

Universidade do Estado do Amazonas

Escola Superior de Tecnologia

Curso de Engenharia Naval

Eudes José Coelho Neto

**Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na  
região amazônica**

Manaus

2022

Eudes José Coelho Neto

**Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval da Universidade do Estado do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Jassiel Vladimir Hernández Fontes

Manaus

2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

C672ee Coelho, Eudes José  
Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica / Eudes José Coelho. Manaus : [s.n], 2022.  
74 f.: color.; 7 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Naval - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.

Inclui bibliografia

Orientador: Jassiel Vladmir Hernández Fontes

1. correntezas. 2. energia. 3. flutuantes. 4. Amazônia. I. Jassiel Vladmir Hernández Fontes (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das

**Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463**

Eudes José Coelho Neto

**Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval da Universidade do Estado do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Jassiel Vladmir Hernández Fontes

Aprovado em: 18/10/2022

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Jassiel Vladimir Hernández Fontes  
Orientador  
Universidade do Estado do Amazonas

---

Prof. Dr. José Ramón Hechavarría Pérez  
Avaliador  
Universidade do Estado do Amazonas

---

Prof. Me. Harlysson Wheiny Silva Maia  
Avaliador  
Universidade do Estado do Amazonas

---

Prof. Dr. Milad Shadman  
Avaliador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Dr. Mojtaba Maali Amiri  
Avaliador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos, inicialmente aos meus pais e irmãos, respectivamente, Francisco, Maria, Bia, Duda e Elvis, por terem me dado condições e incentivo para estudar em todos os longos períodos de um curso de engenharia.

Agradecimento ao meu irmão Malone (*in memoriam*), que partiu cedo, mas foi igualmente importante nas decisões da minha vida.

Agradecimento a todos os amigos que fiz durante esses anos de faculdade, além dos que já me acompanham desde antes.

E por fim, mas não menos importante, a todos os excelentes professores do curso de engenharia naval da Universidade do Estado do Amazonas, bem como o antigo coordenador do curso, que além dos ensinamentos passados, se mostraram grandes amigos que devem ser levados para o resto da vida.

*“All we have to do is decide what to do  
with the time that is given to us.”*

TOLKIEN, J.R.R. 1954.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Região correspondente à Bacia Amazônica. (b) Trecho da bacia Amazônica ao redor da cidade de Manaus, no Estado do Amazonas .....	15
Figura 2 – Mapa do Sistema Interligado Nacional Rede de Operação emitido pelo Operador Nacional de Sistema Elétrico (NOS) no ano 2019. ....	16
Figura 3 – Exemplo de um pátio de obras de um estaleiro de grande porte localizado às margens do Rio Negro, no Estado do Amazonas, Brasil. ....	20
Figura 4 – Casco de uma embarcação sendo construído em um pequeno estaleiro localizado às margens do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas.....	21
Figura 5 – Casaria de uma embarcação sendo construída em um estaleiro de pequeno porte localizado as margens do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas.....	22
Figura 6 – (a) Flutuante mercearia situado as margens da cidade de Tefé, no Amazonas. (b) Flutuante de revenda de gás de cozinha . ....	23
Figura 7 – Unidade básica de saúde flutuante encontrada na região norte de Brasil (Manicoré). ....	24
Figura 8 – Posto de combustível flutuante característico da região amazônica. Foto obtida em 31/10/2021 (9:19 h) no Rio Negro, cidade de Manaus, Amazonas.....	25
Figura 9 – Ilustração de “casas flutuantes” na região do rio Tarumã, Manaus, Amazonas. Imagem obtida no 09/07/2022 (9:32 horas). ....	26
Figura 10 – Embarcação Fábrica de Açaí.....	26
Figura 11 – Laboratório Satélite Mamirauá. ....	27
Figura 12 – Balsa “butaneira” em Santarém, Pará. ....	28
Figura 13 – Draga amazônica. (a) Vista da popa da draga. (b) Perfil Longitudinal da draga. (c) Vista da parte frontal da draga. (d) Lança da draga.....	29
Figura 14. Capacidade de obtenção de energia instalado nos países membros da OES. ....	32
Figura 15 – Componentes principais de uma turbina hidrocínética THC. (a) Pás. (b) Hub. (c) Eixo do rotor. (d) Acoplamento 1. (e) Eixo de Entrada. (f) Caixa multiplicadora. (g) Eixo de saída. (h) Acoplamento 2. (i) Freio. (j) Gerador.....	33
Figura 16 – Classificação das turbinas hidrocínéticas.....	33
Figura 17 – (a) Instalação Hidrocínética <i>SeaGen</i> . Composta de duas turbinas com total de 1,2 MWh instalada para aproveitamento de correntes marítimas na Irlanda do Norte (julho de 2008). (b) Turbina hidrocínética da Verdant Power Inc de 100 kWh sendo instalada no <i>East River</i> em	

New York (dezembro de 2006). (c) Turbina hidrocínética da Hydro Green Energy, LLC. Unidade de 100 kWh sendo instalada em Hasting na Inglaterra (março de 2009). .....	34
Figura 18 – Diferentes arranjos para uma THC. (a) Eixo horizontal, base fixa. (b) Eixo horizontal, gerador submerso. (c) Eixo horizontal, gerador não submerso. (d) Eixo inclinado. (e) Eixo em plano. (f) Eixo vertical, SC – Darrieus. (g) Eixo vertical, H – Darrieus. (h) Eixo vertical, Darrieus. (i) Eixo Vertical, Gorlov. (j) Eixo vertical, Savonious.....	35
Figura 19 – Cata-água desenvolvido por Harwood e Almeida (1981). (a) Cata-água gerando 40W de eletricidade, o suficiente para manter uma lâmpada acesa. (b) Cata água em operação. (c) Vista das pás.....	37
Figura 20 – Turbina em funcionamento na corredeira do Caranã. Fonte: Acervo fotográfico dos projetos Poraquê e Maracastanha. ....	38
Figura 21 – Custo operacional versus tempo de operação diário dos grupos hidrocínético e diesel.....	39
Figura 22 – (a) Isolinhas de velocidade da seção transversal da estação de Óbidos, Rio Amazonas, com vazão de 266897 m <sup>3</sup> /s, em seus maiores fluxos de água. (b) Trecho do Rio Amazonas na cidade de Óbidos.....	41
Figura 23 – Isolinhas de velocidade da seção transversal de alguns rios da região amazônica, em seus maiores fluxos de água. (a) Rio Negro. (b) Rio Trombetas. (c) Rio Madeira. (d) Rio Xingu. ....	41
Figura 24 – Potencial hidrocínético de algumas seções dos rios da bacia amazônica obtido no estudo de Da Silva Cruz et al. (2020). ....	42
Figura 25 – Percentual do potencial hidrocínéticas nos trechos de rios apresentados. ....	44
Figura 26 – (a) Protótipo da tecnologia proposta de sistema flutuante com turbina hidrocínética instalada no canal superior do Ganges, Uttarakhand. (b) Gráfico dos campos de velocidades da turbina VARUN-III obtidos com fluidodinâmica computacional. (c) Resultados das linhas de corrente obtidos com fluidodinâmica computacional. (d) Vista aérea da estrutura flutuante com a turbina em operação no canal. ....	46
Figura 27. Arranjo esquemático da embarcação .....	47
Figura 28: Opções de montagem de turbinas hidrocínéticas. ....	47
Figura 29 – Representação alternativa do arranjo da turbina hidrocínética <i>TidGen</i> . Imagem usada sob a licença <i>Creative Commons</i> CC-BY-NC-ND 4.0 ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/</a> ). ....	48
Figura 30: Pás da turbina <i>TidGen</i> adaptadas ao casco da embarcação flutuante proposta.....	49

Figura 31 – Conceitos de sistemas flutuantes de conversão de energia híbridos. (a) Conversão de energia solar e das ondas. (b) Conversão de energia solar e eólica. ....	50
Figura 32 – Conceito de parque flutuante <i>offshore</i> para conversão de energia solar, eólica e hidrogênio verde. ....	50
Figura 33 – (a) Casco da embarcação com suporte para painéis fotovoltaicos. (b) Exemplo de instalação de painéis solares em estruturas flutuantes. (c) Exemplo de estrutura flutuante com painéis solares. (d) Proposta de instalação de painéis seguindo alternativas da literatura. As figuras (b)-(d) foram usadas sob a licença CC-BY 4.0. ....	51
Figura 34 – (a) Suportes com pás eólicas. (b) Alternativa de uso de microturbinas de vento residenciais. (c) Alternativa de uso de tecnologias de microturbinas recentes baseadas no efeito Magnus. As figuras (b) e (c) foram usadas sob a licença CC-BY 4.0. ....	52
Figura 35 – Sala de máquinas no convés da embarcação proposta. ....	53
Figura 36 – Gade de proteção para evitar colisões com plantas, troncos e objetos flutuantes. ....	54
Figura 37 – Perfil longitudinal a vante da embarcação. ....	54
Figura 38 – Vista frontal da embarcação BE. ....	55
Figura 39 – Desafios técnicos e possíveis barreiras para instalação de uma embarcação coletora de energia das correntezas na região amazônica. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As dez maiores usinas em operação no Brasil.....	35
---	----

## RESUMO

Estruturas flutuantes são amplamente utilizadas na região amazônica para desenvolver diversas atividades, incluindo o abastecimento de combustíveis, serviços de assistência social e saúde, produção de alimentos, atividades de lazer, entre outras. Devido à necessidade de preservar a região e reduzir o consumo de combustíveis fósseis para desenvolver um futuro sustentável, o aproveitamento das energias renováveis utilizando sistemas flutuantes pode ser uma opção viável. A região amazônica possui uma imensa bacia hidrográfica, com vários rios e seus respectivos afluentes, fazendo desta uma área com potencial para aproveitar a energia das correntezas. O presente trabalho discute as possibilidades de se utilizar estruturas navais, do tipo flutuante, para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica. Primeiro, é apresentada uma breve revisão a respeito da construção naval na Amazônia e os sistemas flutuantes típicos da região. Posteriormente, são apresentadas as tecnologias mais comuns para aproveitamento da energia das correntezas. Logo, é apresentado um conceito simplificado de estrutura flutuante regional, discutindo algumas opções para aproveitar energias renováveis. Por fim, o trabalho discorre sobre as barreiras que uma tecnologia do tipo pode apresentar durante a implementação na região amazônica. A pesquisa demonstrou que o aproveitamento da energia das correntezas utilizando diversos tipos de sistemas flutuantes pode ser uma opção para proporcionar energia de baixo consumo em regiões remotas sem acesso à rede elétrica. No entanto, ainda existe necessidade de normativas específicas para implementar esse tipo de tecnologias.

**Palavras-chave:** Correntezas, Energia renovável, Estruturas flutuantes, Amazônia.

## ABSTRACT

Floating structures are widely used in the Amazon region to develop various activities, including fuel supply, social and health care services, food production, leisure activities, among others. Due to the need to preserve the region and reduce the consumption of fossil fuels to develop a sustainable future, the use of renewable energies using floating systems can be a viable option. The Amazon region has an immense hydrographic basin, with several rivers and their respective tributaries, making this an area with potential to take advantage of hydrokinetic energy. The present work discusses the possibilities of employing naval structures, of floating type, to harnessing energy from currents in the Amazon region. First, a brief review of shipbuilding in the Amazon and the typical floating systems of the region is presented. Subsequently, the most common technologies for harnessing energy from currents are presented. Next, it is presented a simplified concept of a regional floating structure, discussing some alternatives for harnessing renewable energies. Finally, the work discusses the barriers that such a technology can offer during implementation in the Amazon region. The research showed that the use of energy from currents using different types of floating systems can be an option to provide low energy consumption in remote regions without access to the electrical network. However, there is still a necessity of specific regulations to implement such type of technologies.

**Keywords:** Currents, Renewable energy, Floating structures, Amazon.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Descrição do problema .....	14
1.2 Justificativa.....	17
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo geral .....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18
1.4 Estrutura do trabalho .....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	18
2.1 Construção naval na Amazônia .....	18
2.2 Energia e sociedade .....	30
2.2.1 Energia por meios alternativos .....	30
2.2.2 Aparelhos Coletores de Energia das Correntezas .....	31
2.3 Potencial hidrocínético da Amazônia .....	39
3 METODOLOGIA.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Conceito de embarcação coletora da energia das correntezas .....	45
4.2 Desafios técnicos e possíveis barreiras para implementar uma estrutura flutuante conversora de energia das correntezas nos rios da Amazônia .....	55
4.3 Normas aplicáveis para regularização de uma embarcação do tipo na região Amazônica .....	57
5 CONCLUSÕES .....	58
REFERÊNCIAS .....	59

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Descrição do problema

O estilo de vida em uma sociedade moderna no século XXI está intimamente ligada ao acesso à energia elétrica, visto que os avanços tecnológicos, em sua maioria, utilizam desse meio para seu funcionamento. O mundo está em constante desenvolvimento, e a energia elétrica tem importância fundamental; sendo assim, observamos uma crescente demanda por esse tipo de energia no planeta.

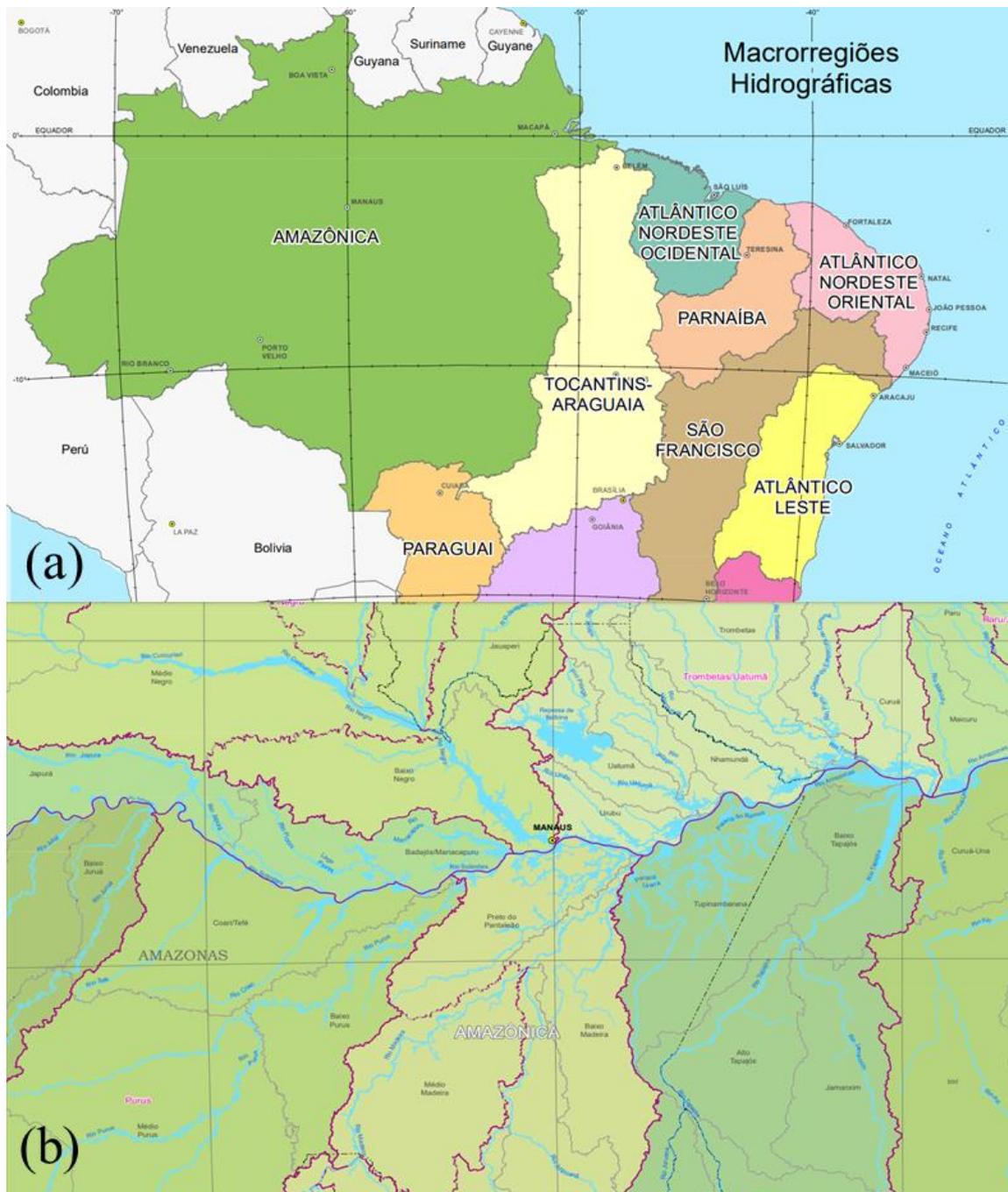
A busca por fontes alternativas de energia já é algo que vem sendo discutido em praticamente todos os países do globo. Nesse contexto, os modelos de obtenção de energia hidrocínética vêm como uma das possibilidades a serem avaliadas, visto que existe grande potencial energético contido nas águas em todo planeta, incluindo os rios da região amazônica.

De acordo com Hagerman et al. (2006), o potencial da energia das correntes de água no mundo é estimado em aproximadamente 1 TW. Essa energia pode ser extraída fazendo uso de dispositivos de conversão de energia submersos na água, muitos deles semelhantes aos usados em turbinas eólicas.

O Brasil é um país com dimensões continentais, e com bacias hidrográficas proporcionais as suas dimensões. Entre elas está a bacia da amazônica, que é uma das maiores reservas de água doce do mundo (Figura 1a). A Figura 1b mostra um trecho da bacia, ao redor de Manaus, capital do Estado do Amazonas, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em site próprio (IBGE, 2021). Da imagem, podemos perceber claramente o montante de rios e afluentes encontrados na região. Com isso em mente, observamos um potencial provedor de energia das correntezas.

Várias comunidades isoladas existem ao longo das margens dos rios amazônicos, que apresentam baixo contingente populacional e grandes distâncias umas das outras, e que por isso apresentam carência no fornecimento de energia elétrica. Cabe mencionar que em muitas comunidades do Estado do Amazonas não existem rodovias, sendo a navegação pelas hidrovias o meio de transporte mais acessível e comum (HERNÁNDEZ-FONTES et al., 2021).

Figura 1 – (a) Região correspondente à Bacia Amazônica. (b) Trecho da bacia Amazônica ao redor da cidade de Manaus, no Estado do Amazonas



Fonte: IBGE (2021).

A carência no fornecimento de energia elétrica em comunidades isoladas na região amazônica se dá devido à baixa densidade demográfica nas mesmas e a falta de rodovias entre as principais cidades da região e as comunidades ribeirinhas, o que deixa economicamente inviável a extensão da rede elétrica até a localidade. Para comprovar a necessidade de proporcionar fontes de energia elétrica na região, a Figura 2 mostra um mapa do sistema interligado nacional,

elaborado pelo NOS (Operador Nacional de Sistema Elétrico). O mapa inclui diversos tipos de usinas instaladas no Brasil, assim como as principais linhas de transmissão existentes e planejadas (para visualizar detalhes, acessar à referência do mapa). É notável a falta de conexão à rede elétrica nacional na região Norte do Brasil

Figura 2 – Mapa do Sistema Interligado Nacional Rede de Operação emitido pelo Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS) no ano 2019.



Fonte: ONS (2019).

O presente trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido com o intuito de identificar as possibilidades que a Engenharia Naval pode contribuir com a geração de energia renovável para solucionar esse problema regional. Então, foram pesquisadas as alternativas de utilizar

estruturas flutuantes como meio de aproveitamento de energias renováveis, fazendo ênfase na energia obtida das correntezas dos rios da região amazônica (energia hidrocínética). Para isto, são apresentadas as principais características da construção naval regional, incluindo uma revisão das estruturas flutuantes típicas na região norte do Brasil. Logo depois, são mostradas as principais tecnologias de conversão de energia hidrocínética, incluindo algumas estimativas do potencial energético em algumas seções estratégicas da Amazônia brasileira. Logo, foi proposto um conceito simplificado de embarcação sustentável, com o intuito de servir como alternativa na conversão de energia renovável em regiões remotas. Finalmente, foram discutidos alguns desafios técnicos e barreiras de implementação que poderiam ser encontradas na região amazônica.

## **1.2 Justificativa**

O fornecimento de eletricidade se mostrou um fator crucial para se chegar a um nível de desenvolvimento econômico e social em países emergentes e é vista como essencial para a erradicação da pobreza no mundo (ULVMYR, 2016).

Conforme De Souza et al. (2006), no Brasil há muitas comunidades remotas que se localizam as margens de rios. Ulvmyr (2016) menciona que diversas áreas rurais situadas em florestas tropicais, como as da região amazônica, podem apresentar limitações para implementar painéis solares ou geradores eólicos devido ao clima inconveniente, as poucas horas de sol e o vento fraco. O fornecimento de serviços de energia elétrica básicos a comunidades isoladas é algo desejável, pois com eletricidade, pessoas que vivem em áreas remotas poderão ter suas tarefas facilitadas com o uso de aparelhos elétricos que já são comumente usados por moradores de áreas urbanas.

Alternativas para resolver este problema em lugares remotos localizados nas margens de grandes rios podem ser relacionadas com o uso de alguns dispositivos de conversão de energia hidrocínética. Estes dispositivos poderiam ser acoplados em embarcações ou estruturas flutuantes para facilitar o modo de operação em diversas regiões. Neste caso, a aplicação dos conhecimentos da Engenharia Naval pode contribuir no desenvolvimento destes sistemas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

O presente trabalho visa pesquisar diversas alternativas de uso de estruturas flutuantes para aproveitamento de energia das correntezas, discutindo a problemática e os desafios existentes para implementar tais tecnologias na região amazônica.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Discutir o uso de estruturas flutuantes na região amazônica.
- Apresentar informações pertinentes no contexto da obtenção de energia das correntezas, incluindo experiências com dispositivos implementados.
- Propor um conceito simplificado de uma estrutura flutuante coletora de energia das correntezas na região amazônica.
- Discutir algumas limitações técnicas e possíveis impactos sociais e ambientais de implementação de estruturas flutuantes para aproveitar a energia das correntezas na região.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está organizado como segue: o Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura que considera as principais características da construção naval na região amazônica, o uso de estruturas flutuantes na região, a energia renovável das correntezas, e o potencial desta energia na região amazônica. O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada para propor o conceito de embarcação sustentável simplificado. Logo, o Capítulo 4 descreve os resultados relacionados com o conceito de estrutura flutuante conversora de energia. Este capítulo também inclui as principais barreiras para implementação deste tipo de projetos na região. Finalmente, o Capítulo 5 mostra as principais conclusões do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Construção naval na Amazônia**

A região norte do Brasil é destaque em quesitos hidrográficos, pois a região possui uma extensa rede de rios e afluentes com diversas características hidrocínéticas.

Segundo Peruchi et al. (2017), o transporte hidroviário é de suma importância no sistema de transportes no Brasil, tendo capacidade de carga por quilometro quadrado superior ao modal hidroviário. Por tanto, a região norte do país se torna fundamental para a indústria naval, sendo

necessário o uso de embarcações com velocidade de avanço, assim como estruturas e sistemas flutuantes livres e ancorados.

Há mais de uma década, Ruas et al. (2009) salientou que o ramo da construção naval no Brasil estava em plena expansão, sendo fabricadas no país embarcações para funções diversas por meio da produção artesanal baseada em tradição ou em linhas de produção sistemática em grandes empresas. Ainda, segundo Ruas et al. (2009), esse período marcou uma retomada da indústria naval e náutica brasileira, considerando que ao final da década de 1960, a indústria naval se encontrava em decadência, pois existia uma defasagem tecnológica em relação a outros países.

Neste processo, a construção naval na Amazônia ganha destaque, não somente pela alta quantidade de obras de construção naval sendo feitas na região até agora, mas também pela notável variedade de finalidades e portes nas embarcações da região. Dentre estas embarcações, cabe mencionar a construção de diversas estruturas navais que operam com e sem velocidade de avanço.

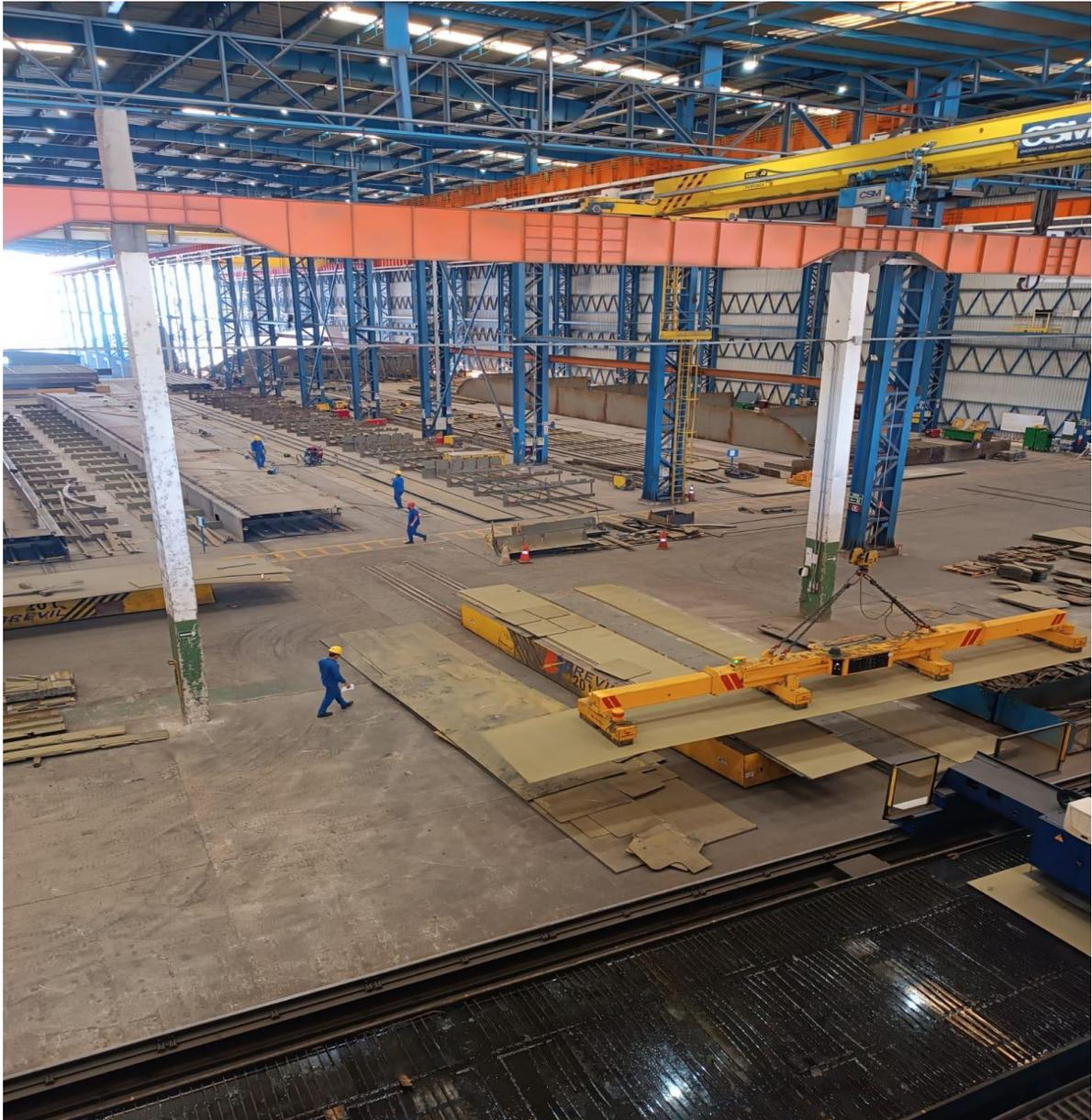
No Norte do Brasil estão localizados os dois maiores estados dele, Amazonas e Pará. Somente o Amazonas possui uma área de 1.564.445 km<sup>2</sup>. A bacia hidrográfica amazônica possui aproximadamente 1.100 rios e uma área superior a 6,5 milhões de km<sup>2</sup>, sendo o rio Amazonas um dos maiores do mundo quando consideramos a vazão do volume de água (LINS et al., 2009). Cerca de 60% da rede hidroviária do Brasil se concentra na região amazônica, sendo as atividades principais relacionadas com o transporte de petróleo e seus derivados, granéis sólidos como grãos e minerais, cargas gerais e de passageiros (ANA, 2007).

Deste modo, os estados localizados ao norte do país possuem uma inerente aptidão para o setor naval, sendo possível o desenvolvimento e inovação em diversas aplicações. Por exemplo, vale mencionar que o Estado do Amazonas possui um dos maiores números de estaleiros de manutenção e reparo no Brasil (LINS et al., 2009). De acordo com Peruchi et al. (2017), atualmente o Estado do Amazonas possui 37 estaleiros de pequeno, médio e grande porte.

Embora a indústria naval na região ainda esteja em desenvolvimento com relação às principais cidades com acesso ao oceano no Brasil, alguns estaleiros regionais se destacam por possuírem maquinários tecnologicamente avançados e estruturas adequadas para a construção naval, com pátios munidos de grandes pórticos, veículos para transporte de materiais e condições adequadas de trabalho. Um exemplo é mostrado na Figura 3, que mostra um pátio de produção de um dos estaleiros de maior porte na região amazônica. Os estaleiros da região ganham destaque por sua construção em linha de produção, possuindo capacidade para construção de

embarcações de médio e grande porte em períodos relativamente curtos e com qualidade considerada adequada. Estes estaleiros são, na maior parte das vezes, contratados por grandes empresas devido aos elevados custos operacionais para construção de embarcações com tecnologias adequadas e processos estritos de certificação.

Figura 3 – Exemplo de um pátio de obras de um estaleiro de grande porte localizado às margens do Rio Negro, no Estado do Amazonas, Brasil.



Fonte: Autor.

Estaleiros de grande porte e estruturalmente capacitados, entretanto, não são a completa realidade em regiões em fase de desenvolvimento na construção naval regional. Na Amazônia brasileira, grande parte das obras de reparo e construção de embarcações são realizadas em

pequenos estaleiros localizados bem próximos às margens de rios, como observado nas Figuras 4 e 5, que mostram embarcações sendo construídas nestes tipos de estaleiros. Em regiões mais distantes das principais rodovias, pode existir um alto índice de procura por estes estaleiros, principalmente pela atratividade no preço das obras, visto que os custos de operação no mesmo são inferiores quando comparados com estaleiros de porte elevado. É importante mencionar que em muitos destes, podem ser encontrados procedimentos e certificações menos rigorosas, incluindo a contratação de trabalhadores com pouca adequação à Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) do Brasil.

Figura 4 – Casco de uma embarcação sendo construído em um pequeno estaleiro localizado às margens do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas.



Fonte: Autor.

Figura 5 – Casaria de uma embarcação sendo construída em um estaleiro de pequeno porte localizado as margens do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas.



Fonte: Autor.

Com relação às Figuras 4 e 5, percebemos uma falta de ferramentas adequadas para utilização em obras de construção naval. Entretanto, esta é uma realidade em localidades onde a construção naval ainda se encontra em fase de desenvolvimento.

Segundo Lins et al. (2009) e Andrade (1983), ainda nos dias atuais é possível perceber a capacidade inata dos habitantes da região, no que diz respeito a construção naval.

Com o passar dos anos, a construção naval na Amazônia foi absorvendo as tecnologias, aumentando o porte de suas obras, e modificando suas funcionalidades. Em dias atuais, as embarcações na região não são somente usadas como meio de transporte, pois os construtores se especializaram em adaptar suas obras às mais diversas necessidades encontradas em diferentes localidades. Um dos exemplos mais notáveis está relacionada com a construção de estruturas flutuantes adaptadas para diversas atividades. É possível que na região amazônica possam ser encontradas estruturas flutuantes, geralmente de forma retangular (tipo barcaça),

sendo utilizadas como mercearias, posto de combustível, oficinas, tornearias, unidades de saúde, dentre outras diversas aplicações.

A Figura 6a mostra um flutuante adaptado para fazer o comércio de produtos variados, como uma mercearia ou loja de conveniência flutuante. Por outro lado, a Figura 6b mostra uma estrutura flutuante regional utilizada para revenda de gás de cozinha. Na região norte do Brasil esse tipo de embarcação é conhecido como “pontão”.

Figura 6 – (a) Flutuante mercearia situado as margens da cidade de Tefé, no Amazonas. (b) Flutuante de revenda de gás de cozinha .



Fonte: Eudes Coelho, 2020 (Créditos).

A Figura 7 mostra duas embarcações utilizadas como unidade básica de saúde flutuantes. Estas estruturas proporcionam atendimento ao público nas cidades de Manicoré (foto da esquerda) e Borba (foto da direita), no estado do Amazonas. Este tipo de flutuante é bastante utilizado em municípios do interior do Amazonas para proporcionar serviços médicos diversos.

Figura 7 – Unidade básica de saúde flutuante encontrada na região norte de Brasil (Manicoré).



Fonte: Ricardo Sanches, 2022 (Créditos).

Outro exemplo de estrutura flutuante regional é mostrado na Figura 8. Este tipo de estrutura recebe o nome de “posto flutuante” e proporciona serviços de abastecimento de combustível a diversos tipos de embarcações da região. Devido à extensão das hidrovias, e considerando que

em muitas regiões do Estado do Amazonas não existem rodovias, é comum que existam postos flutuantes para proporcionar serviços de abastecimento de combustíveis.

Outro tipo de aplicação que tem as estruturas flutuantes na região amazônica consiste na realização de atividades de recreio e lazer. Por exemplo, a Figura 9 mostra diversas “casas flutuantes” que costumam ser alugadas para realizar eventos de lazer. Este tipo de espaços flutuantes deve estar regularizado com as normativas e sociedades certificadores de embarcações e da capitania dos portos da região em que se encontra. Muitas destas estruturas têm painéis solares e microplantas de tratamento de água.

Figura 8 – Posto de combustível flutuante característico da região amazônica. Foto obtida em 31/10/2021 (9:19 h) no Rio Negro, cidade de Manaus, Amazonas.



Fonte: Jassiel V. H. Fontes, 2020 (Créditos).

Figura 9 – Ilustração de “casas flutuantes” na região do rio Tatumã, Manaus, Amazonas.  
Imagem obtida no 09/07/2022 (9:32 horas).



Fonte: Jassiel V. H. Fontes, 2022 (Créditos).

Na região amazônica também podemos encontrar dispositivos flutuantes destinados a atender demandas inerentes da própria região relacionadas com a produção de alimentos. A exemplo, os grupos *Valmont*, empresas do setor agrícola, e *Transportes Bertolini* lançaram no ano de 2021 um projeto inovador na região para produção de alimentos regionais. O projeto consistiu na construção de uma balsa-fábrica para processamento diário de 20 toneladas de frutos e 12 toneladas de polpa de açaí (Figura 10). A embarcação, com investimentos na ordem de R\$ 20 milhões, vem ainda equipada com diversos painéis solares para utilização no maquinário instalado na mesma.

Figura 10 – Embarcação Fábrica de Açaí.



Fonte: Modificado de Forbes (2021).

Aparelhos flutuantes também são utilizados na região para fins acadêmicos. É o caso do flutuante de pesquisa *Laboratório Satélite Mamirauá* (Figura 11). Construído por uma empresa amazonense, a embarcação foi encomendada pelo *Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá* e fomentada pelo *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil*, para fins de manejo de recursos naturais, pesquisa e desenvolvimento social, principalmente na região do médio Solimões, no estado do Amazonas.

Figura 11 – Laboratório Satélite Mamirauá.



Fonte: autor.

Na região, podemos encontrar dispositivos flutuantes que são versões reduzidas de embarcações *offshore* comumente construídas. É o caso, a exemplo, de estruturas flutuantes destinados ao armazenamento e transporte de gases (Figura 12). Estas embarcações não propulsadas são de suma importância para abastecimento de gás natural às comunidades nos interiores dos estados amazônicos, visto a inviabilidade econômica em construir gasodutos até elas.

Figura 12 – Balsa “butaneira” em Santarém, Pará.



Fonte: Modificada de Fogás (2022).

Outro tipo de estrutura (ou sistema flutuante) que podemos encontrar na região amazônica consiste em uma embarcação de arranjo peculiar, a chamada draga (Figuras 13a e 13b). Essas têm como principal objetivo a extração de areia e seixo do fundo dos rios. Dragas são de fácil distinção quando comparados com outros dispositivos flutuantes; seu casco pode ser do tipo catamarã e seus tubos de sucção, chamados de “lanças” (Figuras 13c e 13d), ganham destaque em sua forma. Estes flutuantes também são utilizados na extração de minérios no leito dos rios, como ouro (MARTINS et al., 2022).

Figura 13 – Draga amazônica. (a) Vista da popa da draga. (b) Perfil Longitudinal da draga. (c) Vista da parte frontal da draga. (d) Lança da draga.



Fonte: Eudes Coelho, 2022 (Créditos).

Os exemplos de estruturas flutuantes e seus usos alternativos anteriormente citados, reforçam a afirmação de que os construtores navais da região amazônica são exímios adaptadores de embarcações.

Nesta região, muitos dos estaleiros são de pequeno porte, sendo principalmente destinados à manutenção e reparo de embarcações, sendo alguns especializados em construção de barcos de madeira. Entretanto, podemos encontrar estaleiros com capacidade para construir navios grande porte e alta complexidade, feitos em aço ou alumínio.

De acordo com Lins et al. (2009), grande parte dos estaleiros do Pará e Amazonas estão habilitados para construção de empurradores, rebocadores, cargueiros, flutuantes, balsas e navios tanques.

Dada a expansão do mercado da construção na Amazônia, suas condições geográficas com vários rios e afluentes, além da habilidade nata do construtor naval da região em adaptar suas

construções às formas mais variadas possíveis, o presente trabalho visa pesquisar mais sobre as possibilidades de aproveitar energias renováveis na região utilizando estruturas flutuantes.

## **2.2 Energia e sociedade**

A sociedade humana mantém uma busca constante por desenvolvimento, tentando melhorar a sua qualidade de vida e a sua integração com o ambiente em que se insere. A história tem mostrado que o desenvolvimento humano vem se apoiando na exploração e exploração de recursos energéticos. Estes recursos possibilitam o uso das tecnologias mais recentemente desenvolvidas, como as da indústria 4.0 (GAJEK et al., 2022), além de ser a base para o desenvolvimento humano ao redor do mundo.

A energia elétrica, que foi descoberta desde o século XIX, tem-se tornado uma das mais importantes formas de energia utilizadas pelos seres humanos, já que a partir dela, houveram mudanças em vários aspectos da sociedade (SIMABUKULO et al., 2006).

A eletricidade como fonte de energia é fundamental para manter a sociedade em desenvolvimento, permitindo o uso e geração de diversos bens e serviços. Visto isso, atualmente seria impensável o funcionamento de ambientes comuns à sociedade funcionando sem o auxílio de energia elétrica, incluindo escolas, centros de saúde, indústrias etc.

De acordo com Simabukulo et. al (2006), atualmente, as três formas de obtenção ou geração de energia elétrica mais utilizadas são por meio de usinas hidrelétricas, termoelétricas e nucleares. Também existem outras fontes possíveis para obtenção de energia elétrica, como o aproveitamento das energias solar, eólica e geotérmica. Cada um desses tipos de geração de energia elétrica tem suas características específicas de uso, que agregam vantagens ou desvantagens na sua utilização. Seja qual for a fonte utilizada, devem-se considerar os fatores que podem viabilizar a instalação de uma usina de energia elétrica em determinada localidade, levando em conta os recursos disponíveis na região, suas características e vantagens, costumes das pessoas, localização geográfica, entre outros fatores, como descrito por Simabukulo et al. (2006) e Hernández-Fontes et al. (2020).

### **2.2.1 Energia por meios alternativos**

As fontes de energia não renováveis, vindo de combustíveis fósseis como petróleo, gás natural e carvão mineral, são predominantes na geração de energia ao redor do mundo. A dependência nessas fontes de energia vem acarretando, além da constante preocupação em seu esgotamento, diversos problemas ambientais e sociais em consequência dos gases poluentes que são liberados

em seu consumo. Dos gases liberados, os mais preocupantes são os causadores do chamado “efeito estufa”, dentre os quais se destaca o dióxido de carbono (FREITAS; DATHEIN, 2013). A Organização das Nações Unidas (ONU) vem impulsionando a obtenção de energia por meio renováveis, visando mitigar os impactos ambientais ocasionados pelo uso de combustíveis fósseis (UN, 2020), iniciativa na qual vários países do mundo se comprometeram. Recentemente, tem sido organizadas conferências internacionais tratando do tema, como a COP15 e Rio +20.

Ao longo das últimas décadas, iniciativas para pesquisar e implementar fontes de energia renovável vêm ganhando espaço na matriz energética brasileira (FERREIRA et al., 2018; SHADMAN et al., 2019); entretanto, o uso de energias não renováveis ainda continua predominante. Embora diversas tecnologias para aproveitamento de energias renováveis ainda se encontrem em fase de amadurecimento, é importante salientar que os novos projetos para obtenção de energia de forma renovável devem gerar, além de melhorias no setor econômico, benefícios de cunho ambiental e social (TERRAPON-PFAFF et al., 2014).

### **2.2.2 Aparelhos Coletores de Energia das Correntezas**

Segundo Kabir et al. (2015), a energia renovável proveniente do oceano pode ser obtida por meio de seis fontes principais: ondas, correntezas formadas por marés, correntes oceânicas, conversão de energia térmica do oceano (OTEC), gradiente de salinidade e vento marinho. Embora seja um recurso em fase de início de sua utilização no planeta, o potencial energético que pode ser obtido a partir das correntes das águas de rios e oceanos se apresenta como uma alternativa promissora (BÁRCENAS GRANIEL et al., 2021; GÜNEY; KAYGUSUZ, 2010; KABIR; LEMONGO-TCHAMBA; FERNANDEZ, 2015).

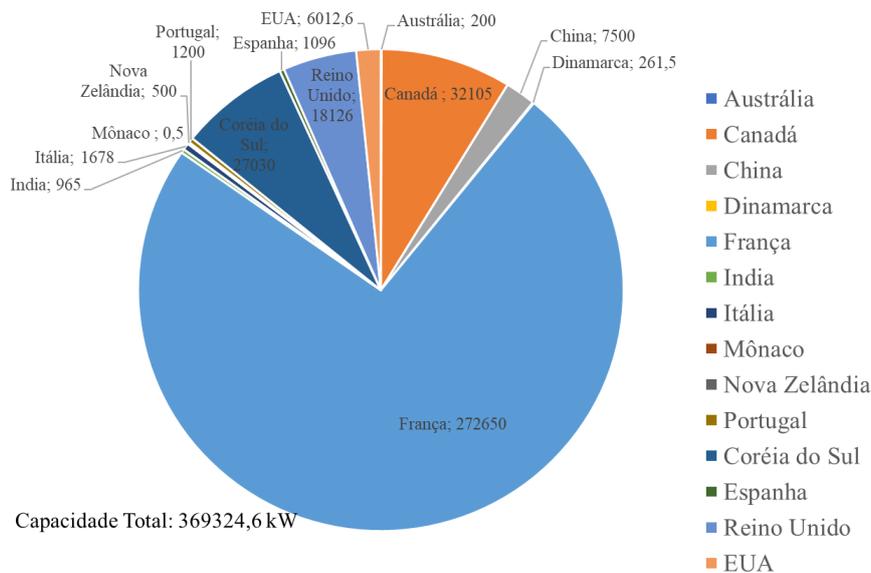
Segundo Magagna e Uihlein (2015), o aproveitamento da energia do oceano tem potencial para desempenhar um papel significativo no futuro, ao mesmo tempo que contribui para diminuição na emissão de poluentes na atmosfera e estimula o crescimento econômico em áreas costeiras. No Brasil, diversas iniciativas têm sido feitas nos últimos anos para pesquisar possibilidades de aproveitar a energia das correntezas (DA SILVA HOLANDA et al., 2017; VAN ELS; JUNIOR, 2015), incluindo as alternativas de implementação em regiões remotas da Amazônia (ISMAIL; BATALHA; LINO, 2015).

O segmento de aproveitamento da energia das correntezas vem crescendo nos últimos anos, sendo possível que, atualmente, a Europa concentre a maior parte dos estudos e avanços relacionados a conversão de energia das correntezas no mundo, pois há alguns anos, cerca de

51% de todas as companhias de desenvolvimento de energia das correntezas se encontravam no continente europeu. Países como Estados Unidos, Canadá Austrália também possuem um considerável número de empresas interessadas nesse setor (MAGAGNA; UIHLEIN, 2015). A Figura 14 mostra a capacidade instalada de aparelhos coletores da energia contidas nos movimentos das águas nos países membros da Ocean Energy Systems (OES), em 2021.

Fonte: Magagna e Uihlein (2015).

Figura 14. Capacidade de obtenção de energia instalado nos países membros da OES.



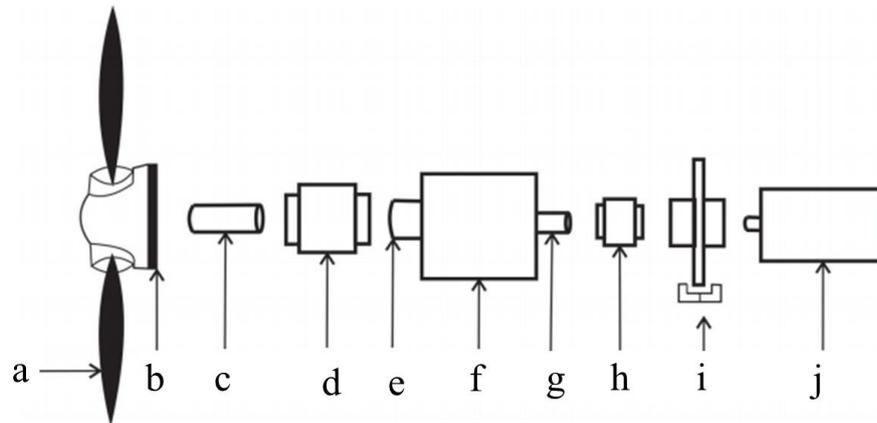
Obtido de: (OES, 2021).

A maneira mais comum para se extrair energia das correntezas é fazendo uso de turbinas hidrocínéticas (VANZWIETEN et al., 2015), embora também existam dispositivos de aproveitamento baseados no movimento de dispositivos causado por vórtices como a tecnologia VIVACE (*Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy* – Energia aquática limpa baseada em vibração induzida por vórtices), como proposto por Bernistas et al. (2008).

De acordo com Araújo (2016), turbinas hidrocínéticas, ou THC, são máquinas de fluxo motrizes, projetadas para extrair energia elétrica do fluxo da massa de água em movimento.

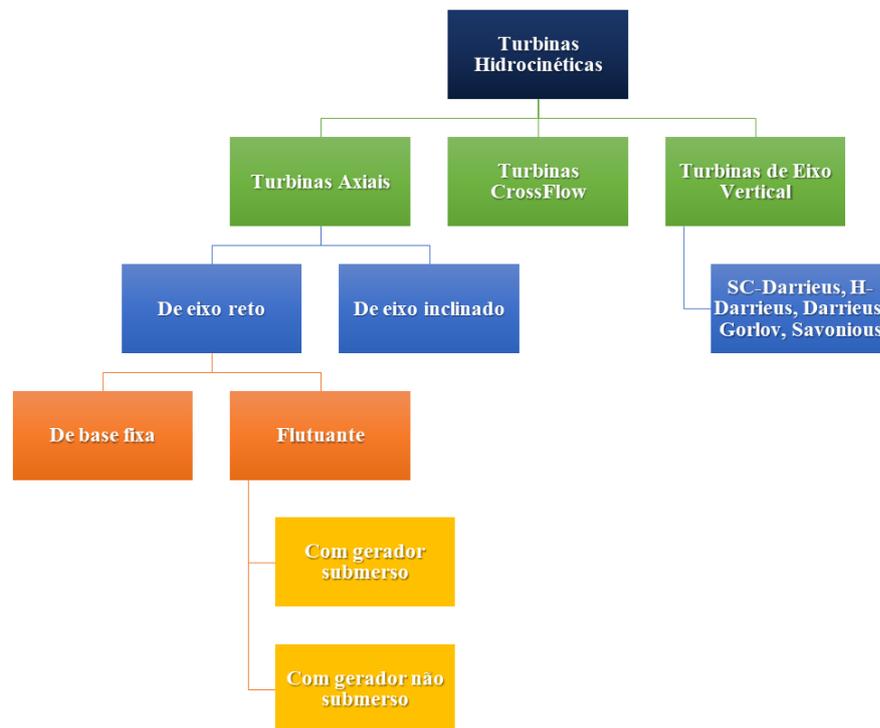
THCs podem ser encontradas de diversas maneiras e formatos, e também podem ser instaladas de diferentes maneiras. Entretanto, seus componentes básicos são geralmente os mesmos. A Figura 15 traz a configuração dos componentes básicos de uma THC, a qual tem grande semelhança com as turbinas eólicas, pois o seu funcionamento parte do mesmo princípio. Turbinas hidrocínéticas podem ser ainda classificadas por arranjo, como mostrado na Figura 16, sendo variantes deste a posição do eixo, até mesmo quanto à posição do gerador em relação a linha d'água.

Figura 15 – Componentes principais de uma turbina hidrocínética THC. (a) Pás. (b) Hub. (c) Eixo do rotor. (d) Acoplamento 1. (e) Eixo de Entrada. (f) Caixa multiplicadora. (g) Eixo de saída. (h) Acoplamento 2. (i) Freio. (j) Gerador.



Adaptado de: Veloso (2013).

Figura 16 – Classificação das turbinas hidrocínéticas.

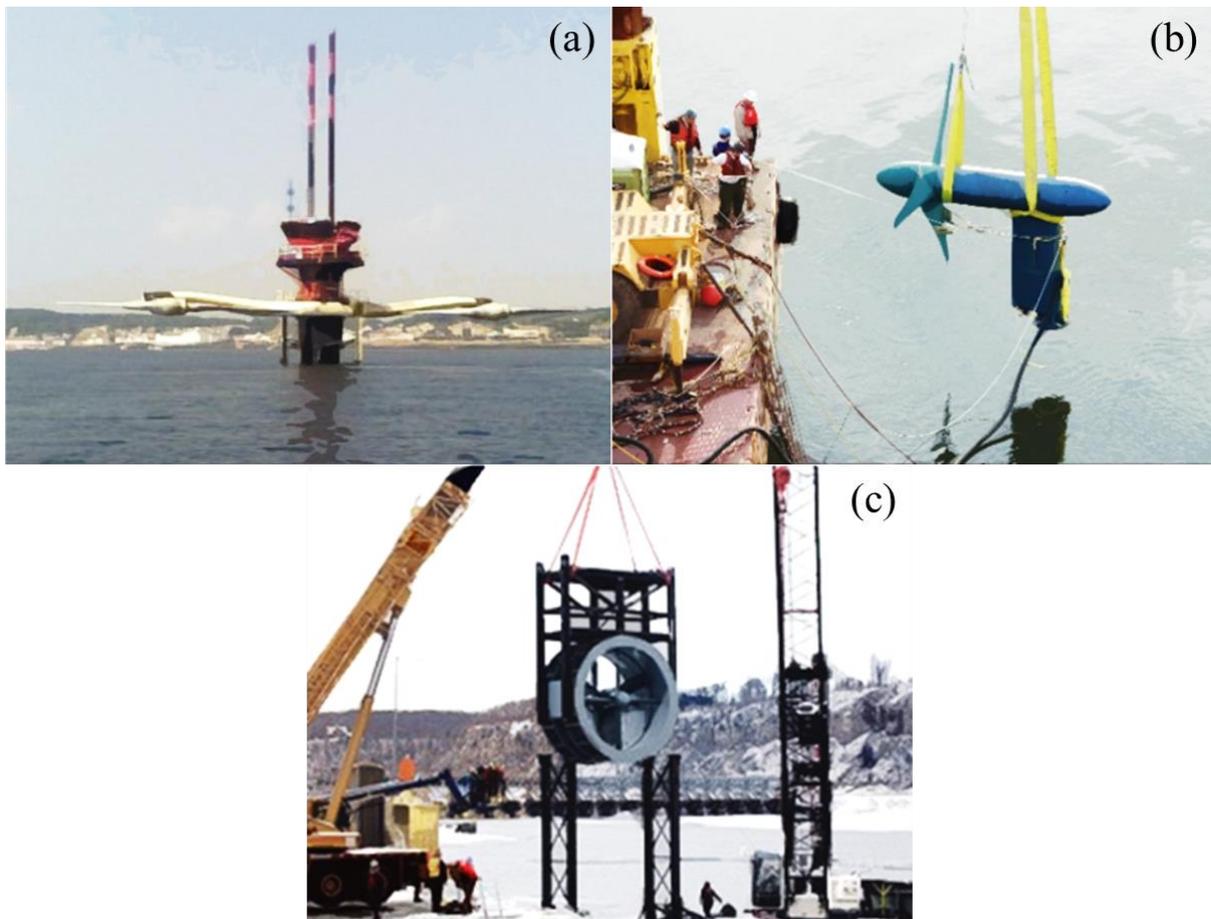


Fonte: Adaptado de Veloso (2013).

A obtenção de energia das correntezas vem ganhando destaque na última década. Na busca pelo aproveitamento do grande potencial energético contido nas correntes de água, vários projetos de THCs vêm sendo desenvolvidos ao redor do mundo. A exemplo, em 2008 a empresa *SeaGen* fez a instalação de seu modelo de turbina hidrocínética nas águas da Irlanda do Norte (Figura

17a), com capacidade instalada de 1,2 MWh para o aproveitamento a energia contida nas correntes, esta teve seu descomissionamento no ano de 2018. A *Verdant Power Inc* é outra empresa que já realizou testes com turbinas hidrocínéticas. Em 2006, a empresa realizou a instalação do seu modelo de Turbina em Nova York (Figura 17b), com capacidade de 100 kWh. Ainda podemos citar o modelo instalado pela empresa *Hydro Green Energy*, implementado em Hasting na Inglaterra (Figura 17c), também com capacidade para 100 kWh.

Figura 17 – (a) Instalação Hidrocínética *SeaGen*. Composta de duas turbinas com total de 1,2 MWh instalada para aproveitamento de correntes marítimas na Irlanda do Norte (julho de 2008). (b) Turbina hidrocínética da Verdant Power Inc de 100 kWh sendo instalada no *East River* em New York (dezembro de 2006). (c) Turbina hidrocínética da Hydro Green Energy, LLC. Unidade de 100 kWh sendo instalada em Hasting na Inglaterra (março de 2009).

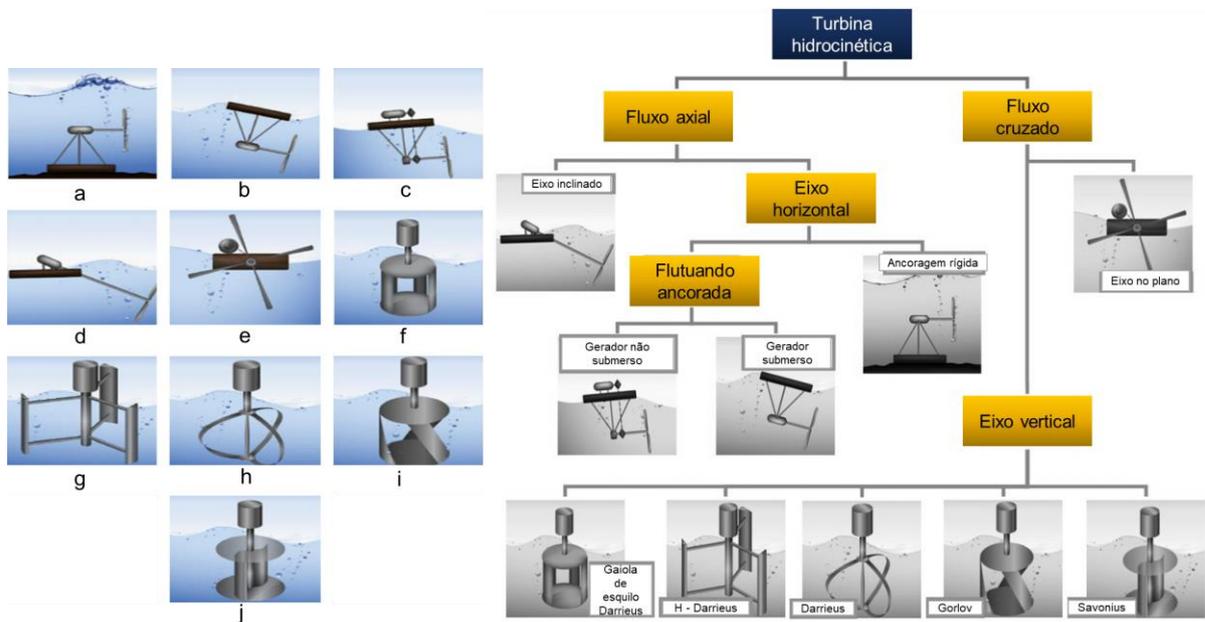


Fonte: Modificado de Veloso (2013).

Observando esses três modelos usados como exemplo, percebemos que as THC's podem ser construídas em diferentes configurações, ficando a critério do projetista decidir qual a melhor de acordo com suas demandas e capacidades.

Behrouzi et al. (2014) nos apresenta alguns tipos diferentes de arranjos para uma THC (Figura 18). Estes tipos de configurações podem ser variados desde o tipo de pá utilizado, o eixo do rotor ou até mesmo ao posicionamento da turbina em relação a linha d'água. As imagens da direita da Figura 18 correspondem à classificação proposta por Aristizábal-Tique et al. (2021).

Figura 18 – Diferentes arranjos para uma THC. (a) Eixo horizontal, base fixa. (b) Eixo horizontal, gerador submerso. (c) Eixo horizontal, gerador não submerso. (d) Eixo inclinado. (e) Eixo em plano. (f) Eixo vertical, SC – Darrieus. (g) Eixo vertical, H – Darrieus. (h) Eixo vertical, Darrieus. (i) Eixo Vertical, Gorlov. (j) Eixo vertical, Savonius.



Fonte: Imagem da esquerda – Behrouzi et al. (2014). Imagem da direita – Aristizábal-Tique et al. (2021).

O Brasil possui uma malha de conversão de energia hidráulica considerável, pois existem várias usinas hidrelétricas que aproveitam a energia potencial contida em quedas de águas para gerar energia. A Tabela 1 mostra as principais usinas hidrelétricas no Brasil. O país também investe bastante em modelos de geração de energia sustentável, como na conversão de energia eólica (LUCENA; LUCENA, 2019) e na produção de biocombustíveis (NASS; PEREIRA; ELLIS, 2007), como etanol e biodiesel. De fato, o Brasil é um dos maiores produtores de biocombustíveis a nível internacional.

Tabela 1 – As dez maiores usinas em operação no Brasil.

Nome	Potência (em kW)	Região
Tucuruí I e II	8.370.000	Norte

Itaipu (parte brasileira)	6.300.000	Sul
Xingó	3.162.000	Nordeste
Paulo Afonso IV	2.462.400	Nordeste
Itumbiara	2.080.000	Sudeste
São Simão	1.710.000	Sudeste
Governador Bento Munhoz	1.676.000	Sudeste
Jupiá	1.551.200	Sudeste
Porto primavera	1.540.000	Sudeste

Fonte: Veloso (2013).

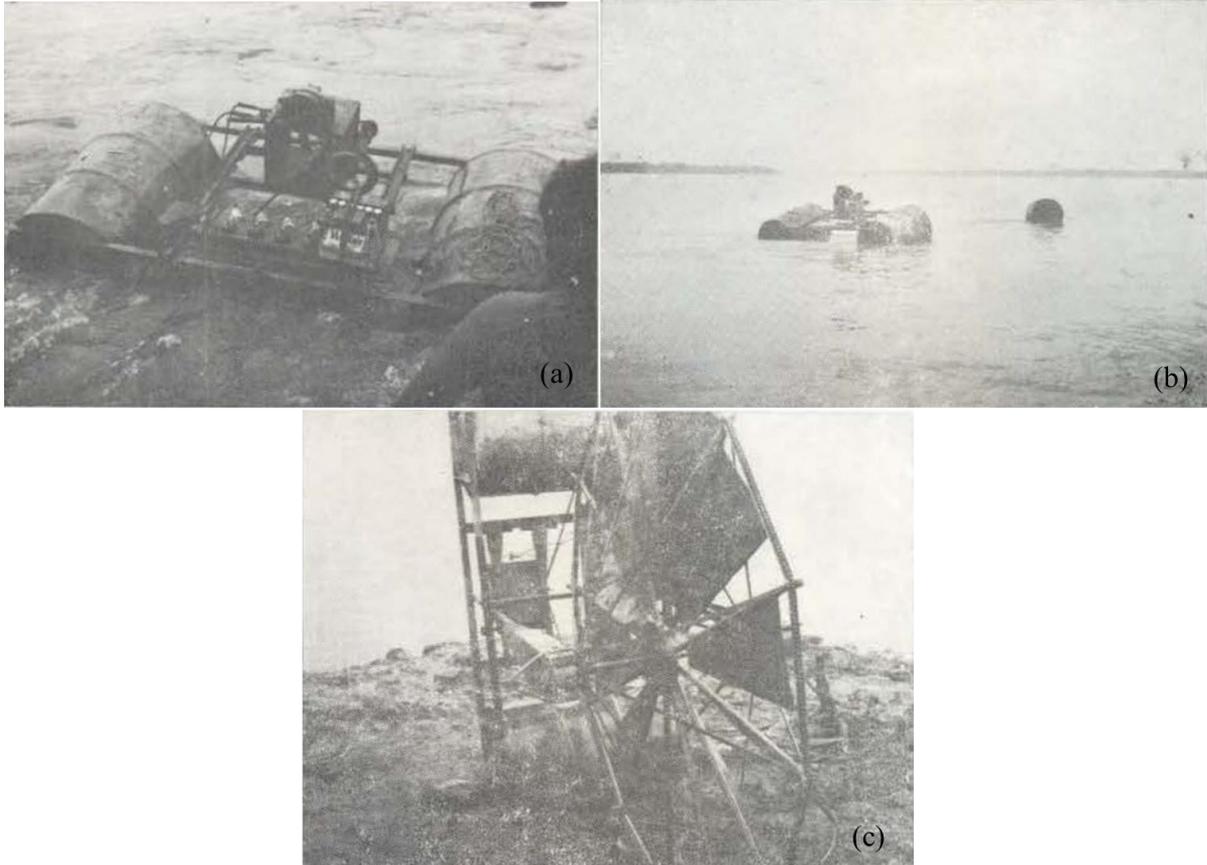
Na tentativa da obtenção de energia de forma alternativa, projetos pilotos de turbinas hidrocínéticas já vêm sendo desenvolvidos no território brasileiro há várias décadas.

No Brasil, existem relatos de projetos piloto buscando utilizar a energia cinética em fluxos de água para gerar energia elétrica, buscando atender comunidades remotas sem acesso aos serviços das concessionárias de abastecimento (VAN ELS; JUNIOR; VIANNA, 2008).

Cabe mencionar que existe potencial hidrocínético ainda inexplorado em várias regiões do Brasil. Por exemplo, nos rios da Amazônia podem existir regiões com considerável densidade energética. Assim surgiu a ideia de explorar esse potencial e gerar eletricidade fazendo uso de aparelhos semelhantes a cata-ventos, submerso nas correntezas (HARWOOD, 1985).

O primeiro protótipo de um aparelho com essas características, chamado genericamente de cata-águas, foi testada no rio Solimões por Harwood e Almeida (1981), como mostrado na Figura 19. O protótipo construído era de pequeno porte (Figuras 19<sup>a</sup> e 19b), com pás de diâmetros considerados pequenos em relação aos utilizados nos dias atuais (Figura 19c). Ainda assim, o coletor de energia foi capaz de gerar de forma contínua energia suficiente para manter uma lâmpada acesa.

Figura 19 – Cata-água desenvolvido por Harwood e Almeida (1981). (a) Cata-água gerando 40W de eletricidade, o suficiente para manter uma lâmpada acesa. (b) Cata água em operação. (c) Vista das pás.



Fonte: Harwood e Almeida (1981)

Segundo Harwood e Almeida (1981), esta experiência mostrou a praticabilidade de usar aparelhos desse tipo nos rios da região amazônica para gerar eletricidade. Ainda, segundo os autores, tais dispositivos poderiam ser apropriadas para uso na região amazônica, pois a demanda de energia elétrica é muito dispersa e a maioria dos rios não apresentam condições para obtenção de energia elétrica das águas do jeito tradicional, ou seja, aproveitando a energia potencial gravitacional contida nos rios.

De acordo com Ulvmyr (2016), a empresa de desenvolvimento sueca chamada *Jabe Energy AB* desenvolveu uma turbina que gera eletricidade a partir de fluxos lentos de água, pretendendo ser implantada no rio Amazonas, na Colômbia. O projeto teve como objetivo suprir a demanda por energia elétrica em comunidades da região que se encontram desconectadas da rede elétrica. Este fato evidencia o interesse Europeu no desenvolvimento de sistemas que buscam explorar a energia das correntezas em regiões em desenvolvimento.

Em 2002, deu-se início a construção de uma turbina geradora de energia hidrocínética no estado do Amapá. Denominada Poraquê, esta turbina foi construída como o objetivo de suprir a demanda por energia elétrica na comunidade de castanheiro do Alto Maracá, no município de Mazagão. O projeto Poraquê surgiu como demanda da comunidade. A turbina foi colocada em funcionamento na corredeira do Caranã, como mostrado na Figura 20 (VAN ELS; JUNIOR; VIANNA, 2008). Esse projeto foi tentado para que os moradores das comunidades do Pacumê e Flexial do Alto Maracá tivessem benefício direto pela estrutura criada pelo projeto (VAN ELS; JUNIOR; VIANNA, 2008).

Figura 20 – Turbina em funcionamento na corredeira do Caranã. Fonte: Acervo fotográfico dos projetos Poraquê e Maracastanha.

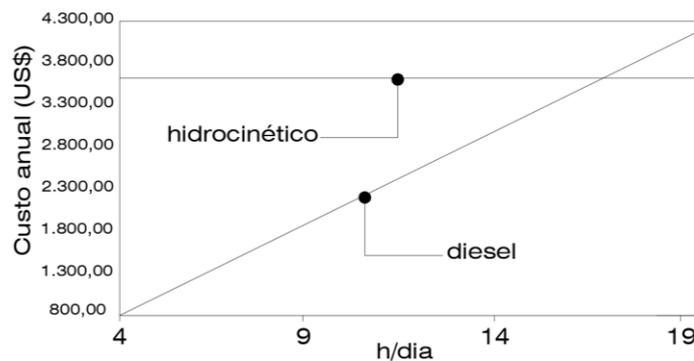


Fonte: van Els et al. (2008).

Cruz (2000) estudou a possibilidade da implementação de uma turbina hidrocínética de eixo vertical com pás do tipo *Darrieus-tripá*, visando atender a demanda por energia elétrica da comunidade de São Sebastião, Localizada na região do Tarumã II, em Manaus, Amazonas. Esta comunidade, assim como a maior parte das comunidades isoladas na região amazônica, faz uso de energia elétrica poucas horas por dia, fazendo uso de geradores a base de óleo diesel. Para atender a demanda da comunidade, Cruz (2000) a partir de seus cálculos determinou que seriam necessárias 9 turbinas hidrocínéticas, com pás de 2 metros de diâmetro. A comunidade apresentou uma demanda de 3,5 kW por dia. Sabendo disso, o autor realizou um comparativo entre os custos para o conjunto de turbinas hidrocínéticas operando 24h por dia, e um grupo gerador a diesel, operando também de forma consecutiva. A Figura 21 mostra uma comparação

do custo anual que teria o dispositivo utilizando energia renovável e não renovável. Da figura, temos que o modelo hidrocínético se torna mais vantajoso a partir de 17 horas de uso consecutivos diariamente. Isto mostra que, mesmo com o custo de investimento elevado, o modelo traria mais benefício a comunidade uma vez que a condição ideal consiste no fornecimento de energia durante o dia todo.

Figura 21 – Custo operacional versus tempo de operação diário dos grupos hidrocínético e diesel.



Fonte: Adaptado de Cruz (2000).

### 2.3 Potencial hidrocínético da Amazônia

A potência teórica contida em um fluxo de água pode ser estimada de maneira simples, necessitando somente ter conhecimento da velocidade do escoamento do fluxo.

De acordo com Meyer e van Niekerk (2016), Kabir et al. (2015) e Hernández-Fontes et al. (2019), a potência bruta teórica contida nas correntezas pode ser calculada como  $P=0.5\rho V^3$ , onde  $P$  é a potência bruta teórica,  $\rho$  é a densidade do fluido e  $V$  é a velocidade da correnteza.

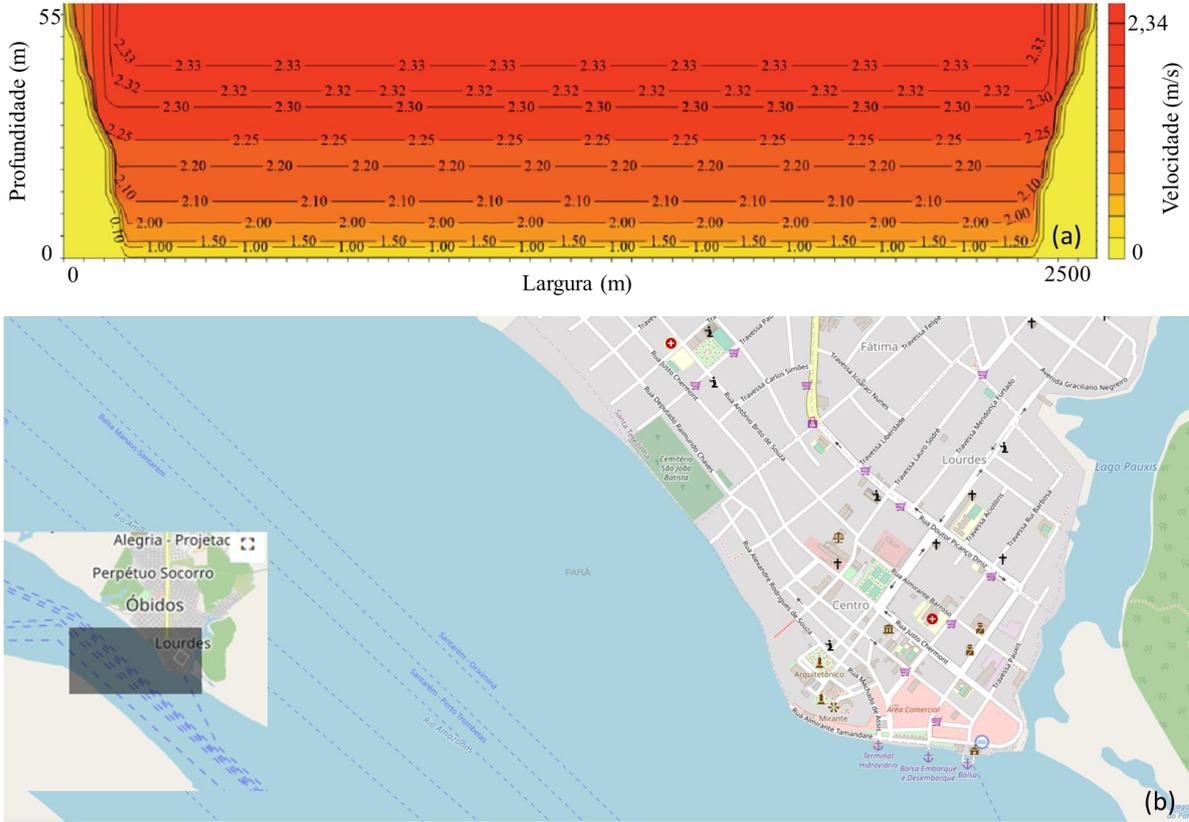
Da Silva Cruz et al. (2020) em seu trabalho estima o potencial energético contido em rios da bacia hidrográfica amazônica. De acordo com os autores, a velocidade e a profundidade dos rios são os parâmetros necessários para dimensionar o diâmetro do rotor no projeto de uma turbina hidrocínética. A potência instalada da usina é determinada de acordo com a velocidade projetada da turbina, que por sua vez é determinada pelo campo de velocidade do fluxo da água. A potência de saída da turbina é diretamente afetada por três fatores principais: velocidade, área do rotor da turbina e a eficiência geral do sistema de conversão (MOHAN et al., 2016), e ainda, outra maneira alternativa de calcular a potência teórica consiste em  $P=0.5\rho AV^3 C_p$ , sendo  $p$  a potência hidráulica (em W),  $\rho$  a massa específica da água (em  $\text{kg/m}^3$ ),  $A$  a área varrida pelas pás

do rotor (em  $m^2$ ),  $U$  a velocidade da água (em m/s) e  $C_p$  o coeficiente de potência (coeficiente de Betz).

A eficiência máxima que uma turbina pode alcançar é conhecido como limite de Betz. Segundo Mohan et al. (2016), a potência máxima teórica para uma turbina rotativa em um fluxo de um fluido é de 59,3%, fazendo o  $C_p$  ser igual a 0,593. Entretanto, de acordo com Vermaak et al. (2014), pequenas turbinas localizadas em rios possuem suas próprias perdas, reduzindo o coeficiente de potência ao valor de 0,25.

Para estimar o potencial contido nas águas da região amazônica, Da Silva Cruz et al. (2020) apresentaram isolinhas de velocidades correspondentes às seções de diversos rios da região amazônica. Esses dados foram obtidos de estações de monitoramento disponíveis em <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Por exemplo, as Figuras 22a e 22b mostram, respectivamente, as isolinhas de velocidade e a localidade aproximada da seção transversal da estação de Óbidos, rio Amazonas, no estado do Pará, com vazão de  $\sim 266897 \text{ m}^3/\text{s}$  em seus maiores fluxos de água, segundo informações obtidas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), disponíveis em site próprio.

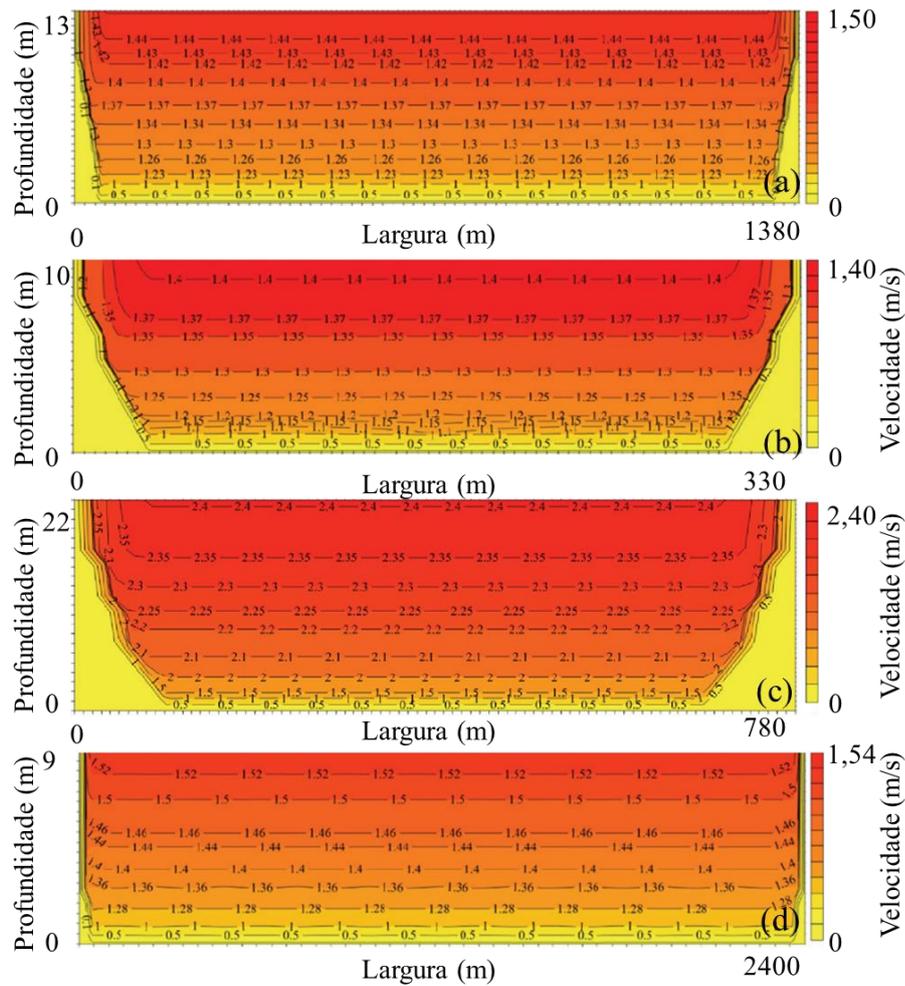
Figura 22 – (a) Isolinhas de velocidade da seção transversal da estação de Óbidos, Rio Amazonas, com vazão de  $266897 \text{ m}^3/\text{s}$ , em seus maiores fluxos de água. (b) Trecho do Rio Amazonas na cidade de Óbidos.



Fonte: (a) Da Silva Cruz et al. (2020). (b) ANA (2022).

Para realizar a análise hidrocínética de diferentes trechos e rios na região amazônica, Da Silva Cruz et al. (2020) compararam as condições do fluxo de água em diferentes localidades. A Figura 23 mostram algumas outras aferições apresentadas por Da Silva Cruz et al. (2020). A Figura 23a mostra as isolinhas de velocidade da seção transversal dos rio Negro com vazão de  $24.509,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , em seus maiores fluxos de água. A Figura 23b mostra as isolinhas de velocidade da seção transversal do rio Trombetas com vazão de  $4.592,43 \text{ m}^3/\text{s}$ , em seus maiores fluxos de água. Posteriormente, a Figura 23c apresenta as isolinhas de velocidade da seção transversal do rio Madeira com vazão de  $40.892 \text{ m}^3/\text{s}$  em seus maiores fluxos de água; e finalmente, a Figura 23d mostra as isolinhas de velocidade da seção transversal do rio Xingu com vazão de  $32.717 \text{ m}^3/\text{s}$ , em seus maiores fluxos de água.

Figura 23 – Isolinhas de velocidade da seção transversal de alguns rios da região amazônica, em seus maiores fluxos de água. (a) Rio Negro. (b) Rio Trombetas. (c) Rio Madeira. (d) Rio Xingu.

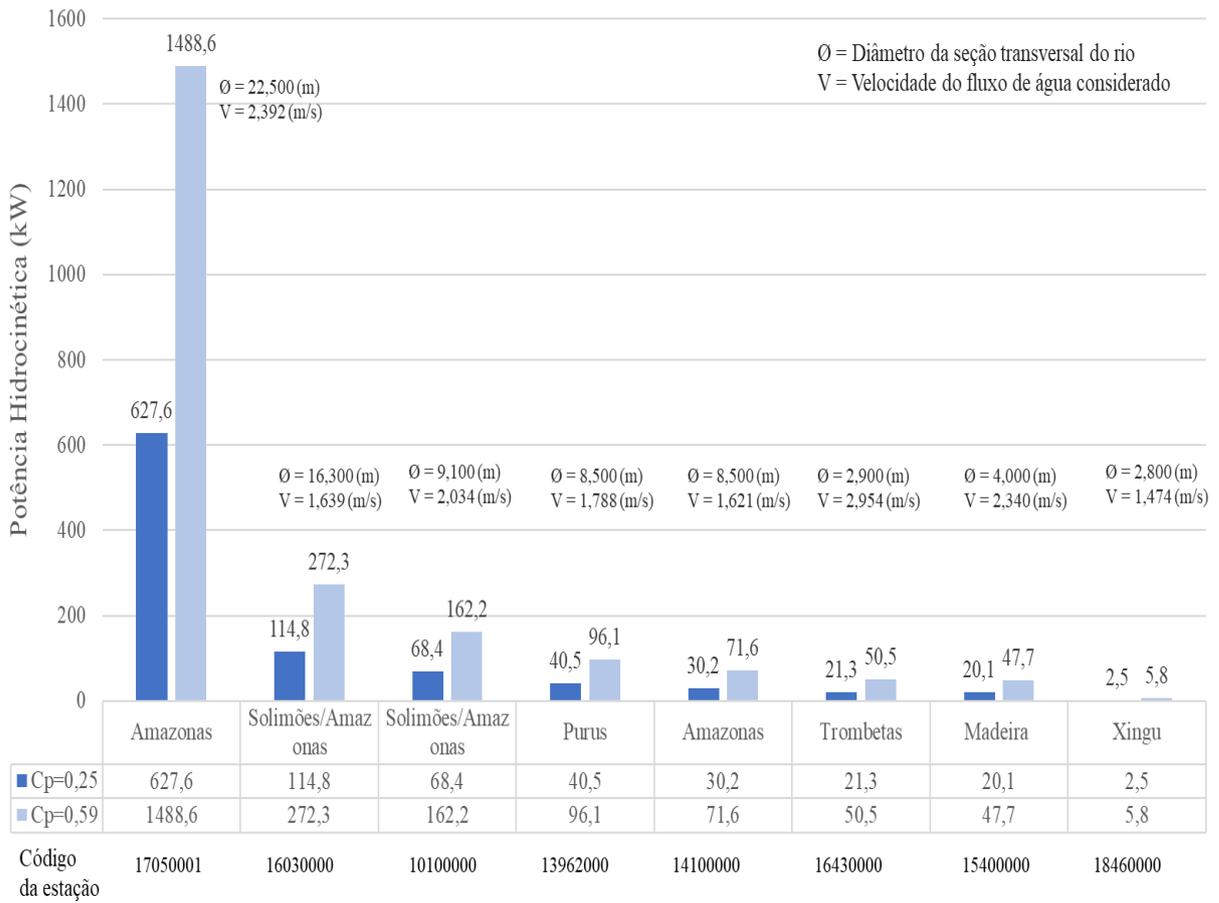


Fonte: Adaptado de Da Silva Cruz et al. (2020).

Informações como as mostradas na Figura 23 são necessárias para o cálculo da potência teórica hidrocinética. Baseado nesses dados, Da Silva Cruz et al. (2020) estimaram o potencial contido nos principais rios da região amazônica. A Figura 24 mostra o potencial energético teórico avaliado para alguns trechos dos rios avaliados por Da Silva Cruz et al. (2020), considerando dois valores diferentes de  $C_p$  (coeficiente de potência ou coeficiente de Betz).

Figura 24 – Potencial hidrocinético de algumas seções dos rios da bacia amazônica obtido no estudo de Da Silva Cruz et al. (2020).

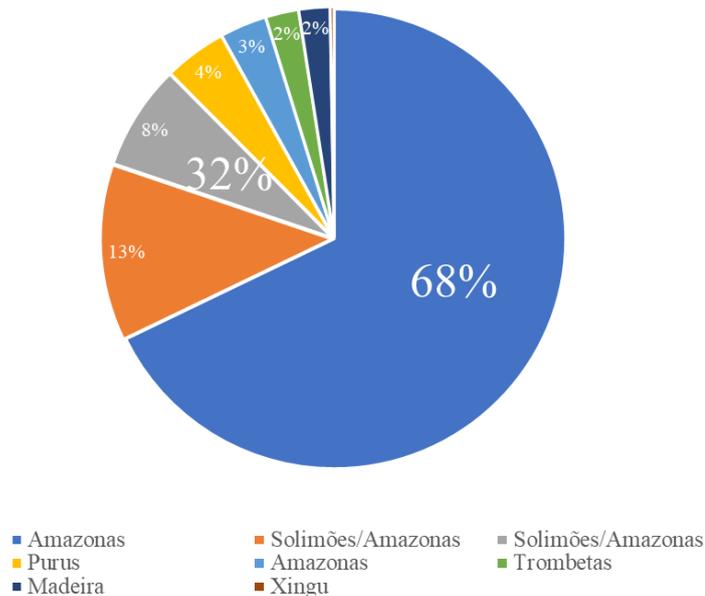
Potências Hidrocinéticas das Seções Transversais dos Rios da Bacia Amazônica Utilizadas no Estudo



Fonte: Feito com dados de Da Silva Cruz et al. (2020).

A partir dos resultados mostrados na Figura 24 foi feita a Figura 25. Podemos inferir que o rio Amazonas em seus possui os maiores potenciais hidrocinéticos, representando mais da metade do potencial disponível considerando os rios com maiores potenciais (Figura 25). Os motivos para tal disparidade é facilmente notável, pois, o rio Amazonas é o maior do mundo quando se trata de vazão de água.

Figura 25 – Percentual do potencial hidrocínéticas nos trechos de rios apresentados.



Fonte: Elaborado a partir de Da Silva Cruz et al. (2020).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho propõe a discussão de alternativas para implementar estruturas navais, do tipo flutuante, equipadas com dispositivos conversores da energia das correntezas, para implementação na região amazônica. Para isto, será apresentado um desenho conceitual simplificado de embarcação flutuante, contendo uma turbina hidrocínética. Serão discutidas também, as possibilidades de aproveitamento de outro tipo de energias renováveis, como a solar e a eólica, aproveitando a mesma embarcação. Para fins de discussão, serão utilizadas as informações contidas na revisão bibliográfica relacionada com a construção naval na região amazônica e com as tecnologias para aproveitamento da energia das correntezas.

A embarcação será desenhada fazendo uso de softwares de desenho auxiliado por computador (CAD - *Autocad*®), com a intenção de apresentar um projeto embrionário do arranjo de uma embarcação capaz de coletar energia das correntezas.

No desenho da estrutura, será verificado que se o modelo se assemelhe às embarcações já comumente construídas na região amazônica, visando não fugir dos tipos de casco típicos na região, considerando as capacidades e qualidades dos construtores navais presentes na região. Em seguida, o casco da estrutura será adaptado, adicionando os elementos necessários para a obtenção de energia das correntezas, bem como verificar a possibilidade de adicionar outras formas de obter energia utilizando a embarcação.

Posteriormente, serão discutidas as principais barreiras que podem ser encontradas para implementar projetos de energia renovável com estruturas flutuantes na região amazônica. Para isto, será consultada a literatura recente, incluindo principalmente bases de dados de publicações em revista e notícias encontradas em sítios web. Logo, serão discutidas as normativas marítimas aplicáveis para a implementação deste tipo de tecnologias na região amazônica. Para discutir esta parte do estudo, serão revisadas normativas nacionais com abrangência na região amazônica, considerando estruturas flutuantes previamente desenvolvidas na região.

Para ilustrar os resultados e discussões, alguns conceitos serão descritos utilizando imagens obtidas em revistas internacionais de livre acesso. Quando possível, serão utilizadas imagens sob a licença de livre acesso *Creative Commons* CC-BY 4.0 ou similar.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Conceito de embarcação coletora da energia das correntezas**

Considerando as condições da construção naval na região amazônica, o potencial hidrocínético dos rios da mesma, além das experiências prévias na região com coleta de energia a partir dos movimentos nas correntezas, fica evidente o potencial de desenvolvimento de projetos de conversão de energia das correntezas utilizando estruturas flutuantes desenvolvidas na região, com o intuito de obter essa energia contida nas águas amazônicas.

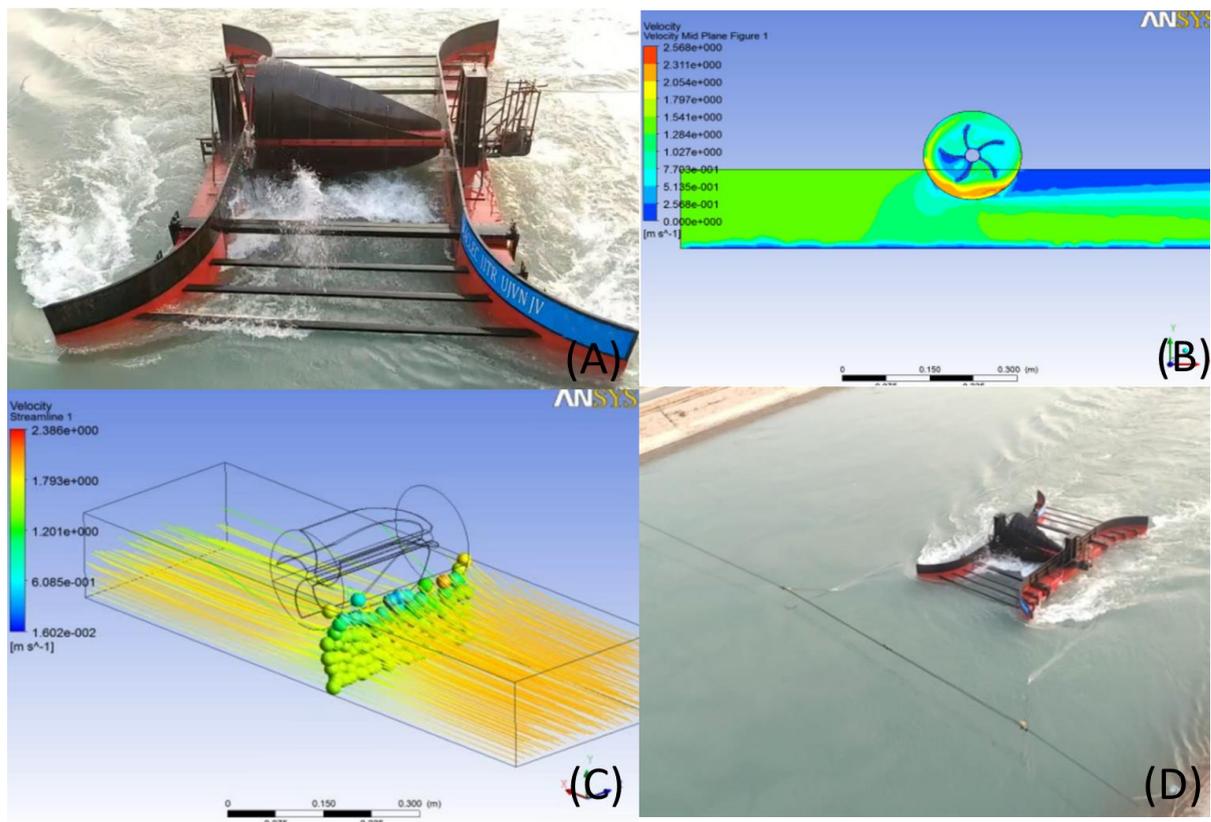
Este capítulo apresenta as partes mais relevantes que poderia ter um desenho conceitual de embarcação flutuante para esta finalidade, sendo capaz de coletar energia hidrocínética de acordo com as possibilidades da região e as condições oferecidas pelo mercado.

A ideia principal consiste em elaborar um casco de uma embarcação que proporcione a fluabilidade adequada para instalar um sistema de turbina hidrocínética (THC). Para fins práticos, recomenda-se que o desenho da embarcação seja similar aos protótipos construídos na indústria naval regional e que seja adaptado para que possam ser posicionadas as pás de uma THC. O modo de operação seria de maneira estacionária em um local coletando a energia contida nas correntezas dos rios, utilizando um sistema de ancoragem para manter a posição.

Inicialmente, o casco da nossa embarcação parte do protótipo da turbina hidrocínética flutuante apresentada por Bhardwaj e Bhardwaj et al. (2019), chamada VARUN-III (Figura 26a). A embarcação desenvolvida por estes autores passou por análises em fluidodinâmica computacional (Figuras 26b e 26c) em sua elaboração e apresentou bom desempenho em seus

testes. A Figura 26d mostra o modo de operação da estrutura flutuante com a turbina hidrocínética.

Figura 26 – (a) Protótipo da tecnologia proposta de sistema flutuante com turbina hidrocínética instalada no canal superior do Ganges, Uttarakhand. (b) Gráfico dos campos de velocidades da turbina VARUN-III obtidos com fluidodinâmica computacional. (c) Resultados das linhas de corrente obtidos com fluidodinâmica computacional. (d) Vista aérea da estrutura flutuante com a turbina em operação no canal.



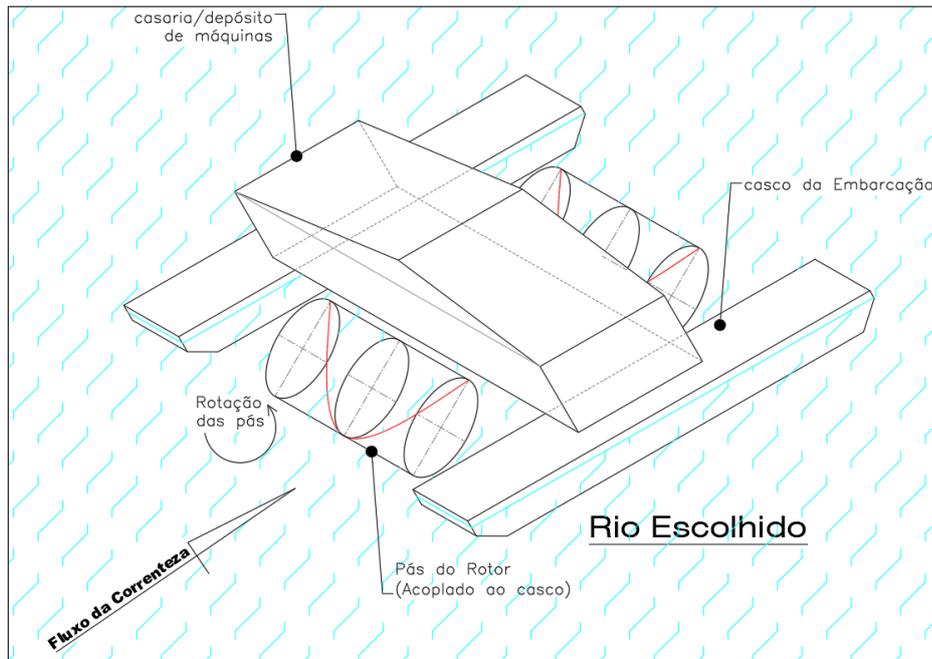
Fonte: Bhardwaj e Bhardwaj et al. (2019).

O modelo de Bhardwaj e Bhardwaj et al. (2019), entretanto, possui um casco consideravelmente esbelto, isto é, com várias curvas e formato não comum nas embarcações desenvolvidas na região amazônica. Visto o que foi apresentado anteriormente a respeito da construção naval na Amazônia, seria recomendável começar com uma proposta de casco mais simples.

A Figura 27 apresenta o desenho simplificado de um arranjo da disposição do casco e um esquema do funcionamento do modelo de turbina. Este foi pensado desta forma visando que as pás da THC não fiquem em balanço, e para isso, idealmente precisamos ter uma embarcação do tipo catamarã, isto é, com dois cascos, semelhante ao protótipo VARUN-III, descrito anteriormente. A embarcação, *a priori*, normalmente deve ser feita em um casco singelo, sem

muitas formas, visando não fugir do que já é comum entre os construtores navais amazônicos. À medida que embarcações do tipo forem feitas na região, podemos trabalhar pensando em cascos mais esbeltos ou com formas mais eficientes desde o ponto de vista hidrodinâmico.

Figura 27. Arranjo esquemático da embarcação

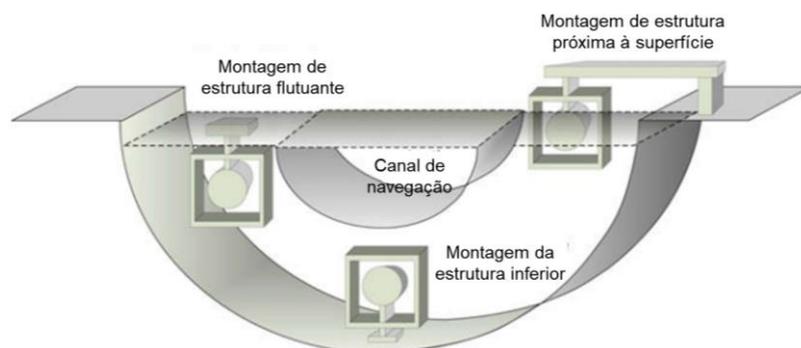


Fonte: autor.

Deste modo, podemos ter na embarcação uma ou várias THCs com pás de vários tipos, dependendo do porte da embarcação desejada.

Uma turbina hidrocínética pode apresentar suas configurações em formas diferentes, pois como foi apresentado anteriormente, podem-se utilizar pás de formatos diferentes. Além disso, essas pás podem se posicionar de maneiras diferentes em relação a superfície da água. A Figura 28 mostra as diferentes posições em que um sistema estrutura-turbina poderia ser instalado em relação a linha d'água.

Figura 28: Opções de montagem de turbinas hidrocínéticas.

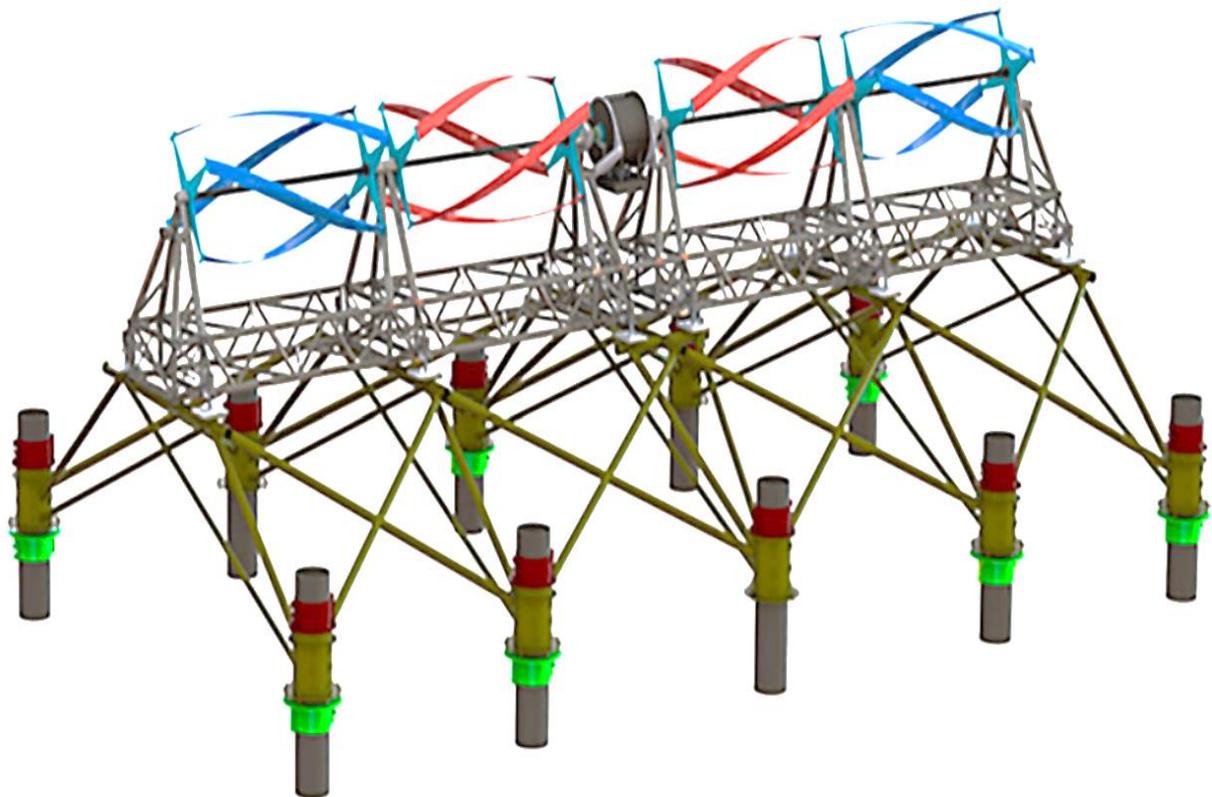


Fonte: Traduzido de Khan et al. (2009).

O projeto e o desenvolvimento do dispositivo que faz a conversão de energia não são detalhados no presente estudo por se tratar de tópicos interdisciplinares, nos quais é necessária a interação das áreas de engenharia mecânica, elétrica, controle, entre outras. Para a implementação prática destes dispositivos na região amazônica, principalmente em estágios iniciais de projeto, não necessariamente teriam de ser projetados desde seu início, visto que algumas empresas já atuam no ramo da coleta de energia das ondas e correntezas e, provavelmente, já existam alguns dispositivos comerciais.

É o caso, a exemplo, da empresa *Ocean Renewable Power Company*, que tem em seus catálogos algumas ideias e projetos que podem ser adaptados à embarcação que está sendo discutida. A Figura 29 mostra um dos modelos ofertados pela empresa. O produto, de nome *TidGen*, é implementado fazendo uso da gravidade para sua ancoragem no fundo de rios ou mares. Contudo, poderíamos adaptá-lo para ser acoplado em uma embarcação do tipo proposto neste trabalho.

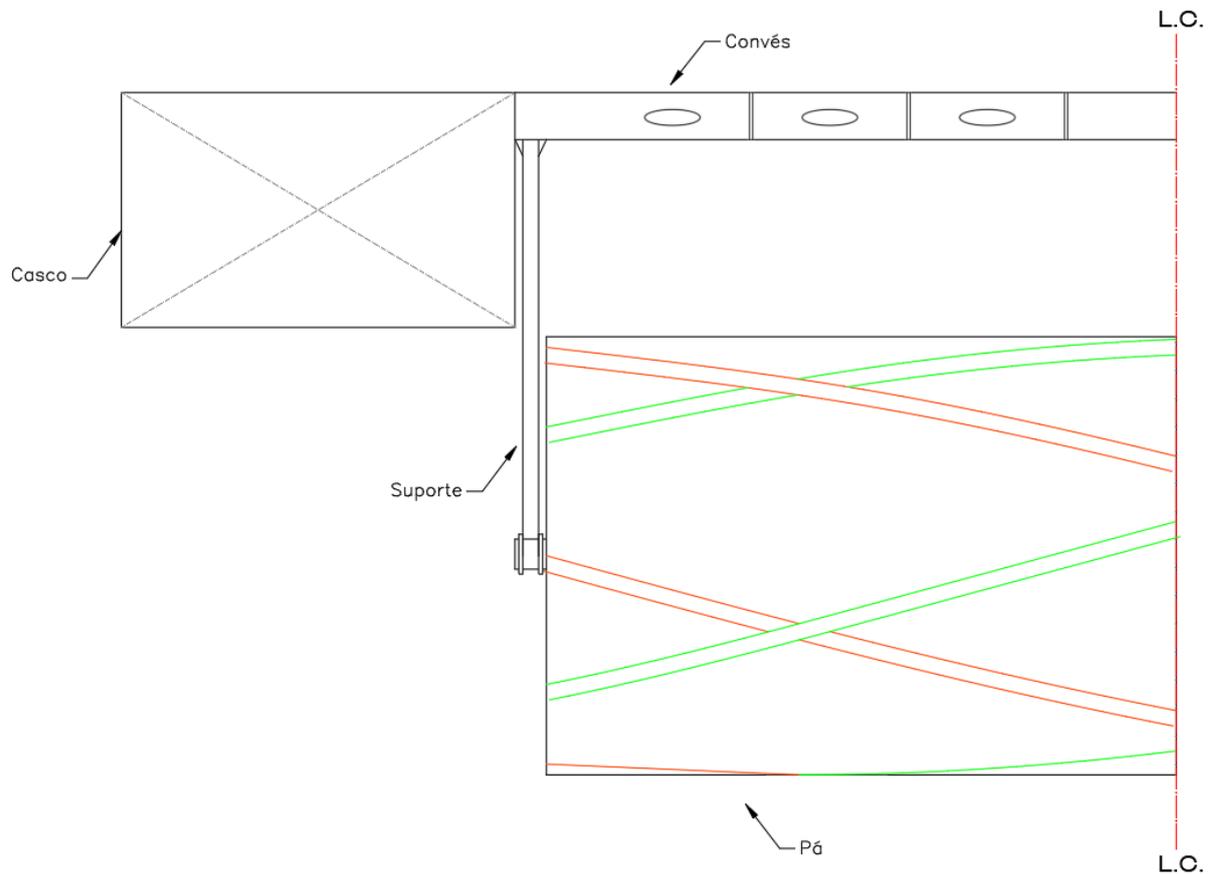
Figura 29 – Representação alternativa do arranjo da turbina hidrocínica *TidGen*. Imagem usada sob a licença *Creative Commons CC-BY-NC-ND 4.0* (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Fonte: Nelson et al. (2018).

A Figura 30 nos dá uma ideia de como ficariam as pás da THC adaptadas ao casco da embarcação proposta. Neste caso, utilizando este projeto no modelo apresentado, precisaríamos que as pás estejam totalmente submersas, para que a turbina funcione de acordo com o projetado para o *TidGen*.

Figura 30: Pás da turbina *TidGen* adaptadas ao casco da embarcação flutuante proposta.



Fonte: Autor.

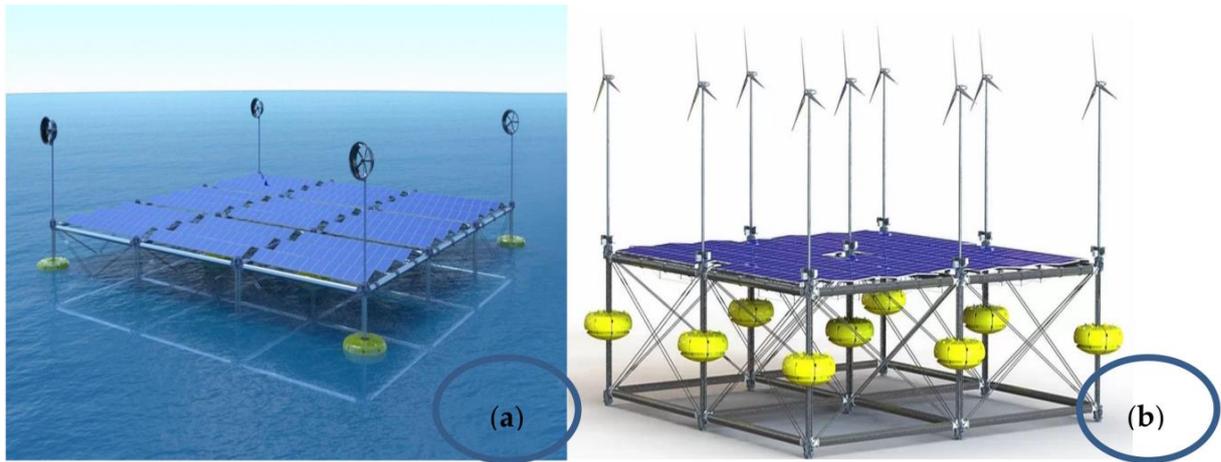
Segundo Solomin et al. (2021), projetos de sistemas flutuantes com tecnologias renováveis híbridas, combinando energia fotovoltaica com plantas hidrocinéticas ou eólicas, teriam a capacidade tecnológica de produzir grande parte da eletricidade anual do mundo. Este fato se deve a que ambas as fontes de energia serem limpas e renováveis.

As figuras 31 apresenta alguns projetos de conversão de energia de forma híbrida, considerando o aproveitamento da energia solar e das ondas (Figura 31a), assim como de energia solar e eólica (Figura 31b). Por outro lado, a Figura 32 mostra um conceito de parque flutuante offshore, considerando as energias solar, eólica e hidrogênio verde.

Os conceitos de sistemas de aproveitamento de energia híbridos vêm ganhando notoriedade ao longo dos anos, visto que seus desenvolvimentos e aprimoramentos podem ser, além de altamente rentáveis, bastante benéficas ao meio ambiente, visto que as energias são

consideradas limpas. Deste modo, assim como Bhardwaj e Bhardwaj et al. (2019) em seu protótipo (Figura 26), podemos adaptar a embarcação proposta para a região amazônica, com a intenção de aproveitar ainda a energia solar fotovoltaica e eólica.

Figura 31 – Conceitos de sistemas flutuantes de conversão de energia híbridos. (a) Conversão de energia solar e das ondas. (b) Conversão de energia solar e eólica.



Fonte: Sinn Power<sup>®</sup> apud Solomin et al. (2021).

Figura 32 – Conceito de parque flutuante *offshore* para conversão de energia solar, eólica e hidrogênio verde.



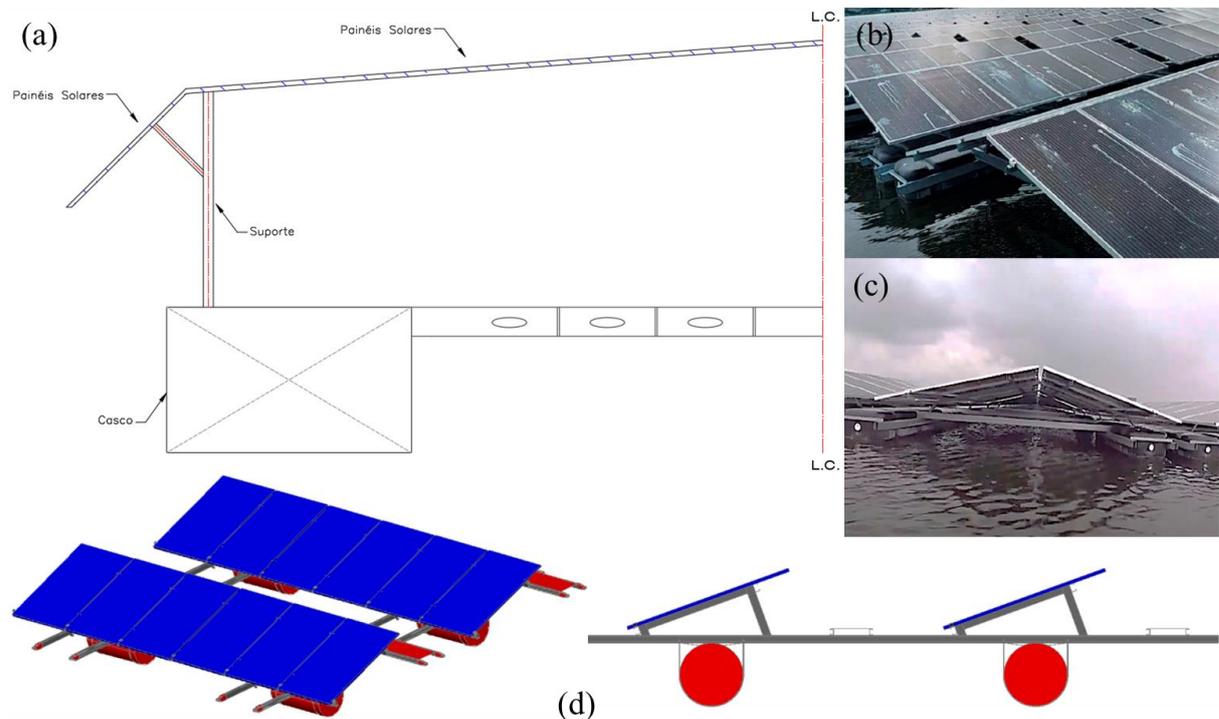
Fonte: Acciona<sup>®</sup> apud Solomin et al. (2021).

Com relação às energias renováveis que podem ser aproveitadas na região amazônica, Matos et al. (2011) apresentaram um estudo discutindo diversas barreiras e possibilidades para seu uso. A região amazônica passa pela linha do equador, isto dignifica que é região de boa localização para coleta de energia solar, como definido por Schmid e Hoffmann (2004), que propuseram

um estudo com alternativas para substituir o uso do combustível *diesel* por energia solar na região amazônica. Embora a região amazônica tenha uma extensa área florestal, com muitos árvores e plantas, temos ocorrências eventuais de ventos que poderiam ser aproveitadas, considerando uma produção de eletricidade para baixo consumo (SÁNCHEZ; TORRES; KALID, 2015). As Figuras 33 e 34 mostram como poderiam ser alocados equipamentos visando coletar energia solar e do vento, respectivamente. É importante mencionar que atualmente, já existem tecnologias maduras para aproveitamento de energia solar e estas podem ser encontradas com facilidade em lojas e sites comerciais nacionais (SOLARBRASIL, 2022). Também, existem microturbinas eólicas de baixo consumo que podem ser adquiridas em alguns sites comerciais internacionais (ALIBABA, 2022).

Precisaríamos, de forma evidente, estruturar nossa embarcação com suportes ideais para montagem das placas solares (Figura 33a). As Figuras 33b e 33c mostram exemplos de instalação de painéis solares em estruturas flutuantes. Pode-se observar que o arranjo típico possui uma inclinação dos painéis com relação ao eixo horizontal (Figura 33d).

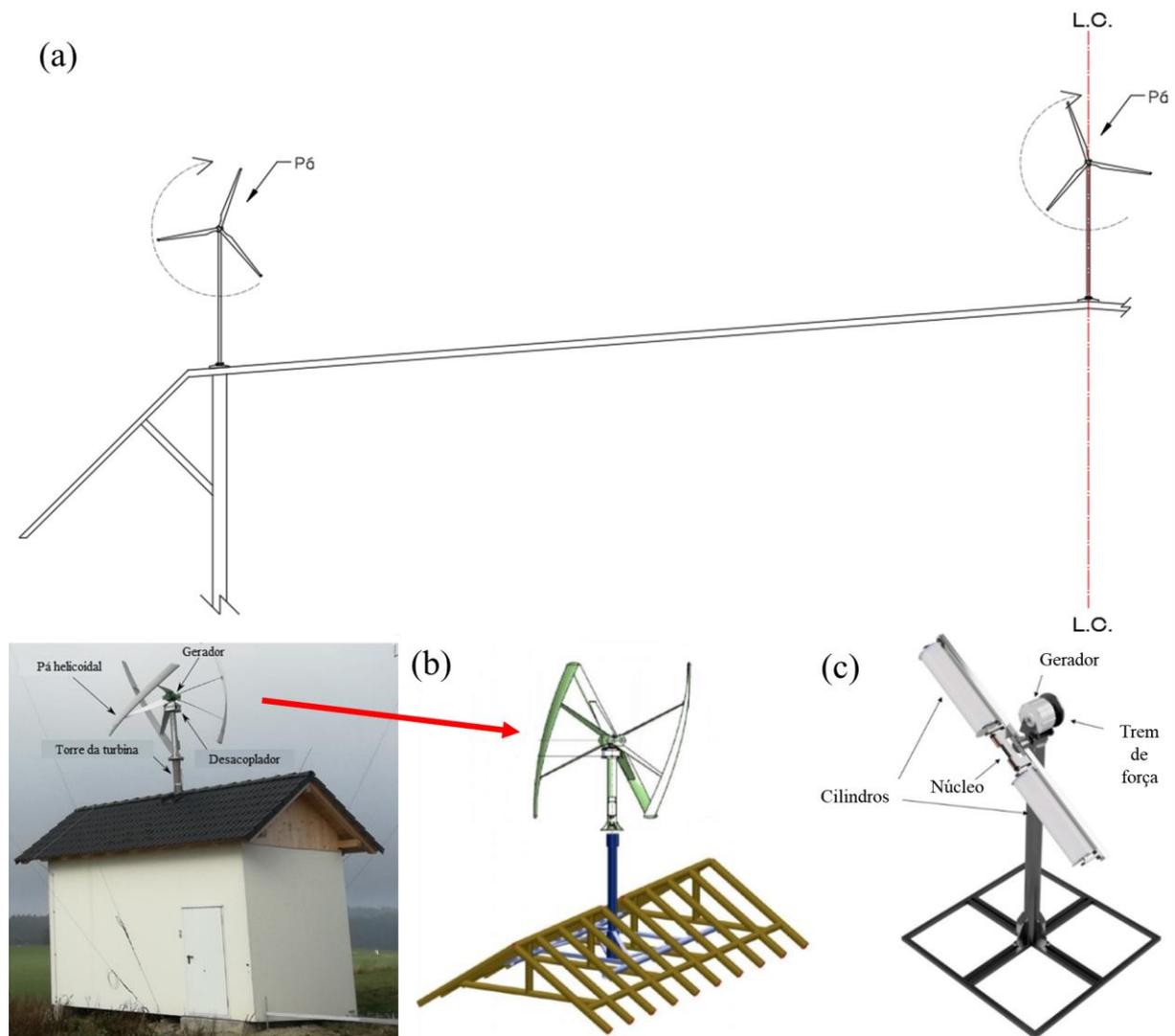
Figura 33 – (a) Casco da embarcação com suporte para painéis fotovoltaicos. (b) Exemplo de instalação de painéis solares em estruturas flutuantes. (c) Exemplo de estrutura flutuante com painéis solares. (d) Proposta de instalação de painéis seguindo alternativas da literatura. As figuras (b)-(d) foram usadas sob a licença CC-BY 4.0.



Fonte: (a) Elaboração própria; (b) e (c) Pedroso de Lima et al. (2021); (d) Kim et al. (2020).

A Figura 34a mostra uma ideia do arranjo proposto para a embarcação. Cabe mencionar que atualmente existem vários tipos de turbinas de vento que estão sendo desenvolvidas para uso residencial. A Figura 34b mostra um exemplo de turbina helicoidal utilizada para uma casa que poderia ser considerada para a embarcação flutuante proposta (CASTELLANI et al., 2019). Por outro lado, avanços científicos mais recentes propõem o uso de turbinas com pás cilíndricas, que utilizam o “efeito Magnus” causado pelo ar para se movimentar, como pode ser visto na Figura 34c (LUKIN et al., 2022).

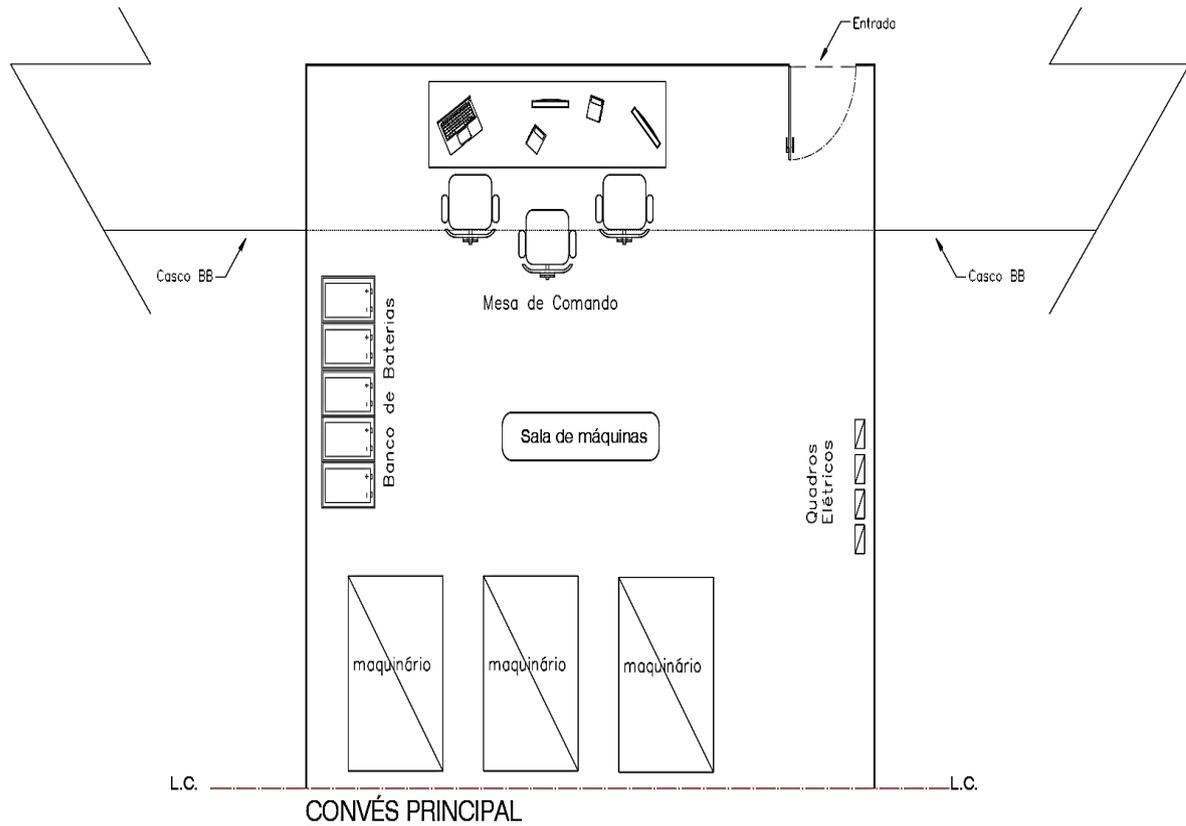
Figura 34 – (a) Suportes com pás eólicas. (b) Alternativa de uso de microturbinas de vento residenciais. (b) Alternativa de uso de tecnologias de microturbinas recentes baseadas no efeito Magnus. As figuras (b) e (c) foram usadas sob a licença CC-BY 4.0.



Fonte: (a) Elaboração própria. (b) Castellani et al. (2019). (c) Lukin et al. (2022).

Com as alternativas mostradas nas figuras anteriores poderia ser aproveitado um potencial energético adicional com a embarcação proposta. Por outro lado, a embarcação vai precisar de um espaço destinado para equipamentos, incluindo maquinários, baterias, alternadores e demais componentes necessários para o seu funcionamento. A Figura 35 mostra uma proposta de como poderia ser disposta esta sala no próprio convés da embarcação.

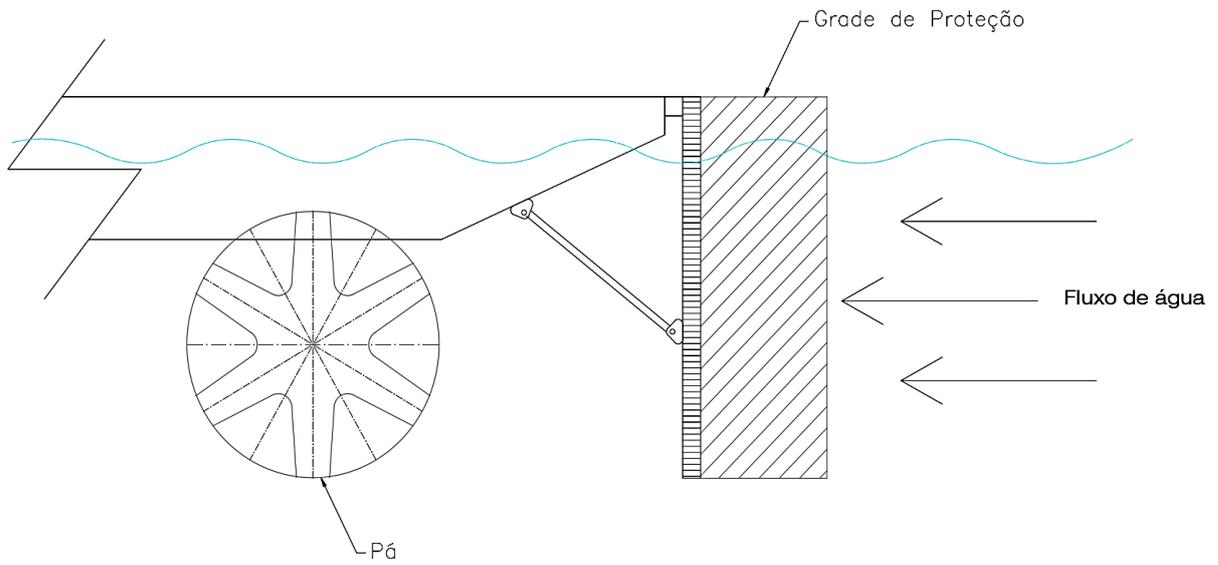
Figura 35 – Sala de máquinas no convés da embarcação proposta.



Fonte: autor.

Todavia, e dependendo do local onde o flutuante irá operar, devemos nos preocupar com os resíduos trazidos pelos rios em seu trajeto, pois os rios amazônicos são conhecidos por trazerem em seus percursos dejetos liberados pela natureza, como troncos de árvores e plantas flutuantes. A figura 36 nos dá uma ideia de como podemos proteger o sistema de conversão de energia das correntezas de impactos com coisas do tipo. Deste modo, pode-se ter uma embarcação capaz de fazer o que foi proposta a fazer, com maior segurança na estrutura.

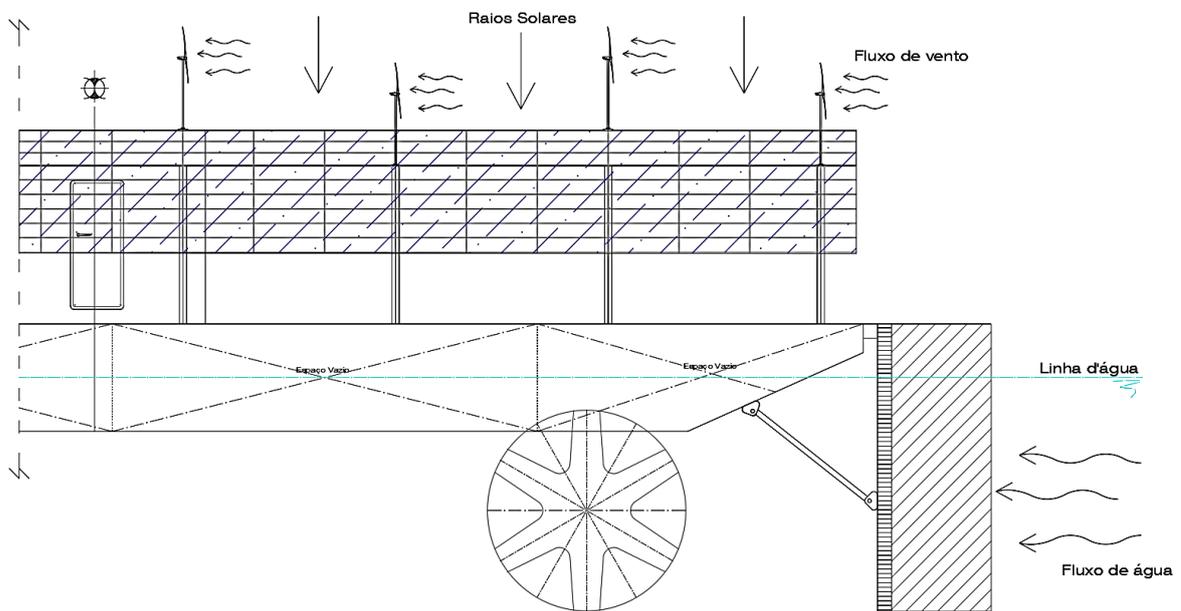
Figura 36 – Gade de proteção para evitar colisões com plantas, troncos e objetos flutuantes.



Fonte: autor.

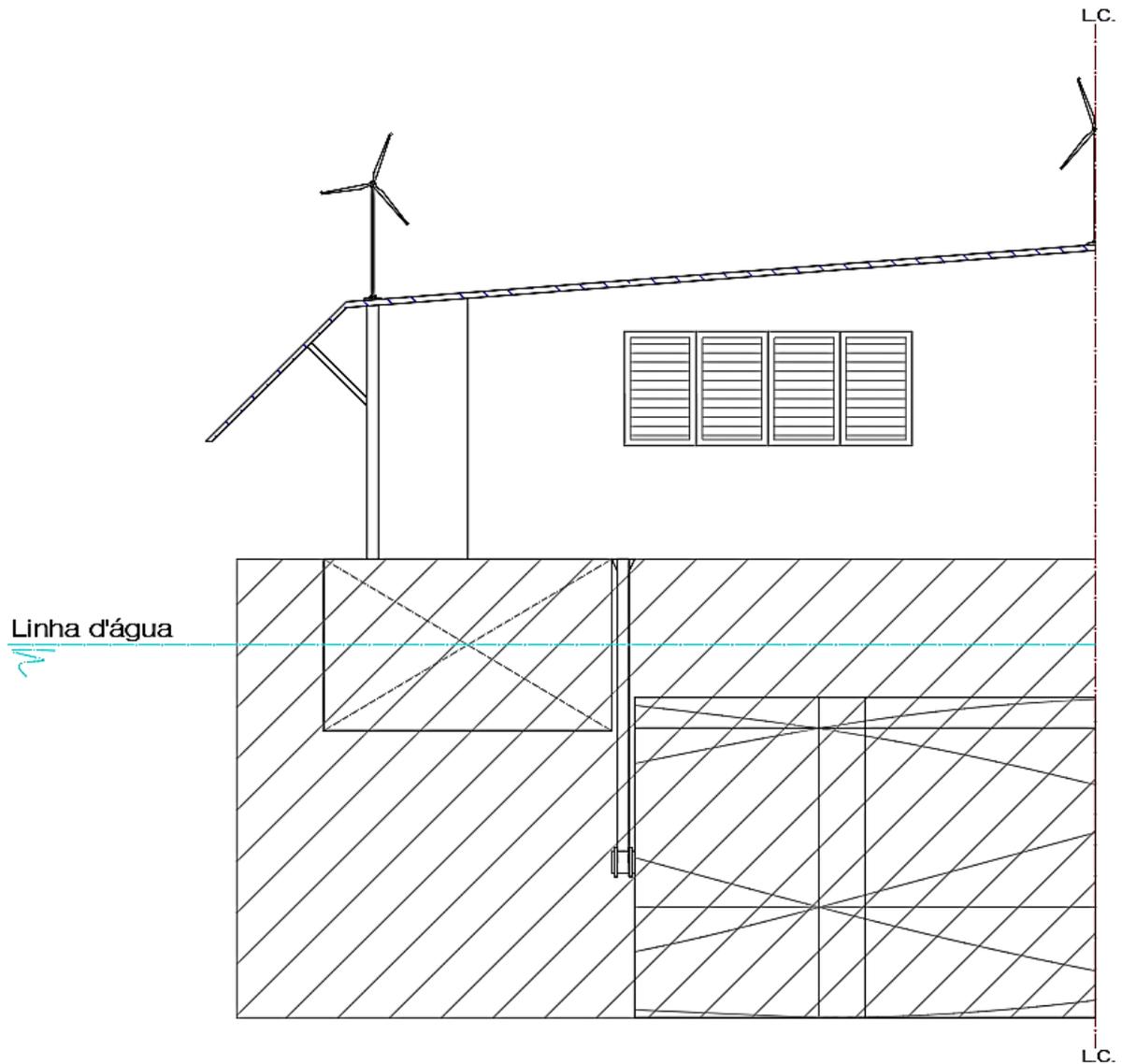
As Figuras 37 e 38 mostram uma ideia de como ficaria a embarcação com a estrutura e equipamentos montados através de uma vista longitudinal e uma vista transversal, respectivamente.

Figura 37 – Perfil longitudinal a vante da embarcação.



Fonte: autor.

Figura 38 – Vista frontal da embarcação BE.



Fonte: autor.

#### 4.2 Desafios técnicos e possíveis barreiras para implementar uma estrutura flutuante conversora de energia das correntezas nos rios da Amazônia

A construção de uma embarcação conversora da energia das correntezas pode esbarrar em desafios encontrados na região amazônica. Esses desafios podem aparecer durante os processos de planejamento, construção, instalação e uso.

A Amazônia ainda se encontra em desenvolvimento tecnológico com relação às atividades de construção naval, apesar da imensa habilidade de algumas pessoas da região em produzir embarcações. Visto isso, o processo de fabricação de uma estrutura flutuante do tipo deve ser acompanhado de forma incisiva pelo responsável técnico, e o projeto final deve conter a maior quantidade de informação possível.

O desempenho de qualquer produto tende a aumentar por meio de aprimoramentos e versões atualizadas. É importante que os dimensionamentos sejam feitos para que o desempenho inicial da embarcação seja atrativo para possíveis investidores. Na continuação, são descritos alguns fatores que precisam ser considerados durante o planejamento de estruturas flutuantes com fins de aproveitamento de energias renováveis na região amazônica.

- Um grande foco na construção do flutuante deve ser no seu custo de construção, pois, por se tratar de um conceito novo na região, a cotação de valores para sua fabricação pode oscilar bastante de um construtor para outro.

- A localidade onde o flutuante pode ser instalado deve ser estudada de forma incisiva. O estudo do sítio de instalação deve ser feito considerando dois fatores: primeiro, devem-se ter em mente as características geográficas das comunidades a que se deseja atender, e em seguida, devem ser avaliadas as condições dos corpos de água ao entorno (cinemática, composição química, batimetrias, tipo de solo para ancoragem etc.), pois, a comunidade pode não se encontrar em local adequado para instalação do flutuante. Além disso, dependendo do local escolhido, as manutenções e reparos necessários para o pleno funcionamento da embarcação podem se tornar de extrema complexidade.

- Sistemas de ancoragem adequados devem ser escolhidos. Para isto, o projeto dos sistemas de ancoragem pode ser baseado nas pesquisas desenvolvidas para outras energias renováveis. Como exemplo, pode ser mencionado o caso dos dispositivos de conversão de energia das ondas, onde já existem algumas alternativas para projetar sistemas de ancoragem de dispositivos flutuantes, como descrito por Davidson et al. (2017).

- A flora e a fauna amazônica são indiscutivelmente das mais diversas, sendo a biodiversidade regional uma referência mundial. A embarcação deve ser pensada e deve estar localizada em pontos estratégicos, onde ela não venha a causar impactos ou mudanças na rotina dos animais que habitam ao entorno.

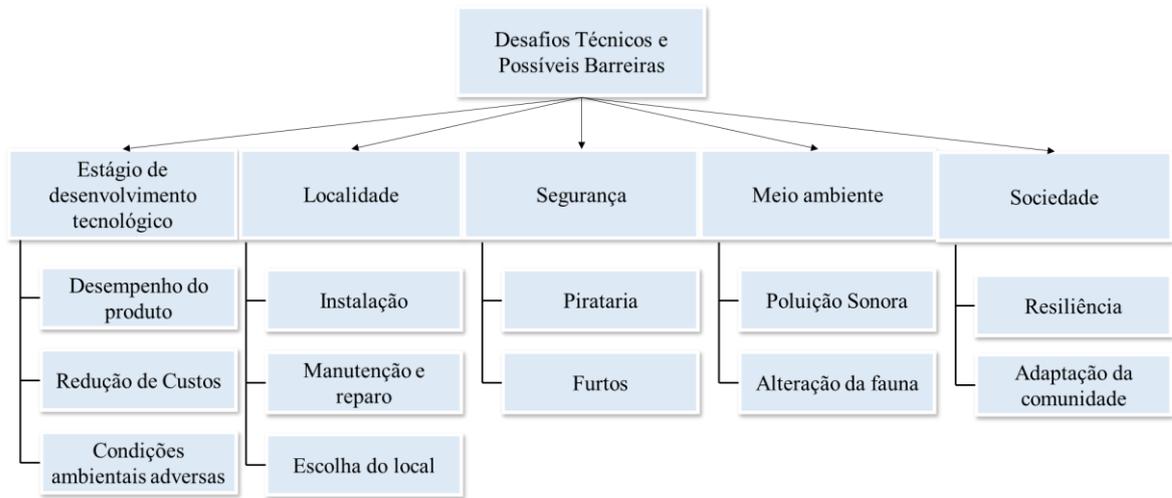
- A região norte do Brasil ainda é acometida pela ação de piratas; então, a embarcação deve ser pensada de forma que venha a manter seus equipamentos em total segurança contra furtos e roubos. Provavelmente, o uso de tecnologias 4.0, como por exemplo a Internet das coisas (JAVAID et al., 2022), possam contribuir para monitorar o funcionamento da embarcação e manter comunicação com estações de vigilância no futuro.

- A implementação de um flutuante do tipo pode fazer com que a população ao entorno dela possa a ter seu dia a dia alterado. A resiliência da população ao entorno deve ser estudada para que se possa ter um funcionamento harmônico entre a comunidade e o dispositivo.

- Outro desafio a ser estudado será a forma com que a energia coletada pela embarcação será transmitida para os consumidores finais.

A Figura 39 apresenta um fluxograma dos principais desafios técnicos que podem ser encontrados na instalação de uma embarcação coletora de energia das correntezas na região amazônica.

Figura 39 – Desafios técnicos e possíveis barreiras para instalação de uma embarcação coletora de energia das correntezas na região amazônica.



Fonte: autor.

### 4.3 Normas aplicáveis para regularização de uma embarcação do tipo na região Amazônica

Embora já tenham sido feitos alguns anteprojetos relacionados com a conversão da energia das correntezas na região amazônica, a implementação de estruturas flutuantes (embarcações) apresentaria um conceito novo em termos de legislação marítima, com um tipo de operação ainda não comum na região amazônica. Ao conhecimento do autor, ainda não existem leis ou regulamentações que proporcionem recomendações sobre o seu uso em específico, considerando a problemática regional.

Entretanto, a construção da estrutura ou sistema flutuante estaria sujeita às normas da autoridade marítima para embarcações que operam em águas abrigadas. No Brasil, a Diretoria de Portos e Costas (DPC), organização subordinada à Diretoria Geral de Navegação (DGN), é a autoridade competente que regula a construção e condições de operação de embarcações que operam na navegação interior por meio das Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior: NORMAM-02/DPC (MARINHA-DO-BRASIL, 2021).

Por conseguinte, nas fases iniciais de planejamento, esta norma poderia ser considerada como um primeiro passo para considerar as normas aplicáveis a embarcação proposta neste trabalho. A norma mencionada e outras normas aplicáveis na indústria naval da região amazônica podem ser encontradas no site da própria DPC.

Além disso, a embarcação e suas operação estão sujeitas às condições da capitania do porto em que ela será registrada. As águas na região da Amazônia estão sob supervisão da Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental (CFAOC), cujo livro de normas, chamado de Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental (NPCF), também se encontra em site próprio.

Caso seja uma embarcação, do tipo flutuante e não propulsada, não deverá atingir arqueação bruta superior a 2000, sendo assim, de acordo a legislação atual, não será necessário seu registro em uma sociedade classificadora. Entretanto, como a NORMAM-02/DPC não trata de requisitos estruturais, é recomendável que sua estrutura seja definida com base no livro de regra de uma sociedade classificadora, visando que não apresente qualquer tipo de falha estrutural após seu uso.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho discutiu o uso de estruturas flutuantes, típicas da região amazônica, como alternativa para aproveitar a energia das correntezas. Foi feito um levantamento de diversas aplicações de estruturas flutuantes na Amazônia brasileira, assim como das principais tecnologias que existem para converter a energia hidrocínética das correntes de água em energia elétrica. Foram apresentadas algumas alternativas para definir um desenho conceitual de embarcação conversora de energia das correntezas, discutindo as possibilidades de inovação. Também, foram discutidas as principais barreiras que podem encontrar este tipo de tecnologias na região amazônica. As principais conclusões são listadas a seguir:

- Existe a necessidade de proporcionar alternativas de geração de energia elétrica, embora seja para baixo consumo, em regiões remotas da região norte do Brasil.
- Existe potencial de aproveitamento da energia hidrocínética nos rios da região amazônica que pode ser aproveitado por meio de dispositivos de conversão de energia das correntezas instalados em estruturas (ou sistemas) flutuantes.
- A Engenharia Naval pode contribuir significativamente no desenvolvimento de diversos tipos de estruturas flutuantes sustentáveis de aproveitamento energético.

- Além do aproveitamento da energia das correntezas, as estruturas ou sistemas flutuantes podem ser adaptados para aproveitar também a energia solar e eólica.
- A preservação ambiental, a resiliência social e os custos de instalação e operação, são fatores cruciais a serem pesquisados durante o planejamento de projetos de conversão de energia das correntezas usando sistemas flutuantes.
- Os desafios técnicos principais podem estar relacionados com a ancoragem, estabilidade em condições ambientais adversas, prevenção de colisões por causa de objetos flutuantes como troncos, e monitoramento operacional em regiões remotas.
- Com relação à legislação marítima para este tipo de estruturas na região amazônica, ainda não existem normas específicas que considerem a problemática local. Porém, projetos pioneiros podem consultar as normativas regionais relacionadas com embarcações flutuantes típicas.
- Em possíveis projetos do tipo apresentado neste trabalho, recomenda-se seguir a experiência previa no desenvolvimento, implementação, e legislação das operações de outros tipos de estruturas flutuantes comumente usadas na região amazônica.

## REFERÊNCIAS

ALIBABA. **Mini Turbina Eólica Micro.** Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/g/mini-micro-wind-turbine.html>>. Acesso em: 4 out. 2022.

ANA. **ANA - Agência Nacional de Águas: A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos.**, 2007. Disponível em: <<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2016/25abr%20cad%203.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022

ANA. **ANA - Agência Nacional de Águas. HIDROWEBv3.2.7. Rede Hidrometeorológica Nacional.** Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

ANDRADE, M. **Tipos e utilidades dos veículos de transportes fluviais do Amazonas: sociologia.** [s.l: s.n.].

ARAÚJO, M. A. DE. **Prospecção de parques hidrocínéticos: comparação entre projetos preliminares nos rios Iguaçu e Paraná.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia)—Foz de Iguaçu: Universidade Federal da integração Latino-Americana, 2016.

ARISTIZÁBAL-TIQUE, V. H. et al. Development of riverine hydrokinetic energy systems in Colombia and other world regions: a review of case studies. **Dyna**, v. 88, n. 217, p. 256–264, 2021.

BÁRCENAS GRANIEL, J. F. et al. Assessing Hydrokinetic Energy in the Mexican Caribbean: A Case Study in the Cozumel Channel. **Energies**, v. 14, n. 15, p. 4411, 2021.

BEHROUZI, F.; MAIMUN, A.; NAKISA, M. Review of various designs and development in hydropower turbines. **International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering**, v. 8, n. 2, p. 293–297, 2014.

BERNITSAS, M. M. et al. VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy): A new concept in generation of clean and renewable energy from fluid flow. **Journal of offshore mechanics and Arctic engineering**, v. 130, n. 4, 2008.

BHARDWAJ, B.; BHARDWAJ, N. **Hydrokinetic-Solar Hybrid Floating Renewable Energy Generation System to Explore Hydro and Solar Power Potential Worldwide**. Proceedings of the 2nd International Conference on Large-Scale Grid Integration of Renewable Energy in India, New Delhi, India. **Anais...**2019.

CASTELLANI, F. et al. Experimental vibration analysis of a small scale vertical wind energy system for residential use. **Machines**, v. 7, n. 2, p. 35, 2019.

CRUZ, R. W. A. D. A. **Geração de eletricidade com turbina hidrocínética na Amazônia: o caso da comunidade de São Sebastião**. Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, Brazil, Proceedings. **Anais...**Campinas: SciELO Brasil, 2000.

DA SILVA CRUZ, J.; BLANCO, C. J. C.; JUNIOR, A. C. P. B. Flow-velocity model for hydrokinetic energy availability assessment in the Amazon. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 42, p. e45703–e45703, 2020.

DA SILVA HOLANDA, P. et al. Assessment of hydrokinetic energy resources downstream of hydropower plants. **Renewable Energy**, v. 101, p. 1203–1214, 2017.

DAVIDSON, J.; RINGWOOD, J. V. Mathematical modelling of mooring systems for wave energy converters—A review. **Energies**, v. 10, n. 5, p. 666, 2017.

DE LIMA, R. L. P. et al. In-situ water quality observations under a large-scale floating solar farm using sensors and underwater drones. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 6421, 2021.

DE SOUZA, F. M.; OLIVEIRA, T. F.; JUNIOR, A. C. B. **Estudo experimental de um modelo reduzido de turbina hidrocínética**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. **Anais...**2006.

FERREIRA, A. et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181–191, 2018.

FOGÁS. **Fogás: Galeria de imagens**. Disponível em: <[https://www.fogas.com.br/?page\\_id=1149](https://www.fogas.com.br/?page_id=1149)>. Acesso em: 23 set. 2022.

FORBES. **Açaí em fábrica flutuante, a nova saga amazônica pronta para navegar**. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2021/04/acai-em-fabrica-flutuante-a-nova-saga-amazonica-pronta-para-navegar/>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

FREITAS, G. S.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **Nexos Econômicos**, v. 7, n. 1, p. 71–94, 2013.

GAJEK, A. et al. Process safety education of future employee 4.0 in Industry 4.0. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 75, p. 104691, 2022.

GÜNEY, M.; KAYGUSUZ, K. Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2996–3004, 2010.

HAGERMAN, G. et al. Methodology for estimating tidal current energy resources and power production by tidal in-stream energy conversion (TISEC) devices. **EPRI North American tidal in stream power feasibility demonstration project**, v. 1, 2006.

HARWOOD, J. H. Protótipo de um cata-àgua que gera 1 Kw de eletricidade. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 3–4, p. 403–412, 1985.

HARWOOD, J. H.; ALMEIDA, R. DE. Hidreletricidade do rio Solimões usando um" cata-àgua". **Acta Amazonica**, v. 11, p. 659–661, 1981.

HERNÁNDEZ-FONTES, J. V. et al. On the marine energy resources of Mexico. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 7, n. 6, p. 191, 2019.

HERNÁNDEZ-FONTES, J. V. et al. Is ocean energy an alternative in developing regions? A case study in Michoacan, Mexico. **Journal of Cleaner Production**, v. 266, p. 121984, 2020.

HERNÁNDEZ-FONTES, J. V. et al. Toward More Sustainable River Transportation in Remote Regions of the Amazon, Brazil. **Applied Sciences**, v. 11, n. 5, p. 2077, 2021.

IBGE. **Mapa das divisões hidrográficas do Brasil 2021**. , 2021. Disponível em: <[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/bacias\\_e\\_divisoes\\_hidrograficas\\_do\\_brasil/2021/Divisao\\_Hidrografica\\_Nacional\\_DHN250/mapas/mapa\\_das\\_divisoes\\_hidrograficas\\_do\\_brasil\\_2021.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/bacias_e_divisoes_hidrograficas_do_brasil/2021/Divisao_Hidrografica_Nacional_DHN250/mapas/mapa_das_divisoes_hidrograficas_do_brasil_2021.pdf)>. Acesso em: 9 fev. 2022

ISMAIL, K. A.; BATALHA, T. P.; LINO, F. A. Hydrokinetic turbines for electricity generation in isolated areas in the Brazilian Amazon. **Int. J. Eng. Tech. Res**, v. 3, p. 127–135, 2015.

JAVAID, M. et al. Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. **Sustainable Operations and Computers**, 2022.

KABIR, A.; LEMONGO-TCHAMBA, I.; FERNANDEZ, A. An assessment of available ocean current hydrokinetic energy near the North Carolina shore. **Renewable Energy**, v. 80, p. 301–307, 2015.

KHAN, M. et al. Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. **Applied energy**, v. 86, n. 10, p. 1823–1835, 2009.

KIM, S.-H. et al. Design and installation of 500-kW floating photovoltaic structures using high-durability steel. **Energies**, v. 13, n. 19, p. 4996, 2020.

LINS, N. V. M. et al. **Construção Naval no Amazonas: proposições para o mercado**. COPINAVAL, CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL. **Anais...**2009.

LUCENA, J. DE A. Y.; LUCENA, K. Â. A. Wind energy in Brazil: an overview and perspectives under the triple bottom line. **Clean Energy**, v. 3, n. 2, p. 69–84, 2019.

LUKIN, A. et al. Small Magnus Wind Turbine: Modeling Approaches. **Applied Sciences**, v. 12, n. 4, p. 1884, 2022.

MAGAGNA, D.; UIHLEIN, A. Ocean energy development in Europe: Current status and future perspectives. **International Journal of Marine Energy**, v. 11, p. 84–104, 2015.

MARINHA-DO-BRASIL. **NORMAM - Normas da Autoridade Marítima**. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/dpc/normas>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MARTINS, W. B. R. et al. Mining in the Amazon: Importance, impacts, and challenges to restore degraded ecosystems. Are we on the right way? **Ecological Engineering**, v. 174, p. 106468, 2022.

MATOS, F. B. et al. A research on the use of energy resources in the Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 3196–3206, 2011.

MEYER, I.; VAN NIEKERK, J. L. Towards a practical resource assessment of the extractable energy in the Agulhas ocean current. **International journal of marine energy**, v. 16, p. 116–132, 2016.

MOHAN, S. V. et al. Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: critical review and future perspectives. **Bioresource technology**, v. 215, p. 2–12, 2016.

NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop science**, v. 47, n. 6, p. 2228–2237, 2007.

NELSON, K. et al. A framework for determining improved placement of current energy converters subject to environmental constraints. **International Journal of Sustainable Energy**, v. 37, n. 7, p. 654–668, 2018.

OES. Anual Report, An Overview of Ocean Activities in 2021. 2021.

ONS. **Mapa Geoelétrico Rede de Operação - Brasil - 2024**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>. Acesso em: 6 out. 2022.

PERUCHI, F. et al. **Gestão de operações de produção em células da Bertolini construção naval da Amazônia LTDA do polo industrial de Manaus**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Negócio)—Manaus: fundação Dom Cabral; Instituto de Transporte e Logística, 2017.

RUAS, J. A. G. et al. **Relatório de acompanhamento setorial: Indústria naval. Volume IV**, 2009. Disponível em: <[https://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/naval\\_vol-IV\\_julho2009.pdf](https://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/naval_vol-IV_julho2009.pdf)>. Acesso em: 7 abr. 2022

SÁNCHEZ, A.; TORRES, E.; KALID, R. DE A. Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 278–290, 2015.

SCHMID, A. L.; HOFFMANN, C. A. A. Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems. **Energy Policy**, v. 32, n. 7, p. 881–898, 2004.

SHADMAN, M. et al. Ocean renewable energy potential, technology, and deployments: a case study of Brazil. **Energies**, v. 12, n. 19, p. 3658, 2019.

SIMABUKULO, L. A. N. et al. Energia, industrialização e modernidade: história social. **Energia e Saneamento**. Disponível em: <<http://www.museudaenergia.org.br/media/63129/03.pdf>> Acesso em, v. 7, 2006.

SOLARBRASIL. **Energia Solas Painéis Solares**. Disponível em: <<https://www.loja.solarbrasil.com.br/lista/construcao/energia/energia-solar/paineis-solares/>>. Acesso em: 4 out. 2022.

SOLOMIN, E. et al. Hybrid floating solar plant designs: a review. **Energies**, v. 14, n. 10, p. 2751, 2021.

TERRAPON-PFAFF, J. et al. A cross-sectional review: Impacts and sustainability of small-scale renewable energy projects in developing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1–10, 2014.

ULVMYR, A. **Potential risks and prospects of protections of a hydrokinetic turbine implemented in the Amazon River, Colombia: a theoretical and practical study**. Master Dissertation—Suécia: Karlstad University, 2016.

UN. **United Nations: The 17 goals for Sustainable Development**. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

VAN ELS, R. HENRI; JUNIOR, A. C. P. B.; VIANNA, J. N. DE S. **Instalação de turbinas hidrocínéticas: viabilidade técnica e econômica**. VI CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. **Anais...**Salvador, Bahia: 2008. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21338281>>

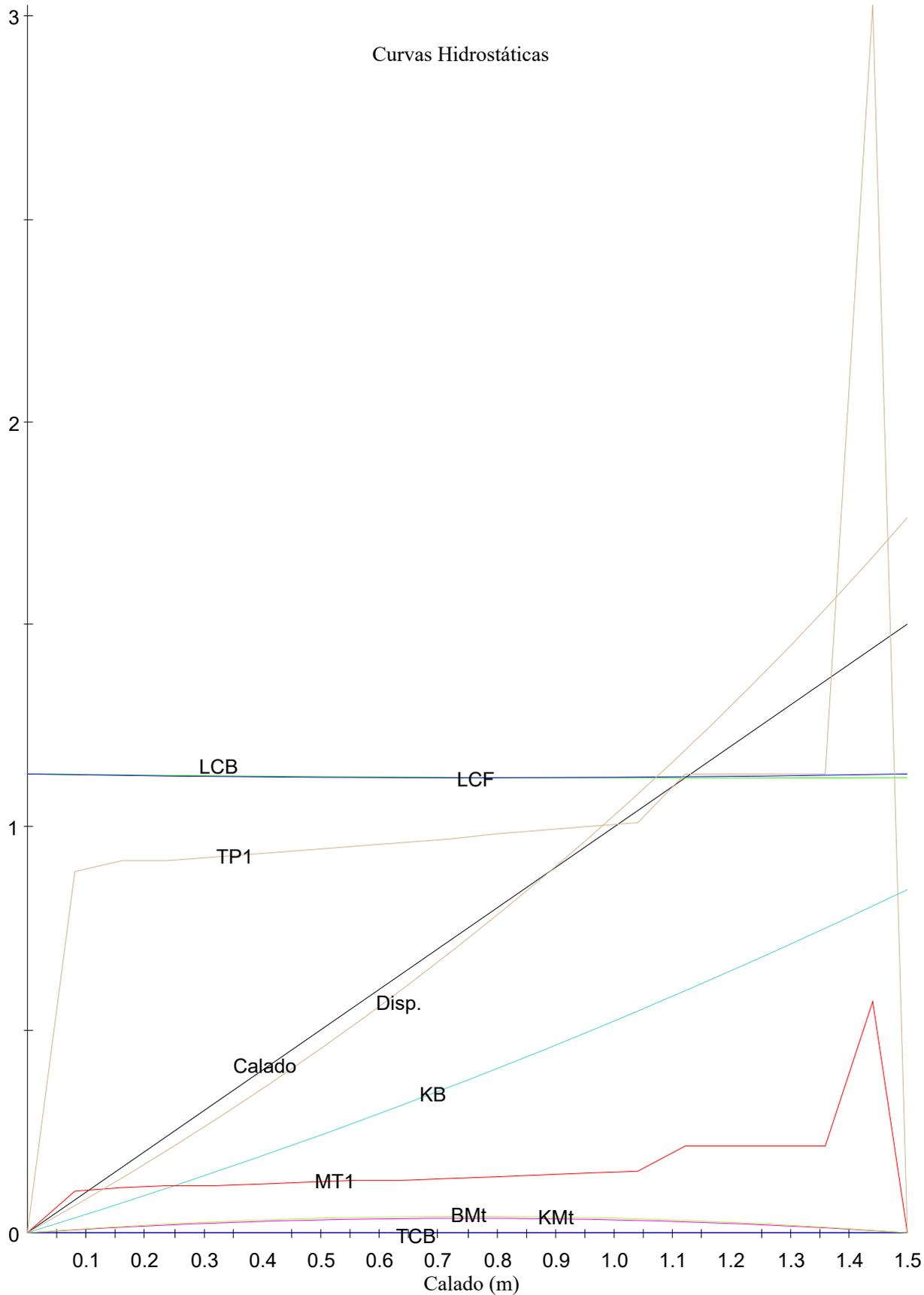
VAN ELS, R. H.; JUNIOR, A. C. P. B. The Brazilian experience with hydrokinetic turbines. **Energy Procedia**, v. 75, p. 259–264, 2015.

VANZWIETEN, J. et al. In-stream hydrokinetic power: Review and appraisal. **Journal of Energy Engineering**, v. 141, n. 3, p. 04014024, 2015.

VELOSO, G. G. **Estudo comparativo entre perfis hidrodinâmicos de rotores de turbinas hidrocínéticas para rios**. Trabalho de Conclusão de Curso—Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

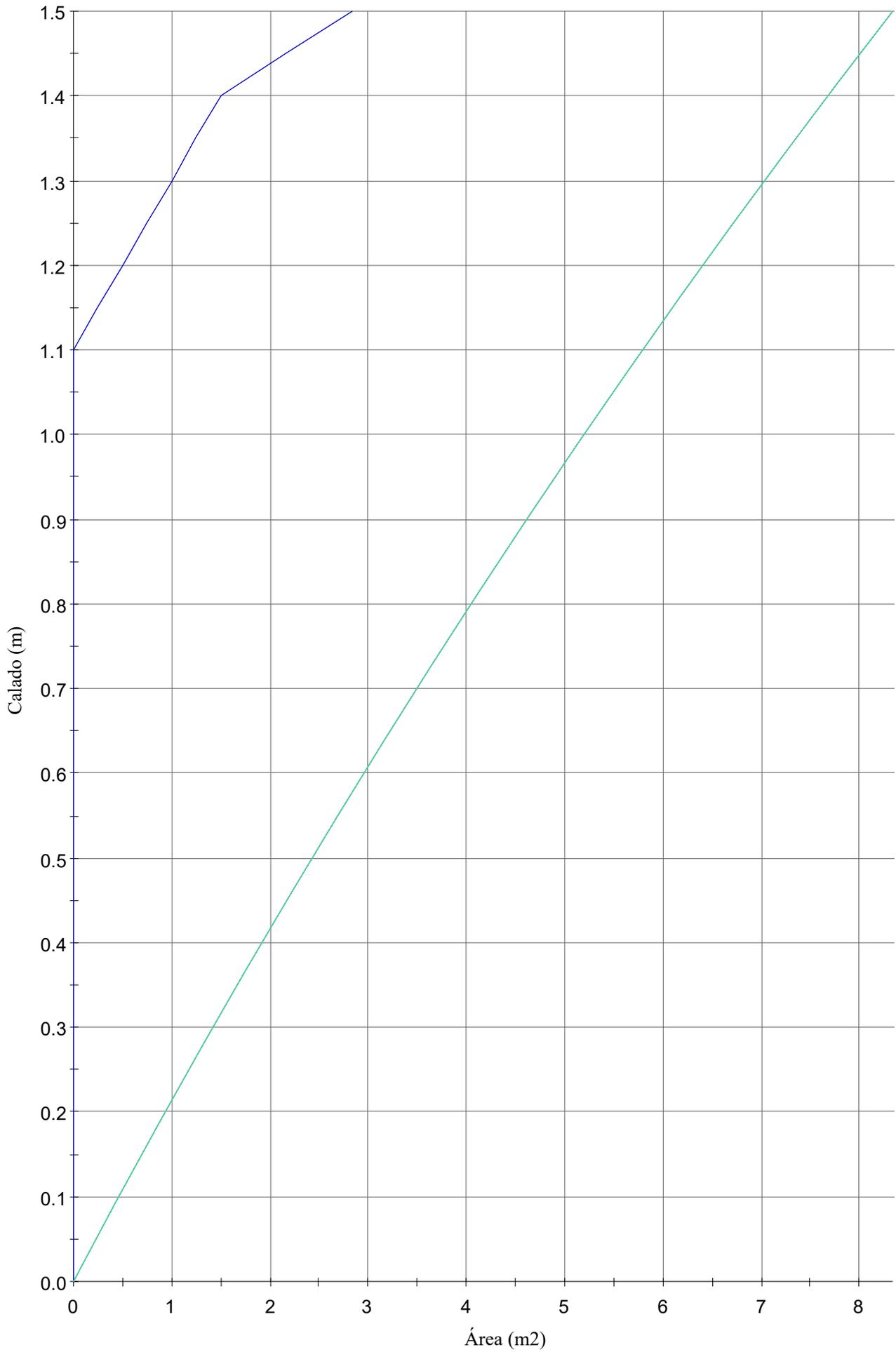
VERMAAK, H. J.; KUSAKANA, K.; KOKO, S. P. Status of micro-hydrokinetic river technology in rural applications: A review of literature. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 625–633, 2014.

Curvas Hidrostáticas

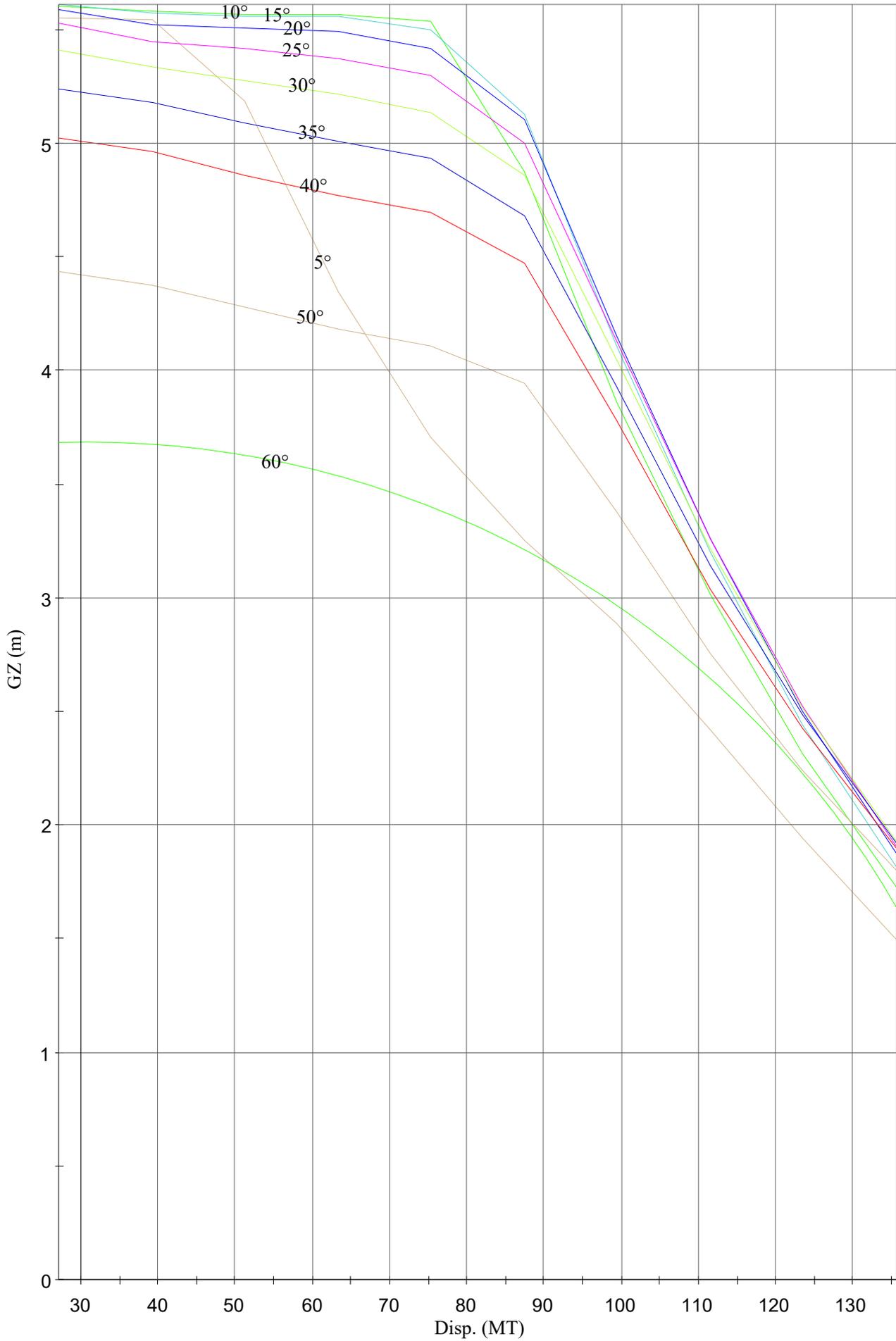


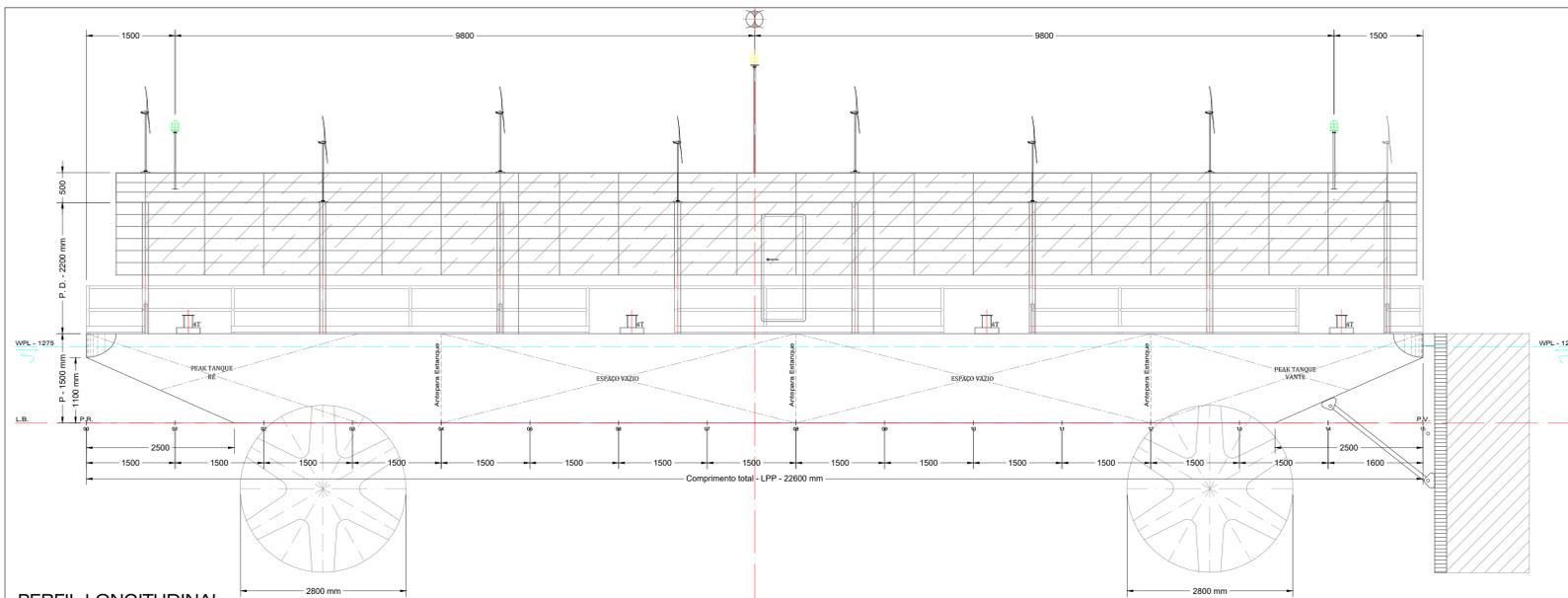
Calado (m)	Disp (MT)/10 <sup>2</sup>
LCB (m-AP)/10 <sup>1</sup>	KB(m)
TCB (m-CL)/10 <sup>10</sup>	BMt(m)/10 <sup>3</sup>
KMt (m)/10 <sup>3</sup>	LCF(m-AP)/10 <sup>1</sup>
MT1 (m-MT/cm)/10 <sup>1</sup>	TP1(MT/cm)

Curvas de Bonjean

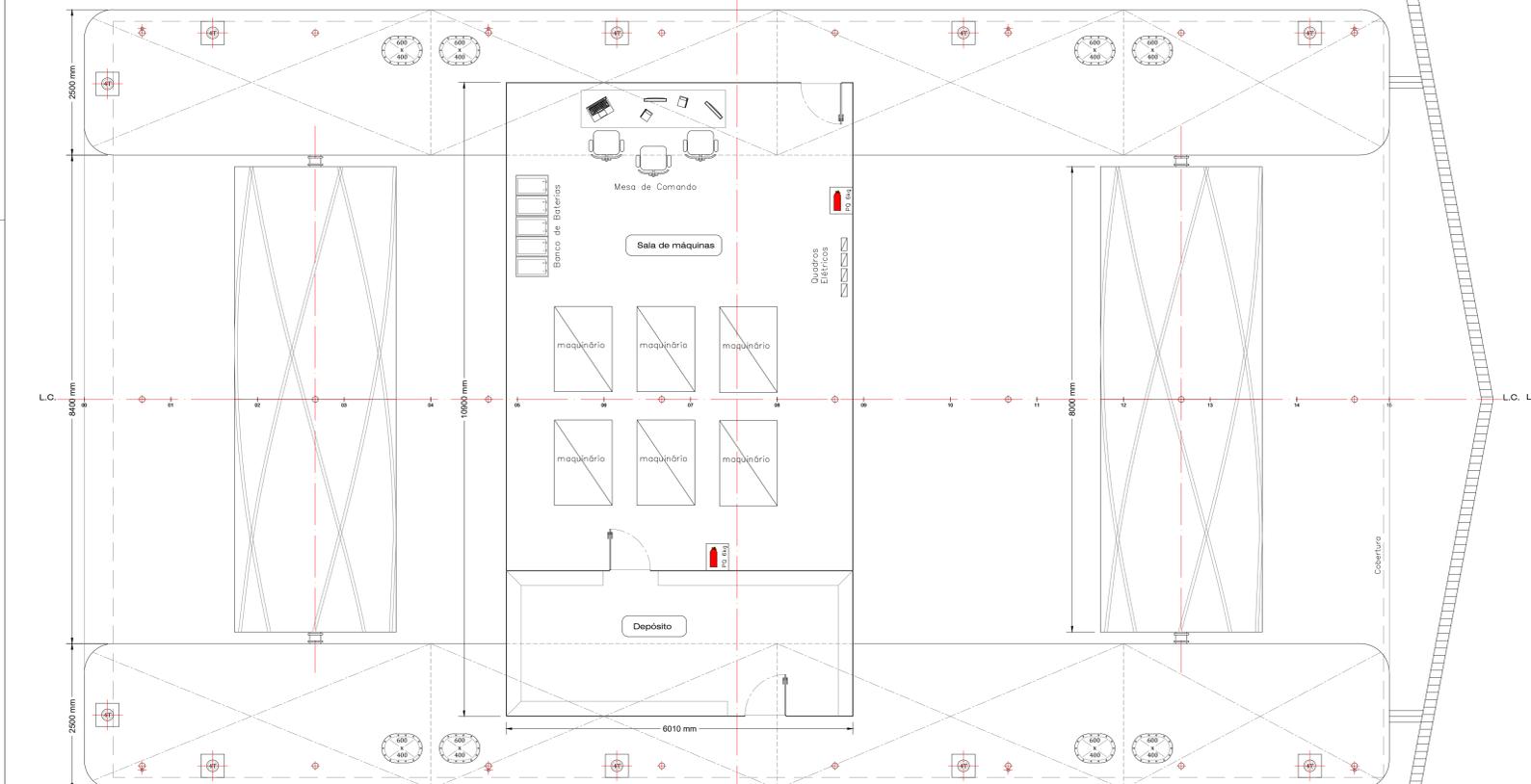


Curvas Cruzadas

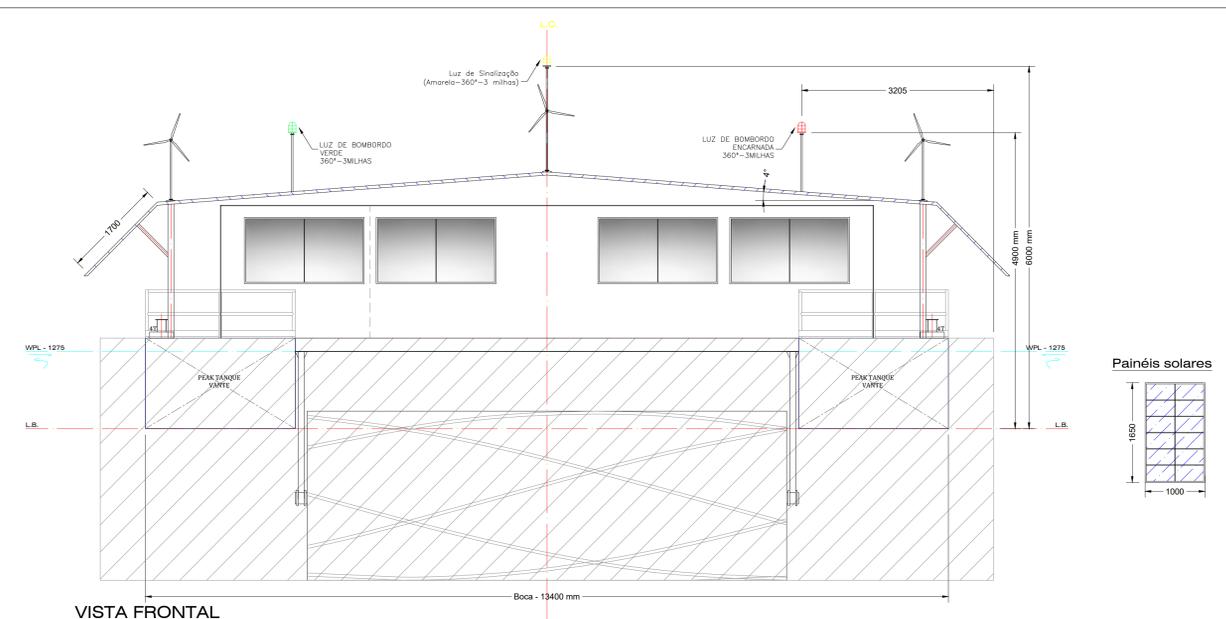




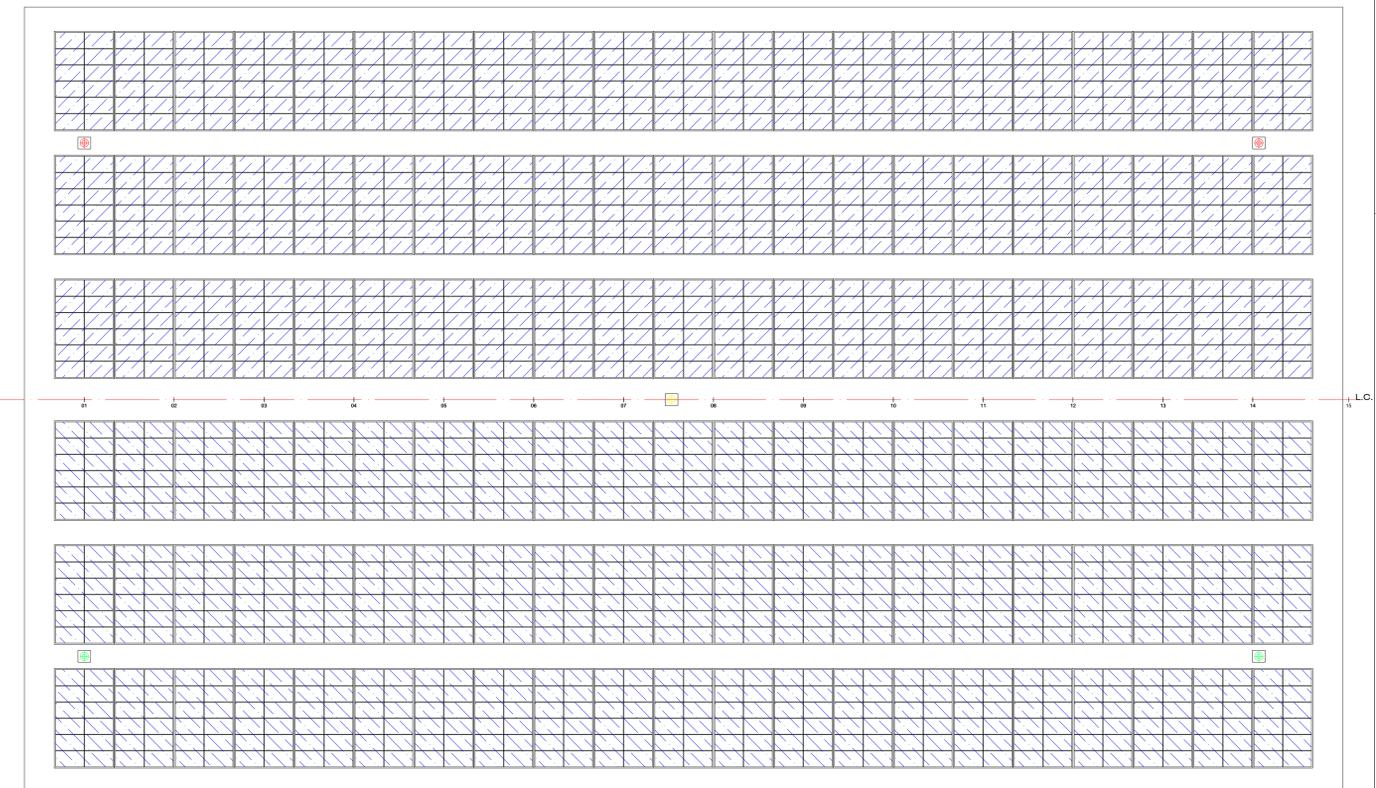
PERFIL LONGITUDINAL



CONVÉS PRINCIPAL



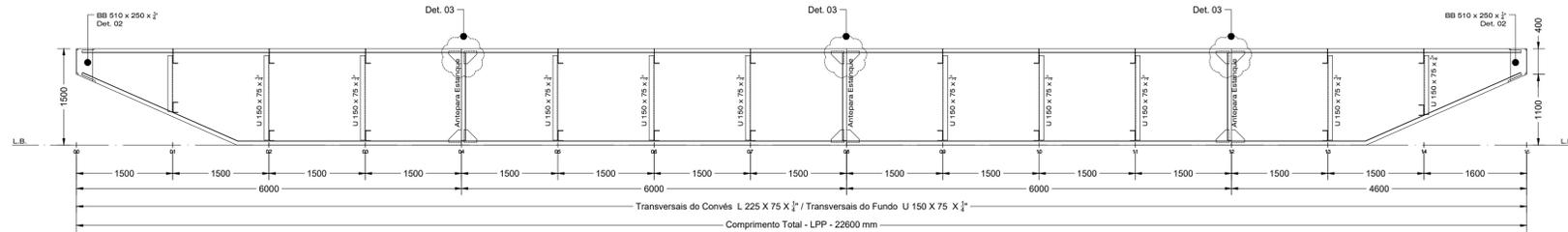
VISTA FRONTAL



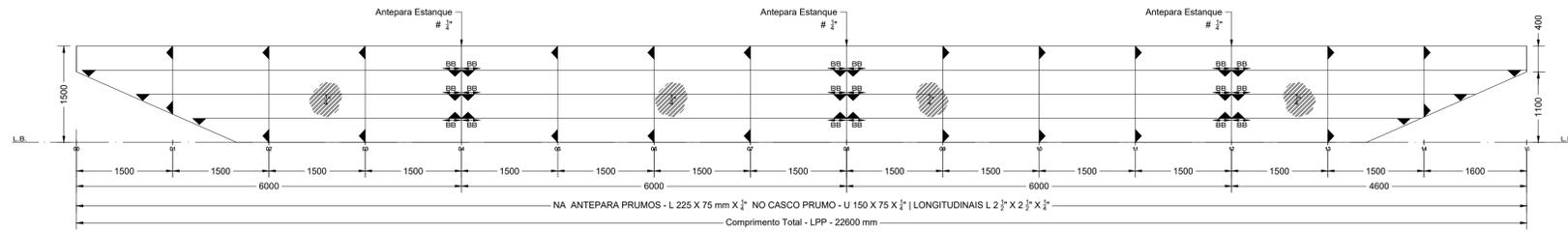
COBERTURA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros

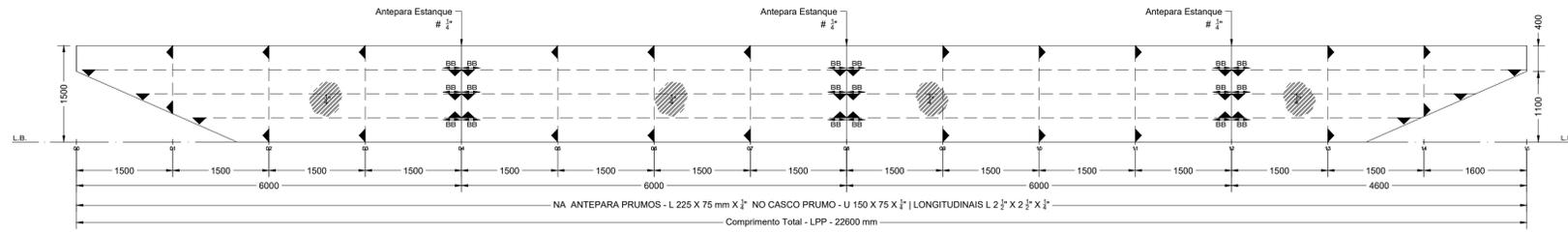
<b>UEA</b> UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ		UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ	
Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica		Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica	
Autor: Eudes José Coelho Neto		Autor: Eudes José Coelho Neto	
Orientador: Jassiel Vladmir Hernández Fontes		Orientador: Jassiel Vladmir Hernández Fontes	
Tipo de Serviço: EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA		Tipo de Serviço: EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA	
Título: PLANO DE ARRANJO GERAL		Título: PLANO DE ARRANJO GERAL	
Elaboração: Eudes José Coelho Neto	CO-Elaboração: Jassiel Vladmir Hernández Fontes	Casca N°: 01	Proj. N°: 01
Ass.: Eudes José Coelho Neto	Ass.: Jassiel Vladmir Hernández Fontes	Folha: AI	
Data: OUTUBRO/2022	Anexo N°: 04	Revisão: 00	Escala: 1:50
			N° Folha: 1 / 1



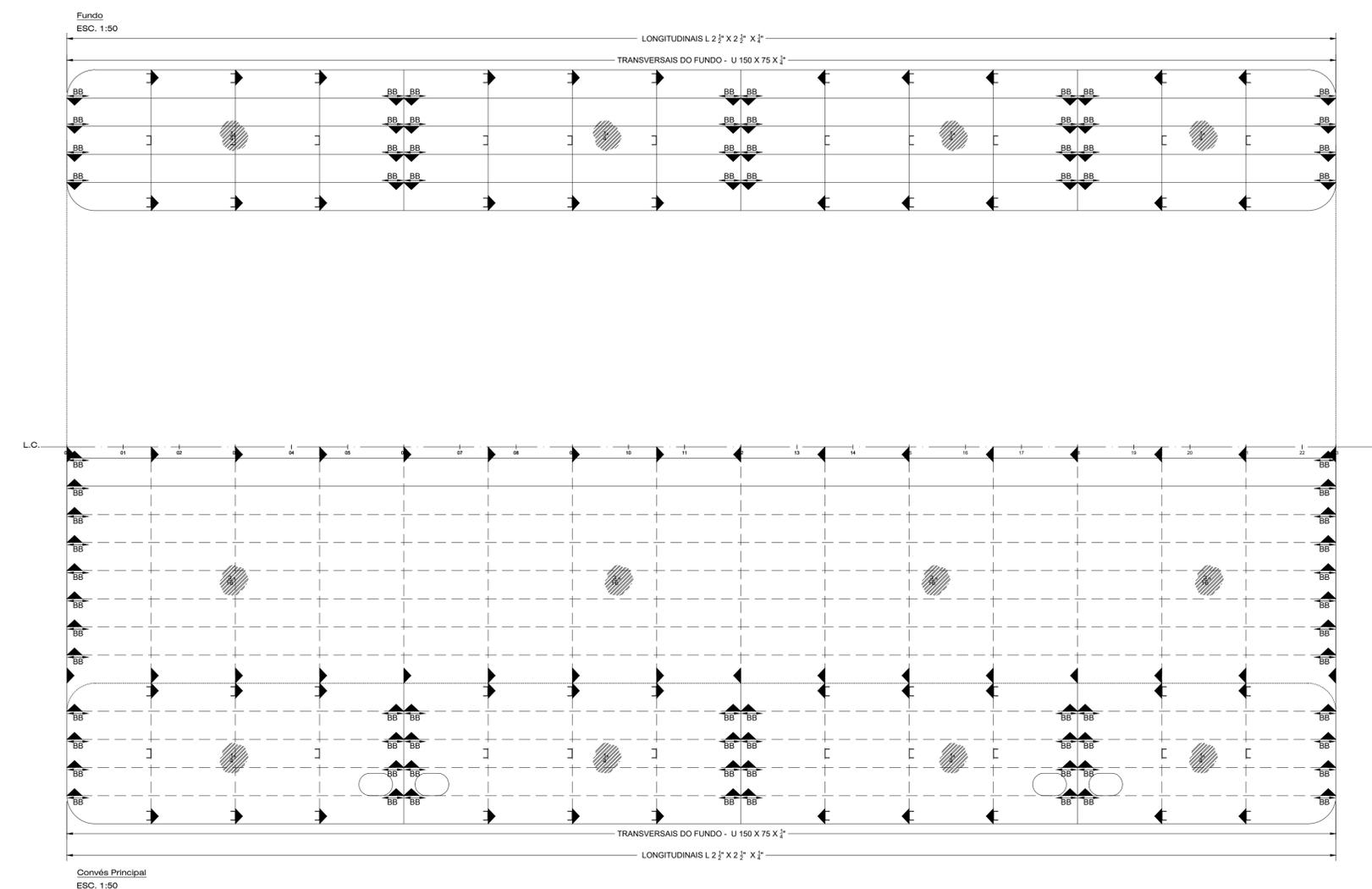
Seção longitudinal a 5450 mm da L.C.  
ESC. 1:50



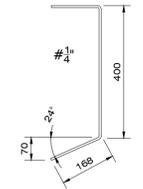
Seção longitudinal a 4200 mm da L.C.  
ESC. 1:50



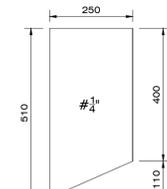
Seção longitudinal no costado  
ESC. 1:50



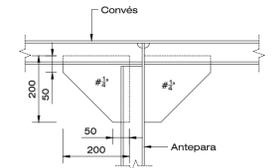
Convéz Principal  
ESC. 1:50



Det.01 - Espelhos  
Esc. 1:10



Det.02 - Borboleta  
Esc. 1:10

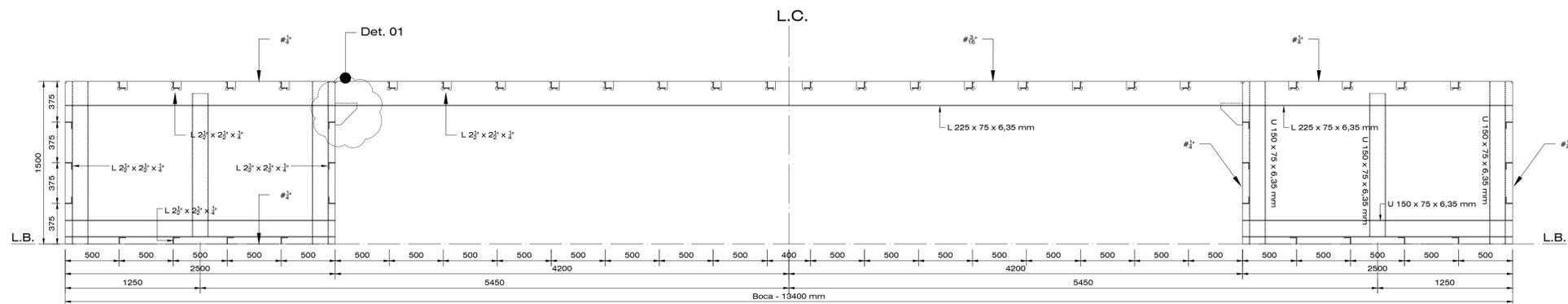


Det.03 - Borboleta  
Esc. 1:10

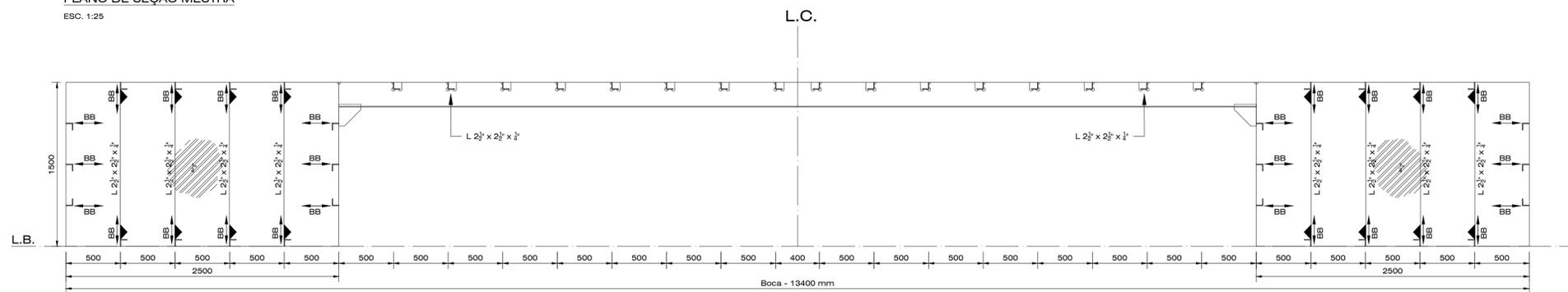
CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Comprimento Total \_\_\_\_\_ 22,600 metros  
 Comprimento entre PP \_\_\_\_\_ 22,600 metros  
 Boca Moldada \_\_\_\_\_ 13,400 metros  
 Pontal Moldado \_\_\_\_\_ 01,500 metros  
 Calado Moldado de Projeto \_\_\_\_\_ 01,275 metros  
 Aço ASMT-A36

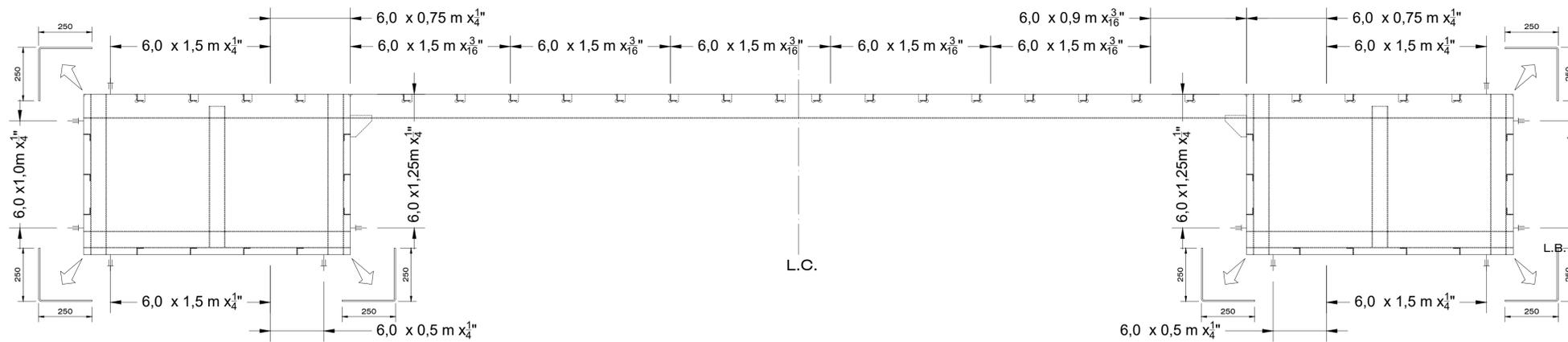
<b>UEA</b> UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ		UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ	
Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica			
Autor: <b>EUDES JOSÉ COELHO NETO</b>		Casco Nº: <b>01</b>	
Orientador: <b>JASSIEL VLADIMIR HERNÁNDEZ FONTES</b>		Proj. Nº: <b>01</b>	
Tipo de Serviço: <b>EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA</b>		Folha: <b>A1</b>	
Título: <b>PLANO DE PERFIL ESTRUTURAL E SEÇÃO MESTRA</b>			
Elaboração	CO-Elaboração	Escala: <b>INDICADA</b>	
Nome: <i>Eudes José Coelho Neto</i>	Nome: <i>Jassiel Vladimir Hernández Fontes</i>	nº Folha: <b>1 / 4</b>	
Ass.: _____	Ass.: _____	Revisão: <b>00</b>	
Data: <b>OUTUBRO/2022</b>	Anexo Nº: <b>05</b>	INDICADA	



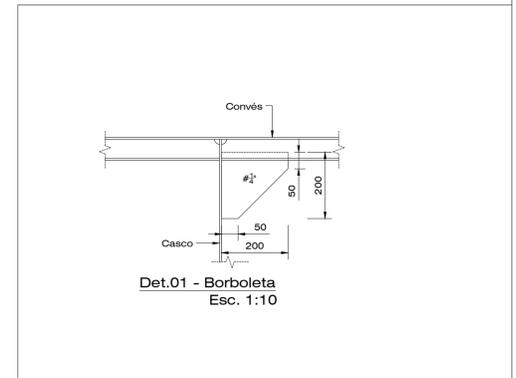
PLANO DE SEÇÃO MESTRA  
ESC. 1:25



ANTEPARA TRANSVERSAL ESTANQUE  
ESC. 1:25



EXPANSÃO DO CHAPEAMENTO  
ESC. 1:25



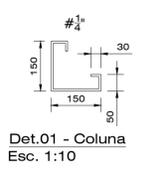
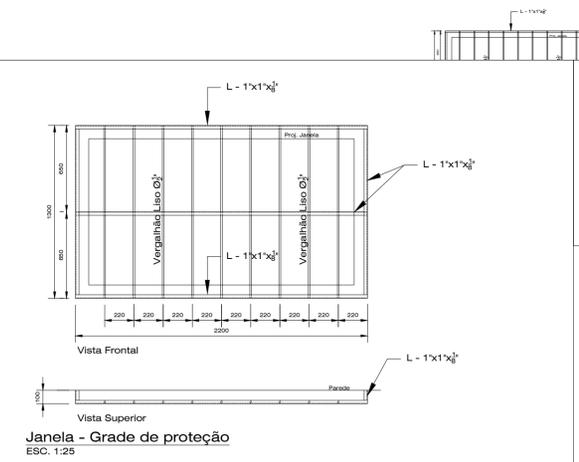
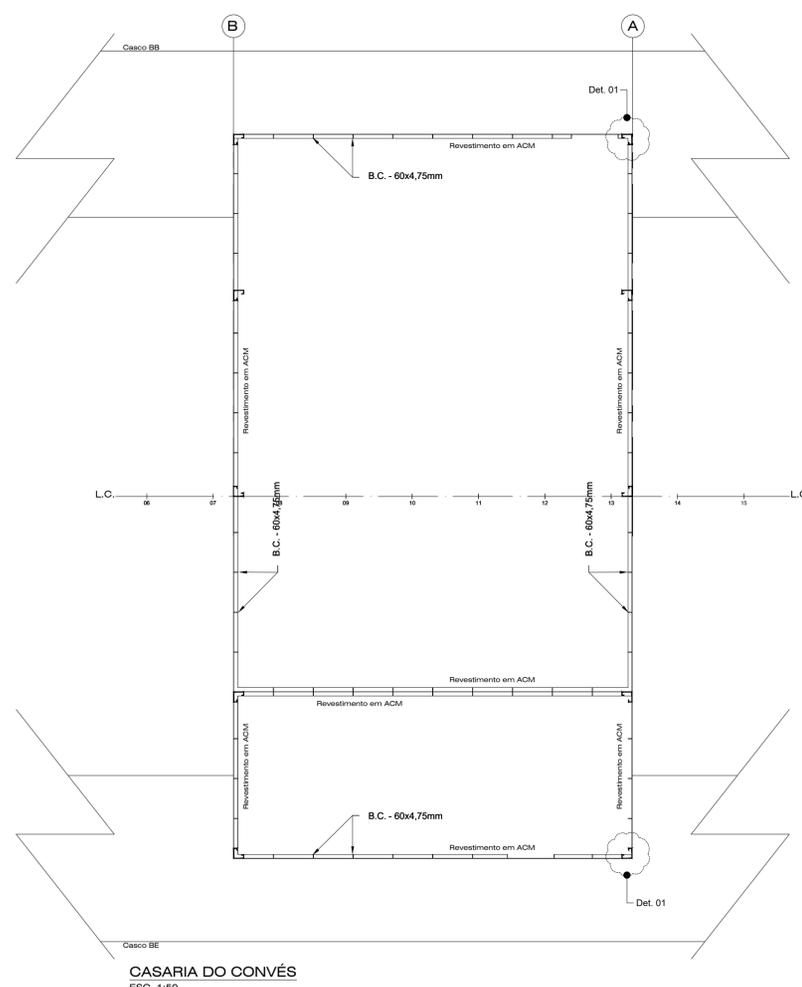
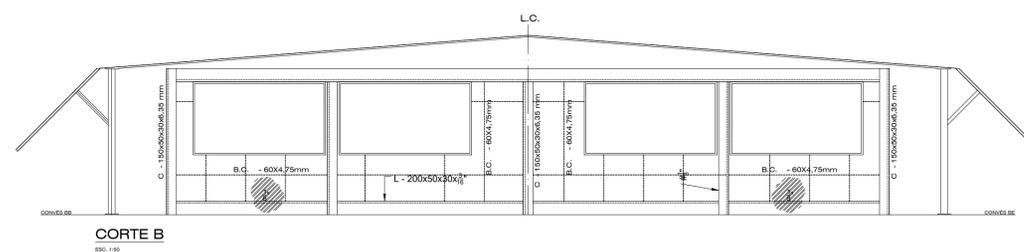
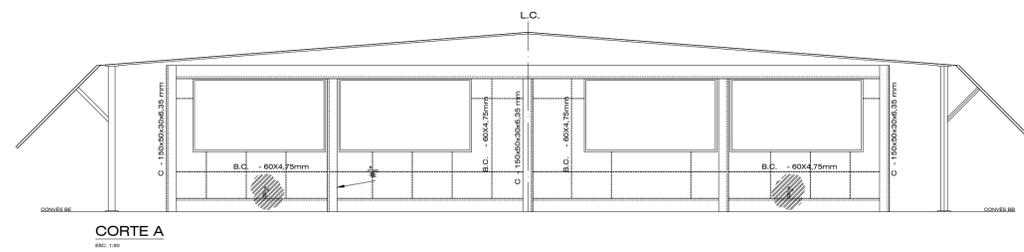
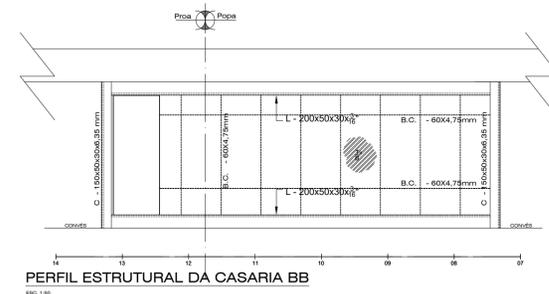
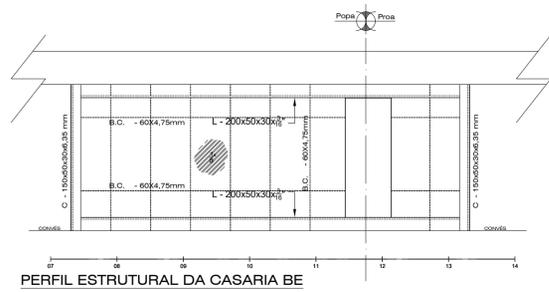
Det.01 - Borboleta  
Esc. 1:10

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros
Aço	ASMT-A36

**UEA** - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica

Autor:		EUDES JOSÉ COELHO NETO	
Orientador:		JASSIEL VLADIMIR HERNÁNDEZ FONTES	
Tipo de Serviço:		EMBARCAÇÃO COLETOIRA DE ENERGIA	
Título: <b>PLANO DE PERFIL ESTRUTURAL E SEÇÃO MESTRA</b>			
Elaboração	CO-Elaboração	Casco N°:	01
Nome: Eudes José Coelho Neto	Nome: Jassiel Vladimir Hernández Fontes	Proj. N°:	01
Ass.:	Ass.:	Folha:	AI
Data: OUTUBRO/2022	Anexo N°: 06	Revisão: 00	Escala: INDICADA
			n° Folha: 2 / 4

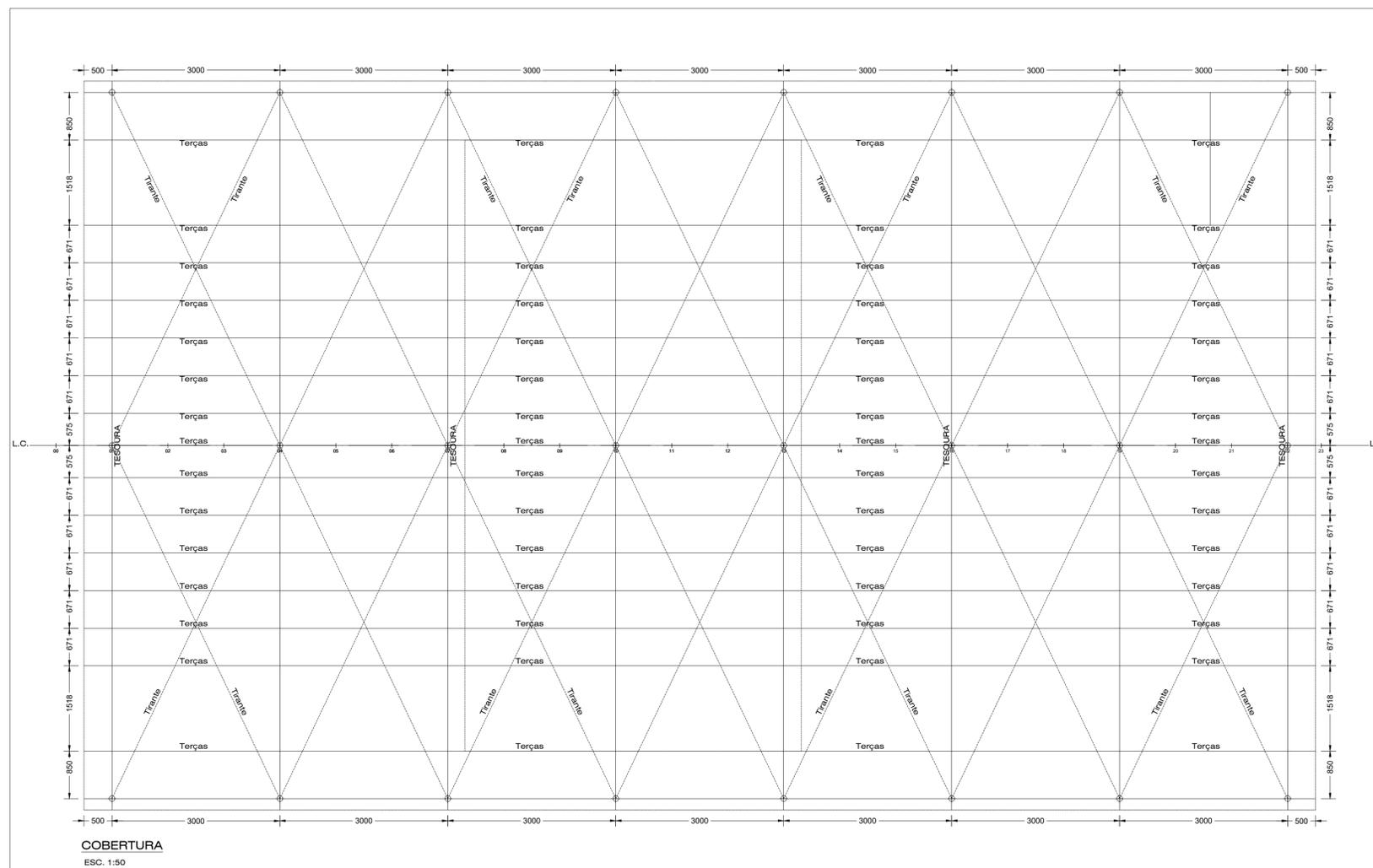
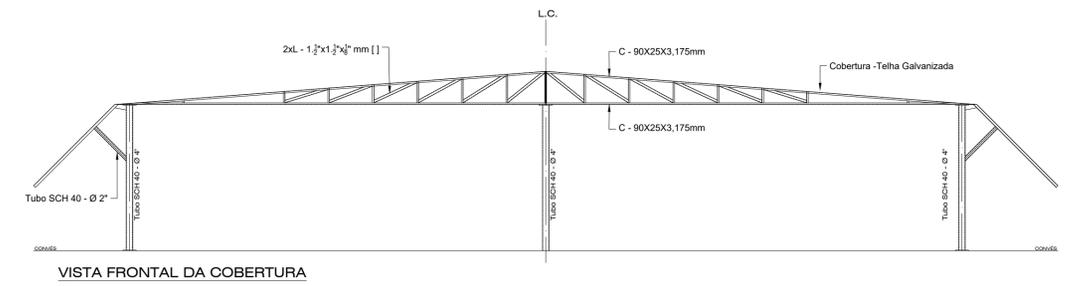
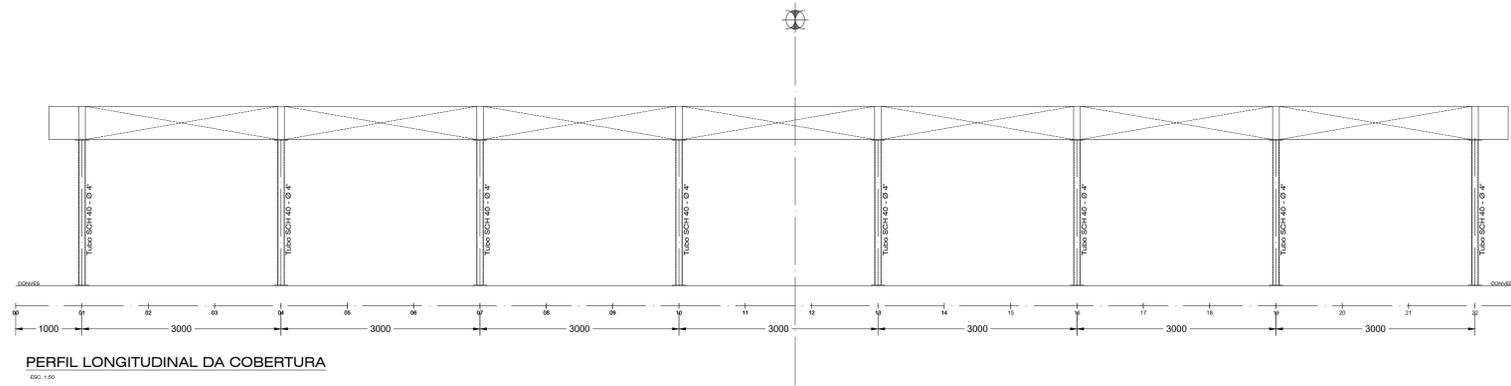


**CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS**

Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros
Aço ASMT-A36	

**UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**  
**Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica**

Autor: <b>EUDES JOSÉ COELHO NETO</b>			
Orientador: <b>JASSIEL VLADIMIR HERNÁNDEZ FONTES</b>			
Tipo de Serviço: <b>EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA</b>			
Título: <b>PLANO DE PERFIL ESTRUTURAL E SEÇÃO MESTRA</b>			
Elaboração	CO-Elaboração	Casco Nº:	<b>01</b>
Nome: <i>Eudes José Coelho Neto</i>	Nome: <i>Jassiel Vladimir Hernández Fontes</i>	Proj. Nº:	<b>01</b>
Ass.:	Ass.:	Folha:	<b>AI</b>
Data: <b>OUTUBRO/2022</b>	Anexo Nº: <b>07</b>	Revisão: <b>00</b>	Escala: <b>INDICADA</b> Nº Folha: <b>3 / 4</b>

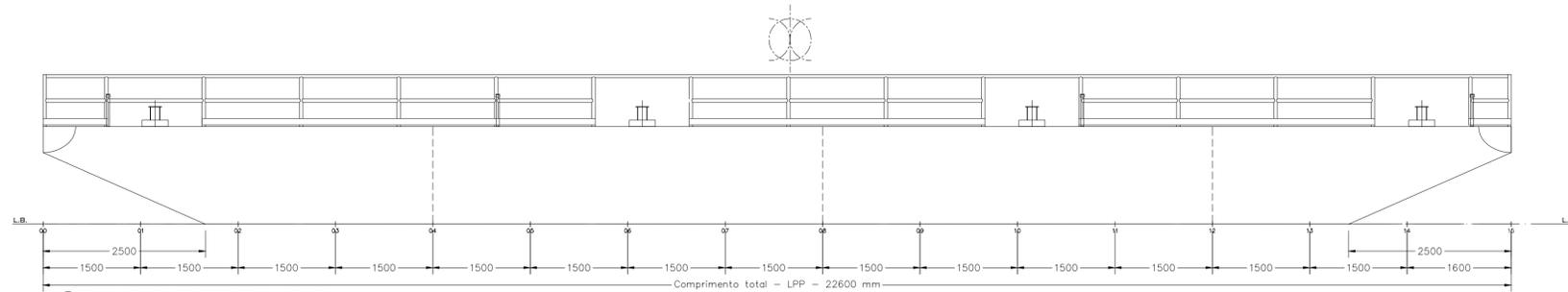


CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros
Aço	ASMT-A36

<b>UEA</b> UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS		UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS	
<b>Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica</b>			
Autor:		EUDES JOSÉ COELHO NETO	
Orientador:		JASSIEL VLADIMIR HERNÁNDEZ FONTES	
Tipo de Serviço:		EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA	
Título:		PLANO DE PERFIL ESTRUTURAL E SEÇÃO MESTRA	
Elaboração	CO-Elaboração	Cisco Nº:	01
Nome: Eudes José Coelho Neto	Nome: Jassiel Vladimir Hernández Fontes	Proj. Nº:	01
Ass.:	Ass.:	Folha:	01
Data: OUTUBRO/2022	Anexo Nº: 08	Revisão: 00	Escala: INDICADA
		nº Folha: 4 / 4	

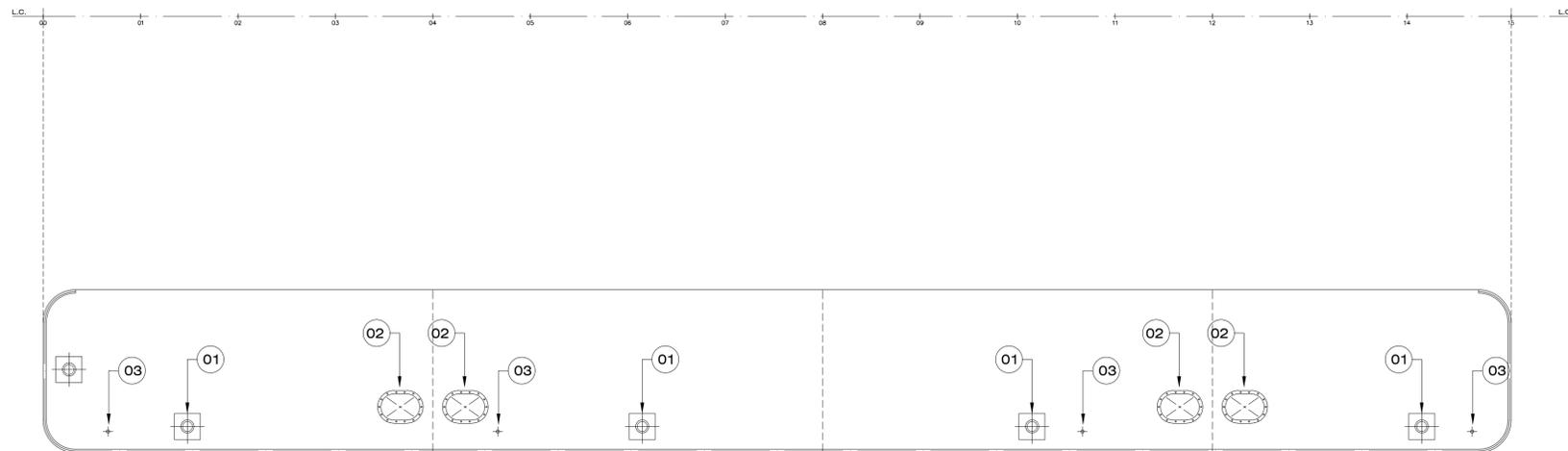




**VISTA DE PERFIL BE**

Embarcação transversalmente simétrica

ESC. 1:50



**CONVÉS PRINCIPAL BE**

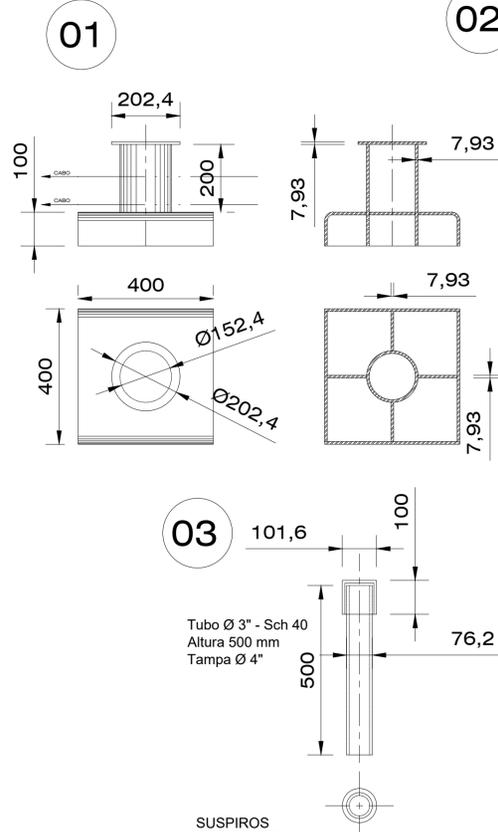
Embarcação transversalmente simétrica

ESC. 1:50

ITEM	DESCRIÇÃO
01	Cabeço de amarração simples. Cap. 3 ton
02	Porta de visita estanque. 600x400
03	Suspiros do tanques
04	Escada de acesso aos porões
05	Guarda corpo

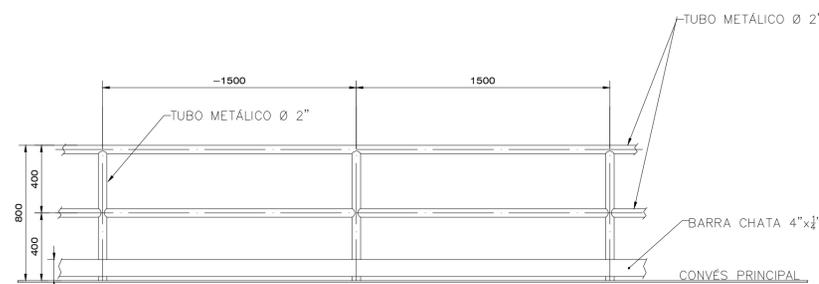
**DETALHAMENTO DOS ACESSÓRIOS**

ESC. 1:10



**05 - GUARDA-CORPO DO CONVÉS**

ESC. 1:20

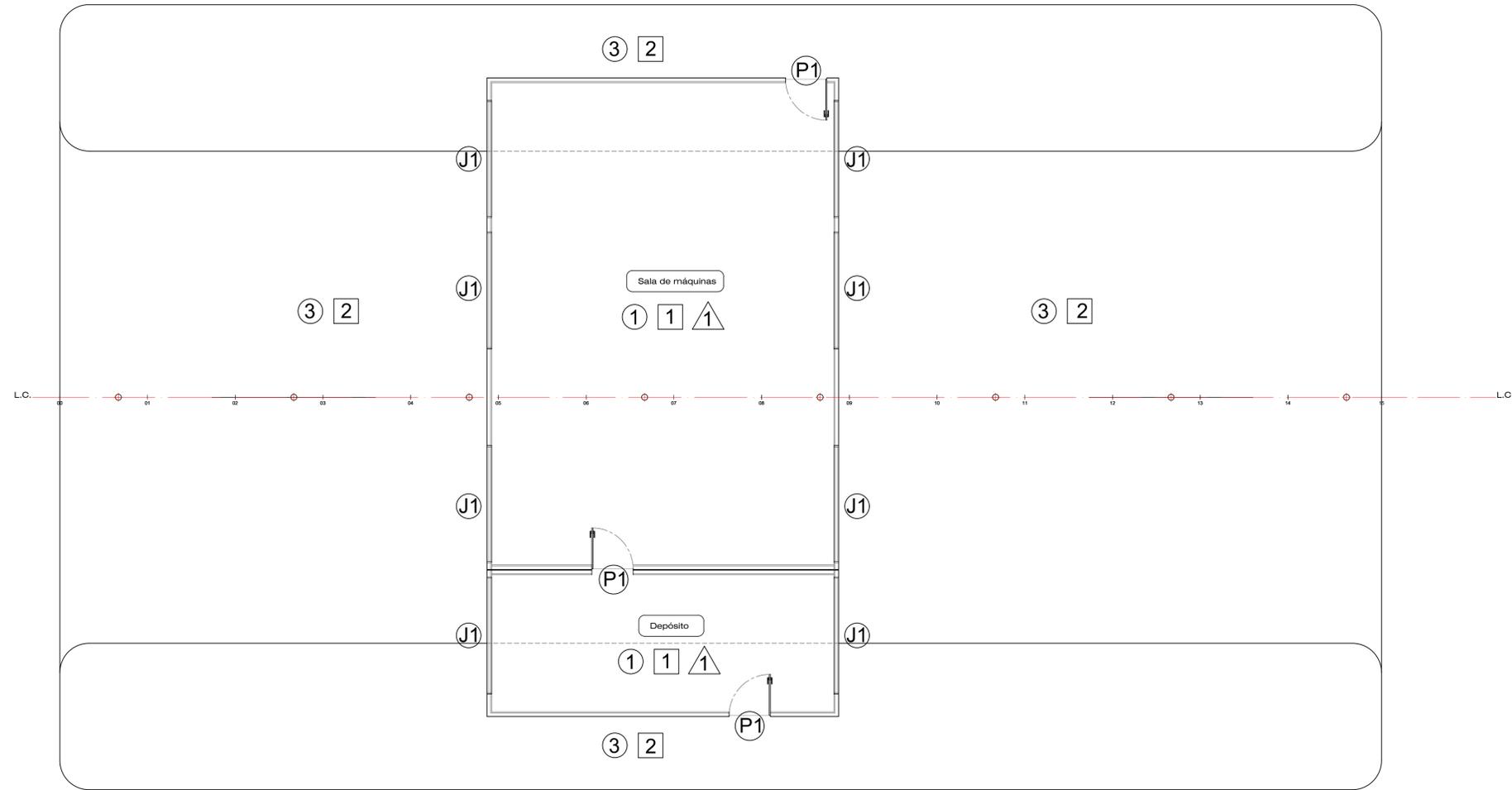


Detalhes técnicos dos cabeços:  
Cabeços dimensionados conforme a NBR EB-494 de dezembro de 1991.  
-Cabeços simples: capacidade 4 toneladas e diâmetro nominal 4".

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS**

Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros
Aço	ASMT-A36

UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS		Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica	
Autor:		Eudes José Coelho Neto	
Orientador:		Jassiel Vladimir Hernández Fontes	
Tipo de Serviço:		EMBARCAÇÃO COLETORES DE ENERGIA	
Título:		PLANO DE ABERTURAS E ACESSÓRIOS	
Elaboração	CO-Elaboração	Casco N°:	01
Nome: Eudes José Coelho Neto	Nome: Jassiel Vladimir Hernández Fontes	Proj. N°:	01
Ass.:	Ass.:	Folha:	AI
Data: OUTUBRO/2022	Anexo N°: 10	Revisão: 00	Escala: INDICADA
			N° Folha: 1 / 1



**CONVÉS**  
Esc. 1:50

QUADRO DE ESQUADRIAS			
<b>PORTAS</b>			
CÓDIGO	DIMENSÃO	TIPO	MATERIAL
P1	0,70X1,8	ABRIR DE UMA FOLHA	ALUMÍNIO ANODIZADO COR NATURAL
<b>JANELAS</b>			
J1	2,00 X 1,10/ 1,00	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO COR NATURAL COM GRADE

QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
<b>O</b>	<b>PISO</b>
01	PISO VINÍLICO
02	PISO CERÂMICO
03	PINTURA COM TINTA EPÓXI
<b>□</b>	<b>PAREDE</b>
01	REVESTIMENTO EM ACM
02	PINTURA COM TINTA EPÓXI
<b>△</b>	<b>TETO</b>
01	FORRO EM PVC
<b>Ce</b>	<b>Casco (exterior)</b>
01	PINTURA EM EPÓXI
<b>Ci</b>	<b>Casco (interior)</b>
01	PINTURA EM EPÓXI

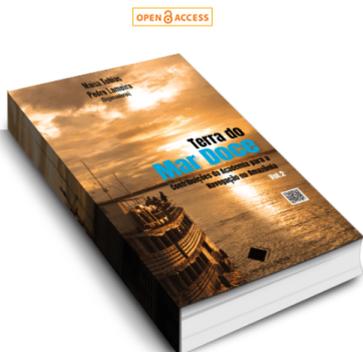
CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
Comprimento Total	22,600 metros
Comprimento entre PP	22,600 metros
Boca Moldada	13,400 metros
Pontal Moldado	01,500 metros
Calado Moldado de Projeto	01,275 metros
Aço	ASMT-A36

UEA - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS	
Estruturas flutuantes como alternativas para aproveitar a energia das correntezas na região amazônica	
Autor:	EUDES JOSÉ COELHO NETO
Orientador:	JASSIEL VLADIMIR HERNÁNDEZ FONTES
Tipo de Serviço:	EMBARCAÇÃO COLETORA DE ENERGIA
Título: PLANO DOS ACABAMENTOS E ESQUADRIAS	
Elaboração	CO-Elaboração
Nome: Eudes José Coelho Neto	Nome: Jassiel Vladimir Hernández Fontes
Ass.:	Ass.:
Data: OUTUBRO/2022	Anexo N°: II
Revisão: 00	Escala: INDICADA
Casco N°: 01	Proj. N°: 01
Folha: AI	n° Folha: I / I

# CAPÍTULO DE LIVRO RELACIONADO COM O PRESENTE TRABALHO

<https://doi.org/10.37885/221010654>

## ESTRUTURAS FLUTUANTES COMO ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL NA REGIÃO AMAZÔNICA



CODÉ: 221010654

OPEN ACCESS

Crossref

DOWNLOADS 23

VIEWS 149

DOWNLOAD

COMPARTILHE



Título

ESTRUTURAS FLUTUANTES COMO ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL NA REGIÃO AMAZÔNICA

Autores(as):

Eudes José Coelho Neto

Jassiel V. H. Fontes

Harlysson W. S. Maia

DOI

10.37885/221010654

Publicado em

03/02/2023

Páginas

63-82

Capítulo

4

Crossref

Resumo

Estruturas flutuantes são amplamente utilizadas na região amazônica para desenvolver diversas atividades, incluindo o abastecimento de combustíveis, serviços de assistência social e saúde, produção de alimentos, atividades de lazer, entre outras. Devido à necessidade de preservar a região e reduzir o consumo de combustíveis fósseis para desenvolver um futuro sustentável, o aproveitamento das energias renováveis utilizando sistemas flutuantes pode ser uma opção viável para o futuro. O presente trabalho discute algumas possibilidades de uso de estruturas flutuantes para aproveitar energias renováveis na região amazônica. Primeiro, é apresentada uma revisão a respeito do uso de estruturas flutuantes na Amazônia brasileira. Logo, é apresentado um conceito simplificado de estrutura flutuante regional, discutindo algumas opções para aproveitar energias renováveis. Por fim, o trabalho discorre sobre as barreiras que tecnologias do tipo podem apresentar durante a sua implementação na região amazônica. A pesquisa demonstrou que o aproveitamento de energias renováveis disponíveis na região amazônica, tais como a energia solar e a energia das correntezas dos rios, utilizando diversos tipos de sistemas flutuantes, pode ser uma opção para proporcionar energia de baixo consumo em regiões remotas sem acesso à rede elétrica. No entanto, ainda existem barreiras e a necessidade de normativas específicas para implementar esse tipo de tecnologias.

Ler menos...

Palavras-chave

Energia renovável, Estruturas flutuantes, Oportunidades, Amazônia.

Publicado no livro

TERRA DO MAR DOCE: CONTRIBUIÇÕES DA ACADEMIA PARA A NAVEGAÇÃO NA AMAZÔNIA

Licença

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).



04

### Estruturas flutuantes como alternativas de aproveitamento de energia renovável na região Amazônica

- Eudes José Coelho Neto  
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
- Jassiel V. H. Fontes  
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
- Harlysson W. S. Maia  
Universidade do Estado do Amazonas - UEA

doi 10.37885/221010654

### RESUMO

Estruturas flutuantes são amplamente utilizadas na região amazônica para desenvolver diversas atividades, incluindo o abastecimento de combustíveis, serviços de assistência social e saúde, produção de alimentos, atividades de lazer, entre outras. Devido à necessidade de preservar a região e reduzir o consumo de combustíveis fósseis para desenvolver um futuro sustentável, o aproveitamento das energias renováveis utilizando sistemas flutuantes pode ser uma opção viável para o futuro. O presente trabalho discute algumas possibilidades de uso de estruturas flutuantes para aproveitar energias renováveis na região amazônica. Primeiro, é apresentada uma revisão a respeito do uso de estruturas flutuantes na Amazônia brasileira. Logo, é apresentado um conceito simplificado de estrutura flutuante regional, discutindo algumas opções para aproveitar energias renováveis. Por fim, o trabalho discorre sobre as barreiras que tecnologias do tipo podem apresentar durante a sua implementação na região amazônica. A pesquisa demonstrou que o aproveitamento de energias renováveis disponíveis na região amazônica, tais como a energia solar e a energia das correntezas dos rios, utilizando diversos tipos de sistemas flutuantes, pode ser uma opção para proporcionar energia de baixo consumo em regiões remotas sem acesso à rede elétrica. No entanto, ainda existem barreiras e a necessidade de normativas específicas para implementar esse tipo de tecnologias.

Palavras-chave: Energia Renovável, Estruturas Flutuantes, Oportunidades, Amazônia.