em dias diferentes permitiram obter resultados diferentes. A Tabela 2 faz um resumo dos dados obtidos, onde é possível perceber que no teste 2 obtivemos pouco mais que o dobro de litros de água bombeados, mesmo sendo em menos tempo de monitoramento. Porém obtivemos uma média de rotação (RPM) muito maior, permitindo maior bombeamento.

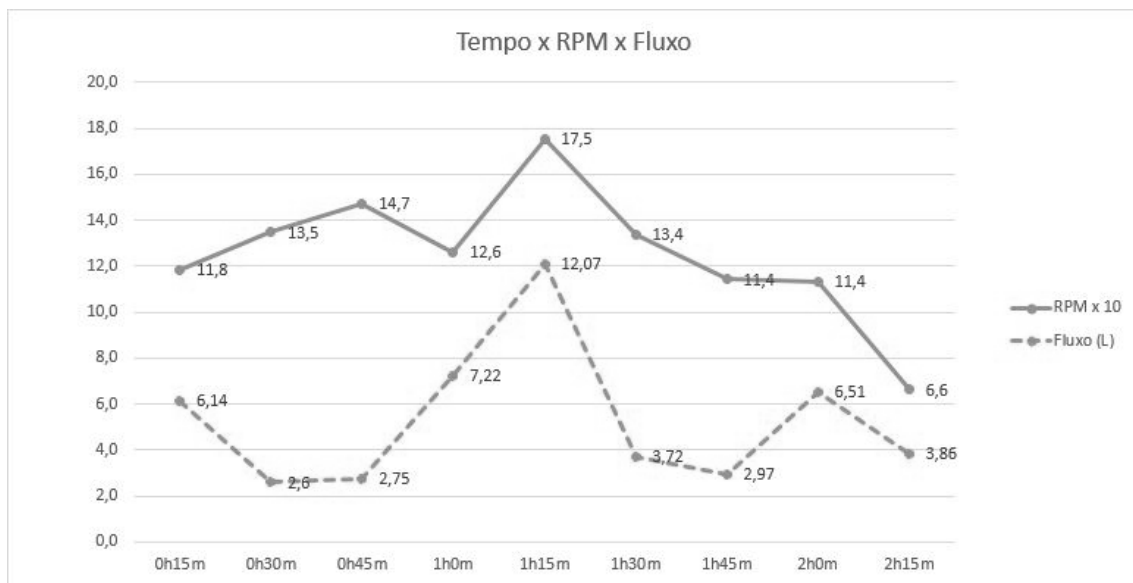
Tabela 2: Resultados dos testes realizados.

	Data	Média RPM	Tempo monitoramento	Total bombeado (L)
Teste 1	21/05/16	46	03:12	20,01
Teste 2	11/06/16	125	02:19	49,24

Os dados extraídos do histórico meteorológico do Samae de Rio Negrinho não foram considerados, visto que a distância entre a estação meteorológica e o sistema auto sustentável é muito grande, causando muita variação. Mesmo que os valores das rajadas máximas nos dias 21/05/16 e 11/06/16 tenha pequena diferença, no monitoramento a quantidade de rotações e volume de água bombeado foi bem mais relevante entre os dias de monitoramento.

A Figura 5 apresenta um gráfico ilustrando os dados agrupados a cada 15 minutos, sendo utilizado a média dos valores para rotação e fluxo bombeado. O gráfico permite visualizar o RPM x 10 através da linha contínua e o fluxo bombeado através da linha tracejada. Os pontos determinados nas linhas coincidem com o tempo monitorado, na qual é apresentado na base do gráfico.

Figura 5: Interface de monitoramento.



O gráfico apresentado na Figura 5 permite verificar as linhas nos pontos 0h30m e 0h45m, onde a média de RPM elevou-se porém o fluxo diminuiu e manteve-se até o próximo tempo. No tempo de 1h0m, o número de RPM baixou e o fluxo aumentou.

7.2. Fatores e variações

Foram encontrados diversos fatores que influenciam na performance e também nos dados coletados no monitoramento. O principal e também já previsto e citado é a intensidade do vento, na qual foi constatado nos testes realizados, que existem muitas variações no vento, como a sua ausência em partes do dia e também a falta de vento constante.

Outra variação encontrada no sistema autossustentável é o tempo necessário para que os pistões comecem a trazer a água até a superfície da cisterna, que não é constante. Essa variação acontece pelo fato de quanto menor o nível da água na cisterna maior será o tempo para o início do bombeamento da água. Essa variação causa um impacto nos dados de monitoramento, que estão sendo monitorados o movimento do cata-vento porém, sem o fluxo de água por um período de tempo, ou seja esse tempo sem fluxo de água estará variando de acordo com o nível da cisterna.

Existe também uma variação no fluxo de água, na qual se o vento parar conseqüentemente a bomba de corda também irá parar, porém ainda terá um pequeno fluxo de água proveniente do último pistão e também água que ficou no cano.

8. Conclusão

Através do desenvolvimento da bomba de corda, cata-vento e a ligação entre os mesmos, pode-se concluir que é possível desenvolver um sistema autossustentável que possa auxiliar no processo de aproveitamento de água de chuva.

Com a informática aplicada sobre o sistema autossustentável, bem como o monitoramento, pode-se concluir que é possível aliar informática com sustentabilidade. Permitiu-se identificar dados importantes validando o protótipo e sua performance e também identificar variações decorrentes no processo de bombeamento de água, entre elas a principal identificada foi a variação do vento.

Com o desenvolvimento do protótipo pode-se definir algumas vantagens e desvantagens quanto ao funcionamento e aplicabilidade:

- Vantagens:
 - Autossustentável, sem a necessidade de uma fonte de energia auxiliar que utilize fonte não renovável;
 - Grande quantidade de água bombeada;
 - Permite monitorar a rotação do cata-vento e também o volume de água bombeado.
- Desvantagens:
 - Necessidade constante de vento em caso de grande demanda de água bombeado;
 - Falta de roteiro para desenvolvimento da bomba de corda, cada necessidade vai demandar de materiais de porte diferente;
 - A falta de isolamento nos sensores e no Arduino, não permite o monitoramento 24 horas por dia.

O protótipo autossustentável é viável para cidade de Rio negro, porém dependendo da necessidade do usuário. Com a variação do vento é necessário obter uma redundância no abastecimento, como por exemplo, se não obter bombeamento autossustentável (água de chuva) é necessário a opção de obter água da rede de abastecimento.

Demonstra-se pelo contato com a população em geral que há o interesse em se utilizar energias renováveis. O comprometimento ecológico e a vontade de contribuir com a natureza tornam esse estudo ponto de partida para aperfeiçoar ainda mais o projeto e até mesmo buscar por novos projetos sustentáveis.

Referências

BARBOSA, G. Janaina. **Análise do uso racional da água em edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: métodos, práticas e certificação ambiental**. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo. 2013.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. 2008. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231>
Acessado em: 12 Abr 2016.

DORNELLES, Fernando. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento). Porto Alegre. 2012.

FONSECA, G. P. Erica. et al. **Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino (Versão: A2013M10D02)**. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/arduino/Tut_Arduino.pdf>. Acessado em: 26 Mar 2016.

LORDES, Francisco. **Mecânica: noções básicas de elementos de máquinas**. SENAI/CST-ES, 1996. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/72/72.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

MANCEBO PIQUERAS, J.A. et al. **Bomba Corda Sobreelevada (BM-II). Manual prático de construção, instalação, operação e manutenção**. 2010. Disponível em: <http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2011/08/bomba_mecate_port.pdf>. Acessado em 25 Mar. 2016.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. [tradução Rafael Zanolli] São Paulo: Novatec Editora, 2011.

NOGUEIRA, U. Cícero. **Utilização de sistema solar e eólico no bombeamento de água para uso na irrigação**. Dissertação (Dissertação em Engenharia de produção). Santa Maria. 2009.

Portal Brasil. 2015. **Segundo Unesco, mundo precisará mudar consumo de água**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/03/segundo-unesco-mundo-precisara-mudar-consumo-de-agua>>. Acessado em: 07 Abr 2016.

SAMAE Rio Negrinho. 2016. **Histórico dos dados meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.samaerne.com.br/?pagina=meteorologica&action=historico>>. Acessado em: 20 Jun 2016.

YOSHINO, Gabriel H. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Netto – Belém/PA**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil, na área de Concentração em recursos hídricos e saneamento ambiental e com linha de pesquisa voltada para recursos hídricos). Belém. 2012.