



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

Pós-graduação em Design de Produto

Caio Marques Dell'Orto

Salvador - BA

2018

Caio Marques Dell'Orto

**ESTRUTURA FUNCIONAL DE UM HIDRO GERADOR DE ENERGIA
MAREMOTRIZ PARA COMUNIDADE INTENCIONAL
AUTOSSUSTENTÁVEL ALDEIA TURI**

Artigo Científico apresentada ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Design de Produto da Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, como requisito parcial a obtenção do título de especialista.

Prof.^a Orientador: Marcus Mendes

Organização das Nações Unidas (ONU)

Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável

Objetivo Nº 7

“Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos”

ESTRUTURA FUNCIONAL DE UM HIDRO GERADOR DE ENERGIA MAREMOTRIZ PARA COMUNIDADE INTENCIONAL AUTOSSUSTENTÁVEL ALDEIA TURI

Resumo: Este trabalho tem como objetivo desenvolver um equipamento alternativo (hidro gerador) ambientalmente sustentável, capaz de gerar energia elétrica a base de um Sistema Maremotriz para aproveitar o potencial das correntes provocadas pelas variações de marés presentes nos canais de estuário do entorno da ilha do Aracary, onde localiza-se a Aldeia Turi, comunidade intencional autossustentável e sede do Instituto de Pesquisas Ambientais e Humanidades (IPAH). O modelo metodológico utilizado como base para este estudo foi o descrito por Rozenfeld *et al* (2006) ^[1] e partiu da análise geográfica do local, das pesquisas sobre as fontes potenciais de geração de energia limpa disponíveis e seus métodos de geração/transformação e da análise dos requisitos e restrições do projeto. Como resultado, identificou-se que o local onde está situado a sede do IPAH apresenta boas perspectivas para a instalação de um equipamento hidro gerador de energia maremotriz e definiu-se as estratégias para a estruturação do produto, optando-se pela elaboração de uma proposta para o desenvolvimento de um Produto Conceitual – Protótipo de um Hidro Gerador de Energia Maremotriz – que será utilizado para uma produção diária de 2.000 W/h, suficiente para atender a demanda energética da casa sede da Aldeia Turi. O equipamento a ser desenvolvido deverá ter um custo acessível, ser fabricado e montado com facilidade, ter manutenção simples e de baixo custo, e ser ambientalmente sustentável, de forma a atender as necessidades do IPAH na promoção de novas tecnologias sociais que ofereçam soluções sustentáveis de baixo custo.

Palavras-Chaves: Energia limpa; energia maremotriz; hidro gerador; produto conceitual; soluções sustentáveis;

FUNCTIONAL STRUCTURE OF A TIDAL POWER HYDRO GENERATOR FOR SELF-SUSTAINING INTENTIONAL COMMUNITY ALDEIA TURI

Abstract: The present work aims to develop an environmentally sustainable alternative equipment (a hidro generator), capable of generating electric energy from a tidal system, by making use of the water streams caused by the tidal variation in the estuary channels around Aracary island, where Aldeia Turi, IPAH Institute's self-sustaining intentional community and head office, is located . The methodological model used as groundwork for this study was described by Rozelfeld *et al* (2006) [1] and came from the geographical analysis of the site, as well as from researches concerning the potential sources and methods of generating clean energy and from the analysis of the project's requirements and limitations. As a result, it was identified that the site where IPAH's head office is located presents good prospects for the installation of a hidro electric power generator functioning on a tidal wave source, and strategies about structuring the product were drawn, from which it was chosen to elaborate a proposition that intends to develop a conceptual product – a tidal wave energy power generator prototype – that will be used for the daily output of 2.000 W/h, power enough to attend IPAH's needs on promoting new social technologies that offer low cost sustainable solutions.

Keywords: Clean energy; tidal energy; hydro generator; conceptual product; sustainable solution;

1 INTRODUÇÃO

A Aldeia Turi, comunidade intencional autossustentável do Instituto de Pesquisas Ambientais e Humanidades (IPAH) está localizada na Ilha do Aracary na região do baixo sul da Bahia, município de Igrapiúna, num braço do rio Serinhaém que deságua no mar da Baía de Camamu, com acesso náutico principal através da cidade de Ituberá.

O IPAH é uma associação horizontal sem fins lucrativos de carácter educativo, ambiental e cultural, científico, social e auto gestor. Integrado por profissionais de diversas especialidades, o Instituto foi criado para desenvolver pesquisas e projetos buscando experimentar novos modelos socioeconômicos sustentáveis de inclusão e isonomia social, através de comunidades sustentáveis, escolas, centros de pesquisa, laboratórios e pontos de cultura. Dentre os benefícios sociais específicos do Instituto, está não somente possibilitar aos associados interessados o acesso à infraestrutura mínima (moradia, fontes de energia, saneamento ambiental, espaços coletivos de lazer, educação e labor) que permita realizar a transição (urbano-rural) e o desenvolvimento dos projetos, mas também possibilitar o acesso das comunidades do entorno às tecnologias sociais que ofereçam soluções sustentáveis de baixo custo.

O carácter de desenvolvimento de pesquisas do IPAH está expresso nas finalidades do seu estatuto (Art. 5º) em especial nos parágrafos:

V – Pesquisar, desenvolver, promover e compartilhar tecnologias ambientalmente sustentáveis, na forma de técnicas agroflorestais, bioconstrução, permacultura, aquaponia, entre outras;

XII - Desenvolver, promover e aplicar tecnologias *opensource*, buscando a produção de excelência e o repúdio às práticas de obsolescência programada ou engenharia de disfunção programada;

Atualmente a Aldeia Turi não tem acesso a rede de energia elétrica. Suas duas unidades habitacionais construídas são supridas, principalmente, por sistema de energia solar e, ocasionalmente, por gerador a gasolina. O sistema em que é utilizada a energia solar fotovoltaica^[2], embora seja uma energia limpa, renovável e apresente um baixo impacto ambiental, tem entre as suas desvantagens a não conversão de energia a noite e o comprometimento da produção de energia em dias de chuva e/ou nublados. Para suprir essa inconstância existe a necessidade de grandes baterias para armazenagem que tem um alto custo financeiro e ambiental.

A previsão para os próximos 12 meses é a construção de mais três unidades habitacionais e um espaço de convívio coletivo na Aldeia, o que aumentará a demanda energética. Assim, o desafio para atender as futuras demandas é identificar alternativas de energias de fontes renováveis que sejam autossustentáveis e que não gerem impactos significativos no meio ambiente, seja através do esgotamento de recursos ou pela emissão de gases na atmosfera. As energias renováveis^[3] são definidas como toda energia proveniente de fontes naturais que podem se renovar, não se esgotam e não causam poluição pela emissão de substâncias. São chamadas de energias limpas e incluem: solar, eólica, geotérmica, hidráulica e maremotriz. Entretanto, todos os sistemas de produção de energia elétrica limpa apresentam vantagens e desvantagens.

Na geração de energia por maremotriz, a origem desta fonte e suas formas de geração são: pelas correntes marítimas, pelas ondas e pelas marés. Na Ilha do

Aracary a geração de energia maremotriz poderá se dar em função da velocidade de corrente provocada pelas marés nos estuários, que embora seja relativamente baixa (abaixo de 2,0 m/s no canal de estuário da face sul da ilha do Aracary, segundo dados obtidos em campo), apresenta constância e previsibilidade. Tendo em vista que a velocidade pode ser facilmente multiplicada com a utilização de polias e/ou engrenagens^[4], a constância e a previsibilidade das correntes das marés podem ser consideradas positivamente na utilização desse sistema para complementar a demanda futura de energia elétrica na ilha do Aracary.

Nas pesquisas realizadas na internet e em empresas de equipamentos de geração de energia alternativa não foram identificados equipamentos disponíveis no mercado que utilizem as correntes de canais de estuários para atender o consumo individual em residências. Dessa forma, para aproveitar esse potencial, propõe-se desenvolver um equipamento alternativo (hidro gerador), de baixo custo e ambientalmente sustentável capaz de gerar energia elétrica aproveitando as correntes de marés nos canais de estuários do entorno da ilha do Aracary.

Em termos de grau de maturidade da solução, o hidro gerador é um protótipo conceitual, composto basicamente por um casco flutuante hermético, rotor que transforma a energia cinética de um fluxo de água em energia mecânica na forma de torque e velocidade de rotação, conjunto de polias e correias para multiplicar a velocidade do eixo do rotor para o eixo do gerador, gerador para transformar a energia mecânica em energia elétrica e componentes elétricos de controle e armazenamento de energia.

1.1 Sistema Maremotriz

No sistema maremotriz a energia elétrica é produzida a partir da energia cinética e potencial das marés^[5]. A energia proveniente das marés é obtida, principalmente, pelo aproveitamento das variações das energias potencial ou cinética, produzidas por ciclos diários ocorridos a cada 12 h e 25 min na maior parte do globo. Estes ciclos determinam um nível do mar baixo e outro alto, chamado respectivamente de baixa-mar e preamar. O movimento das águas movimentam a turbina ligada a um gerador que transforma esse movimento em energia^[6].

O primeiro grande projeto para a geração de eletricidade através das marés foi realizado em 1967^[7] com a construção de uma barragem de 710 m de comprimento no Rio Rance, aproveitando o potencial energético das marés. Entretanto, é importante destacar que poucas localidades apresentam características propícias para a obtenção desse tipo de energia, pois a amplitude de marés deve ser superior a 7 metros. Além disso, tem baixo aproveitamento energético e exige altos investimentos.

Ao redor do mundo, aproximadamente 3 TW de potência são disponibilizados pelas marés^[8], entretanto, devido à dispersão de energia em mar aberto, poucos locais possuem alturas de marés adequadas ao aproveitamento energético. Estima-se que somente 2% a 10% podem ser convertidos em energia. Os principais parâmetros para o aproveitamento da energia das marés são alturas de maré em locais favoráveis aos trabalhos de engenharia e proximidade do mercado consumidor de eletricidade^[9].

A Zona Costeira brasileira está geograficamente situada com seu limite ao norte no Cabo Orange, no Amapá e ao sul na Barra do Chuí, no Rio Grande do Sul^[10]. No Brasil existem possibilidades de aproveitamento eletromaremotriz no Amapá, Pará e Maranhão, onde são observadas as maiores amplitudes de maré em território

nacional ^[11]. A classificação proposta ^[12] avalia os efeitos induzidos pela maré em um estuário. Devido à sua amplitude, a ocorrência de marés nas regiões brasileiras pode ser definida como: macromaré (> 6 m), na região norte (AP, PA e MA); mesomaré (2 a 4 m), na região Nordeste (excetuando o MA); e micromaré (< 2 m), na região sudeste e sul. As marés possuem a mesma periodicidade das oscilações verticais e em canais restritos o seu sentido varia de acordo com a maré, em um sentido na vazante e no outro na enchente. Já em locais mais amplos, como grandes bacias ou estuários ou ainda em mar aberto, a força de Corioli faz com que as correntes mudem constantemente de direção ^[13].

Quando ocorre algum afunilamento no fluxo d'água ao longo de sua passagem, a velocidade da corrente tende a aumentar nesta região, podendo tornar o local especialmente atraente em termos de geração de energia maremotriz. Dessa forma, o estudo da variação do nível de maré e a trajetória de seu fluxo indica se o local é adequado ou não para instalação de um dispositivo de aproveitamento de energia de maré.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um equipamento alternativo (hidro gerador) ambientalmente sustentável capaz de gerar energia elétrica a base de um Sistema Maremotriz para aproveitar o potencial das correntes provocadas pelas variações de marés presentes nos canais de estuário do entorno da ilha do Aracary, onde localiza-se a Aldeia Turi, comunidade intencional autossustentável e sede do Instituto de Pesquisas Ambientais e Humanidades (IPAH).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada se baseou no modelo ^[1], que divide o processo de *design* em quatro fases: fase de preparação, fase de geração, fase de avaliação e fase de realização.

Fase de Preparação

O projeto foi iniciado com um *brainstorm* entre o autor e o cliente (pesquisadores do IPAH), quando foram discutidos a filosofia e os objetivos do Instituto - voltados para o desenvolvimento e compartilhamento de tecnologias ambientalmente sustentáveis - as demandas e perspectivas da comunidade da Aldeia Turi e as potencialidades locais. Como resultado da discussão ficou entendida a necessidade da realização de estudos para aproveitar o potencial das correntes provocadas pelas variações de marés presentes nos canais de estuário do entorno da ilha do Aracary para a geração da energia elétrica.

Dando início aos estudos foram realizadas visitas a ilha Aracary para coleta de informações *in loco*, em especial sobre: coordenadas geográficas, clima, ventos, marés e velocidade das correntes nos canais do entorno da ilha do Aracary. Foram também realizadas pesquisas bibliográficas sobre energias alternativas e seus métodos de geração/transformação, dando ênfase na produção de energia por maremotriz, e verificada a disponibilidade comercial de equipamentos que utilizam as correntes de canais de estuários para atender o consumo individual em residências, a exemplo de sistemas que utilizam energia solar e eólica.

Como não foram identificados no mercado nacional equipamentos com as características necessárias para atender a demanda do IPAH, a fase de preparação foi finalizada com pesquisas bibliográficas em busca de informações sobre sistemas construtivos, tecnologias e materiais, necessários para o desenvolvimento de protótipos destes equipamentos.

Fase de Geração

Após a análise de todo o conteúdo foi dado início a fase dois (Fase de Geração) que consistiu na formação de uma equipe de trabalho, composta pelo autor e por integrantes do IPAH com *expertise* nas áreas de engenharia. Foram realizadas reuniões e feitas pesquisas bibliográficas em busca não apenas dos componentes viáveis, mas os de melhor eficiência para o desenvolvimento do equipamento.

A proposta para o desenvolvimento de um Produto Conceitual – Protótipo de um Hidro Gerador de energia Maremotriz foi elaborada, apresentada aos integrantes do IPAH e aprovada. Na reunião de apresentação foram também discutidas as formas de financiamento do projeto, sendo indicada a realização de um *crowdfunding* para a aquisição dos recursos necessários, R\$ 25.000,00 (vinte e cinco mil reais) para a construção e testes de 02 (dois) protótipos, um pioneiro e outro aperfeiçoado.

Convém informar que o desenvolvimento do protótipo pioneiro não foi iniciado, tendo em vista, que a ideia do *crowdfunding* ainda está sendo trabalhada. Dessa forma, o produto deste trabalho foi finalizado nessa etapa com a proposta do produto conceitual.

Sequência do Projeto

O IPAH deverá construir o protótipo em escala real e instalar o equipamento no local selecionado para os testes de desempenho. Para a próxima fase do Projeto (Fase de Avaliação) será designado um morador e pesquisador do IPAH para acompanhar a construção, instalação e avaliação da *performance* por 02 (dois) meses, tempo previsto para as etapas de avaliação e validação.

Os testes de desempenho dos protótipos serão realizados no canal da face sul da ilha do Araçary, nas coordenadas: Lat. 13°46'7.72"S, Long. 39° 5'33.10"W por apresentar características fisiográficas adequadas de profundidade e corrente.

Os dados serão levantados diariamente e anotados em questionários semiabertos. Após o período de dois meses e com os dados em mãos, o desempenho do protótipo será avaliado. Com base nesta avaliação, se necessários, serão indicados os ajustes para o aperfeiçoamento do protótipo. Caso sejam detectados, neste período, falhas de funcionamento que impossibilitem ou prejudiquem o bom desempenho, o equipamento será desinstalado e serão providenciadas soluções para o problema. Cabe ressaltar que por se tratar de um protótipo pioneiro este cronograma poderá ser reavaliado e esta fase estendida, em função das necessidades dos ajustes.

O desenvolvimento deste equipamento perpassa por várias áreas da engenharia, em especial a náutica, elétrica e mecânica. Além do *design* hidrodinâmico do equipamento, o estudo visa também, avaliar os materiais de construção e meios construtivos da estrutura (casco), o dimensionamento e as especificações técnicas, a disponibilidade comercial dos componentes e os custos de fabricação.

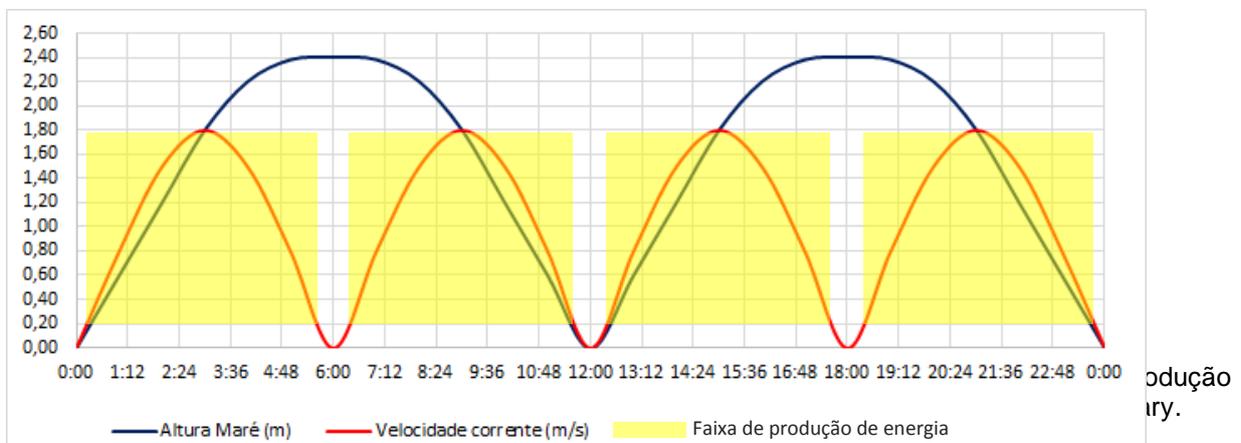
Concluída a fase de avaliação inicial, será construído um novo protótipo aperfeiçoado que deverá passar por período de avaliação de 01 (um) ano. Finalizado este período será concluída a viabilidade técnica, econômica e comercial do Hidro Gerador, finalizando assim o projeto.

Tendo a viabilidade técnica e econômica aprovada, para prevenir a cópia e solicitação da patente por terceiros e possibilitar a abertura desta patente às instituições congêneres, será feito o depósito da patente do equipamento no INPI, para transformá-la numa tecnologia social.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hidro gerador deverá aproveitar o potencial de energia maremotriz de canais de estuários do entorno da ilha do Aracary para atender o consumo individual de residências instaladas em suas margens. No caso da residência sede da Aldeia Turi o primeiro protótipo deverá ter capacidade de produção de energia elétrica diária de 2000 Wh, suficiente para atender a demanda energética da casa com 10 lâmpadas LED de 6 W (6 horas), 01 moldem wifi de internet, 02 notebooks (6 horas), 01 geladeira de 240 L e outros aparelhos elétricos por curtos períodos de tempo como liquidificador, bomba d'água, etc.

A face sul da ilha do Aracary, onde está localizada a Sede do IPAH, apresenta canal de estuários com boas perspectivas para a instalação de um equipamento hidro gerador flutuante para a produção de energia elétrica utilizando a energia maremotriz das correntes de marés. Os dados da variação de correntes na área de testes foram levantados na literatura e em campo com os pesquisadores do IPAH (figura 1).



Fonte: elaborado pelo autor.

4.1 Proposta para elaboração do Protótipo Hidro Gerador – Componentes do Sistema

Para levantar as características dos componentes do sistema do protótipo hidro gerador foram observadas as condicionantes baseadas nos requisitos e nas restrições do IPAH, do ambiente e da legislação ambiental e náutica. Destacam-se como principais condicionantes:

- o rigor do ambiente de estuário (correntes e maresia);

- a corrosão dos equipamentos devido salinidade do meio;
- as incrustações por organismos marinhos (vegetais e animais), especialmente nas partes moveis de força (rotor);
- possibilidade de choques com detritos levados pelas correntes;
- ter baixo peso da estrutura, alta resistência mecânica e durabilidade;
- fabricação simples - sem necessidade de equipamentos e ferramentas especiais;
- flexibilidade construtiva - possibilidade de fabricação com diferentes materiais sem alterações no projeto;
- facilidade de transporte, montagem e instalação;
- manutenção simples e de baixo custo - poder ser executada em campo, sem necessidade de estrutura predial ou equipamentos / mão de obra qualificada, e
- cuidado com a vida marinha com baixo impacto ambiental e visual.

Os componentes do hidro gerador estão divididos em: Componentes Estruturais, Componentes de Força, Componentes Elétricos e Componentes de ancoragem e sinalização ^[4;14;15] (figura 2).

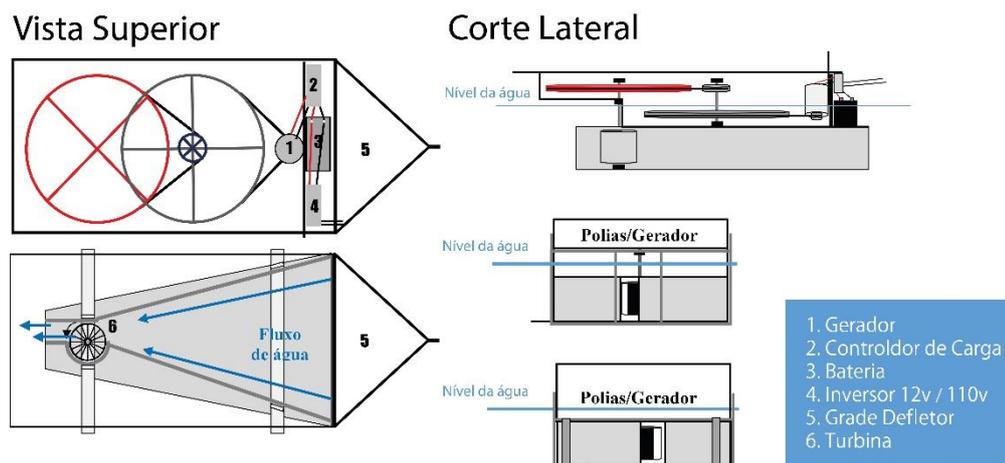


Figura 2. Croqui do protótipo do hidro gerador
Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.1 COMPONENTES ESTRUTURAIS

Cada componente será confeccionado em fibra de vidro e unido com perfis de alumínio e/ou aço inox e parafusos de aço inox.

Casco flutuante – o casco é o invólucro exterior estanque que terá como funções manter a flutuabilidade do dispositivo e de abrigar os equipamentos para geração e controle de energia (gerador, controlador de carga bateria e inversor) e as partes moveis do sistema (polias e correias). A flutuabilidade do hidro gerador permite gerar energia em qualquer ponto da amplitude de maré, ou seja, suspendendo ou baixando conforme a altura do nível da água.

Captador de água submerso – tem como função captar, concentrar e direcionar o fluxo de água para a turbina. Será pintado internamente com tinta específica para evitar incrustações de organismos marinhos, a exemplo de cracas e ostras.

Tampa hermética – Encaixada em cima do casco, tem a função manter a estanqueidade e a flutuabilidade do casco e principalmente, proteger os equipamentos de geração e controle de energia, impedindo a entrada de água de chuva e respingos de água do canal e da insolação.

Grade defletora – a grade defletora será posicionada na frente do captador com a função de evitar a entrada no captador de grandes partículas (restos de vegetação e lixo), carregadas pela corrente para evitar danos e/ou travamento da turbina.

4.1.2 COMPONENTES DE FORÇA

Rotor/Turbina – este será o item que deve receber mais atenção no desenvolvimento do projeto, pois a escolha do tipo ideal de rotor pode resultar em ganhos de eficiência importantes. No primeiro protótipo será utilizado um rotor alertado com pás curvadas para frente, disposto em eixo vertical. Para o desenvolvimento do projeto as especificações técnicas referenciais do rotor/turbina são:

- Matéria-prima – alumínio
- Dimensões – Diâmetro externo: 300 mm; Altura: 200 mm; Comprimento do diâmetro externo: 942,48 mm

Polias e Correias – a indicação das especificações técnicas das polias trapezoidais (polias em “V”) de alumínio e correias irá depender das especificações do rotor selecionado, especialmente do eixo de transmissão de força. No primeiro protótipo serão utilizadas polias com 01 canal, sendo 02 polias com 600 mm de diâmetro (polia do rotor e polia de transmissão inferior), 01 polia de 150 mm de diâmetro (polia de transmissão superior) e 01 polia com 80 mm de diâmetro (polia do gerador). Figura 3.

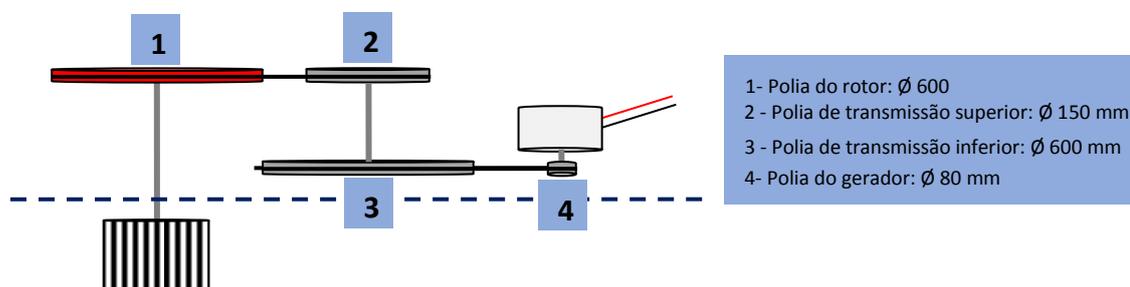


Figura 3 - Representação do sistema de polias e correias do hidro gerador.

Fonte: elaborado pelo autor.

Este conjunto de polias acionados por correias de transmissão trapezoidais de borracha revestida de lona pode multiplicar a rotação em cerca de 30 vezes, calculado pela relação matemática $n1/n2 = D2/D1$.

Onde:

$n1$ é a rotação (rpm) da polia motora (polias 1 e 3)

$n2$ a rotação (rpm) da polia movida (polias 2 e 4)

$D2$ o diâmetro (mm) da polia movida (polias 2 e 4)

$D1$ o diâmetro (mm) da polia motora (polias 1 e 3)

Assim, considerando a velocidade da corrente de 0,5 m/s, o diâmetro externo do rotor de 300 mm e um fator de eficiência de 80%, a Rotação do eixo do rotor e a Rotação do eixo do gerador giraria com uma velocidade de 25 e 750 rpm, respectivamente (tabela 1).

Tabela 1 - Cálculo da rotação estimada do gerador em função da velocidade de corrente.

Velocidade da corrente (m/s)	Rotação do eixo do rotor (rpm)*	Rotação do eixo da transmissão (rpm)**	Rotação do eixo do gerador (rpm)***
1,8	92	368	2.760
1,0	51	204	1530
0,5	25	100	750
0,2	10	40	300

Fonte: elaborado pelo autor

* **Rotação do eixo do rotor (rpm)** = (Velocidade da corrente (0,5 m/s)/Comprimento do diâmetro externo do rotor (0,94 m)) x fator eficiência (80%) x 60

** **Rotação do eixo da transmissão (rpm)** = (Rotação do eixo do rotor (25 rpm) x diâmetro da polia de transmissão inferior (600 mm))/diâmetro da polia de transmissão superior (150 mm)

*** **Rotação do eixo do gerador (rpm)** = (Rotação do eixo da transmissão (100 rpm) x diâmetro da polia de transmissão inferior (600 mm))/diâmetro da polia do gerador (80 mm)

4.1.3 COMPONENTES ELÉTRICOS

Os componentes elétricos têm a função de gerar e controlar a energia a ser enviada para a edificação. O sistema, composto basicamente por equipamentos elétricos, três componentes básicos: gerador, equipamentos de condicionamento de potência (controlador de carga e inversor) e bateria para armazenamento da carga (figura 4).

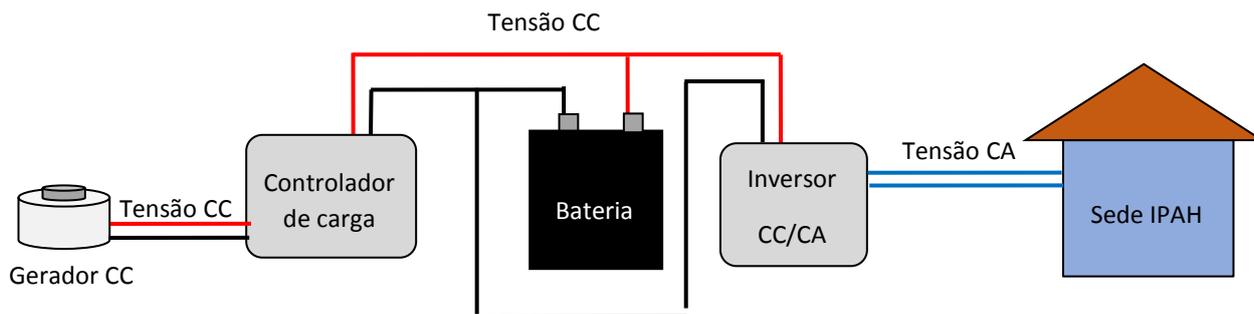


Figura 4 - Representação do sistema elétrico do hidro gerador

Fonte: elaborado pelo autor

Gerador elétrico – o gerador elétrico de corrente contínua 24V (CC) irá converter energia mecânica dos componentes de força em energia elétrica. A energia produzida é diretamente proporcional a variação de velocidade da corrente. Como especificações gerais o gerador deverá apresentar bom desempenho em baixa rotação e uma potência nominal de 1.000 W.

Baseado nos cálculos da rotação do gerador em função da variação da velocidade da corrente identificou-se, a *piori*, um equipamento que atende ao projeto do protótipo, que tem as seguintes especificações:

- Tensões de Saída: 24/36/48/72 Vdc
- Potência Nominal: 1000 W
- Rotação Nominal: 940 RPM
- Torque de Partida: 0,6N.m
- Rotação de Partida: 400 RPM
- À prova d'água: Sim

Controlador de carga – os controladores trabalharam para manter a carga das baterias em níveis seguros, fazendo a gestão tanto das cargas que estão entrando como das cargas que estão saindo da bateria. A geração e energia no hidro gerador varia de acordo com a velocidade da corrente e as baterias não suportam esta variação. O Controlador de carga tem a função de controlar algumas variáveis durante a carga e descarga da bateria.

Bateria – o conjunto de baterias tem como função garantir o fornecimento de energia para o sistema quando não houver produção de energia, nos períodos entre marés. No primeiro protótipo será utilizada uma bateria estacionária do tipo chumbo ácido de 100 ah.

Inversor de tensão – um inversor solar é um equipamento eletrônico que converte a corrente elétrica contínua (CC) em alternada (CA), para que possa ser utilizada pelos aparelhos elétricos (eletrodomésticos, eletroeletrônicos, iluminação, telecomunicação, etc.). O inversor também garante a segurança de todo o sistema, realiza monitoramento, e é responsável pela otimização de energia produzida.

Os inversores autônomos (*off-grid*) não necessitam de tantos requisitos como os de modelos que trabalham conectados à rede. Os modelos mais utilizados variam

de acordo com o tipo de onda CA de saída, com a potência CA da carga e com valores de tensão de entrada CC e saída CA.

Em um primeiro momento, na fase de prototipagem, poderá ser utilizado um inversor com onda senoidal pura, pois embora tenha custo mais elevado, apresenta uma saída de onda CA de melhor qualidade, suprindo qualquer tipo de equipamento que necessite de uma frequência constante e confiável, sendo recomendado para instalações residenciais com potência acima de 2.000 W. A tensão de saída do protótipo deverá ser 220 V/60Hz.

4.1.4 COMPONENTES DE ANCORAGEM E SINALIZAÇÃO

O sistema de sinalização será feito com um sinalizador náutico SMV para atender aos sinais da NORMAM 17 e 27. Já o sistema de ancoragem será feito com poitas de concreto pesando 100 kg posicionados no leito do canal, atado à cabos de nylon, de forma que a entrada do coletor fique sempre apontada para o fluxo da corrente, alternando o posicionamento em 180° de nas correntes de enchente e vazante (figura 5).

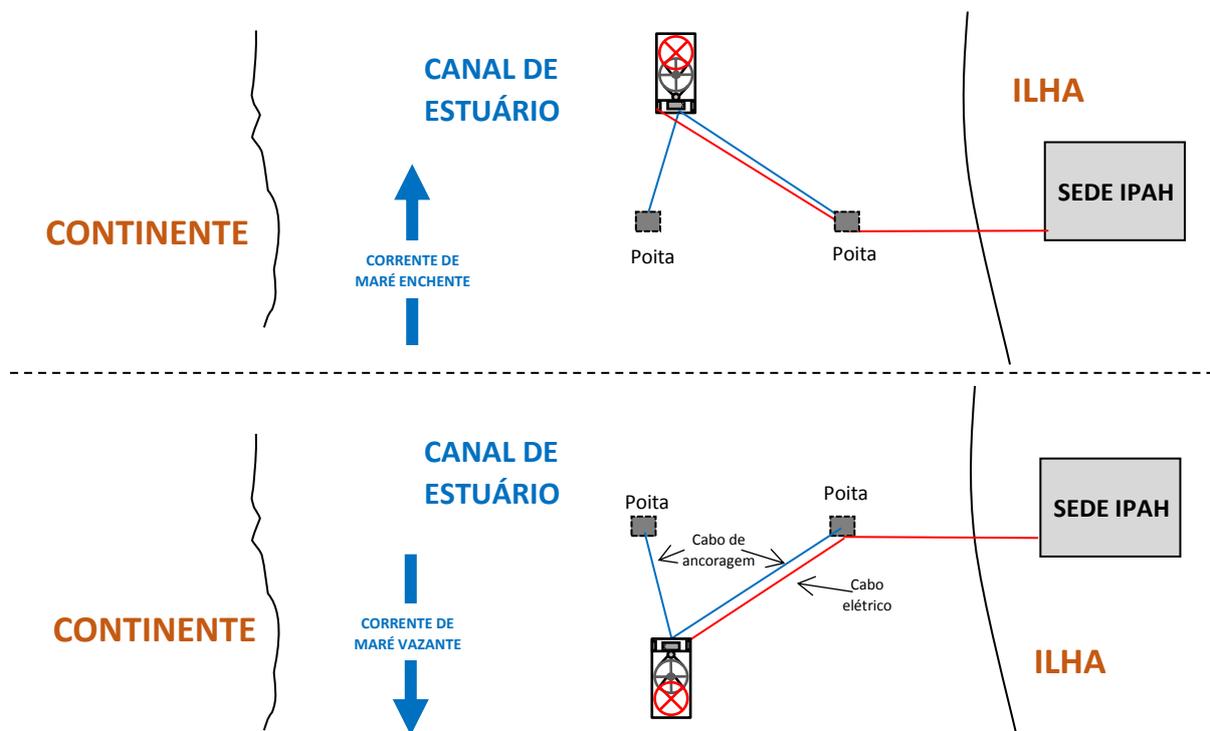


Figura 5. Croqui de posicionamento do protótipo do hidro gerador sob a ação da variação de marés.

Fonte: elaborado pelo autor

5 CONCLUSÕES

- Foi identificado que o local apresenta boas perspectivas para a geração de energia maremotriz. Para isso, foi elaborada uma proposta para o desenvolvimento de um Produto Conceitual, o Protótipo de um Gerador de Energia Maremotriz, utilizando as correntes de marés dos canais de estuário do entorno da ilha do Aracary. O Protótipo será utilizado para uma produção diária de 2.000 W/h, suficiente para atender a demanda energética da casa sede da Aldeia Turi.
- O Protótipo proposto terá um custo entre R\$ 7.000,00 a R\$ 9.000,00, valores de novembro de 2018. O orçamento foi estimado com base nos custos de confecção dos componentes estruturais e de força e aquisição dos componentes elétricos, bem como os custos para ancoragem e sinalização durante os testes de desenvolvimento do sistema.
- O custo estimado do Protótipo é competitivo em relação aos outros sistemas alternativos disponíveis no mercado. O sistema de energia solar instalado na sede da Aldeia Turi, para atender a mesma produção diária de energia de 2.000 W/h, foi orçado em março de 2017 por R\$ 6.615,00.
- O projeto atende as condicionantes colocadas em relação ao *design* e da engenharia, destacam-se: a fabricação simples e a flexibilidade construtiva, pois os componentes encontram-se disponíveis no mercado, sendo possível ampliar a capacidade de produção de energia sem grandes alterações no projeto.
- O Protótipo possui facilidade de transporte, montagem e instalação; manutenção simples e de baixo custo e baixo impacto ambiental e visual.
- A solução desenvolvida atende as finalidades do IPAH de pesquisar, desenvolver, promover e compartilhar tecnologias ambientalmente sustentáveis.

- Essa solução poderá possibilitar o aumento dos membros residentes na aldeia Turi, por facilitar a instalação de novas residências, atendendo a todos os requisitos proposto no projeto principalmente a eficiência de produção de energia e cuidado com o meio ambiente.

6 REFERÊNCIAS

¹ LOBACH, Bernd. **Design industrial:** bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Blucher, 2011.

² PENA, R.A. **Vantagens e desvantagens da energia solar.** Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>> Acesso em: 19 jun. 2018.

³ PENA, R.A. **Fontes Renováveis de Energia.** Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>> Acesso em: 19 jun. 2018.

⁴ SILVA, J.S. **Polias.** Disponível em:<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/polias.htm>> Acesso em: 19 jun. 2018.

⁵ LOTTE, W. R.; TOMCZAK, G.V.; FERNANDES, O. F.; PEREIRA, R.; RICHOCK, B.; BUSNELLO L. D.; MARTINS, F. **A Energia das Marés**, 2008. Universidade Paranaense – UNIPAR. Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgVcMAB/maremotriz>> Acesso em: 20 jun. 2018.

⁶ PONTA, F.L.; JACOVKIS, P.M. Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines. **Renewable Energy.** 2007.

⁷ FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Energia das Marés"; *Brasil Escola.* Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-das-mares.htm>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

⁸ FERREIRA, R. M. Perspectivas da PCH Bacanga movida pela energia das marés. **Revista PCH Notícias & SHP NEWS.** n. 42, 2009.

⁹ CHARLIER, R. H. Sustainable co-generation from the tides: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 7., 2003.

¹⁰ SILVEIRA, J. D. **Morfologia do Litoral**. In: **Azevedo, A. (ed.). Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1964.

¹¹ ELETROBRAS. **Estado-da-arte de projeto e operação em usinas marémotrizes**. Relatório Técnico Sondotécnica S.A., Brasil, 1981.

¹² DAVIES, J. L. A morphogenic approach to world shorelines. **Zeit. F. Geomorph.** v. 8., p. 27-142, 1964.

¹³ SITES GOOGLE. **O que é força Coriolis**. Disponível em:<<https://sites.google.com/site/geografiabatuta/o-que-e-a-forca-de-coriolis>> Acesso em: 20 jun. 2018.

¹⁴ CAUS, T.R.; MICHELS, A. Energia hidrelétrica – eficiência na geração. Disponível em:
[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1380/Caus Tuane Regina.pdf?sequenc e=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1380/Caus_Tuane_Regina.pdf?sequenc e=1). Acesso em 19 jun. 2018.

¹⁵ REGO, P.M.B. de A. **Manual de sinalização náutica**. 2005. Disponível em:
<<https://www.marinha.mil.br/camr/sites/www.marinha.mil.br/camr/files/MANUAL-SN-Vol-1-Aprovado-CT-DHN.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2018.