

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS ALEXANDRE GOBBO

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA BERÇÁRIO *FLUPSY (FLOATING UPWELLER SYSTEM)* FOTOVOLTAICO PARA RECRIA DE OSTRAS

PONTAL DO PARANÁ

2024

LUCAS ALEXANDRE GOBBO

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA BERÇÁRIO *FLUPSY (FLOATING UPWELLER SYSTEM)* FOTOVOLTAICO PARA RECRIA DE OSTRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Aquicultura, Setor Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr.: Francisco José Lagreze Squella.

Pontal do Paraná

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA
Avenida Deputado Aníbal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

Despacho nº 12/2024/UFPR/R/PP/EA

Processo nº 23075.061642/2022-21

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS ALEXANDRE GOBBO

Dimensionamento de sistema berçário FLUPSY (Floating Upweller System) fotovoltaico para recria de ostras

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Aquicultura da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores

Dr. Francisco José Lagreze Squella
Orientador e presidente

Dra. Juliana Almansa Malagoli
Membro examinador

Dr. Fabiano Bendhack
Membro examinador

Pontal do Paraná, 13/12/24



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO JOSE LAGREZE SQUELLA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2024, às 09:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ALMANSA MALAGOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2024, às 10:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **FABIANO BENDHACK, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/05/2025, às 09:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **7353272** e o código CRC **7622B351**.

“A fé e a razão (fides et ratio) constituem como que as duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade.”

- João Paulo II.

“Nós devemos nos tornar agricultores dos mares, como somos agricultores da terra.”

- Jacques Cousteau.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz Carlos e Rejane Rauen, pela força e amor que sempre me sustentaram.

Aos meus queridos avós Nelson, Odival e Diema, que seguem vivos em meu coração e memória, e à minha avó Ana, cuja presença enche minha vida de alegria e inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, origem de toda graça e de todos os dons perfeitos, rendo minha mais profunda gratidão, pois cada conquista nesta jornada reflete Sua bondade infinita

Aos professores que contribuíram para minha formação ao longo do curso, em especial ao professor Francisco José Lagreze Squella, orientador deste trabalho, pela orientação, dedicação e incentivo.

À professora Juliana Almansa Malagoli e ao professor Fabiano Bendhack, pela participação na banca avaliadora e pelas valiosas contribuições.

Aos colegas e amigos do curso, bem como ao Matheus, irmão de coração, que estiveram presentes tanto nos momentos de descontração quanto na parceria e apoio nos estudos, minha sincera gratidão.

RESUMO

A malacocultura brasileira apresenta elevado potencial de crescimento, sendo a adoção e o aprimoramento de novas tecnologias reconhecidos como estratégias eficazes para a ampliação do volume de produção aquícola. Dentre as técnicas empregadas em países como Canadá e Estados Unidos da América, destaca-se o sistema de berçário *FLUPSY (Floating Upweller System)*, que demonstra melhores indicadores zootécnicos em comparação aos métodos convencionais, além de reduzir as horas destinadas ao manejo das sementes e diminuir os custos energéticos em relação ao upwelling laboratorial. A dificuldade de acesso a modelos adaptáveis e a necessidade de conexão à rede elétrica local ainda representam entraves à expansão dessa tecnologia no Brasil. O presente trabalho descreve o dimensionamento, a seleção de componentes e materiais, bem como a representação gráfica tridimensional de um *FLUPSY* projetado para ser energeticamente autossuficiente. A metodologia adotada foi baseada em referências de design de produto, máquinas e sistemas. O sistema hidráulico dimensionado apresenta capacidade para recriar 295.555 sementes retidas em malha T4 (4 *milímetros*), correspondendo a 9,46 *quilogramas* de biomassa por ciclo produtivo. O sistema fotovoltaico foi projetado para operar com profundidade de descarga de 33,33% após três dias de autonomia, com durabilidade estimada em 900 ciclos. A balsa de sustentação possui área de 30,25 *m*² e capacidade de flutuação de 50,39 *kN*.

Palavras-chave: *Floating Upweller System*; *FLUPSY*; ostreicultura; sementes; dimensionamento; Sistema Hidráulico; Sistema Fotovoltaico Isolado.

ABSTRACT

Brazilian mollusk farming presents significant growth potential, with the adoption and improvement of new technologies recognized as effective strategies for increasing aquaculture production volumes. Among the techniques employed in countries such as Canada and the United States of America, the FLUPSY (Floating Upweller System) nursery system stands out, demonstrating better zootechnical indicators compared to conventional methods, in addition to reducing labor hours spent on seed handling and lowering energy costs relative to laboratory-based upwelling systems. The difficulty in accessing adaptable models and the need for connection to the local power grid still represent barriers to the expansion of this technology in Brazil. This study presents the design, selection of components and materials, as well as the three-dimensional graphical representation of a FLUPSY system engineered to be energetically self-sufficient. The adopted methodology was based on references from product, machine, and system design. The dimensioned hydraulic system has the capacity to rear 295,555 seeds retained in T4 mesh (4 *millimeters*), corresponding to 9.46 *kilograms* of biomass per production cycle. The photovoltaic system was designed to operate with a depth of discharge of 33.33% after three days of autonomy, with an estimated lifespan of 900 cycles. The supporting raft has an area of 30.25 m² and a buoyancy capacity of 50.39 *kN*.

Palavras-chave: Floating Upweller System; FLUPSY; mollusc farming; seeds; sizing; Hydraulic System; Isolated Photovoltaic System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Produção global de organismos aquáticos.....	17
FIGURA 2- Principais produtores estaduais - exceto SC.....	19
FIGURA 3- Representação gráfica de um <i>Floating Upweller System</i>	
fotovoltaico	22
FIGURA 4- Sistemas de fluxo forçado	24
FIGURA 5- Potencial solar.....	26
FIGURA 6- Sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	27
FIGURA 7- Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico <i>off-grid</i>	27
FIGURA 8- Nível de iteração entre processos - Guia PMBOK	28
FIGURA 9- Metodologia de projetos Pahl e Beitz	29
FIGURA 10- Fases de projetos de engenharia – Shigley et al.	30
FIGURA 11- Metodologia do Projeto.....	31
FIGURA 12- Requisitos do projeto.....	32
FIGURA 13- Sistema de bombeamento <i>Padlewheel</i>	38
FIGURA 14- Sistema de bombeamento a propulsão.....	38
FIGURA 15- Sistema de bombeamento <i>Ice Eater</i>	39
FIGURA 16- Bomba submersível com controle de fluxo.....	39
FIGURA 17- Silos com seção circular.....	40
FIGURA 18- Módulo solar fotovoltaico.....	41
FIGURA 19- Células de silício monocristalino e policristalino.....	42
FIGURA 20- Horas de sol pleno em diferentes condições atmosféricas	42
FIGURA 21- Esquema de conexão do controlador de carga em sistema fotovoltaico simplificado.....	43
FIGURA 22- Durabilidade estimada do banco de baterias em função da profundidade de descarga.....	44
FIGURA 23- Bomba submersível Jecod DCP- 15000	46
FIGURA 24- Curva de desempenho da bomba	47
FIGURA 25- Conjunto bomba submersível, conexão e curva de saída.....	48
FIGURA 26- Dimensões dos <i>upwellers</i> (cm)	50
FIGURA 27- Potencial solar Guaratuba-PR.....	54
FIGURA 28- Layout simplificado do <i>FLUPSY</i>	58

FIGURA 29- Layout do <i>FLUPSY</i> , área ocupada pelo sistema fotovoltaico e área reservada para movimentação e acesso aos componentes.....	59
FIGURA 30- Vista superior do <i>FLUPSY</i>	60
FIGURA 31- Estrutura principal da balsa.....	60
FIGURA 32- Sistema hidráulico - corte longitudinal.....	61
FIGURA 33- Vista superior do piso em compensado naval.....	62
FIGURA 34- Flutuador selecionado no projeto	63
FIGURA 35- Posicionamento dos flutuadores	64
FIGURA 36- Vista lateral do <i>FLUPSY</i>	65
FIGURA 37- Corte transversal.....	66
FIGURA 38- Acesso para manejo de sementes e manutenção do sistema hidráulico	66
FIGURA 39- Arranjo dos módulos fotovoltaicos e área de armazenamento.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número total de sementes de ostras por quilograma em função do tamanho (<i>mm</i>).....	33
Tabela 2 - Perdas de carga localizadas no sistema hidráulico.	48
Tabela 3 - Levantamento das cargas elétricas presentes no <i>FLUPSY</i>	52
Tabela 4 - Características técnicas da bateria estacionária Freedom DF4100 240 Ah (Chumbo-ácido).....	53
Tabela 5 - Especificações do módulo fotovoltaico ZTRON ZTP – 160W.....	55
Tabela 6 - Especificações controlador de carga	57
Tabela 7 - Materiais utilizado no <i>FLUPSY</i>	63
Tabela 8 - Componentes do sistema.	64

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>A</i>	Ampere	
<i>A_M</i>	Área individual do módulo solar	(<i>m</i> ²).
<i>C_D</i>	Capacidade de carga mínima do banco de baterias	(<i>Ah</i>);
<i>C_{IB}</i>	Capacidade individual da bateria	(<i>Ah</i>).
<i>cm</i>	Centímetro	
<i>C_S</i>	Capacidade de suporte do sistema	(<i>kg</i>);
<i>E</i>	Empuxo gerado	(<i>N</i>);
<i>E_B</i>	Eficiência da bateria	(%);
<i>E_{CD}</i>	Energia consumida diariamente	(<i>Wh/dia</i>);
<i>E_D</i>	Consumo individual do dispositivo	(<i>W</i>);
<i>E_{FM}</i>	Eficiência do módulo	(%);
<i>f_s</i>	Coeficiente de segurança	(%).
<i>g</i>	Aceleração da gravidade	(<i>m.s</i> ⁻²);
<i>g</i>	Gramas	
<i>h</i>	hora	
<i>h_F</i>	Total de horas em funcionamento diariamente.	
<i>H_S</i>	Perda de carga por singularidades	(<i>m</i>);
<i>HSP</i>	Potencial energético do local	(<i>kW.m</i> ² / <i>dia</i>);
<i>I_M</i>	Corrente máxima na entrada do controlador	(<i>A</i>);
<i>I_{SC}</i>	Corrente de curto-circuito do painel	(<i>A</i>);
<i>k</i>	Perda de carga do elemento;	
<i>kg</i>	Quilograma	
<i>km</i>	Quilômetro	
<i>L</i>	Litro	
<i>m</i>	Metro	
<i>M</i>	Milhão	
<i>min</i>	Minuto	
<i>mL</i>	Mililitro	
<i>mm</i>	Milímetro	
<i>N</i>	Newton	
<i>N_B</i>	Quantidade total de baterias;	
<i>N_E</i>	Autonomia esperada	(<i>dias</i>);

P_D	Profundidade de descarga no fim da autonomia	(%).
P_F	Peso flutuador	(kg).
P_M	Peso médio das sementes	(g)
Q_R	Vazão requerida por peso vivo	(mL.min ⁻¹ /g).
Q_T	Vazão obtida	(m ³ /h);
s	Segundo	
t	Tonelada	
T_M	Quantidade de módulos para atender a demanda diária;	
T_{MP}	Total de módulos em paralelo no arranjo;	
T_{MS}	Quantidade total de módulos em série.	
T_S	Total de sementes;	
v	Velocidade	(m/s);
V	Volt	
V_F	Volume do flutuador	(m ³);
V_I	Tensão do banco de baterias	(V);
V_{IB}	Tensão individual da bateria	(V);
V_{MC}	Voltagem de máxima potência na entrada do controlador	(V);
V_{OC}	Tensão de circuito aberto do módulo	(V);
V_S	Volume submerso do flutuador	(%);
W	Watts	
ρ_L	Densidade do líquido	(kg/m ³)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%ppm	Partes por mil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BA	Bahia
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FEL	<i>Front End Loading</i>
FLUPSY	<i>Floating Upweller System</i>
HSP	Horas de sol pleno
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MPPT	Rastreamento do ponto de máxima potência
NBR	Norma Brasileira
PA	Pará
PE	Pernambuco
PEAD	Polietileno de alta densidade
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	Project Management Institute
PR	Paraná
PVC	Policloreto de vinila
PWM	Modulação por largura de pulso
RAS	<i>Recirculating Aquaculture Systems</i>
REN21	<i>Renewable Energy Policy Network for the 21st Century</i>
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
SC	Santa Catarina
SFA	Sistema fotovoltaico autônomo
SP	São Paulo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
XPS	Poliestireno extrudado

SUMÁRIO

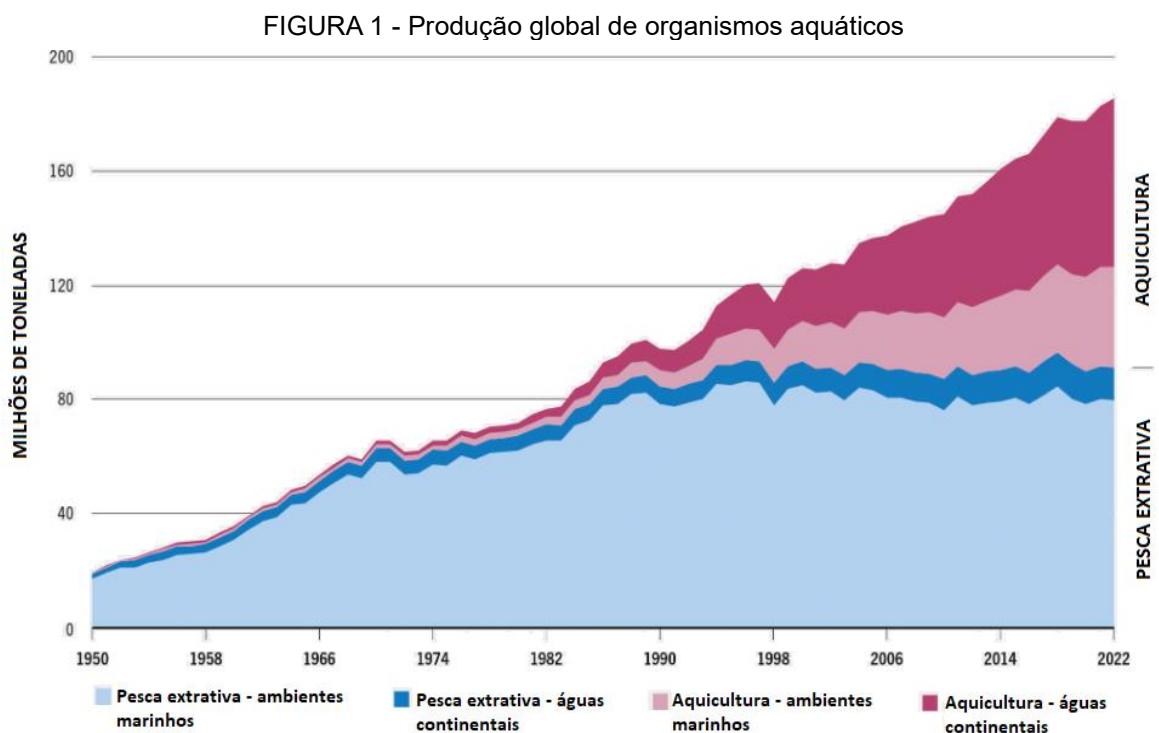
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS.....	23
1.1.1	Objetivo geral.....	23
1.1.2	Objetivo específico	23
1.2	JUSTIFICATIVA	23
2	REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1	SISTEMAS DE FLUXO FORÇADO	24
2.2	<i>FLUPSY</i>	25
2.3	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	26
2.4	PROJETOS DE ENGENHARIA	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4	CONSIDERAÇÕES DO PROJETO.....	32
4.1	REQUISITOS DO SISTEMA.....	32
4.1.1	Vazão total do sistema.....	33
4.1.2	Vazão requerida	34
4.1.3	Velocidade superficial	35
4.1.4	Densidade.....	36
4.2	COMPONENTES DO SISTEMA HIDRÁULICO	37
4.2.1	Sistema de bombeamento	37
4.2.2	<i>Upwellers</i> ou Silos	40
4.2.3	Canal de esgotamento.....	40
4.3	COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID	40
4.3.1	Módulo fotovoltaico	41
4.3.2	Controlador de carga	43
4.3.3	Inversor de frequência	43
4.3.4	Acumuladores de carga	44
5	DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES	45
5.1	SISTEMA HIDRÁULICO	45

5.1.1	Tamanhos de sementes	45
5.1.2	Escolha do Sistema de Bombeamento	46
5.1.3	Vazão obtida.....	46
5.1.4	Capacidade de suporte.....	48
5.1.5	<i>Upwellers</i> ou Silos	49
5.1.6	Canal de esgotamento.....	50
5.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	50
5.2.1	Levantamento do consumo.....	51
5.2.2	Capacidade de armazenamento do sistema.....	52
5.2.3	Módulos solares.....	54
5.2.4	Controlador de carga	56
5.3	Dimensionamento da balsa	57
5.3.1	<i>Layout</i> geral.....	57
5.3.2	Materiais construtivos	60
5.3.3	Capacidade de flutuação	62
5.4	Conclusões	65
6	Considerações finais.....	67
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	68
	REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

Em 2022, os oceanos, mares, rios e demais corpos hídricos — que cobrem mais de 70% da superfície terrestre — foram responsáveis por 37,5% do volume total de proteína de origem animal disponibilizado globalmente, por meio da pesca extrativa e da aquicultura. A participação sobe para 42,6% quando considerada a produção de algas, que totalizou 37 milhões de toneladas. O consumo per capita de organismos (*kg*) aquáticos também apresentou crescimento significativo, passando de 9,9 (*kg*) em 1960 para 21,4 (*kg*) em 2022, o que reforça sua importância para a segurança alimentar e nutricional (FAO, 2024).

A produção aquícola alcançou um marco histórico em 2022 ao superar pela primeira vez a pesca extrativa em volume. A aquicultura atingiu 94,4 milhões de toneladas, enquanto a pesca extrativa totalizou 92,3 milhões de toneladas (*Mt*). Esse crescimento expressivo do setor aquícola é evidente desde a década de 1990, quando a produção era de 17,3 (*Mt*), demonstrando a significativa expansão da contribuição da aquicultura para o suprimento global de alimentos (FIGURA 1). Em contraste, a pesca extrativa tem mostrado uma variação moderada, mantendo-se relativamente estável ao longo das últimas três décadas (FAO, 2024).

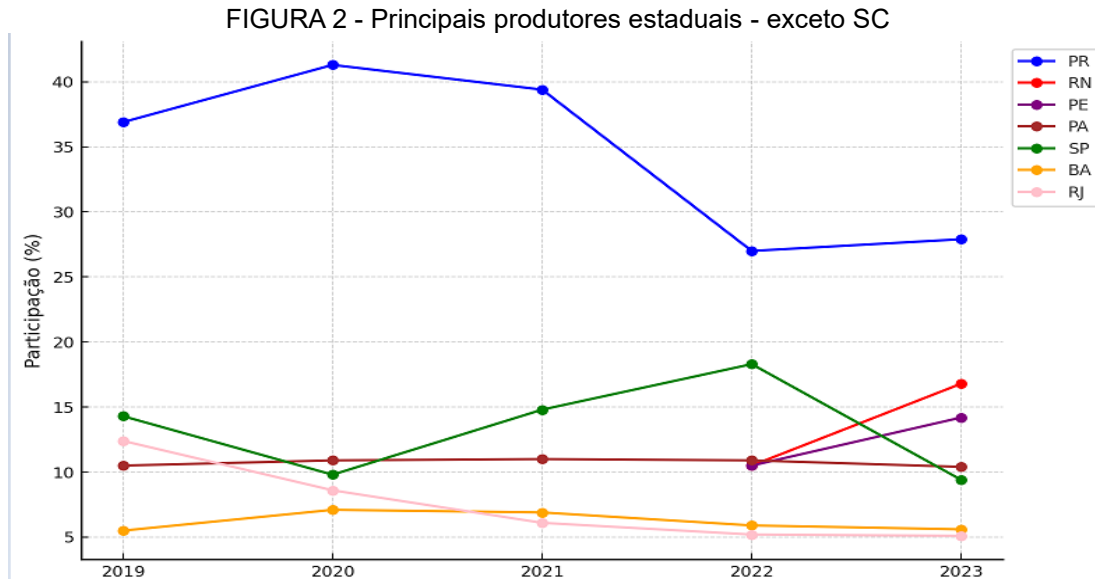


A aquicultura envolve o cultivo de organismos aquáticos em todas as etapas de seu desenvolvimento, desde a reprodução, larvicultura, recria, engorda e abate, objetivando fornecer proteína de origem animal. Segundo a FAO (1990), a aquicultura é simplesmente o cultivo de plantas ou animais aquáticos e inclui alguma forma de intervenção, seja com ações de povoamento regular, fornecimento de alimento externo, proteção contra predadores, entre outros. Em 2022, os principais grupos cultivados incluem peixes (piscicultura), moluscos (malacocultura) e camarões (carcinicultura), representando aproximadamente 66,1%, 16,4% e 12,4%, respectivamente (FAO, 2024).

A criação de moluscos é a transformação eficaz de matéria orgânica presente no ambiente aquático em proteína de elevado valor nutricional e comercial (MIZUTA et al., 2012). Dispensando o uso de alimentação artificial no processo produtivo e necessitando de pouco investimento inicial, a atividade desperta interesse tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico, devido à sua sustentabilidade (WILLIAMSON et al., 2015; PEREIRA et al., 2018).

A malacocultura brasileira, apesar de contar com uma costa marítima superior a 7.000 quilômetros (*km*) de extensão e uma ampla diversidade climática, apresentou uma redução de 42,8% na produção entre 2019 e 2023, totalizando aproximadamente 8.729 (*t*). A produção está majoritariamente concentrada no cultivo do mexilhão *Perna perna* (77,20%), enquanto o restante corresponde à ostreicultura (IBGE, 2023).

Nos últimos cinco anos, a retração da produção nacional foi impulsionada, sobretudo, pela queda de 45,1% registrada em Santa Catarina (SC), cuja participação na malacocultura brasileira diminuiu de 97,0% para 93,2%. Em contrapartida, a produção nos demais estados apresentou um crescimento médio de 28,41%, destacando-se Paraná (PR), Pará (PA) e São Paulo (SP) como os principais produtores excluindo o estado catarinense no período. A FIGURA 2 apresenta os principais produtores e sua representatividade no volume total, excluindo a produção catarinense.



Fonte: IBGE (2023).

As ostras são moluscos bivalves e filtradores, pertencentes à família *Ostreidae* (QUAYLE, 1980), capazes de regular as taxas de alimentação e ingestão em função da qualidade do *seston* (BAYNE et al, 1993). O *seston*, composto por matéria orgânica, microrganismos, zooplâncton e fitoplâncton, representa a principal fonte de alimento nos oceanos (COMA et al, 2001). Destaca-se o fitoplâncton, responsável por 50% da produção primária total na biosfera terrestre (BEHRENFELD et al., 2001) e 95% da produção orgânica marinha (NYBAKKEN, 2001). Comumente conhecido como microalgas, em sua maioria, são organismos unicelulares com capacidade fotossintética, que se deslocam de maneira passiva e acompanhando os movimentos das correntes e massas d'água (BONEY, 1975).

A ostreicultura abrange três fases distintas: obtenção e cultivo inicial das sementes; a fase intermediária e o cultivo definitivo dos adultos (MANZONI; 2001). A fase berçário tem como objetivo obter juvenis em um curto período e com a maior densidade possível, enquanto minimiza os custos e riscos envolvidos no processo (CLAUS e al, 1983). Convencionalmente, as sementes são acondicionadas e mantidas até alcançarem 35 milímetros (*mm*) dentro de baldes, cilindros e caixas revestidos com telas ou em sacos dentro das lanternas tradicionais. Na fase intermediária ou berçário final, os juvenis são mantidos em lanternas até atingirem tamanho de 4 a 5 centímetros (*cm*). A última fase, também conhecida como engorda, as ostras atingem o tamanho comercial, geralmente medindo entre 7 e 10 (*cm*) de altura de concha. (SÜHNEL et al., 2017; SUPLICY; LAGREZE-SQUELLA, 2022).

O gênero *Crassostrea* (SACCO, 1897) abriga algumas das ostras mais apreciadas economicamente devido à sua riqueza nutricional e a ostreicultura no Brasil começou a despertar interesse como uma alternativa à pesca artesanal, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos explorados pelas comunidades ribeirinhas (COSTA, 1985; POLI, 2004).

Na costa brasileira, observa-se a dominância ecológica das espécies *C.rhizophorae* (GUILDING, 1828) e *C. gasar* (ADANSON, 1757 = *brasiliiana*) que são consideradas eurialinas e euritéricas, bem adaptadas à ambientes estuarinos tropical e subtropical (ANGELL, 1986; MELO et al, 2010). A espécie *C.rhizophorae*, comumente chamada de ostra-do-mangue, adapta-se e possui rendimento elevado em ambientes de água salobra e zonas de entre marés (WAKAMATSU, 1973; GUIMARÃES,2008), enquanto que a *C. gasar*, entre as espécies nativas, tende a apresentar maior tamanho, gerando maior interesse comercial e produtivo (VARELA et al., 2007; CAVALEIRO, 2013) e, demonstra desempenho superior em áreas onde a salinidade apresenta poucas variações, semelhantes às condições marinhas (TURECK, 2014; FUNO et al., 2015).

Além das espécies nativas, a *C. gigas* (THUNBERG, 1793), conhecida como ostra-do-Pacífico, é cultivada comercialmente no Brasil, apresentando os maiores volumes de produção entre as ostras. Em 2022, sua produção totalizou aproximadamente 1.340 (t), correspondendo a 10,96% do volume total de moluscos cultivados no país (IBGE, 2023). A atividade concentra-se predominantemente na região de Florianópolis, no estado de Santa Catarina (EPAGRI, 2020). A espécie é incapaz de formar um banco natural e a produção depende exclusivamente de sementes obtidas em laboratório.

A obtenção de sementes pode ser realizada em laboratório ou através de coletores artificiais e, a oferta constante e confiável de sementes, constitui um fator importante para o sucesso da ostreicultura, confere previsibilidade e segurança para os produtores e evita a quebra produtiva (RUPP et al, 2022).

O uso de coletores artificiais que, apesar de possuírem menor custo e simplicidade tecnológica, dificulta a separação das espécies e exige maior tempo para realização da atividade, pois, dentre as espécies nativas, a *C. gasar* alcança maior tamanho e, por esse motivo, é preferida para o cultivo, porém, compartilha características fenotípicas similares às de outras espécies nativas, principalmente comparada em fases de estágios iniciais de desenvolvimento, além de possuírem

períodos de reprodução sobrepostos (TROMBETA et al, 2022; LEGAT et al, 2017; IGNÁCIO, 2000).

A captação de sementes no ambiente natural utilizando coletores artificiais está relacionada a diferentes fatores, incluindo a temperatura, disponibilidade de alimento, ciclo reprodutivo, correntes, salinidade, material do coletor e a preferência pelo substrato (NALESSO et al, 2008; VÉLEZ; EPIFANIO, 1981). A produção de ostras que dependa exclusivamente dessa técnica, torna-se imprevisível e dificulta o planejamento e escalonamento produtivo (PEREIRA et al, 2003). Adicionalmente, a obtenção de sementes em laboratório, permite atingir melhores indicadores zootécnicos para condições específicas, mediante programa de melhoramento genético (AKVAFORSK, 2005).

No processo de obtenção de sementes em laboratórios, a larvicultura tem início após a fertilização e costuma ser realizada em sistemas estáticos, no entanto, devido ao alto padrão de qualidade da água exigido nessa fase de desenvolvimento, sistemas contínuos e de recirculação (RAS) passaram a ser adotados com maior frequência (RUPP et al, 2022). Ao final da larvicultura, há a transição da fase larval para a fase de pré-semente, na qual as ostras começam a se fixar em substratos e a se desenvolverem de forma acelerada (BROGNOLI; TEIXEIRA, 1996).

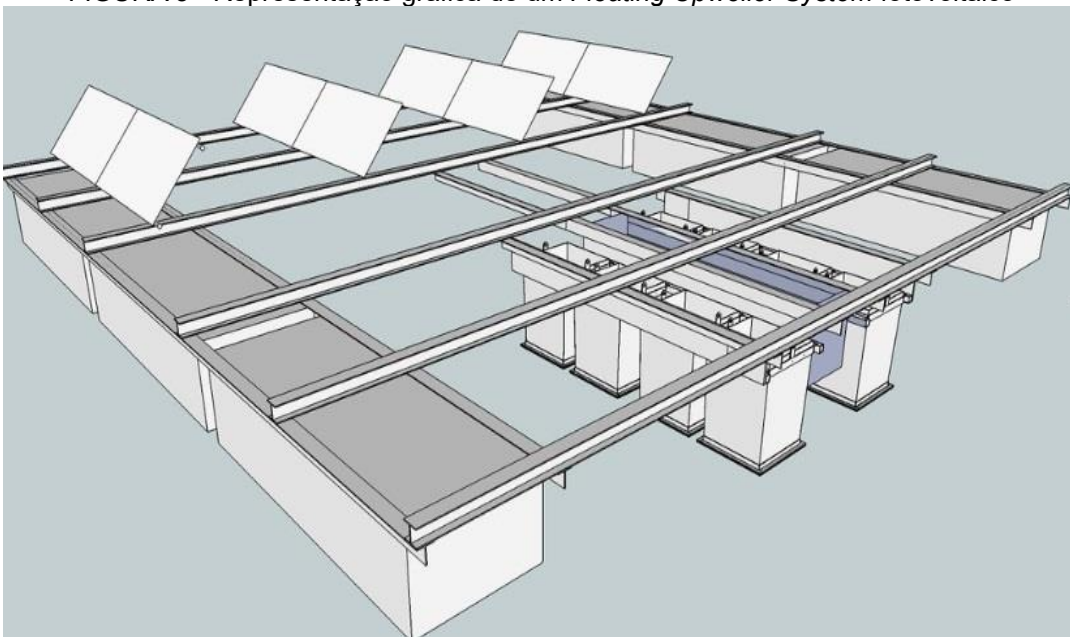
Cultivar as sementes recém-assentadas, ao ponto que atinjam o tamanho apropriado para serem transferidas para o local de cultivo, é crucial para o sucesso na produção de sementes (RODHOUSE; O'KELLY, 1981). A maneira mais eficaz de acelerar o crescimento das sementes é oferecer alimento de qualidade, de forma abundante e contínua (SHUMWAY, 2021).

O método comumente utilizado em laboratórios, consiste em acondicionar as sementes em cilindros e forçar a passagem de alimento em fluxo ascendente, conhecido como *upwelling*. O sistema resulta em menor mortalidade, melhor crescimento em alta densidade e tamanho uniforme (BACHER; BAUD, 1992). Entretanto, quando atinge um tamanho de 5 (*mm*), uma semente que anteriormente possuía 1 (*mm*) requer aproximadamente 100 vezes mais volume de microalgas (HELM, 2004; RUPP et al., 2022). Em função do aumento dos custos envolvidos e com o intuito de manter os preços acessíveis aos produtores ou iniciar novo lote, convencionalmente as sementes são comercializadas medindo entre 1 e 1,5 (*mm*) (Laboratório de Moluscos Marinhos - UFSC, s.d.).

A realização da fase berçário no local de cultivo de sementes obtidas em laboratório, consiste na mudança do ambiente controlado para as condições naturais, devendo suprir as demandas biológicas das sementes e evitando todos os custos envolvidos de laboratórios (GOMES, 1986). Sob influência da hidrodinâmica do ambiente natural, apresentando fluxo inferior aos praticados em laboratório, ocorre a intensificação na formação de biodepósitos, entupimento de telas, agrupamento de sementes, crescimento heterogêneo, aumento da mortalidade e necessidade da realização de manejos recorrentes (BASTOS, 2003; BRUNETTO, 2018). O peneiramento ou gradeamento e posterior separação dos indivíduos em função do tamanho, é importante para o sucesso dos cultivos e com maior eficiência em sementes oriundas de laboratório (PEREIRA et al, 2003).

Existem também sistemas de *upwelling* praticados fora do laboratório, geralmente em terra, e os *FLUPSYS* que são *upwellers* flutuantes (FIGURA 3). O *FLUPSY* é, em sua essência, uma balsa equipada com *upwellers* conectados à um canal que, geralmente centralizado na plataforma e em equilíbrio hidrostático com a superfície marítima, é esgotado utilizando bomba hidráulica ou por motor elétrico ou de combustão que acionam eixos com roda d'água acoplada ou hélice, forçando, dessa forma, a passagem de alimento por silos, caixas ou tambores contendo as sementes (RALONDE,1999).

FIGURA 3 - Representação gráfica de um *Floating Upweller System* fotovoltaico



Fonte: *Deep Bay Marine Field Station, Vancouver Island University* (2012).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Dimensionamento de um sistema berçário para recria de ostras do tipo *FLUPSY* (*Floating Upweller System*) autossuficiente energeticamente com capacidade de suporte mínima de 8 quilogramas.

1.1.2 Objetivo específico

- Identificação das Principais Variáveis do Projeto;
- Dimensionamento do Sistema Hidráulico;
- Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico;
- Elaboração do Conceito;
- Seleção dos Materiais Construtivos e Componentes;
- Dimensionamento da Plataforma Flutuante;
- Representação gráfica

1.2 JUSTIFICATIVA

As sementes de ostra ao serem transferidas para berçários nos locais de cultivo, o crescimento e a sobrevivência dependem da disponibilidade de alimento natural (*seston*) e manejos frequentes, bem como das condições físicas, químicas e ambientais. Embora a intervenção direta nessas variáveis seja inviável, o uso do sistema *FLUPSY* possibilita o aumento do fluxo hidráulico, resultando em uma maior disponibilidade de alimento e, se o sistema for autossuficiente energeticamente, o local de operação do sistema pode ser selecionado ou alterado durante a recria independentemente do acesso a fontes externas de energia, seja para buscar melhores indicadores zootécnicos ou mitigar a ação de poluentes e contaminantes.

Diferentemente de outros países, berçários tipo *FLUPSY* não são amplamente utilizados na recria de ostras no Brasil. O sistema apresenta melhores indicadores zootécnicos quando comparado aos sistemas convencionais, redução nas horas (*h*) dispensadas no manejo das sementes e menor custo energético em relação ao método *upwelling* realizado em laboratório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE FLUXO FORÇADO

No processo de obtenção e recria de sementes de ostras em laboratório, empregam-se dois tipos de fluxo contínuo hidráulico: *Downweller* e *Upweller* (FIGURA 4). Apesar de possuírem sentidos opostos (um descendente e o outro ascendente), controlam a oferta de alimento através de vazão e concentração conhecidas (WALLACE, 2008). No entanto, o fluxo descendente é preferível durante o assentamento, momento que as larvas perdem o hábito natante e procuram substrato para fixar-se. O procedimento envolve o uso de pó de conchas em bandejas ou epinefrina dissolvida e, o sentido do fluxo, além de promover o assentamento, evita que as larvas escapem dos tanques (RUPP et al, 2022).

FIGURA 4 - Sistemas de fluxo forçado



Fonte: Anil et al. (2018).

Sem o risco de escape das larvas (*washout*) e com intuito de reduzir a frequência das higienizações para minimizar o acúmulo de matéria orgânica no fundo, após o assentamento, adota-se majoritariamente o sistema *upwelling*, objetivando maior circulação da água e redução de zonas com baixa oxigenação nos cilindros de cultivo (HELM et al., 2004). Independentemente da estratégia adotada, o crescimento das sementes está vinculado à qualidade do *seston* e quantidade disponibilizada (DAVIS et al., 2021).

O sistema *upwelling*, operando com a velocidade apropriada, adicionalmente, pode propiciar a formação de um leito fluidizado, no qual partículas sólidas são mantidas em suspensão e se comportam como um fluido, ou seja, sem distinção da fase líquida e sólida devido ao fluxo ascendente de gás ou líquido que passa por elas.

O leito fluidizado permite o cultivo de sementes em altas densidades e suspensas, com controle de fluxo de água e alimento controlado (CHIERIGHINI, 2016).

A utilização de leito fluidizado (*fluidized bed nursery system*) apresentou bons resultados na avaliação de crescimento e sobrevivência em fluxo ascendente e altas densidades com sementes de *Crassostrea virginica* e *Mercenaria mercenaria* (VER; WANG, 1995; PFEIFFER; RUSCH, 2000). Sühnel et al. (2024) obtiveram altas taxas de crescimento em *C. gigas* e *C. gasar* utilizando um sistema fluidizado, e a velocidade superficial mínima para fluidização, em função do peso das sementes, seguiu um modelo de regressão linear ao longo do período experimental.

Segundo CHIERIGHINI (2016) que, ao comparar o uso de leito fluidizado e *upweller* no cultivo de sementes pré-assentadas de *C. gigas* em laboratório, obteve taxas de sobrevivência equivalentes, destacando a menor área utilizada com o cultivo e de acordo com SILVA (2021), o sistema *upweller* instalado em terra obteve tanto crescimento quanto sobrevivência equiparáveis aos berçários de caixa flutuante no cultivo de *C. gasar*, e redução no tempo dispensado com o manejo das sementes.

O cultivo de sementes de *Magallana bilineata* (Roding, 1798) em sistema *upweller* apresentou, após quatro semanas, melhores resultados em termos de sobrevivência e crescimento, quando comparado aos sistemas *downweller* e berçário em leito fluidizado. No entanto, ao término das oito semanas, que corresponderam à duração total do experimento, o leito fluidizado destacou-se como o método mais eficaz entre os avaliados (HWAI et al., 2023).

2.2 FLUPSY

Os sistemas *FLUPSY*, apesar de sua pouca utilização no Brasil, possui grande importância na produção de moluscos na América do Norte (RIVARA et al., 2002). Trata-se de um berçário *in situ* projetado para otimizar o fluxo da água, incrementando a disponibilidade de *seston*, e, conseqüentemente, alimento para os moluscos logo após seu assentamento (MESECK et. al, 2012). O sistema reduz o tempo de manejo e custo de bombeamento para sistemas *upweller* em terra de alimento natural (RIVARA, et al, 2002).

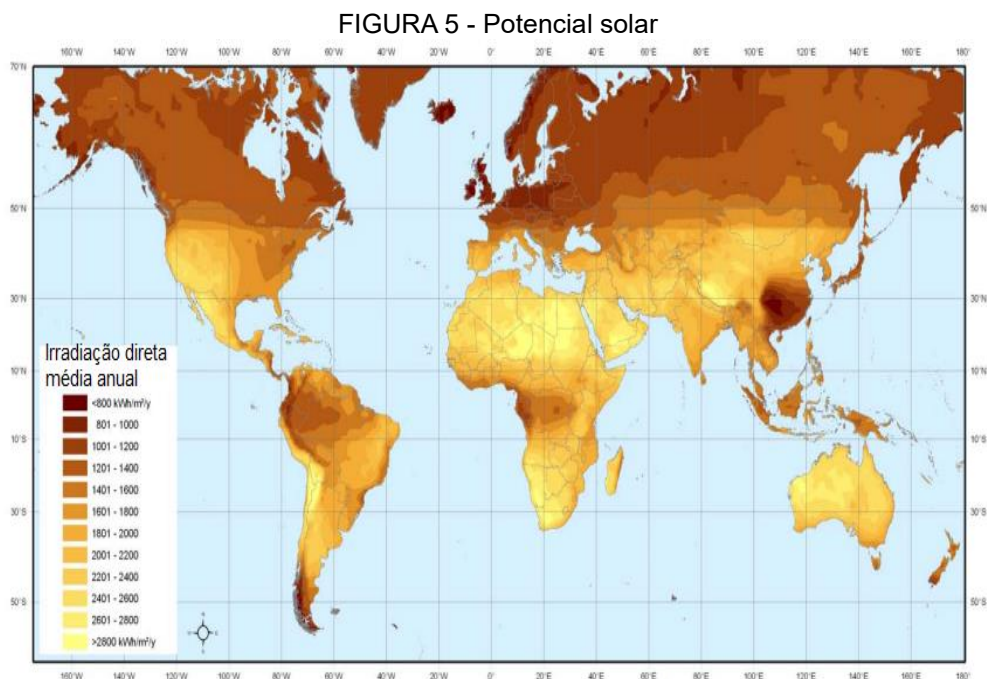
De acordo com Ralonde (1999), o cultivo de *C. gigas* em *FLUPSY* resultou em tamanhos significativamente maiores em comparação com as cultivadas em caixas flutuantes (19,5 mm e 11,45 mm, respectivamente), incluindo melhores fatores de

condição e taxas de sobrevivência. Comparando com o grupo de controle mostraram melhorias significativas na utilização de *FLUPSY* no cultivo de ameijoas-japonesas *Venerupis decussata* (CHESSA et al., 2013). Segundo estudo realizado por Meseck et al (2012), o sistema proporciona impacto mínimo no ambiente ao comparar a qualidade de água na entrada e saída do sistema.

2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Na atual conjuntura, a crescente demanda por fontes de energia ambientalmente sustentáveis e economicamente atrativas ganha destaque. A energia solar fotovoltaica surge como uma solução em potencial, permitindo a geração direta de eletricidade a partir de uma fonte limpa, disponível e inesgotável (ZHAO et al., 2020). A transformação de energia solar em eletricidade baseia-se no princípio do efeito fotovoltaico, tendo sido descoberto em 1839 por Alexandre Edmond Becquerel.

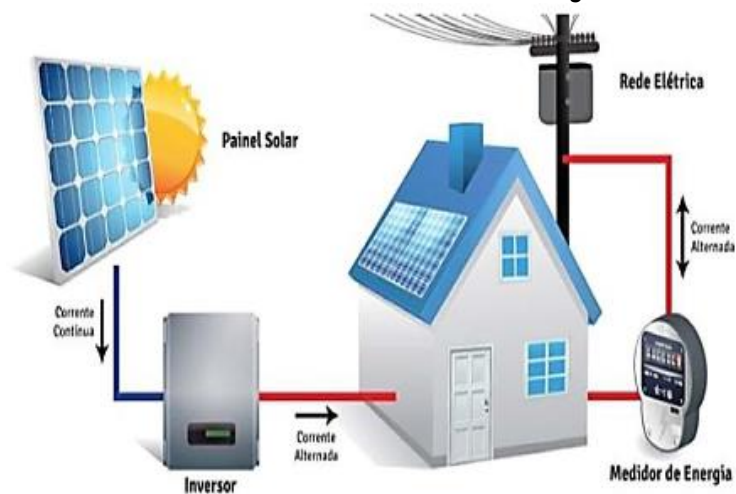
O Brasil possui condições favoráveis para a geração de energia fotovoltaica, ver FIGURA 5, com níveis de irradiação direta, em todas as regiões do país, maiores que alguns dos principais produtores globais, como os Estados Unidos, Alemanha e Japão (TREIB et al., 2009; REN, 2022).



Fonte: TRIEB (2009), adaptado.

Os sistemas fotovoltaicos *On-Grid* são interligados à rede elétrica e têm a capacidade de fornecer ou retirar energia de acordo com a capacidade instantânea de geração e consumo (FIGURA 6). A ausência de um conjunto de baterias, reduz o seu custo em comparação a um sistema autônomo, entretanto, depende da rede elétrica e, é desligado imediatamente em caso de queda, impossibilitando o uso como um sistema de backup (TONIN, 2017).

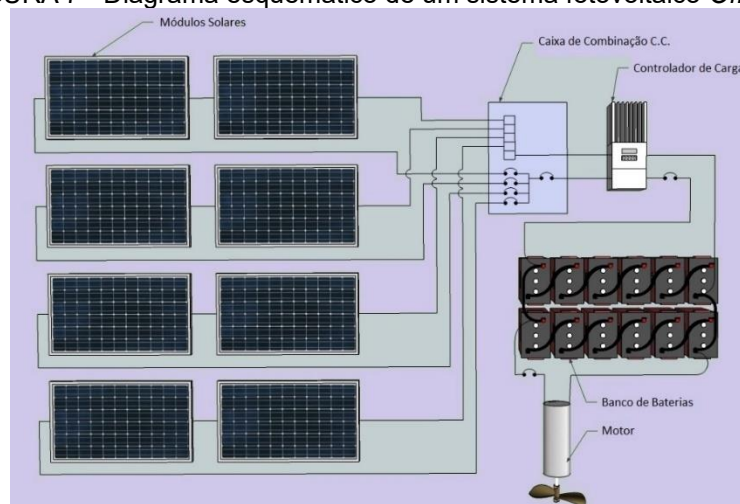
FIGURA 6 - Sistema fotovoltaico *on-grid*



Fonte: Silva (2017).

Os sistemas fotovoltaicos *Off-Grid* operam de forma independente, armazenando a energia produzida em acumuladores de carga (FIGURA 7). Essa autonomia energética é benéfica em locais remotos ou em situações em que não há acesso à rede elétrica ou em períodos sem produção (VILLALVA, 2012).

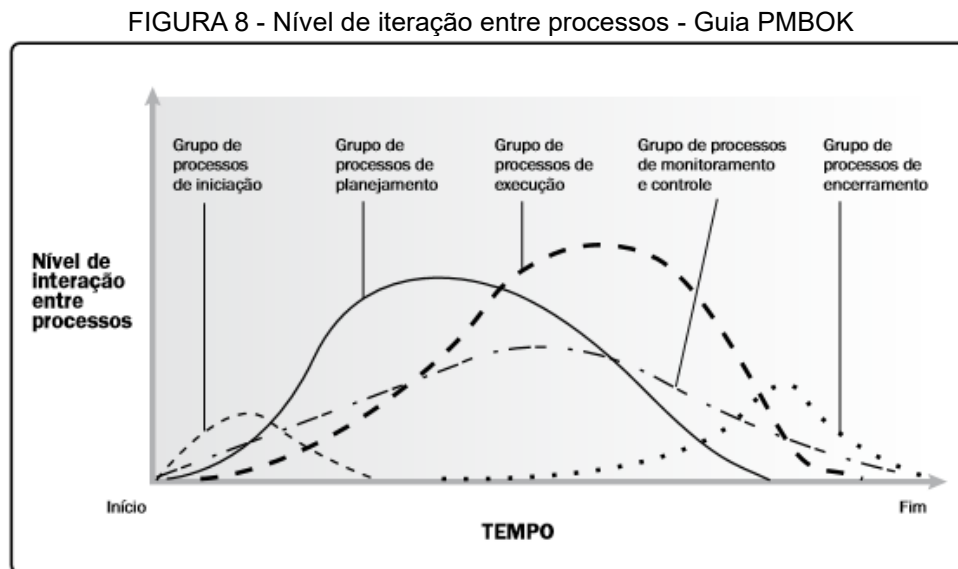
FIGURA 7 - Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico *Off-Grid*



Fonte: Deep Bay Marine Field Station, Vancouver Island University (2012), adaptado.

2.4 PROJETOS DE ENGENHARIA

A literatura de projetos é vasta em definições e metodologias propostas. Segundo o PMBOK, referência no gerenciamento de projetos em diversas áreas, um projeto é "um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único" (PMBOK, 2021). A gestão no guia é estruturada em cinco grupos distintos, embora haja uma sobreposição entre elas devido à sua interdependência e à necessidade de iteração entre elas (FIGURA 8). No entanto, é mais reconhecido como um guia de boas práticas em vez de uma metodologia específica proposta pelo instituto.



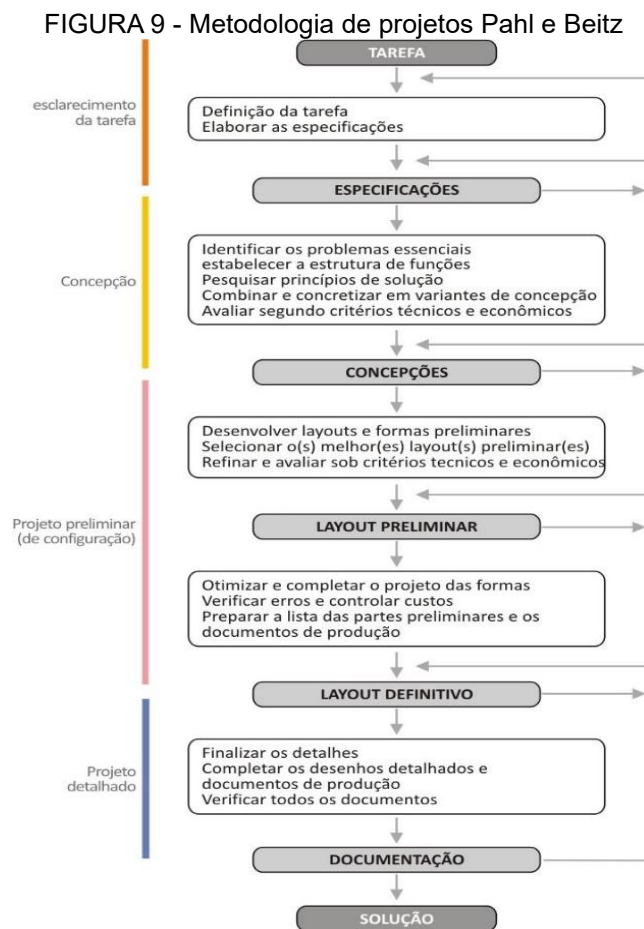
Fonte: Guia PMBOK, PMI (2014).

Shigley et al. (2005) afirmam que projetar é um processo inovador e altamente iterativo, executado na formulação de um plano para atender a uma necessidade específica ou na resolução de um problema. Se o plano resultar na criação de algo tendo uma realidade física, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável.

Norton (2013) complementa essa perspectiva ao descrever a metodologia de projetos como um exercício de criatividade aplicada, essencial para lidar com problemas não estruturados, como a definição de problemas vagos com múltiplas soluções possíveis. Norton ressalta que, apesar de algumas metodologias serem apresentadas linearmente, a iteração é essencial ao longo de todo o processo: "não

se pode projetar de modo linear. São três etapas para a frente e duas (ou mais) para trás, até que você finalmente apareça com uma solução aproveitável”.

O modelo FEL (*Front-End-Loading*), conforme Barbosa et al. (2013), visa otimizar projetos, com base em pontos de tomada de decisões ao longo do processo. A metodologia proposta por Pahl e Beitz (1996) enfatiza a abstração inicial do problema, focando na identificação das funções essenciais do produto ou sistema.



Fonte: Back (2008).

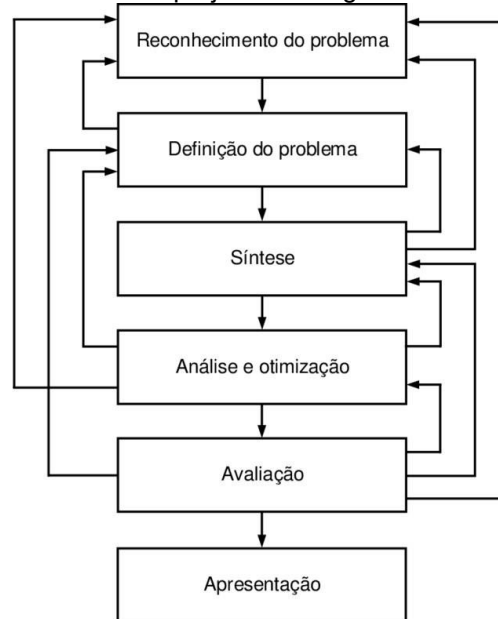
A progressão por etapas permite uma análise detalhada em cada fase do processo, possibilitando uma abordagem sistemática e iterativa, resultando em soluções de *design*, alinhadas com os requisitos do projeto e necessidades dos clientes.

Baxter (1998) destaca a importância de considerar diversas possibilidades de conceitos, desde que apresentem condições técnicas e econômicas para a sua realização, selecionando o mais adequado ao projeto partindo de um intento ou função

primordial. Pugh (2002) adota uma abordagem mais interdisciplinar, alinhando-se com outros modelos, e reforça a contextualização estratégica.

A metodologia de projetos apresentada por Shigley et al. (2005), conforme apresentado na FIGURA 10, destaca a necessidade de compreender completamente os requisitos do projeto, identificar alternativas de solução e aplicar métodos analíticos para avaliar e otimizar o desempenho.

FIGURA 10 - Fases de projetos de engenharia – Shigley et al.



Fonte: Shigley et al. (2005).

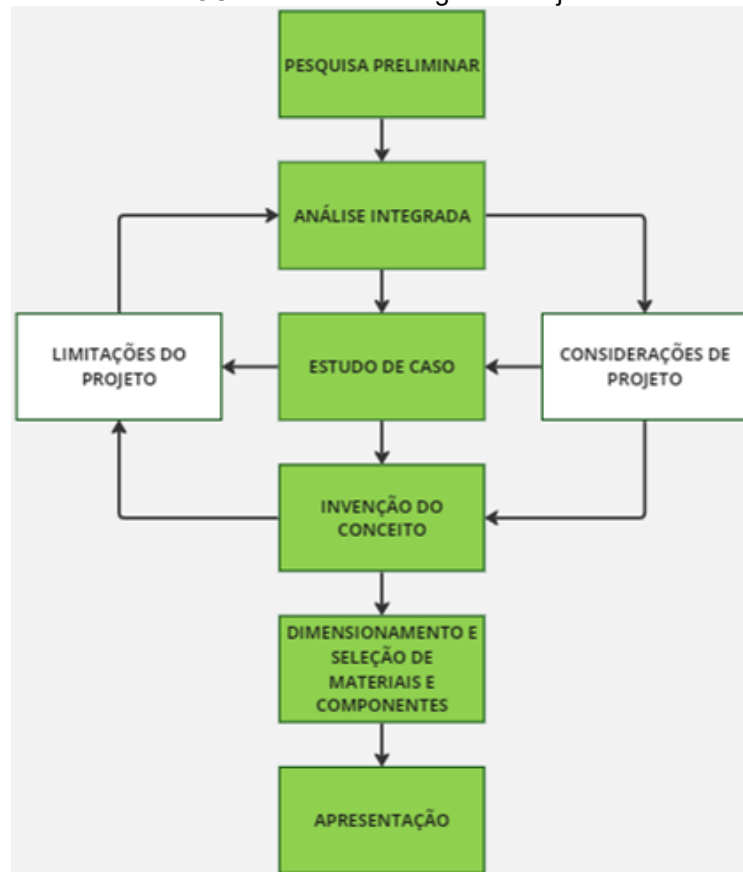
A abordagem enfatiza a iteração entre as fases do projeto, sugerindo que o processo de *design* não é linear, mas sim um ciclo contínuo de revisão e aprimoramento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste projeto foi inspirada, principalmente, na proposta por Shigley (2005) e nos conceitos discutidos em sua obra. O objetivo inicial foi alcançar um nível adequado de abstração, mesmo em um contexto em que a definição do problema esteja parcialmente clara e dividida em seis etapas, cada uma com suas próprias atividades e objetivos específicos (FIGURA 11). Todavia, o desenvolvimento do projeto não seguiu uma sequência linear. Em vez disso, as etapas se

sobrepuseram e se entrelaçaram, necessitando retornar a etapas anteriores para ajustes e revisões conforme novas informações foram produzidas.

FIGURA 11 - Metodologia do Projeto



Fonte: O autor (2024).

Considerando o propósito de investigar e solucionar um problema específico por meio da geração de conhecimento e sua aplicação prática e imediata, a pesquisa pode ser classificada como aplicada (PRODANOV; FREITAS, 2013). Em relação à abordagem, pode ser categorizada como quali-quantitativa, pois, teve como objetivo explorar sistemas de recria de ostras similares, abrangendo tanto aspectos de *design* quanto variáveis mensuráveis (AZEVEDO; ENSSLIN, 2020).

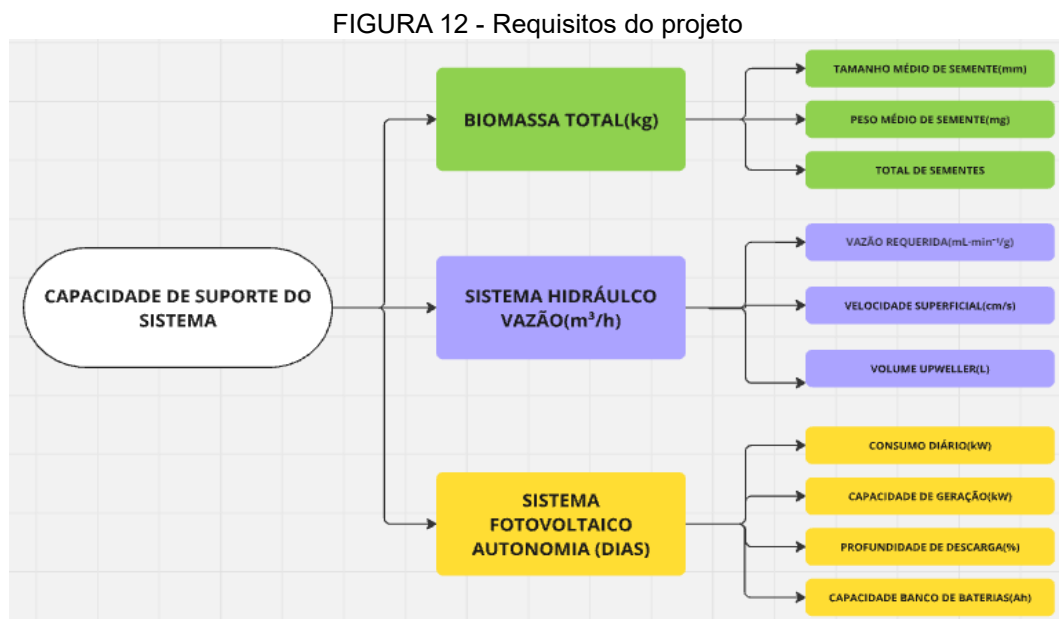
O procedimento técnico majoritariamente utilizado para a coleta de dados foi a pesquisa bibliográfica. Para Gil (2002), a principal vantagem de sua utilização, consiste na possibilidade de abordar uma ampla variedade de fenômenos, ultrapassando as limitações da pesquisa direta. Os instrumentos utilizados foram livros, manuais, teses, dissertações, monografias e periódicos.

4 CONSIDERAÇÕES DO PROJETO

Nesta seção, as principais considerações do projeto serão apresentadas: requisitos para a recria, componentes e opções utilizadas; características de sistemas fotovoltaicos e plataforma flutuante. Conforme definido por Shigley et al. (2005), certas considerações de projeto influenciam o dimensionamento de um elemento ou do sistema como um todo. Essas características foram utilizadas na identificação dos principais elementos, componentes e variáveis relacionadas, além de servirem como critério para seleção, avaliação e otimização nas etapas subsequentes. Considerando como os diferentes componentes se influenciam mutuamente e impactam o desempenho como um todo, essa abordagem reflete a ideia de Norton de que a síntese e a análise são opostas, mas simbióticas, iterando para uma melhor solução (Norton, 2013, p.7).

4.1 REQUISITOS DO SISTEMA

A capacidade de suporte do projeto ou *FLUPSY* fotovoltaico, é o peso total sementes que podem ser criadas simultaneamente no sistema, depende das especificações do sistema hidráulico e capacidade do sistema fotovoltaico em suprir de forma contínua a demanda energética. O conjunto dos requisitos, pode ser resumido como a capacidade de suporte do sistema (FIGURA 12).



FONTE: O autor (2024).

Nesta seção serão apresentados as principais variáveis e fatores que influenciam a recria de sementes em sistemas *upwelling*.

4.1.1 Vazão total do sistema

A vazão em um sistema hidráulico refere-se à taxa de escoamento do fluido em função do tempo, à medida que atravessa uma área de seção transversal específica e, é comumente expressa em unidades como litros por minuto (*L/min*) ou metros cúbicos por hora (*m³/h*). A vazão real, por outro lado, é a diferença entre a capacidade máxima de bombeamento de um sistema e a soma das perdas de carga totais devido à resistência hidráulica do sistema, comumente chamada de altura de recalque.

Nos sistemas de recria em fluxo forçado, a intensidade do fluxo regula a oferta de alimento, concentração de oxigênio dissolvido e a qualidade da água no cultivo, a vazão total do sistema deve ser compatível com a biomassa presente no cultivo (CAMPBELL e HALL, 2018; SPENCER, 1988). A biomassa mantida no sistema (*kg*), pode ser estimada a partir do total de sementes, tamanho médio e peso médio correspondente ou pela extrapolação entre o volume amostrado e a concentração de sementes com o volume do cultivo. Na TABELA 1 apresenta-se a relação entre o tamanho e peso de sementes de ostras para o intervalo entre 1 e 10 (*mm*).

Tabela 1 – Número total de sementes de ostras por quilograma em função do tamanho (*mm*)

Tamanho (<i>mm</i>)	Peso (<i>mg</i>)	Sementes ($10^3.kg^{-1}$)
1 ^(a)	0,3	3.333,3
2 ^(a)	2,2	454,4
3 ^(a)	7	142,9
4 ^(a)	17	59,8
5 ^(a)	32	31,2
6 ^(b)	60	16,7
8 ^(b)	150	6,7
10 ^(b)	250	4

Fonte: O autor (2024), com dados de (a) HELM et al (2004) e (b) MERCER et al. (2024).

O acompanhamento da biomassa possibilita verificar se o alimento está sendo disponibilizado conforme estipulado a partir da vazão requerida. A disponibilidade de alimento e a temperatura, em ambientes com salinidade estável, são identificados como os principais limitantes para o crescimento das ostras (BROWN; HARTWICK, 1988; SEHLINGER et al., 2019; DAS CHAGAS, 2022).

O manejo ao longo do período de cultivo, além de possibilitar o ajuste da densidade, permite acompanhar a variação da biomassa, a partir da realização de biometria ou gradeamento. Podendo ser mensurada em ganho de biomassa em certo período ou rendimento médio de sementes.

Segundo Mercer et al. (2024), a taxa de crescimento diária encontrada, utilizando o sistema *FLUPSY*, variou entre 2,7% e 5,1%, com média de 4,2% em meses de maior produção primária. O cultivo de sementes de *C. gasar* realizado em sistema *upweller* em ambiente externo, com duração de 62 dias e no outono, resultou em um rendimento de sementes ~92% para classe de tamanho ≥ 5 (mm) e sobrevivência de 90,2% (SILVA, 2021).

4.1.2 Vazão requerida

A exigência nutricional de organismos marinhos, como as sementes de ostras, varia em função do peso, temperatura do ambiente de cultivo e da qualidade do alimento presente no sistema. A vazão requerida, definida como o fluxo mínimo necessário para atender essa demanda, é expressa em mililitros por minuto por grama de semente ($mL \cdot min^{-1}/g$). Segundo Spencer et al. (1988), o fluxo entre 20 e 30 ($mL \cdot min^{-1}/g$) é ideal para o cultivo de sementes de ostras com alta concentração de alimento, no entanto, um fluxo entre 30 e 50 ($mL \cdot min^{-1}/g$) apresenta os melhores resultados de crescimento em condições menos favoráveis. O protocolo laboratorial estabelece a oferta semanal de microalgas em peso seco, correspondente a 40% do peso total das sementes, demonstrando maior eficácia ao se utilizar um *mix* de espécies de microalgas em comparação ao monocultivo, pois possui uma composição mais diversificada de nutrientes (HELM et al., 2004). A partir dos dados apresentados por Mercer et al. (2024), foi calculada uma vazão requerida entre 33,33 e 50 $mL \cdot min^{-1}$ por grama de semente.

Segundo Manzi et al (1986)., a taxa de crescimento e incremento do fluxo estão correlacionados, com exceção no inverno e consequente redução da

concentração de alimento, sugerindo a vazão de 21,43 ($mL.min^{-1}/g$) capaz de duplicar a biomassa mensalmente. Desde o início da utilização de sistemas de fluxo ascendente, existe a busca pelo fluxo ideal, incluindo modelos matemáticos para ofertar o alimento conforme a capacidade de filtração (EHRICH; HARRIS, 2021; RODHOUSE; KELLY, 1981). Segundo Campbell e Hall (2018), passados mais de 50 anos desde a utilização do sistema, é necessária uma maior compreensão do efeito da hidrodinâmica no cultivo de moluscos e possibilite a sua otimização.

4.1.3 Velocidade superficial

A velocidade superficial é definida como a taxa de deslocamento de um fluido por unidade de área (cm/s) e, em sistemas de recria, regula a taxa de alimentação e qualidade de água. (NEWELL et al., 2013; HELM et al., 2004). Enquanto, velocidades superficiais críticas, podem causar danos as sementes, inibir a alimentação e removê-las das unidades de cultivo (GRIZZLE et al., 1992; RILEY; MORESE, 2001; SÜHNEL et al. 2024).

Campbell e Hall (2018), em uma revisão sobre a influência da hidrodinâmica em sistemas de aquicultura de ostras, relatam que as velocidades superficiais variam entre 0,5 e 7,1 (cm/s). No entanto, os estudos consultados possuem objetivos diversos, incluindo determinar a densidade ótima para o cultivo, das condições ideais para a recria, influência de variáveis ambientais na taxa de crescimento, modelagem matemática para determinar a taxa de filtração, efeito do fluxo no tratamento de patógenos e envolveram espécies e tamanhos de sementes variados, o que impossibilita uma comparação direta entre os resultados.

Mercer et al. (2024), apresentam a utilização de velocidade superficial entre 0,39 e 0,78 (cm/s) para sementes variando entre 3 e 12 (mm) e com densidades iniciais variando no intervalo entre 9,3 e 14,0 (kg/m^2). No estudo realizado por Santana (2021), sementes com tamanho inicial médio de $2,65 \pm 0,40$ (mm), foram cultivadas em duas velocidades na primeira fase: 0,13 e 0,20 (cm/s) e duas densidades: 12,73 e 25,46 ($sementes/cm^2$), a combinação da maior velocidade superficial e menor densidade após 26 dias de cultivo, resultou no maior tamanho médio de sementes ($4,51 \pm 0,88$ mm). Para a maior densidade, não apresentou diferença significativa no tamanho médio ($3,85 \pm 1,22$ e $3,77 \pm 0,59$ mm) nas duas velocidades testadas, no

entanto, a maior velocidade apresentou maior homogeneidade de tamanho, enquanto a maior produtividade foi obtida com a menor velocidade e maior densidade.

4.1.4 Densidade

A densidade de estocagem, geralmente expressa em termos de biomassa por área (kg/m^2) ou percentual de volume ocupado do *upweller* pelas sementes, é um indicador fundamental de desempenho produtivo. Quando combinada ao tamanho médio de semente, ao fluxo volumétrico, à área da seção transversal, à velocidade superficial, e a biomassa acondicionada, esse conjunto de variáveis estabelecem tanto o perfil do “leito compactado de ostras” (*packed bed*) quanto a velocidade intersticial entre as sementes, portanto, essas variáveis não podem ser consideradas de forma isolada na determinação da capacidade de suporte do sistema.

Manzi et al. (1986) relatam a densidade de 40 (kg/m^2) em experimento com *upwellers* tubulares com diâmetro de 100 (*mm*). Sendo a velocidade superficial determinada em função da vazão e área da seção transversal do *upweller*, é possível promover velocidades elevadas com taxas de fluxo relativamente pequenas, porém, o comportamento do fluido será alterado conforme as características das sementes cultivadas (VER; WANG, 1995; HELM et al.; 2004; CAMPBELL et al., 2020; SÜHNEL et al., 2024). Além do perfil do “leito compactado de ostras”, a hidrodinâmica, a qualidade do alimento, temperatura, espécie e tamanho das sementes precisam ser analisados conjuntamente para prever a densidade ótima para o cultivo, seja visando a taxa de crescimento, produtividade ou rendimento de semente.

A área ou volume total dos *upwellers* no sistema deve sustentar a densidade predeterminada (kg/m^2) ao longo de todo o período do cultivo. Para assegurar essa condição, ajustes durante as atividades de manejo precisam ser realizados, considerando as variações no peso e no volume das sementes. Conforme sugerem Mercer et al. (2024), sementes de ostras inicialmente retidas em malha de 2 *mm* (T2) demandam uma significativa ampliação da área de cultivo à medida que crescem, ao passo que a densidade em cada *upweller* pode ser incrementada. Para sementes retidas em malha de 4 *mm* (T4), a área de cultivo deve ser aumentada em seis vezes, enquanto para aquelas retidas em malha de 10 *mm* (T10), a ampliação sugerida é de vinte vezes. O crescimento alométrico das sementes de ostras, que relaciona tamanho

peso e volume ocupado, pode explicar essa não linearidade na relação entre a área de cultivo e a densidade.

4.2 COMPONENTES DO SISTEMA HIDRÁULICO

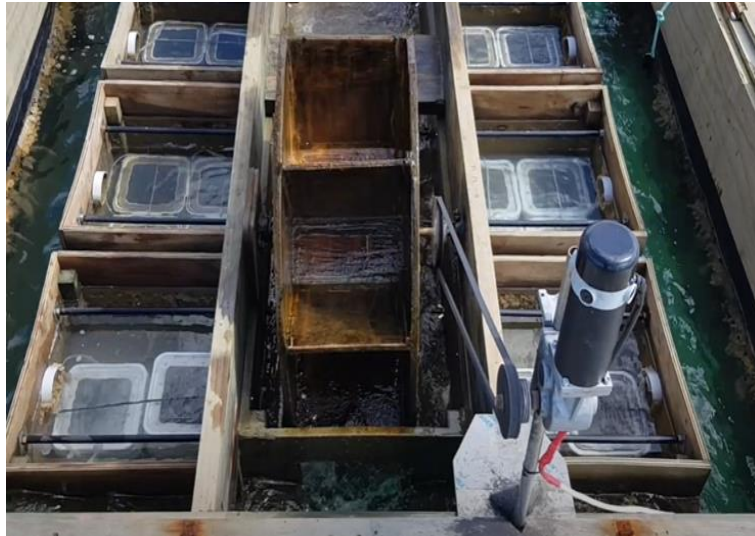
A hidráulica é a área da Física dedicada ao estudo do comportamento dos fluidos em movimento e em repouso, sendo responsável pelo conhecimento das leis que regem o transporte, a conversão de energia, a regulação e o controle do fluido. Nesta seção, são apresentados os principais componentes que compõem os sistemas do *FLUPSY*, incluindo o sistema de bombeamento, os *upwellers* e o canal de esgotamento, bem como as opções construtivas e os materiais empregados.

4.2.1 Sistema de bombeamento

O sistema de bombeamento pode ser descrito como o componente-chave do projeto, pois possibilita o incremento da oferta de alimento e responsável pela maior parte do consumo elétrico, impactando diretamente a capacidade de suporte do *FLUPSY* e o dimensionamento tanto do sistema fotovoltaico quanto da balsa.

A singularidade do sistema hidráulico presente em um *FLUPSY* reside na baixa altura de recalque, que se mantém insignificante até a entrada do sistema de bombeamento, devido ao equilíbrio hidrostático entre os *upwellers* e o canal de escoamento com a superfície marinha. Essa característica permite a utilização de sistemas de bombeamento de baixo consumo energético, uma vez que a energia necessária para superar a resistência ao movimento do fluido é reduzida. Algumas das opções utilizadas incluem:

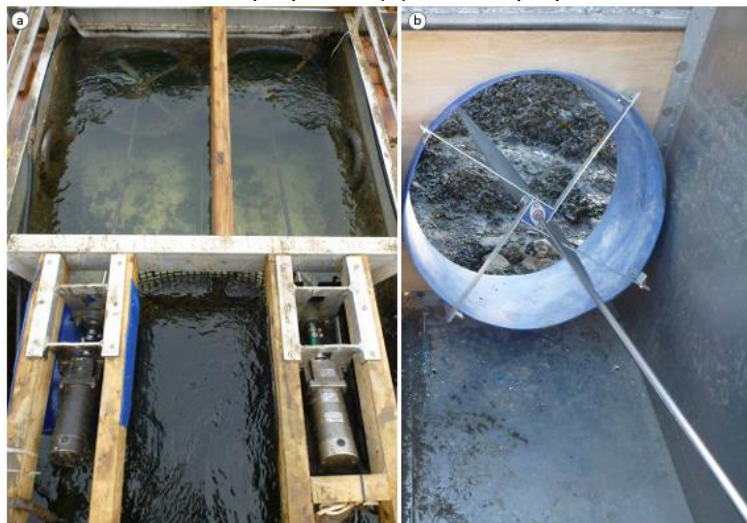
Paddle-wheel: Consiste em um motor elétrico acoplado a uma polia que, por meio de uma correia, aciona um eixo com pás, permitindo ajuste de velocidade e controle de fluxo para grandes volumes de água (FIGURA 13). Esse sistema é adequado para aplicações de alta demanda, como no *FLUPSY*. No entanto, não existem modelos comerciais disponíveis, sendo necessária sua fabricação sob medida. A manutenção regular da correia é essencial devido ao desgaste.

FIGURA 13 - Sistema de bombeamento *Padlewheel*

Fonte: Will McKay, Greenshell Spat Corporation.

Propulsor: O sistema utiliza um eixo com hélices diretamente acoplado ao motor, podendo incorporar ou não um redutor de rotação, promovendo fluxo contínuo e elevado desempenho (FIGURA 14). Este sistema, que não é comercializado em modelos prontos, exige fabricação sob medida para cada aplicação e a escassez de motores elétricos de baixa potência dificulta a sua montagem. No entanto, trata-se de uma solução durável e eficiente para movimentação de grandes volumes de água, mas demanda maior espaço de instalação. A interação direta do eixo com a água pode resultar em desgaste, o que requer manutenção periódica.

FIGURA 14 - Sistema de bombeamento a propulsão: a) Conjunto de bombeamento composto por motor elétrico, redutor, eixo e propulsor. (b) Detalhe propulsor e eixo fora da água



Fonte: Mercer et al. (2024)

Ice Eater: Um sistema submersível composto por um motor acoplado a uma hélice ou rotor de grande diâmetro (FIGURA 15). Projetado para circulação em ambientes com risco de congelamento, mas também aplicável em *FLUPSY*, devido a capacidade de movimentar grandes volumes de água em baixas profundidades, principalmente em situações de acesso à rede elétrica, pois, possui consumo elevado em comparação aos demais sistema. Outros dificultadores da sua utilização incluem o alto custo de aquisição e manutenção, controle do fluxo limitado e riscos de obstrução.

FIGURA 15 - Sistema de bombeamento *Ice Eater*



Fonte: Pond Pro.

Bomba submersível: as características construtivas proporcionam vazões elevadas em baixas alturas de recalque e tem menor risco de desgaste do motor, oferece praticidade e economia de espaço (FIGURA 16). No entanto, é sensível a obstruções e geralmente possui menor potência e vazões quando comparada a outros sistemas de bombeamento.

FIGURA 16- Bomba submersível com controle de fluxo

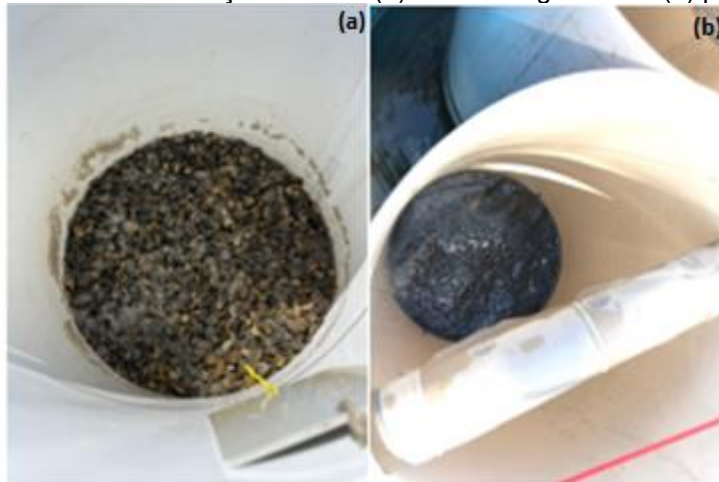


Fonte: Ocean Tech.

4.2.2 *Upwellers* ou Silos

Corresponde a estrutura na qual as sementes estarão acondicionadas, consistem em estruturas tubulares, com secção transversal circular ou prismática com tela no fundo. Podem ser fabricados em materiais como madeira, fibra de vidro e aços inoxidáveis, adaptados de bombonas; cestas; tubos policloreto de vinila (PVC). A área da secção transversal determina a velocidade do fluxo sob as sementes (FIGURA 17).

FIGURA 17 - Silos com secção circular: (a) sementes grandes e (b) pequenas



Fonte: Lagreze-Squella (2024).

4.2.3 Canal de esgotamento

O canal de escoamento é geralmente posicionado centralmente no *FLUPSY*, pode apresentar abertura na parte superior, que facilita a inspeção e manutenção, ou possuir abertura apenas na saída do sistema de bombeamento. O canal, de certa forma, executa função análoga a um reservatório, assegurando que o sistema de bombeamento tenha fluído constantemente para seu funcionamento adequado. Geralmente são construídos em madeira, alumínio naval e PVC.

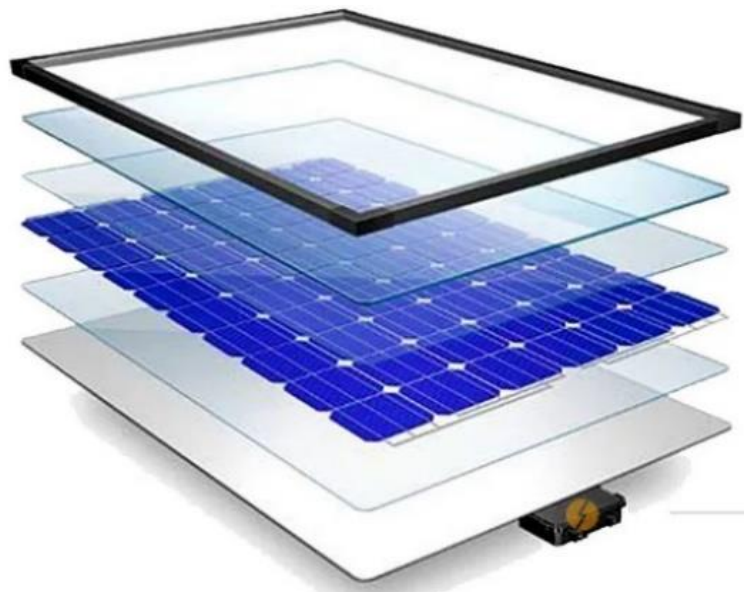
4.3 COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Nesta seção, os principais componentes do sistema fotovoltaico são apresentados, seus princípios de funcionamento, opções utilizadas e aspectos relevantes para o seu dimensionamento.

4.3.1 Módulo fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é formado por células fotovoltaicas interligadas e encapsuladas para gerar tensão e corrente em níveis adequados para uso prático (FIGURA 18). Cada célula é um semicondutor que, ao receber radiação solar, utiliza o efeito fotoelétrico: a luz absorvida excita os elétrons, que se desprendem dos átomos e migram para a banda de condução, criando uma diferença de potencial e gerando eletricidade aproveitável (GALDINHO; PINHO, 2014).

FIGURA 18 - Módulo solar fotovoltaico



Fonte: Ocaenergia.

A tecnologia predominante para fabricação de células fotovoltaicas é baseada no silício, utilizada em mais de 85% do mercado por sua confiabilidade e eficiência (GALDINO; PINHO, 2014). Células de silício monocristalino (*m-Si*) e policristalino (*p-Si*) são as mais comuns, com adição de elementos como fósforo e boro para aumentar a condutividade (FIGURA 19). As células monocristalinas tendem a oferecer maior eficiência na conversão de energia solar em elétrica, enquanto as policristalinas apresentam um custo de aquisição menor (HOLLANDA; MORENO, 2015) (figura 16).

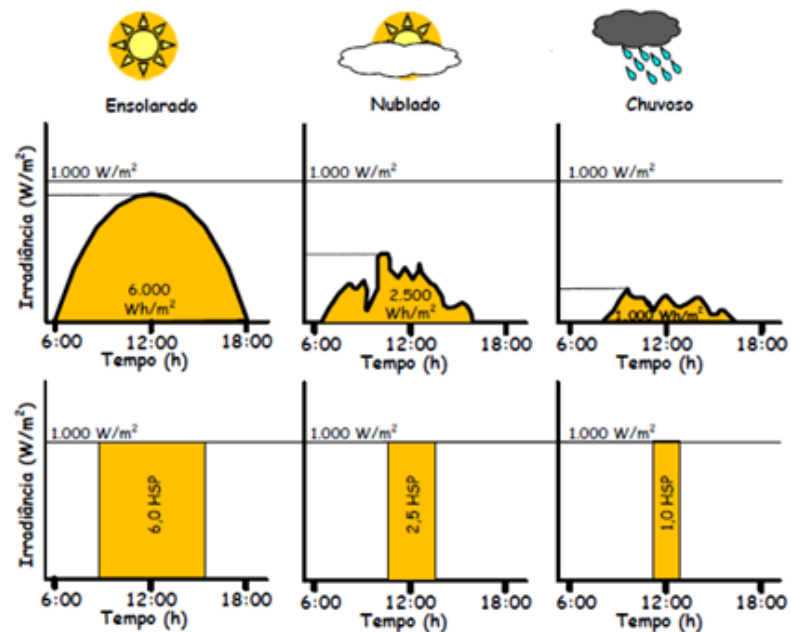
FIGURA 19 - Células de silício monocristalino e policristalino



Fonte: Adaptado de CEPEL (2013).

A capacidade de geração de energia de um módulo fotovoltaico depende de suas dimensões, da eficiência de conversão da energia solar em eletricidade, da orientação e do potencial solar local. A radiação solar incidente varia ao longo do dia e do ano, sendo comumente analisada em médias mensais. As Horas de Sol Pleno (HSP), representa o potencial solar de um local e é influenciado pelas condições atmosféricas (FIGURA 20). Adicionalmente, utiliza-se a irradiância para especificação e avaliação de módulos fotovoltaicos (GALDINO & PINHO, 2014).

FIGURA 20 - Horas de sol pleno em diferentes condições atmosféricas



Fonte: CRESESB (2008)

4.3.2 Controlador de carga

O Controlador de carga é responsável por monitorar e regular a carga das baterias, prevenindo sobrecargas e descargas excessivas, prolongando, dessa forma, a durabilidade do sistema (FIGURA 21). Os controladores de carga mais comuns são os tipos PWM (*Pulse Width Modulation*) e MPPT (*Maximum Power Point Tracking*).

FIGURA 21 - Esquema de conexão do controlador de carga em sistema fotovoltaico simplificado



Fonte: Oca Energia (2024).

O controlador PWM adapta a tensão de saída dos módulos à tensão das baterias, contribuindo para a preservação da corrente e a longevidade das baterias. Em contrapartida, o controlador MPPT maximiza a potência captada ao aumentar a corrente em resposta à redução de tensão, assegurando a manutenção da potência máxima dos módulos, resultando em uma eficiência superior para o sistema (FERNANDES, 2024). A eficiência do controlador é especialmente relevante em locais com variações significativas na irradiância solar e projetos de Sistemas Fotovoltaicos com pouca área disponível para a instalação de módulos, visando maximizar a produção de energia sob diferentes condições climáticas (KATCHE et al., 2023).

4.3.3 Inversor de frequência

O inversor CC/CA converte a corrente contínua (CC), gerada pelo arranjo fotovoltaico e armazenada no banco de baterias, em corrente alternada (CA) para uso em aplicações elétricas (TONIN, 2017). Classificados conforme o tipo de tensão (CA)

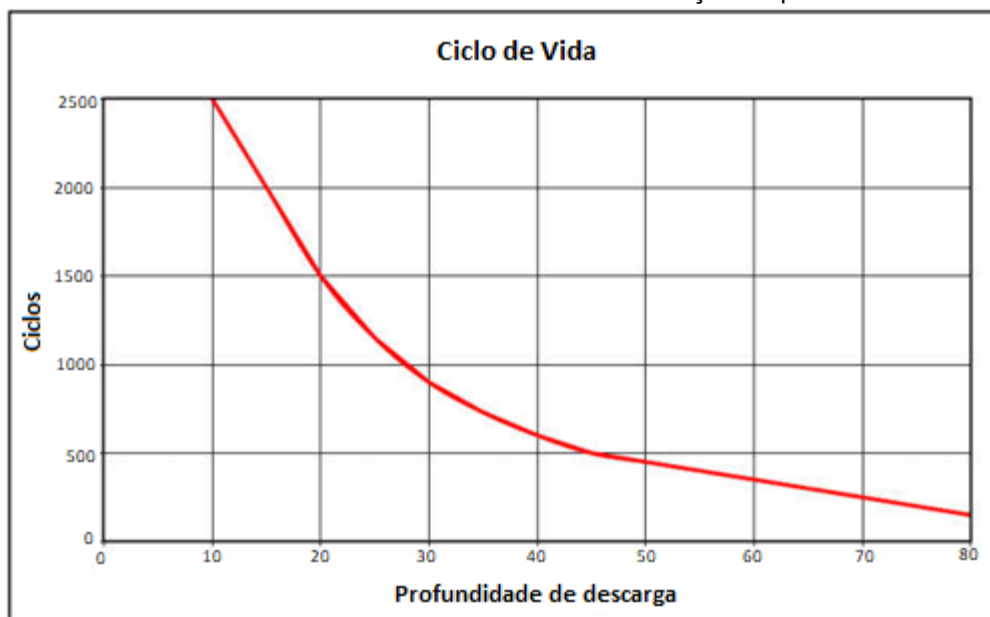
produzida em sua saída, os inversores, assim como os demais componentes do sistema fotovoltaico, devem minimizar a dissipação de potência e as perdas de energia. Embora apresentem maior custo, os inversores de onda senoidal oferecem melhor desempenho, com baixa distorção harmônica, e são compatíveis com qualquer equipamento CA (IMHOFF, 2007).

4.3.4 Acumuladores de carga

As baterias, também conhecidas como acumuladores eletroquímicos, nos sistemas fotovoltaicos isolados, armazenam o excedente de energia produzido durante períodos de maior insolação, para que esteja disponível quando a geração de energia se torna insuficiente ou inexistente, seja à noite ou em dias nublados (IMHOFF, 2007).

Nos Sistemas Fotovoltaicos Autônomos (SFA), são preferencialmente utilizadas baterias estacionárias de chumbo-ácido (Pb-ácido) devido ao equilíbrio entre custo e benefício, além de suportarem descargas mais profundas. O banco de baterias é geralmente dimensionado para garantir uma autonomia de 2 a 4 dias, considerando geração nula nesse intervalo (GALDINO & PINHO, 2014). A capacidade das baterias é expressa em ampere-hora (Ah), e a profundidade de descarga ao término do período de autonomia impacta diretamente sua vida útil (FIGURA 22).

FIGURA 22 - Durabilidade estimada do banco de baterias em função da profundidade de descarga



Fonte: Catálogo Freedom.

5 DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES

Nesta fase do projeto, o dimensionamento e seleção de materiais e componentes será apresentado. Alguns elementos e componentes podem ser dimensionados e/ou selecionados com base em critérios objetivos, como parâmetros definidos, limites estabelecidos e requisitos específicos, porém, na maioria dos casos, depende da subjetividade do projetista. O dimensionamento do *FLUPSY* teve início com o Sistema Hidráulico, seguido pelo Sistema Fotovoltaico e finalizado com a Plataforma Flutuante.

5.1 SISTEMA HIDRÁULICO

De acordo a norma ABNT NBR 5626:1998, dimensionamento é o ato de determinar dimensões e grandezas para que as instalações de água fria possam garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente, com pressões e velocidades adequadas para o uso. O *Floating Upweller System* foi dimensionado para recriar ao menos 250.000 sementes de ostras retidas em malha de 4 (*mm*) por ciclo de cultivo.

5.1.1 Tamanhos de sementes

O dimensionamento do Sistema Hidráulico iniciou-se pela definição dos limites de crescimento na fase de recria, contemplando sementes retidas em malhas de 1 até 4 (*mm*). O custo de aquisição das sementes está diretamente relacionado ao seu tamanho médio, uma vez que sementes maiores exigem maior tempo de permanência em laboratório. Assim, a capacidade de recriar sementes pequenas e com pouca mortalidade acumulada é interessante economicamente.

As sementes de menor tamanho requerem um manejo mais frequente devido ao crescimento rápido, competição entre organismos de diferentes tamanhos e ao maior risco de colmatção das telas. Ao atingir 5 (*mm*), a fase de manejo intensivo e risco de mortalidade é superada, permitindo a transição segura para a fase berçário em lanternas com malhas T4.

5.1.2 Escolha do Sistema de Bombeamento

O sistema de bombeamento selecionado foi a bomba submersível Jecod DCP -15000 (FIGURA 23).



Fonte: AQUABETTA.

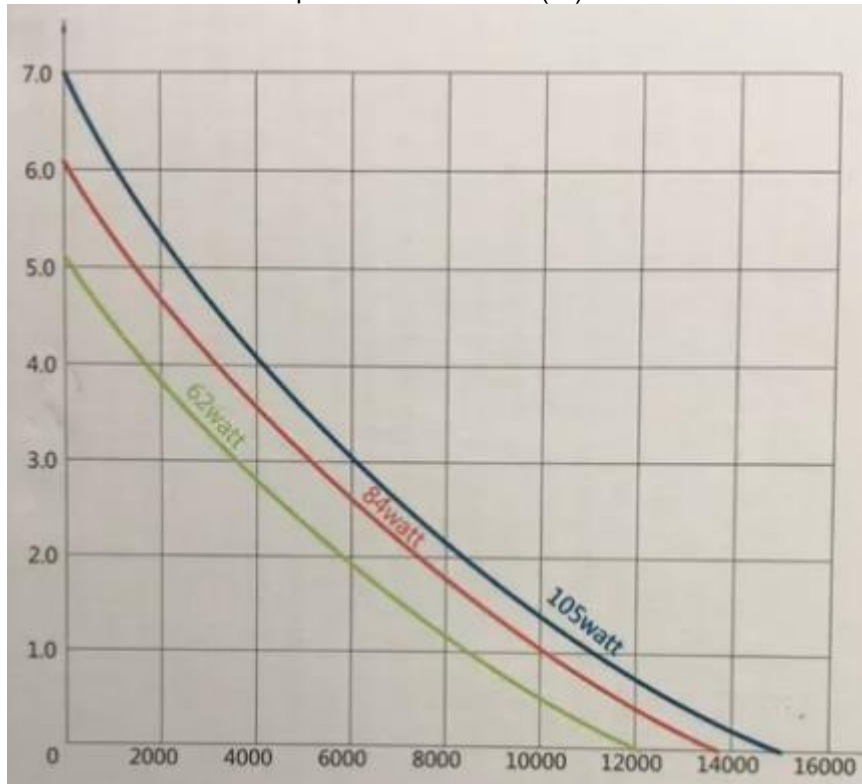
A seleção da bomba deve-se à boa relação entre consumo energético e vazão; facilidade de aquisição e manutenção; eixo cerâmico que proporciona durabilidade ampliada; alimentação em corrente contínua (eliminando a necessidade do uso de inversores) e baixa tensão de operação (24 Volts); controle de vazão ajustável e tamanho compacto.

5.1.3 Vazão obtida

Dentre as três curvas de desempenho apresentadas para o sistema de bombeamento, a opção intermediária foi selecionada (**84 Watts**), pois, embora o aumento da potência máxima resulte em uma leve elevação na altura de recalque, este acréscimo não se traduz em um ganho significativo na vazão disponibilizada (FIGURA 24). Assim, a curva intermediária oferece um balanço mais eficiente entre consumo energético e fluxo hidráulico obtido, além de contribuir para maior durabilidade da bomba ao operar abaixo da potência máxima. A utilização da curva

com maior potência de operação da bomba resultaria em um acréscimo de 25% tanto na capacidade de geração quanto de armazenamento necessária do sistema fotovoltaico.

FIGURA 24 - Curva de desempenho da bomba: relação entre vazão (m^3/h), altura de recalque (m) e potência consumida (W)



Fonte: Fabricante.

Conforme detalhado anteriormente, a perda de carga é nula até a entrada do sistema de bombeamento, ficando limitada aos efeitos de singularidades e à altura de recalque. A perda de carga foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$H_s = k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- H_s = Perda de carga por singularidades (m);
- v = Velocidade (m/s);
- k = Perda de carga do elemento;
- g = Aceleração da gravidade ($m \cdot s^{-2}$).

A TABELA 2 apresenta os componentes, diâmetros, coeficientes de perda de carga, e as perdas correspondentes para uma vazão inicial de $13,75 m^3/h$.

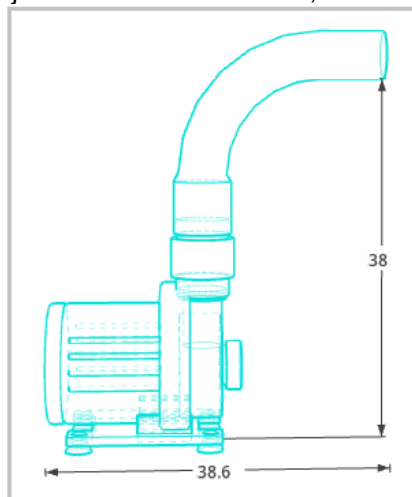
Tabela 2 - Perdas de carga localizadas no sistema hidráulico.

Componente	Diâmetro (m)	k	Hs (m)
Curva longa 90°	0,06	0,6	0,05
União reta	0,06	0,1	0,01

Fonte: O autor (2024).

Após considerar a soma das perdas de carga localizadas (0,06 m) e a altura de elevação (0,213 m), a vazão total do sistema foi estimada em **12,77 m³/h**. Este valor corresponde à vazão para a altura de recalque do sistema utilizando a curva de desempenho da bomba (FIGURA 24). O sistema de bombeamento do projeto é apresentado na FIGURA 25.

FIGURA 25 - Conjunto bomba submersível, conexão e curva de saída



Fonte: O autor (2024).

5.1.4 Capacidade de suporte

Conhecendo a vazão disponível (12,77 m³/h) e o tamanho de semente médio almejado (T4), a capacidade de suporte do *FLUPSY* pôde ser determinada através da equação:

$$C_S = \frac{Q_T}{Q_R} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

C_S = Capacidade de suporte do sistema

(kg);

Q_T = Vazão obtida

(m³/h);

Q_R = Vazão requerida por peso vivo

(mL.min⁻¹/g).

O valor estabelecido para a vazão requerida foi **22,5 mL.min⁻¹/g**, motivada pelo fato de a oferta de sementes de ostras nativas ocorrerem geralmente no início e final do verão, ou seja, no período de maior produção primária e condições ótimas de temperatura para o cultivo da *C. gasar*. O valor é superior ao recomendado por Manzi et. al (1986) e ao praticado por Santana (2022) que, no mesmo local de operação e espécie alvo desse projeto, resultou no maior rendimento de sementes T4 ou superior (18,75 mL.min⁻¹/g) e contido no intervalo proposto por Spencer et al (1986). Segundo relato de Lagreze-Squella (2024, comunicação pessoal), para mesma espécie e tamanho final médio em *upwellers* fixos, a vazão de 20,83 (mL.min⁻¹/g) é viável tecnicamente para a recria segundo dados produtivos obtidos recentemente.

O total de sementes que podem ser recriadas até **5 mm**, referente a capacidade de suporte em quilogramas (**9,46**) foi calculada utilizando os dados da TABELA 1 e da seguinte equação:

$$T_S = \frac{C_S}{P_M} \quad \text{Equação (3)}$$

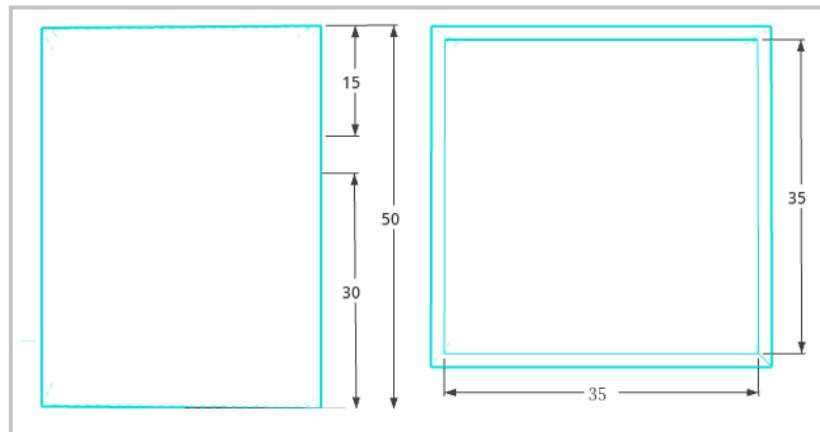
Onde:

T_S = Total de sementes;
 C_S = Capacidade de suporte do sistema (kg);
 P_M = Peso médio das sementes (g)

O *FLUPSY* dimensionado neste projeto possui capacidade para recriar **295.555** sementes em cada ciclo de recria até atingirem o tamanho mínimo para serem retidas em malha **T4** (4 mm).

5.1.5 *Upwellers* ou Silos

O sistema hidráulico presente no *FLUPSY* contará com **seis upwellers**, as dimensões (cm) são mostradas na FIGURA 26.

FIGURA 26 - Dimensões dos *upwellers* (cm)

Fonte: O autor (2024).

Individualmente, cada *upweller* possui área de seção transversal de **1.225 cm²**, 15 cm de borda livre, espessura de parede de $1,5 \times 10^{-3}$ cm e volume de **61,25 L**. Para as dimensões selecionadas e vazão obtida do sistema de bombeamento, a densidade final de cultivo estimada em **12,87 kg/m²** ou **40,21 sementes/cm²**, enquanto a velocidade superficial corresponde a **0,48 cm/s**.

5.1.6 Canal de esgotamento

O canal projetado para acomodar integralmente o sistema de bombeamento deve ter uma altura mínima de 38 cm, altura mínima de ocupação superior à altura de entrada da bomba submersível e 13 cm de largura; para uma configuração com *upwellers* alinhados e posicionados em ambos os lados do canal, o comprimento mínimo é de 114 cm, equivalente ao espaço ocupado por três *upwellers*. No entanto, esses valores não consideram folgas e a estrutura da balsa, e podem restringir futuras modificações nos componentes ou no próprio sistema de bombeamento. Por essa razão, as dimensões definidas nesta etapa do projeto incluem: a altura da borda (15 cm); o diâmetro nominal da conexão entre o canal e os *upwellers* (5 cm); espessura das laterais ($1,5 \times 10^{-3}$ cm) e espessura da base (3×10^{-3} cm).

5.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

De acordo com as diretrizes técnicas para sistemas fotovoltaicos *Off-Grid*, o dimensionamento consiste na definição das capacidades necessárias de geração e

armazenamento para garantir o fornecimento contínuo de energia, mesmo em condições de baixa irradiação solar. Esse processo visa não apenas superar o consumo estimado durante um período específico, mas também assegurar a autonomia do sistema, promovendo sua durabilidade e eficiência (GALDINO; PINHO, 2014).

O processo segue etapas estruturadas e, independentemente da metodologia adotada, o levantamento do consumo energético é o ponto de partida, sendo fundamental para determinar a carga total diária e serve como base para as etapas subsequentes, incluindo a definição da autonomia, determinação do banco de baterias, a configuração do arranjo fotovoltaico e a seleção do inversor e do controlador de carga.

Neste projeto, o sistema fotovoltaico foi dimensionado tomando como referência uma autonomia mínima de 3 dias, com profundidade de descarga máxima limitada a 35% ao final do período. A escolha de um sistema de bombeamento que opere diretamente em corrente contínua exclui a necessidade de inversores de frequência, eliminando as perdas energéticas associadas à conversão de corrente. Esse arranjo favorece a otimização da eficiência global do sistema, ao mesmo tempo em que reduz as demandas de geração e armazenamento de energia necessárias para garantir a autonomia do sistema.

5.2.1 Levantamento do consumo

O levantamento do consumo diário de energia foi realizado da seguinte maneira:

$$ECD = \sum(E_D \cdot H) \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

ECD = Energia consumida diariamente (Wh/dia);
 E_D = Consumo individual do dispositivo (W);
 h_F = Total de horas em funcionamento diariamente.

O sistema projetado inclui uma bomba submersível e uma luz de sinalização, acionada durante o período noturno, com consumo total diário (ECD) estimado em **2071 Wh/dia**. As especificações detalhadas de consumo desses componentes estão apresentadas na TABELA 3.

Tabela 3 - Levantamento das cargas elétricas presentes no *FLUPSY*

Componente	Quantidade	Potência (W)	Funcionamento (h/dia)	Tensão (V)
Bomba submersível 15000L		84	24	24
Lâmpada sinalizadora	1	5	11	24

Fonte: O autor (2024), com dados dos fabricantes.

5.2.2 Capacidade de armazenamento do sistema

A tensão do banco de baterias deve ser de **24 Volts** para atender ao perfil das cargas do sistema. A capacidade de carga necessária do banco de baterias pôde ser obtida considerando o consumo diário, a autonomia e a profundidade de descarga, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$C_D = \frac{\frac{ECD}{E_B} \cdot N_E}{V_I \cdot P_D} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

C_D	= Capacidade de carga mínima do banco de baterias	(Ah);
ECD	= Energia consumida diariamente	(Wh/dia);
N_E	= Autonomia esperada	(dias);
E_B	= Eficiência da bateria	(%);
V_I	= Tensão do banco de baterias	(V);
P_D	= Profundidade de descarga máxima no fim da autonomia	(%).

Para uma autonomia de 3 dias e profundidade de descarga máxima limitada a 35% — parâmetro adotado para prolongar a vida útil do banco de baterias — e considerando uma eficiência de 90%, a capacidade mínima necessária foi calculada como **821,83 Ah**. Segundo Pinho e Galdino (2014), tipicamente as baterias de Chumbo-ácido possuem eficiência de 95% e a autonomia de sistemas *Off-Grid* varia entre 2 e 4 dias, dependendo das condições locais e das demandas do sistema.

A bateria estacionária Freedom DF4100 240 Ah foi selecionada para esse projeto, as principais propriedades do modelo, incluindo suas especificações elétricas e físicas, estão apresentadas na TABELA 4 a seguir.

Tabela 4 - Características técnicas da bateria estacionária Freedom DF4100 240 Ah (Chumbo-ácido).

Propriedade	Valor
Capacidade a C20 (Ah)	225
Tensão de flutuação (V)	13,2 a 13,8 (a 25°C)
Tensão de carga/igualização (V)	14,4 a 15,5 (a 25°C)
Peso (kg)	59,9
Comprimento (mm)	530
Largura (mm)	280
Altura (mm)	246

Fonte: O autor (2024), dados do fabricante.

A quantidade de baterias no sistema fotovoltaico do banco foi determinada, com a condição de realizar o arredondamento por excesso no segundo termo da equação (total de baterias em paralelo), utilizando a seguinte equação:

$$N_B = \frac{V_I}{V_{IB}} \cdot \frac{C_D}{C_{IB}} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

N_B	= Quantidade total de baterias;	
V_I	= Tensão do banco de baterias	(V);
V_{IB}	= Tensão individual da bateria	(V);
C_D	= Capacidade de carga mínima do banco de baterias	(Ah);
C_{IB}	= Capacidade individual da bateria	(Ah).

A tensão do banco de baterias foi definida como 24 V, o que implica na necessidade de conectar duas baterias em série para cada conjunto. Portanto, o sistema é composto por **8 baterias** no total, organizadas em **4 conjuntos em paralelo**, com duas baterias em série em cada arranjo, capacidade de armazenamento de **900 Ah** ou **21,6 kWh** e vida útil estimada em aproximadamente 800 ciclos para uma profundidade de descarga total de **33,33%** ao final da autonomia de **3 dias**. Essa configuração atende a recomendação dos fabricantes que, segundo Pinho e Galdino (2014), é restringir a ligação de baterias em até 6 no arranjo em paralelo.

5.2.3 Módulos solares

A capacidade de conversão de energia solar em elétrica depende do potencial energético do local de instalação, das especificações do módulo fotovoltaico e de sua orientação correspondente. O município de Guaratuba, Paraná foi utilizado como referência (FIGURA 27).

FIGURA 27 - Potencial solar Guaratuba-PR

Estação: Guaratuba
Município: Guaratuba , PR - BRASIL
Latitude: 25,901° S
Longitude: 48,649° O
Distância do ponto de ref. (25,8811° S; 48,5752° O): 7,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]						
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
✓	Plano Horizontal	0° N	5,26	5,14	4,38	3,60	2,97	2,50	2,53
✓	Ângulo igual a latitude	26° N	4,74	4,90	4,53	4,12	3,74	3,26	3,21
✓	Maior média anual	20° N	4,91	5,02	4,55	4,05	3,61	3,12	3,09
✓	Maior mínimo mensal	38° N	4,30	4,57	4,37	4,15	3,90	3,45	3,36

Fonte: CRESESB – Centro de referência de energia solar e eólica.

A oferta de sementes nativas oriundas de laboratórios, ocorre geralmente entre o final da primavera e final do verão, período em que os reprodutores coletados na natureza apresentam maturação gonodal avançada; a duração do ciclo de recria é estimada em 60 dias, a partir de dados relatados por Santana (2021) no mesmo local e taxa de crescimento diário de 2,7% sugerido por Mercer et al. (2024); considerações de layout da balsa privilegiando a otimização espacial; mitigação do risco de corrente reversa resultante do sombreamento entre módulos; a mobilidade e facilitação do acesso a componentes, são fatores que induziram a utilização do potencial solar (HSP) de **3,45 kWh/m²**. O valor é referente ao mês de junho, visto que é o mês com o menor valor da média mensal para o intervalo da recria, inclinação definida como **38°**, e orientado ao norte geográfico.

O módulo fotovoltaico escolhido para o projeto é o modelo ZTROON ZTP-160W com potência de pico de 160 W. As especificações detalhadas deste componente estão apresentadas na TABELA 5 a seguir.

Tabela 5 - Especificações do módulo fotovoltaico ZTRON ZTP – 160W.

Propriedade	Valor
Potência máxima (Pmax)	160W
Tolerância (%)	0~5%
Tensão de máxima potência (Vmp)	19,57V
Corrente de máxima potência (Imp)	8,2A
Tensão em aberto (Voc)	22,64V
Corrente de curto circuito (Isc)	9,02A
Eficiência (%)	19,57%
Tipo Célula/Tecnologia	Silício Monocristalino
Dimensões (mm)	1220x670x30
Área (m ²)	0,817

Fonte: O autor (2024), dados do fabricante.

Efetuada a seleção do módulo solar utilizado, a quantidade necessária para atender a demanda energética diária pôde ser determinada com a seguinte equação:

$$T_M = \frac{ECD}{E_{FM} \cdot HSP \cdot A_M} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

T_M	= Quantidade de módulos para atender a demanda diária;	
ECD	= Energia consumida diariamente	(Wh/dia);
E_{FM}	= Eficiência do módulo	(%);
HSP	= Potencial energético do local	(kW.m ² /dia);
A_M	= Área individual do módulo solar	(m ²).

Para atender ao consumo diário estimado, são necessários aproximadamente 3,75 módulos fotovoltaicos. No entanto, para garantir a segurança e eficiência no fornecimento de energia, o projeto utilizará um total de **12 módulos fotovoltaicos**, ocupando uma área total de 9,81 m². A capacidade de geração prevista é de **6,62 kW/dia**, o que corresponde a aproximadamente 3,2 vezes a energia consumida diariamente (ECD).

Os módulos serão organizados no arranjo 3 em Paralelo e 2 em Série (**3P2S**), configurados em dois conjuntos independentes, cada um composto por 6 módulos. Essa configuração foi selecionada para carregar plenamente o banco de baterias de 24 V e mitigar a dissipação de energia.

5.2.4 Controlador de carga

A utilização de mais de um controlador permite a divisão dos módulos solares em arranjos independentes, o que reduz a corrente total no sistema, minimizando as perdas por dissipação térmica. Essa configuração também contribui para o aumento da confiabilidade operacional, optou-se pelo uso de dois controladores para o sistema fotovoltaico do projeto.

A seleção do controlador de carga foi realizada com base nas especificações do arranjo de módulos solares e a tensão do banco de baterias (V_B). A conexão em paralelo resulta na soma das correntes, enquanto a conexão em série soma as tensões. A corrente máxima na entrada do controlador é calculada pela equação:

$$I_M = T_{MP} \cdot I_{SC} \cdot f_S \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

I_M	= Corrente máxima na entrada do controlador	(A);
T_{MP}	= Total de módulos em paralelo no arranjo;	
I_{SC}	= Corrente de curto-circuito do painel	(A);
f_S	= Coeficiente de segurança	(%).

A corrente máxima no controlador de carga, aplicando o coeficiente de segurança de 25%, conforme sugerido no Manual de Sistemas Fotovoltaicos, é **29,66A** (CRESESB, 2014). A tensão máxima no controlador de carga foi determinada conforme a seguinte equação:

$$V_{MC} = V_{OC} \cdot T_{MS} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

V_{MC}	= Voltagem de máxima potência na entrada do controlador	(V);
V_{OC}	= Tensão de circuito aberto do módulo	(V);
T_{MS}	= Quantidade total de módulos em série.	

A voltagem de máxima potência para o arranjo dos módulos é **47,8 V** em cada conjunto e supera o valor mínimo recomendado para carregamento pleno do banco de baterias ($1,2V_B$) (CRESESB, 2014).

O controlador escolhido para o sistema é o modelo XTRA 4210N do fabricante Epever, cujas especificações são apresentadas na TABELA 6.

Tabela 6 - Especificações controlador de carga

Especificação	Epever XTRA 4210N
Tecnologia	MPPT
Tensão Nominal do Sistema	12/24 V (automático)
Corrente de Carga/Descarga	40 A
Tensão Máxima FV	150 V
Potência Máxima FV	520 W - 12 V; 1040 W - 24 V
Eficiência de Conversão	98,60%
Tipos de Bateria	Selada, Gel, Ventilada e Lítio
Programável	Sim
Temperatura de Operação	-25° C ~ +50 °C
Dimensões	255x185x67,8 mm
Peso	1,7 kg

Fonte: O autor (2024), com dados do fabricante.

5.3 DIMENSIONAMENTO DA Balsa

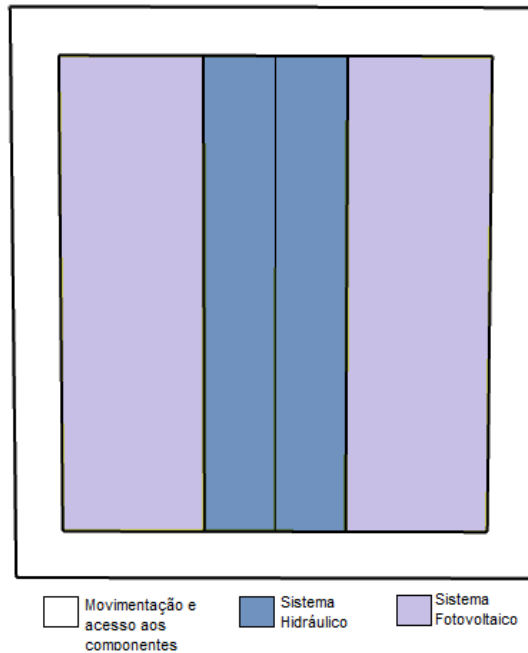
O dimensionamento da balsa foi realizado com base na definição do layout e volume submerso dos flutuadores (**50%**), na seleção dos materiais construtivos, seguido do cálculo do somatório do peso e culminando na determinação da quantidade mínima de flutuadores. Cabe destacar que, assim como em outras fases do projeto, as etapas se inter-relacionaram e ocorreram de forma simultânea, exigindo ajustes contínuos entre os processos.

5.3.1 Layout geral

A balsa deste projeto apresenta formato quadrangular e distribuição simétrica das cargas, um layout amplamente utilizado em estruturas flutuantes, pois o centro de massa e o centro geométrico ficam próximos e, essa configuração reduz os riscos de inclinações ou capotagens.

O layout geral do *FLUPSY* foi projetado para priorizar a distribuição funcional das áreas, garantindo praticidade nas atividades operacionais e facilitando a realização de manutenções, como a limpeza dos módulos fotovoltaicos e atividades de manejo das sementes (FIGURA 28).

FIGURA 28- Layout simplificado do *FLUPSY*

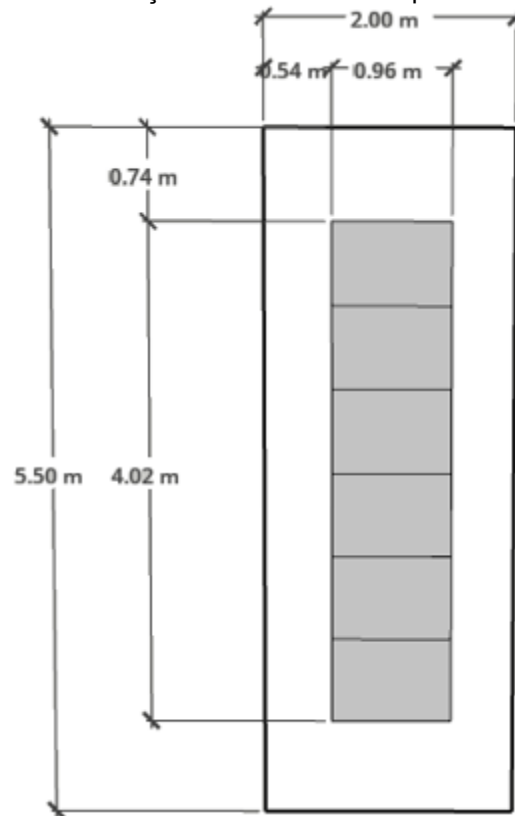


Fonte: O autor (2024).

A área de circulação foi dimensionada com uma distância mínima de 50 centímetros da borda, permitindo que os operadores possam se deslocar com segurança e acessar todos os componentes do sistema com eficiência.

A área destinada ao sistema fotovoltaico foi dividida em duas seções, respeitando a simetria do layout e evitando o sombreamento entre os módulos. A inclinação dos módulos fotovoltaicos, de 38° em relação à horizontal, proporciona cobertura aos demais componentes e otimiza a ocupação do espaço pela estrutura fotovoltaica (FIGURA 29).

FIGURA 29 - Layout do *FLUPSY*, área ocupada pelo sistema fotovoltaico e área reservada para movimentação e acesso aos componentes

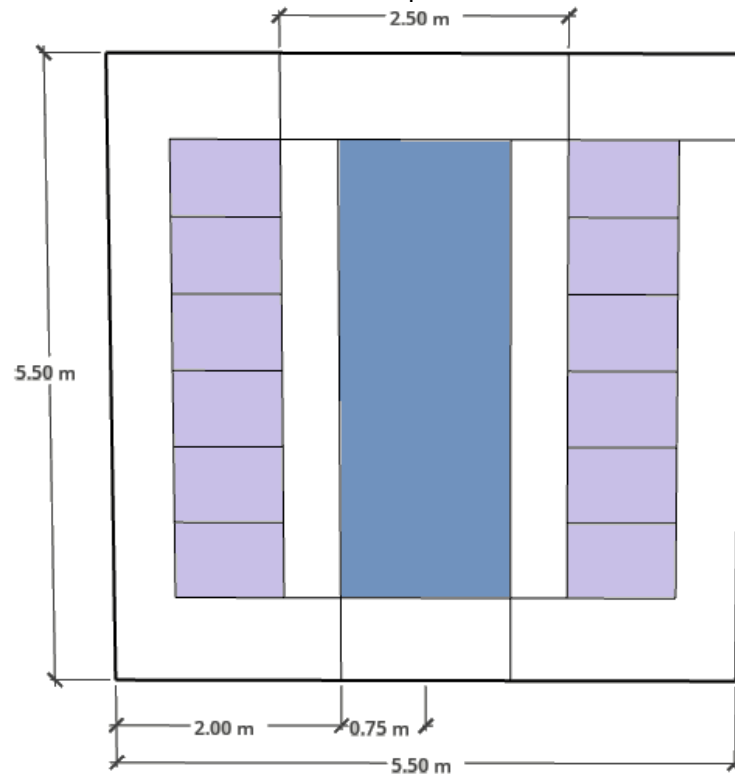


Fonte: O autor (2024).

A área central do *FLUPSY* foi projetada para abrigar os componentes do sistema hidráulico, além de proporcionar espaço adequado para as atividades operacionais de manejo das sementes. Essa área se distingue das demais pela impossibilidade de fixação dos flutuadores da estrutura, em razão da presença dos *upwellers*. Entretanto, o *layout* foi concebido de maneira a reservar espaço para eventuais ampliações ou modificações do sistema, com o objetivo de incrementar a capacidade de suporte. O tamanho dos *upwellers* permite que a área reservada para acessar os componentes do sistema fotovoltaico possa ter o seu uso compartilhado com as atividades de manejo.

O *FLUPSY* dimensionado neste projeto possui **30,25 m²**, com o canal de esgotamento localizado centralmente na estrutura (FIGURA 30).

FIGURA 30 - Vista superior do FLUPSY

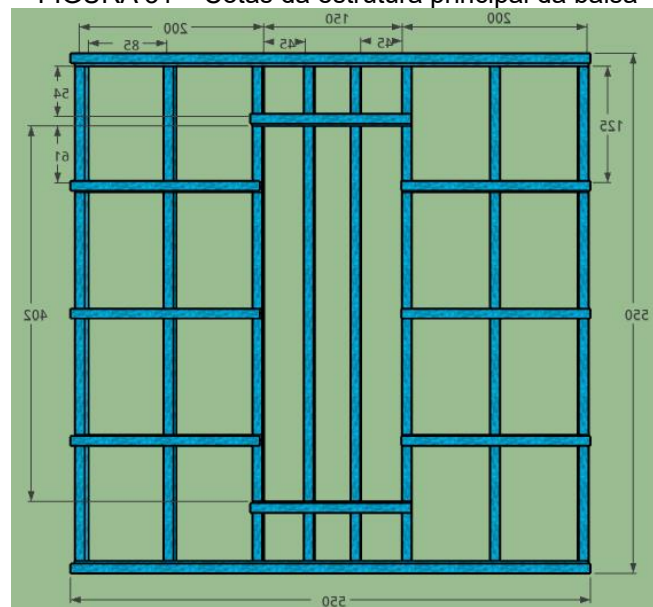


Fonte: O autor (2024).

5.3.2 Materiais construtivos

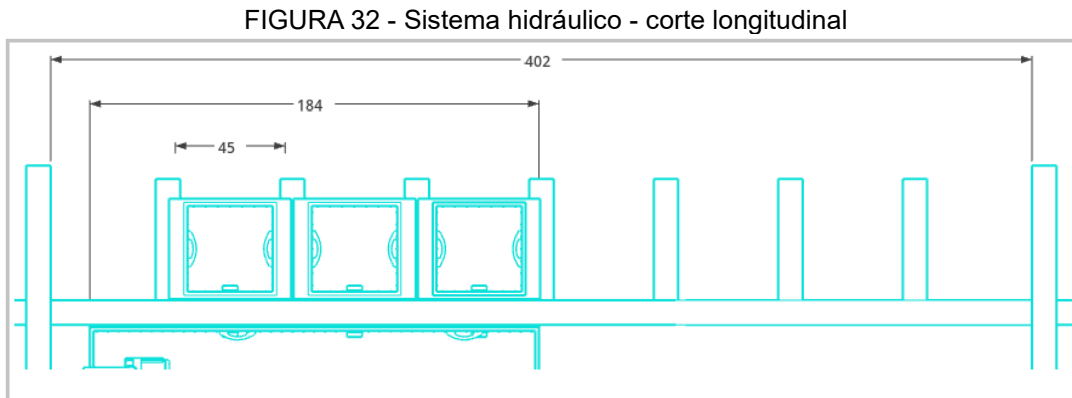
Aço galvanizado (viga perfil “H” W150 x 100) foi selecionado como o material principal para a construção da base da balsa (FIGURA 31).

FIGURA 31 – Cotas da estrutura principal da balsa



Fonte: O autor (2024).

Os *upwellers*, com dimensões de 38 x 38 x 50 *cm*, e o canal de esgotamento, medindo 184 x 35 x 38 *cm*, serão fabricados em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e alumínio. A área destinada ao sistema hidráulico foi subdividida em 16 seções iguais de 45 x 45 *cm*, permitindo a instalação de até 14 *upwellers* (FIGURA 32).

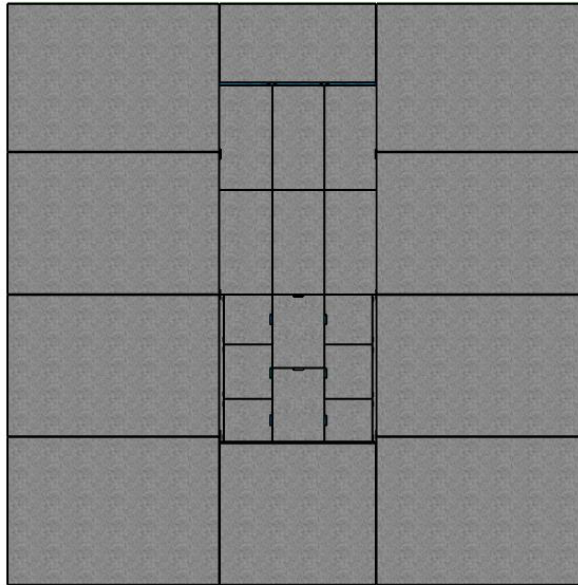


Fonte: O autor (2024)

A separação da área é realizada com tubos retangulares 60 x 60 x 3 *mm* e o suporte dos *upwellers* será composto por perfis “L” com dimensões de 5,08 x 2,54 x 0,42 *cm* (largura, altura e espessura, respectivamente). Alumínio é o material selecionado, devendo, assim como o aço galvanizado da estrutura, receber cobertura com tinta epóxi para prolongar a durabilidade no local de operação. O canal foi dimensionado para viabilizar a utilização de opções alternativas de bombeamento.

Compensado naval com cobertura de tinta epóxi antiderrapante será o piso da estrutura e, em regiões sem apoio dos flutuadores, é reforçado com pinus autoclavado (FIGURA 33). A cobertura móvel do piso permite que a área destinada ao sistema hidráulico seja totalmente utilizada em atividades operacionais, e o tamanho dos *upwellers* possibilita que o espaço destinado ao acesso dos componentes do sistema fotovoltaico seja compartilhado com atividades de manejo das sementes.

FIGURA 33 - Vista superior do piso e acesso aos componentes do Sistema Hidráulico



Fonte: O autor (2024).

Adicionalmente, a balsa deve contar com ancoragem para evitar rotações e mudança da orientação dos módulos fotovoltaicos.

5.3.3 Capacidade de flutuação

De acordo com o princípio de Arquimedes, um objeto submerso, parcial ou totalmente, em um fluido está sujeito a uma força vertical direcionada de baixo para cima, denominada empuxo. Essa força é equivalente ao peso do fluido deslocado pelo objeto. Para estruturas flutuantes, o empuxo deve ser suficiente para equilibrar ou superar o peso da estrutura, garantindo estabilidade.

Neste projeto, foram escolhidos flutuadores fabricados em PEAD (polietileno de alta densidade) e preenchidos com XPS (poliestireno extrudado), devido à sua resistência, leveza e capacidade de flutuação. Cada unidade apresenta dimensões de 1.200 x 800 x 600 (mm) e peso de 38 kg (FIGURA 34). O volume submerso dos flutuadores será de 50% do volume total.

FIGURA 34 - Flutuador do projeto



Fonte: Guangzhou dengfeng shipping technology CO., LTD., 2024

O empuxo gerado por cada flutuador foi calculado com base na seguinte equação:

$$E = V_F \cdot \rho_L \cdot V_S \cdot g - P_F \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

E	= Empuxo gerado	(N);
V_F	= Volume do flutuador	(m^3);
ρ_L	= Densidade do líquido	(kg/m^3);
g	= Aceleração da gravidade	($m.s^{-2}$);
V_S	= Volume submerso do flutuador	(%);
P_F	= Peso flutuador	(kg).

Com a densidade da água salina estimada em 1.025 kg/m^3 (25 ppm), cada flutuador é capaz de gerar um empuxo aproximado de **2,57 kN**.

O peso total do FLUPSY é de **2.565,12 kg**, conforme detalhado na TABELA 7 em função dos principais materiais construtivos.

Tabela 7 - Materiais utilizado no FLUPSY

Material	Total (kg)
Aço galvanizado	1.388,00
Componentes	600,56
Compensado naval	261,40
Alumínio	159,36
PEAD	121,30
Pinus autoclavado	34,51

Fonte: O autor (2024).

A TABELA 8 apresenta os pesos individuais dos principais componentes do sistema:

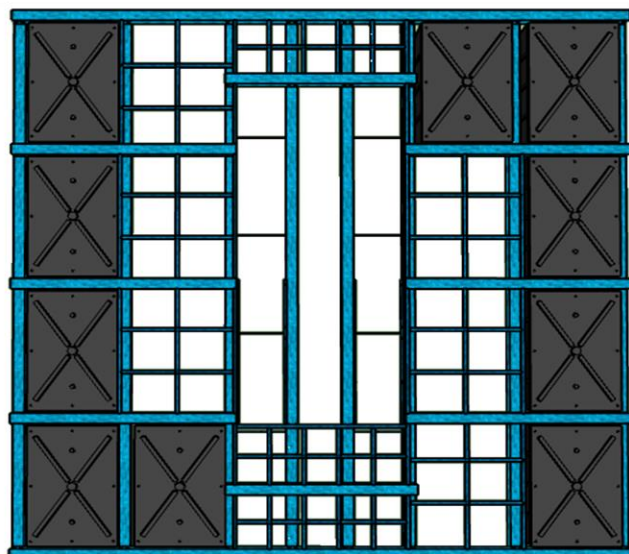
Tabela 8 - Componentes do sistema.

Componente	Total(kg)
Estrutura da base	1.572,98
Banco de baterias	482,40
Piso	165,73
Módulos solares	106,80
Estrutura do sistema fotovoltaico	104,56
<i>Upwellers</i>	64,98
Canal de esgotamento	56,32
Bomba, conexões e curva de saída	7,46
Controladores de carga	3,40
Luz de sinalização	0,50

Fonte: O autor (2024).

A quantidade total de flutuadores necessária para a balsa foi calculada com base na razão entre o peso total do *FLUPSY* e o empuxo gerado por cada unidade. Esse cálculo resultou em aproximadamente **10 flutuadores** e o posicionamento na estrutura apresentado na FIGURA 35

FIGURA 35 - Posicionamento dos flutuadores na estrutura

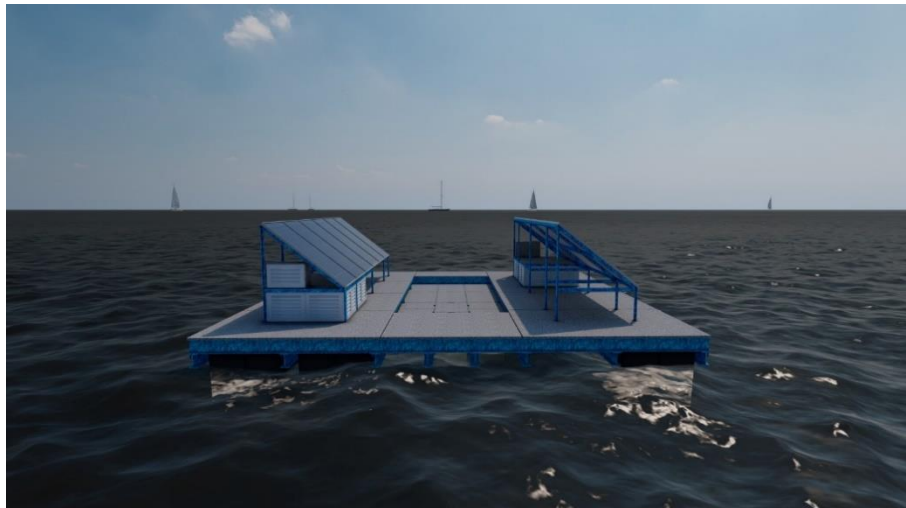


Fonte: O autor (2024).

5.4 CONCLUSÕES

A opção de submergir 50% do volume dos flutuadores não só garante uma margem de segurança adicional para a flutuabilidade, mas também posiciona os componentes do sistema fotovoltaico a 30 cm acima da superfície marinha, reduzindo o risco de contato direto com a água e proporcionando maior proteção contra variações nas condições marítimas (FIGURA 36). Além disso, essa característica diminui a exposição da estrutura metálica de toda a estrutura, com a superfície marinha situando-se no limite da segunda viga “W”.

FIGURA 36 - Vista lateral do *FLUPSY*



Fonte: O autor (2024).

A altura da borda dos silos e do canal de esgotamento (15 cm), sendo metade da altura do volume submerso dos flutuadores, possibilita a adição de 25% do volume total do *FLUPSY*, resultando em uma redução da borda livre para 7,5 cm (FIGURA 37). Essa configuração garante que a estrutura se mantenha equilibrada e reduza o risco de *washout*

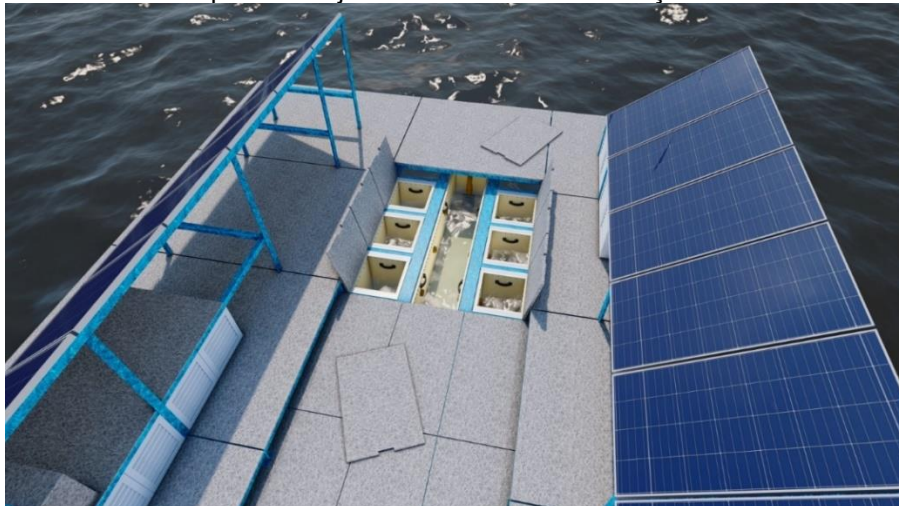
FIGURA 37 - Corte transversal



Fonte: O autor (2024)

A utilização de tampas móveis e alças internas nos canais e *upwellers* facilita tanto a manutenção quanto o manejo das sementes (FIGURA 38). A área destinada é de $13,75 \text{ m}^2$, o que representa 45,45% da área total do *FLUPSY*. Esse valor é significativo, especialmente quando se considera que $7,87 \text{ m}^2$ são ocupados pelos módulos fotovoltaicos ou $16,5 \text{ m}^2$ quando incluídas as áreas necessárias para garantir o acesso aos componentes do sistema.

FIGURA 38 - Acesso para manejo de sementes e manutenção do sistema hidráulico



Fonte: O autor (2024)

O posicionamento dos módulos fotovoltaicos alinhados e elevados a 40 cm do piso cria duas áreas que podem ser utilizadas para ampliar o banco de baterias ou como depósito para equipamentos relacionados à produção (FIGURA 39). Embora as

baterias já estejam protegidas, outras áreas podem ser fechadas, oferecendo proteção adicional aos novos equipamentos contra eventos climáticos.

FIGURA 39 - Arranjo dos módulos fotovoltaicos e área de armazenamento



Fonte: O autor (2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal foi alcançado com o desenvolvimento de um projeto técnico viável para um sistema *FLUPSY* energeticamente autossuficiente. O sistema dimensionado possui potencial para recriar até 295.555 sementes de ostras retidas em malha T4, o que corresponde a uma biomassa simultaneamente mantida de 9,46 kg. A possibilidade de realizar dois ciclos de recria com esse volume sugere um impacto positivo direto na produção do local de instalação utilizado neste projeto, podendo suprir até 50% da sua demanda anual.

O sistema fotovoltaico projetado atendeu plenamente aos requisitos energéticos do projeto, garantindo três dias de autonomia operacional com profundidade de descarga de apenas 33,33%, o que contribui para a longevidade do banco de baterias. Com ciclo de vida estimado em 900 dias ou 5 anos — considerando ciclos de recria de 90 dias —, o sistema elimina a necessidade de fontes externas de energia elétrica, destacando-se por sua eficiência operacional aliada à responsabilidade ambiental.

Além de reafirmar a viabilidade técnica, os resultados reforçam o potencial de aplicação prática da tecnologia em regiões com limitações de infraestrutura elétrica, contribuindo para a expansão da malacocultura em áreas remotas ou de difícil acesso.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- A montagem e testes de sistemas de bombeamento alternativos, utilizando motores elétricos CC com potência de até 91,375 W (1/8 CV), podem ser explorados para potencialmente incrementar a capacidade de suporte;
- Simulações de cargas dinâmicas e estáticas em *softwares* específicos devem ser realizadas para aprimorar a estrutura, com foco na redução do peso e custos;
- Conforme a disponibilidade atual de tecnologias, painéis solares bifocais com dimensões semelhantes às do projeto podem ser considerados para otimizar a geração de energia, sem causar sombreamento.

REFERÊNCIAS

AKVAFORSK, Ås. **Selection and breeding programs in aquaculture**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2005.

ANGELL, C.L. **The Biology and culture of tropical oysters**. Worldfish, 1986.

AQUABETTA. Bomba submersível Jecod DCP -15000. Disponível em: <https://www.aquabetta.com.br/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AZEVEDO, R. C.; ENSSLIN, L. Metodologia da pesquisa para engenharias. **PPGEC/CEFET**, 2020.

BACHER, C.; BAUD, J. Intensive rearing of juvenile oysters *Crassostrea gigas* in an upwelling system: optimization of biological production. **Aquatic Living Resources**, v. 5, n. 2, p. 89-98, 1992.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A. & SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Porto Alegre, Manoele, 2008.

BASTOS, D. S. **Novo sistema de bercário para aumentar a eficiência e rendimento no cultivo de sementes de *Crassostrea gigas***. 2003. Tese de

Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

BAXTER, M. **Projeto do Produto: Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 1998. p. 76.

Bayne B.L., Iglesias J.I.P., Hawkins A.J.S., Navarro E., Heral M.; Deslous-Paoli J.M. (1993) Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: responses to variations in quantity and organic content of the seston. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 73, n. 4, p. 813-829, 1993.

BEHRENFELD Michael J. et al; Biospheric primary production during an ENSO transition. **Science**, v. 291, n. 5513, p. 2594-2597, 2001.

BONEY, A. D. 1975. Phytoplankton. **Inst. Biol./Stud. Biol.**, 52, 116 p.

BROGNOLI, F.F.; TEIXEIRA, A.L. **Técnicas de Manejo em Cultivo de Ostras**. Cultivo de ostras. Apostila. UFSC. 1996. p. 56 – 62.

BROWN, J. R.; HARTWICK, E.B. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: II. Condition index and survival. **Aquaculture**, v. 70, n. 3, p. 253-267, 1988.

BRUNETTO, L. J. et al. Cultivo da ostra *Crassostrea gasar* em diferentes densidades. 2018.

CAMPBELL, M. D.; HALL, S. G. Hydrodynamic effects on oyster aquaculture systems: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 896–906, 8 jul. 2018.

CAMPBELL, M. D.; HALL, S. G.; OBENOUR, D.R. Application of packed bed reactor theory and Bayesian inference to upweller culture of juvenile oysters. **Aquacultural Engineering**, v. 90, p. 102098, 2020.

CASTAGNA, M. Aquaculture of the hard clam, *Mercenaria mercenaria*. In: KRAEUTER, J.N.; CASTAGNA, M (Eds.). **Aquaculture and Fisheries Biotechnology: Genetic Approaches**. Elsevier, 2001. p. 675-699.

CAVALEIRO, N.P. et al. Ecologia molecular de ostras (*Crassostrea* spp.) do Atlântico Tropical. 2013.

CEDAP. Estudos - Estatísticas. Disponível em: <https://cedap.epagri.sc.gov.br/index.php/estudos/#estatisticas>. Acesso em 17 ago. 2024.

CHAGAS, R. A. DAS et al. EFEITO DA SAZONALIDADE AMAZÔNICA NO CRESCIMENTO DE OSTRAS CULTIVADAS. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 27, n. 1, 17 mar. 2022.

CHESSA, G.; SERRA, S.; SABA, S.; MANCA, S.; CHESSA, F.; TRENTADUE, M.; FOIS, N. The floating upwelling system (FLUPSY) for breeding of *Venerupis*

decussata (Linnaeus, 1758) juveniles in a coastal lagoon in Sardinia (Italy). **Transitional Waters Bulletin**, v. 7, n. 2, p. 53-61, 2013.

CHIERIGHINI, D. Cultivo, em laboratório, de sementes de *Crassostrea gigas* em sistemas de leito fluidizado e em sistema *upwelling*. 2016.

CLAUS, C.; MAECKELBERGHE, H.; DE PAUW, N. Onshore nursery rearing of bivalve molluscs in Belgium. **Aquacultural engineering**, v. 2, n. 1, p. 13-26, 1983.

COMA, R.; RIBES, M.; GILI, J. M.; HUGHES, R. N. The ultimate opportunists: consumers of seston. **Marine Ecology Progress Series**, v. 219, p. 305-308, 2001.

COSTA, P. F. Biologia e tecnologia para o cultivo. Brasil. Ministérios da Marinha. Instituto Nacional de Estudos do Mar. **Manual de Maricultura**. Rio de Janeiro, cap. VIII, 1985.

COUSTEAU, J. **O mundo submarino de Jacques Cousteau**. São Paulo: Editora São Paulo, 1973.

CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: <https://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em 2 ago. 2024

DAVIS, J.; DAVIS, C. V.; WALTON, W. Farming Oysters for Food and Profit. In: SHUMWAY, Sandra (Ed.). **Molluscan Shellfish Aquaculture: A Practical Guide**. 5m Books Ltd, 2021. Cap1.

EHRICH, M.K.; HARRIS, L. A. A review of existing eastern oyster filtration rate models. **Ecological Modelling**, v. 297, p. 201-212, 2015.

ENVIRONMENT, U. N. **Renewables 2022 Global Status Report**. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/renewables-2022-global-status-report> Acesso em 12 outubro 2024.

FAO. 2024. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Towards Blue Transformation**. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

FAO. The definition of aquaculture and collection of statistics. **Aquaculture Minutes**. Rome, n.7. 1990.

FERNANDES, B.A. Estratégia para dimensionamento otimizado de sistema de armazenamento por baterias para usina solar Padre Furusawa. 2024.

FUNO, I. C. S., Antonio, Í. G., Marinho, Y. F.; Gálvez, A. Influência da salinidade sobre a sobrevivência e crescimento de *Crassostrea gasar*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 4, p. 837-847, 2015.

GALTSOFF, P. S. **The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin)**. Fishery Bulletin, 64, p. 11-28, 1964.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas SA, 2002.

GOMES, L.A. de O. **Cultivo de crustáceos e moluscos**. São Paulo: Nobel, v. 226, 1986.

GOSLING, Elizabeth. **Marine bivalve molluscs**. John Wiley & Sons, 2015.

GRIZZLE, R. E.; LANGAN, R.; HUNTTING HOWELL, W. Growth responses of suspension-feeding bivalve molluscs to changes in water flow: differences between siphonate and nonsiphonate taxa. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 162, n. 2, p. 213–228, nov. 1992.

GUANGZHOU DENG FENG SHIPPING TECHNOLOGY CO., LTD. Marine polyethylene float drum for dock. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Marine-Polyethylene-Float-drum-for-dock-1600843112136.html?spm=a2700.7724857.0.0.733577de114xYD>. Acesso em: 2 dez. 2024.

GUIMARÃES, I. M. et al. Influência da salinidade sobre a sobrevivência da ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae*. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 41, n. 1, p. 118-122, 2008.

HELM, M. M.; BOURNE, N.; LOVATELLI, A.. **Hatchery culture of bivalves: a practical manual**. FAO Fisheries Technical Paper, n.471,2004.

HWAI, A. T. S. et al. The comparative growth and survival of juvenile tropical oyster (*Magallana bilineata*, Roding, 1798) using different intensive nursery systems. **International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies**, v. 3, n. 2, p. 69-79, 2023.

IMHOFF, J. et al. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007.

KATCHE, M.L. et al. A comprehensive review of maximum power point tracking (mppt) techniques used in solar pv systems. **Energies**, v. 16, n. 5, p. 2206, 2023.

Laboratório de Moluscos Marinhos - UFSC. Histórico. Disponível em: <https://lmm.ufsc.br/historico/#:~:text=Hoje%2C%20mais%20de%2090%25%20das,7%20mm%20em%2030%20dias>. Acesso em: 5 de out. 2024

LEGAT, J.F. A. et al. Effects of salinity on fertilization and larviculture of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* in the laboratory. **Aquaculture**, v. 468, p. 545-548, 2017.

MANZI, J. J.; HADLEY, N. H.; MADDOX, M. B. Seed clam, *Mercenaria mercenaria*, culture in an experimental-scale upflow nursery system. **Aquaculture**, v. 54, n. 4, p. 301–311, 1 jun. 1986

MANZONI, G. Ostras: aspectos bioecológicos e técnicas de cultivo. Itajaí: **CGMA**, 30p, 2001.

MAPA. Estudo – Estatísticas. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/noticias/boletim-da-aquicultura-em-aguas-da-uniao-de-2021-ja-esta-disponivel,2021>. Acesso em 17 ago. 2024.

MCKAY, W. *Flupsy*. Greenshell Spat Corporation. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=QbEYtVZMyI0>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MELO, A. G. de C. et al. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Genetics and Molecular Biology**, v. 33, p. 564-572, 2010.

MESECK, S.L.; LI, Y.; DIXON, M.S.; RIVARA, K.; WIKFORS, G. H.; LUTHER II, G. Effects of a commercial, suspended eastern oyster nursery upon nutrient and sediment chemistry in a temperate, coastal embayment. **Aquaculture Environment Interactions**, v. 3, n. 1, p. 65-79, 2012.W

MIZUTA, D.D. et al. Interannual variation in commercial oyster (*Crassostrea gigas*) farming in the sea (Florianópolis, Brazil, 27 44' S; 48 33' W) in relation to temperature, chlorophyll a and associated oceanographic conditions. **Aquaculture**, v. 366, p. 105-114, 2012.

MORENO, B.; HOLLANDA, L. Micro e minigeração no Brasil: viabilidade econômica e entraves do setor. 2015.

NALESSO, R.C. et al. Oyster spat recruitment in Espírito Santo State, Brazil, using recycled materials. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, p. 281-288, 2008.

NEWELL, C.R. et al. ShellGIS: a dynamic tool for shellfish farm site selection. **World Aquaculture**, v. 44, p. 50-53, 2013.

NORTON, R.L. **Projeto de máquinas**. Bookman editora, 2013. P. 7.

NYBAKKEN, J. W. 2001. **Marine biology: an ecological approach**. Benjamin Cummings (ed). 5ª edição. Estados Unidos. 516pp.

OCA ENERGIA. *Composição do módulo fotovoltaico*. 2024. Disponível em:

<https://www.ocaenergia.com/qual-o-tipo-de-modulo-fotovoltaico-ideal-para-voce/composicao-do-modulo-fotovoltaico/>. Acesso em: 31 out. 2024.

OCEAN TECH, Catálogo de produtos. Disponível em: <https://www.oceantech-automation.com.br/> . Acesso em: 7 nov. 2024 Acesso em: 7 nov. 2024

PAHL, G. *et al.* **Engineering design: a systematic approach**. London: Springer, 1996.

PEREIRA, O; HENRIQUES, M.; MACHADO, I. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, n. 1, p. 19-28, 2018.

PFEIFFER, T.J; RUSH, K.A. An integrated system for microalgae and nurse seed clam culture. **Aquaculture Engineering**, V.24, p. 15-31,2000.

PINHO, João; GALDINO, Marco (org.). **Manual de engenharia para sistemas Fotovoltaicos**.

PMBOK, G. Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 7ª Edição. **Project Management Institute, Pennsylvania**, 2021.

PMI, Project Management Institute. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projeto (Guia PMBOK). 5. ed. Newtown Square, Pennsylvania, 2013.

POLI, Carlos Rogério et al. Aquicultura: experiências brasileiras. 2004.

POND PRO. *ICE EATER*. Disponível em: <https://pondpro.ca/p1000-ice-eater-100ft-cord/>. Acesso em: 7 nov. 2024.

PPM-IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal 2022. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 17 set. 2024.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

EPAGRI/CEDAP. Produção de Moluscos (2021) Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/moluscos/>. Acesso em: 30 set. 2024.

PUGH, S. **Creating Innovative Products Using Total Design**. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Co., 2002.

QUAYLE, D.B. **Tropical oysters: culture and methods**. IDRC, Ottawa, ON, CA, 1980.

RALONDE, Raymond. Final Report of the Kachemak Bay Shellfish Nursery Culture Project. 1999. Disponível em: <https://seagrant.umaine.edu/wp-content/uploads/sites/467/2019/05/1999-kachemak-bay-shellfish-nursery-culture.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2024.

REN21. Renewables 2022: **Global Status Report**. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/renewables-2022-global-status-report>. Acesso em: 17 out. 2024

RILEY, J.; MORSE, D. Optimization of Tidal Upweller Design. 2001.

RIVARA, G.; TETRAULT, K.; PATRICIO, R. M. A low cost floating upweller shellfish nursery system: construction and operations guide. **Cornell Cooperative Extension, Suffolk, NY**, 2002.

RODHOUSE, P. G.; O'KELLY, M. Flow requirements of the oysters *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunb. in an upwelling column system of culture. **Aquaculture**, v. 22, p. 1-10, 1981.

RUPP, Guilherme Sabino; GOMES, Carlos Henrique Araujo de Miranda; SUPLICY, Felipe Matarazzo. *Produção de Sementes de Ostras do Gênero Crassostrea em Laboratório*. In: SUPLICY, Felipe Matarazzo (Org.). **Manual do Cultivo de Ostras. Florianópolis**: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2022. Capítulo 6.

SEHLINGER, T. et al. Differential Effects of Temperature and Salinity on Growth and Mortality of Oysters (*Crassostrea virginica*) in Barataria Bay and Breton Sound, Louisiana. **Journal of Shellfish Research**, v. 38, n. 2, p. 317, 20 ago. 2019.
SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. **Projeto de engenharia mecânica**. Bookman, 2005. p. 26-40.

SILVA, Giovani Santana da. *Desenho e Instalação do Sistema de Upweller para Fase Berçário da Ostra-Nativa (Crassostrea gasar) Adquirida em Laboratório*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura) - Universidade Federal do Paraná.

SILVA, Jorge Andrade et al. Energia Solar Fotovoltaica: Um tema gerador para o aprendizado de Física. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.

SPENCER, B. E. Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumped upwelling systems. **Aquaculture**, v. 75, n. 1-2, p. 139–158, dez. 1988.

SÜHNEL, S.; LAGREZE-SQUELLA, F.J.; CORRÊA, G.N.; ARAÚJO, J.; de SOUZA, G.; FERREIRA, J.P.R.; da SILVA, F.C.; de MIRANDA GOMES, C.H.A.; de MELO, C.M.R. Stocking Density and Diet of Two Oyster (*Crassostrea gasar* and *Crassostrea gigas*) Seeds in Fluidized Bed Bottle Nursery System. **Fishes** 2024,9,183, 2024.

SUPLICY, F. M.; TROMBETA, R.D; TROMBETA, T.D. *Captação natural de sementes de ostras*. In: SUPLICY, Felipe Matarazzo (org.). **Manual do cultivo de ostras**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), 2022.

SUPLICY, F.M.; LAGREZE SQUELLA, F. J. *Seleção de sistemas para cultivo de ostras*. In: SUPLICY, Felipe Matarazzo (org.). **Manual do cultivo de ostras**. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2022. Cap. 8.

TONIN, F. S. Caracterização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica na cidade de Curitiba. 2017.

TRIEB, F. Global potential of concentrating solar power. In: **Conference Proceedings**. 2009.

TURECK, C.R. et al. Rendimento de sementes da ostra *Crassostrea gasar* produzidas em laboratório e cultivadas em Santa Catarina-Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 2, p. 281-290, 2014.

VARELA, E.S. et al. Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. **Journal of molluscan studies**, v. 73, n. 3, p. 229-234, 2007.

VÉLEZ, A.; EPIFANIO, C.E. Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna perna* sp. (L). **Aquaculture**, v. 22, p. 21-26, 1981.

VER, L. M. B.; WANG, J. K. 1995 Design Criteria of a Fluidized Bed Oyster Nursey. **Aquaculture Engineering**, 14: 229-249.

VILLALVA, M. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2012.

WAKAMATSU, T. *A ostra de Cananéia e seu cultivo*. Editora USP/SUDELPA, 141 p., São Paulo, 1973.

WALLACE, Richard K.; WATERS, Phillip; RIKARD, F. Scott. **Oyster hatchery techniques**. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center, 2008.

WILLIAMSON, T.R.; TILLEY, D.R.; CAMPBELL, E. Energy analysis to evaluate the sustainability of two oyster aquaculture systems in the Chesapeake Bay. **Ecological Engineering**, v. 85, p. 103-120, 2015.

ZHAO, P. et al. Technical feasibility assessment of a standalone photovoltaic/wind/adiabatic compressed air energy storage based hybrid energy supply system for rural mobile base station. **Energy Conversion and Management**, v. 206, 15 fev. 2020.

ZTROON – Placa solar. Disponível em: <https://www.ztroon.com/br/placa-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 19 nov. 2024.