

BUNKER

SXXI



Loise Taina Rosa Moreno

BUNKER



Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharela em Arquitetura e Urbanismo pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Orientador: Osnildo Wan-Dall

Barreiras – Bahia
2023

BUNKER

SÉCULO XXI

ARQUITETURA EMERGENCIAL EM ETAPAS

Loise Taina Rosa Moreno
Orientador: Osildo Wan-Dall

Barreiras – Bahia
2023

RESUMO

É comum não se esperar o pior, mas o pior vem se mostrando frequentemente ao passar dos anos. Desastres como inundações, queimadas, deslizamentos de terra e até mesmo guerras são cenários tão atuais que chegam a dar medo. Esses cenários têm como protagonistas e vilões os seres humanos, que atacam uns aos outros e o seu próprio lar, que é a natureza, fazendo com que sofram as consequências. O ideal seria a conscientização das pessoas e a recuperação do meio ambiente, mas esse cenário é, de certa forma, utópico. O planeta já pede socorro; os desastres ambientais acontecem cada vez com mais intensidade. O Bunker Século XXI foi feito para dar suporte a esses desastres ambientais e salvar a vida dos habitantes do local que o desastre atinge, atuando como um abrigo fortificado e itinerante, como uma atualização do que se conhece como bunker. Chega a ser irônico querer salvar as pessoas de desastres que elas mesmas causaram, mas, sobrevivendo, pode-se ter uma segunda chance de fazer diferente.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura emergencial. Bunker. Desastre ambiental. Etapa. Pele.

XXI CENTURY BUNKER: STEP BY STEP EMERGENCY ARCHITECTURE

ABSTRACT

It is common not to wait for the worst but the worst has been showing up frequently through the years. Disasters like floods, fires, landslides and even wars are such current scenarios that they can be scary. These scenarios have as protagonists and villains human beings, who attack each other and their own home, which is nature, causing consequences. The ideal would be to raise people's awareness and recover the environment, but this scenario is, in a way, utopian. The planet already asks for help, environmental disasters happen more often and more intensively. The XXI Century Bunker was made to resist these environmental disasters and to save the inhabitants of the place affected by the disaster, functioning as a fortified and itinerant shelter, in an updated version of what is known as a bunker. It seems ironic to want to save people from disasters caused by them own selves but by surviving it is possible to get a second chance to do something different.

KEYWORDS: Emergency architecture. Bunker. Environmental disaster. Step by step. Skin.

AGRADECIMENTOS

Acredito que sem ajuda nada se constrói, e toda história existe um percurso, assim como toda construção. Do ponto de partida, agradeço a Deus por me guiar nos momentos em que me senti perdida; à minha mãe, Laura Moreno, que é o meu apoio desde o início e até o fim; ao meu pai, minha irmã e minha sobrinha que, mesmo de outra cidade, fizeram-se presentes durante todo esse percurso, me dando força e motivação.

Na construção deste trabalho, sou muito grata pelo intenso acompanhamento e direcionamento do meu orientador, Osnilo Wan-Dall, que abraçou a minha ideia e pôde contribuir com todo o seu conhecimento e criatividade, tornando-se a base de sustentação durante todo o processo. Para além da base, tive a felicidade de possuir alguns pilares indispensáveis nessa trajetória: o professor e historiador Diego Carvalho, que dispõe de grande companheirismo, empatia e conhecimento; o professor e engenheiro civil Paulo Francisco, com sua versatilidade e sabedoria na área da construção; a professora, arquiteta e urbanista Delânia Azevedo, com toda sua competência e organização e que fez um excelente trabalho na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II), com reuniões em grupo e orientações individuais indispensáveis durante o percurso; e a geóloga Mariany Monteiro, com seus direcionamentos técnicos sobre a temática dos solos.

Para segurar tudo e manter de pé, entram meus amigos e colegas de curso: Bruno Guimarães, Matheus Maia, Gabriel Harley, Janine Perciano, Jainara Reis, Jéssica Lorrana e, em especial, Ingrid Moreira e Andressa Reis, protagonistas de diversos momentos de apoio, risadas, choros, conversas e devaneios sobre o trabalho e a vida pessoal de cada uma.

O conhecimento se constrói também a partir de vivências e conversas que, muitas vezes, são uma virada de chave durante o processo de trabalho, que foi o que aconteceu nas conversas com Adriana Caúla, Sabrina Stoll, Teresa Liebner, Josenan Azevedo e a equipe técnica da Defesa Civil, que foram extremamente solícitos e puderam sanar dúvidas, trazer questionamentos e enriquecê-lo ainda mais.

Sem essas pessoas, esse trabalho não seria possível. Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
GLOSSÁRIO.....	14
1. BUNKER?	15
2. BUNKER E ABRIGO.....	20
3. DESASTRES AMBIENTAIS.....	25
4. PANORAMA BRASILEIRO.....	28
5. ETAPAS: DEFINIÇÕES E DIVISÕES.....	35
5.1.ASSOCIAÇÃO DE DESASTRES.....	36
5.2.DEFINIÇÃO DE ETAPAS.....	40
5.3.DEFINIÇÃO DE MATERIAIS.....	52
6. BUNKER SÉCULO XXI - PROTÓTIPO.....	56
6.1.VOLUMETRIA.....	57
6.2.ESQUELETO.....	62
6.3.PELES.....	72
6.4.PROTÓTIPO.....	76
6.5.GERENCIAMENTO E ARMAZENAMENTO.....	98
6.6.MONTAGEM.....	100
6.7.TRANSPORTE.....	103
7. CENÁRIOS.....	104
CONSIDERAÇÕES.....	109
REFERÊNCIAS.....	111

APRESENTAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo, para mim, vai muito além de um projeto. Ele diz respeito a novas perspectivas, novos olhares e novas formas de pensar arquitetura e urbanismo.

Desde o início, eu queria propor algo inovador; algo que pudesse ajudar as pessoas de alguma forma e que pudesse resolver um problema. Procurei meu orientador já com o tema em mente. Queria desenvolver um bunker, pois ficava encantada com a possibilidade de salvar as pessoas em situações extraordinárias, assim como me instigavam a grandeza e beleza dos bunkers tecnológicos e grandiosos mostrados em filmes e séries.

Ao longo do processo, fui entendendo o que pode ser um bunker, conhecendo bunkers existentes, soluções e problemas que esse tipo de construção pode ocasionar, chegando em conclusões um pouco diferentes do que eu imaginava inicialmente.

Por fim, apostei na proposta de um bunker com proteção adicionada em etapas, que se adequa a diferentes solos, de forma que seja prático e possa ficar pronto para uso rapidamente, havendo a possibilidade de montá-lo e desmontá-lo de acordo com a necessidade, tornado possível o seu transporte. Chamei-o de Bunker Século XXI.

INTRODUÇÃO

Quando um desastre ambiental de grande escala acontece, onde as pessoas se abrigam? Foi a partir dessa questão que emergiram considerações acerca da arquitetura emergencial no Brasil: quais mecanismos de monitoramento de áreas de risco possuímos? De que forma esses mecanismos são utilizados para alertar a população sobre desastres ambientais iminentes? E, principalmente, como se dá a oferta de abrigo e proteção pelo Estado diante das ocorrências desses desastres? Trata-se aqui de uma contribuição à preparação sociopolítica nacional para emergências ambientais, assim como da redução de danos humanos a partir de medidas estruturais de assistência às populações afetadas em diferentes situações de desastres ambientais.

A resposta para estes questionamentos resultou na ideia de propor um abrigo itinerante entendido como bunker, projetado para suprir as necessidades imediatas e posteriores de populações afetadas por desastres ambientais ocorridos em diferentes cenários. A proposta visa a proporcionar estada digna, acolhimento, privacidade e, acima de tudo, segurança, independentemente do tipo de desastre que ocorra e à medida que se aumenta a sua complexidade.

Há uma gama considerável de possibilidades de desastres ambientais, com diferentes demandas e impactos, e o desafio é gerar proteção contra eles, utilizando-se um mesmo protótipo de bunker; uma arquitetura emergencial que possa ser acrescida de peles de proteção. Normalmente, os abrigos atendem somente ao pós-desastre, quando muitas pessoas já morreram ou ficaram desabrigadas. A singularidade trazida aqui é a possibilidade do uso durante o desastre e também após.

Esses tipos de situações extraordinárias exigem uma arquitetura igualmente fora do comum, ou seja, que foge do usual, o que levou à necessidade de o bunker ser projetado com etapas de proteção, divididas tanto a partir do estudo dos cenários dos desastres, para entender os diferentes impactos físicos que podem ser gerados no local e no entorno por cada tipo de desastre ambiental, quanto do estudo dos materiais que podem compor essa arquitetura, para que os impactos advindos desses desastres sejam diminuídos.

Para que as terminologias utilizadas neste trabalho sejam compreendidas no contexto correto e a fim de sistematizá-las, segue um breve glossário para guiar o leitor ao longo do texto.

GLOSSÁRIO

CENÁRIO

Situação onde ocorre o desastre ambiental

BUNKER

Abrigo fortificado a ser utilizado em situações emergenciais de desastres ambientais

ETAPA

Processo de proteção do bunker

PELES

Camadas de proteção do bunker, formadas por diferentes materiais

1. BUNKER?

Comumente entendida como abrigo com alto grau de segurança contra situações extremas, principalmente de guerra, tal como é mostrado em filmes e séries, a palavra “bunker” possui também outros significados. De origem alemã, a palavra surgiu no Século XIX no dicionário Duden, de acordo com Oliveira (2016), e referia-se apenas a mercadorias a granel. Na versão mais atual do dicionário citado (2022), bunker significa “grande compartimento para armazenar mercadorias a granel (como, carvão, minério e grãos); sistema de proteção militar; abrigo (subterrâneo) para civis durante a guerra; abrigo antiaéreo e prisão”. A tradução equivalente de bunker na língua portuguesa é “casamata” (RAMOS, 1940 apud OLIVEIRA, 2016), que se refere à uma construção fortificada de uso militar. No dicionário brasileiro de língua portuguesa Michaelis (2022), a palavra “bunker”, escrita dessa forma, significa “reduto fortificado parcial ou completamente subterrâneo, construído para resistir a projéteis; abrigo fortificado, muito resistente”, mas também, em relação a um campo de golfe, “buraco grande preenchido com areia”, coincidindo com a supracitada definição do dicionário alemão.

Sabe-se que a palavra “bunker” passou a ser utilizada histórica e culturalmente para se referir a abrigos militares na Alemanha durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), tornando-se mais popular na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) com o bunker utilizado por Adolf Hitler, o Führerbunker, onde o líder do partido nazista e ditador alemão se abrigou e onde teria se suicidado em 30 de abril de 1945, em Berlim. Nas últimas décadas, a palavra tornou-se mais popular pela influência midiática, que difundiu seu significado de abrigo fortificado, não somente militar, mas ainda relacionando a um abrigo seletivo, como pode-se observar em filmes e séries.

O filme “Parasita”, produção do diretor Bong Joon-ho (lançada em 2019 e vencedor de seis categorias do Oscar em 2020, dentre elas, a de Melhor Filme), por exemplo, tem no bunker o seu elemento cênico principal: um abrigo fortificado. Na trama, que se passa na Coreia do Sul, uma família rica compra a casa de um arquiteto e decide continuar com os serviços prestados pela empregada doméstica, que era funcionária do antigo dono. Assim, a empregada, que tinha mais conhecimento da casa do que os novos proprietários, passou a ter uma relação diária e improvável com o local escondido no subsolo. Tempos depois, novos empregados tomaram conhecimento do bunker e também queriam usufruir dos privilégios da vida de alto padrão dos seus patrões, e ali, na casa, passaram a morar infiltrados. Mesmo que o bunker, nesse caso, fosse um local com condições de vida precárias, eles poderiam utilizar-se da casa quando seus moradores legítimos não estivessem presentes. As características do bunker mostram um lugar planejado para proteção contra algum perigo, com entrada secreta, aberturas mínimas, escuridão e predominância da cor cinza do concreto aparente (Figura 1).

Figura 1: Interior do bunker do filme parasita



Fonte: Frame do filme “Parasita”

Outro exemplo de bunker com características que remetem a um abrigo fortificado é o que figura na série “The 100”, produção de Bong Joon-ho, original do canal americano The CW. A série conta a história de 100 sobreviventes de uma estação espacial que volta à Terra para uma espécie de teste para saber se o planeta já estaria habitável novamente após uma guerra nuclear que havia acontecido 97 anos antes. Ao chegarem, os sobreviventes descobrem que ainda existiam habitantes no planeta: alguns que viviam como selvagens e se adequaram às condições de radiação por meio de seleção natural e aqueles que se abrigavam no bunker Mount Weather (Figura 2), assim chamado em alusão ao nome do Centro de Operações de Emergência Mouth Weather dos Estados Unidos da América, local altamente tecnológico construído para abrigar membros do governo em casos de emergência ocasionados por desastres de grande escala. O bunker da série é uma megaestrutura que abriga um grupo de sobreviventes e possui restaurante, hospital com ala de quarentena, quartos, espaço de horticultura, escola, biblioteca e academia, revelando-se uma cidade completa construída em baixo da terra.

Figura 2: Entrada do bunker Mouth Weather, da série “The 100”



Fonte: Frame da série “The 100”

A palavra “bunker” foi amplamente discutida durante o processo do trabalho aqui proposto, justamente pelo que (ainda) existe hoje de estrutura de bunkers, em sua maioria muito espessos, robustos e sem ventilação. Por um lado, existem os que são construídos como esconderijos de uso restrito e elitizado, geralmente para uma só família, como o bunker de “Parasita”, ou para uso exclusivo militar. Por outro, existem os super tecnológicos e de grandes dimensões, que comporta centenas de pessoas, mas ainda assim, pessoas selecionadas, como os mostrados em filmes e séries futuristas, por exemplo, o bunker de “The 100”.

A criação de uma nova forma para algo já criado muitas vezes pode causar estranheza, mas não se pode negar o fato de que os bunkers citados atendem somente a uma seleção de pessoas. É por isso que o Bunker Século XXI torna-se uma proposta inovadora, pois ele poderá ser utilizado democraticamente, por qualquer pessoa, e será fornecido pelo governo, por meio da Defesa Civil. Além disso, poderá ser montado e desmontado de acordo com a necessidade.

O acréscimo de “Século XXI” à palavra “bunker”, gesto que justifica o seu formato e praticidade, se deu após muito estudo e discussões ao longo da execução do trabalho, dentre elas, uma interlocução com Adriana Caúla.*

Adriana Caúla: “O que seria o bunker do século XXI?”

*Adriana Caúla é arquiteta e urbanista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ), mestra em Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROURB/UFRJ), doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (PPGAU/UFBA) e Professora adjunta da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (EAU-UFF).

Essa pergunta foi uma das mais importantes que recebi durante o processo de concepção deste trabalho, e foi a partir dela que surgiu o nome “Bunker Século XXI”. Afinal, se estamos em outro século, qual o sentido de se reproduzir um estereótipo de bunker utilizado a de mais de um século atrás?

2. BUNKER E
ABRIGO

Existem diversas formas de abrigar-se em situações adversas e existem abrigos feitos de diferentes materiais e sistemas construtivos, como madeira, sacos de areia, tecidos, contêineres e até mesmo papel. O bunker é apenas uma delas.

Um exemplo de abrigo temporário com utilização de papel é o Paper Partition System (Figura 3), projeto do arquiteto Shigeru Ban, mundialmente conhecido por sua experimentação de novos materiais e métodos construtivos (fato que o tornou vencedor do Prêmio Pritzker, o “nobel” da arquitetura, em 2014). O projeto foi se atualizando e, após testes com folhas de papelão, as repartições passaram a ser feitas com estrutura de tubos de papel e fechamento em tecido. De acordo com o site oficial do escritório Shigeru Ban Architects (2020), essa última versão foi utilizada mais recentemente na cidade de Kuramoto, no Japão, como suporte para a tempestade que atingiu o sul da cidade de Kyushu, distante 1.209km de Tokyo, em 4 de julho de 2020. As repartições proporcionam privacidade para as pessoas, mesmo que sejam abrigadas em um local que não tenha sido projetado originalmente para este fim, como aconteceu no centro esportivo Hitoyoshi Sports Palace, em Kuramoto. O Paper Partition System trouxe uma solução simples, de fácil execução, feito com materiais acessíveis e que funcionou para a resolução de um dos maiores problemas gerados nos abrigos emergenciais temporários improvisados, que é a falta de privacidade.

Como se pode observar no mapa (Figura 4), a distância entre a cidade de Kuramoto, onde as pessoas foram abrigadas, até a cidade de Kyushu, onde a tempestade aconteceu, é de quase 70 km. Nesse caso, vê-se que o sistema de repartições funciona para abrigar as pessoas, mas elas precisam se deslocar da área de risco até o local onde se encontra o abrigo.

Figura 3: Rota da cidade de Kyushu até o Hitoyoshi Sports Palace, em Kuramoto, Japão.

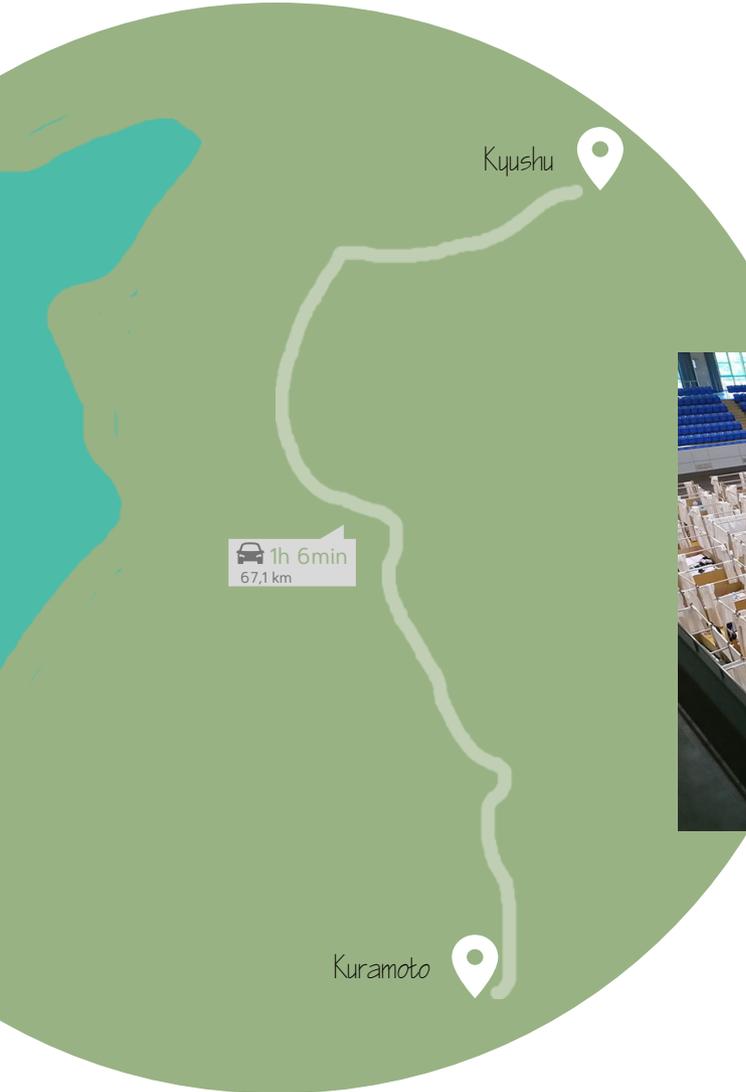


Figura 4: Paper Partition System, utilizado no Hitoyoshi Sports Palace, em Kuramoto, no Japão



Fonte: Shigeru Ban Architects, 2020

Fonte: Autora, 2022 (a partir de mapa do Google Maps)

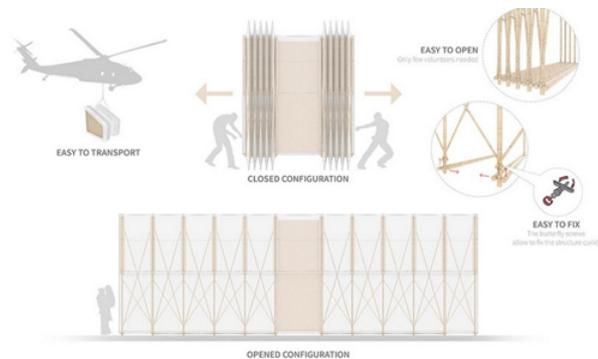
Outro exemplo de abrigo temporário é a Casa Pop-up (Figuras 5 e 6), criação do escritório Barberio Colella ARC para pessoas que tiveram suas casas afetadas pelo terremoto ocorrido em 2015 no Nepal. Segundo o esquema mostrado na Figura 6, a estrutura do abrigo é levada pronta para o local desejado por meio de um helicóptero e tem a possibilidade de abertura ou fechamento, tornando-se maior ou menor à medida que se puxe ou empurre a estrutura, adequando-se à quantidade de pessoas que será abrigada em cada unidade de habitação.

Figura 5: Projeto casa Pop-up



Fonte: Barberio Colella ARC, 2015

Figura 6: Projeto casa Pop-up



Fonte: Barberio Colella ARC, 2015

Este exemplo é de um abrigo projetado para atender ao pós-desastre. Suporta intempéries e proporciona um lar temporário para os afetados pelo desastre, mas esse mesmo abrigo não poderia ser utilizado durante o desastre, pois não foi projetado para essa finalidade.

Na vasta possibilidade de materiais e métodos construtivos, o escritório SO?, que possui sede em Istambul, projetou um protótipo de casa de emergência flutuante itinerante, a Fold&Float (Figuras 7 e 8), pensando em soluções diferentes das feitas sobre o solo estável. É uma estrutura dobrável com área interna de 21 m², totalmente equipada com móveis fixos, cuja montagem é realizada de forma rápida e fácil em casos de emergência climática. Sua estrutura é feita em aço com base flutuante de concreto.

Figura 7: Casa de emergência Fold&Float com a estrutura fechada sendo colocada sobre a base flutuante de concreto



Fonte: Kayhan Kaygusuz, So?

Figura 8: Casa de emergência Fold&Float com a estrutura aberta sobre a base flutuante de concreto



Fonte: Kayhan Kaygusuz, So?

Essa casa de emergência, diferente dos abrigos apresentados anteriormente, foi projetada com a finalidade de dar suporte durante e após o desastre. Poderia ela ser considerada um bunker? Pode-se dizer que sim, pelo fato do seu uso poder ocorrer durante o desastre e por ele ser fortificado para suportar isso.

3. DESASTRES AMBIENTALES

Para entender os tipos de situações emergenciais que o protótipo de bunker objeto deste Trabalho de Conclusão de Curso poderia atender, foi preciso entender sobre os desastres causadores das situações emergenciais aqui tratadas.¹ De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2022), os desastres ambientais são divididos em duas categorias: desastres naturais e desastres tecnológicos. Cada uma dessas categorias é dividida em grupos, subgrupos, tipos, subtipos, codificação e simbologia específicos.² Os desastres naturais são divididos nos seguintes grupos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos. Os desastres tecnológicos são divididos em grupos relacionados a substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis e transporte de passageiros e cargas não perigosas.

Tais classificações e divisões de grupos não reportam, entretanto, a um padrão mundial. A Base Internacional de Dados de Desastres (Emergency Events Database – EM-DAT, 2022), por exemplo, também faz a divisão entre desastres naturais e tecnológicos, mas adota algumas diferenciações em relação à COBRADE. Enquanto esta considera um deslizamento de terra como desastre do grupo geológico, por exemplo, a EM-DAT o considera um desastre do grupo hidrológico.

O uso do termo “desastre natural” é criticado por alguns autores, como Nina, Almeida e Lobo (2021), pela falsa ideia que é passada de que o evento seria obra do acaso, sem que existissem fatores sociais que impulsionassem o impacto desses desastres. Sob essa ótica, o uso do termo faria parte de uma abordagem técnica e desconsideraria o fator social e o quanto a pobreza, o desgoverno e a falha no planejamento urbano implicam na potencialização dos desastres. Valencio faz a seguinte provocação:

O que há de natural nos desastres? Talvez, isso signifique mais nuvens cinzentas nos horizontes da condução institucional bem como nos horizontes dos que se sentem abandonados nos desastres. (VALENCIO, 2014, p. 3637)

¹ Como será visto a seguir no capítulo 5. Etapas: definições e divisões.

² Todos os grupos, subgrupos, tipos, subtipos, codificações e simbologias dos desastres podem ser encontrados na página da Defesa Civil, no site do Governo Federal: <www.gov.br>.

Além disso, estaríamos numa Era geológica entendida como Era do Antropoceno, termo que coloca o ser humano como um agente transformador do ambiente (CRUTZEN, 2006 p. 13-18 apud STOLL, 2022 p. 20). O ser humano torna-se, então, o principal acelerador de danos causados ao meio ambiente, o que impulsiona significativamente os desastres ambientais e nos permite questionar o termo “desastre natural”. “O contexto do Antropoceno é marcado pela Era dos Riscos, cujo centro é o homem capitalista, com foco na sociedade desenvolvimentista e industrializada. Todavia, os impactos produzidos no planeta colocam em risco a própria existência humana”. (STOLL, 2022 p. 32)

Os desastres ditos naturais ou tecnológicos serão contemplados aqui na categoria única de desastres ambientais, uma vez que estes são causados por um conjunto de fatores, sendo o principal deles o ser humano, e afetam o ambiente como um todo, atingindo pessoas e ecossistemas. Foi fundamental o conhecimento do termo “Antropoceno”, trazido numa interlocução com Sabrina Stoll.*

Sabrina Stoll: “O homem gera um risco para ele mesmo. As guerras estão diretamente ligadas aos desastres naturais, porque o homem está longe de si mesmo e não sabe mais lidar com ele mesmo e com sua própria casa.”

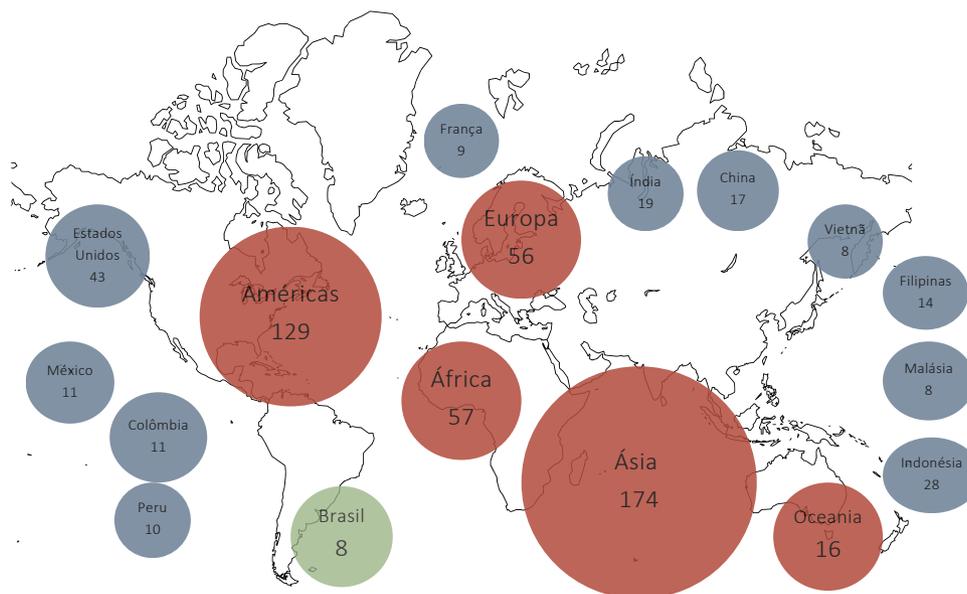
*Sabrina Stoll é bacharela e mestra em Direito pela Universidade Regional de Blumenau (PPGD/FURB), doutoranda em Direitos Humanos pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ).

A interlocução com Sabrina foi um ponto chave para entender e amarrar muitas questões no trabalho, e a principal delas foi o conhecimento do Antropoceno, que confirma que os desastres ditos naturais também são causados pelo homem.

4. PANORAMA BRASILEIRO

O Brasil está entre os 12 países com mais ocorrências de desastres no ano de 2021, conforme indicado no mapa de desastres por continente (Figura 9), elaborado com informações da EM-DAT (2022), principal banco de dados sobre desastres utilizado em nível mundial, catalogando dados de ocorrências de mais de 25 mil desastres ocorridos em todo o mundo desde 1900 até a atualidade.

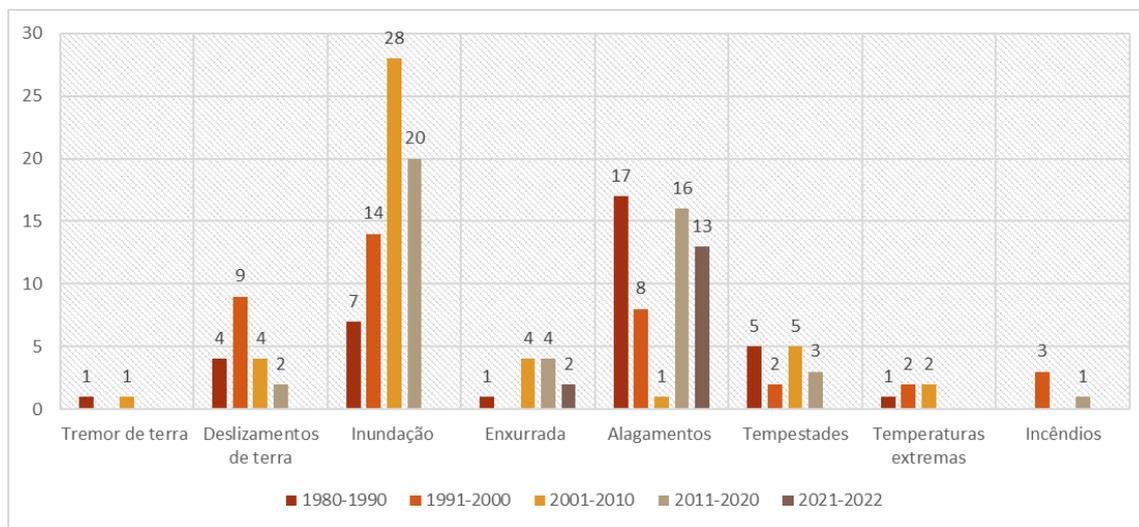
Figura 9: Mapa com números de desastres por continente em 2021



Fonte: Autora, 2022 com base no mapa do Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED, 2021)

O gráfico a seguir (Figura 10) apresenta desastres ambientais hidrológicos (enchentes, deslizamentos de terra e ação das ondas), meteorológicos (tempestades, temperaturas extremas e névoa) e geofísicos (terremotos, atividades vulcânicas e movimentos de massa) ocorridos a cada década no Brasil desde o ano de 1980 até 2022, de acordo com o EM-DAT. No banco de dados, há também entradas de desastres climatológicos, biológicos e extraterrestres na mesma classificação de “desastres naturais”,⁴ mas que, no entanto, não foram utilizados no gráfico por não se enquadrarem nos tipos de desastres³ que o protótipo de bunker objeto deste Trabalho de Conclusão de Curso irá atender.

Figura 10: Gráfico de “desastres naturais” hidrológicos, meteorológicos e geofísicos no Brasil (2021-2022)



Fonte: Autora, 2022 (a partir de dados de ocorrências de desastres do EM-DAT)

³ Idem nota anterior.

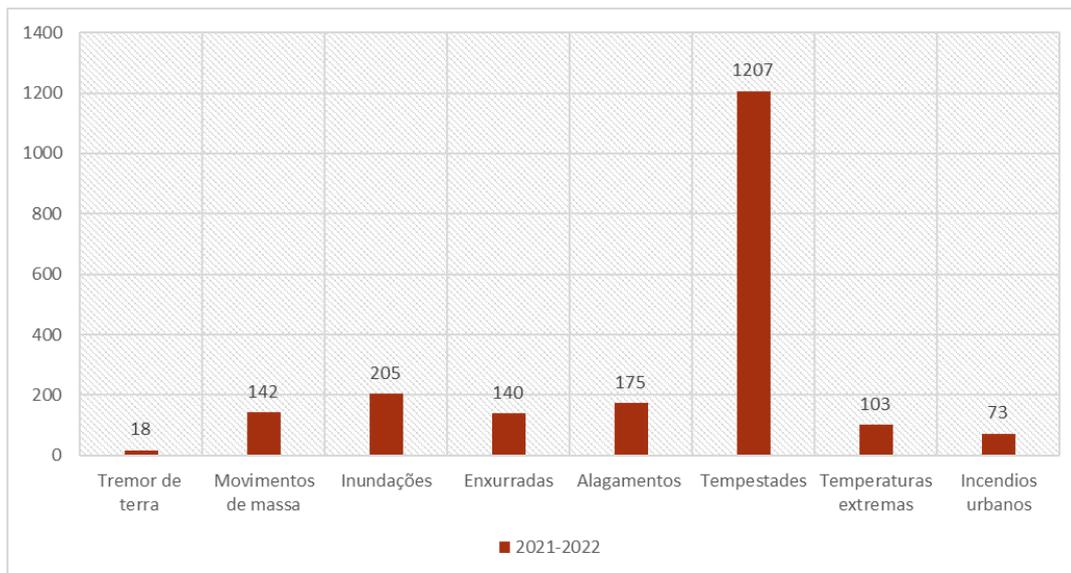
⁴ O termo “desastre natural” é utilizado pela EM-DAT e aparece entre aspas quando citado por não contemplar o entendimento do antropoceno aqui adotado.

Como se pode observar no gráfico, os “desastres naturais” que mais ocorreram no Brasil desde 1980 são do grupo de desastres hidrológicos, sendo o mais recorrente deles a inundação, com um total de 28 registros.

Para que um desastre seja inserido no EM-DAT, ele precisa atender a pelo menos um dos seguintes critérios: ter resultado em 10 ou mais mortes; 100 ou mais pessoas afetadas, feridas ou desabrigadas; ter sido objeto de declaração de estado de emergência e/ou apelo à assistência internacional. Por esse motivo, os números de ocorrências de desastres catalogados no EM-DAT é bem menor do que os registrados no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2ID), que utiliza dados de agências brasileiras, como o Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com objetivo de acompanhar e informar dados referentes a situações de risco e desastres ambientais.

O S2ID é uma ferramenta por meio da qual é possível visualizar as áreas de risco de desastres no Brasil, registrar desastres ocorridos, acompanhar processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou estado de calamidade pública, de recursos para ações de resposta aos desastres e de reconstrução pós-desastre. Além disso, o sistema permite encontrar informações com base em fontes de dados oficiais do país de acordo com a Defesa Civil. A diferença na quantidade de desastres catalogados pode ser observada neste gráfico (Figura 11) elaborado com dados de desastres dos mesmos grupos utilizados no gráfico anterior, contudo, com as nomenclaturas adotadas por esse sistema.

Figura 11: Gráfico de “desastres naturais” hidrológicos, meteorológicos e geofísicos no Brasil (2021-2022)



Fonte: Autora, 2022 (a partir de dados de ocorrências de desastres do S2iD)

O CEMADEN, um dos provedores de dados do S2iD, foi criado em janeiro de 2011 pelo Governo Federal a partir de uma política nacional para a gestão de riscos e respostas a desastres. Ele monitora regiões do país por meio de sensores que possibilitam o acompanhamento em tempo real das áreas de risco, a fim de facilitar tomada de decisões e, principalmente, de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos no país por meio de alertas à população.

Segundo Regina Alvalá e Alisson Barbieri,

considerando que os fenômenos climáticos extremos deflagradores de desastres naturais já estão se tornando mais frequentes e intensos, e que essa tendência se acentuará com as projetadas mudanças climáticas, propôs-se, no escopo do INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) para Mudanças Climáticas, desenvolver, implementar, testar e validar duas aplicações de um sistema semiautomático de previsões e informações hidrometeorológicas e ambientais, em apoio ao processo de tomada de decisões para o gerenciamento de desastres naturais provocados por condições hidrometeorológicas e climáticas extremas. (ALVALÁ; BARBIERI, 2017, p. 54)

Contudo, mesmo com o monitoramento, o Brasil não dispõe de métodos eficazes para conter situações de desastres, além de não possuir abrigos suficientes em casos de emergência. Na maioria das vezes, muitas pessoas são abrigadas em locais amplos e cobertos já existentes, destinados originalmente a outros usos, como quadras, ginásios, escolas, ou então em barracões de madeira e lona, como, por exemplo, o abrigo improvisado na Escola Municipal Célia Arraes, ocorrido no ano de 2022, em Recife (Figura 12).

Figura 12: Abrigo na Escola Municipal Célia Arraes, em Várzea, Zona Oeste de Recife



Fonte: Bruno Campos, 2022

Um bom planejamento urbano e maior conscientização sobre o meio ambiente poderiam diminuir significativamente a quantidade de desastres no Brasil. As inundações são os principais exemplos disto e seriam bem menos frequentes se os sistemas de drenagem urbana funcionassem de forma eficaz, principalmente em localidades pobres, como em algumas favelas, por exemplo, onde as chances de deslizamento de terra nos morros é muito maior do que nos centros das grandes cidades, considerando-se que nas favelas as construções são irregulares e o saneamento básico é precário.

Para além dos desastres ambientais impulsionados por fenômenos da natureza compostos pelos 4 elementos básicos (água, terra, fogo e ar), que têm maior probabilidade de acontecer atualmente no panorama brasileiro, também será considerado neste trabalho as situações de conflito bélico e nuclear. Os conflitos armados não poderiam deixar de ser contemplados no Bunker Século XXI, pois o entendimento de bunker nesse estudo partiu exatamente desse ponto, do senso comum de entendimento sobre o termo. O cenário de guerra está presente no mundo desde sua formação, e os maiores conflitos ficaram conhecidos como Primeira e Segunda Guerras Mundiais. A guerra é tão atual quanto os outros cenários de desastres ambientais e uma delas está ocorrendo desde fevereiro de 2022 entre Ucrânia e Rússia e em alguns países africanos.

A definição de quais desastres o Bunker Século XXI poderá atender se deram a partir do estudo do panorama brasileiro, que tornou possível a compreensão de quais desastres ocorrem com mais frequência no Brasil e quais os possíveis cenários para esse panorama. A partir disso, os desastres puderam ser associados e divididos em grupos de acordo com suas principais características, e o bunker passou a ter etapas de proteção de acordo com cada um desses grupos.

5. ETAPAS:
DEFINIÇÕES E
DIVISÕES

5.1 ASSOCIAÇÃO DE DESASTRES

Antes de partir para o projeto propriamente dito, foi feito um estudo acerca dos impactos que cada tipo de desastre ambiental pode gerar, o que levou a uma divisão de etapas de proteção no bunker, tendo em vista que diferentes desastres precisam de diferentes proteções. Desde os primeiros estudos, já era possível compreender que alguns desastres causam impactos físicos semelhantes no ambiente, o que levou à agrupamentos de desastres, de acordo com as semelhanças de impactos causados, e as etapas foram divididas entre esses agrupamentos.

Essas divisões foram feitas a partir da elaboração de Quadros de Situações, onde são apresentados os desastres, seus possíveis impactos e tipos de proteção. As primeiras divisões de grupos semelhantes e etapas (Quadro 1) foram feitas com os tipos de desastres mais noticiados, ainda sem o conhecimento dos grupos e classificações definidos pela COBRADE, sendo eles: deslizamento de terra, incêndio, enxurrada, alagamento, inundação, granizo, geada, vendaval, tornado, movimento de solo e guerra.

Esse primeiro quadro contém informações de tipos de desastres considerando-se a possibilidade de fuga, os impactos e os tipos de proteção necessárias. Tais indicadores proporcionaram o entendimento de que o processo de elaboração do bunker não seria linear e/ou apenas somativo. O entendimento, até então, era de que uma etapa ia sobrepondo-se a outra: a Etapa 4 somando-se à Etapa 3; esta, somando-se à Etapa 2; e esta, somando-se à Etapa 1, necessariamente, como apresentado nas ilustrações da coluna mais à direita do Quadro 1.

Quadro 1: Estudo do Quadro de Situações

	Tipo de desastre	Possibilidade de fuga	Possíveis impactos físicos no bunker	Proteção	Ilustrações
ETAPA 1	Deslizamento de terra	Quando existe alerta, as pessoas precisam deixar o local	Pedaços de solo e objetos que podem cair sobre o bunker	1 - Primeira proteção, adaptável ao terreno	
	Incêndio		Altas temperaturas e fumaça		
ETAPA 2	Enxurrada/ Alagamento / Inundação	A fuga geralmente acontece em meio ao desastre	Força da enxurrada e alagamento interno	2 - Impermeabilidade 3 - Elevação da estrutura 4 - Reforço (1) completo	
	Granizo/ geada		Pancadas na cobertura		
ETAPA 3	Vendaval/ tornado	Em casos de desastres de grande escala, não é possível deixar o local	Movimentação onde objetos podem ser arremessados	5 - Estabilidade 6 - Maleabilidade	
	Movimento de solo		Tremores e movimentação		
ETAPA 4	Guerra	Em casos de desastres de grande escala não é possível deixar o local	Tiroteio, pressão de explosões, bombas atômicas	7 - Boa resistência ao fogo 8 - Blindagem 9 - Reforço (2) completo	

Legenda das ilustrações:

- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|-------------------------|
| 1 | Primeira proteção, adaptável ao terreno | 4 | Reforço (1) na cobertura e nas paredes | 7 | Boa resistência ao fogo |
| 2 | Impermeabilidade | 5 | Estabilidade | 8 | Blindagem |
| 3 | Elevação da estrutura | 6 | Maleabilidade | 9 | Reforço (2) completo |

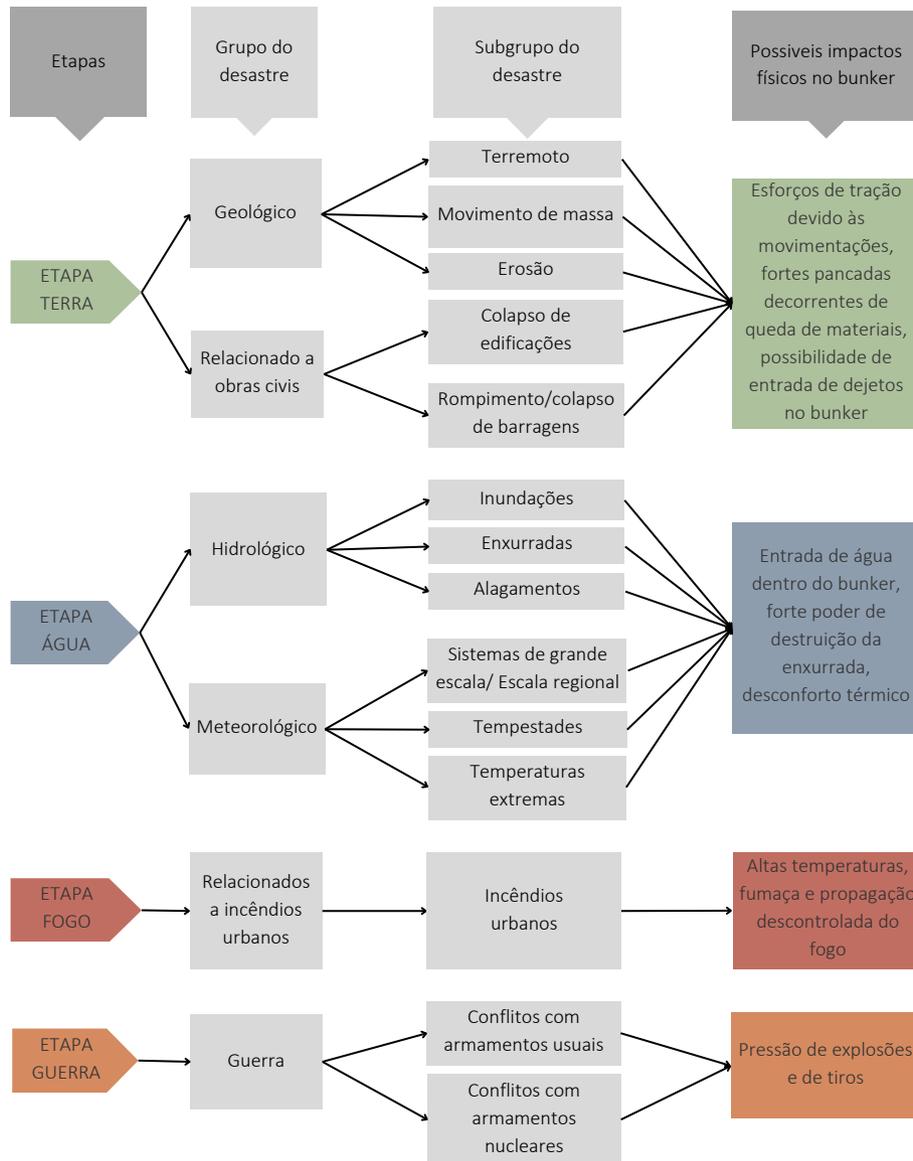
Fonte: Autora, 2022.

O Quadro 1 foi organizado dividindo-se os desastres em quatro grupos, que formavam quatro etapas de proteção, de acordo com os possíveis impactos físicos que poderiam ser gerados no protótipo de bunker. As cores representadas no quadro são de acordo com as divisões definidas no Quadro 2, para mostrar a comparação e proporcionar mais facilmente a visualização do que foi alterado. As etapas não possuíam nomes, eram apenas numeradas, e ainda se considerava a situação da possibilidade de fuga para longe da área de risco, desconsiderada com o andamento da pesquisa. Chegou-se à conclusão de que em qualquer desastre em que houvesse possibilidade de fuga para uma área segura e distante do ocorrido, não seria necessário o uso de um bunker, e sim de um abrigo “comum”, o que levou à posterior retirada dessa coluna – Possibilidade de fuga – do quadro.

Tomando-se conhecimento da COBRADE, ficou mais clara a compreensão sobre os grupos de desastres e seus respectivos subgrupos, o que possibilitou uma padronização na separação das colunas do quadro. Quando os materiais de proteção foram sendo definidos, surgiu a demanda de retirar essa coluna do Quadro de Situações e fazer um quadro separado para estudo e definição desses materiais, para um melhor entendimento e organização do quadro, tendo em vista que o processo de proteção do bunker envolve adaptação aos tipos de desastre. Após essa divisão, e já sem a presença da coluna Proteção, uma vez que não se trata de uma coluna linear, mas que se entrelaça diante das etapas definidas, foi possível definir quatro etapas de proteção do bunker no Quadro de Situações definido (Quadro 2), sendo elas:

- Etapa Terra, que atende a desastres geológicos e desastres referentes a obras civis;
- Etapa Água, que atende a desastres hidrológicos e meteorológicos;
- Etapa Fogo, que atende a incêndios urbanos;
- e Etapa Guerra, que atende a conflitos bélicos.

Quadro 2: Definição do Quadro de Situações

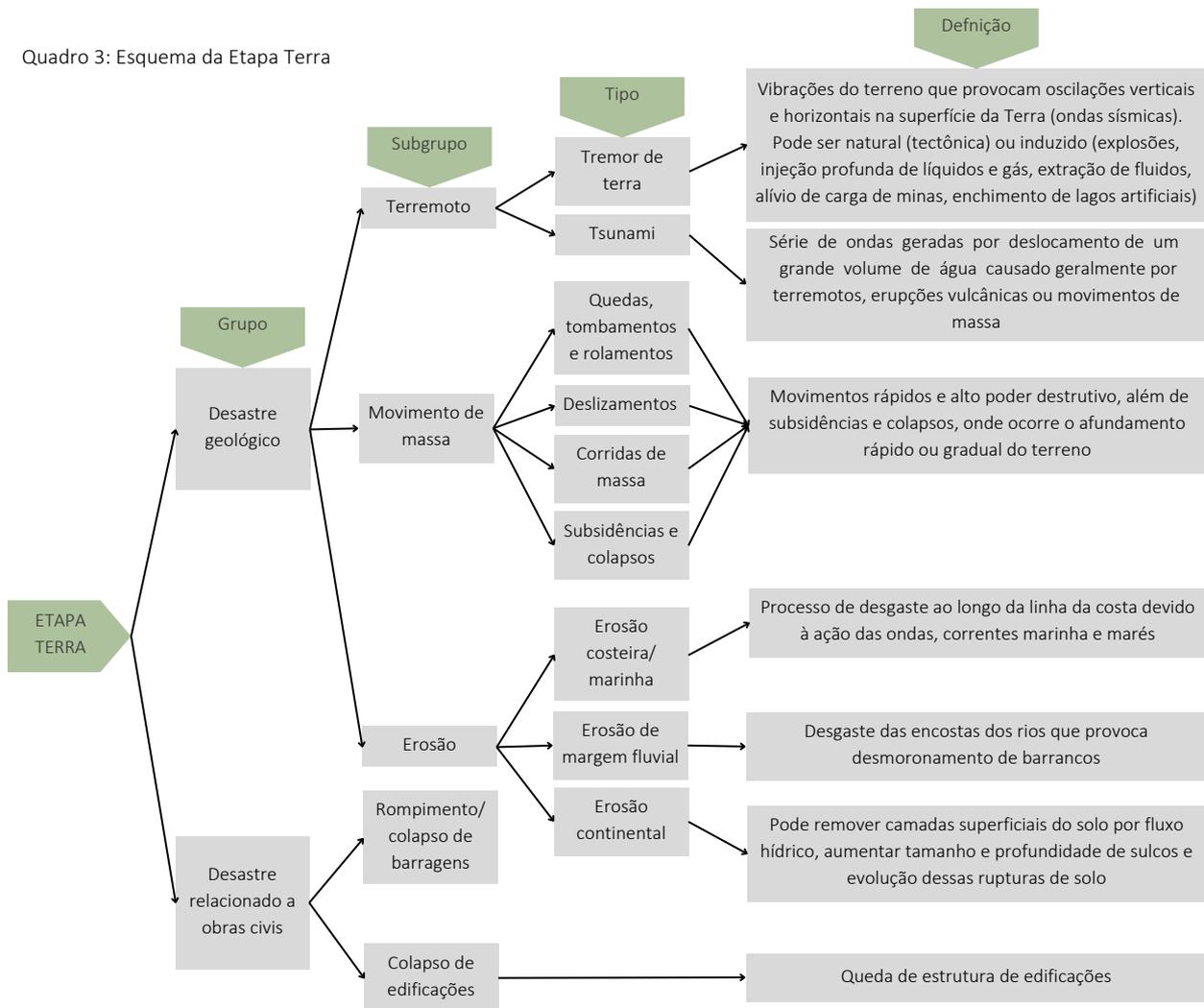


5.2 DEFINIÇÃO DE ETAPAS

ETAPA TERRA

Na Etapa Terra , o bunker será capaz de suportar impactos do grupo de desastres geológicos e do grupo de desastres relacionados a obras civis, explicados no esquema a seguir (Quadro 3).

Quadro 3: Esquema da Etapa Terra



Esses dois grupos de desastres (geológicos e relacionados a obras civis) foram alocados na mesma etapa por estarem interligados, levando-se em conta que riscos geológicos são também causadores de riscos relacionados a obras civis e vice-versa, além do fato de que, em grande escala, esses desastres geram alguns impactos físicos semelhantes, como corridas de solo, lama, rochas e detritos, com os quais a água da chuva se mistura com esses materiais gerando um líquido viscoso que corre como enxurrada que, por sua vez, pode ocorrer devido a movimentos de massa ou rompimento de barragens. Outros impactos semelhantes são as quedas, tombamentos e rolamentos que ocorrem tanto em colapso de edificações quanto em deslizamentos de terra. Apesar de os vulcões também fazerem parte do grupo de desastres geológicos definido pela COBRADE, eles não foram adicionados no Quadro 3 por não haver, até pelo menos o momento presente, atividade ou possibilidade de atividade vulcânica no Brasil.

Um exemplo de desastre que se enquadra nesta etapa, no grupo de desastres geológicos, é o sismo que gerou maior impacto no Brasil e que ocorreu na cidade de João Câmara, no Rio Grande do Norte, às 3h22 da madrugada do dia 30 de novembro de 1986, com magnitude de 5,1 pontos, destruindo ou danificando cerca de 4.350 edificações e deixando desabrigados, além de ter paralisado pequenas indústrias e comércios e suspenso as aulas nas escolas da região, segundo Silveira (2018).

Outro caso recente muito conhecido pode ser utilizado para exemplificar o grupo de desastres relacionados a obras civis, trata-se do ocorrido em Brumadinho, em Minas Gerais, (Figura 19) em 25 de janeiro 2019, onde houve o rompimento da Barragem I do Complexo Minerário de Paraoapeba, da mineradora Vale S.A., que deixou centenas de vítimas fatais. O rompimento em Brumadinho ocorreu três anos após outra barragem da Vale na região de Mariana, também em Minas Gerais, ter se rompido. Esse desastre, por sua vez, deixou 19 mortos e liberou 34 milhões de metros cúbicos de rejeito de minério, que desceram 55 km pelo Rio Gualaxo do Norte até o Rio do Carmo e outros 22 até o Rio Doce, de acordo com a BBC News (2019).

Figura 19: Vista aérea de Brumadinho antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Corpo de Bombeiros de Minas Gerais BBC News, 2019

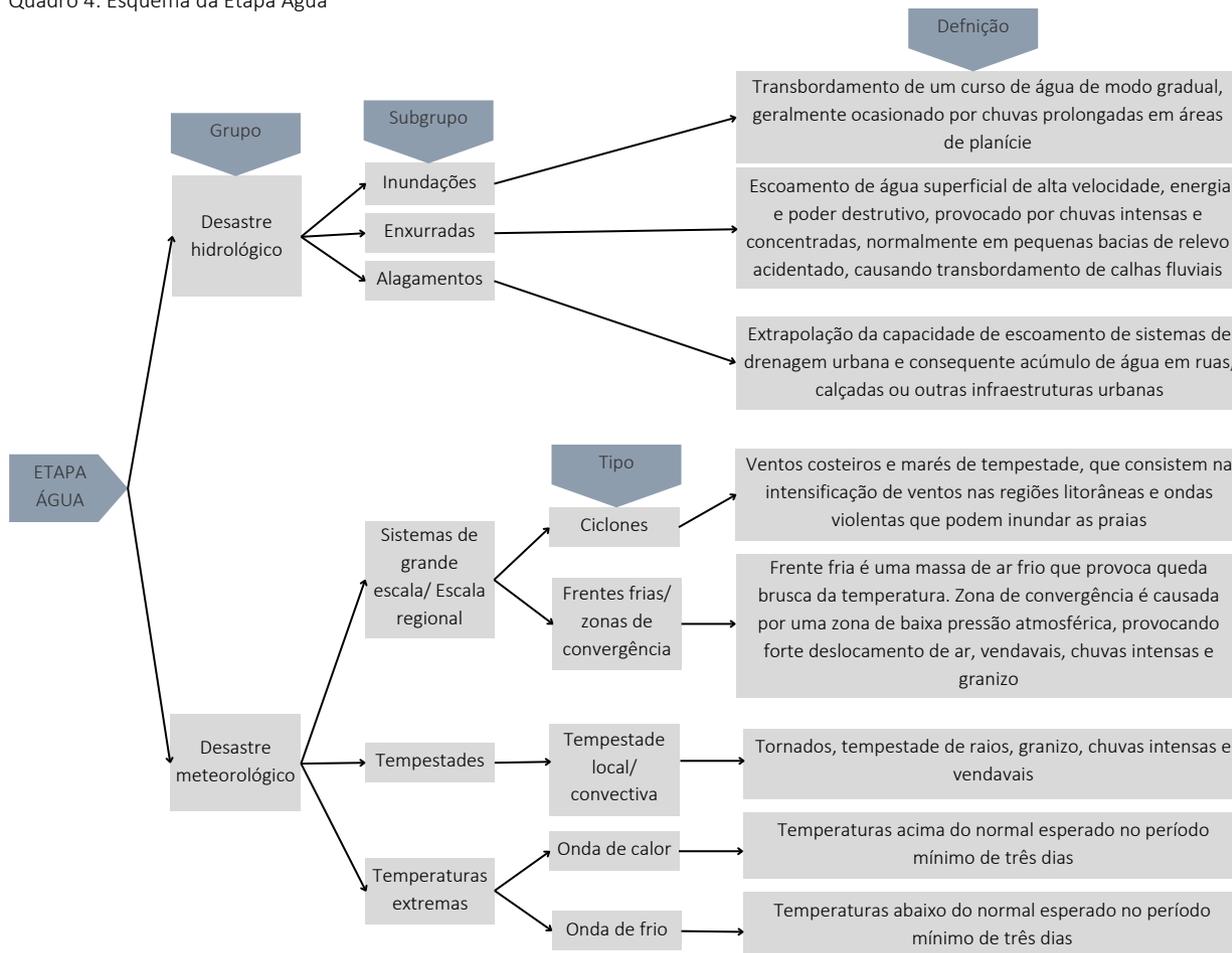
Segundo relatos de moradores, quando a barragem se rompeu, as pessoas tentaram se salvar, mas não tinham pra onde correr e a lama saiu “engolindo” cada metro quadrado do local. Se no local existisse suporte para esse tipo de acontecimento, principalmente quando fosse algo passível de previsão, como é o caso em questão, os danos humanos causados poderiam ser bem menores.

Analisando os casos citados, pode-se perceber que, para a Etapa Terra, é necessário que haja uma elevação da estrutura do bunker para casos de rompimentos de barragens, além de cintas horizontais para protegê-lo de movimentações que poderão vir a ocorrer.

ETAPA ÁGUA

Na Etapa Água, o bunker será capaz de suportar impactos dos grupos de desastres hidrológicos e meteorológicos, explicados no esquema a seguir (Quadro 4).

Quadro 4: Esquema da Etapa Água

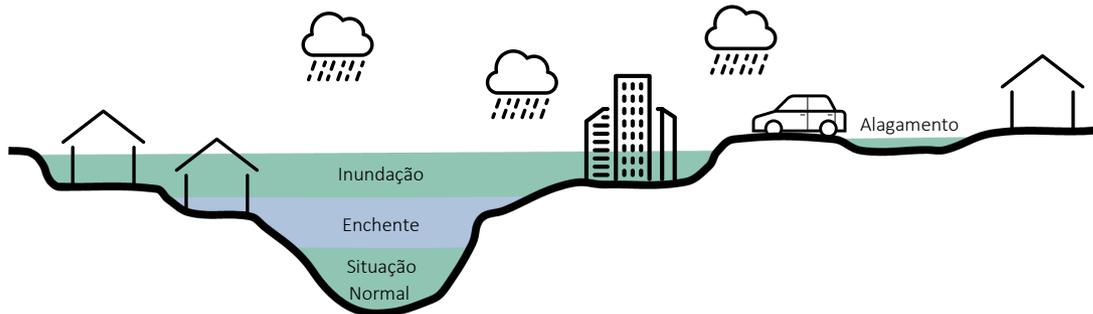


Fonte: Autora, 2022, a partir de dados da COBRADE

Ambos os grupos de desastres (hidrológico e meteorológico) foram escolhidos para a mesma etapa por gerarem impactos em comum e até mesmo pela possibilidade de ocorrerem concomitantemente, necessitando de peles em comum. Tempestades, vendavais, tornados, granizo e ondas de frio, que são desastres meteorológicos, podem ocorrer juntamente a inundações, enxurradas e alagamentos, que são, por sua vez, desastres hidrológicos impulsionados por desastres meteorológicos.

Os desastres hidrológicos muitas vezes pode ser confundidos entre si por se tratarem todos de excessos de água. A diferença entre tais desastres podem ser explicada a partir da ilustração abaixo (Figura 20), que mostra, em diferentes cores, a situação normal de um lago; a situação de enchente, onde ele atinge seu nível máximo; a inundação, onde ele transborda; e o alagamento, que é basicamente uma formação de um pequeno lago.

Figura 20: Ilustração que mostra diferença entre enchente, inundação e alagamento



Fonte: Autora, 2022 (com base em esquema feito pela Defesa Civil de São Bernardo do Campo, São Paulo)

Um caso recente de grande escala de desastre hidrológico, que se enquadra nesta etapa, é o das tempestades no estado de Pernambuco no fim de maio do ano de 2022 (Figura 21), que provocaram 128 mortes, onde 61.596 pessoas ficaram desalojadas e outras 9.631 desabrigadas. As pessoas foram transferidas para 123 abrigos de 31 cidades, segundo matéria do portal de notícias G1 (2022).

Figura 21: Imagem aérea de inundação em Pernambuco



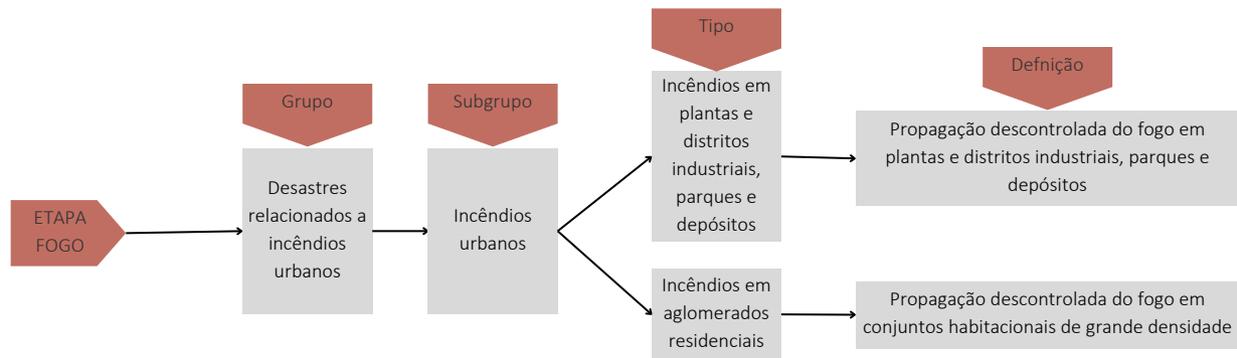
Fonte: Polícia Rodoviária Federal, G1, 2022

Nesta etapa, o bunker receberá elevação da estrutura com adaptabilidade ao terreno para evitar que inundações e enxurradas atinjam seu interior, além da proteção térmica com as embalagens de leite, para os casos do grupo meteorológico.

ETAPA FOGO

Na Etapa Fogo, o bunker será capaz de suportar impactos dos grupos de desastres relacionados a incêndios urbanos, explicados no esquema a seguir (Quadro 5).

Quadro 5: Esquema da Etapa Fogo



Fonte: Autora, 2022, a partir de dados da COBRADE

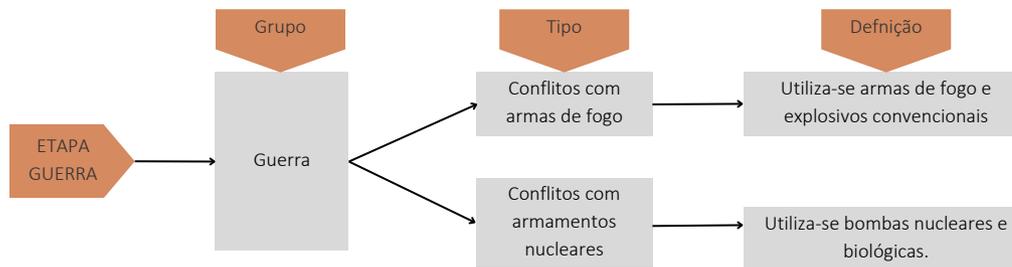
Um caso de incêndio que se enquadra nesta etapa é descrito por Novo (2019) como um dos principais desastres ambientais ocorridos no Brasil, que resultou em 93 mortos contabilizados oficialmente, ocorrido na favela da Vila Socó, em Cubatão-SP, São Paulo, e que foi causado pelo vazamento de 700 mil litros de gasolina nos arredores da vila, em 1984. Estima-se que 3 mil pessoas ficaram desabrigadas em função do desastre.

Para a proteção do bunker em casos de incêndio, será utilizada a manta de fibra cerâmica cobrindo o polipropileno e o policarbonato, proporcionando um bom conforto térmico e resistência ao fogo, caso ele chegue até o protótipo, dado que ele estará locado próximo do ocorrido para que o resgate das vítimas seja rápido.

ETAPA GUERRA

Na Etapa Guerra, o bunker será capaz de suportar impactos relacionados a conflitos com armas de fogo e armamentos nucleares (Quadro 6).

Quadro 6: Esquema da Etapa Guerra



Fonte: Autora, 2022

No cenário da guerra, diferentemente de todos os outros, deve-se evitar ao máximo a saída do local onde se está abrigado, pois todo um país poderá ser atingido e poderá também sequer existir a possibilidade de saída do local. Nesta etapa, o homem é o único culpado pelo desastre; é ele quem o inicia e ele que tem o poder de finalizá-lo, mas nem todos os moradores do local atingido pela guerra querem/podem participar da situação. Na grande maioria dos casos, as guerras são governamentais e os civis não participam de fato, embora sofra diretamente as suas consequências.

A destruição e o colapso da natureza impulsionados pelos fenômenos naturais são tão destrutivos quanto uma guerra, mas é inegável que os impactos e o poder de destruição da guerra sejam bem mais rápidos, a exemplo de uma bomba nuclear que poderia destruir toda a humanidade em segundos, o que mostra a necessidade de muito mais peles de proteção ao bunker nesta etapa.

Os bunkers construídos na época da Primeira Guerra eram, em sua maioria, subterrâneos e com paredes muito espessas, mas a tecnologia que temos hoje é mais avançada do que naquela época, e não parece fazer muito sentido construir um bunker da mesma forma que foi feito mais de um século atrás.

Em conversa com Teresa Liebner,* pode-se perceber que os bunkers que foram construídos na Alemanha não tinham um uso muito bem definido para o pós-guerra. Alguns entraram em ruínas, outros se transformaram em museus ou espaços utilizados para manifestações artísticas. É uma arquitetura monumental onde o solo é bruscamente perfurado para comportar tamanhas estruturas.

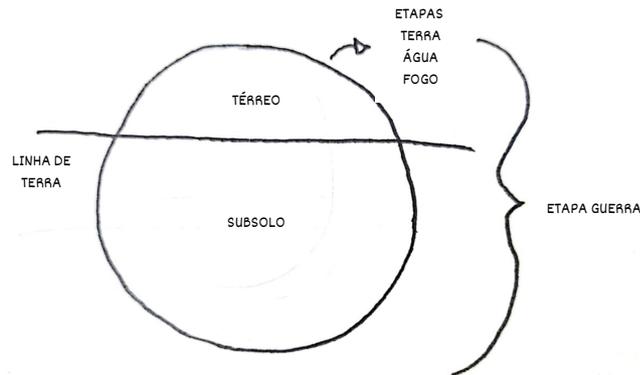
Teresa Liebner: “Bunker, pra mim, é algo bastante conectado com guerra e não muito com catástrofes da natureza, e para dar certo ele tem que proteger contra guerras.”

*Teresa Liebner é alemã e residente na Alemanha. Possui formação (primeiro e segundo exame do Estado) em Educação Inclusiva pela Universität Zu Köln.

A conversa com Teresa foi crucial para confirmar a visão que se tem sobre a estrutura de um bunker, que está quase consensualmente ligada à guerra. Essa frase me impulsionou a manter a Etapa Guerra no trabalho. Ela havia sido questionada por interlocutores do trabalho algumas vezes por ter natureza muito distinta das demais.

Nos primeiros esboços sobre o projeto do Bunker Século XXI, idealizava-se que esta etapa estaria parte no térreo e parte no subsolo, pensando-se na maior segurança em casos de guerra (Figura 22). Com o andamento da pesquisa, foi compreendido que tamanha perfuração de solo para abrigar muitas pessoas seria inviável. Diante disso, como solução para este século, o bunker, nesta etapa, terá sua implantação em locais subterrâneos já existentes, como túneis de metrô, por exemplo.

Figura 22: Desenho inicial da divisão de etapas



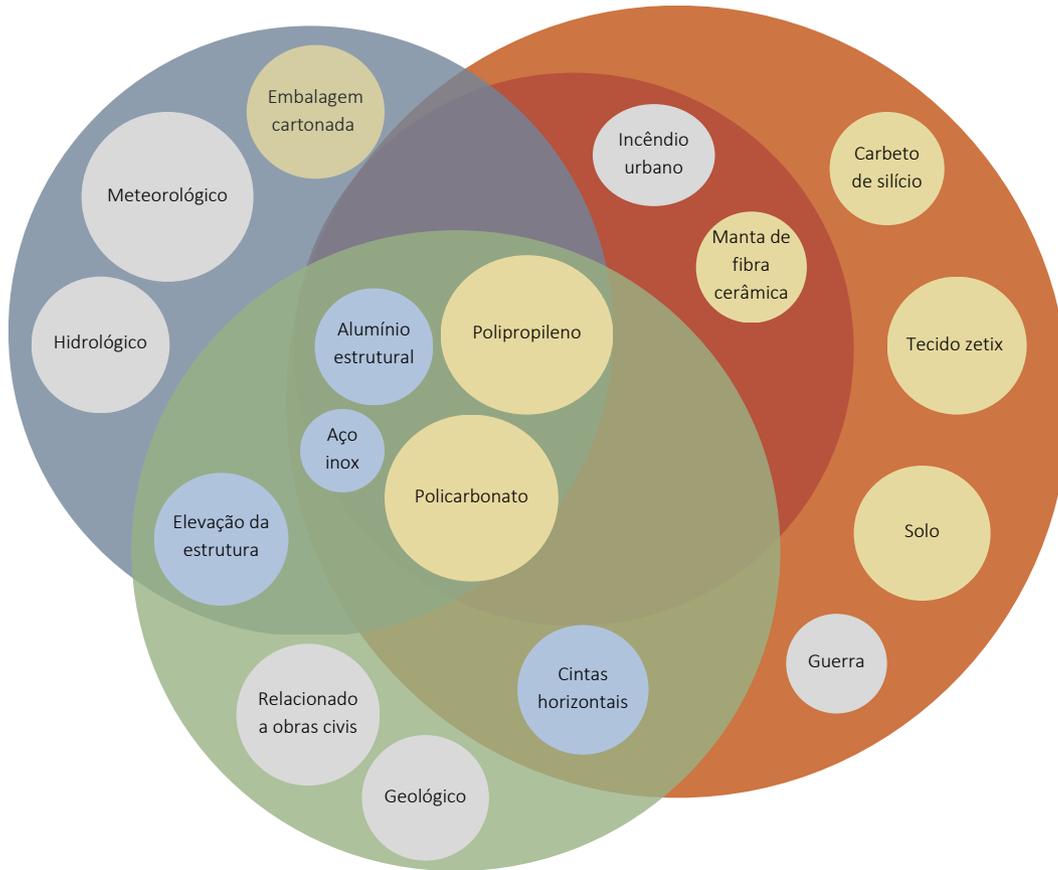
Fonte: Autora, 2022

O solo poderá trazer mais proteção nessa etapa nos casos de armas nucleares, mas nos casos de armas biológicas, radiação e gases tóxicos, a solução será evitar a troca de ar com a parte externa do bunker, tornando-se necessário o uso de cilindros de oxigênio ligados à tubulação de ar do bunker até que o lado externo esteja seguro.

A dificuldade de montar esse quebra-cabeça com todas as peças apenas linearmente, como estava sendo feito trouxe à tona o entendimento de que as etapas pudessem se entrelaçar, e isto ficou ainda mais evidente no processo de definição dos materiais que atenderiam à demanda de cada etapa. Um dos materiais que não se enquadrou nessa linearidade, por exemplo, foi a manta de fibra cerâmica, material incombustível, que não seria necessário nas Etapas Terra e Água.

Sendo assim, para um melhor entendimento e separação mais adequada das proteções, foi elaborado um diagrama de Venn, que possibilitou uma visualização mais fluida das etapas (Diagrama 1). Assim, chegou-se à conclusão do entrelace de etapas a partir de materiais em comum, que serão agrupados formando camadas de peles no bunker, que poderão ser adicionadas à sua estrutura (esqueleto, como será visto), gerando a proteção necessária para cada tipo de desastre.

Diagrama 1: Entrelace de etapas



Legenda:



Fonte: Autora, 2022

5.3 DEFINIÇÃO DE MATERIAIS

Os materiais do Bunker Século XXI foram escolhidos tendo-se em vista suas propriedades físicas para atender aos desastres definidos, assim como o seu peso, para facilitar o transporte, para cumprir sua função emergencial e itinerante. Portanto, são, em sua maioria, materiais resistentes e leves:

- **Aço inoxidável 1cm:**

O aço inoxidável é o material mais pesado da composição do bunker, pesando 8g/cm^3 e, por isso, é utilizado em pequena quantidade na estrutura. É um material resistente a altas temperaturas e à corrosão, por ser inoxidável, o que faz dele um ótimo material quando se trata de adaptabilidade. Ele será utilizado nos formado de tubos e chapas.

- **Alumínio estrutural 1cm:**

O alumínio estrutural é um dos material mais leves utilizados em estruturas, pesando 3g/cm^3 , menos da metade do peso do aço inox. Possui resistência à corrosão e baixa densidade. Seu uso é comum na construção naval, na indústria e na execução de estruturas. Ele será utilizado no formato de perfil “U” e chapa.

- **Placa de polipropileno 3mm:**

A escolha do polipropileno (Figura 13) se deu pela leveza do material, um dos termoplásticos mais leves do mercado, pesando apenas $0,91\text{g/cm}^3$. É um material impermeável a líquidos e gases, sendo um dos melhores quando se trata de resistência química, além de possuir boa estabilidade térmica. É comercializado em chapas que podem ser encontradas na cor cinza, preto ou bege. O maior tamanho de chapa disponível é de $4\text{m} \times 1,30\text{m}$.

Figura 13: Tanque feito com chapas de polipropileno cinza



Fonte: Incomplast, 2023.

- **Placa de policarbonato 3mm:**

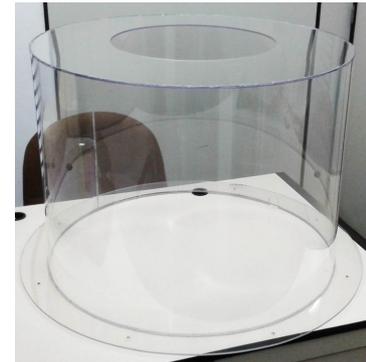
O policarbonato (Figura 14) será utilizado para iluminação natural, por se tratar de placas translúcidas muito resistentes, além de ser um material super leve comparado ao vidro, por exemplo, pois pesa $1,52\text{g/cm}^3$.

- **Manta de fibra cerâmica 1cm:**

Inicialmente, o material pensado para casos de incêndio tinha sido o Isofloc, material incombustível feito de fibras de papel reciclado, no entanto, não se trata de um material muito comum no Brasil, tornando-se de difícil acesso, além de que o seu uso indicado é para elementos de madeira – o que também foi descartado durante o processo de estudo do protótipo de bunker – e, por isso, não é comercializado em placas ou mantas.

Pensando na substituição do Isofloc, chegou-se à manta de fibra cerâmica (Figura 15), material já utilizado como isolante térmico no Brasil, sendo, por essa razão, um material de fácil acesso. O material possui micro porosidade, o que evita a propagação das temperaturas e do fogo, sendo utilizada em portas corta-fogo e forros de porta de fornos, o que o torna muito importante e útil em casos de incêndio.

Figura 14: Recipiente fabricado com policarbonato



Fonte: Incomplast, 2023

Figura 15: Manta de fibra cerâmica

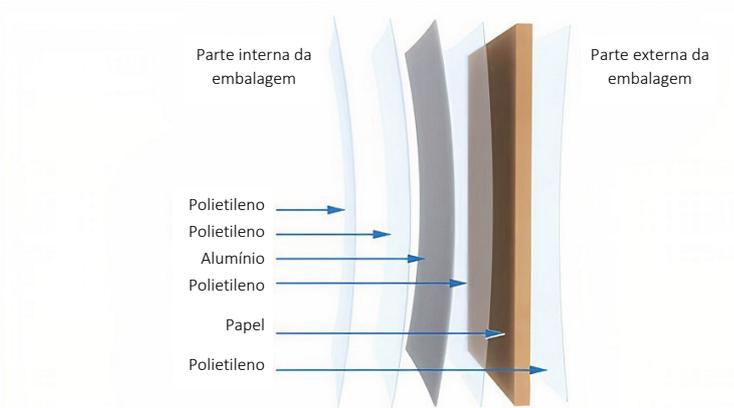


Fonte: Aldien, 2023

- **Embalagem de caixa de leite:**

Para casos que podem gerar temperaturas extremas, portanto, para obtenção de conforto térmico, será utilizada uma camada de embalagens de caixas de leite recicladas. A embalagem do leite (Figura 16), também conhecida como embalagem cartonada, funciona como isolante térmico, amenizando situações de temperaturas muito altas ou muito baixas, além de impedir o gotejamento causado pela condensação da umidade relativo ar (PAGANI, 2001).

Figura 16: Camadas da embalagem cartonada da TetraPak



Fonte: TetraPak, 2023, traduzido pela autora

- **Carbeto de silício**

Para uma proteção contra projéteis de bala, serão utilizadas placas de carbeto de silício (SiC) com 3cm de espessura. Elas podem ser feitas sob medida, são extremamente duras, mecanicamente fortes e estruturalmente leves. Por conta das suas características, são utilizadas pela aeronáutica brasileira em aviões de combate com a mesma finalidade de blindagem balística (Figura 17).

Figura 17: Painel de carbeto de silício em aeronave

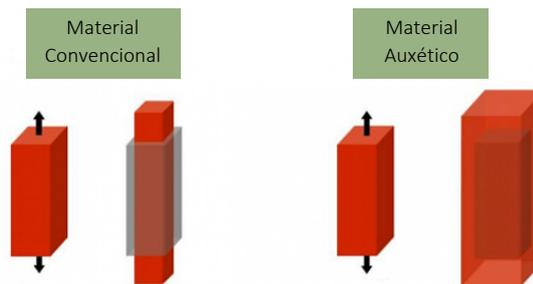


Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço (Força Aérea Brasileira), 2020

- **Tecido zetix**

Para a proteção de uma situação onde é gerada uma grande pressão contra as paredes do bunker, como ativação de bombas, será utilizada uma camada de tecido zetix (Figura 18), considerado “um tecido capaz de dispersar a energia das explosões por meio de uma estrutura interna construída com princípios auxéticos. Isso quer dizer que, quanto mais você estica, mais o tecido estufa” (CIRIACO, 2013).

Figura 18: Ilustração de como funciona a tecnologia do tecido Zetix



Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço (Força Aérea Brasileira), 2020

6. BUNKER
SÉCULO XXI -
PROTÓTIPO

6.1 VOLUMETRIA

A composição volumétrica foi um objetivo relevante para alcançar a atualização do conceito de bunker, perpassando por funcionalidade, segurança, transporte e estética. A volumetria do bunker foi concebida considerando-se que ela precisaria ser dobrável e de estrutura leve, além de ser simples de manusear. A pesquisa passava também pela proposta de um módulo replicável. O processo para chegar à volumetria final se deu da seguinte forma: os primeiros estudos foram feitos em papel sulfite, com formas bidimensionais que se repetam criando volumes, para que houvesse a possibilidade de dobradura, como apresentado nas Figuras 23, 24 e 25.

Figura 23: Volume em papel formado por hexágonos



Fonte: Autora, 2022

Figura 24: Volume em papel formado por triângulos



Fonte: Autora, 2022

Figura 25: Volume em papel formado por triângulos



Fonte: Autora, 2022

Após esse primeiro teste com formas geométricas básicas, o estudo com papel continuou agora partindo das dobraduras utilizadas para fazer um barco de papel (Figuras 26, 27 e 28).

Figura 26: Barco de papel



Fonte: Autora, 2022

Figura 27: Barco de papel em transformação, antes de finalizar sua montagem



Fonte: Autora, 2022

Figura 28: Barco de papel em transformação, antes de finalizar sua montagem, com bordas recortadas



Fonte: Autora, 2022

Ao chegar num volume interessante no papel, o desafio foi fazer a volumetria num material mais rígido (papelão), mantendo-se as dobraduras com o auxílio de pequenas dobradiças coladas nas faces, utilizando-se de referência as esculturas neoconcretas da coleção “Bichos” (1959), da Artista Lygia Clark (Figura 29), que traz plasticidade e movimento a chapas metálicas com a utilização de dobradiças embutidas.

Figura 29: Caranguejo. Peça composta por 7 triângulos agudos (chapas metálicas), unidos por dobradiças.



Fonte: Lygia Clark, 1959

A principal ideia era a de que o bunker pudesse ser transportado dobrado de forma plissada para o local de necessidade e que, ao desdobrá-lo, o bunker estivesse em condições de uso, sem demandar etapas adicionais de montagem. Sendo assim, o primeiro estudo com as dobradiças foi feito apenas com as laterais (vedações), ainda sem cobertura e piso e com o tamanho de 8m x 8m, na escala de 1:100, ilustrado nas Figuras 29, 30 e 31.

Figura 29: Uma unidade de bunker dobrada em estudo



Fonte: Autora, 2022

Figura 30: Uma unidade de bunker aberta em estudo



Fonte: Autora, 2022

Figura 31: Duas unidades de bunker abertas em estudo, uma sobre a outra



Fonte: Autora, 2022

Com as mesmas dimensões do modelo anterior, foi feita, em seguida, uma experimentação dobrando-se as pontas superiores do papelão para dentro (Figuras 32, 33 e 34), para que fosse facilitado o transporte do bunker em caminhão baú. Essa ideia foi descartada por ocupar o dobro de espaço, em espessura, dado o volume criado pelas abas dobradas.

Figura 32: Uma unidade de bunker desmontado com abas dobradas em estudo



Fonte: Autora, 2022

Figura 33: Uma unidade de bunker desmontado com abas abertas em estudo



Fonte: Autora, 2022

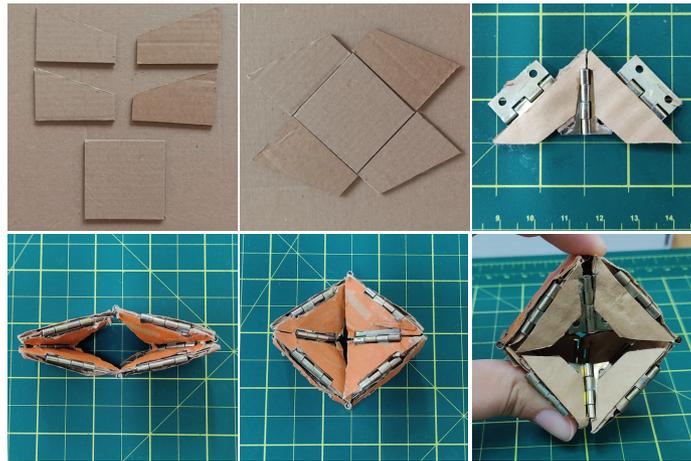
Figura 34: Uma unidade de bunker montado com abas abertas em estudo



Fonte: Autora, 2022

Esse último volume se manteve sem que as pontas fossem dobradas, agora no tamanho menor de 3,60m x 3,60m, e com cobertura e piso definidos, ilustrado nas Figuras de 35 a 38. Com o decorrer do processo, viu-se a necessidade de que as unidades de bunkers abrigassem até 5 pessoas devido ao período pós desastre, que, num primeiro momento, não estava sendo considerado. Entendeu-se que seria de grande importância que as pessoas que perdessem suas casas durante o desastre pudessem permanecer no bunker até se reestabelecerem, e essa estada pode durar alguns meses devido ao processo de reforma ou reconstrução de suas moradias.

Figura 35: Processo de montagem e abertura do bunker em estudo



Fonte: Autora, 2022.

Figura 36: Uma unidade de bunker dobrada



Fonte: Autora, 2022

Figura 37: Uma unidade de bunker aberta. Uma pele de proteção a ser posicionada em uma das faces figura junto ao modelo



Fonte: Autora, 2022

Figura 38: Uma unidade de bunker aberta com uma pele de proteção adicionada a uma das faces



Fonte: Autora, 2022

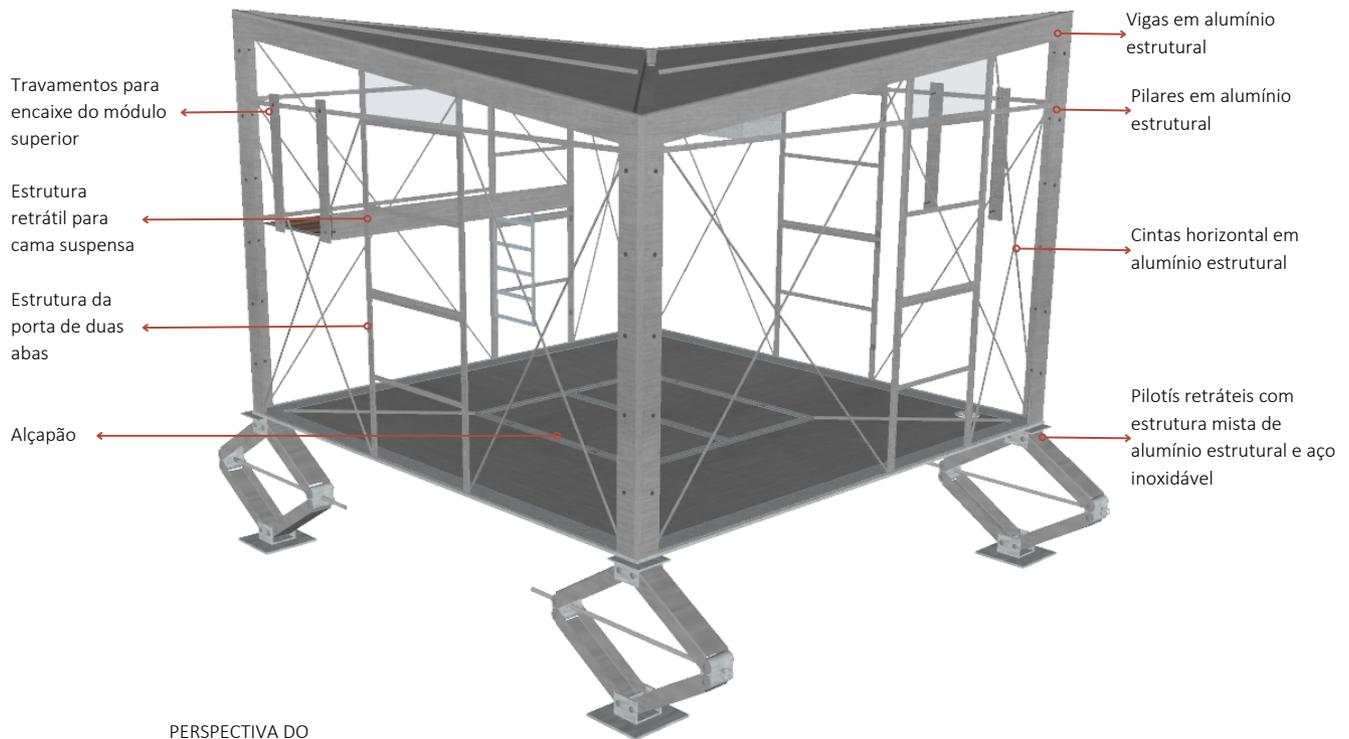
Figura 39: Volumetria sendo aberta e fechada



Fonte: Autora, 2022

6.2 ESQUELETO

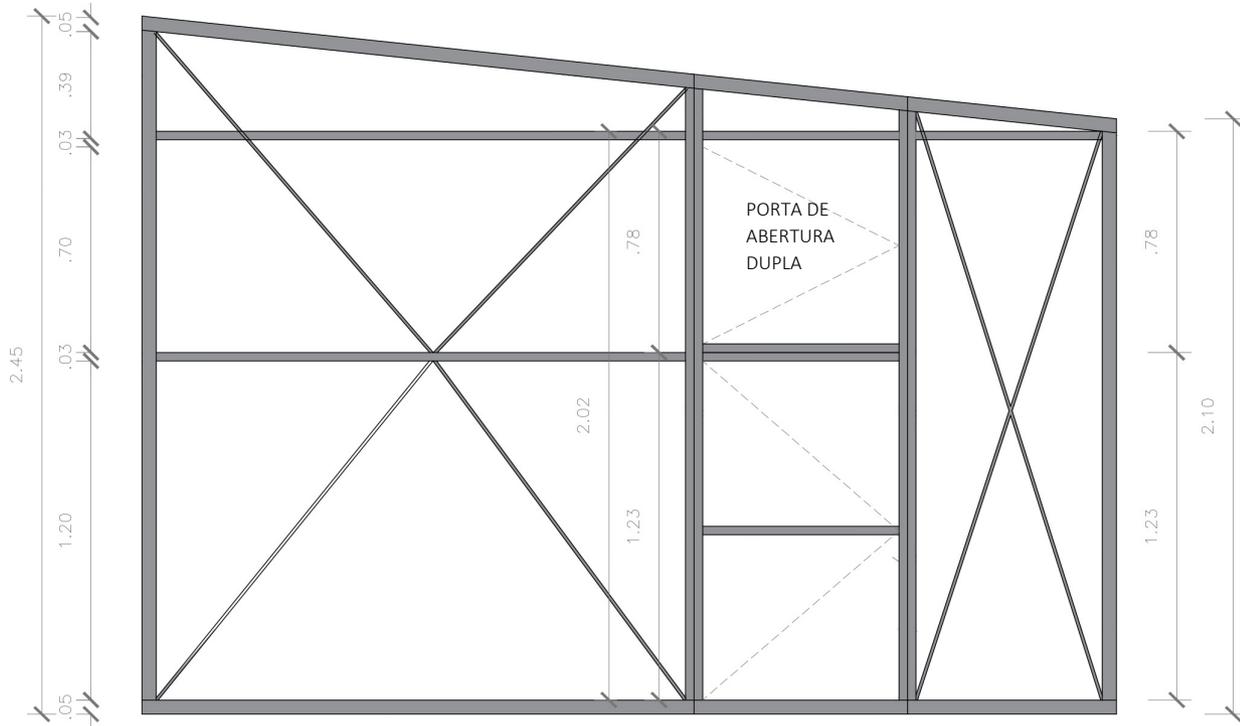
Após a definição da volumetria, o desafio foi montar a estrutura do bunker, chamada aqui de esqueleto. Ele é comum a todas as etapas, e nela serão adicionadas as peles, de acordo com a necessidade. Todo o esqueleto é composto por aço inoxidável e alumínio estrutural, ambos revestidos por pinturas intumescentes para garantir melhor conforto térmico e resistência ao fogo.



PERSPECTIVA DO
ESQUELETO DO BUNKER

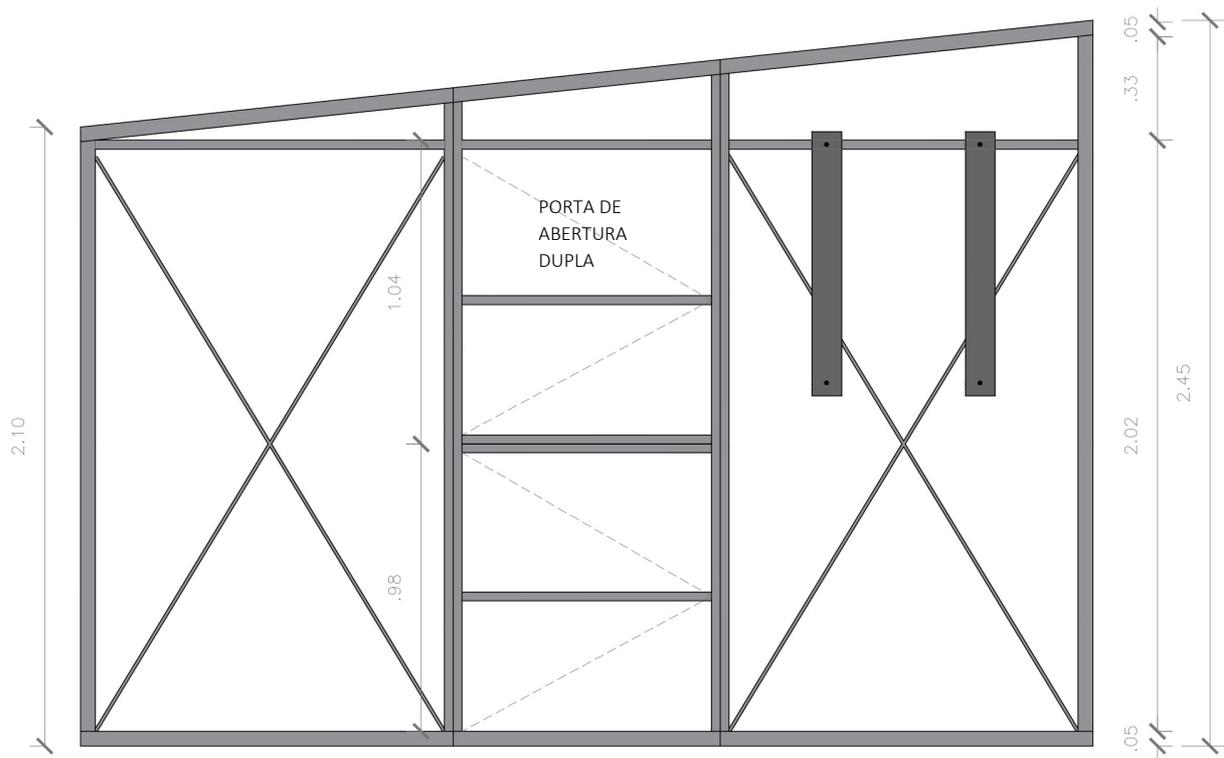
CINTAS E TRAVAMENTOS

A aplicação de cintas metálicas horizontais de travamento contribui para a estabilidade do bunker, além de ser muito útil em casos de maiores esforços de movimentação, por proporcionar travamentos na estrutura, preservando assim o esqueleto do protótipo contra os esforços gerados, principalmente em casos de tremores.



VISTA FRONTAL DOS TRAVAMENTOS
PRESENTES EM DUAS FACES OPOSTAS

Escala 1:25



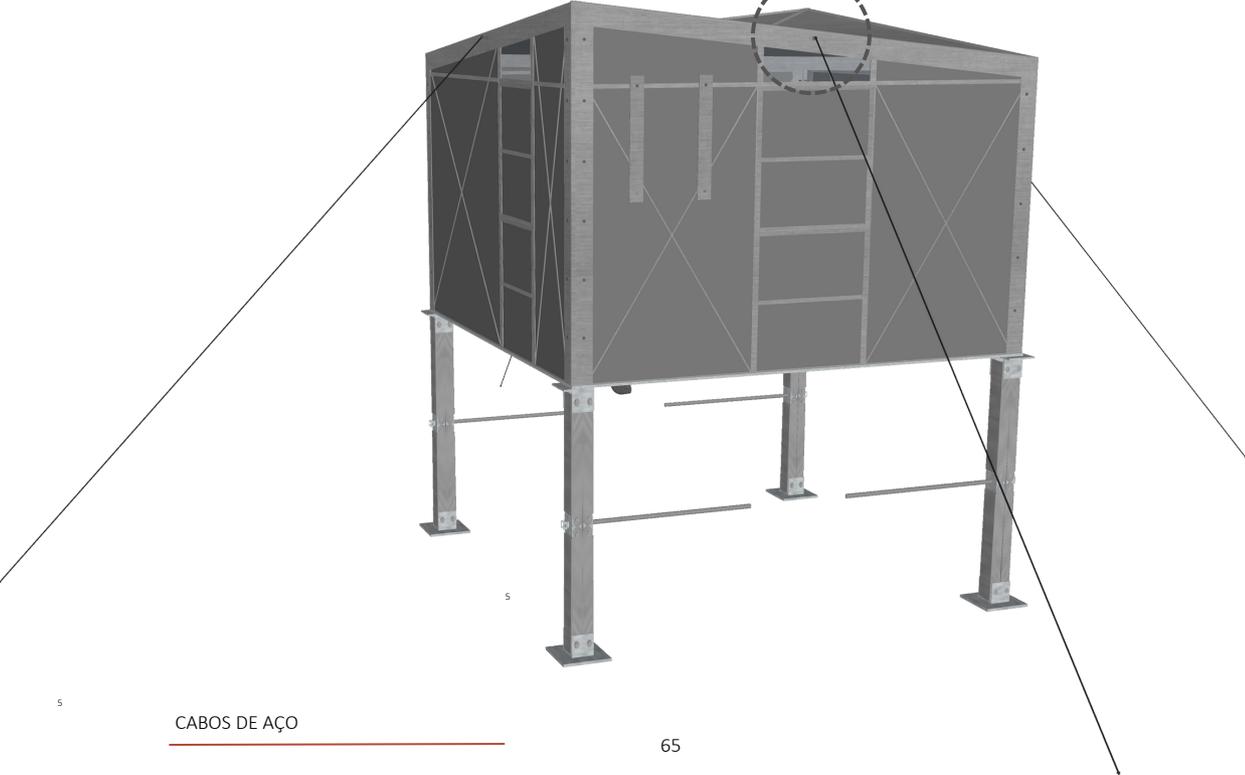
VISTA FRONTAL DOS TRAVAMENTOS PRESENTES
NAS OUTRAS DUAS FACES OPOSTAS

Escala 1:25

Na parte superior do bunker existe um gancho em cada um dos quadro lados para fixação de cabos de aço, que servem como travamentos e fixação ao chão, em casos onde se necessite maior estabilidade.



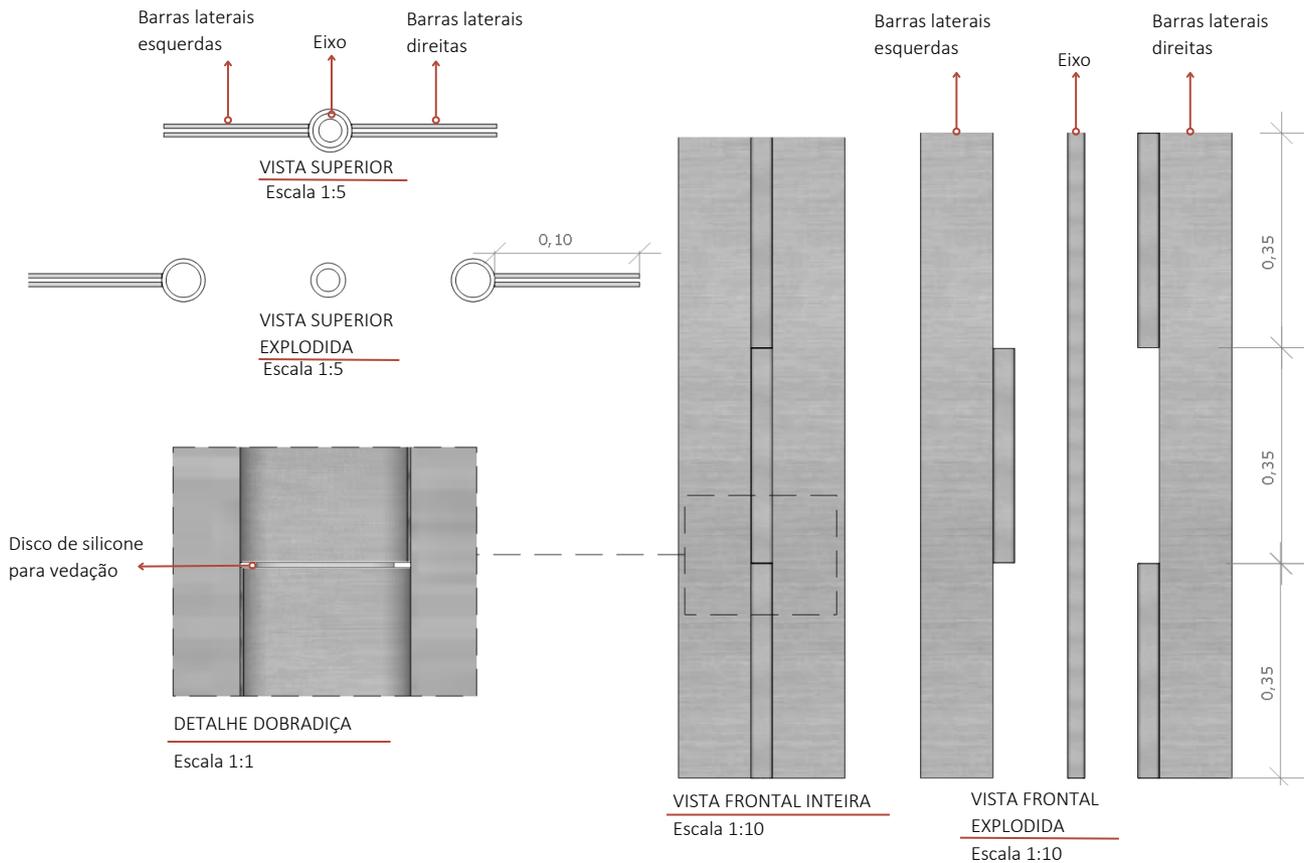
GANCHO PARA CABO DE AÇO



CABOS DE AÇO

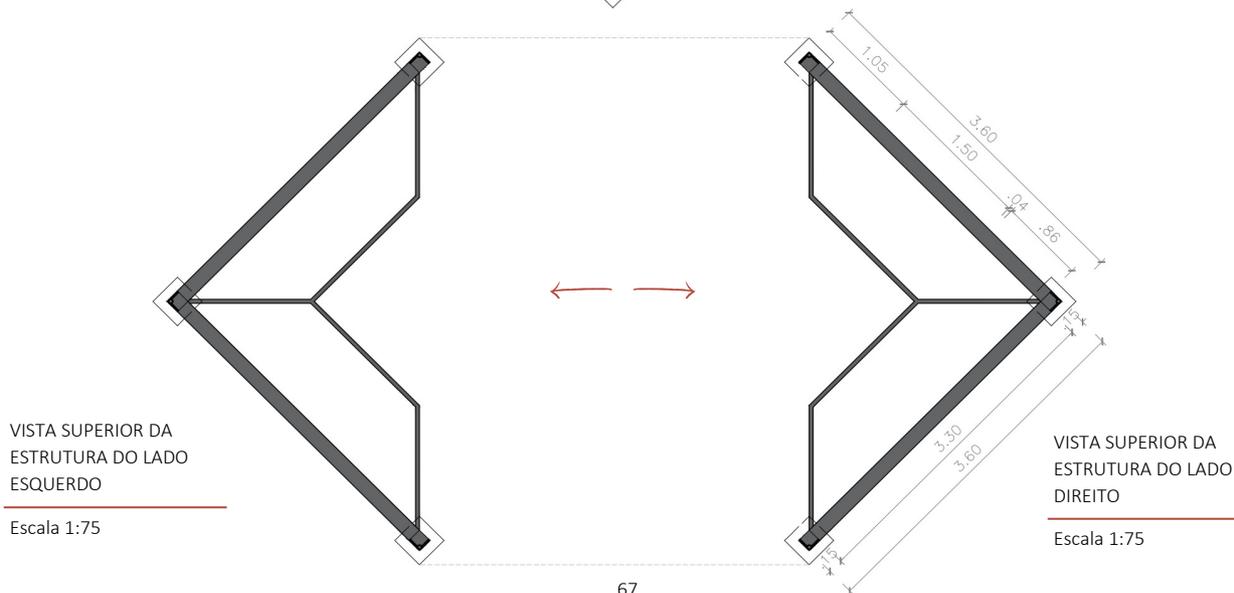
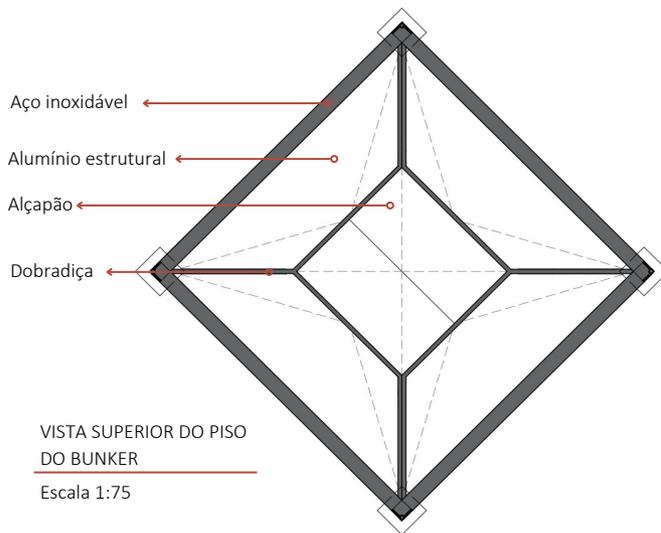
DOBRADIÇAS

O estudo de volumetria seguido do estudo de dobraduras do bunker auxiliou na percepção da necessidade de dobradiças em sua construção. Inicialmente, pensou-se a utilização de dobradiças comuns, mas, ao se compreender as possibilidades do alumínio estrutural e as possíveis falhas na vedação utilizando dobradiças comuns, pelos espaços que seriam gerados entre uma e outra, optou-se pela fabricação de uma grande dobradiça, com duas barras laterais, como mostra a vista explodida superior, ao invés de uma, como é comumente encontrada, possibilitando o encaixe da vedação sem a necessidade de furos, apenas por meio de encaixe.

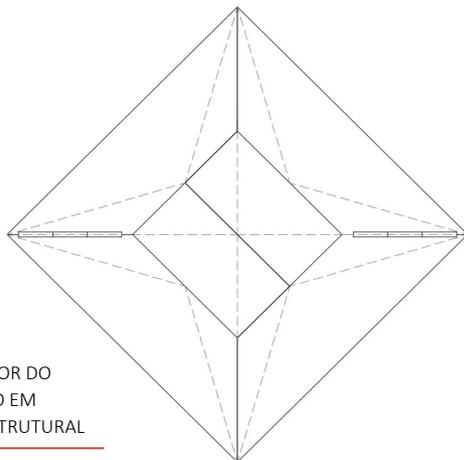


PISO

O piso do bunker também faz parte do seu esqueleto. Por se tratar de algo dobrável, as estruturas do lado esquerdo e do lado direito (orientação vide a planta) são individuais, compostas por aço inox em todo seu entorno, e para o fechamento é utilizado o alumínio estrutural.

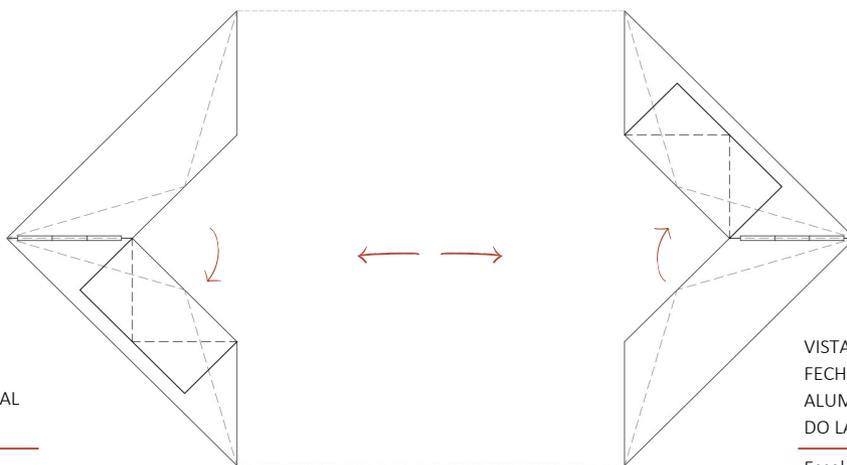


Como mostrado anteriormente, as estruturas do lado esquerdo e direito são independentes, logo, a fixação do alçapão é feita cada uma na estrutura do seu respectivo lado. Abaixo mostra-se um esquema da fixação e abertura dessas portas.



VISTA SUPERIOR DO
FECHAMENTO EM
ALUMÍNIO ESTRUTURAL

Escala 1:75



VISTA SUPERIOR DO
FECHAMENTO EM
ALUMÍNIO ESTRUTURAL
DO LADO ESQUERDO

Escala 1:75

VISTA SUPERIOR DO
FECHAMENTO EM
ALUMÍNIO ESTRUTURAL
DO LADO DIREITO

Escala 1:75

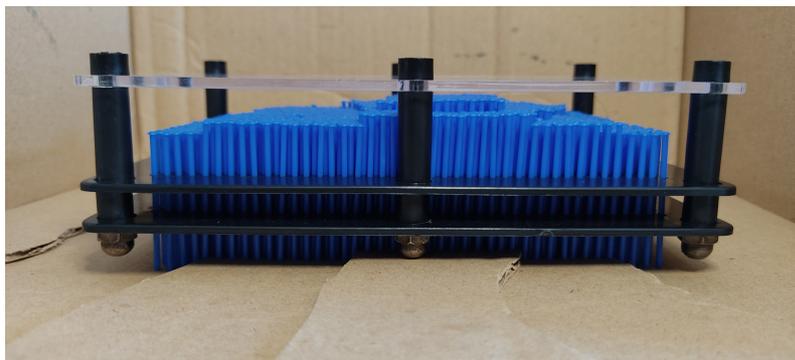
ELEVAÇÃO DA ESTRUTURA

O brinquedo PinArt foi utilizado como objeto de estudo de implantação do bunker por sua adaptabilidade às diferentes superfícies em que é colocado (Figura 40). O funcionamento do brinquedo se dá pela existência de centenas ou milhares de pinos (a depender da sua dimensão) que se movimentam, adaptando-se às superfícies em que é colocado, com uma limitação de altura dada pela base oposta aos pinos adaptáveis, feita em material translúcido que possibilita, por sua vez, a visualização das formas geradas através da movimentação dos pinos para frente ou para trás.

A experiência lúdica de manipulação do PinArt levou à predefinição do uso de um mecanismo análogo de adaptação às superfícies na concepção projetual do bunker, utilizando-se do brinquedo para pensar a arquitetura.

O uso de um mecanismo de adaptação à superfícies surgiu após o entendimento de que o bunker precisaria ser itinerante e, para que isso aconteça, vislumbra-se que ele possa adaptar-se a qualquer superfície em que seja inserido.

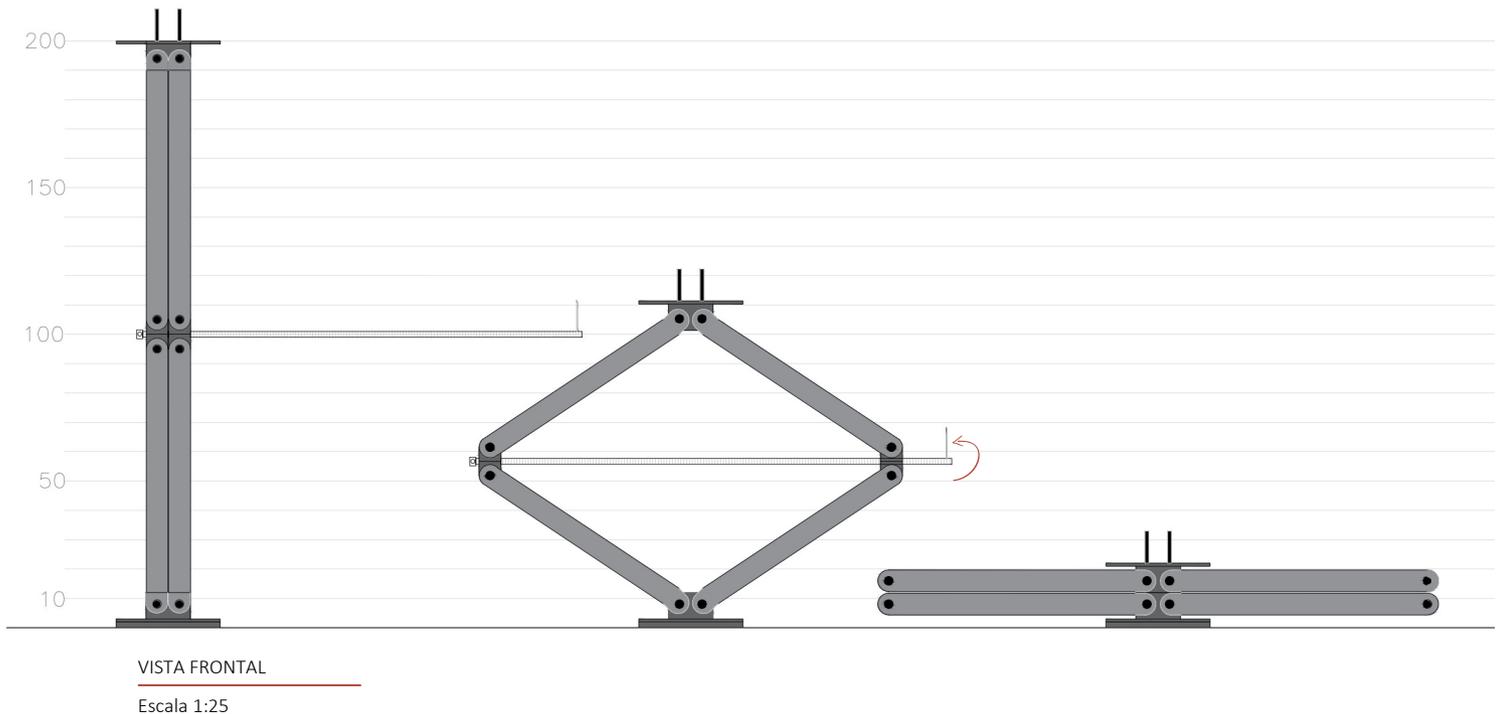
Figura 40: PinArt sobre maquete topográfica



Fonte: Autora, 2022

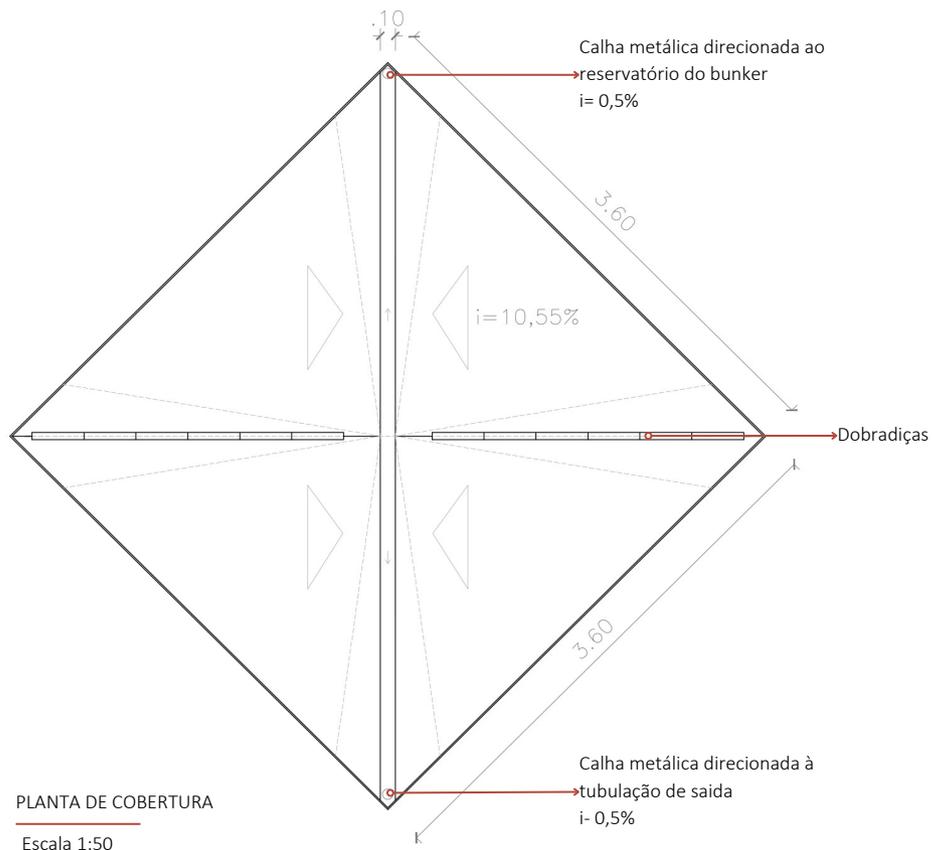
Para utilizar do mesmo princípio do PinArt na construção do bunker, foram desenvolvidos pilotis com regulagem de altura que podem ser instalados facilmente, girando o pino central até que o bunker alcance a altura desejada. O sistema utilizado é exatamente igual o de macacos de suspensão, geralmente utilizados na suspensão de carros, só que para o bunker, em tamanho maior. A altura dos pilotis chega a 2m.

A estrutura do bunker deverá ser aberta e logo em seguida posicionada sobre os pilotis em sua menor altura (25 cm), encaixando-os nos pinos superiores (que também funcionam para junção dos módulos de bunkers) e, após o posicionamento, dever-se-á girar o pino central para regulagem dos pilotis até atingir a altura necessária e o bunker ficar nivelado no chão. Pelo menos duas pessoas serão necessárias para esse trabalho de fixação dos pilotis.



COBERTURA

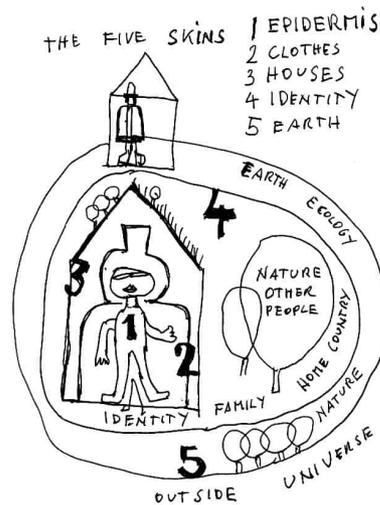
A cobertura do bunker configura-se por quatro planos dobráveis para dentro do protótipo e as quedas de água convergem para uma calha central que levará a água da chuva para o reservatório de água localizado acima da pia interna ou para fora do bunker, através de uma tubulação que passa por dentro do protótipo e sai por baixo dele, caso o reservatório mencionado já esteja cheio. A cobertura é feita de aço inoxidável (utilizado nas dobradiças) e alumínio estrutural, ambos revestidos com pintura intumescente.



6.3 PELES

Friedensreich Hundertwasser, artista e arquiteto austríaco, fez uma relação entre o homem e suas vivências com os espaços em sua “Teoria das cinco peles” sintetizada na Figura 41. Segundo a teoria, a epiderme seria a primeira pele, a camada externa do corpo responsável por protegê-lo; a segunda seria o vestuário, criado para que cada um possa se (des)cobrir e se expressar socialmente. A partir da terceira pele, Hundertwasser amplia cada vez mais essa dimensão para além do indivíduo, trazendo a casa, a identidade social e o meio global, como terceira, quarta e quinta peles, respectivamente.

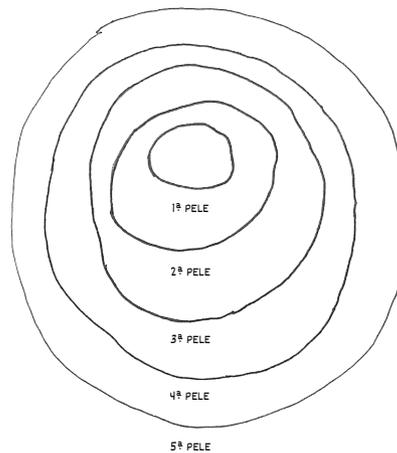
Figura 41: Imagem-síntese da “Teoria das Cinco Peles”, de Hundertwasser



Fonte: Hundertwasser Non-profit Foundation

A “Teoria das cinco peles” foi utilizada como inspiração para a definição das peles de proteção do bunker, como mostra o esquema da Figura 42. Os tipos de desastres demandam diferentes tipos de materiais, e para que um mesmo protótipo de bunker seja capaz de atender a diferentes situações, as peles poderão ser adicionadas a ele ou removidas, de forma simplificada, funcionando como a montagem e desmontagem de um brinquedo Lego.

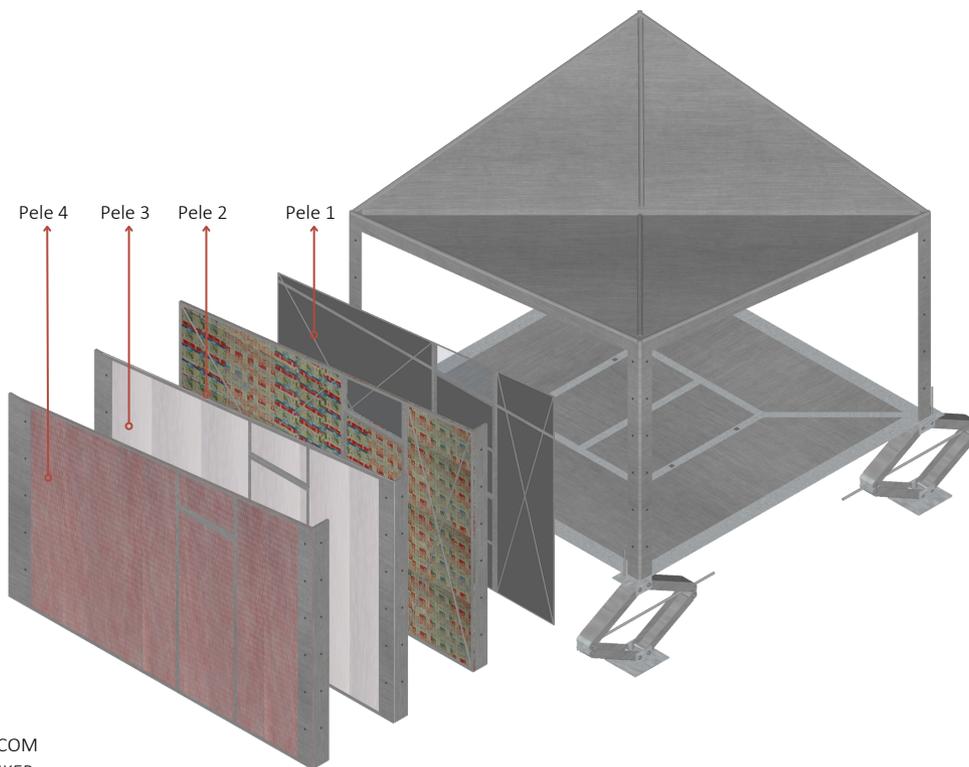
Figura 42: estudo de adição de peles de proteção



Fonte: Autora, 2022 (com base na “Teoria das Cinco Peles”, de Hundertwasser)

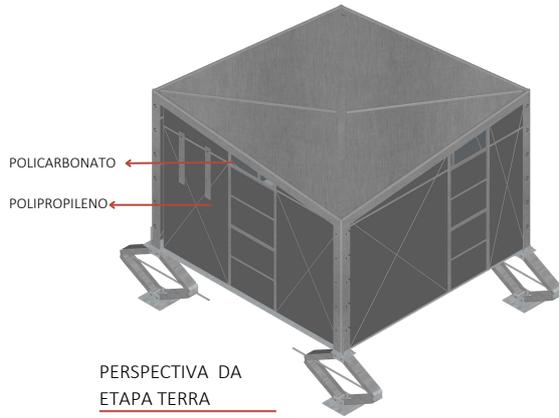
A definição prévia dos materiais que formam as peles ocorreu a partir do entendimento dos impactos físicos gerados pelos desastres ambientais, de acordo com os cenários estudados, conforme visto no capítulo 5. Etapas: definições e divisões.

O uso de mais de um material em cada pele possibilita uma proteção mais eficaz. Totalizam-se, assim, cinco peles de proteção para o bunker, ilustradas abaixo. A quinta pele diz respeito ao solo, que será também uma pele de proteção utilizada na Etapa Guerra. O encaixe das peles será feito lateralmente a partir de pinos rosqueáveis e travamento com porcas sextavadas. Dessa forma, o esqueleto e a moldura que segura as peles possuem furos para que os pinos possam ser encaixados. No caso de não precisar adicionar mais de uma pele, esse furo é fechado pelo próprio pino. A cobertura e o piso são partes estruturais do bunker e por isso, entendeu-se que as peles laterais atenderiam às etapas, com exceção da Etapa Guerra, em que o solo cumpre a função de pele também acima e abaixo do bunker.

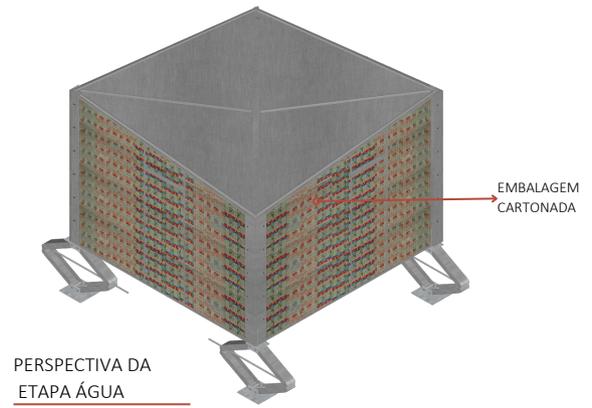


PERSPECTIVA COM
PELES DO BUNKER

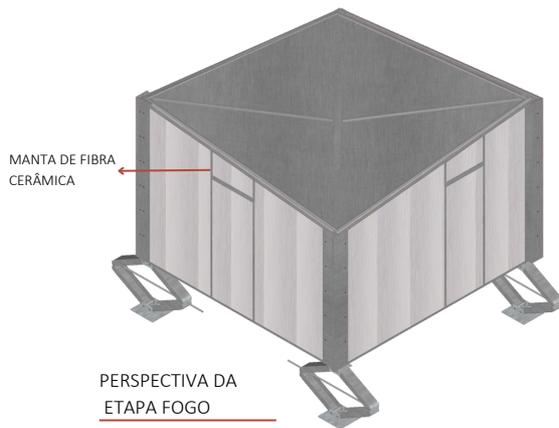
PELE 1



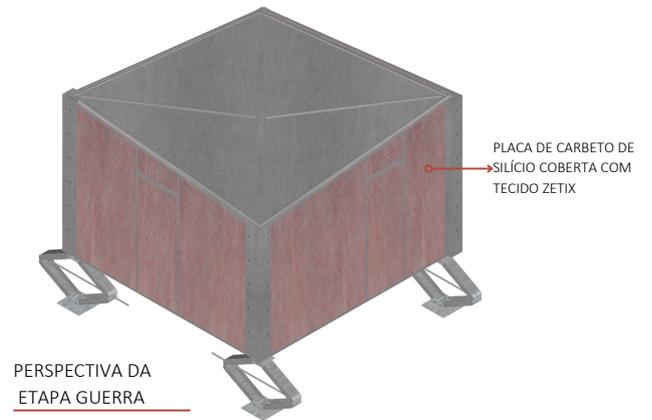
PELE 2



PELE 3

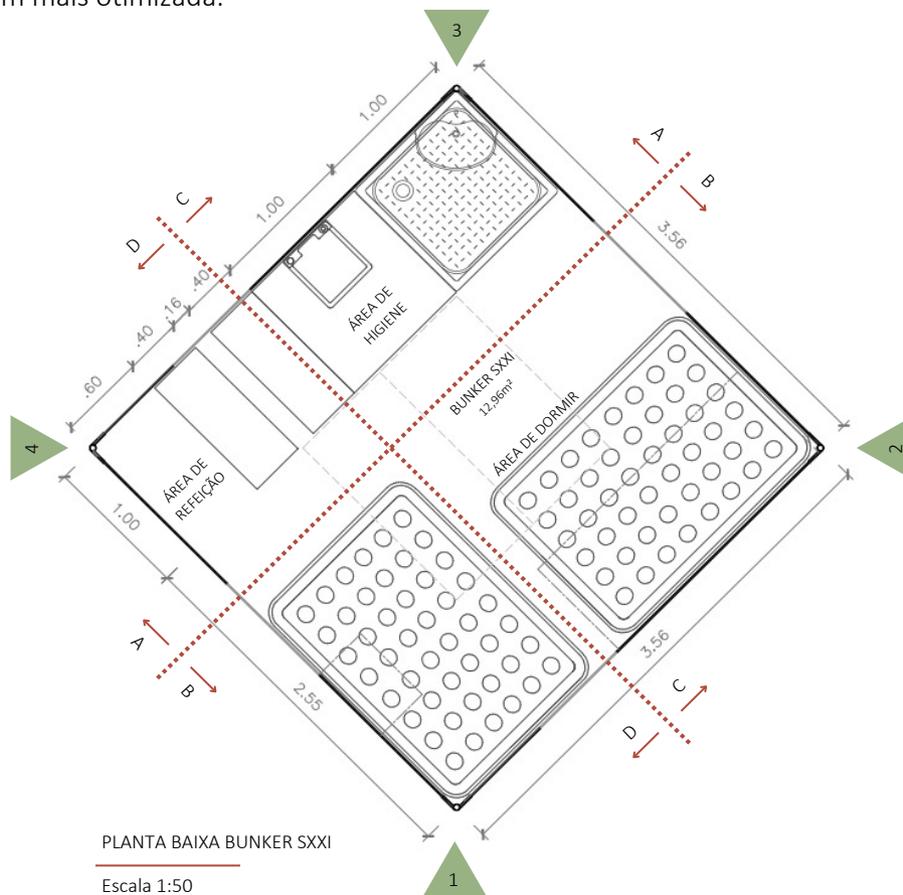


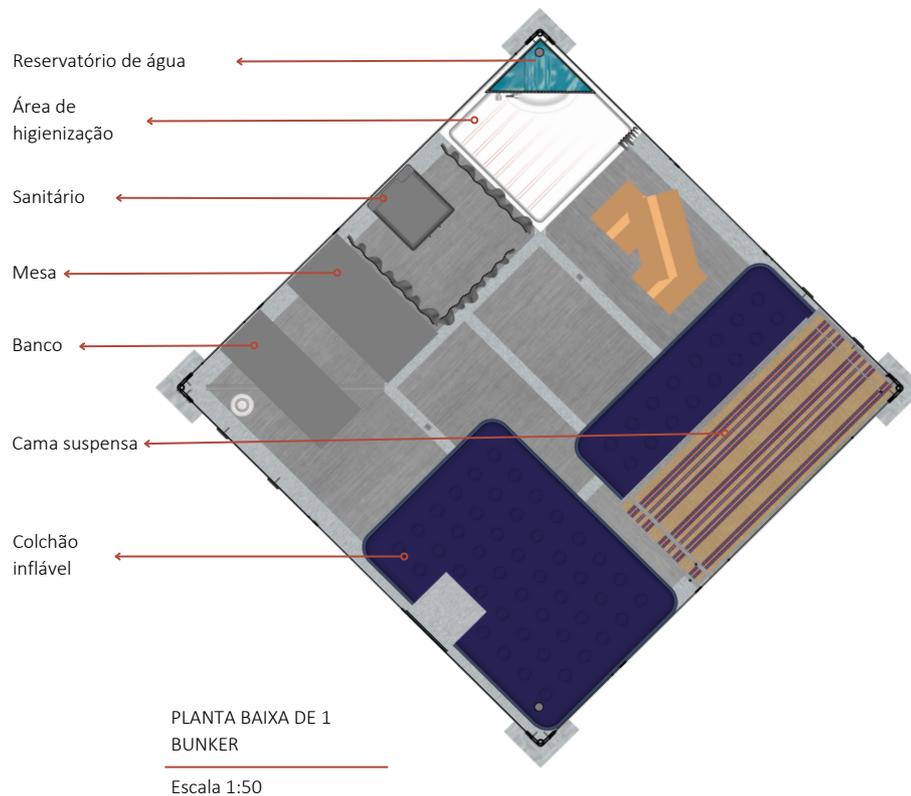
PELE 4



6.4 PROTÓTIPO

O Bunker Século XXI, construído em etapas, tem 12,96m² de área, e possui base quadrada, dividida em área de dormir, área para refeições e higiene pessoal. Um módulo comporta até cinco pessoas, mas caso haja necessidade de espaços maiores, para famílias maiores, um bunker pode se juntar a outro, utilizando o mesmo sistema de pinos das peles e dos pilotis. Todos os objetos que aparecem na planta abaixo podem ficar dentro do próprio bunker quando ele se fecha, tornando sua montagem mais otimizada.



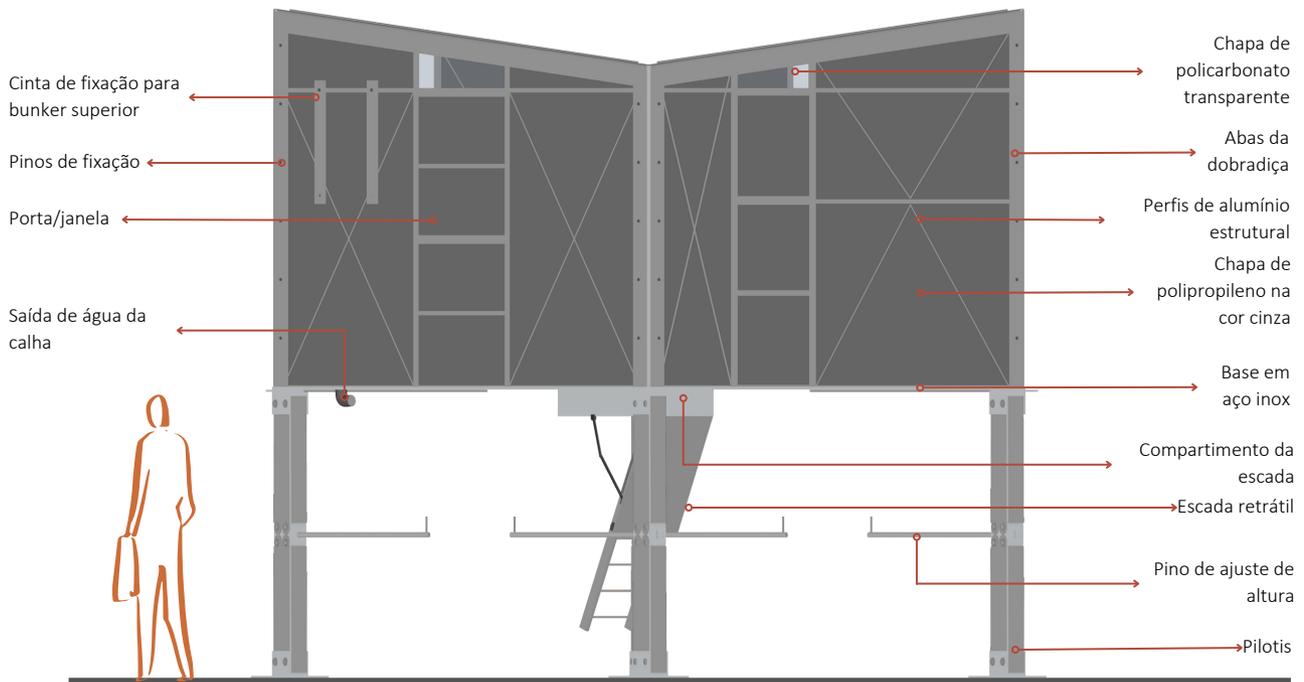




Bunker século XXI em uso

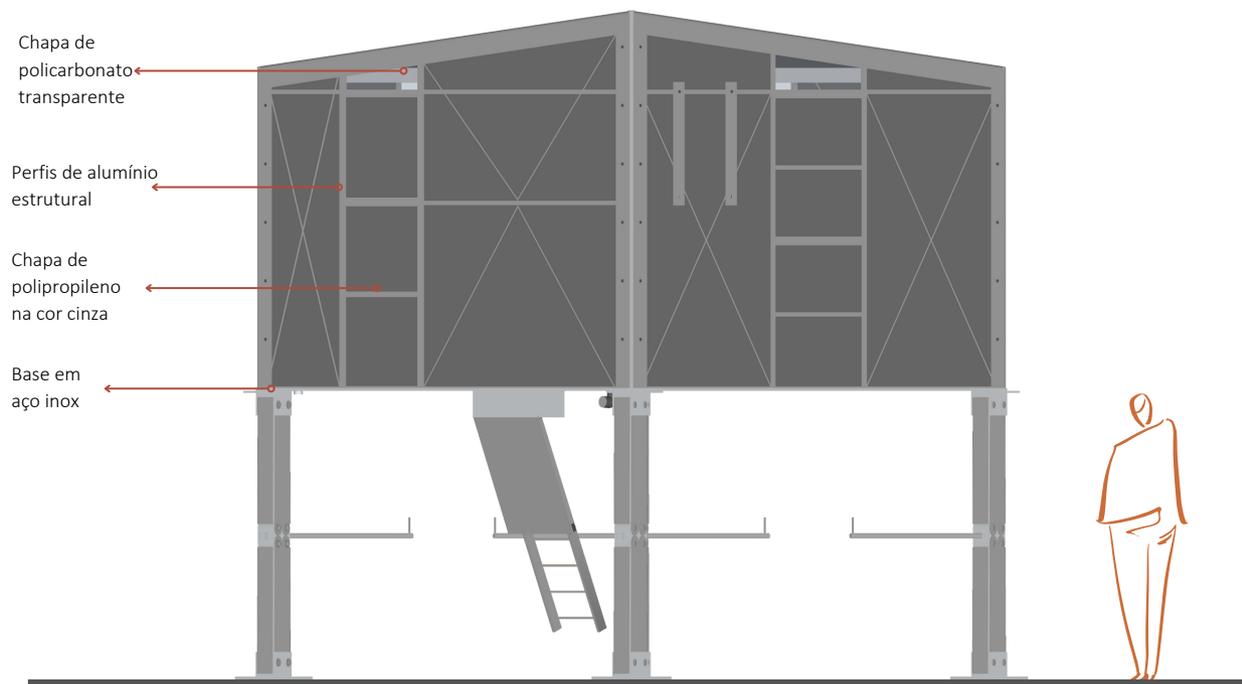
FACHADAS

As fachadas possuem materiais diferentes de acordo com cada etapa, exemplificados nas perspectivas das peles (páginas 74 e 75). Aqui o bunker está representado com a Pele 1, que diz respeito à Etapa Terra.



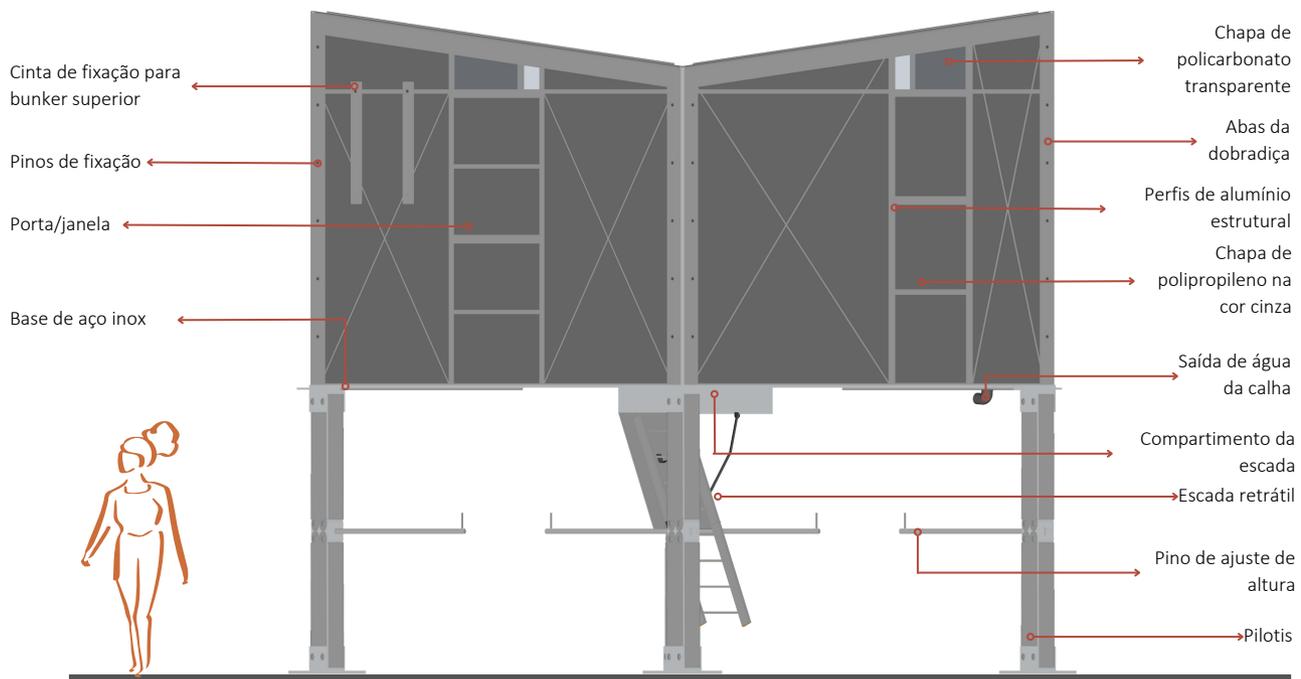
FACHADA 1

Escala 1:50



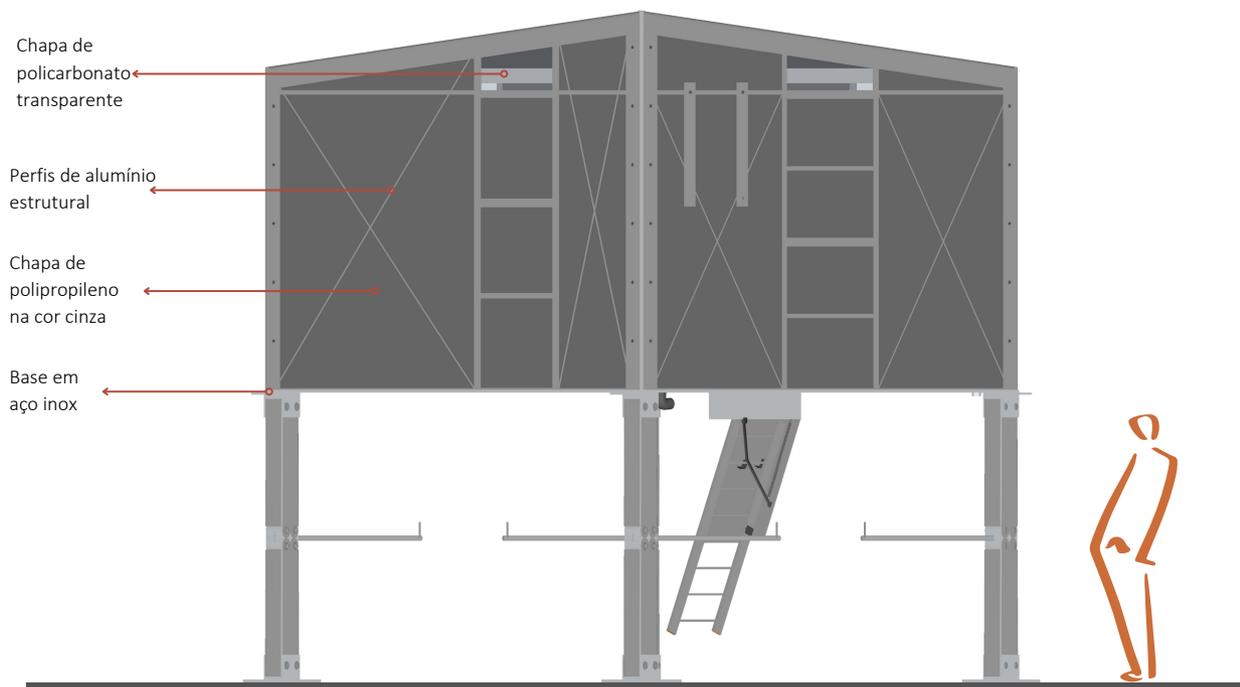
VISTA 2

Escala 1:50



VISTA 3

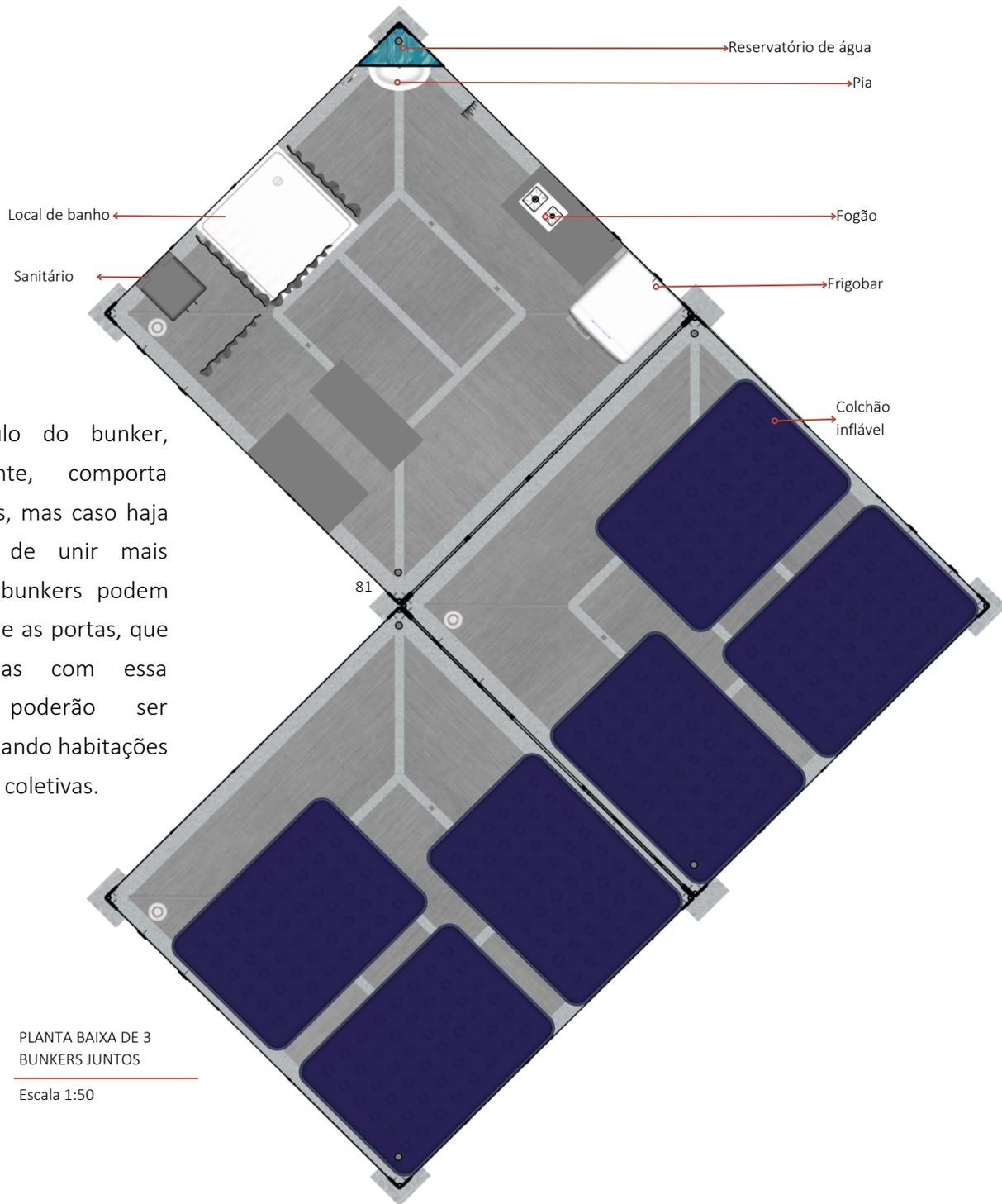
Escala 1:50



VISTA 4

Escala 1:50

JUNÇÕES

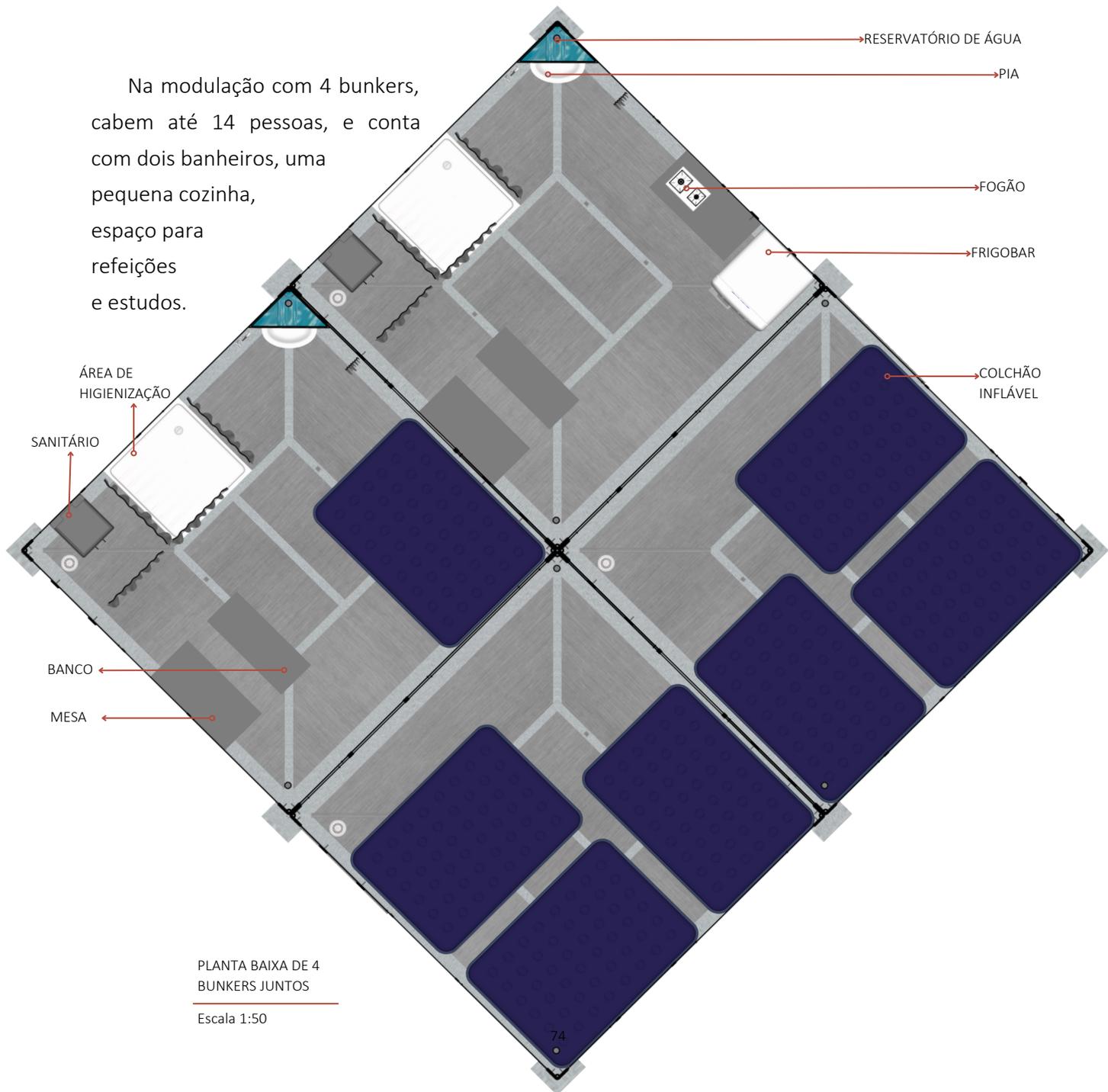


O módulo do bunker, individualmente, comporta cinco pessoas, mas caso haja necessidade de unir mais pessoas, os bunkers podem ser plugados e as portas, que são alinhadas com essa finalidade, poderão ser abertas, formando habitações maiores e/ou coletivas.

PLANTA BAIXA DE 3
BUNKERS JUNTOS

Escala 1:50

Na modulação com 4 bunkers, cabem até 14 pessoas, e conta com dois banheiros, uma pequena cozinha, espaço para refeições e estudos.



RESERVATÓRIO DE ÁGUA

PIA

FOGÃO

FRIGOBAR

COLCHÃO INFLÁVEL

ÁREA DE HIGIENIZAÇÃO

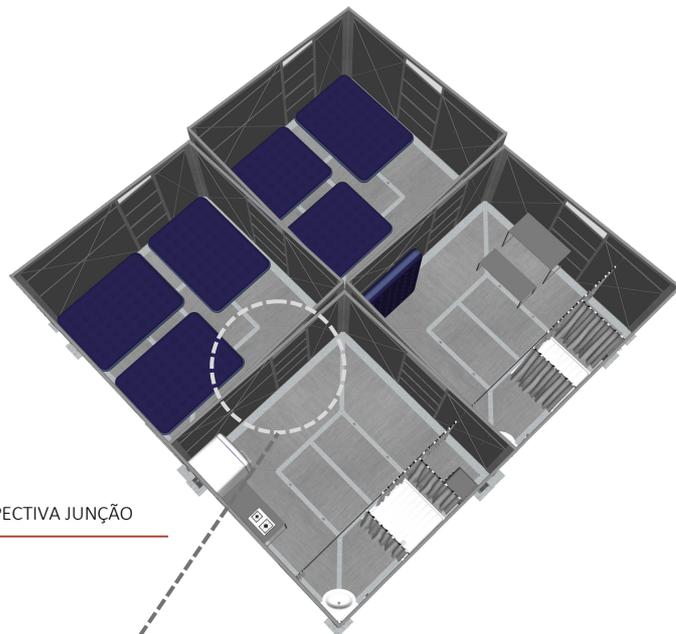
SANITÁRIO

BANCO

MESA

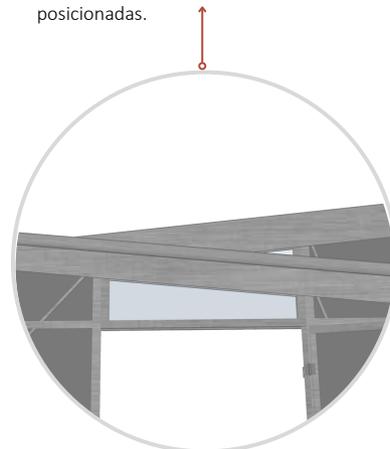
PLANTA BAIXA DE 4 BUNKERS JUNTOS

Escala 1:50

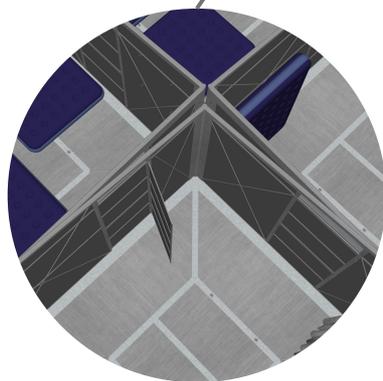


PERSPECTIVA JUNÇÃO

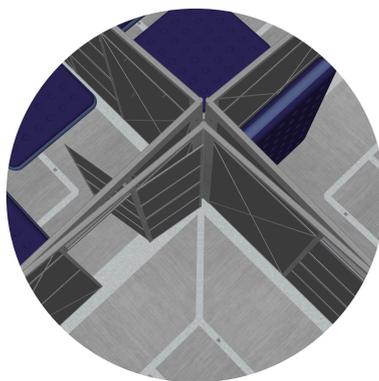
Mesmo que a junção de bunkers ocorra em lados com inclinações opostas, é possível a abertura de ambas as portas, devido à altura que elas foram posicionadas.



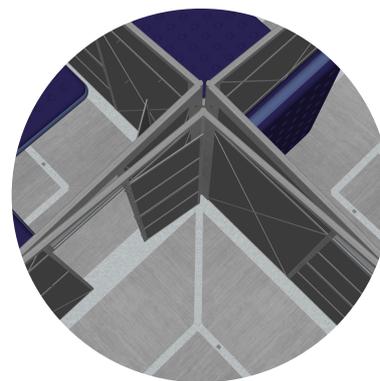
JUNÇÃO DE PORTAS



PORTA DE UM BUNKER ABERTA



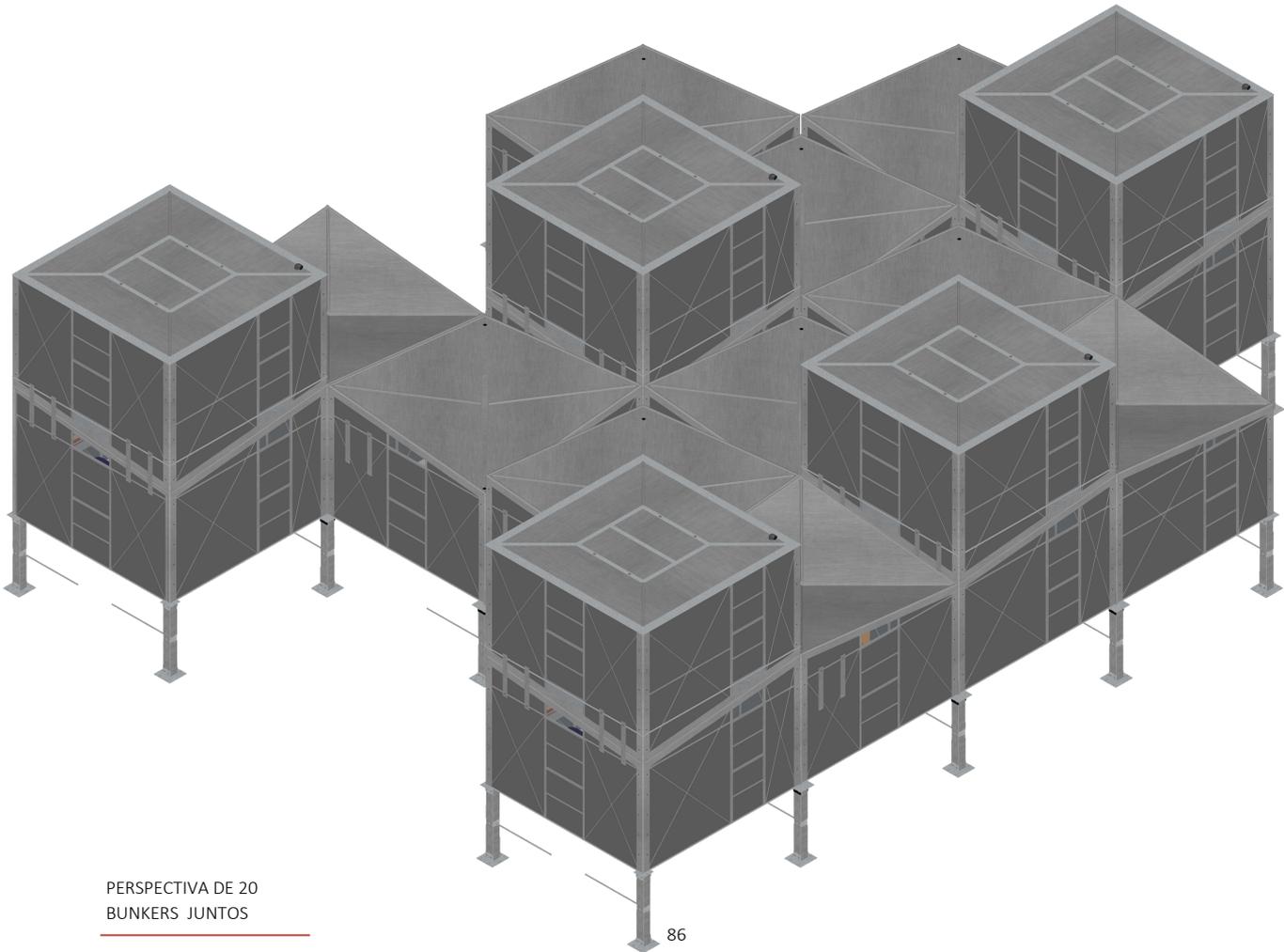
PORTAS DE DOIS BUNKERS ENTREABERTAS



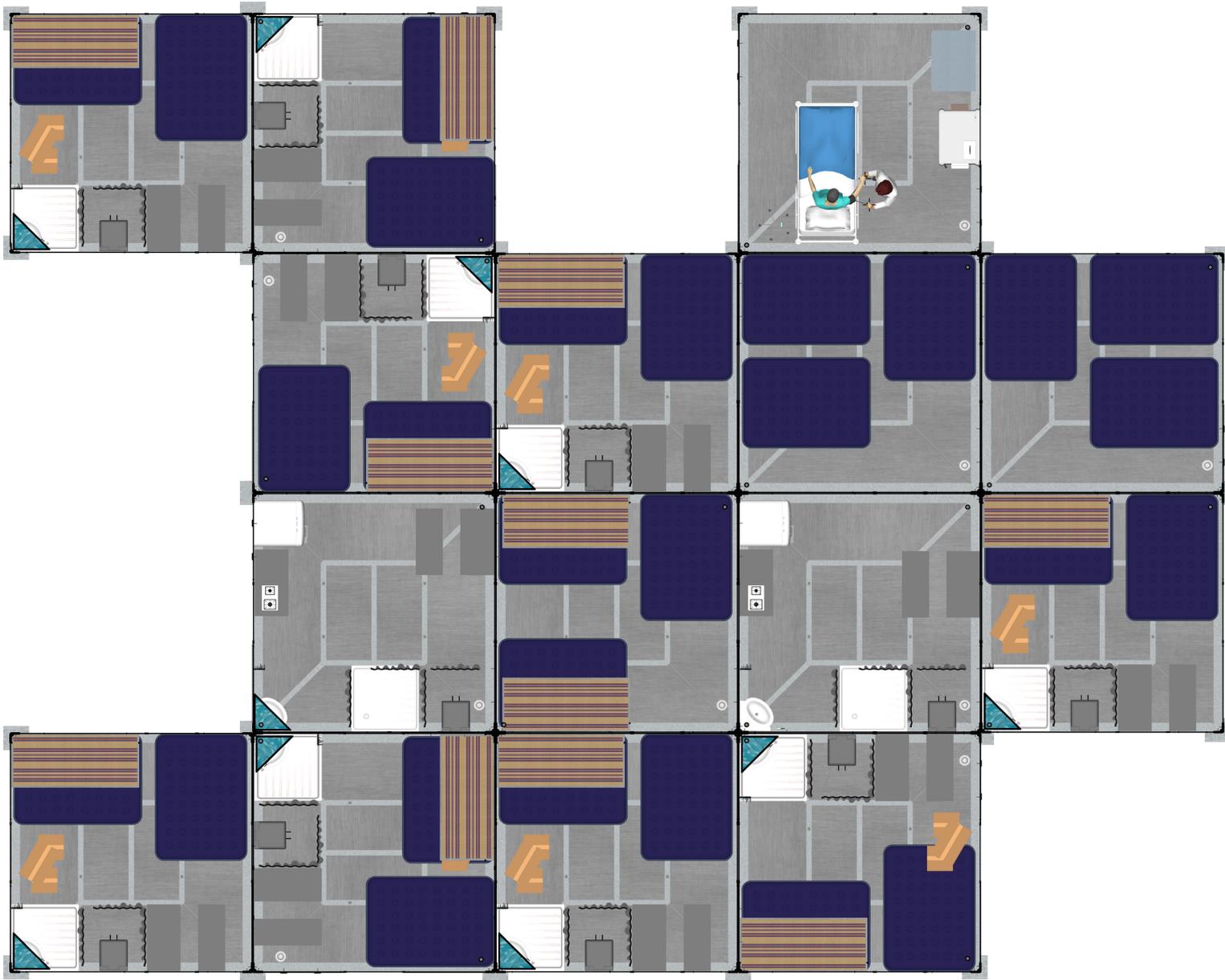
PORTAS DE DOIS BUNKERS ABERTAS

Nessa possibilidade de junção com 20 bunkers cabem até 100 pessoas, além de contar com uma enfermaria, o que seria ideal para uma situação em que o bunker seja utilizado durante o desastre.

Os bunkers superiores são uma versão invertida do protótipo e serão presos com um sistema de rolamento presente nas dobradiças superiores e serão posicionados com guinchos.

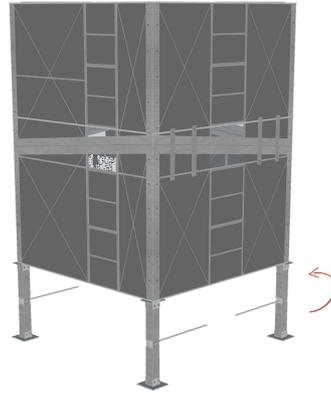
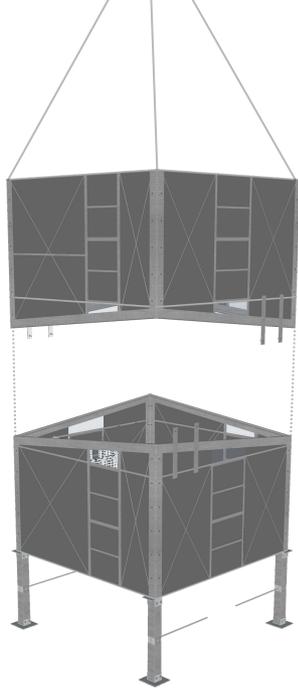


PERSPECTIVA DE 20
BUNKERS JUNTOS



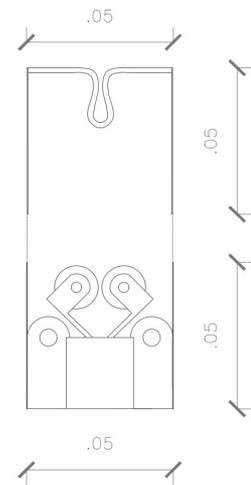
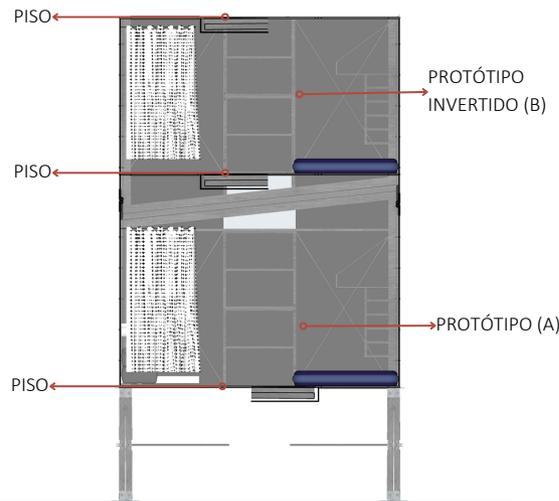
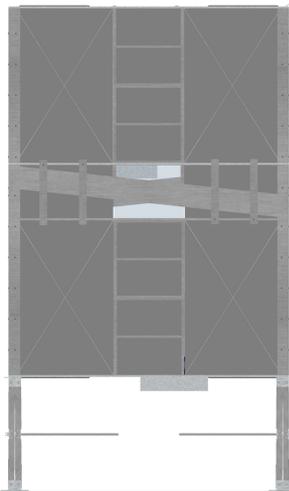
PLANTA BAIXA DE 20
BUNKERS JUNTOS

Escala 1:75



A junção superior de bunkers acontece por meio de um guincho que suspende o bunker e encaixa as partes inclinadas de cada um (cobertura do de baixo e suporte do piso do de cima).

A fixação se dá por um sistema de roletes, parecido com o sistema já utilizado em portas, mas adaptado em tamanho e resistência para o Bunker Século XXI.

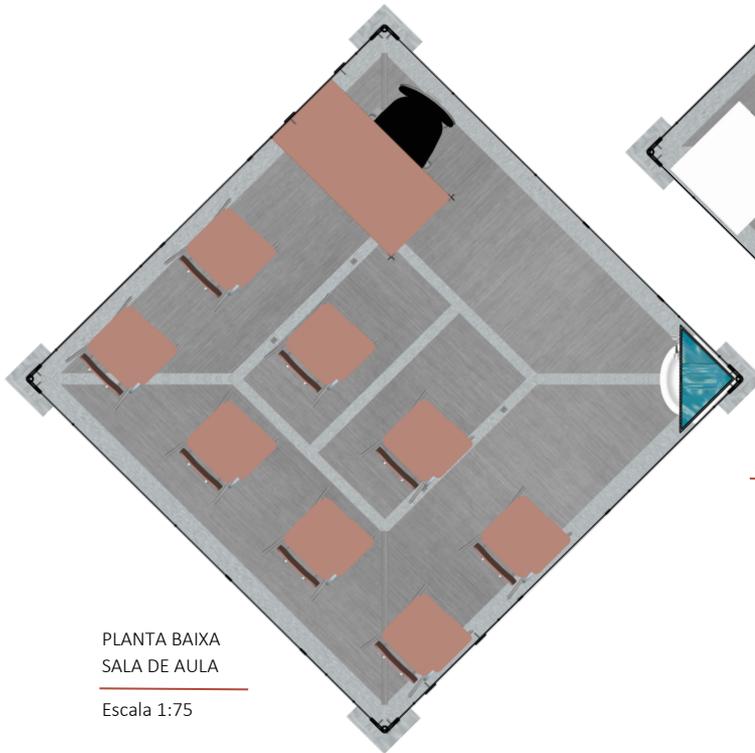


ESQUEMA DE JUNÇÃO SUPERIOR DOS BUNKERS

ROLETE DE JUNÇÃO

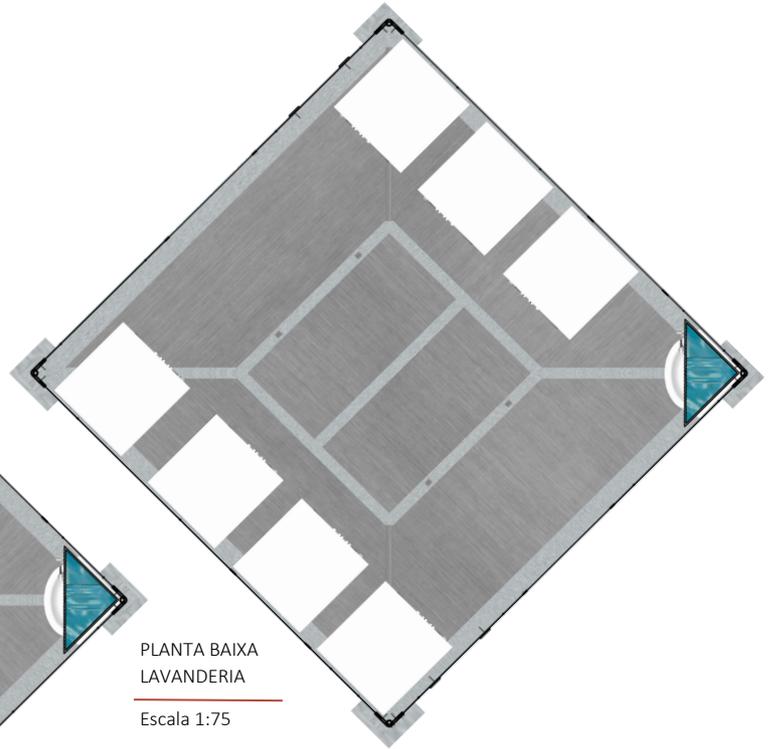
Escala 1:25

Para situações em que o desastre demora muito e se necessita de serviços básicos para sobrevivência, os bunkers podem comportar salas de aula, lavanderias, cozinhas industriais e enfermarias, até que tudo se reestabeleça na localidade e as pessoas possam voltar a suprir essas necessidades nos locais de costume.



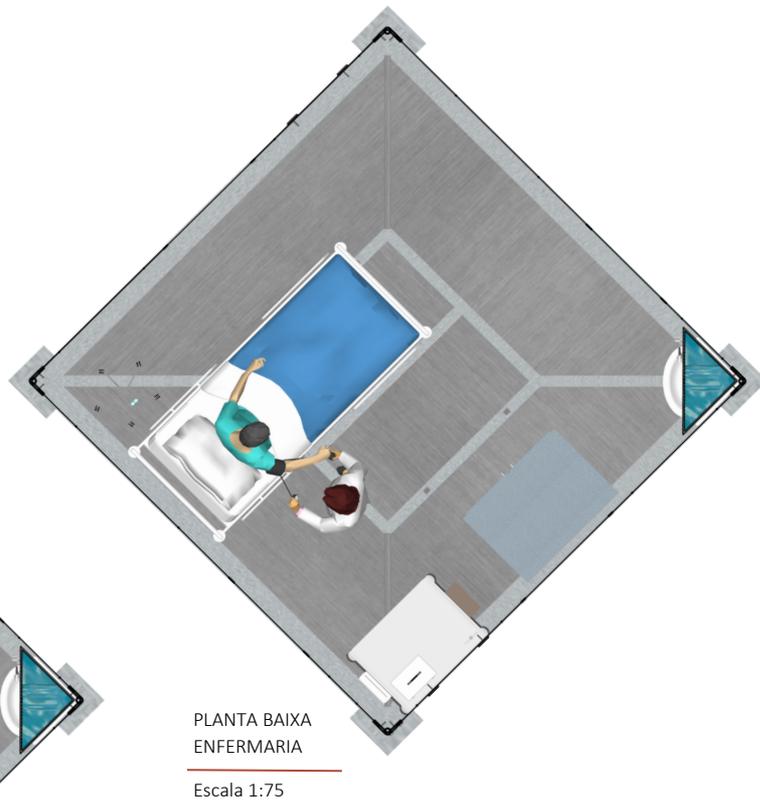
PLANTA BAIXA
SALA DE AULA

Escala 1:75



PLANTA BAIXA
LAVANDERIA

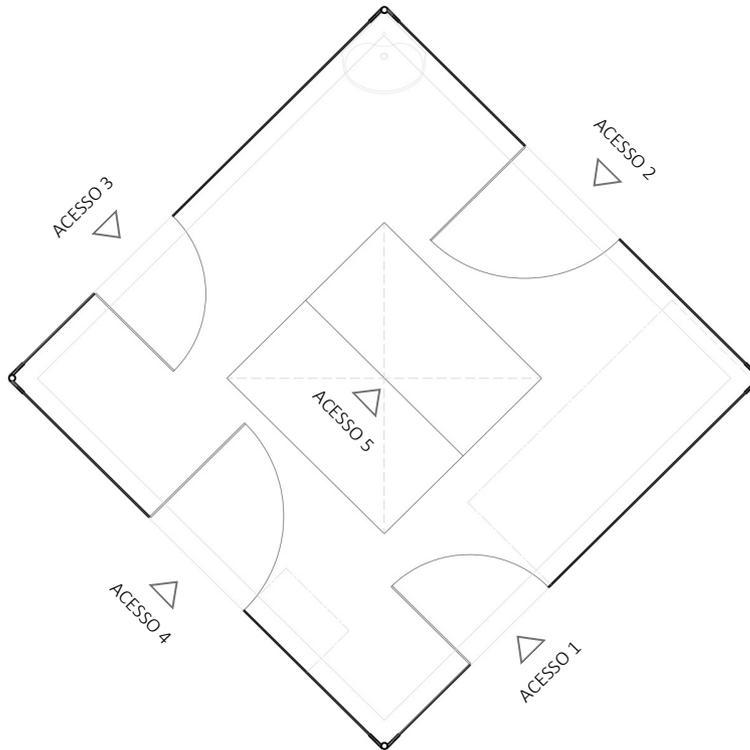
Escala 1:75



ACESSOS

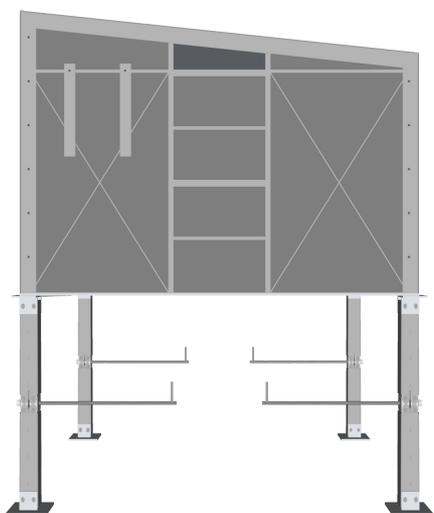
O Bunker Sécuro XXI possui 5 entradas diferentes, sendo uma em cada face pelas portas laterais, e uma por baixo, pelo alçapão. Todas as portas têm a possibilidade de abertura em 180° para casos de junção para utilização de mais de um bunker, além da possibilidade de abertura em duas abas, uma superior e uma inferior, servindo de janela quando feita apenas a abertura superior.

Todas as portas podem ser acessadas com a mesma escada, que fica posicionada numa das abas do alçapão.

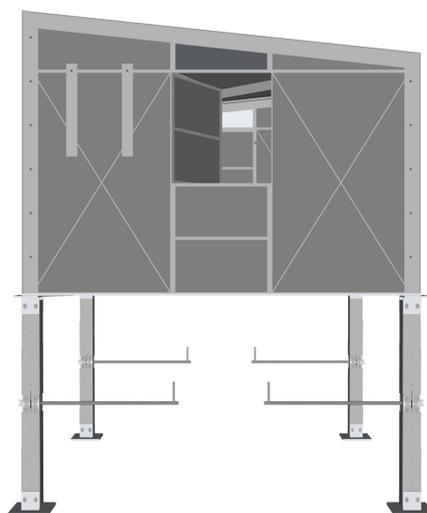


PLANTA BAIXA

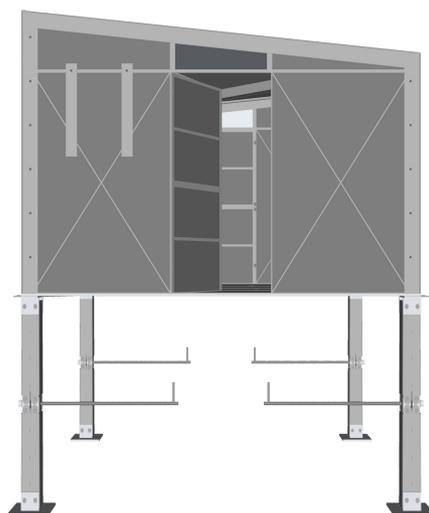
Escala 1:50



PERSPECTIVA PORTA FECHADA

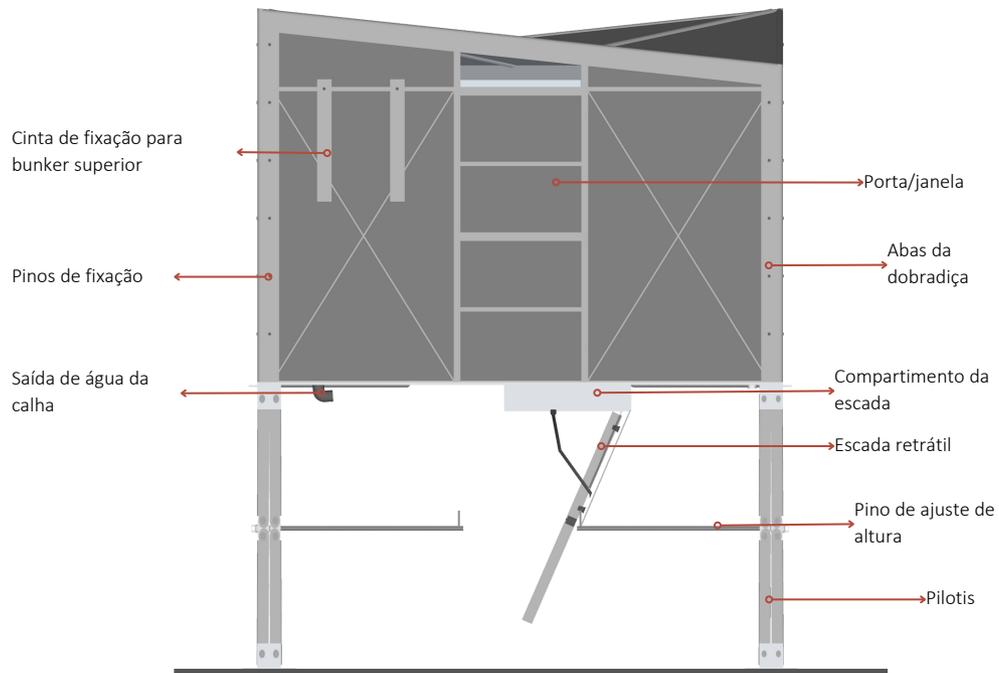


PERSPECTIVA ABA SUPERIOR ABERTA



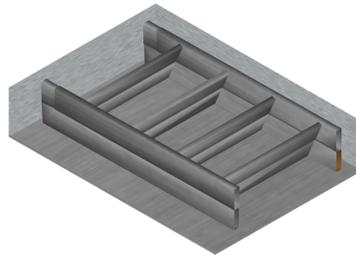
PERSPECTIVA PORTA COMPLETAMENTE ABERTA

A escada de acesso fica posicionada em uma abas da porta do alçapão, como indicado.

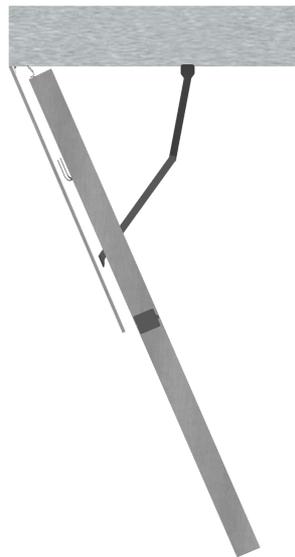


VISTA B
Escala 1:50

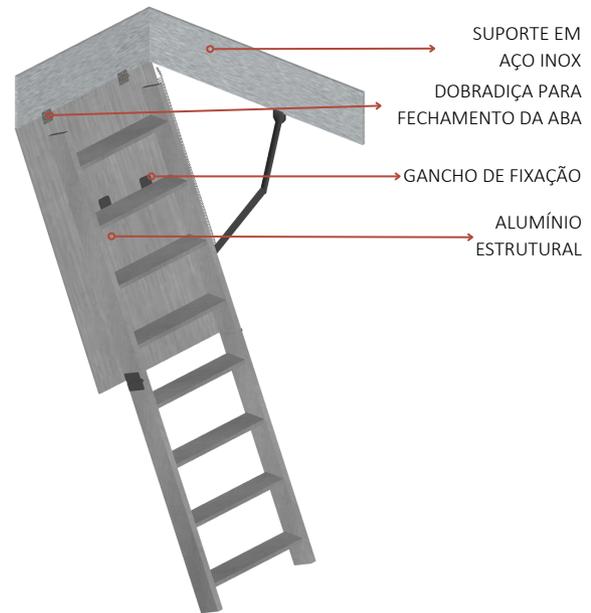
A escada de acesso do bunker é retrátil e possui um compartimento onde fica guardada na parte inferior do protótipo, abaixo do piso e é presa por um gancho de sustentação, como apresentado abaixo. Caso haja necessidade de se sair do bunker pelas portas laterais, a escada pode ser desencaixada e retirada para o uso. As pessoas com mobilidade reduzida, devem entrar no bunker pelas portas laterais, antes dos pilotis serem suspensos. Assim, o desnível a ser vencido é de 25cm, pouco mais que a altura padrão de um degrau.



PERSPECTIVA - ESCADA
FECHADA



VISTA LATERAL -
ESCADA ABERTA
Escala 1:25



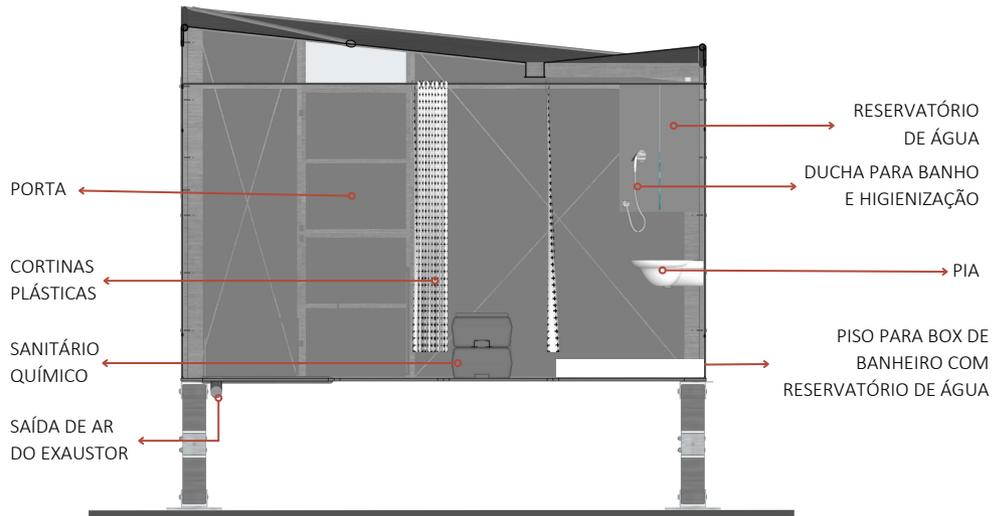
PERSPECTIVA - ESCADA
ABERTA

SOLUÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS

A distribuição hidráulica do bunker se dá a partir de um pequeno reservatório posicionado acima da pia, que deverá ser abastecido com a água da rede pública ou, caso não seja possível, pela chuva, com o escoamento na calha. Em ultimo caso, a água poderá ser transportada para o bunker em galões ou caminhão pipa.

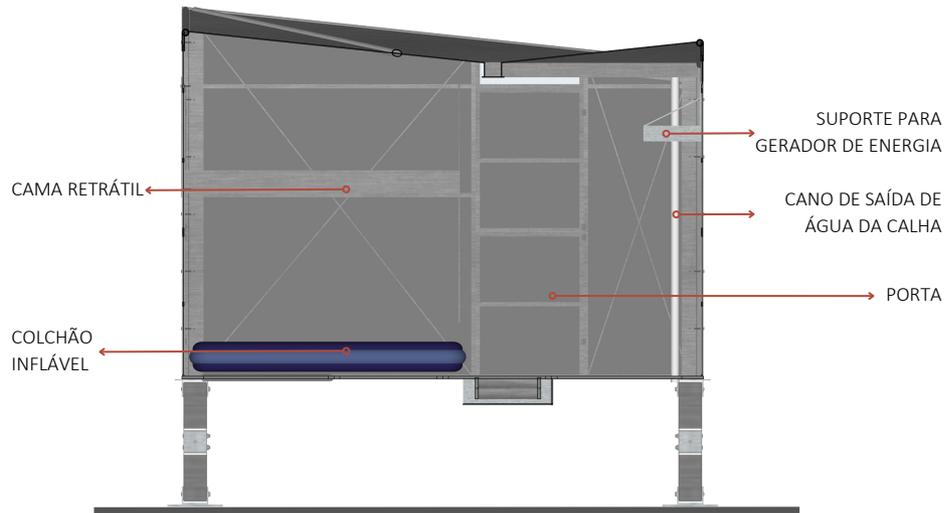
A energia do bunker será fornecida pela distribuição pública, mas em casos em que isso não for possível, juntamente com o Bunker Século XXI virá um gerador de energia a gasolina. Essa foi a opção escolhida porque em alguns cenários não há tempo ensolarado, então não funcionaria placa solar, e a energia eólica demandaria mais espaço. O gerador ocupa pouco espaço e terá um local destinado para ele dentro do bunker que, caso não seja utilizado, poderá permanecer fechado.

Em casos onde não se poderá abrir a aba de cima das portas, a ventilação será feita por um exaustor, localizado no chão do bunker, ou poderá ocorrer ao se abrir o alçapão.



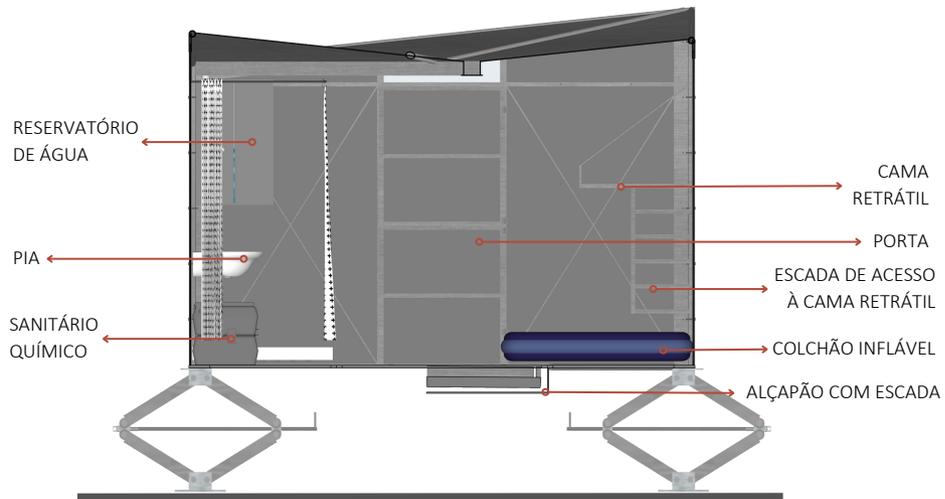
CORTE A

Escala 1:50



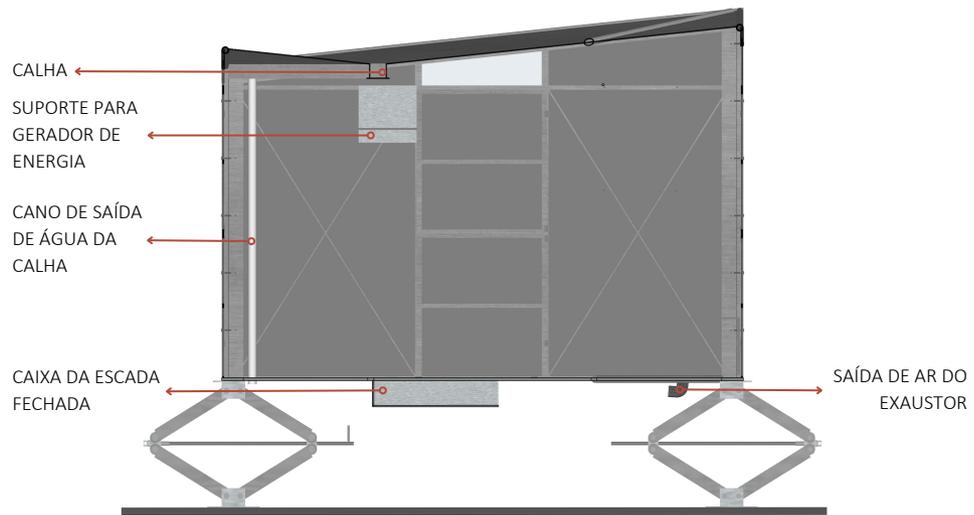
CORTE B

Escala 1:50



CORTE C

Escala 1:50



CORTE D

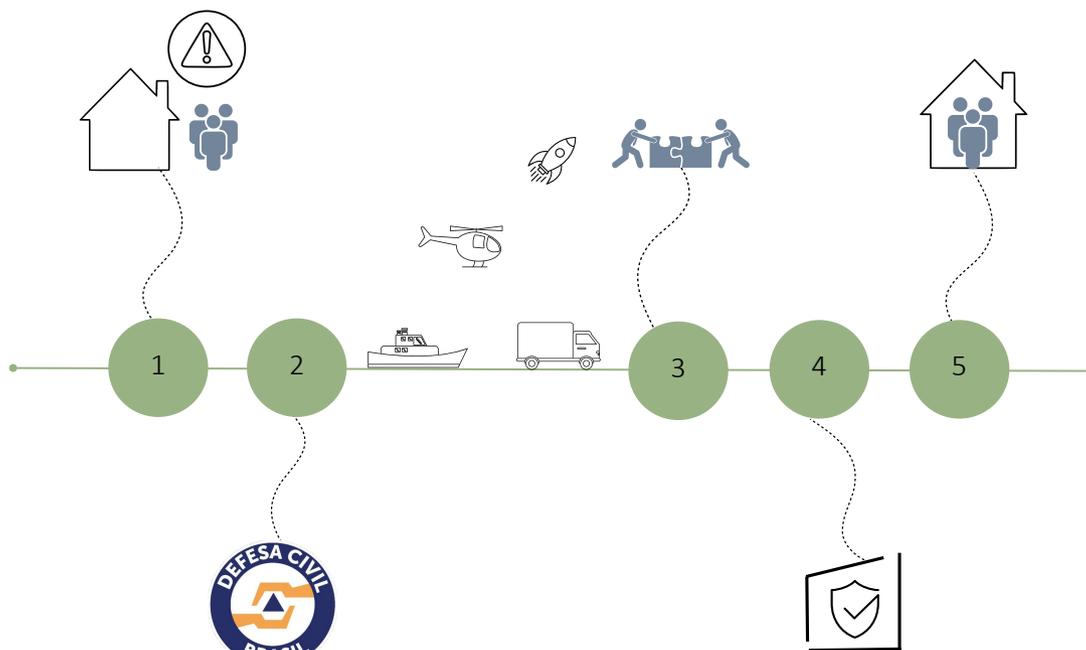
Escala 1:50

6.5 GERENCIAMENTO E ARMAZENAMENTO

Partindo da ideia de um projeto que possa ser itinerante e de fácil transporte, foi pensada uma proposta dobrável e replicável, que permite a utilização dos módulos separados ou grudados, para acontecimentos de desastres de grande escala e de pequena escala.

O gerenciamento de distribuição e armazenagem do Bunker Século XXI se dará através da Defesa Civil, que é o órgão governamental responsável por efetuar a prevenção e resposta às ocorrências de desastres ambientais. O passo a passo do plano de ação acontece da seguinte forma (Figura 43):

Figura 43: Plano de ação



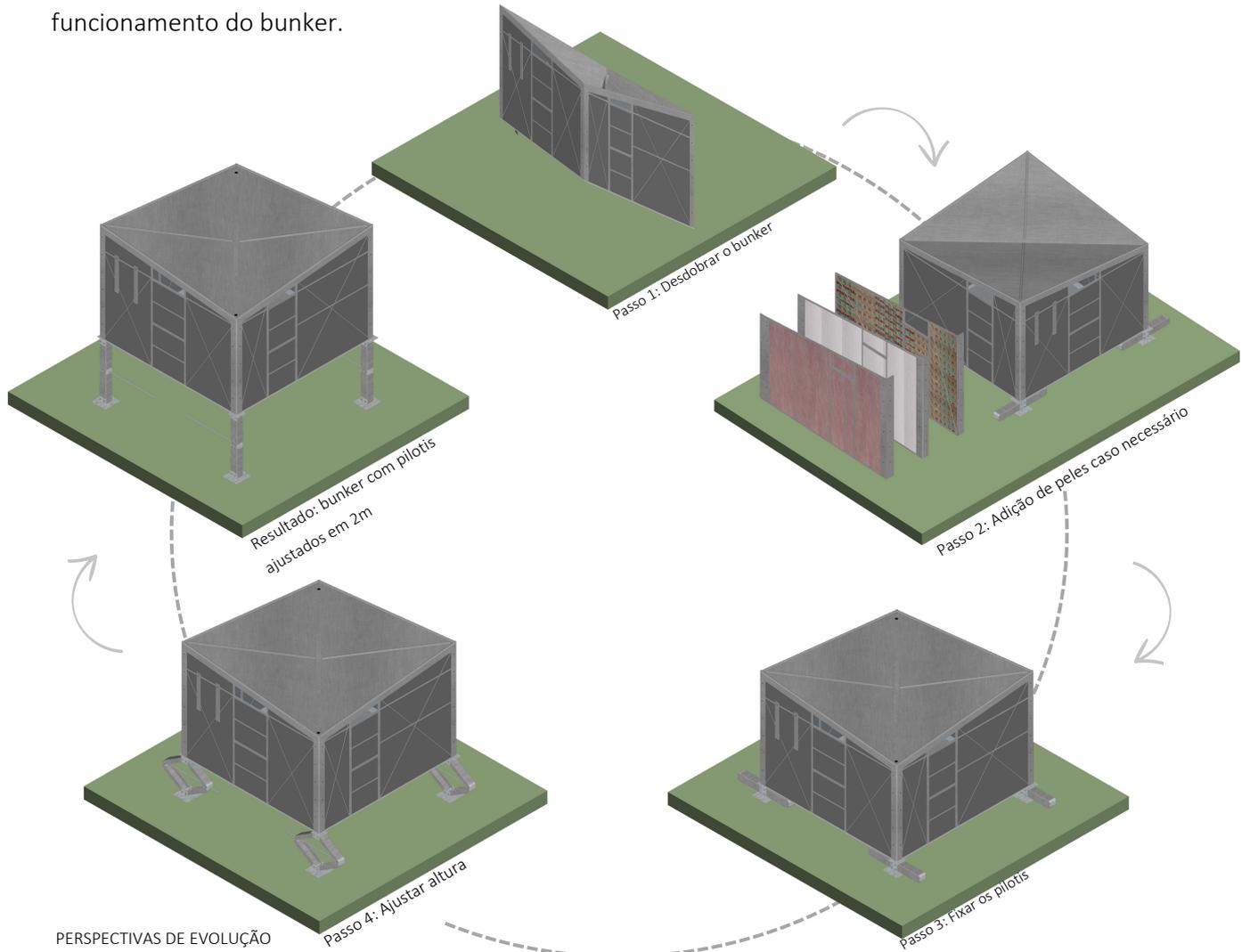
Fonte: Autora, 2023.

Conforme ilustrado, o plano de ação parte do acontecimento do desastre ambiental ou da iminência dele acontecer, quando é previsto e notificado por alguma rede de monitoramento (1). A partir disso, a Defesa Civil será acionada (2) e os bunkers deverão ser transportados para os locais mais próximos possíveis do desastre para atender às vítimas. Chegando no local, o Bunker Século XXI deverá ser montado seguindo as instruções de montagem (ver página seguinte) (3), e logo após, está pronto para o uso, mantendo as pessoas seguras (4) até que suas casas estejam em condições habitáveis e prontas para receber as famílias de volta (5).

Após o desastre, o bunker é desmontado e está pronto para ser utilizado novamente. Caso as pessoas tenham perdido suas casas durante o desastre, poderão continuar no bunker, apenas com algumas reconfigurações, como adição de frigobar, fogão, chuveiro, ligação de esgoto e montagem de bunkers com serviços básicos, caso não possua no local, proporcionando condições habitáveis até que as pessoas possam retornar para suas casas.

6.6 MONTAGEM

A montagem do bunker se inicia com sua abertura e em seguida os pilotis são fixados. Após a abertura do módulo e encaixe dos pilotis, basta ajustar a altura que melhor servir para o funcionamento do bunker.

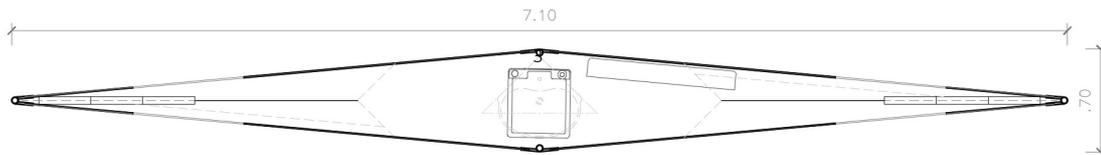


6.7 TRANSPORTE

O transporte do bunker poderá ser feito por um VUC (Veículo Urbano de Carga), que é o caminhão mais indicado para circulação no meio urbano, ou qualquer outro caminhão com baú de tamanho igual ou maior, que puder transitar até o local do desastre. As medidas máximas da carroceria de um Vuc são de 7,20m de comprimento, 2,2m de largura e 3,5m de altura, o que o torna ideal para o transporte do Bunker Século XXI.

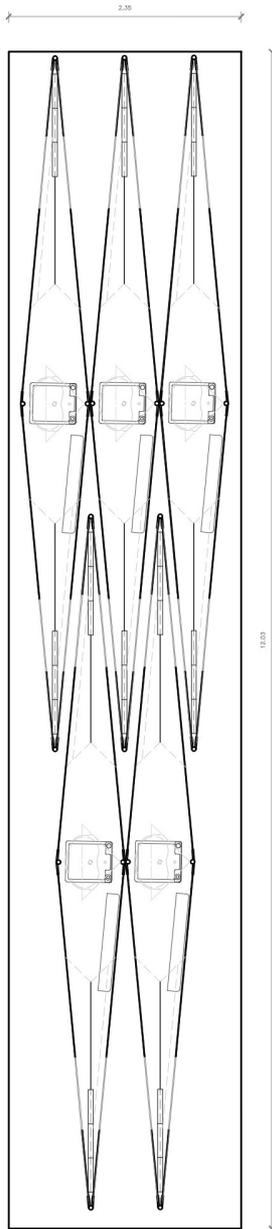
Para o transporte aéreo ou marítimo, o bunker poderá também ser transportado dentro de containers do tipo 40hc (High Cube), que possuem comprimento de 12,03m, largura de 2,35m e Altura de 2,70m, tornando-o mais do que suficiente para o transporte. Além desse modelo, qualquer outro modelo de dimensões iguais ou maiores, também poderá ser utilizado.

O bunker deverá ser dobrado para que seja possível acomodar mais bunkers de forma facilitada dentro dos baús de caminhões ou dentro de containers. Ao ser dobrado, o bunker passa de uma largura de 3,60m para uma largura de 70cm, aumentando seu comprimento para 7,10m, o que o deixa estreito o suficiente para transportar um ao lado do outro.



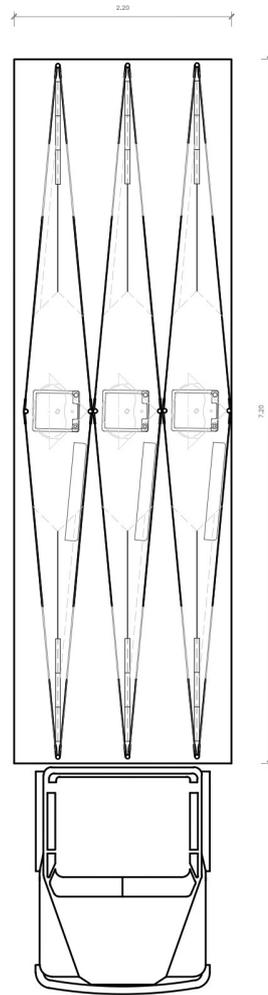
PLANTA BAIXA

Escala 1:50



VISTA SUPERIOR - CONTEINER

Escala 1:50



VISTA SUPERIOR - VUC

Escala 1:50

Dessa forma, no VUC, que é um dos menores e mais simples veículos de carga, é possível transportar 3 bunkers, e num contêiner 40hc, é possível transportar até 5 bunkers, sendo que um navio grande de carga pode comportar até 24mil contêineres.



VUC DE TRANSPORTE
PARA O BUNKER SÉCULO XXI



HELICÓPTERO
TRANSPORTANDO CONTÊINER
DO BUNKER SÉCULO XXI

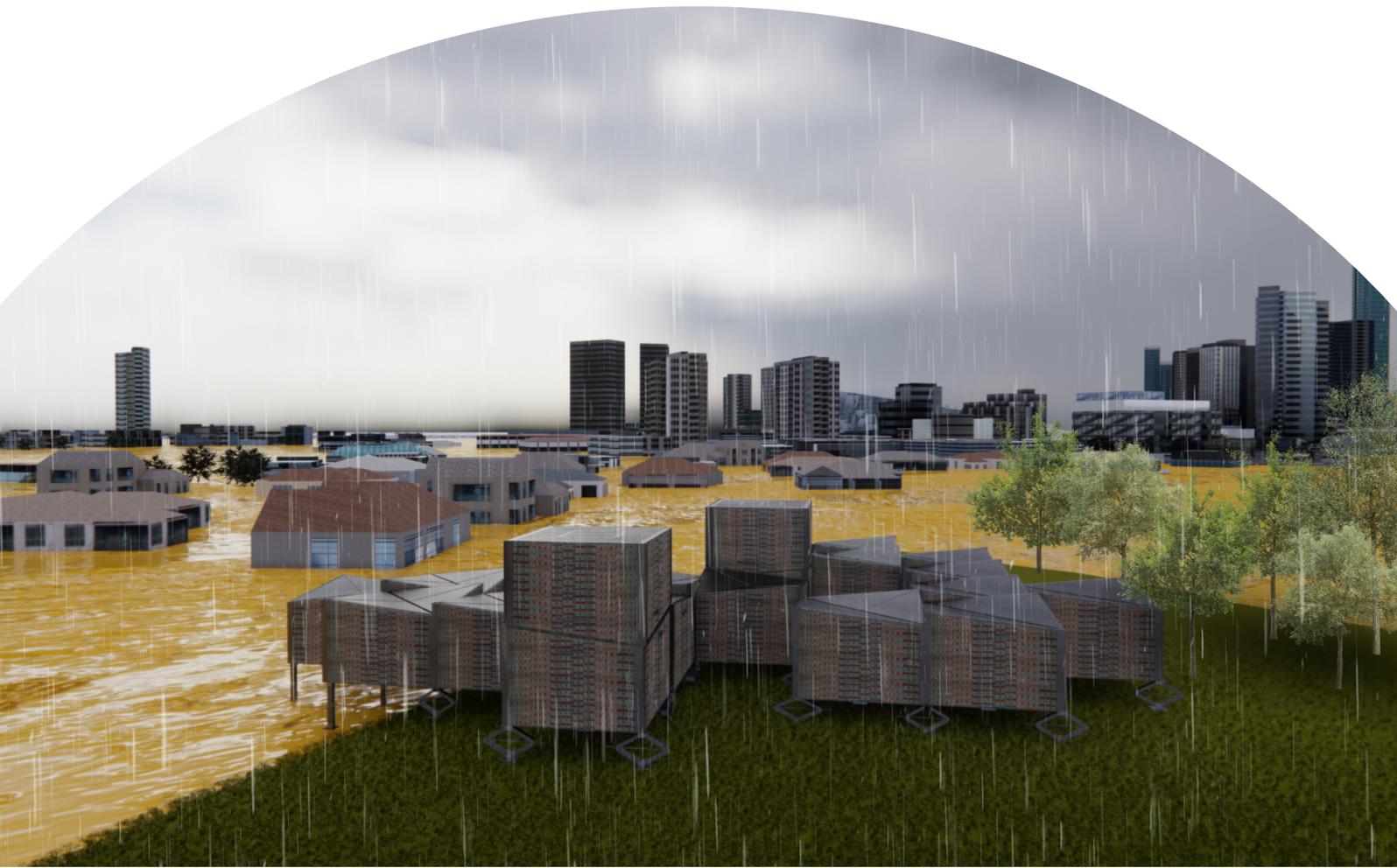


NAVIO TRANSPORTANDO
CONTÊINERES DO BUNKER
SÉCULO XXI

7. CENÁRIOS

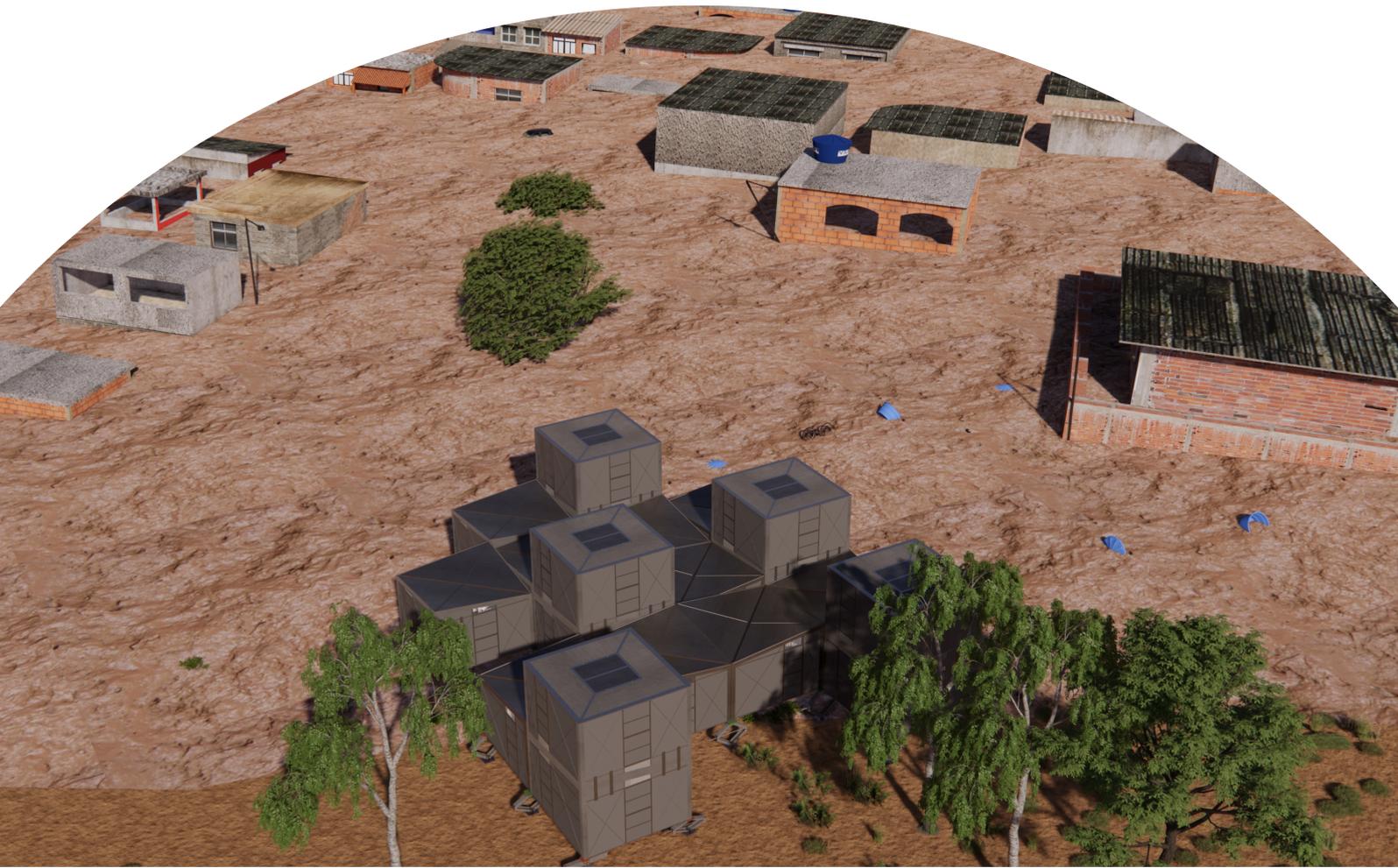
ETAPA ÁGUA

Cenário da Etapa Água representando uma inundação, ao ponto que continua chovendo. Os Bunkers Século XXI estão posicionados em um local mais alto do terreno, mas como se pode observar, a água já começa a atingir os pilotis de alguns que estão numa curva de nível mais baixa.



ETAPA TERRA

Cenário da Etapa Terra representando um rompimento de barragem. Os Bunkers Século XXI estão posicionados num local mais alto do terreno, mas como se pode observar a lama proveniente da barragem já destruiu muitas casas ao redor.



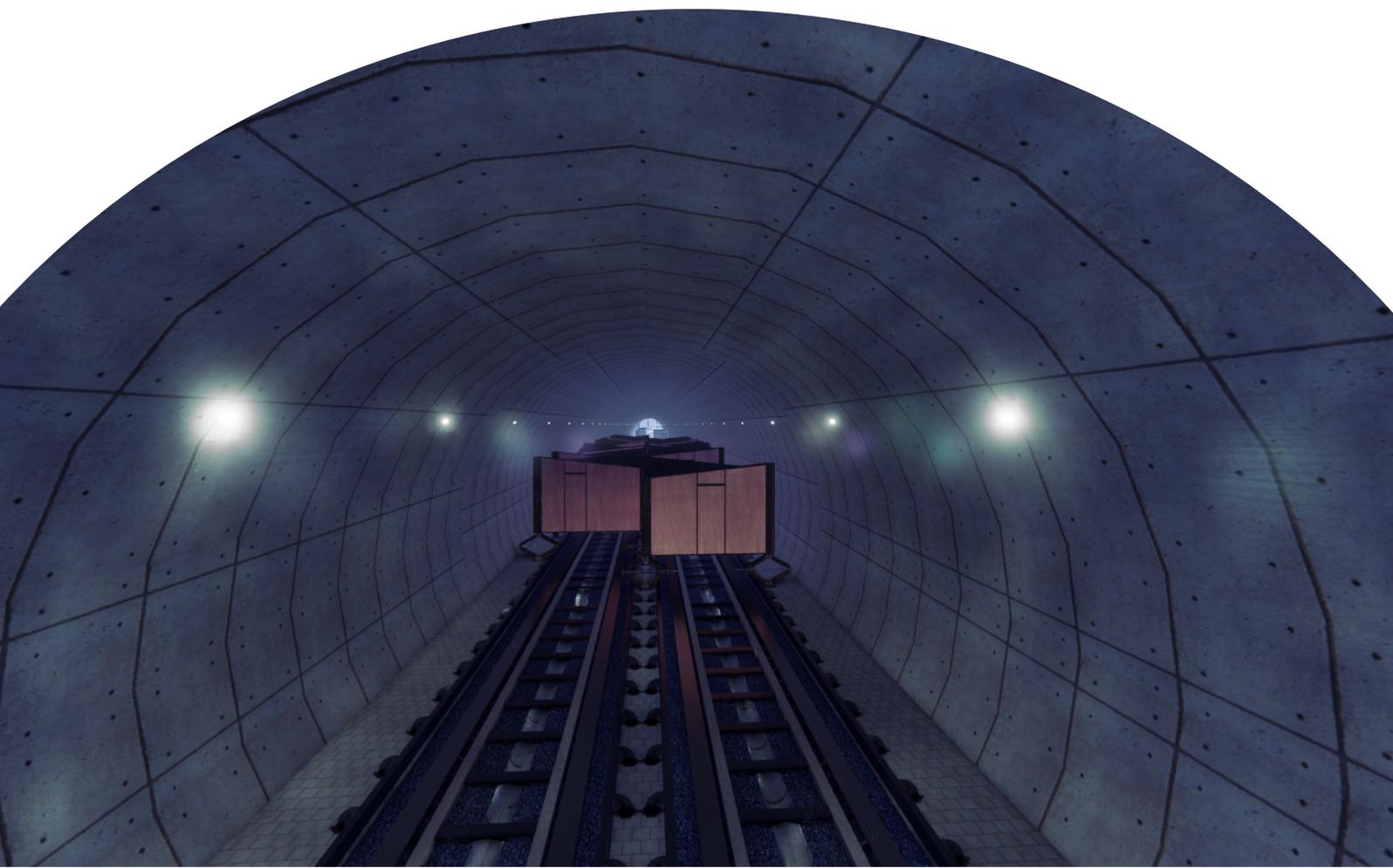
ETAPA FOGO

Cenário da Etapa Fogo representando uma comunidade sendo incendiada. Os Bunkers Século XXI estão posicionados bem próximos do local para atender rapidamente à demanda.



ETAPA GUERRA

Cenário da Etapa Guerra representando os Bunkers Século XXI posicionados em um túnel de metrô, fazendo-se o uso da quinta pele que é o solo, além de suas peles anti-balas e anti-bombas, mantendo dessa forma as pessoas seguras.



CONSIDERAÇÕES

A realidade é que quando um desastre ambiental acontece as pessoas se abrigam onde cabem, onde é possível e com as condições que podem ser proporcionadas no momento. Mas isso pode mudar. O Brasil possui um amplo e completo sistema de monitoramento de áreas de risco, como foi exemplificado, e com isso é possível preparar-se com medidas estruturais, como o Bunker Século XXI, para que haja de fato uma redução de danos humanos diante dos desastres.

São muitos os grupos de desastres existentes e foi de extrema importância entender cada um deles para, assim, propor materiais que pudessem suprir as necessidades de cada etapa definida, além de trazer um protótipo que pudesse atender a todas elas, apenas com a adição de peças. Mas, sem dúvidas, o mais desafiador foi a concepção do volume dobrável, onde todas as peças precisavam se encaixar para que a montagem do bunker fosse o mais simples possível.

O Bunker Século XXI é capaz de mitigar problemas relacionados aos desastres impulsionados pela imprudência do ser humano para com o meio ambiente e para com ele mesmo. Esses problemas foram descobertos diante de cada cenário de caos que um desastre ambiental proporciona, principalmente para quem mora em locais mais vulneráveis a essas situações. Os problemas que podem ser resolvidos pelo Bunker Século XXI são problemas físicos. Trata-se da redução de vítimas afetadas pelos desastres, e por isso o bunker foi pensado para um uso democrático, afinal, existem muito mais problemas por trás de um acontecimento catastrófico, como problemas de desigualdade social, de planejamento urbano e de políticas pública.

Por fim, com base no Antropoceno, foi possível compreender o ser humano na sua medíocre capacidade de destruição e entender que ele precisa “dar um tempo” para a natureza se recuperar. Que a melhor solução de todas é cuidar do meio ambiente, dar infraestrutura aos locais que ainda não a têm e não criar guerras, para que os bunkers se tornem importantes apenas para ocorrências de desastres que sejam de origens totalmente naturais.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

ALVALÁ, Regina C. S.; BARBIERI, Alisson. Desastres naturais. In: NOBRE, Carlos A.; MERENGO, José A. **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. 1ª ed. Bauru: Canal6, p. 203-230, 2017.

BAN, Shigeru. **2020 Southern Kyushu Torrential Rain / Paper Partition System for Evacuation Centers**. 2020. Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/2020_minamikyushu/index.html>. Acesso em: 20 dez. 2022.

BARBERIO COLELLA ARC. **Just a minute (casa pop-up)**. 2015. Disponível em: <<https://www.barberiolella.it/projects.html>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BBC NEWS BRASIL. **Brumadinho**: as fotos de antes e depois do rompimento. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47004305>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Governo Federal**: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Disponível em: <<https://www.gov.br/cemaden/pt-br>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

CIRIACO, Douglas. 5 materiais à prova de balas que podem ajudar a salvar vidas. **Tecmundo**, abr./2013. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/tecnologia/38682-5-materiais-a-prova-de-bombas-que-podem-ajudar-a-salvar-vidas.htm>>. Acesso em: 2 ago. 2022.

CLARK, Lygia. **Esculturas neoconcretas**: bichos. Disponível em: <<https://portal.lygiaclark.org.br/>>. Acesso em: 6 jan. 2023.

COBRADE, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protacao-e-defesa-civil-sedec>>. Acesso em: 27 julho. 2022.

DUDEN, mehr als ein Wörterbuch . **Bunker**. Disponível em: <<https://www.duden.de/rechtschreibung/Bunker>>. Acesso em: 8 jun. 2022.

EM-DAT. **The Georeferenced Emergency Events Database**. In: CRED (UCLouvain, Bruxelas, Bélgica). Banco de dados de desastres naturais no Brasil: Solicitação personalizada. 2022. Disponível em: <www.emdat.be>. Acesso em: 5 jun. 2022.

G1. **Mais de 71 mil pessoas ficam desalojadas ou desabrigadas após tragédia das chuvas em PE.** 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2022/06/05/mais-de-71-mil-pessoas-ficam-desalojadas-ou-desabrigadas-apos-tragedia-das-chuvas-em-pe.ghtml>>. Acesso em: 5 jul. 2022.

HUNDERTWASSER. **Men's Five Skins.** 1998. Disponível em: <https://hundertwasser.com/en/applied-art/apa382_mens_five_skins_1975>. Acesso em: 2 jun. 2022.

IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço). Força Aérea Brasileira. **Marimba:** materiais resistentes ao impacto balístico. 2020. Disponível em: <<https://iae.dcta.mil.br/index.php/webmail/2-uncategorised/630-marimba-materiais-resistentes-ao-impacto-balistico>>. Acesso em: 7 jul. 2022.

INCOMPLAST. **Soluções em plásticos industriais.** 2022. Disponível em: <<https://incomplast.com.br/>>. Acesso em: 2 dez. 2022.

INOVATEX. **O que são e para que servem os materiais auxéticos?** Disponível em: <<https://inovtex.com/blog/the-value-of-creativity-in-the-textile-industry-1/>>. Acesso em: 5 nov. 2022.

MICHAELIS. **Bunker.** Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/bunker/>>. Acesso em: 8 jun. 2022.

MORAES, Katarina. Chuvas em Pernambuco: para os desabrigados e desalojados, o medo, agora é hora de voltar para casa. **Abriço na Escola Municipal Celia Arraes, na Várzea, Zona Oeste do Recife.** Jun. 2022. Disponível em: <<https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2022/06/15020982-chuvas-em-pernambuco-para-os-desabrigados-o-medo-agora-e-da-hora-de-voltar-para-casa-se-houver-casa.html>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

NINA, Alex Santiago; ALMEIDA Oriana Trindade de; LOBO Ivonês Damasceno. As abordagens técnica e social dos desastres naturais no Brasil: uma análise comparativa entre os bancos de dados EM-DAT e S2iD. **Cadernos de estudos sociais.** 2021.

NOVO, Benigno Nuñez. Direito ambiental. **Conteúdo Jurídico,** fev. 2019. Disponível em: <<https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/52662/responsabilidade-socioambiental>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

OLIVEIRA, Renato Pedra. **Reutilização do bunker alemão da II Guerra Mundial.** Universidades Lusiada, 2016.

PAGANI, Maria do Carmo. Na caixinha de leite, o refresco da população: embalagem “longa vida” funciona como isolante térmico em moradias de baixa renda. **Jornal da Unicamp,** jan.2001. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/jan2001/pagina3-Ju158.html>. Acesso em: 28 jul. 2022.

S2iD. **Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres**. 2023. Governo Federal. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SILVEIRA, Evanildo da. Brasil tem, sim, terremotos - e há registro até de tremor com "pequenos tsunamis". **BBC News**: Brasil, abr. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-43671313>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

SO?. **Fold&Float**. Disponível em: <<https://soistanbul.com/fold-float-1>>. Acesso em: 6 jul. 2022.

STOLL, Sabrina Lehnen. **O direito fundamental à proteção climática**. Tese (Pós-graduação em direito) - Programa de Pós-graduação em Direito, Universidade Regional de Blumenau. Santa Catarina. 2022.

TETRAPAK. **Material das embalagens cartonadas da Tetra-Pak**. Disponível em: <<https://www.tetrapak.com/>>. Acesso em: 6 jan. 2023.

VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. Desastres: tecnicismo e sofrimento social. **Scielo**. 2014. Departamento de Sociologia, Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/mgDC4L9wdshN9rIj3GLV3PVv/?lang=pt>>. Acesso em: 4 ago. 2022.

VIDEOGRÁFICAS

PARASITA. Direção de Bong Joon-ho. Produção: Bong Joon-ho. **Pandora Filmes**, 2019. (2h 12m).

THE 100. Direção: Produção: Jae Marchant, Tim Scanlan, Aaron Ginsburg, Wade McIntyre, T. J. Brady, Rasheed Newson. **Warner Bros**, 2014. 7 temporadas.

