

# GERAÇÃO DE ELETRICIDADE EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS: PROJETO BIOFLUXO

## ELECTRICITY GENERATING IN RIVERSIDE COMMUNITIES: THE BIOFLUXO PROJECT

Data de aceite: 09/09/2022 | Data de submissão: 26/08/2022

**MOREIRA, Simone Maria Reis,**

Universidade de Brasília, Brasília, DF, E-mail: [simonemesc@gmail.com](mailto:simonemesc@gmail.com).

**SHAYANI, Rafael Amaral, Dr.**

Universidade de Brasília, Brasília, DF, E-mail: [shayani@unb.br](mailto:shayani@unb.br).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4232-595X>.

### RESUMO:

Um dos problemas enfrentados pela população da Amazônia é a falta de energia elétrica, que segundo dados recentes, estima-se que cerca de 990 mil pessoas não têm acesso à energia elétrica na região da Amazônia Legal. Com o objetivo de fornecer energia elétrica de forma renovável, eficaz e simples criou-se Projeto Biofluxo, focando em gerar energia através das correntes de água, que causa um mínimo impacto ao meio ambiente e gera eletricidade para populações ribeirinhas isoladas, usando então um equipamento flutuante preso ao leito do rio, com o eixo em plano, que possui a segurança como prioridade. O presente artigo apresenta a concepção teórica do sistema de geração de energia elétrica.

### PALAVRAS-CHAVE:

Geração de energia elétrica. Energia renovável. Energia hidro cinética.

### ABSTRACT:

*One of the problems faced by the population of the Amazon is the lack of electricity, which according to recent data, it is estimated that about 990,000 people do not have access to electric energy in the Legal Amazon region. With the objective of supplying electricity in a renewable, efficient and simple way, Projeto Biofluxo was created, focusing on generating energy through water currents, which causes minimal damage to the environment and generates electricity for isolated riverside populations. then using floating equipment attached to the river bed, with the axis in plane, which has safety as a priority. This paper presents the theoretical idea of this electricity generation system.*

### KEYWORDS:

*Electricity generation. Renewable energy. Hydrokinetic energy.*

## 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico atual é inaceitável que, em pleno século 21, existam populações inteiras sem acesso aos serviços públicos básicos, no caso sem acesso à energia elétrica que, além de prover lazer, promove uma estabilidade de vida, como manter alimentos refrigerados, energizar máquinas elétricas para beneficiamento de produtos, gerando valor agregado e mais renda para a comunidade, e iluminação ao anoitecer, a qual permite o funcionamento de escolas e, conseqüentemente, uma melhor expectativa de vida, entre outros.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas já pontuam a necessidade de energia elétrica limpa e acessível. No mundo, 789 milhões de pessoas ainda não tem acesso à eletricidade. Além das implicações de educação e geração de renda, a falta de eletricidade causa graves problemas no combate ao Coronavírus, visto que, em determinados países em desenvolvimento, uma em cada quatro unidades hospitalares não tem acesso à eletricidade (ONU, 2020).

Em 2020 a matriz elétrica brasileira teve sua produção predominantemente gerada pelas usinas hidrelétricas (65,2%), seguida por biomassa (9,1%), eólica (8,8%), gás natural (8,3%), além de nuclear, derivados de petróleo, carvão e solar (EPE, 2021). Entretanto, a região amazônica possui peculiaridades que dificultam o uso das principais fontes energéticas brasileiras.

A energia solar, que além de ter um tempo reduzido por só funcionar durante o período de exposição ao sol, e por constar em uma região de floresta onde as chuvas são constantes, atingindo índices pluviométricos em torno de 2.300 mm até 5.000 mm ao ano (FRANCA E MENDONÇA, 2016), torna mais complexo o uso da mesma. Por necessitarem de baterias, seu descarte incorreto pode promover um dano ambiental à região, além de elevar o custo do sistema.

Por mais que pareça uma boa solução, a energia eólica, segundo estudo realizado pelo American wind wildlife institute, promove cerca de 214.000 a 368.000 mortes de pássaros por ano (ERICKSON et al, 2014), o que seria prejudicial para a grande fauna local, além de precisar de grandes parques eólicos para a produção de energia.

Como a Amazônia possui uma biodiversidade extensa por si só, é muito frágil para a geração de energia através de hidrelétricas, pois causaria muitos impactos para o meio ambiente por interromper o ciclo natural do rio, prejudicando diversos animais com suas turbinas, e ainda deslocaria a população local para a construção da barragem e alagamento do reservatório, gerando muitos problemas sociais.

Usinas nucleares não seriam recomendadas para o local, pois poderiam gerar grandes desastres ambientais, além do elevado rejeito térmico, onde o resfriamento do vapor é feito em rios próximos, aumentando a temperatura do local e reduzindo a solubilidade de oxigênio na água, impactando o ecossistema.

Apesar das características amazônicas dificultarem a produção de energia pelas fontes acima citadas, há vantagens inerentes ao local que podem ser aproveitadas de forma limpa e eficiente. Com cerca de 7.000 metros de extensão e com mais de 1.000 afluentes, o rio Amazonas possui um enorme potencial para gerar energia utilizando a energia cinética disponível em seu fluxo de água.

O presente artigo apresenta uma proposta de projeto de equipamento de tamanho reduzido, de fácil manuseio e baixa manutenção, para gerar eletricidade em

comunidades isoladas ribeirinhas, necessitando somente de um fluxo de água do rio a uma velocidade mínima. Trata-se de um projeto teórico original elaborado na disciplina de graduação “Eletricidade Básica” do curso de Engenharia da Universidade de Brasília, onde os estudantes foram instados a propor soluções sustentáveis de engenharia alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## 2 REVISAO BIBLIOGRAFICA

A energia cinética pode ser convertida em elétrica por meio da indução eletromagnética, que ocorre quando a variação de um campo magnético nas proximidades de um condutor, causando o surgimento de uma força eletromotriz induzida, que pode ser associado ao movimento de translação e rotação dos dispositivos elétricos e imas de um dado equipamento (DA SILVA,2012), surgindo uma corrente elétrica.

O aproveitamento da energia cinética dos rios pode ser realizado por meio de turbinas hidrocínéticas. Conversores podem ser classificados de acordo com os seus princípios de funcionamento, sendo do tipo Oscillating water column (OWC), Oscillating bodies e Overtopping (ISHIKAWA,2017). Corpos oscilantes ou Oscillating bodies são tipos de conversores flutuantes, que geram energia a partir do movimento dos mesmos, seja vertical, horizontal, rotacional ou uma combinação das anteriores.

Os projetos de turbina hidrocínética de fluxo axial e eixo horizontal apresentados por (FARIA, 2017) e estudos numéricos apresentados por (SILVA, 2014) foram utilizados como base para a elaboração do projeto, que observou as turbinas squirrel cage darrius, savonius, darrius e gorlov, podendo ser colocadas de diferentes formas, tais como eixo inclinado, ancorada, com o gerador emerso ou submerso (ARAUJO, 2016).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

A proposta de geração de eletricidade para comunidades ribeirinhas, aqui denominado de Projeto Biofluxo, consiste em converter a energia cinética disponível no rio em energia elétrica, por meio de turbinas que ficariam instaladas em flutuadores próximos às residências. Como um rio tem vazão perene, será possível gerar eletricidade durante 24 horas por dia. Uma bateria poderia ser adicionada ao sistema para promover uma regularização do consumo, armazenando energia durante a noite e fornecendo durante o dia em momentos de pico.

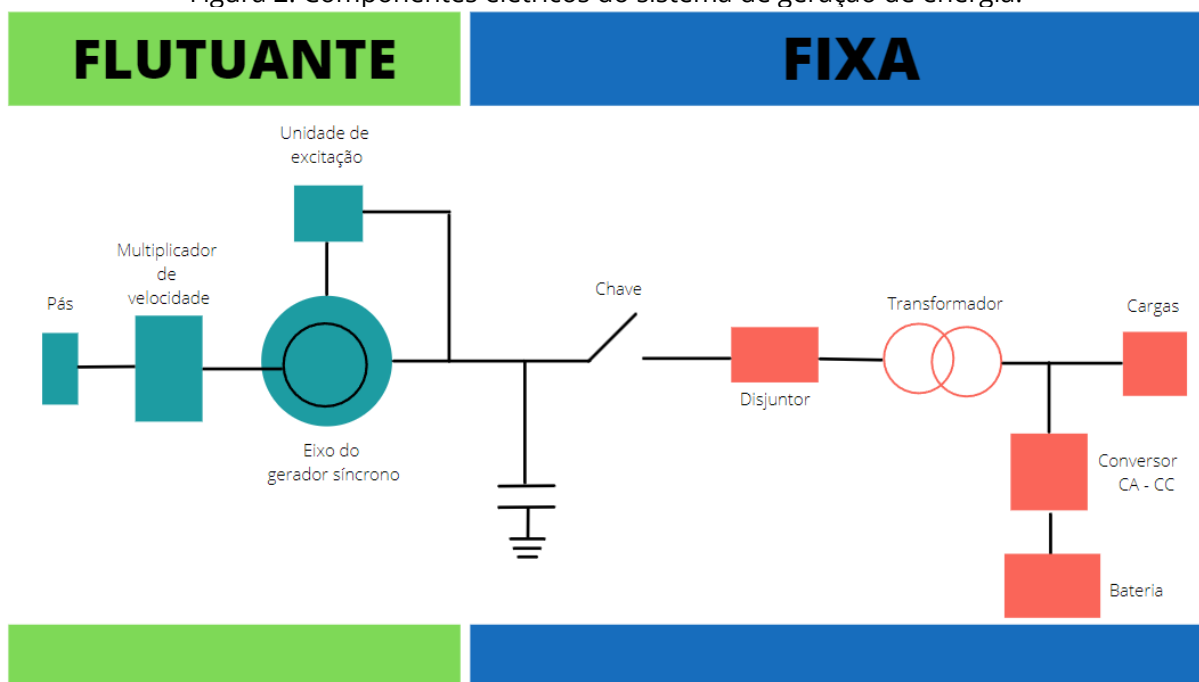
Uma família em média necessita de uma energia elétrica mensal de aproximadamente 152 kWh para manter as necessidades básicas. A partir deste dado inicial, deu-se início à concepção do projeto, o qual está ilustrado na Figura 1. O esquema do projeto está apresentado na Figura 2, com equipamentos localizados tanto na parte flutuante quanto na parte fixa (solo).

Figura 1: Imagem ilustrativa do projeto.



Fonte: Autores.

Figura 2: Componentes elétricos do sistema de geração de energia.



Fonte: Autores.

Como observado na Figura 2, os componentes em azul turquesa são ligados entre si para a transmissão de energia mecânica. As pás, o multiplicador de velocidade e o eixo do gerador síncrono que possui 4 polos com 60 Hz com 1800 rpm funcionam com o fluxo de água, que gira as pás conectadas ao multiplicador de velocidade que transforma de 1:40 rotações que é recebida pelo eixo do gerador, seguindo para a próxima conexão, onde transforma a energia mecânica em energia elétrica pelo gerador conectado à unidade de excitação que é responsável pelo controle de campo do gerador. Após esta parte, os componentes não transmitem mais energia mecânica e sim energia elétrica, que é conduzida por condutores

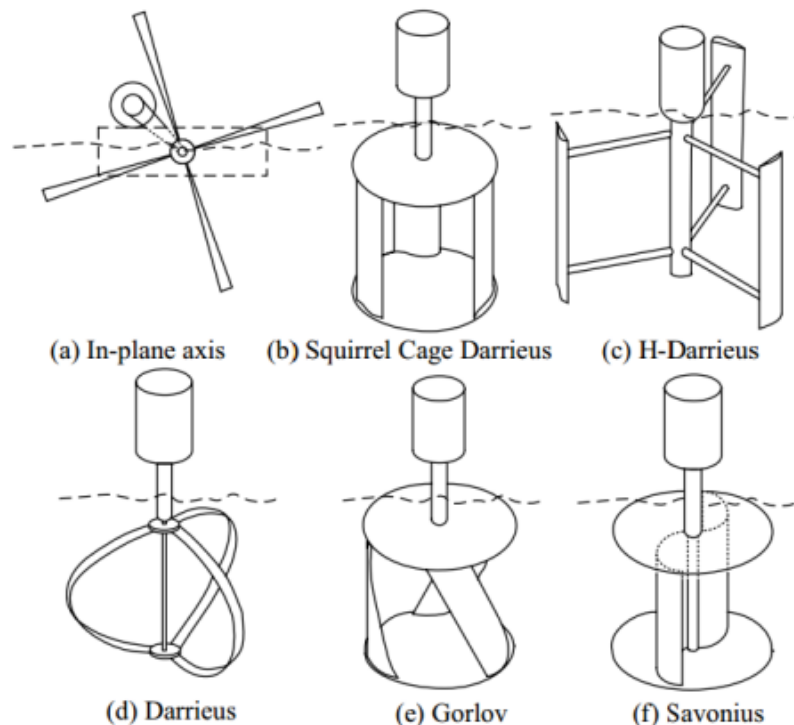
elétricos; os dispositivos não se encontram mais na parte flutuante do equipamento e sim em um local fixo onde se conectarão a uma rede de distribuição. A chave, como dispositivo de seccionamento, garante que, a qualquer momento, pode-se desconectar o equipamento; ela está junto ao disjuntor que, automaticamente, pode interromper o fluxo de energia caso haja um curto-circuito, com o objetivo de preservar o equipamento ligado à rede e a segurança das pessoas. Ligado a ele há um transformador, que adequará o nível de tensão do gerador para o valor utilizado nas residências. Para manter uma energia de reserva para ser usado quando necessário, há um conjunto de bateria, que é alimentada por um conversor, que transforma a corrente alternada em corrente contínua e vice versa, e por fim passa para uma mini rede de distribuição, que dependendo do fluxo da corrente de água e a quantidade de energia a ser utilizada pelos moradores poderia ser distribuída para mais de uma casa.

### 3.1. Classificação Turbinas

As turbinas hidrocínéticas podem ser classificadas segundo o alinhamento do seu eixo em função do escoamento (SILVA, 2014): eixo horizontal, que possuem seu eixo paralelo ao escoamento de água, e fluxo cruzado, que possuem seu eixo ortogonal ao fluxo de água.

As turbinas de fluxo cruzado podem ser divididas em dois, eixo em plano e eixo vertical, como na Figura 3. As turbinas em plano são movimentadas pelo arrasto das pás, e são conhecidas como rodas d'água (Figura 3a).

Figura 3: Turbinas de fluxo cruzado.



Fonte: KHAN et al., 2006.

### 3.2. Turbinas

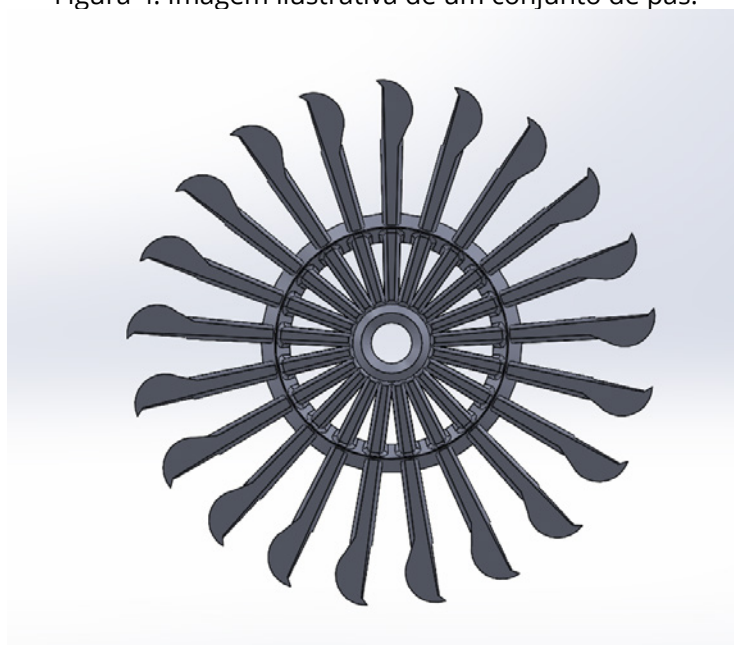
Ao observar os tipos de turbina apresentados para a produção de energia

hidráulica, obteve diversos modelos a serem estudados, sendo eles: Francis, Deriaz e Kaplan.

Todas estas turbinas possuem desvantagens em comum para serem colocadas neste projeto, como a necessidade de uma queda de no mínimo 10 metros de altura com tubos que direcionam a água diretamente para as pás, para funcionar, o que torna inviável pois o objetivo é gerar energia em locais sem grandes quedas d'água. Visando o menor impacto ao meio ambiente, deve-se evitar a construção de hidrelétricas, logo estas alternativas não podem ser utilizadas.

Desta forma, optou-se por não utilizar tubos direcionais que, além de modificar a paisagem, dificultaria a manutenção do equipamento. Assim, escolheu-se a roda com pás que fica parcialmente na água, visto ser menos complexo e de mais fácil manutenção. Optou-se por uma roda simples com pás na extremidade, como ilustrado na Figura 4, que possui 21 pás, conectadas uma à outra com diferença de  $17,5^\circ$  cada, e um diâmetro de 130 cm, com o espaçamento para contato da água de  $0,0225\text{m}^3$ . Foi projetado um conjunto de 6 rodas móveis que são conectadas por um tubo central que permite dividir o equipamento e retirar as peças defeituosas e repô-las por novas, facilitando a manutenção.

Figura 4: Imagem ilustrativa de um conjunto de pás.

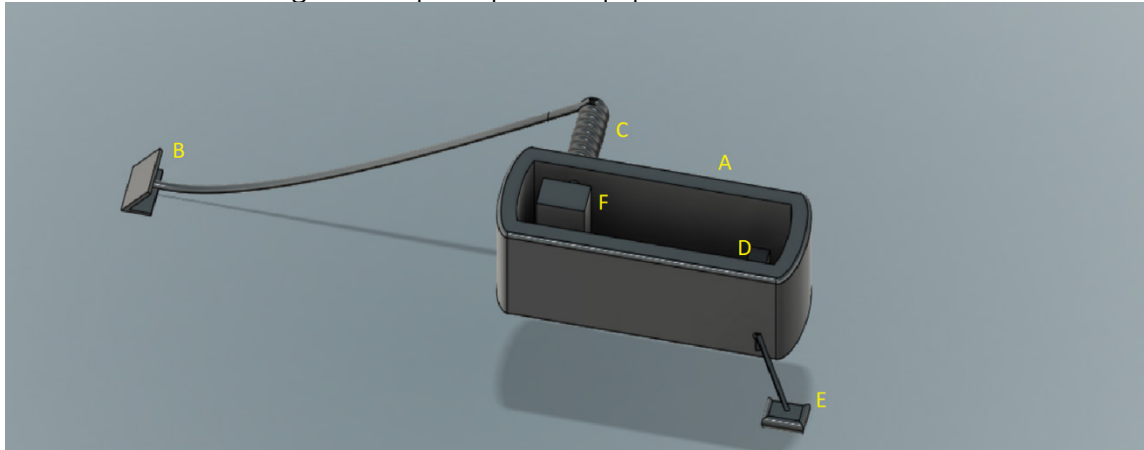


Fonte: Autores.

### 3.3. Fixação do sistema

Por causa do intenso ciclo hidrológico da Amazônia, o equipamento precisa acompanhar o nível de água no local, para evitar que ele seja submerso, então optou-se por não fixar em uma altura pré determinada, logo o equipamento fica em cima de boias como na letra A na Figura 5, que são fixadas ao leito do rio por meio de ganchos apresentado sendo letra B como forma menos invasiva e que não prejudicam o meio ambiente.

Figura 5: Suporte para o equipamento eletrônico.



Fonte: Autores

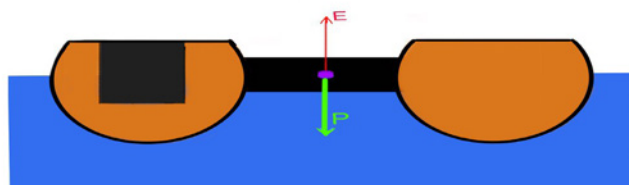
Como observado na Figura 5, utilizou-se grampos presos ao fundo do rio que são conectados por cabos sendo letra C podendo elas serem removidos e realocados. Os cabos são fixados na outra extremidade a um motor sendo letra F que por meio do esp32 como letra D e do sensor para medir a altura da água como letra E. O esp32 é um microcontrolador semelhante ao Arduino, que neste caso liga-se ao sensor de nível de água utilizando uma boia de nível sendo letra E que faz com que soltem à medida que o volume de água aumenta e diminui quando a água reduz, mantendo estabilidade na altura do equipamento.

### 3.4. Flutuadores

Com objetivo de manter o equipamento flutuando sobre a água, projetou-se acoplá-lo à flutuadores, a ser instalado na lateral do equipamento para mantê-lo boiando, mantendo o dispositivo no mesmo nível.

Quando o equipamento flutua, ele está sujeito a um conjunto de forças (RAMALHO,2007); pode-se citar a força peso e o empuxo, que possuem o mesmo módulo e sentidos diferentes (Figura 6). Para estabilizar o flutuante, a força peso é aplicado no centro de gravidade, e o empuxo no centro do empuxo, mantendo o centro de gravidade abaixo do centro de empuxo.

Figura 6: Forças aplicadas.



Fonte: Autores.

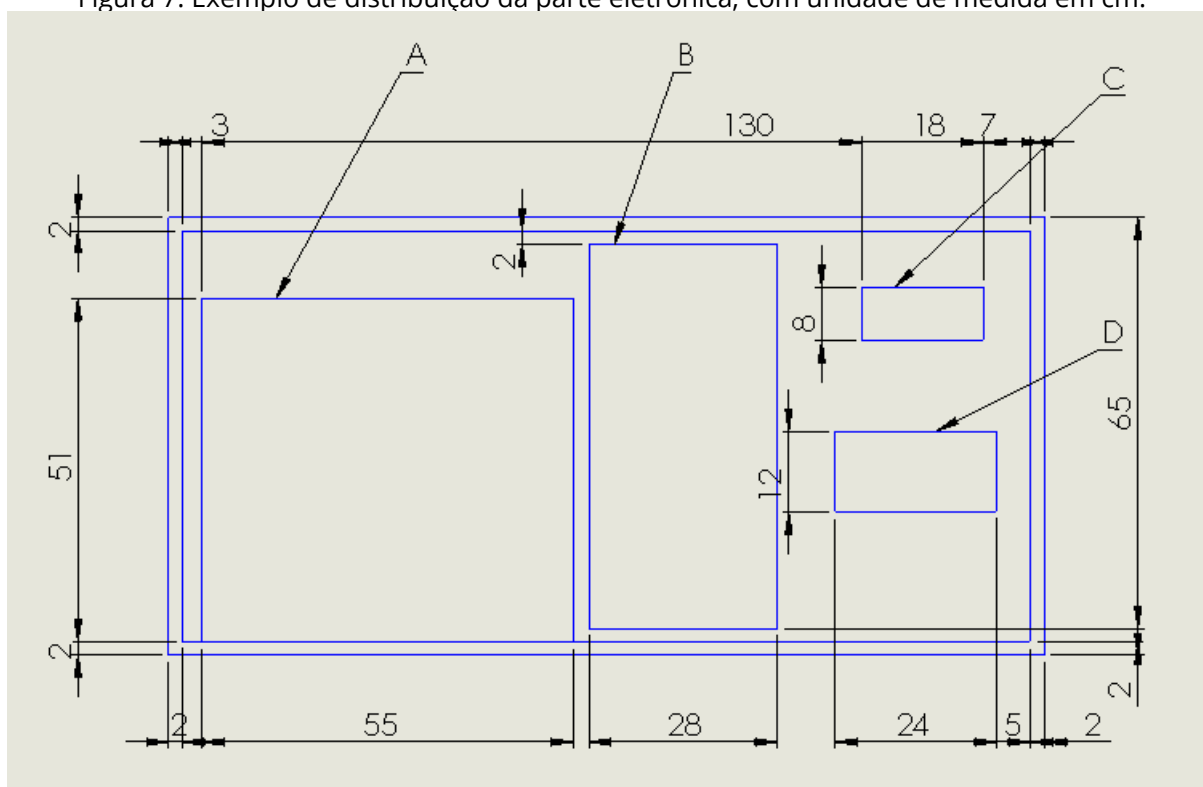
Como o centro de gravidade do corpo localiza-se no centro de aplicação do seu peso, para manter o seu equilíbrio deve deslocar o seu centro gravitacional mais para baixo. Assim, parte do equipamento elétrico será colocado dentro de um dos flutuadores, mantendo o centro de gravidade abaixo do centro de empuxo para manter o equilíbrio do equipamento.

### 3.5. Proteção do sistema elétrico contra a água

Por se tratar de eletricidade, um importante passo a se seguir para a segurança é garantir que ele esteja protegido contra a água. Desta forma, sua parte elétrica é colocada em um recipiente completamente à prova de água podendo ser formado por um plástico resistente e para melhor manuseio esta caixa é removível, podendo ser retirada do equipamento principal e ser levado a qualquer lugar, tornando a sua manutenção mais fácil.

Para melhor compreensão do tamanho do equipamento, a Figura 7 como forma de visualizar como o projeto se dividiria para acoplar o gerador síncrono indicado como letra A, a caixa multiplicadora de velocidade como letra B, o esp32 a letra C e o motor para regular a altura do equipamento sendo letra D. Foram diagramados para uma noção breve do tamanho que necessitara. Sendo assim, em caso de acidentes, mesmo que o equipamento seja completamente submerso, ele não causaria risco à população local.

Figura 7: Exemplo de distribuição da parte eletrônica, com unidade de medida em cm.



Fonte: Autores

### 3.6. Segurança

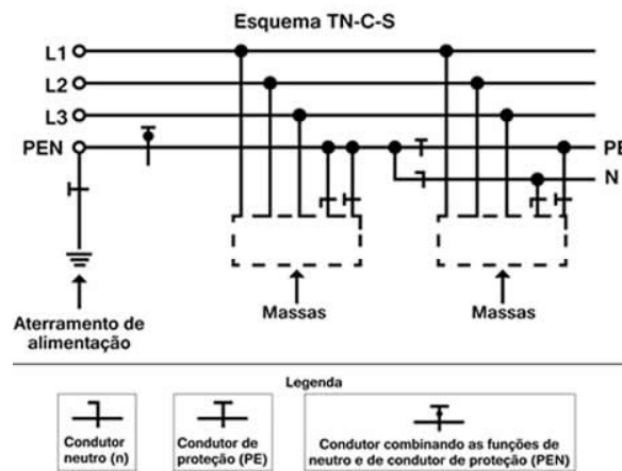
Grades. O equipamento é rodeado por uma grade de barras chata de aço carbono, por ser um material versátil que se adere a formatos complexos. Este material é revestido por uma pintura levando em conta os níveis de Ph, a temperatura e a



velocidade do fluxo de água, com o intuito de controlar o comportamento do aço em frente a corrosão, assim evitando a manutenção corretiva do equipamento. O uso deste meio de proteção serve contra o contato de pessoas e animais com as pás. As grandes permitem o fluxo de água, mas impede o contato de terceiros. esp32. O esp32 também serve como meio de segurança pois envia diariamente dados do equipamento e, por possuir uma câmera, é possível observar o funcionamento mesmo não estando presente, facilitando o monitoramento do equipamento pelo técnico.

Aterramento. Utilizando as normas da ABNT NBR 5410:2004 subsecção 4.2.2.2.1, recomenda-se a adoção de aterramento do tipo TN-C-S (Figura 8).

Figura 8: Esquema de aterramento proposto.



Fonte: <https://www.cursor10.com/aterramento-tn/>

Por se tratar de um equipamento que vai acima da água, optou-se por um ponto diretamente aterrado, com massas ligadas ao ponto de alimentação aterrado, e as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor. O ponto de aterramento seria na parte fixa no solo.

#### 4 RESULTADOS

Para o cálculo inicial, supondo que se necessita de aproximadamente 152,2 kWh de energia elétrica para alimentar uma unidade consumidora residencial por mês, com um número limitado de equipamentos elétricos, pode-se definir o tamanho das pás utilizando a Equação 1.

$$p = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p n$$

$$A = \frac{2P}{nC_p \rho v^3}$$

(1)

Sendo: p = potência [W]; ρ = densidade da água [kg/m<sup>3</sup>], v = velocidade de escoamento [m/s], C<sub>p</sub> = coeficiente de potência, n = rendimento do conjunto, A = área da pá [m<sup>2</sup>].

Utilizando a densidade da água de  $997 \text{ kg/m}^3$  a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , com uma correnteza de aproximadamente  $1,5 \text{ m/s}$ , como o coeficiente de potência é um fator teórico, foi adotado o coeficiente de Betz máximo de  $0,59$ , e uma eficiência de aproximadamente  $70\%$ , assim é possível determinar a área da pá.

$$A = 0,219 \text{ m}^3$$

Como em cada roda 8 pás estão em contato perpendicular com a água e que para manter a forma reduzida se utilizará 6 rodas, a área de cada pá deve ser de

$$A = 4,56 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Como se escolheu a forma de semicírculo para as pás, usa-se a Equação 2 para encontrar a área de contato.

$$A = \pi R \cdot c$$

$$R = \frac{A}{\pi c} \quad (2)$$

Sendo:  $A$  = área varrida pela pá [ $\text{m}^2$ ],  $R$  = raio da pá [ $\text{m}$ ],  $c$  = comprimento da pá [ $\text{m}$ ].

Considerando o comprimento da pá como sendo de  $0,2 \text{ m}$  para que seja mantido em forma reduzida, logo o raio obtido é:

$$R = 7,263 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Considerou-se que a velocidade linear mínima do rio será de  $1,5 \text{ m/s}$  e o raio da roda d'água de  $0,65 \text{ m}$ . Utilizando a Equação 3 obtém a velocidade angular.

$$w = \frac{v}{r} = \frac{1,5}{0,65} = 2,3077 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (3)$$

Sendo:  $w$  = velocidade angular [ $\text{rad/s}$ ] -  $v$  = velocidade linear [ $\text{m/s}$ ] -  $r$  = raio [ $\text{m}$ ].

Transformando a velocidade angular em rpm obtém-se  $22,0369 \text{ rpm}$ . Usando o multiplicador de velocidade de  $1:40$ , a quantidade de movimento que chega ao eixo do gerador (eg) é obtido pela Equação 4.

$$E_g = 2,3077 \cdot 40 = 881,476 \text{ rpm} \quad (4)$$

Após a obtenção dos cálculos é possível utilizar um conjunto de equipamentos próximo ao valor obtido para facilitar a obtenção do equipamento e diminuir o custo do projeto levando em conta os dados obtidos.

## 5 CONCLUSÃO

Por fim conclui-se que a ideia do Projeto Biofluxo, se aplicada corretamente, poderia ser uma alternativa para a geração de energia elétrica para populações isoladas próximas de corrente d'água. Por ser de porte pequeno e de fácil manuseio, instalação e manutenção, a solução proposta seria de baixo custo, facilitando a disseminação na região amazônica. O presente artigo apresenta a concepção do projeto e os cálculos teóricos. Como atividades futuras, deverão ser realizadas simulações computacionais e montagem de protótipo para teste.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, MARCOS AURÉLIO DE. Prospecção de parques hidrocínéticos comparação entre projetos preliminares nos rios Iguaçu e Paraná. Engenharia de energia – UNILA. 2016.
- DA SILVA, R. T.; DE CARVALHO, H. B. A indução eletromagnética: análise conceitual e fenomenológica. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2012, 34: 1-6.
- ERICKSON, WP; WOLFE, MM; BAY, KJ; JOHNSON, DH; GEHRING, JL. A Comprehensive Analysis of Small-Passerine Fatalities from Collision with Turbines at Wind Energy Facilities. PLOS ONE 9(9): e107491. 2014. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107491>
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional. Relatório Síntese. 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf)
- FARIA, ALEX RODRIGO DE OLIVEIRA. Projeto de uma turbina hidrocínética de fluxo axial e eixo horizontal para geração de baixas potências. Engenharia Mecânica – UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.
- FRANCA, RAFAEL RODRIGUES; MENDONÇA, FRANCISCO DE ASSIS. A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais», Confins Online, 29, 2016. Disponível em <http://journals.openedition.org/confins/11580>
- ISHIKAWA, Alexander Kataoka. Análise do desempenho de flutuadores com diferentes geometrias para otimização de um conversor de energia das ondas. Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.
- KHAN, M. J.; IQBAL, M.; QUAICOE, J. A technology review and simulation based performance analysis of river current turbine systems. Electrical and Computer Engineering, 2006. CCECE '06. Canadian Conference on, p. 2288–2293, 2006.
- RAMALHO, FRANCISCO JUNIOR; GILBERTO, NICOLAU FERRARO; SOARES PAULO ANTÔNIO DE TOLEDO. Os fundamentos da Física ,volume 1, Editora Moderna, 9ª edição, 2007.
- SILVA, PAULO AUGUSTO STROBEL FREITAS. Estudo numérico de turbinas hidrocínéticas de eixo horizontal. Ciências mecânicas – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2014.
- UNITED NATIONS. The Sustainable Development Goals Report 2020. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>



## 05. Formação/perfil profissional e mercado de trabalho