

eco
clima

Manual

Telhado Verde

REALIZAÇÃO

rede ^{de} **maje**

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 identificado:

O conjunto de favelas da Maré está localizado entre três importantes vias expressas, a Linha Vermelha, a Linha Amarela e a Avenida Brasil, que concentram grande fluxo de veículos e geram altos índices de poluição e calor, criando um cenário que contribui diretamente para o fenômeno da ilha de calor urbana (ICU). As ilhas de calor (IC) são áreas onde a temperatura do ar é mais elevada em comparação com as regiões vizinhas, formando-se principalmente sobre grandes centros urbanos. Esse fenômeno ocorre devido às características térmicas dos materiais utilizados nas construções, como concreto, asfalto e telhas, que retêm e acumulam mais calor do que o solo e a vegetação das áreas rurais (MEIRELES, 2009). Desse modo, o processo de urbanização da Maré, marcado pela predominância de construções sem ventilação, superfícies impermeáveis e escassez de áreas verdes, agravam os efeitos deste fenômeno.

Em diagnóstico realizado em 2023, ficou constatado que a Maré, além de ser uma ilha de calor no contexto de Zona Norte do Rio¹ de Janeiro apresenta variação de até 2°C quando se comparada às favelas diferentes do próprio conjunto, evidenciando os intensos efeitos intensos da IC dentro do território (REDES DA MARÉ, 2023). A pesquisa também aponta que algumas regiões resfriam muito pouco à noite, mantendo altas temperaturas praticamente durante as 24h. Faz-se necessário, portanto, pensar em alternativas para enfrentar o problema.

Como solução inovadora e sustentável para mitigar esse problema, os telhados verdes oferecem benefícios ambientais e sociais. Essas

¹ Uma entrevista dada ao jornal O Globo por Andrew Lucena, do Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (Liga), da UFRRJ, reforça que as zonas mais quentes estão na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, incluindo a Maré, Complexo da Penha e Alemão

coberturas vegetais, ajudam a reduzir a temperatura, promovendo conforto térmico e aumentando a biodiversidade em regiões urbanas. Além de resfriar o ambiente, os telhados verdes podem contribuir para a gestão das águas pluviais, retardando o escoamento da água da chuva e contribuindo para mitigação de alagamentos e enchentes. Também podem promover o isolamento acústico, aumentando o bem-estar nos espaços urbanos.

2.2 Informações e especificidades sobre o território onde o protótipo será implementado:

Durante a pesquisa do Diagnóstico Socioambiental do EcoClima², percebeu-se que os moradores do Parque Rubens Vaz relataram maior desconforto de temperatura quando comparado com as outras três favelas alvo do projeto (gráfico 1). Por outro lado, 43% dos moradores de Rubens Vaz avaliaram que não existe solução possível para o calor excessivo, indicando desconhecimento em relação a soluções frente ao desconforto térmico (gráfico 2). A junção desses fatores foi determinante para a definição do local de implementação do protótipo.

² O Diagnóstico Socioambiental EcoClima (REDE DA MARÉ, 2025) analisou a infraestrutura domiciliar e a percepção dos moradores sobre suas condições de moradia e os impactos ambientais na qualidade de vida em quatro favelas da Maré: Nova Holanda, Parque União, Parque Rubens Vaz e Parque Maré.

TEMPERATURA/CLIMA

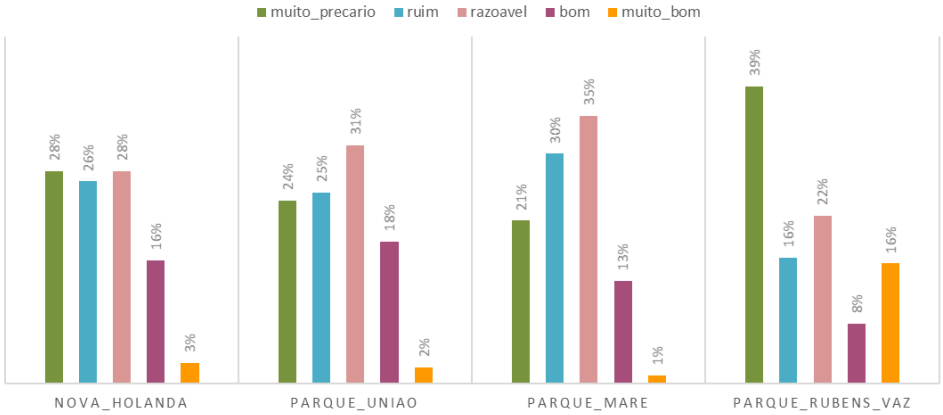


Gráfico 1 : Comparação temperatura/clima entre as favelas, segundo os moradores - Diagnóstico Socioambiental EcoClima (2025).

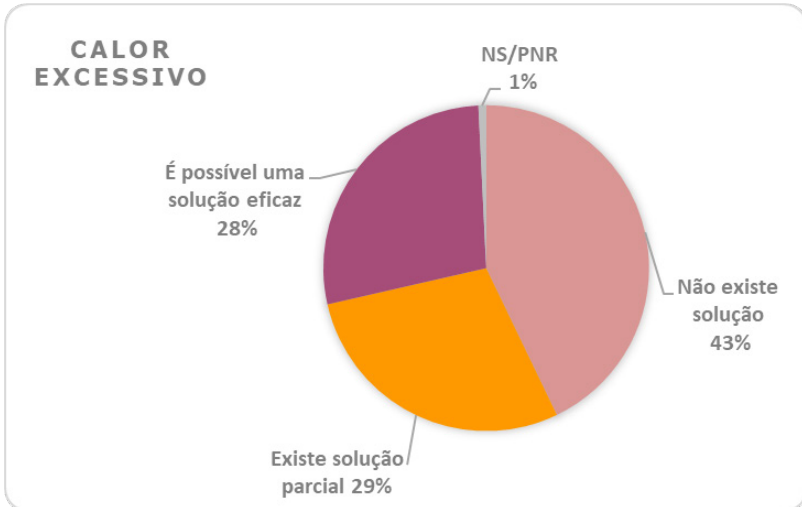


Gráfico 2 : Existe solução para o calor excessivo? - Diagnóstico Socioambiental EcoClima (2025)

Dessa forma, a instalação do telhado verde oferece a oportunidade de vivenciar a construção de uma possível solução para o problema de calor excessivo e gestão das águas pluviais no território. É importante destacar que o trabalho envolve não somente a construção do protótipo, mas também a integração dos moradores com a tecnologia implementada. E a partir disso, promover o engajamento comunitário como forma de minimizar esse tipo de problemática ambiental.



Critérios de escolha da casa do morador da Rubens Vaz:

Durante a fase da pesquisa de campo, foram sinalizados os moradores que teriam interesse em fazer a instalação de um telhado verde em sua casa. A partir disso, foram realizadas visitas técnicas para observar determinados critérios, como estrutura da laje, proximidade com a temática e vontade de ter o protótipo em sua residência. Dentre os telhados avaliados pelos professores Marcos Barreto e Wagner Nahas (parceiros do projeto via o Programa de Engenharia Ambiental (PEA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)), o local escolhido foi o telhado das irmãs Claudino, na rua João Araújo, na favela Parque Rubens Vaz.



Mapa com destaque para a o local de implementação do protótipo na Rua João Araújo - adaptado do Google Maps



3. Objetivos do Protótipo



3.1 Objetivo Geral:

Desenvolver e implementar um protótipo de Telhado Verde no conjunto de favelas da Maré, com o objetivo da melhoria da qualidade de vida de quem reside através da redução da temperatura interna da laje, reduzindo o estresse térmico causado pelo calor excessivo.

3.2 Objetivos específicos

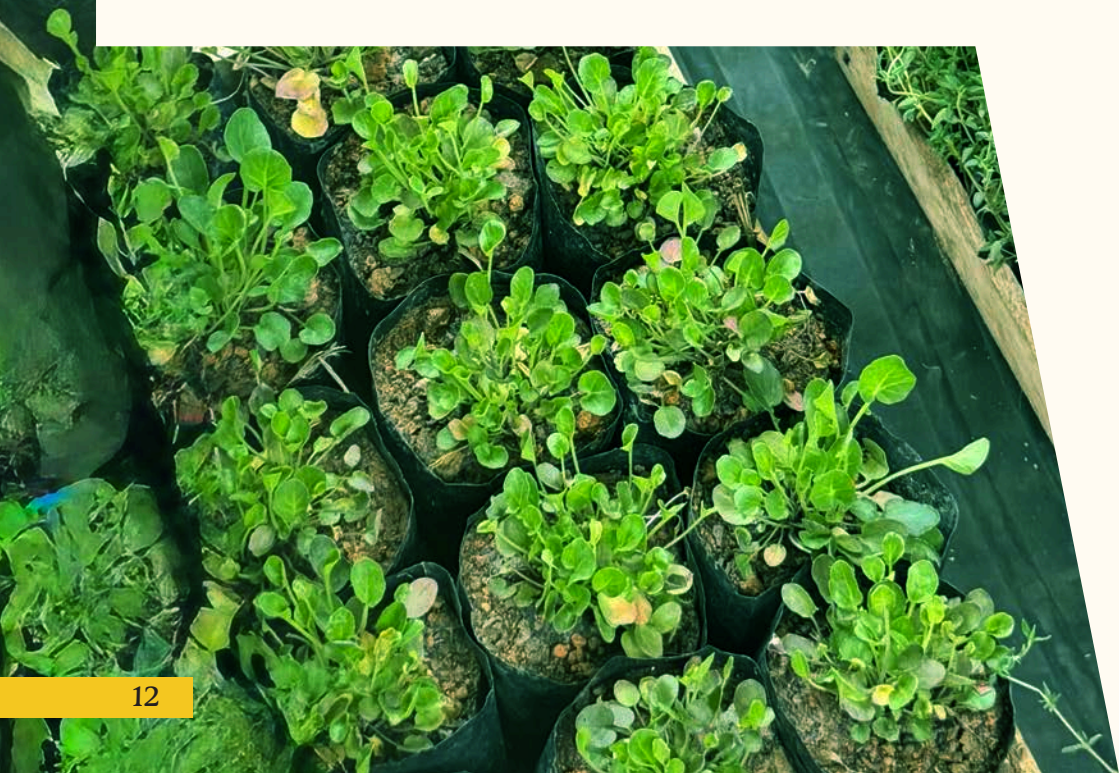
Apresentar os benefícios ambientais da implementação do telhado verde, considerando seu impacto na mitigação dos efeitos das ilhas de calor, na gestão das águas pluviais e na melhoria da qualidade de vida da população local.

Investigar a viabilidade do cultivo de hortaliças e outras plantas de interesse econômico no telhado verde, incentivando a geração de renda e promovendo a segurança alimentar.

Disseminar a importância de soluções sustentáveis, como o telhado verde, por meio de oficinas de manejo das plantas e rodas de conversa, incentivando ações práticas e o engajamento comunitário.



4. Metodologia e processo de implementação



4.1 Etapa de execução:

A execução do projeto do telhado verde foi dividida em três etapas principais: compra de materiais, construção do protótipo e monitoramento do funcionamento e eficiência. O protótipo é composto por:

- ▶ estrutura do telhado (metálico);
- ▶ 1 geomembrana ;
- ▶ aproximadamente 2.500 tampinhas;
- ▶ 1 geotêxtil;
- ▶ substrato/terra;
- ▶ madeiras para contenção do substrato/terra;
- ▶ vegetação/plantas;
- ▶ 1 geocomposto 3 em 1;

Compra de materiais e planejamento

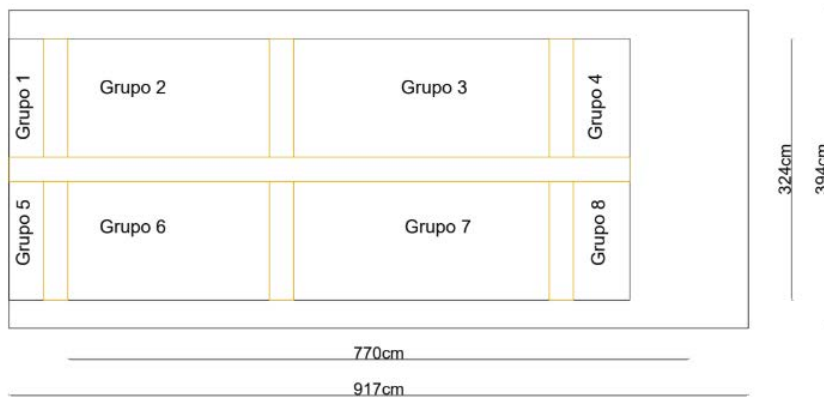
Nesta fase, o objetivo foi desenvolver um sistema de telhado verde compatível com a realidade local e com a estrutura já existente da moradora. Além de criar uma solução viável para o território, o design do telhado também foi pensado para gerar benefícios econômicos,

escolhendo espécies que pudessem ser aproveitadas na produção de alimentos, visto que uma das moradoras trabalha vendendo lanches naturais na Maré.

Inicialmente, a proposta era cobrir toda a extensão do telhado com vegetação, mas, após análises estruturais e logísticas, o projeto foi readequado para ocupar uma área menor, garantindo mais segurança e viabilidade na instalação.

A escolha das plantas também passou por ajustes: a ideia original incluía a instalação de hortaliças para construção de uma horta urbana. Mas ao decorrer do tempo, priorizando a maior cobertura vegetal possível no telhado, a alternância entre placas de grama e hortaliças foi a escolhida. Para receber as plantas, o telhado verde foi dividido em 8 grupos (figura 1), para que pudesse criar um caminho japonês que possibilitasse o acesso e manutenção em toda a extensão do telhado.

Esse processo de planejamento foi essencial para adaptar a tecnologia às condições específicas do território, garantindo que o telhado verde não apenas ajudasse na mitigação dos efeitos do calor, mas também trouxesse impactos positivos para a economia local e para o dia a dia das moradoras.



croqui do protótipo.

Após o planejamento e definição do layout do telhado verde, se iniciou o processo de aquisição dos materiais necessários para a construção do protótipo. A lista abaixo apresenta os materiais usados para a implementação do telhado verde na Maré.

Materiais	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Tampinhas de garrafa PET	arrecadação	arrecadação
Calha Corte 35 (16cm de largura) Galvanizada sem pintura 4,00m + 2 tampas + 1 bocal 3”	293,9	293,9
Kit cisterna 240 litros; Altura com tampa: 107 cm; Diâmetro base: 52 cm diametro 1 UN total: 58 cm; Diâmetro do filtro: 75 mm / 3 “; Peso: 8 Kg; Material: Polietileno de alta densidade; Cor: Azul com tampa preta	209,93	209,93
Manta Geotêxtil 70m2 Linha Bidim RT10 - Resistência à tração 10kN/m com 2.5mm de espessura	299,99	299,99
Geocomposto Romadrain 600/GTF - Rolo de 2,00m x 30,00m (60,00m ²) com 5.3mm de espessura	1.770,00	1.770,00
Data Logger de Temperatura com Bluetooth MX2201 (7 dispositivos)	847,65	5.933,53
Geomembrana 0,80 mm 4,20 x 10 = 42m ²	1.185,73	1.185,73
Escada alumínio 3 degraus alumasa	201,24	201,24
60 sacos de terra/composto adubado com húmus de minhoca 15 kg/25lts	16,22	972,9
Durepoxi 100g (3 un)	9,9	29,7
TekBond (12 un)	8,9	106,8
Pregos 15 X 15 (1kg)	24,9	24,9
Manta asfáltica	59,75	119,5
Silicone pistola incolor (4un)	16,9	67,6
Primer 3,6 L	48,9	48,9
Tubos e conexões	x	267,8
Plantas	x	2.540,00
Tábuas de Cedrinho	x	1.908,00
	Total (R\$)	15.983,42

Lista dos materiais utilizados na construção do protótipo

Construção do protótipo

Primeira etapa : adequação da laje

Antes de iniciar a construção do protótipo em si, foi necessário fazer algumas adequações na laje da casa das moradoras. Uma parte desse processo foi a realocação da caixa d'água, para criar um acesso mais fácil e seguro para o telhado. Para isso, foi construída uma laje para receber a caixa d'água, e uma escada foi colocada para a sua manutenção. Com isso, foram criados também corrimãos para facilitar a subida para o telhado verde.



Laje da caixa d'água - Foto EcoClima

Segunda etapa : ajustes na estrutura do telhado

1. Proteção dos parafusos

O telhado precisou receber alguns ajustes antes do início da instalação das camadas. Um desses ajustes foi o corte das pontas dos parafusos e a proteção do que sobrou com a utilização de massa adesiva. Essa medida foi tomada porque as pontas sobressaiam do telhado e poderiam danificar as camadas do protótipo que seriam instaladas.



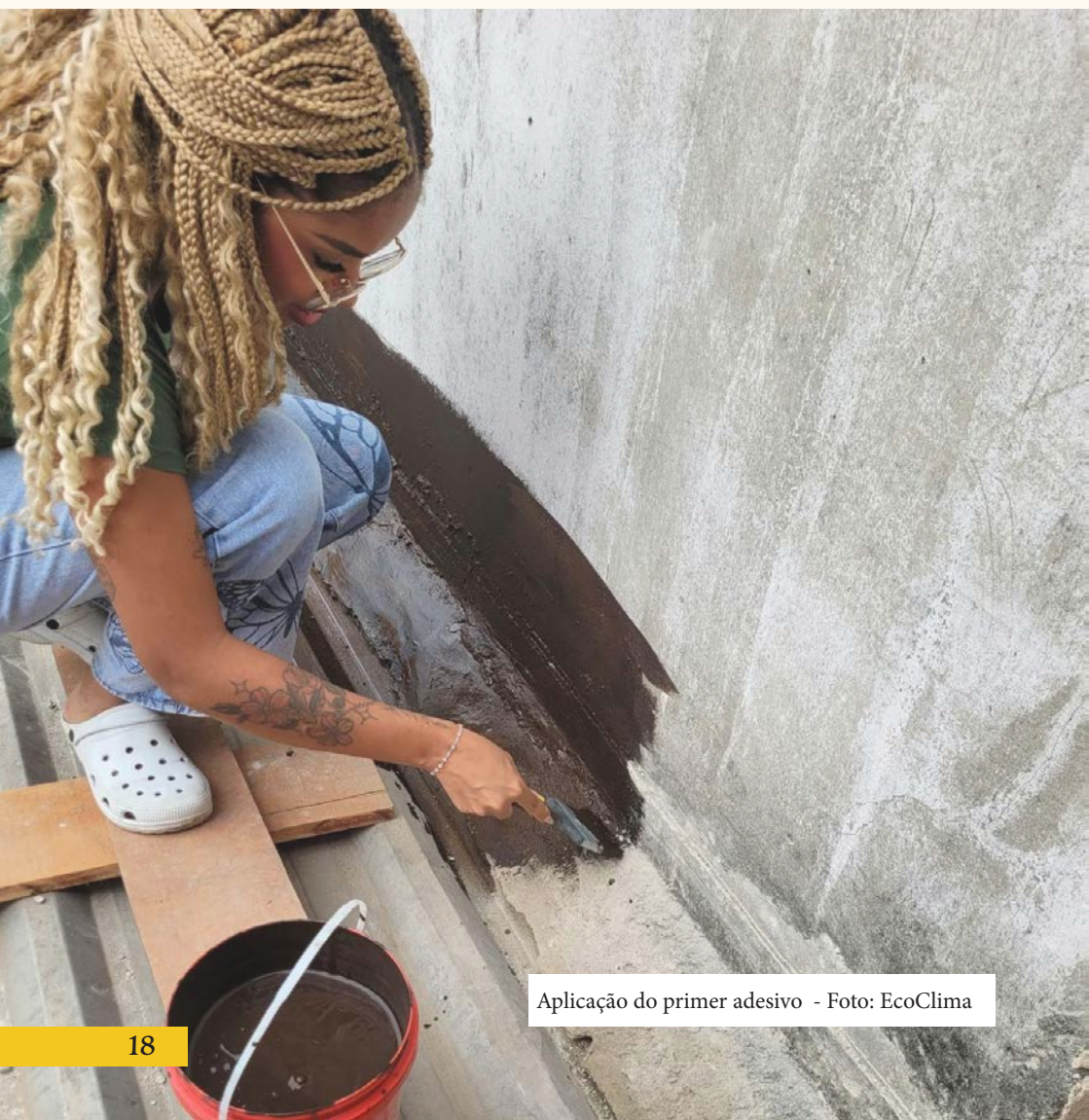
Parafusos na estrutura do telhado antes de serem cortados e protegidos - Foto: EcoClima



Parafusos na estrutura do telhado depois do corte e proteção com massa adesiva - Foto: EcoClima

2. Renovação da manta asfáltica

Outro ajuste necessário, foi renovar a manta asfáltica que já faz parte da estrutura do telhado tradicional. Para isso utilizamos o primer adesivo no espaço entre a parede e as telhas. Após o período de secagem, foi feita a colagem da manta asfáltica aluminizada.



Aplicação do primer adesivo - Foto: EcoClima



Aplicação da manta asfáltica aluminizada - Foto: EcoClima

3. Reforço estrutural do telhado

Pensando que o telhado receberia uma carga que não foi planejada na sua construção original, a equipe optou por criar reforços estruturais de segurança. Com isso foram adicionadas mais 3 vigas ao longo da extensão do telhado e 2 colunas.



Reforços sendo realizados no telhado - Foto EcoClima

Terceira etapa : construção do telhado verde

4. Corte das madeiras para a estrutura de contenção do substrato



Corte das madeiras - Foto: EcoClima

As madeiras compradas tinham 30 centímetros de largura e 3,5 metros de comprimento, e precisaram ser adaptadas para que ficassem com 15 centímetros de largura, tamanho suficiente para fazer a contenção do substrato no telhado. Inicialmente essas madeiras foram utilizadas para que os pedreiros pudessem andar ao longo do telhado para fazer ajustes que seriam necessários antes da implementação do sistema.

5. CONTENÇÃO DO SUBSTRATO



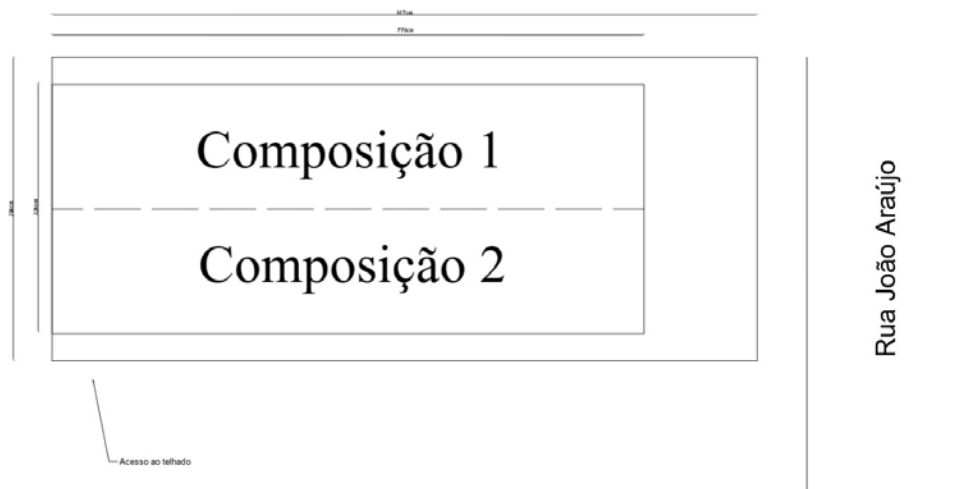
Detalhe de parte da estrutura de contenção - Foto: EcoClima

A próxima etapa foi dispor madeiras no telhado para fazer a contenção do substrato, criando assim os limites do telhado verde, formando uma área de 7,70 m por 3,24 m. Essas madeiras também servem para a fixação das camadas do telhado verde.

Instalação das camadas de diferentes Composições do telhado verde:

Por se tratar de um protótipo, tínhamos como objetivo estudar e testar novos modelos de composições das camadas e suas possíveis influências no desenvolvimento das plantas e na eficiência do telhado verde em geral. Por isso, do lado dos grupos de plantas de 1 a 4 foi usado um sistema de geocomposto 3 em 1 (Composição 1), e do lado dos grupos 5 a 8, foi utilizado tampinhas de PET como sistema de drenagem (Composição 2). Podemos observar essa divisão na figura 3.

Vista Superior



Divisão das diferentes composições

6. Composição 1

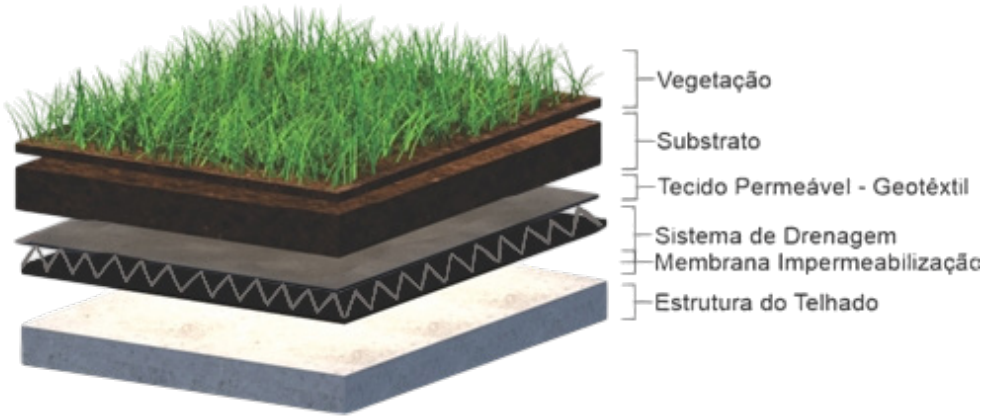


Figura 4 - Camadas da Composição 1

Na camada de drenagem desta composição foi utilizado o geocomposto 3 em 1 da Romadrain, com uma medida de aproximadamente 7,7 m x 1,6m, equivalente a metade do telhado. Esse material já é composto das camadas de impermeabilização, drenagem e filtração, e sua fixação foi feita com pregos nas extremidades.



Após a fixação do geocomposto, foi distribuído o substrato ao longo da sua extensão, buscando uma camada de solo de pelo menos 5 centímetros de espessura.



Distribuição do substrato - Foto: EcoClima

7. Composição 2

Na camada de drenagem desta composição foram utilizadas tampinhas de PET como mostra a figura 4.

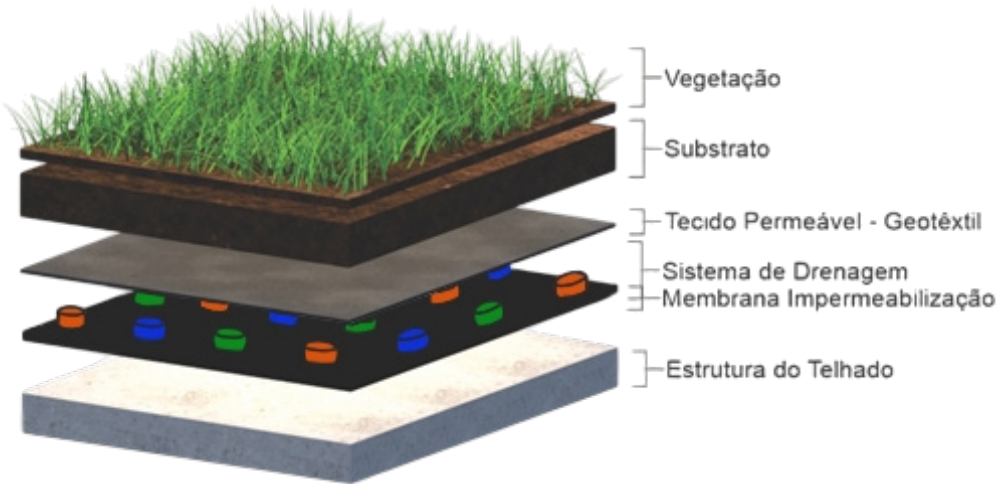


Figura 5 - Camadas da Composição 2

As tampinhas foram coladas diretamente na membrana impermeabilizante com o auxílio de uma super cola instantânea. Foram dispostas com 4 cm de distância das bordas da membrana que media aproximadamente 7,7 m por 1,6 m, equivalente a outra metade do telhado. O espaçamento entre elas também ficou com 4 cm de distância, alternando com a fileira de baixo e assim por diante.



Colagem das tampinhas na geomembrana - Foto: EcoClima

Após o término da colagem das tampinhas na geomembrana foi fixada, e em seguida o geotêxtil, ambos com auxílio de pregos.

Por fim, foi acrescentado a camada de solo que precisou ser adaptada para 7 centímetros, uma camada maior que a da Composição 1, pois as tampinhas deixam o sistema com uma altura maior, logo a quantidade de substrato precisa ser compensada.



Solo da Composição 2 - Foto: EcoClima

8. Instalação do sistema de irrigação

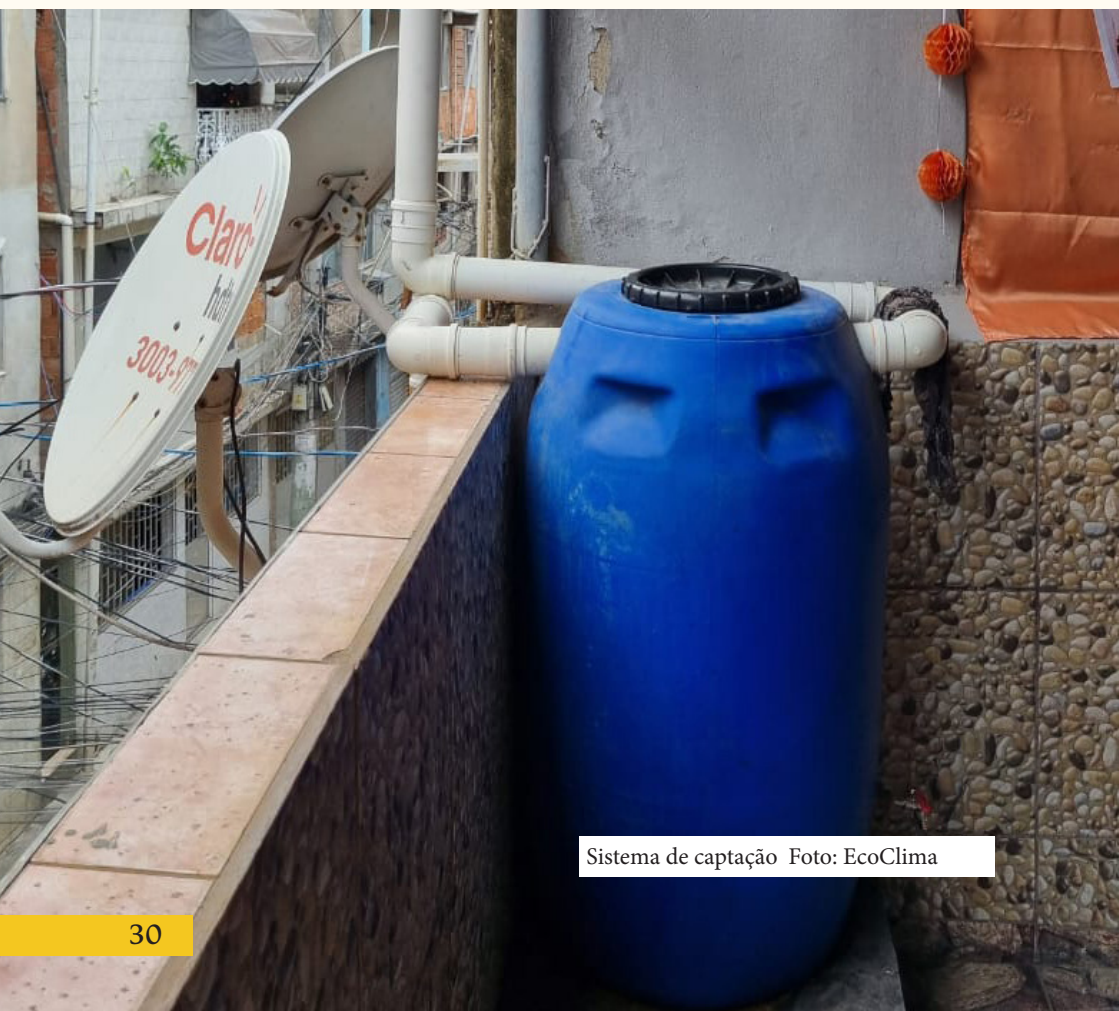


Instalação do sistema de irrigação - Foto: EcoClima

Após a construção das duas diferentes composições do telhado, foi realizada a construção do sistema de irrigação, feito a partir de tubos com furos, conectado à caixa d'água, para distribuir a água de forma uniforme para o protótipo. Foi adicionado um registro para o controle da vazão.

9. Instalação do sistema de captação de água da chuva

A última fase da construção, foi a instalação de uma bombona junto ao encanamento da calha para fazer captação da água de chuva e do excedente da irrigação. Para isso, foi feita uma conexão entre a tubulação da calha e a bombona, de forma que depois de cheia, a água seja direcionada ao encanamento original, evitando o transbordamento.



Sistema de captação Foto: EcoClima

10. Plantio Das Mudas:

Espécies de Plantas do Telhado Verde: Hortaliças, medicinais e PANCs

A escolha das espécies para compor o telhado verde foi um processo construído a partir das experiências, memórias e necessidades das moradoras envolvidas. Mais do que uma seleção baseada apenas na viabilidade agrônômica, o processo de definição das plantas levou em consideração os benefícios para a saúde, a segurança alimentar e os vínculos afetivos que determinadas espécies carregam.

Ao considerar a escolha das espécies como um processo participativo, no qual as moradoras desempenharam um papel ativo na definição das plantas a serem cultivadas, o telhado verde se consolida como um espaço de valorização da identidade alimentar.

Os critérios de seleção das espécies para o telhado verde foi pautado em três eixos principais, o primeiro sendo as memórias e significados afetivos, das moradoras, Soraia e Saionara, que destacaram que algumas plantas precisavam estar no telhado, pois traziam lembranças familiares e tradições culinárias de suas infâncias. O segundo ponto é a adaptação ao sistema de telhado verde, a escolha considerou plantas de fácil cultivo, baixo consumo hídrico e boa adaptação ao microclima da região especificamente onde foi instalado, minimizando a necessidade de insumos externos. O terceiro ponto foi benefícios para a saúde e nutrição para as moradoras, foram priorizadas espécies com propriedades terapêuticas e nutricionais, como aquelas ricas em vitaminas, minerais e compostos antioxidantes.

O significado das plantas na vida das moradoras constitui um aspecto fundamental para o planejamento da construção do telhado. Esse planejamento foi desenvolvido em conjunto com as residentes,

que participaram ativamente de todo o processo. Nesse contexto, as plantas desempenham um papel essencial, uma vez que a manutenção e a colheita serão realizadas por elas, garantindo a durabilidade da estrutura e vegetação.

As irmãs relataram que determinadas espécies estavam ligadas a suas histórias familiares, evocando sentimentos de pertencimento e identidade. Essa dimensão afetiva reforça que o telhado verde não é apenas um espaço de cultivo, mas um local de reconexão com saberes tradicionais, memórias e significados pessoais. Assim, a seleção das plantas e o plantio representa uma construção coletiva que une sustentabilidade, saúde e identidade cultural.

B	H.P	B	B	B	B	B	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P
B	B	C	N	C	N	B	A.A	C.S	C.S	C.S	C.S	C.S	H.P	H.P	H.P
B	M.G	M.G	M.G	C	N	B	A.A	A.A	A.A	A.A	A.A	C.S	H.P	H.P	H.P
B	B	B	B	B	B	B	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P	H.P
B	M.G	C	N	C	N	B	H.P	C.S	C.S	C.S	C.S	C.S	C.S	C.S	H.P
B	M.G	N	C	N	C	B	H.P	C.S	C.S	C.S	C.S	A.A	C.S	C.S	H.P
B	M.G	M.G	N	C	N	B	H.P	C.S	A.A	A.A	A.A	A.A	C.S	C.S	H.P

— Acesso ao telhado

Legenda:
M.G - Major Gomes
B- Boldinho
N- Nirá
C- Cebolinha
H.P- Hortelã Pimenta
A.A - Almeirão Amarelo
C.S- Coentro Selvagem

Rua João Araújo

Espécies Cultivadas: Hortaliças, medicinais e PANCs

Nome Popular: Alecrim - Nome Científico: (Salvia rosmarinus) – Planta com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, amplamente utilizada tanto na culinária quanto em infusões medicinais.

Nome Popular: Almeirão - Nome Científico: (Chichorium intybus) – Rico em fibras e antioxidantes, auxilia na digestão e na regulação do sistema gastrointestinal.

Nome Popular: Cebolinha - Nome Científico: (Allium schoenoprasum) – Fonte de vitamina C e potássio, é amplamente utilizada na culinária caseira para temperos.

Nome Popular: Coentro selvagem - Nome Científico: (Eryngium campestre) – Com propriedades anti-inflamatórias e digestivas.

Nome Popular: Manjerição - Nome Científico: (Ocimum basilicum) – Rico em vitamina K e antioxidantes, sua escolha foi influenciada tanto pelo uso culinário quanto pelo valor simbólico.

Nome Popular: Hortelã-pimenta - Nome Científico: (Mentha x piperita) – Com propriedades calmantes e digestivas.

Nome Popular: Boldinho - Nome Científico: (Plectranthus neochilus) – Muito utilizado na medicina popular para problemas digestivos e hepáticos.

Nome Popular: Nirá - Nome Científico: (Allium tuberosum) – Conhecido como “cebolinha chinesa”, possui propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes.

Nome Popular: Major-gomes - Nome Científico: (Talinum paniculatum) – Fonte de minerais como ferro e cálcio, é tradicionalmente consumido como verdura.

4.2 Mobilização comunitária:

Devido a grande quantidade necessária de tampinhas de garrafa PET para o sistema de drenagem, os agentes precisaram montar uma campanha de arrecadação. Uma das estratégias, foi se dividir em grupos para arrecadar tampinhas nos estabelecimentos ao longo do território. Outra estratégia foi a colagem de cartazes que indicavam a arrecadação em locais estratégicos da Redes da Maré. Além disso, houve alguns pontos de coleta fora do território, como o centro acadêmico de Biologia da UFRJ, e uma mobilização via redes sociais.

Já as estratégias de engajamento com as irmãs Claudino, consistiu na temática do cuidado com as plantas, plantio e introdução do tema do telhado verde. A preocupação foi fornecer uma ampla formação sobre o manejo das plantas do telhado verde e garantir que as moradoras se apropriassem do conhecimento, tanto para o manejo quanto para serem multiplicadoras da tecnologia socioambiental. Para isso foi organizado uma visita ao Projeto Capim Limão, do Instituto de Biologia da UFRJ, em que conversamos sobre PANCs, Sistemas Agroflorestais, estratégias de plantio e um pouco sobre as espécies encontradas no local.



Encontro no Projeto Capim Limão - Foto: Ecoclíma

Outra estratégia de mobilização, foi através da arte. Pensando na comunicação e sensibilização junto com as moradoras foi pensado em um mural na parede lateral ao telhado verde. O esboço e a pintura teve o envolvimento dos agentes Anna Carolina e Nathan, junto às irmãs. Além de embelezar o espaço, a obra reflete a identidade das moradoras e reafirma sua ancestralidade, expressando, por meio do desenho escolhido, a conexão com suas raízes e histórias. O processo também fortaleceu a troca entre as moradoras e os agentes, tornando o resultado um dos destaques do local.

O projeto ainda desenvolveu um Manual de Técnicas de Manejo para as moradoras com base nas espécies plantadas no telhado verde, apontando maneiras de como cuidar e garantir a saúde vegetal do telhado.

Também foram realizadas entrevistas com as moradoras e duas de suas vizinhas com a finalidade de entender suas visões e expectativas sobre a tecnologia. Além disso, ocorrerá um encontro de inauguração com roda de conversa, com o objetivo de discutir mais sobre os benefícios do telhado verde com a vizinhança local e apresentá-los ao sistema.



4.3 Cronograma

O telhado verde foi construído durante a semana do dia 28 de outubro e teve sua finalização no dia 18 de novembro.

Oct-24	Dias														
Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Revisão final do projeto;	X														
Orçamento/compra/chegada de materiais;	X	X	X	X			X	X	X	X	X				
Início da intervenção: laje da caixa d'água			X	X											

	Dias														
Atividade	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Orçamento/compra/chegada de materiais;								X	X	X					
Preparação do telhado para o projeto													X	X	
Contenção do substrato, camadas, de proteção e terra na metade do telhado															X

-

Nov-24	Dias														
Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Reforço no telhado					X										
Camadas de proteção e terra na outra metade do telhado					X										

	Dias														
Atividade	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Plantio das mudas			X												
Colocação dos sensores			X												

5. Funcionamento do protótipo

5.1 Descrição técnica: especificações do protótipo:

As dimensões do telhado são:

- Área total: 9,17m x 3,94 m;
- Área útil(verde): 7,70m x 3,24m.

O peso por metro quadrado está entre os valores de 60,67kg/m² a 63,01 kg/m², considerando que o telhado pese de 1.513,43 kg a 1.572,6 kg, números alcançados por cálculos aproximados.

O sistema está de acordo com o de telhados verdes extensivos que pesam de 70 a 170kg/m² com 5 a 15 centímetros de espessura do solo. Já o sistema intensivo pode pesar de 290 a 970 kg/m² com espessura do solo acima de 15 centímetros (SILVA; ROSSI, 2014). Em relação ao tipo de planta, os extensivos utilizam plantas de baixo porte e os intensivos podem abrigar uma grande variedade de plantas, incluindo arbustos e árvores pequenas, necessitando de uma estrutura mais reforçada (PET CIVIL UEM, 2021).

A estrutura do telhado é feita de ferro com telha metálica e foi avaliada previamente por Marcos Barreto e Wagner Nahas, professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que concluíram que a mesma estava em boas condições para construção do telhado verde. Apesar dessa avaliação, algumas modificações e adaptações foram

necessárias na estrutura do telhado, tendo seus detalhes abordados na seção 7 “principais desafios e soluções”.

Abaixo estão descritas as funcionalidades das camadas utilizadas no sistema:

Camada de impermeabilização

Por mais que nas duas metades do telhado apresentam composições diferentes, a função da camada de impermeabilização se mantém a mesma. Essa, tem como função impedir a infiltração de água no telhado, ajudando a preservar a integridade da estrutura metálica.

Camada de drenagem

A camada de drenagem foi feita em metade do telhado com tampinhas de PET colada na geomembrana de impermeabilização, e na outra metade, já inclusa no sistema 3 em 1, existe uma espécie de treliça plástica fazendo essa função. A ideia era utilizar um sistema com um tipo de drenagem mais leve que a brita e a argila expandida, que são utilizadas em telhados verdes convencionais. As tampinhas vem como um teste de viabilidade deste tipo de sistema, reaproveitando tampinhas que seriam descartadas, contribuindo para a sustentabilidade local. Além disso, essa camada possibilita o armazenamento e reuso da água da irrigação e da chuva, para alguns fins³.

³ A água de reuso não é recomendada para consumo humano, mas pode ser utilizada para funções onde há a economia de água limpa para seus fins, como: descarga, lavar a calçada, carro, etc.

Camada de filtração e proteção mecânica

Em ambas as partes do telhado o material utilizado foi o geotêxtil bidim, que serve para filtrar as partículas de solo que poderiam se deslocar para a camada de drenagem. Além de servir também como proteção mecânica para que não haja danos na camada de impermeabilização, que podem ser causados pelas raízes das plantas.

Camada de substrato:

Serve para acomodação e fixação das plantas, sendo o meio por onde obterão os nutrientes necessários para se desenvolver.

Camada de vegetação:

É a camada das plantas, que irão servir para fazer a cobertura do solo ao longo do telhado. Além de reduzirem a quantidade de radiação solar que atinge diretamente o telhado, as plantas, através do processo de evapotranspiração, contribuem para o resfriamento das telhas. Esse resfriamento acontece devido ao que chamamos de calor latente de evaporação em que grandes quantidades de calor são consumidas pela água no seu processo de evaporação. No caso dos telhados verdes, acontece com a água presente no solo, aliado a transpiração das plantas, resultando na liberação de vapor d'água para a atmosfera. Ao ser consumido, o calor é retirado do ar, o que o deixa mais fresco. (Your Home: Technical Manual – Passive Cooling, 2009)

5.2. Operação e Manutenção:

Manutenção do Telhado Verde:

A manutenção adequada do telhado verde envolve cuidados contínuos, como irrigação, adubação, poda, controle de pragas e monitoramento estrutural. A rega é um dos fatores primordiais, devendo ser ajustada conforme as necessidades das plantas e as condições climáticas, garantindo umidade suficiente sem encharcar o substrato. Para facilitar esse manejo, as espécies foram escolhidas com crescimento semelhante, o que otimiza tanto a irrigação quanto a poda. A remoção periódica de ervas daninhas também é essencial para evitar competição por nutrientes e luz.

O controle de insetos e pragas deve ser equilibrado, pois alguns insetos são benéficos ao ecossistema. Para minimizar impactos negativos, adotou-se o manejo integrado de pragas, priorizando soluções naturais. As moradoras receberam um manual com receitas simples para defensivos caseiros, facilitando o cuidado cotidiano com a vegetação.

A fertilização do solo garante o fornecimento contínuo de nutrientes essenciais. Substratos ricos em matéria orgânica promovem melhor retenção de umidade e reduzem a necessidade de adubação química. Além disso, um bom equilíbrio de nutrientes ajuda a evitar o crescimento excessivo de plantas invasoras e reduz a suscetibilidade a doenças. A colheita das hortaliças deve ser feita com critério, cortando os galhos próximos à base para que a planta continue se desenvolvendo.

Outro aspecto importante é a avaliação periódica da estrutura do telhado verde, garantindo que não haja infiltrações, sobrecarga ou falhas no sistema de drenagem. É essencial manter a camada drenante desobstruída para evitar acúmulo de água e danos à estrutura da residência.

A manutenção contínua do telhado verde maximiza seus benefi-

cios ambientais e econômicos. Quando bem realizado, ele melhora a eficiência térmica da casa, reduzindo a temperatura interna e minimizando a necessidade de climatização artificial. Além disso, contribui para a durabilidade da cobertura, reduzindo custos com reparos e impermeabilizações a longo prazo.

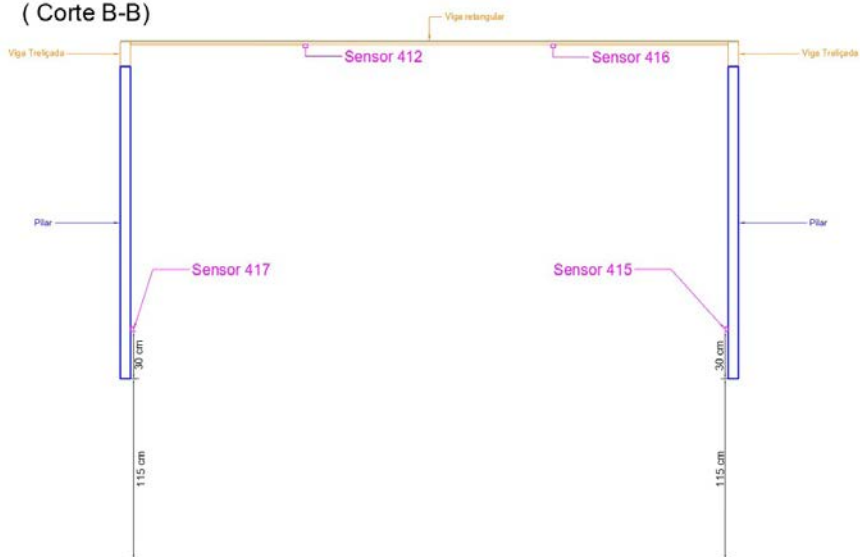
6. Indicadores de avaliação:

Após a construção do protótipo, foram monitorados os seguintes aspectos: temperatura na parte superior da residência, com sensores distribuídos em diferentes pontos. A partir da análise dos dados foi verificada a eficiência do sistema, considerando principalmente a diminuição da temperatura na parte superior da residência, nesse caso, a laje da moradora.

Os sensores foram posicionados de forma a captar as variações térmicas em diferentes locais, incluindo áreas abaixo e acima do telhado verde, nas pilastras laterais da laje, e em pontos de controle na casa vizinha, que não possui telhado verde. A metodologia adotada envolveu a coleta de dados de temperatura a cada 5 minutos, totalizando 288 medições diárias, o que garantiu uma análise detalhada e precisa das condições térmicas ao longo do tempo.

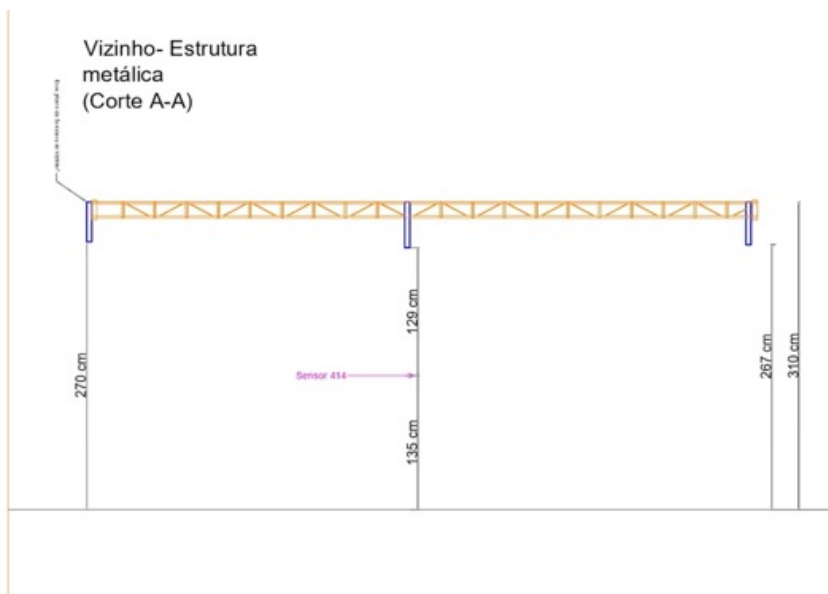
A análise dos dados de monitoramento foi realizada utilizando a ferramenta Excel. No entanto, os sensores foram instalados com uma diferença de alguns minutos entre eles, o que levou à escolha do segundo horário do dia, o qual era o momento mais próximo e comum a todos os sensores. Assim, os dados foram registrados a partir das 00:10, aproximadamente, até as 23:59.

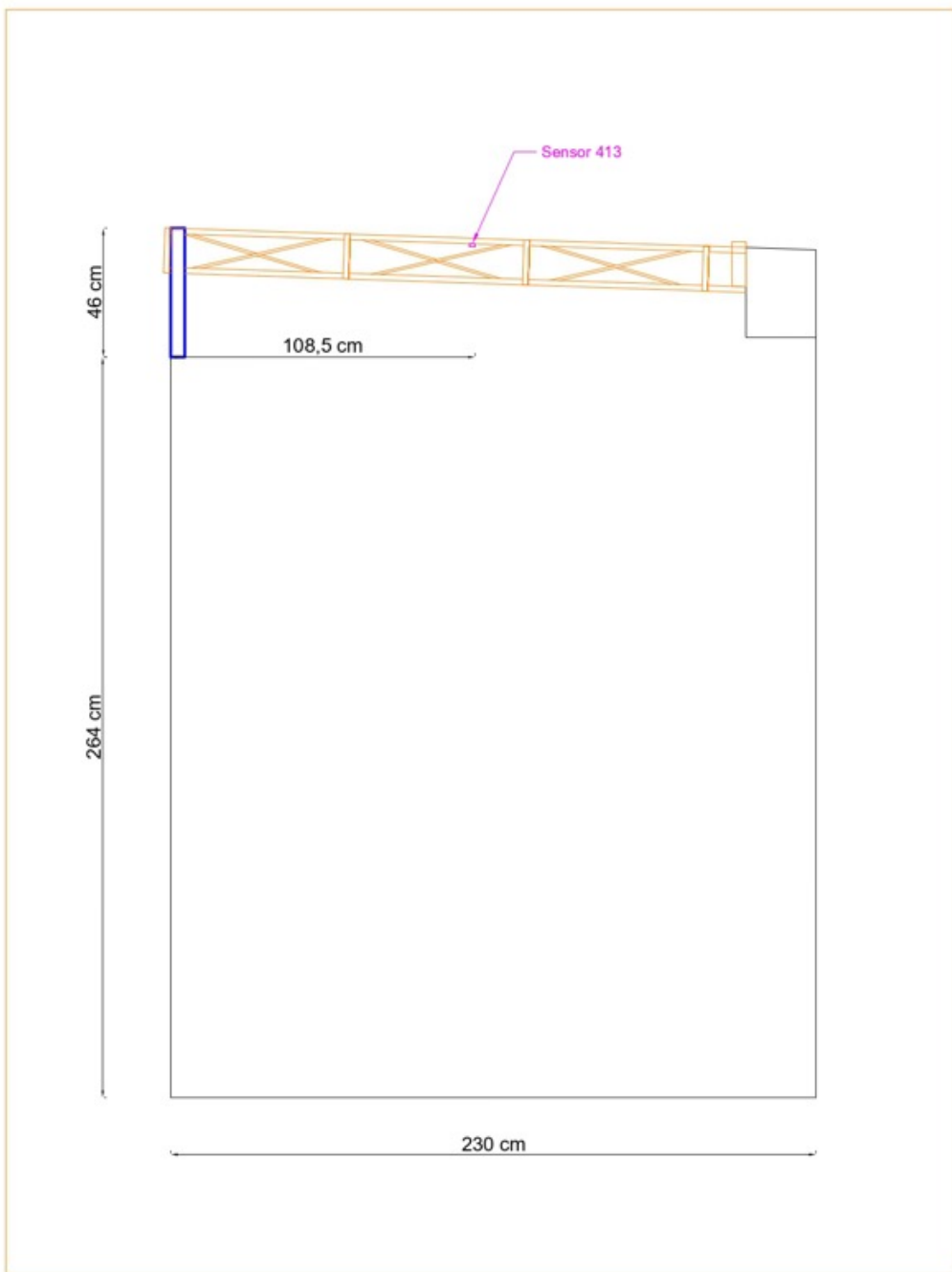
Soraia- Estrutura metálica (Corte B-B)



Vista frontal da laje com a posição dos sensores instalados na casa com o telhado verde

Dos 7 sensores, 2 foram alocados na casa vizinha, um abaixo do telhado e o outro em um pilar, como mostra a imagem abaixo.





Disposição dos sensores colocados na casa vizinha

Com base na coleta dos sensores, levando em consideração as médias mensais e a compilação dos dados diários:

- No geral, foi observada uma diferença de até 1,31 °C quando se compara os sensores instalados à altura das pessoas na casa com o telhado verde e o vizinho⁴;
- Em relação ao sensor externo, observou-se até 3,18° C de diferença em comparação com os sensores instalados imediatamente abaixo do telhado verde;
- Em relação ao sensor externo e aos sensores dos pilares (mais próximo da altura das pessoas), foram observados diferenças de até 3,67 °C.

A tabela abaixo destaca os dados mensais e as comparações de temperatura (°C):

2025:

Resumo mensal de Janeiro:

	412	413	414	415	416	417	395
MÉDIA	29,75	30,76	29,49	29,32	29,88	29,5	31,74
MÁXIMA	41,22	45,86	39,38	39,68	41,61	39,59	61,9
MÍNIMA	23,98	23,76	23,76	23,25	24,02	23,72	21,53

A maior temperatura de janeiro foi registrada no dia 18 e a menor temperatura no dia 10.

⁴ Cabe destacar o curto tempo de implementação do protótipo e o desenvolvimento das plantas ter sido muito afetado pelas altas temperaturas dos meses de verão. O primeiro mês de 2025, por exemplo, foi o janeiro mais quente já registrado, segundo dados do Copernicus, observatório climático da União Europeia. Acredita-se que com a estabilização das plantas e seu amplo desenvolvimento essa diferença de temperatura se amplie.

Resumo mensal de Fevereiro:

	412	413	414	415	416	417	395
MÉDIA	32,15	33,46	31,9	31,66	32,29	31,82	35,33
MÁXIMA	42,34	46,8	40,02	40,15	43,07	40,62	64,69
MÍNIMA	26,3	26,38	26,51	26,17	26,51	26,55	24,24

A maior temperatura de fevereiro foi registrada no dia 2, enquanto a menor temperatura foi registrada no dia 1.

Resumo mensal de Março⁵:

	412	413	414	415	416	417	395
MÉDIA	30,82	31,98	30,56	30,33	30,93	30,53	33,78
MÁXIMA	36,98	42,85	36,16	36,42	37,84	36,08	60,06
MÍNIMA	27,37	26,77	27,37	26,6	27,41	27,24	23,89

A maior temperatura de março foi registrada no dia 1 e a menor no dia 11.

⁵ Os dados de Março foram coletados até o dia 11.

7. Principais desafios e soluções propostas:

O principal desafio ao pensar em telhados verdes em territórios verticalizados, como nas favelas, é a questão do peso do sistema. As casas do território já possuem uma estrutura composta na maioria das vezes por mais de um andar, que já agrega peso suficiente na estrutura da casa como um todo. Geralmente os telhados verdes são pensados junto com a planta da casa que ainda será construída, em conjunto, calculando o peso e a estrutura necessária para a construção do telhado, de acordo com seu tipo. No caso deste protótipo, a casa e o telhado já estavam construídos e não foram projetados originalmente para receber a carga adicional que um telhado verde demanda.

Apesar disso, é possível adotar telhados verdes nas construções verticalizadas sem comprometer a segurança estrutural, desde que o peso dessas camadas seja avaliado para que não comprometa a estrutura do telhado, garantindo a segurança a longo prazo. Um exemplo de telhado verde em território verticalizado que teve sucesso, é o Teto Verde Favela, localizado no território do Arará. Apesar da estrutura do protótipo construído ter sido avaliada e medidas para que as camadas fossem mais leves, ao longo do processo, nas etapas de construção foi identificado que a estrutura das telhas necessitava de reforço, solicitando o auxílio de um profissional de serralheria para tal serviço.

Outro desafio foi a colagem das tampinhas. Ao longo do processo utilizamos a cola multiuso Poly Fort, adesivo de Silicone Acético, mas a cola pareceu não aderir bem mesmo após quase 6 horas de secagem. Foi decidido então remover todas as tampinhas, que saíram facilmente e trocamos a cola para a Tek Bond, que permitiu uma melhor colagem.

No sistema de irrigação, também enfrentamos problemas com a distribuição da água. No primeiro momento os canos foram coloca-

dos na vertical, mas percebeu-se que havia uma discrepância entre o lado direito e esquerdo, onde um recebia mais água que o outro. Mudou-se então a posição do cano, sendo colocado na horizontal. Considerando a inclinação do próprio telhado, a gravidade faz com que a água desça e percorra todo o comprimento do telhado. Porém, apesar do ajuste, a água parece não ter muita pressão para formar uma espécie de chafariz que molhe mais rápido a superfície.

Desafios	Soluções
Peso do telhado - brita e argila	Substituir o material sugerido pelas tampinhas de garrafa PET
Conseguir a quantidade suficiente de tampinhas	Campanha de arrecadar através de doações nos principais espaços da Redes
Cola de silicone não aderiu a geomembrana	Substituição da Poly Fort pela Tek Bond, que possibilitou uma melhor colagem das tampinhas
Irrigação irregular do telhado, não atingindo toda a extensão.	Trocar o sistema que havia sido feito verticalmente por um sistema horizontal, que aproveita a gravidade do telhado para que a água escorra por toda sua extensão
Necessidade de reforço na estrutura do telhado	Reforço da estrutura com trabalho de serralheria

8. Lições aprendidas

Ao decorrer das atividades do telhado verde conseguimos ver êxitos significativos no processo de implementação. Um dos pontos que colaboraram para o sucesso da implementação foi o envolvimento e participação das moradoras da casa que receberam o protótipo.

Além disso, foram feitas articulações com outros projetos e pessoas como o Projeto do Capim Limão, a professora da UFRJ Cristina Nassar, o Projeto Telhado Verde Agroecológico, além da parceria já consolidada com os professores do PEA. Essas conexões agregaram bastante conhecimento e informações importantes que contribuíram não só para a entrega do protótipo quanto para a aprendizagem dos componentes do grupo do telhado verde.

Outro ponto válido a ser considerado é o planejamento para a adaptação do telhado verde de acordo com as especificidades do local, e para atender a demanda das moradoras. Por se tratar de um telhado já existente, foi necessário estudos estruturais e reforços para comportar o peso do protótipo. Como resultado, conseguimos uma redução no peso de forma significativa através de uma solução criativa, além de reforçar e trazer mais segurança para o telhado da moradora.

As moradoras demonstraram entusiasmo e comprometimento com o telhado verde, refletindo sua paixão por plantas e sua compreensão dos benefícios socioambientais da iniciativa para sua casa e para o território. Desde o início, aceitaram ser pioneiras no desenvolvimento do protótipo e se envolveram ativamente em todas as etapas.

O processo ocorreu de maneira natural e integrada ao cotidiano das moradoras, sem se apresentar como um elemento externo ou alheio à realidade local. Elas participaram de oficinas, do plantio e acompanharam cada fase do desenvolvimento do protótipo, convidando familiares e vizinhos para conhecerem a iniciativa. Dessa forma, além de se apropriarem da tecnologia ambiental, contribuíram para sua disseminação no território, consolidando sua aderência à comunidade.

Um ponto de melhoria para futuras implementações é a realização de mais oficinas e capacitações, possibilitando que um maior número de moradores se aproprie da tecnologia e a replique em suas próprias residências. Esse processo não apenas amplia o alcance da iniciativa, mas também fortalece a conscientização sobre os benefícios do telhado verde, que vão além da estética, abrangendo aspectos como conforto térmico, sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida no território.

9. Considerações finais

Dentre os impactos observados, houve uma redução significativa da temperatura interna da laje que abriga o telhado verde, em comparação com a laje do vizinho, que não possui o sistema. Esses dados comprovam que o sistema, que exigiu adaptações importantes para corresponder às necessidades do território, teve sucesso no seu principal objetivo, a diminuição da temperatura interna da laje.

A construção deste telhado verde seguiu um rigor metodológico criterioso, garantindo não apenas a eficácia do protótipo, mas também sua viabilidade para replicação em outros contextos. Desde a seleção criteriosa das espécies vegetais, baseada em consultas com especialistas, até o acompanhamento contínuo do desenvolvimento das plantas, cada etapa foi conduzida de forma cuidadosa. O processo incluiu a observação das espécies que não se adaptaram, a substituição por alternativas mais adequadas e adaptações frente aos desafios encontrados. Esse percurso demonstra que o telhado verde não é apenas um experimento bem-sucedido, mas sim uma experiência sólida e fundamentada, capaz de ser aplicada em diferentes realidades, contribuindo para a disseminação de soluções sustentáveis e eficazes para a melhoria do ambiente urbano.



Referências:

REDES DA MARÉ. Respira Maré: relatório de pesquisa sobre ilhas de calor e qualidade do ar nas 16 favelas da Maré. Rio de Janeiro: Redes da Maré, 2022. Disponível em: <https://www.redesdamare.org.br/media/downloads/arquivos/RespiraMareRelatorio.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MEIRELES, V. H. P. Estudo do fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) usando dados do sensor AVHRR do satélite NOAA-14. 2009. 108 f. Monografia (Bacharelado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/240>

YOUR HOME. Evaporative Cooling. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20091025160239/http://www.yourhome.gov.au/technical/pubs/fs46.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2025.

SILVA, C. M.; ROSSI, A. L. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 7-19, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/SLTzVMTPCbKMQxxTb37FzCr/?lang=pt>. Acesso em: 6 fev. 2025.

PET CIVIL UEM. Telhados verdes. 22 nov. 2021. Disponível em: <https://petciviluem.com/2021/11/22/telhados-verdes/>. Acesso em: 6 fev. 2025.

SILVA, Neusiane da Costa. Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 60 f., enc.: il. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9AE-GBV/1/telhado_verde__sistema_construtivo_de_maior_eficiencia_e_menor_impacto__ambiental.pdf. Acesso em: 7 fev. 2025.

eco cliMa

REALIZAÇÃO

redes ^{da}mqre

PARCERIA

 **PETROBRAS**