

eco
clima

Manual

Biodigestor

REALIZAÇÃO

rede ^{da} **maçã**

PARCERIA

BR **PETROBRAS**

FICHA TÉCNICA

Agentes climáticos:

Alessandra Oliveira, Andreza Santana, Anna Carolina Fraga, Ana Karolina Mendes, Beatriz Linhares, Bianca Teixeira, Celina Silva, Evelin Jardim, Edith Rodrigues, Giovana Nascimento, Jessica Jardim, Leonardo Aguiar, Maria Letícia da Silva, Marianna Teixeira, Natan Soares, Nick Rodrigues, Pedro Felipe do Nascimento, Rosemberg Neto, Tiago Nascimento, Vivian Oliveira.

Mobilizadores territoriais:

Gabriela da Silva, Isabela de Oliveira, Vitória Belarmino, Wilian de Moura

Coordenação de formação:

Andrea Barreto

Coordenação do projeto:

Rian de Queiroz Cunha

Coordenação do Eixo de Direitos Urbanos e Socioambientais:

Everton Pereira e Maurício Dutra

Direção da Redes da Maré:

Andreia Martins

Rio de Janeiro, março de 2025

1. Apresentação

O EcoClima, Núcleo de Economia Circular e Clima da Maré, é um projeto socioambiental, realizado pela Redes da Maré com apoio da Petrobras e parceria técnica da Engenharia Ambiental - UFRJ. O objetivo é formar 20 jovens mareenses como agentes climáticos e implementar três protótipos sustentáveis para lidar com questões socioambientais da Maré: compostagem, telhado verde, biodigestor com wetland, além de ações de conscientização sobre a importância do manguezal. O projeto visa mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover práticas de economia circular, contribuindo para a melhoria ambiental e social do território.

O Manual tem como objetivo descrever os processos da construção do protótipo, apresentando os obstáculos ao longo do processo, as possíveis soluções e sugestões elaboradas pela equipe. Além disso, introduzir os problemas que os protótipos visam mitigar, como as ilhas de calor, deficiência no sistema de saneamento básico, ineficiência na coleta de resíduos orgânicos, assim como ações para promover a educação ambiental, além de mobilizar os moradores locais para a questão das mudanças climáticas. A importância da implementação desses protótipos dentro do conjunto de favelas da Maré é trazer visibilidade para os impactos ambientais que afetam o território e mostrar que podemos apresentar e construir soluções ecológicas para estes problemas, através das tecnologias socioambientais. Por fim, o objetivo deste manual é sensibilizar os moradores do território sobre questões socioambientais que afetam o cotidiano de suas vidas.



2. Contexto e Justificativa



2.1 Problema

A Maré passou por um intenso processo de ocupação urbana nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de moradia popular, especialmente para pessoas removidas de áreas centrais da cidade. No entanto, as obras de infraestrutura não acompanharam esse crescimento, resultando em um acesso deficitário a serviços essenciais, como coleta de lixo, abastecimento de água e esgotamento sanitário. A gestão pública ineficiente contribui para a poluição dos rios e canais que deságuam na Baía de Guanabara, tornando o saneamento um dos desafios mais urgentes do território. (JONES, 2017).

Atualmente, a Maré enfrenta grandes desafios no sistema de esgotamento sanitário. Com cerca de 140 mil moradores, o território gera diariamente 13,9 milhões de litros de esgoto, segundo o DataLabe. Embora em algumas favelas as casas estejam conectadas a rede de esgoto, essas redes não estão conectadas aos troncos coletores que levam os resíduos até as estações de tratamento. Como resultado, grande parte do esgoto é despejada nos valões e, conseqüentemente, na Baía de Guanabara. Apesar dessa demanda, a Estação de Tratamento de Efluentes de Alegria, no bairro do Caju, que tem capacidade para tratar até 432 milhões de litros de esgoto por dia, recebe menos de 1% do esgoto produzido na Maré. (COCOZAP, apud REDES DA MARÉ, 2019).

¹ Um biodigestor que trata efluentes é uma solução sustentável para o gerenciamento de resíduos líquidos provenientes de atividades domésticas, industriais ou agropecuárias. Ele utiliza processos biológicos para decompor a matéria orgânica presente nos efluentes, reduzindo sua carga poluidora e transformando-a em produtos úteis. Dentro do biodigestor, microrganismos anaeróbios realizam a digestão da matéria orgânica em um ambiente fechado e sem oxigênio.

Diante desse cenário, o projeto propõe a instalação de um modelo piloto de biodigestor¹ com wetland², um sistema sustentável de tratamento de esgoto em pequena escala. O objetivo é testar e avaliar os benefícios dessa tecnologia para a favela no curto, médio e longo prazo. Entre as vantagens esperadas estão a descontaminação da água, a possibilidade de reúso, a geração de fertilizante e a promoção da economia circular. Além disso, o projeto contribui para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas no território, oferecendo uma alternativa descentralizada para a gestão de resíduos orgânicos e efluentes.

2.2 Ponto de implementação do projeto

O ponto de intervenção escolhido foi o canal da Evanildo Alves, localizado na favela Parque Maré, umas das favelas mais antigas do conjunto³. O canal recebe parte dos efluentes de outras favelas do entorno e deságua no canal do Fundão. Sua localização próxima à Areninha Cultural Herbert Vianna, à Praça da Paz e ao Memorial de Vítimas de Violência Armada é estratégica, contribuindo para a promoção da revalorização simbólica de uma rua que separa territórios controlados por grupos civis armados rivais, evitada por boa parte da população cujo impacto socioambiental imediato pode ser percebido pelo acúmulo de lixo e pela poluição do canal artificial.

² Wetland é um sistema alagado que utiliza raízes de plantas aquáticas para o tratamento de efluentes

³ Essa favela teve seu início em 1958 por meio de ocupação espontânea

O protótipo encontra-se localizado ao lado da Praça da Paz, entre as ruas Evanildo Alves e Principal (figura 1). Este espaço foi selecionado para o projeto, uma vez que possui características favoráveis para a instalação: acesso direto ao canal, proximidade a ponto de energia elétrica, localização próxima a um equipamento da prefeitura, visibilidade do protótipo e proximidade com a população.



Figura 1: Local de instalação do protótipo.
Fonte: Google Maps



3. Objetivos do protótipo



3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um módulo integrado de Biodigestor com Wetland no conjunto de favelas da Maré, Rio de Janeiro, visando reduzir a carga orgânica dos efluentes domésticos antes do descarte na Baía de Guanabara, bem como coletar dados para viabilizar a replicação e expansão do sistema em outras áreas, contribuindo para a mitigação dos problemas de esgotamento sanitário em contextos territoriais similares.

3.2 Objetivos específicos

Projetar e construir um protótipo de Biodigestor com Wetland adaptado às condições locais da favela da Maré.

Estabelecer indicadores de desempenho para monitoramento contínuo e avaliação da eficácia do sistema a longo prazo.

Avaliar a eficiência do sistema na redução de parâmetros-chave de qualidade da água.

Elaborar indicadores que possam contribuir na formulação de políticas públicas voltadas para o saneamento básico no território da Maré.



4. Metodologia e processo de implementação

A execução do projeto do biodigestor com wetland foi dividida em três etapas principais: Compra de materiais e adequação do local; Construção do protótipo; Monitoramento do funcionamento e eficiência.

O protótipo foi construído em uma área de 2,75 metros de largura e 9 metros de comprimento. O protótipo é composto por:

- 1 bomba
- 1 biodigestor
- 1 tanque pulmão
- 1 caixa de gordura
- 3 caixas de monitoramento
- 1 tanque de lodo
- 1 sistema wetland

A partir das características locais, foi feito o planejamento da construção do protótipo, incluindo o desenho do sistema e a definição dos materiais necessários. Considerando o espaço disponível para a instalação, foi elaborado um layout que acomodasse todos os componentes de forma eficiente, como apresentado na seção 4.2. Com o projeto definido, os materiais foram adquiridos, e a tabela 1 traz a lista completa dos itens utilizados em cada etapa da construção.

Tabela 1. Lista dos materiais utilizados na construção do protótipo

Material	Quantidade	Valor (R\$)
Brita 0	0,5 m ³	R\$ 110,00
Brita 01	0,5 m ³	R\$ 90,00
Brita 02	0,5 m ³	R\$ 76,95
Brita 04	0,5 m ³	R\$ 76,95
Cimento	7 un	R\$ 258,30
Areia	1,5 m ³	R\$ 225,00
Bloco de concreto	80 un	R\$ 360,00
Perna 3x3	2 un	R\$ 49,80
Biodigestor+Secagem	1 un	R\$ 2.898,28
Caixa de gordura	1 un	R\$ 65,80
Caixas de monitoramento	3 un	R\$ 450,00
Vara de ferro ¼ 6.3 mm	3 un	R\$ 128,70
Areia filtrante p/ piscina 25 kg	6 un	R\$ 320,94
Bombona plástica 120L	1 un	R\$ 267,26
Tubos e conexões	X	R\$ 732,93
Argigoma 25 kg	2 un	R\$ 20,00
Tábua de 30 cm/ 3 m	3 un	R\$ 110,70
Tijolo	100 un	R\$ 95,00
Sarrafo de 10 cm/ 3m	2 un	R\$ 29,80
Portão casa da bomba	1	R\$ 770,00
Caixa d'água 1000L Fortlev	1	R\$ 678,89
Bomba auto aspirante 1hp	1	R\$ 1.037,84
Haste para o fio	1	R\$ 380,00
Plantas aquáticas	20	R\$ 100,00
Total		R\$ 9.333,14

Visando um melhor desempenho e diminuir a possibilidade de interferência externa, o protótipo foi dimensionado para estar abaixo do nível da rua, sendo necessário escavar parte do local para isso. Nesse processo, a articulação com a Gerência Executiva Local (GEL) foi fundamental, proporcionando o suporte logístico e operacional necessário para a realização da escavação.



Figura 2: Escavação do local

A decisão de implementar o protótipo de forma subterrânea está relacionada à otimização do uso do espaço em uma área com dimensões reduzidas. Além disso, o fato de estar enterrado proporciona maior estabilidade térmica ao sistema e prolonga a vida útil dos equipamentos.

Plantas baixas do protótipo

As figuras 3 e 4 apresentam as plantas do projeto, com os elementos que compõem o sistema e o espaçamento entre elas. Já as figuras 5 e 6 ilustram os perfis do projeto, apresentam os elementos e a sua profundidade/altura.

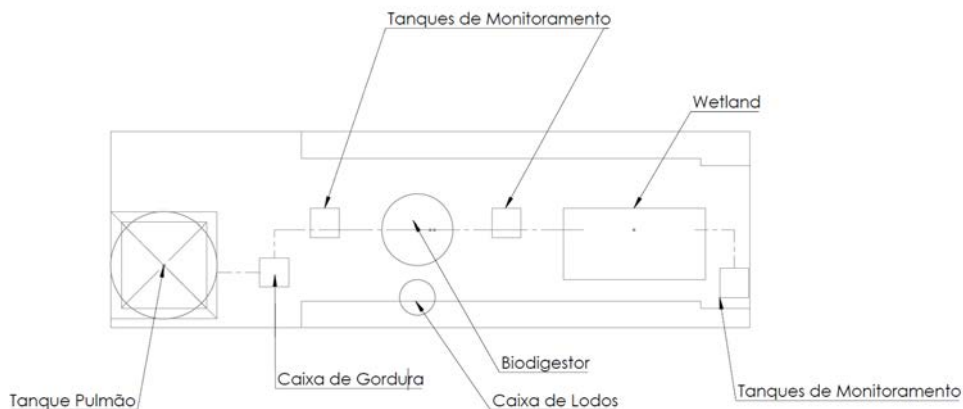


Figura 3: Planta do protótipo - Nome de cada elemento

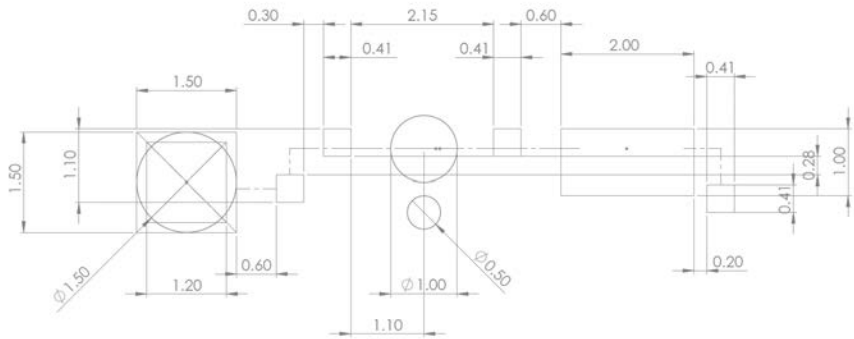


Figura 4: Planta do protótipo - Medida

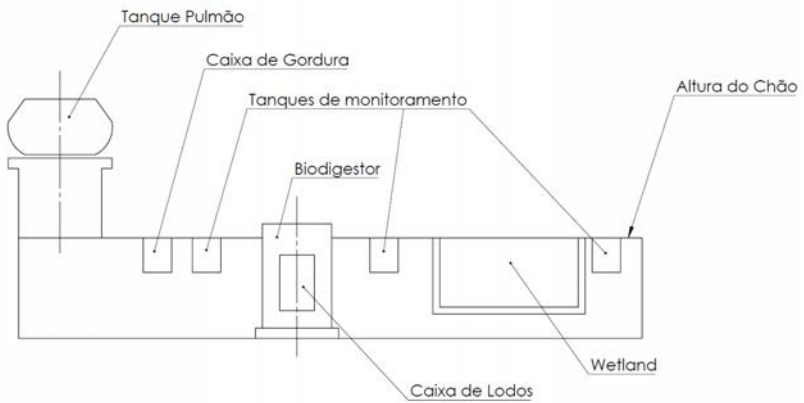


Figura 5: Perfil da planta do protótipo - Nome de cada elemento

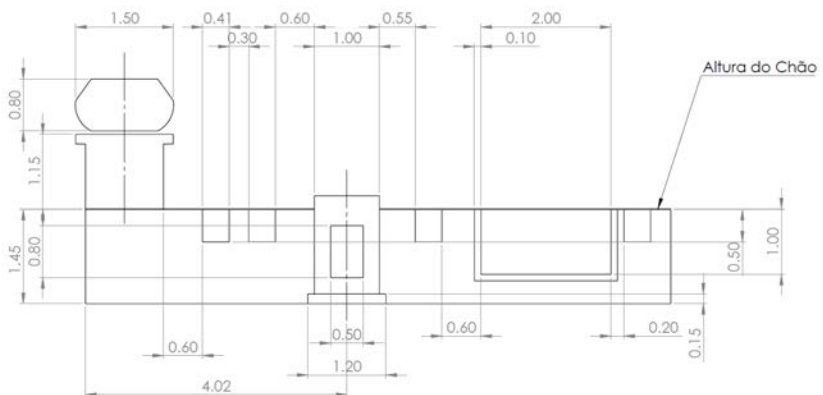


Figura 6: Perfil da planta do protótipo - Medidas

Etapas de construção do sistema

O projeto foi desenhado para tratar 700 litros de água por dia, possuindo uma vazão de aproximadamente 26 litros por hora. Estes valores estão atrelados à capacidade máxima de tratamento de água do biodigestor.

Primeira etapa: Tanque pulmão⁴



Figura 7: Tanque pulmão e casa de controle. Fonte: EcoClima

⁴ O tanque pulmão ou caixa d'água é um recipiente de armazenamento temporário ou permanente de produtos, como líquidos, polpas e outros, em processos industriais.

A primeira etapa do processo envolve a captação de água do canal por meio de uma bomba para um reservatório de 1000L, localizado a 1 metro de altura do nível do solo, sobre uma estrutura construída que será usada como **casa de controle**. Em seguida, encontra-se a caixa de gordura e de monitoramento desta etapa (figura 7). A bomba selecionada para o sistema é da série FEKA 600 (Figura 8). Trata-se de uma bomba submersível, já que vai ser alocada diretamente no canal para puxar água, e foi escolhida por sua capacidade de transportar água com pequenos resíduos.



Figura 8: Bomba. Fonte: Roloepereira

A bomba foi instalada no canal dentro de uma estrutura metálica, projetada para protegê-la da força da correnteza e evitar a entrada de grandes resíduos que poderiam comprometer seu funcionamento (figura 9). Para garantir seu funcionamento, foi necessário criar um ponto de energia elétrica, o que envolveu a articulação com a GEL e a RIOLUZ. Assim, uma haste foi instalada ao lado da casa de controle para conduzir o cabeamento até a bomba (figura 7).



Figura 9. Local da bomba e tubulação.
Fonte: EcoClima

A água bombeada é direcionada para o reservatório, de onde é liberada de forma contínua por gravidade, com a vazão controlada por um registro. Como o sistema lida com esgoto, foram necessárias adaptações no reservatório para comportar o efluente. Além da tubulação de entrada, foram adicionadas: uma saída de alívio, conhecida como “ladrão”; uma saída para descarte de lodo e sedimentos, facilitando a limpeza; e uma saída lateral, posicionada a 15 cm da base, responsável por alimentar o sistema.

Para monitorar o nível de água e evitar vazamentos do reservatório, foi instalada uma Chave Bóia Elétrica Soprano 16, a 1,2 m da base da caixa d’água. Esse dispositivo permite regular o nível de água, ativando e desativando a bomba quando necessário para manter o volume dentro dos limites desejados. Com essa automação, reduz-se o consumo de energia em comparação com uma bomba operando continuamente, diminuindo o risco de superaquecimento da bomba, evitando danos ao equipamento.

A casa de controle foi construída de alvenaria sobre uma base de concreto armado, com uma laje também de concreto armado, para sustentar a base do reservatório. A casa de controle tem as seguintes dimensões: a base tem 1,2 m por 1,2 m; a laje tem 1,5 m por 1,5 m; e 1 m de altura (figura 10 e 11).

A parte interna da casa de controle foi planejada para armazenar objetos necessários para a manutenção e comportar a parte elétrica e os registros do sistema (para o controle da vazão de entrada no sistema e o para limpeza e descarte do lodo no reservatório). A casa possui uma porta de metal com grade horizontal, proporcionando ventilação adequada e proteção.



Figura 10. Detalhes da construção da casa de controle. Fonte: EcoClima



Figura 11. Laje da casa de controle. Fonte: EcoClima

A partir da saída de água no tanque pulmão, foi utilizada a tubulação de 60 mm como padrão para todo o sistema de tubulação. Após o tanque pulmão, encontra-se a caixa de gordura e a caixa de monitoramento desta primeira etapa do sistema. Estas duas caixas encontram-se soterradas, deixando unicamente as tampas expostas na superfície (figura 12).



Figura 12. Caixa de gordura e caixa de monitoramento. Fonte: EcoClima.

As caixas de gordura e monitoramento, equipamentos esses que ficam abaixo do solo, são um componente importante nos sistemas de esgoto sanitário, atuando como uma barreira contra a entrada de gorduras, óleos e resíduos sólidos na tubulação do protótipo. A caixa de gordura tem capacidade de 42 litros, com cesto de limpeza reforçado, e tem a dimensão de 41 cm de largura, 47 cm de altura e 41cm de profundidade.



Figura 13. Caixa de gordura. Fonte: Mercado Livre

A caixa de monitoramento, desempenha um papel essencial no acompanhamento da qualidade da água ao longo de todo o processo de tratamento do protótipo. Ela foi projetada para monitorar a água em todas as etapas do sistema, desde a entrada inicial na caixa de gordura até a saída final. Ao longo deste processo, amostras de água serão coletadas em diferentes pontos, permitindo a análise de diversos parâmetros, como turbidez, pH, temperatura, e a presença de contaminantes. Esta possui uma capacidade total de 48 litros e suas dimensões são: 44cm de comprimento, 35 cm de largura e 41 cm de altura. Esta caixa é utilizada em todas as etapas do projeto, com tubulação de ligação de 60 mm de diâmetro, e possui um registro interno com a função de facilitar a coleta de amostras (figura 14).



Figura 14. caixa de monitoramento. Fonte: Mercado Livre

Segunda etapa: Biodigestor

A etapa do biodigestor contempla o equipamento principal, a caixa de lodo e a caixa de monitoramento. O biodigestor selecionado é da marca Fortlev (Figura 19), com capacidade de tratar 700 L de esgoto por dia. O biodigestor foi instalado de forma subterrânea, deixando apenas sua parte superior exposta para fácil acesso e inspeção, aproximadamente 20 cm acima da linha do solo (figura 20).



Figura 15. Biodigestor. Fonte: Loja do pedrão



Figura 16. Biodigestor instalado. Fonte: EcoClima.

Para garantir sua estabilidade, foi construída uma base de concreto 15 cm abaixo do espaço no qual o biodigestor foi inserido. Após sua instalação, o biodigestor foi preenchido com água para proporcionar firmeza às suas paredes antes de recolocar a terra que o cobria.

Ao lado do biodigestor, foi colocada uma bombona de 120 litros que vai receber o lodo proveniente do processo de biodigestão. A bombona tem 80 cm de altura e 50 cm de diâmetro, e o acesso a tubulação fica a 30 cm da sua tampa, mas se encontra a 15 cm da altura do solo (figura 17 e 18).

E por fim, a caixa de monitoramento foi colocada entre o biodigestor e o wetland, possibilitando aferir o tratamento feito pelo biodigestor de forma independente.



Figura 17. Instalação da caixa de lodo Fonte: EcoClima.



Figura 18. Caixa de lodo

Terceira etapa: Wetland

Para a construção do Wetland, foi cavado um buraco com 2 m de comprimento, 1 m de altura e 1 m de profundidade. Após a escavação, foi construída uma contenção com blocos de concreto para a criação da “piscina” do Wetland, tendo todo seu espaço interno impermeabilizado. Em seguida, o leito foi preenchido com brita de tamanhos variados (brita 0, 1, 2 e 4), areia para filtro de piscina e plantas aquáticas, criando assim, as etapas necessárias para a filtragem da água tendo como base uma solução baseada na natureza. Isso se dá através da interação entre a porosidade das britas de diferentes tamanhos e a areia, que ajudam no processo de filtragem e as raízes das plantas que colaboram na remoção de poluentes na água (nutrientes para as plantas), resultando em uma água mais limpa.

Espécies de plantas do Wetland

- **Cana-do-brejo (*Costus spiralis*)**

A Cana do Brejo é uma planta essencialmente tropical, precisando de umidade e calor para se desenvolver bem. É bastante utilizada em jardins contemporâneos, para fins ornamentais. Ela absorve diversos nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, e micronutrientes da água e do solo.

- **Taioba, Taiá, Macabo, Mangará (*Xanthosoma sagittifolium*)**

Planta tropical comestível, a Taioba é uma das mais poderosas em descontaminação, ou seja, absorve os elementos tóxicos presentes no sistema de filtragem da água. Ela consegue retirar parte dos coliformes fecais e armazenar no seu caule e folha.

- **Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*)**

O capim vetiver traz vários benefícios. Suas raízes profundas ajudam a evitar a erosão e o assoreamento de rios e lagos, além de melhorar a filtragem da água. Seu óleo essencial tem propriedades que ajudam a tratar a pele irritada e seca, e também é conhecido por acalmar, aliviando o estresse e a ansiedade.

Monitoramento do sistema e análise físico químicas

Para determinar a eficiência do sistema, foi elaborado um plano de monitoramento com duração mínima de 3 meses. Durante este período, serão coletadas amostras de água em três pontos distintos do sistema:

- No ponto de captação do efluente (entrada do sistema);
- Após o tratamento de digestão anaeróbia (efluente entrando no wetland);
- Após o tratamento realizado pelo wetland (saída do sistema).

As amostragens e análises (caracterização da água) serão realizadas semanalmente, conforme especificado pelo projeto. Após a coleta, as amostras serão transportadas para o LabTare – Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes/EQ, localizado nas instalações da UFRJ, para as devidas análises.

Os procedimentos seguirão as diretrizes descritas na última edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 24th” da American Public Health Association e American Water Works Association (APHA-AWWA).

4.4 Mobilização comunitária

Ao longo do projeto, a escolha de um espaço público para a implementação do protótipo trouxe desafios, especialmente na definição de responsabilidades pela manutenção e no engajamento da comunidade. Diferente de outras tecnologias do EcoClima, que foram instaladas em locais com interlocutores muito bem definidos, como uma residência ou uma escola, o biodigestor exigiu uma estratégia diferenciada de mobilização. Apesar das dificuldades iniciais, essa escolha também abriu oportunidades para ampliar o interesse público na iniciativa. Diante desse cenário, o projeto adotou soluções alternativas para fortalecer a comunicação e aproximar os moradores da proposta.

A estratégia de mobilização passou a ser mais focada nas redes sociais através de stories e postagens no Instagram por meio do perfil da Redes da Maré. Foram produzidos dois vídeos no formato Reels: o primeiro explicou o funcionamento do biodigestor com wetland e sua área de implementação, enquanto o segundo abordou as plantas que poderiam ser utilizadas no wetland. Além disso, foram publicados quatro carrosséis no Instagram, de 8 cards cada. O primeiro apresentava a proposta do EcoClima para o esgoto sanitário da Maré: “Biodigestor com Wetlands”. O segundo discutia o tema “Por que a Maré não tem saneamento básico de qualidade?”. Já o terceiro focou nas plantas aquáticas que poderiam ser utilizadas no wetland, com o título “Plantas aquáticas que podem ser usadas no Wetland”. Por fim, o quarto carrossel explorou as ODS⁵ (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) e sua relação com os protótipos.

Outra estratégia de comunicação foi a produção de cartilhas e banners para facilitar o diálogo sobre o biodigestor com wetland. Esse material produzido foi utilizado em rodas de conversa realiza-

⁵ Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ou Objetivos Mundiais para o Desenvolvimento Sustentável) são uma coleção de 17 metas globais, estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas

das no território da Maré, com estudantes da rede pública de ensino e do pré vestibular social. A roda de conversa, com o apoio desse material pedagógico, se tornam ferramentas eficientes na propagação desse conhecimento.

Para a construção do protótipo, se fez necessário um forte envolvimento comunitário. Para isso conseguimos avançar significativamente com o auxílio da Gerência Executiva Local, que além de conseguir apoio para escavação do local, forneceu o material necessário para o aterramento, e mobilizou a instalação de um ponto de energia elétrica para o sistema.

4.5 Cronograma

O processo de planejamento e construção do protótipo teve duração de 4 meses. A seguir, apresentamos o cronograma de atividades desenvolvidas durante esse período.

Setembro	Dias								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atividade									
Planejamento: encontros para alinhamento;	X	X	X	X					
Planejamento: escolha de elementos e materiais;		X	X	X	X	X			
Planejamento: layout do projeto;		X	X		X	X			
Planejamento: elaboração de planos;				X	X	X	X		
Alinhamento com a GEL para escavação;							X	X	
Outubro	6	7	8	9	10	11	12	13	
Escavação e acondicionamento do local;									
Orçamento de materiais;	X	X	X	X					
Compra de materiais/Chegada de materiais;		X	X	X	X	X	X	X	
Aterramento da primeira etapa (2m de comprimento)								X	
Novembro	16	17	18	22	23				
Orçamento de materiais da primeira e segunda etapa									
Escavação do local onde fica o biodigestor	X								
Dragagem de água no local		X							
Compra da tubulação e enchimento do biodigestor			X						
Aterramento do local				X					
Instalação das caixas de passagem e tubulações.					X				
Dezembro	3	11	18	19	21	22	28	29	30
Cotações de materiais									
instalação da fiação que liga a bomba	X								
teste de funcionamento da bomba	X								
instalação do cano de sucção da bomba		X							
colocação das britas (britas tipo 0 e pedras grandes)		X							
testagem do curso d'água no sistema biodigestor com wetland		X							
Cotações de materiais									
instalação da gaiola da bomba		X							
instalação poste de fiação da bomba			X						
colocação de areia no sistema wetland				X					
Orçamento de materiais da terceira etapa.					X				
Construção da base estrutural do wetland						X			
finalização da estrutura da wetland							X		
instalação tanque pulmão e canos de ligação								X	



5. Funcionamento do protótipo

5.1 operação e manutenção

O sistema integrado opera em três etapas principais, cada uma desempenhando um papel crucial no processo de tratamento. Na primeira etapa, a água é captada do canal Evanildo Alves por meio de uma bomba submersível, escolhida uma vez que o sistema não trabalha com gravidade (no início) e não está diretamente conectado à saída de esgoto de uma propriedade. A água é então bombeada para um tanque pulmão de 1000 litros, que vai alimentando o sistema continuamente e não por batelada. A bomba deve ser limpa e monitorada no mínimo 1 vez na semana, a fim de evitar interrupções no sistema. Já a limpeza do tanque pulmão, será realizada a cada 4 meses. Esta atividade depende da qualidade da água que entra e da presença de sólidos, podendo variar de acordo a demanda e sazonalidade.

Para garantir um funcionamento eficiente e econômico, bem como de alimentação contínua, foi instalada uma Chave Bóia, que regula automaticamente o nível de água, ativando e desativando a bomba conforme necessário. Para regular a vazão, foi instalado um registro que deve ser operado manualmente, de acordo com o fluxo de água desejado. Considerando isso, a vazão foi estabelecida em 29 litros por hora, devido a que o biodigestor possui uma capacidade de tratamento de 700 litros por dia. O registro deve ser monitorado no mínimo 1 vez por semana para garantir o fluxo contínuo, pois os sólidos presentes no esgoto, proveniente do tanque pulmão, podem entupir o passo pelo registro.

Após o tanque pulmão, a água passa por uma caixa de gordura com capacidade de 42 litros, que atua como barreira contra a entrada de gorduras e resíduos sólidos no sistema. A caixa de gordura reduz o risco de inibição por acúmulo de ácidos graxos de cadeia longa, ajuda a estabilizar o pH do sistema, evitando acidificação excessiva e pode melhorar a eficiência geral do processo em casos de sobrecarga orgânica. Desta maneira, foi estabelecido um período de 4 meses para realizar sua limpeza e manutenção.

O biodigestor na configuração instalada proporciona maior estabilidade térmica, fundamental para a eficiência do processo de biodigestão, e protege o equipamento contra danos físicos e intempéries, prolongando sua vida útil. A exposição apenas da parte superior facilita o acesso para inspeção e manutenção rotineira. A bombona de 120 litros adjacente ao biodigestor foi incluída para receber o lodo resultante do processo, permitindo sua gestão adequada sem interferir no funcionamento contínuo do biodigestor e possibilitando o potencial reuso do lodo como biofertilizante.

A retirada do lodo do biodigestor inicialmente foi planejada para ser feita a cada 6 meses. Não será retirado 100% do lodo, uma vez que este contém microrganismos essenciais para o processo de digestão anaeróbia. Remover todo o lodo eliminaria essa população microbiana vital, prejudicando a eficiência do tratamento. Por sua vez, uma quantidade residual de lodo ajuda a manter a estabilidade do processo de digestão, fornecendo um inóculo para o tratamento contínuo do efluente. O lodo contribui para o isolamento do sistema, ajudando a manter o pH em níveis adequados para a atividade microbiana.

Por último, o lodo retirado é disponibilizado na bomba, pode ser utilizado como biofertilizante, contribuindo para a economia circular do projeto. Recomenda-se o uso unicamente de plantas ornamentária e não para consumo humano. Caso os 6 meses não sejam suficientes para gerar uma boa quantidade de lodo, a manutenção dessa etapa será planejada para ser feita 1 vez no ano.

A etapa final do tratamento ocorre no wetland. O preenchimento com camadas de brita de diferentes granulometrias foi escolhido para criar um meio filtrante eficaz, capaz de reter partículas suspensas e proporcionar superfície para o crescimento de microrganismos benéficos e leito para as plantas selecionadas.

As espécies vegetais - Cana-do-brejo, Taioba e Capim Vetiver - foram selecionadas por suas capacidades específicas: a Cana-do-brejo por sua adaptabilidade a ambientes úmidos e eficiência na absorção de nutrientes, a Taioba pela sua eficácia na remoção de coliformes

fecais, e o Capim Vetiver devido às suas raízes profundas que auxiliam na filtragem e prevenção de erosão. Esta combinação de plantas visa maximizar a eficiência do tratamento biológico. Por sua vez é a grosso modo, todas as plantas possuem a capacidade absorção de macro e micronutrientes presentes na água, com a finalidade de remoção de impurezas e contaminantes presentes na água.

Esta última etapa apresenta uma manutenção muito baixa. Neste sentido, após realizar análises físico químicas da água que entra e sai do sistema, com o passar do tempo podemos determinar se a eficiência continua a mesma. Caso o sistema reduza sua eficiência em menos de 50% a limpeza do local deverá ser realizada. A tabela 3 apresenta a escala de manutenção de cada elemento importante dentro do ciclo instalado.

Componente	Frequência de manutenção	Ações de manutenção
Bomba submersível FEKA 600	Semanal	Limpeza e monitoramento.
Tanque pulmão	A cada 4 meses	Limpeza (dependendo da qualidade da água e presença de sólidos).
Chave Bóia	Semanal	Verificação do funcionamento.
Registro de vazão	Semanal	Monitoramento e ajuste para manter o fluxo de 29 litros por hora.
Caixa de gordura	A cada 4 meses	Limpeza e manutenção.
Biodigestor	A cada 6 meses (inicialmente)	Retirada parcial do lodo (não remover 100%).
Bombona de lodo	A cada 6 meses (ou anualmente)	Coleta do lodo para uso como biofertilizante.
Wetland	Conforme necessidade	Limpeza quando a eficiência cair abaixo de 50%.
Sistema de coleta de amostras	Semanal (durante 3 meses)	Coleta de amostras em três pontos para análise.

Tabela 3. Manutenção de equipamentos.

Além do monitoramento de cada elemento físico dentro do sistema serão monitorados parâmetros de qualidade da água, detalhados na próxima seção (indicadores de avaliação). O plano de monitoramento rigoroso de 3 meses foi estabelecido para garantir uma avaliação abrangente e confiável da eficácia do sistema. A escolha do LabTare da UFRJ para realizar as análises se deve à sua expertise e equipamentos adequados. Os parâmetros selecionados (pH, temperatura, DBO, DQO, sólidos voláteis, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes) são indicadores-chave da qualidade da água e eficiência do tratamento, fornecendo uma visão completa do desempenho do sistema.

Este protótipo não apenas oferece uma solução prática para o tratamento de efluentes, mas também serve como uma ferramenta valiosa para a coleta de dados sobre saneamento básico na Maré, podendo fundamentar futuras políticas públicas e intervenções mais amplas na região.



6. Indicadores de avaliação

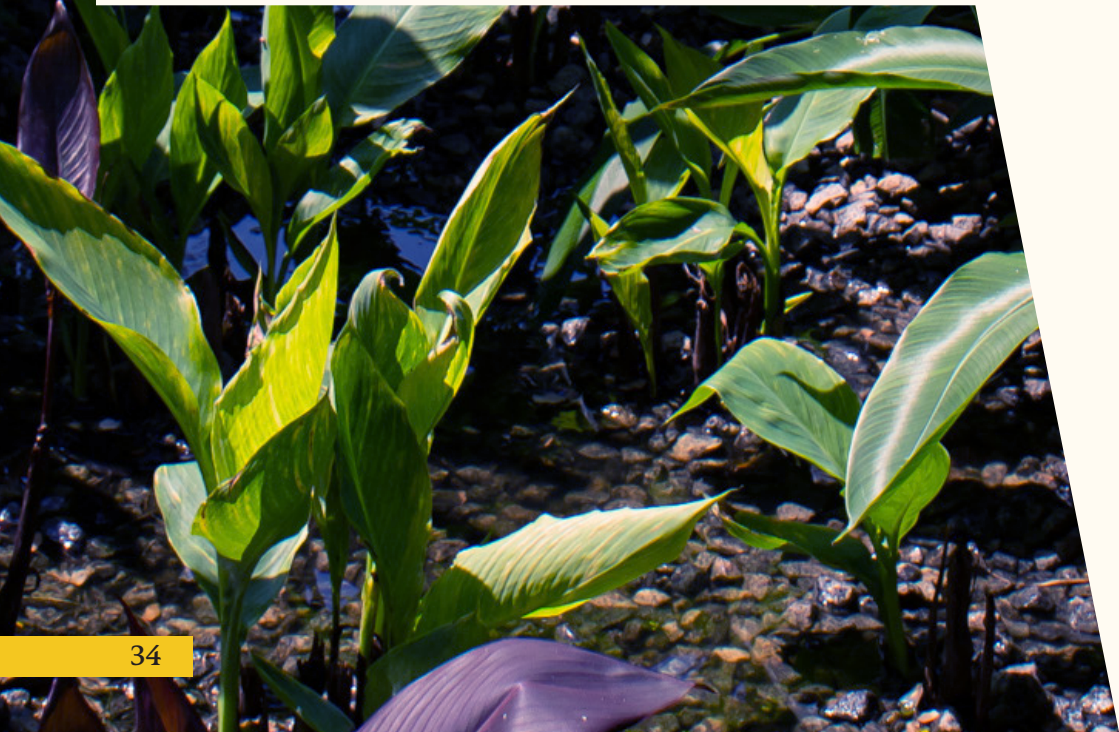


Tabela 4. Parâmetros analisados e sua importância.

Parâmetro	Descrição	Importância	Unidade Funcional
Sólidos sedimentáveis	Partículas sólidas que sedimentam por ação da gravidade em um período de 1 hora. Inclui material orgânico e inorgânico.	Indica a presença de material particulado que pode afetar a turbidez, a penetração de luz e a qualidade geral da água. Altos níveis podem prejudicar habitats aquáticos e organismos filtradores.	mL/L
pH	Medida da concentração de íons hidrogênio na água, indicando sua acidez ou alcalinidade. A escala varia de 0 (muito ácido) a 14 (muito alcalino), com 7 sendo neutro.	Influencia os processos biológicos e químicos na água. Valores extremos podem ser letais para organismos aquáticos e afetar a solubilidade de nutrientes e metais tóxicos.	Escala de 0 a 14
Temperatura	Medida do calor ou energia térmica da amostra de água. Varia com as condições climáticas, profundidade e descargas térmicas.	Afeta a solubilidade de gases (como oxigênio), taxas de reações químicas e metabólicas dos organismos aquáticos. Mudanças bruscas podem causar estresse térmico na biota.	°C
Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)	Quantidade de oxigênio consumido por microrganismos na degradação da matéria orgânica biodegradável, geralmente medida ao longo de 5 dias (DBO ₅).	Indica a carga orgânica biodegradável e o potencial de depleção de oxigênio no corpo d'água. Altos valores podem levar à hipóxia ou anoxia, prejudicando a vida aquática.	mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente toda a matéria orgânica presente na amostra, incluindo biodegradável e não biodegradável.	Mede a quantidade total de matéria orgânica, fornecendo uma estimativa rápida da carga orgânica total. Útil para avaliar a eficiência de tratamentos e a poluição orgânica.	mg/L
Sólidos voláteis	Fração dos sólidos totais que se volatilizam quando aquecidos a 550°C. Representa principalmente a matéria orgânica presente na amostra.	Indica a quantidade de matéria orgânica presente, que pode contribuir para a DBO e DQO. Importante para avaliar a composição dos sólidos e potencial de decomposição.	mg/L
Nitrogênio amoniacal	Forma reduzida do nitrogênio (NH ₃ e NH ₄ ⁺), resultante da decomposição de matéria orgânica nitrogenada ou da redução de nitratos.	Indicador de poluição recente, especialmente por efluentes domésticos. Em altas concentrações, pode ser tóxico para organismos aquáticos e contribuir para a eutrofização.	mg/L
Fósforo total	Soma de todas as formas de fósforo presentes na amostra, incluindo ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico.	Nutriente limitante para o crescimento algal. Excesso pode levar à eutrofização, causando proliferação de algas e depleção de oxigênio. Importante indicador de poluição por efluentes e runoff agrícola.	mg/L
Coliformes termotolerantes	Subgrupo de coliformes totais capazes de fermentar lactose a 44,5°C. Inclui principalmente E. coli, de origem fecal.	Indica a presença potencial de patógenos de origem fecal. Importante para avaliar a qualidade sanitária da água e os riscos à saúde pública.	NMP/100mL

6.1 Parâmetros de monitoramento

Nos diferentes pontos de coleta, serão monitorados os seguintes parâmetros e indicadores: sólidos sedimentáveis, pH e temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda química de Oxigênio (DQO), sólidos voláteis, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termo tolerantes. Na tabela 4 apresenta-se os parâmetros analisados e sua devida importância.

Com os resultados obtidos das análises, será quantificada a eficiência de cada etapa, considerando a redução da carga orgânica no efluente. Especificamente na etapa no wetland, a biomassa produzida resultante do crescimento vegetal no sistema de Wetland.

Para interpretar os dados coletados e avaliar se o sistema de tratamento está funcionando adequadamente e reduzindo os contaminantes, serão seguidas as seguintes diretrizes:

Análise dos parâmetros físico-químicos

1. pH:

- Faixa ideal: 6,0 a 9,0;
- Monitorar variações significativas que possam afetar os processos biológicos.

2. Temperatura:

- Observar se está dentro da faixa adequada para atividade microbiana (20-35°C);
- Variações bruscas podem impactar negativamente o tratamento.

3. Sólidos sedimentáveis:

- Redução ao longo do tratamento indica boa sedimentação;
- Valor máximo permitido para lançamento: 1 mL/L.

Análise dos parâmetros de carga orgânica

1. DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio):

- Eficiência de remoção deve ser superior a 60%;
- A concentração final deve ser inferior a 120 mg/L.

2. DQO (Demanda Química de Oxigênio):

- Redução significativa indica degradação da matéria orgânica
- Relação DQO/DBO próxima a 1 indica boa biodegradabilidade

3. Sólidos voláteis:

- Redução indica decomposição da matéria orgânica
- Monitorar em conjunto com sólidos totais

Análise dos nutrientes

1. Nitrogênio amoniacal:

- Redução ao longo do tratamento indica nitrificação;
- Valor máximo para lançamento: 20 mg/L.

2. Fósforo total:

- Redução indica remoção de nutrientes;
- Monitorar para evitar eutrofização no corpo receptor.

Análise microbiológica

1. Coliformes termotolerantes:

- Redução de pelo menos 2 log (99%) é desejável;
- Valor máximo para lançamento: 1000 NMP/100mL.

Avaliação da eficiência do wetland

1. Biomassa vegetal:

- Aumento da biomassa indica bom desenvolvimento das plantas
- Correlacionar com a remoção de nutrientes (N e P)

Diretrizes gerais para interpretação:

- Comparar os resultados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011 e legislações estaduais aplicáveis.
- Calcular a eficiência de remoção para cada parâmetro entre as etapas do tratamento.
- Observar tendências ao longo do tempo para identificar problemas operacionais.
- Analisar a correlação entre parâmetros (ex: DBO e DQO) para validar os resultados.
- Considerar fatores externos que possam influenciar o tratamento (ex: variações climáticas, vazão de entrada).

Um sistema de tratamento eficiente deve apresentar:

- Redução progressiva da carga orgânica⁶ (DBO e DQO) ao longo das etapas.
- Diminuição das concentrações de nutrientes (N e P).
- Redução significativa de coliformes termotolerantes.
- Estabilidade nos parâmetros físico-químicos (pH, temperatura).
- Aumento da biomassa vegetal no wetland, indicando absorção de nutrientes.

Ao observar essas tendências positivas e o atendimento aos padrões de lançamento, pode-se concluir que o sistema está funcionando adequadamente e reduzindo os contaminantes de forma eficaz.

6.2 Resultados das análises físico-químicas

A análise da qualidade da água do biodigestor com wetlands revelou uma alta eficiência na remoção de poluentes, atingindo até **98% de redução de matéria orgânica e contaminantes. O sistema demonstrou ser altamente eficaz na purificação da água, reduzindo 99,8% dos coliformes totais e 99,94% da Escherichia coli**, garantindo maior segurança ambiental.

Os coliformes totais, inicialmente $2,4 \times 10^7$ NMP/100 ml, foram reduzidos para $2,4 \times 10^5$ NMP/100 ml após o biodigestor (**redução de 99%**) e, após o wetland, chegaram a $4,6 \times 10^4$ NMP/100 ml, resultando em

⁶ A redução progressiva da carga orgânica (DBO e DQO) é a diminuição gradual da matéria orgânica na água ou esgoto, indicando menor poluição e melhor qualidade ambiental.

uma remoção total de 99,8%. Para *Escherichia coli*, a concentração inicial de $1,6 \times 10^7$ NMP/100 ml caiu para $1,5 \times 10^5$ NMP/100 ml após o biodigestor (**queda de 99,06%**) e, na saída do wetland, atingiu $9,3 \times 10^3$ NMP/100 ml, alcançando **99,94% de remoção**.

Além da remoção de microrganismos, o sistema promoveu **um aumento na oxigenação da água**, com os níveis de oxigênio dissolvido (OD) subindo de 2,98 mg/L no esgoto bruto para 4,58 mg/L na saída do wetland, favorecendo a qualidade do efluente tratado. **O pH manteve-se estável** entre 6,0 e 6,5, garantindo um ambiente adequado para a preservação da vida aquática.

O relatório de crescimento das plantas no sistema wetland demonstrou que a biomassa vegetal contribui para a eficiência do tratamento. O Capim Vetiver, cultivado em dois lotes, apresentou um crescimento expressivo. No lote 1, a altura média passou de 20 cm para 91,56 cm em 66 dias, **um aumento de 357,8%**, enquanto no lote 2, com metade do tempo de crescimento, atingiu 40,11 cm, **um acréscimo de 100,6%**. **A biomassa estimada foi de 4,58 kg/m² no lote 1 e 2,01 kg/m² no lote 2**, confirmando o papel das plantas na absorção de nutrientes e na remoção de poluentes.

A Taioba também demonstrou boa adaptação ao ambiente, com aumento de **50% no número de folhas e 66,7% na expansão foliar**, indicando alta eficiência na absorção de nutrientes dissolvidos. Esses resultados reforçam a importância das plantas no funcionamento do wetland, contribuindo para a filtragem de contaminantes e melhoria da qualidade da água.



7. Principais desafios e soluções propostas



7.1. Desafios enfrentados durante a implementação

Ao longo da implementação do protótipo, surgiram desafios que exigiram adaptações do desenho original e soluções por parte da equipe (tabela 5). Um dos principais foi a escolha do local, que precisava atender a condições técnicas específicas. Como se tratava de um espaço público, gerou obstáculos para a apropriação do projeto pelos moradores. Para mitigar esse problema, a equipe intensificou as ações de comunicação e sensibilização, buscando fortalecer o vínculo entre os moradores e o protótipo.

A instalação do sistema em espaço público também exigiu articulação com órgãos responsáveis pela infraestrutura local, como a Gerência Executiva Local e a RIOLUZ, para obter as devidas autorizações e garantir a viabilidade técnica do projeto. A definição da matriz energética foi um dos pontos que demandou maior análise. Alternativas como o uso de placas solares foram consideradas, mas acabaram descartadas devido ao custo elevado. No fim, optou-se por um modelo mais acessível e viável para a replicação da tecnologia em outros territórios.

Além das questões estruturais, a logística de compra e transporte de materiais específicos apresentou desafios. Componentes como tubos de diâmetros especiais e britas com granulometria diferenciada não eram facilmente encontrados no comércio local, o que gerou atrasos no cronograma. Para superar essa dificuldade, a equipe buscou fornecedores alternativos e estudou formas de adaptar a construção sem comprometer a eficiência do sistema.

O contexto territorial da Maré também influenciou o andamento do projeto. Episódios de operações policiais ao longo dos dois anos de trabalho impactam diretamente a execução em campo, exigindo replanejamento constante das ações presenciais. Além disso, a região foi temporariamente utilizada como cenário para a gravação

de uma produção televisiva, o que impôs mais um período de interrupção na obra. Apesar desses desafios, a equipe conseguiu ajustar o cronograma para minimizar os impactos dessas pausas.

Por fim, a manutenção recorrente do protótipo se mostrou uma demanda constante, exigindo esforços adicionais da equipe para garantir seu funcionamento adequado. Esse aprendizado reforçou a importância de estruturar, desde o início, um plano de manutenção sustentável, envolvendo atores locais para garantir a continuidade do projeto. Essas dificuldades não apenas trouxeram aprendizados para futuras replicações da tecnologia, mas também fortaleceram a abordagem comunitária necessária para sua permanência e efetividade no território.

Tabela 5. Estratégias efetivas e desafios

Desafios	Soluções
Materiais específicos	Buscar fornecedores alternativos e testar formas de adaptá-los sem comprometer a eficiência do protótipo.
Gravação da série de TV	Durante os dias de gravação, também houve continuidade das outras partes do protótipo, como por exemplo: publicações nas redes sociais, escrita do manual, etc.
Dificuldade da escolha do local	Foi conversado com a GEL e chegou-se a um ponto em comum que é no canal Evanildo Alves. Este lugar é estratégico, pois fica próximo a um equipamento da prefeitura, facilitando o acesso a manutenção e também maior facilidade de licenciamento.
Comunicação local	A solução foi a sinalização no local do protótipo com um banner e posts nas redes sociais apresentando sua importância.
Autorização para a execução das obras e instalação de ponto de energia	Com apoio da GEL junto a RIO-LUZ foi possível a criação de um ponto de energia elétrica para o protótipo.

8. Lições aprendidas

8.1 Aspectos positivos do processo

Ao longo do processo, conseguimos identificar várias lições importantes. Uma delas diz respeito aos desafios de construir um protótipo socioambiental dentro da Maré, onde a dinâmica interna da comunidade exige adaptações específicas nos processos. Um ponto crucial é a integração dos moradores no processo de criação do protótipo. Eles não podem ser deixados de lado; sua participação ativa é essencial para o sucesso do projeto. A construção coletiva do protótipo, com uma comunicação clara e transparente, permite que a comunidade se aproprie da tecnologia, se sinta responsável por ela e a cuide ao longo do tempo.

Foi aprendido que um dos maiores frutos que podem ser extraídos desse protótipo é a possibilidade de levantamento de dados sobre o saneamento básico no território da Maré, o que permite fundamentar políticas públicas que atuem de forma efetiva na região.

Foi evidente a importância de delimitar claramente o recorte do trabalho e manter uma comunicação transparente com os parceiros. Essa clareza foi essencial para garantir o apoio de atores locais, sem os quais os desafios poderiam ter sido ainda maiores. Ao longo do processo, conseguimos firmar acordos valiosos que contribuíram diretamente para a construção do biodigestor, uma intervenção concreta e atuante em um espaço público, o que é, sem dúvida, uma grande conquista. Além disso, ações realizadas em escolas e outros espaços públicos, como rodas de conversa, desempenharam um papel fundamental na clareza do protótipo. Essas iniciativas aproximam os jovens de temas fundamentais para o território, como o saneamento básico, gerando engajamento e conscientização.



9. Considerações finais

O protótipo do biodigestor com wetlands é uma escala piloto, porém, é necessário ressaltar que discutir temas como o de esgotamento sanitário em favelas é de extrema importância. Pois, a partir dessa tecnologia sustentável, pode-se produzir dados referente qualidade da água, má gestão do esgotamento sanitário e como os moradores do território sofrem com essa problemática. Além disso, a partir do EcoClima, tem-se referência para pensar soluções de saneamento para ambientes de favela, com o planejamento adequado, é possível desenvolver ações para minimizar os impactos sofridos. O projeto está propondo uma melhoria da condição da água do canal que iria para a Baía de Guanabara sem nenhum tratamento, evidenciando soluções locais para problemas crônicos.



Referências

Referências:

1. CAIXA DE GORDURA C/ CESTO LIMPEZA REFORÇADA 42L + PROLONGADOR. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3902740528-caixa-de-gordura-ccesto-limpeza-reforcada-42l-prolongador-_JM. Acesso em: 10 fev. 2025.
2. CANA-DO-BREJO (*Costus spiralis*) - PictureThis. Disponível em: https://www.picturethisai.com/pt/wiki/Costus_spiralis.html. Acesso em: 10 fev. 2025.
3. CONTÍNUO OU BATELADA: qual processo escolher? Disponível em: <https://propeq.com/continuo-ou-batelada/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
4. ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 fev. 2025.
5. O QUE SÃO STAKEHOLDERS E QUAIS AS DIFERENÇAS PARA SHAREHOLDERS. Rock Content, 15 ago. 2018. Disponível em: <https://rockcontent.com/blog/stakeholder/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
6. REDES DA MARÉ. CENSO POPULACIONAL DA MARÉ. [S.l: s.n.]. 2019. Disponível em: https://www.redesdamare.org.br/media/downloads/arquivos/CensoMare_WEB_04MAI.pdf.
7. RIOONWATCH. Disponível em: <https://rioonwatch.org.br/?p=26789>. Acesso em: 10 fev. 2025.
8. ROLO & PEREIRA, LDA – Bombas de Água, Circuladores, Bombas Submersíveis de Furo e Poço. Disponível em: <https://www.roloepereira.com/produtos/artigo.php?id=80>. Acesso em: 10 fev. 2025.
9. SILVA, E. Cana-do-brejo: para que serve o chá considerado o melhor amigo dos rins. Disponível em: <https://www.minhvida.com.br/alimentacao/ingredientes/4981-cana-do-brejo>. Acesso em: 10 fev. 2025.

10. TANQUE PULMÃO – Ricefer – Inovação em Aço Inox. Disponível em: <https://www.ricefer.com.br/produto/tanque-pulmao/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
11. WEB.PUBLICIDADE.DESIGN. Disponível em: <https://data-labe.org/cms/wp-content/uploads/2024/03/info003.webp>. Acesso em: 10 fev. 2025.

eco clima

REALIZAÇÃO

redes ^{da}smqre

PARCERIA

