Trabalho
de **Conclusão de Curso**

Terra Compactada Reiventada

Abordagem e Utilização de
Técnicas Avançadas na **Construção de Um Centro Comunitário**

UEM ▪ FAPF
TCC23/24

Candidato
Ortígio Nhanombe Júnior

Supervisor
Mestre Bernardino Jaieia, Arq.

Linha Temática
Tecnologia

UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

TCC 2023/24

Trabalho
de **Conclusão de Curso**

Terra Compactada Reiventada

Abordagem e Utilização de
Técnicas Avançadas na **Construção de Um Centro Comunitário**

Trabalho de Culminação de Curso apresentado à **Universidade Eduardo Mondlane**, como parte das exigências para a **obtenção do grau de Licenciatura** em **Arquitectura e Planeamento Físico.**

Trabalho de Conclusão de Curso
Linha Temática - Tecnologia

TECNOLOGIA | SUPERVISOR: MESTRE BERNARDINO JAIEIA, ARQ.

Ortígio Luís Filipe Nhanombe Júnior | 20180568

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Ortígio Luís Filipe Nhanombe Júnior, estudante do 5º ano do curso para a Licenciatura em Arquitectura e Planeamento Físico, na Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da UEM, com o código de estudante 20180568, declaro que este trabalho é da minha autoria, e resulta da minha investigação, ideia e produção. Esta é a primeira vez que o submeto para obtenção do grau académico numa instituição educacional.

TERMO DE APROVAÇÃO

Ortígio Luís Filipe Nhanombe Júnior

Terra Compactada reinventada

Abordagem e Utilização de Técnicas Avançadas na Construção de um Centro Comunitário

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Júri, designado pelo Reitor da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Arquitectura e Planeamento Físico.
Trabalho de Conclusão de Curso aprovada em: Maputo, 09 de Maio de 2025.

Por:

SUPERVISOR

Mestre Bernardino Jaieia, Arq.
Universidade Eduardo Mondlane

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE * FACULDADE DE ARQUITECTURA E PLANEAMENTO FÍSICO *

ARGUENTE

Mestre Jaime Comiche, Arq.
Universidade Eduardo Mondlane

PRESIDENTE

Mestre Claida Abubakar, Arq.
Universidade Eduardo Mondlane

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha **Avô Ermelinda Filipe**, que em vida não mediu esforços para garantir que trilhasse os melhores caminhos e ao meus Pais **Ortígio Luís Filipe Nhanombe e Maria Celeste Jorge Come** pelo apoio e acompanhamento dado durante toda a minha trajectória académica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Sou grato aos pais e irmãos, pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. Agradeço – lhes pela compreensão, paciência, afecto, carinho e pelo tempo em que os privei da minha presença.

Ao corpo docente da Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da UEM, que me acompanhou durante todo percurso da minha aprendizagem, especialmente aos meus orientadores, Arqts. Claida Abubakar, Roberto João e Bernardino Jaieia, pela motivação e disponibilidade durante o período de elaboração do trabalho.

Aos meus colegas e amigos do curso, pelas trocas de ideias e ajuda mútua, especialmente aos que fazem parte do grupo VTL Club.

A minha namorada, por todo o apoio e companheirismo ao longo do período de elaboração deste trabalho.

RESUMO

Os arquitectos em todo o mundo estão cada vez mais conscientes da necessidade de lidar com as mudanças climáticas e proteger o meio ambiente, destacando a importância de usar métodos de construção sustentáveis.

Este estudo investiga o potencial do uso de terra compactada, especificamente na Província de Maputo, para a construção de um centro comunitário.

O estudo explora a viabilidade e escalabilidade das técnicas de terra compactada em climas quentes, destacando a argila como um material circular adequado para aplicação urbana.

A terra compactada, semelhante à pedra, é um material durável e com baixa emissão de carbono, oferecendo uma alternativa mais sustentável ao betão. O resgate dessa tecnologia ancestral apresenta uma oportunidade significativa para abordar os desafios ambientais e socioeconômicos contemporâneos numa indústria que é uma das maiores responsáveis pelas emissões de CO_2 e pela produção de resíduos.

Além disso, este estudo mostra como é possível diminuir o consumo de materiais como cimento e aço, ao focar na reutilização de recursos e na redução de desperdícios destacando a urgência de práticas construtivas mais responsáveis.

Nesse contexto, os Centros Comunitários desempenham um papel crucial no desenvolvimento local, oferecendo oportunidades de emprego e valorizando as tradições locais. No entanto, a construção em Moçambique enfrenta desafios logísticos e financeiros significativos, reforçando a necessidade de soluções inovadoras e sustentáveis.

Este estudo contribui para a compreensão e implementação de técnicas avançadas de construção em terra, visando a criação de espaços comunitários ambientalmente conscientes e socialmente inclusivos. Ao integrar práticas tradicionais com abordagens contemporâneas, buscamos promover um futuro mais sustentável para as comunidades locais.

Palavras Chave: Construção em terra; Guia técnico; Taipa; técnicas Construtivas; Sustentabilidade; Centro Comunitário.

ABSTRACT

Architects around the world are increasingly aware of the need to address climate change and protect the environment, highlighting the importance of using sustainable construction methods. This study investigates the potential of using compacted earth, specifically in Maputo Province, for the construction of a community center. The study explores the feasibility and scalability of compacted earth techniques in hot climates, emphasizing clay as a circular material suitable for urban applications. Compacted earth, similar to stone, is a durable material with low carbon emissions, offering a more sustainable alternative to concrete. The revival of this ancient technology presents a significant opportunity to address contemporary environmental and socioeconomic challenges in an industry that is one of the largest contributors to CO2 emissions and waste production. Additionally, this study shows how it is possible to reduce the consumption of materials such as cement and steel by focusing on the reuse of resources and reducing waste, highlighting the urgency of more responsible construction practices. In this context, Community Centers play a crucial role in local development by providing job opportunities and valuing local traditions. However, construction in Mozambique faces significant logistical and financial challenges, reinforcing the need for innovative and sustainable solutions. This study contributes to the understanding and implementation of advanced earth construction techniques, aiming to create environmentally conscious and socially inclusive community spaces. By integrating traditional practices with contemporary approaches, we seek to promote a more sustainable future for local communities.

Keywords: Earth, Earth construction; technical guide; rammed earth; construction techniques; sustainability; Community Center.

índice

Tabela de Conteúdo.

Primeiro Capítulo.

01

INTRODUÇÃO

- Problemática
- Motivação e Justificativa
- Objectivos
- Metodologia
- Relevância e Importância

Segundo Capítulo.

02

CONSTRUÇÃO EM TERRA

- Conceito e História
- Noções Fundamentais
- Princípios e Estratégias
- Benefícios de Construção em Terra
- Técnicas de Construção em Terra
- Caso de Moçambique
- Regulamentação Internacional

Terceiro Capítulo.

03

TERRA COMPACTADA

- Surgimento e História
- Terra Compactada Moderna
- Noções Básicas
- Processo Construtivo
- Porquê a Terra Compactada?
- Propriedades da Técnica
- Terra Compactada Estabilizada (SIREWALL)
- Desempenho Térmico e Acústico
- Análise Comparativa

Quarto
Capítulo.

04

TESTAGEM DO MATERIAL

- Equipamentos e Materiais
- Montagem da Cofragem
- Selecção e Testagem dos Solos
- Elaboração do Mix e Drop Test
- Elaboração da Compactação
- Remoção do Molde e Tempo de Cura
- Desenhos

Quinto
Capítulo.

05

CASOS DE ESTUDO

- Centro Hakumana (Nacional)
- ASSCODECHA (Nacional)
- Academia Girl Move (Nacional)
- Centro Comunitário de Manica (Nacional)
- Casa Pátio Guapuruvu (Internacional)
- Macha Village Center
- Zhengzhou Jiangye Footaball Tourist Center

Sexto
Capítulo.

06

PROPOSTA DE PROJECTO

- Introdução
- Centro Comunitário
- Área de Intervenção
- Princípios Projectuais
- Peças Desenhadas
- Solução Técnico Construtiva
- Processo Construtivo

Sétimo
Capítulo.

07

NOTA CONCLUSIVA

- Estimativa de Custo
- Considerações Finais
- Recomendações
- Referências Bibliográficas

Lista de Figuras, Tabela e Gráficos

Figura 01 – Palavra "TERRA" formada com terra solta, representando a construção em terra compactada
Figura 02 – Pirâmide do Sol em Teotihuacan, México
Figura 03 – A Grande Mesquita de Djenné, Mali
Figura 04 – Textura de solo natural, representando a matéria-prima da construção em terra
Figura 05 – Símbolo de reciclagem formado por terra, representando sustentabilidade e economia circular
Figura 06 – Solo Arenoso
Figura 07 – Solo Argiloso
Figura 08 – Solo Siltoso
Figura 09 – Mulheres africanas carregando bacias com areia para auto-construção
Figura 10 – Construção de uma Parede em Terra
Figura 11 – Paredes de Terra Compactada com diversas cores
Figura 12 – Construção de uma Parede em Terra
Figura 13 – Comparação da temperatura do ar interior e exterior de um edifício com abóbadas de adobe (esquerda) com um que utiliza lajes pré-fabricadas de betão (direita)
Figura 14 – Esquema de diferentes usos da terra na construção
Figura 15 – Blocos de Adobe
Figura 16 – Sistema de Sacos de Terra
Figura 17 – Sistema de Taipa a mão
Figura 18 – Homens por cima de uma parede de adobe
Figura 19 – Blocos de Terra Compactada
Figura 20 – Sistema de Terra Empilhada
Figura 21 – Casas Melhoradas
Figura 22 – Grupo de crianças na janela
Figura 23 – Construção em Terra Compactada
Figura 24 – Parede de Terra Compactada
Figura 25 – Construção em Terra Compactada Estabilizada na Austrália
Figura 26 – Construção com painéis de Terra Pré-fabricados
Figura 27 – Teste da Terra Manual
Figura 28 – InsideOut School
Figura 29 – Método de Escavação Mecânica
Figura 30 – Triagem da Terra
Figura 31 – Preparação da fundação em Betão Ciclópico
Figura 32 – Esquema de Cofragem para paredes em Terra Compactada
Figura 33 – Montagem e Preparação da Cofragem Tradicional
Figura 34 – Montagem e Preparação da Cofragem Moderna
Figura 35 – Esquema de Compactadores Automáticos e Manuais
Figura 36 – Eliminação do Lintel
Figura 37 – Encobrimento do Lintel
Figura 38 – Lintel com Armadura Integrada
Figura 39 – Lintel suspenso
Figura 40 – Lintel exposto
Figura 41 – Patio Guapuruvu House
Figura 42 – Misturando cores naturais da argila e pigmentação artificial em paredes de taipa
Figura 43 – Aprimorando a Técnica de Terra Compactada
Figura 44 – Tinta Impermabilizante DULUX Brick Dressing
Figura 45 – Detalhe de Fundação
Figura 46 – Interior do Centro Comunitário “Heart of Yongan”
Figura 47 – Quarto de Banho com paredes de Terra Compactada
Figura 48 – Areia de base de estrada 1
Figura 49 – Granito Triturado
Figura 50 – Pilha de areia base de estrada 2
Figura 51 – Descrição dos materiais usados
Figura 52 – Painéis de contraplacado
Figura 53 – Varões de ligação
Figura 54 – Peça de Madeira
Figura 55 – Peças metálicas para fixação
Figura 56 – Início de fixação da cofragem
Figura 57 – Processo de Fixação da Cofragem
Figura 58 – Solo 1 encontrado no local
Figura 58 – Solo 2 encontrado no local
Figura 60 – Areia Vermelha
Figura 61 – Pedra Triturada
Figura 62 – Testagem dos Solos
Figura 63 – Passo 1
Figura 64 – Passo 2
Figura 65 – Passo 3
Figura 66 – Passo 4
Figura 67 – Passo 5
Figura 68 – Teste de Queda
Figura 69 – Teste de Queda: Cenário Inicial 1
Figura 70 – Teste de Queda: Cenário Inicial 2
Figura 71 – Teste de Queda: Cenário Final 1
Figura 72 – Teste de Queda: Cenário Final 2
Figura 73 – Compactadora Manual (Chimassso)
Figura 74 – Início do processo de compactação
Figura 75 – Areia no chão com diversas cores
Figura 76 – Processo de Compactação da Parede
Figura 77 – Processo de Remoção da Cofragem
Figura 78 – Preparação para a cura da parede
Figura 79 – Selante usado na parede de Terra Compactada

Figura 80 – Resultado da parede no Ensaio nr. 1
Figura 81 – Resultado da parede no Ensaio nr. 2
Figura 82 – Associação Kutenga
Figura 83 – Associação Kutenga
Figura 84 – Associação Kutenga
Figura 85 – Centro Hakumana
Figura 86 – Centro Hakumana
Figura 87 – Centro Hakumana
Figura 88 – ASSCODECHA
Figura 89 – ASSCODECHA
Figura 90 – ASSCODECHA
Figura 91 – Academia Girl Move
Figura 92 – Academia Girl Move
Figura 93 – Academia Girl Move
Figura 94 – Academia Girl Move

Figura 95 – Centro Comunitário de Manica
Figura 96 – Centro Comunitário de Manica
Figura 97 – Centro Comunitário de Manica
Figura 98 – Patio Guapuruvu House
Figura 99 – Patio Guapuruvu House
Figura 100 – Patio Guapuruvu House
Figura 101 – Patio Guapuruvu House
Figura 102 – Patio Guapuruvu House
Figura 103 – Macha Village C. Center
Figura 104 – Macha Village C. Center
Figura 105 – Macha Village C. Center
Figura 106 – Macha Village C. Center
Figura 107 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Figura 108 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Figura 109 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Figura 110 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Figura 111 – Início da construção do Centro Comunitário em garrafas de vidro
Figura 112 – Grupo de Crianças
Figura 113 – Localização - Área de Intervenção
Figura 114 – Implantação Geral
Figura 115 – Standards de Dimensionamento
Figura 116 – Edifício de Admnistração
Figura 117 – Processo de Abertura de Caboucos
Figura 118 – Processo de Montagem da Armadura
Figura 119 – Processo de Betonagem
Figura 120 – Compactação da Primeira Camada até 1.0m
Figura 121 – Compactação da Primeira Camada até 2.0 metros
Figura 122 – Compactação da Última Camada até 2.80 metros
Figura 123 – Enchimento do Pavimento, Rampas e Escadas
Figura 124 – Processo de fixação dos pilares de Madeira no pavimento
Figura 125 – Processo de Montagem da Caixilharia
Figura 126 – Início de montagem da estrutura da cobertura
Figura 127 – Finalização da montagem da estrutura da cobertura
Figura 128 – Processo de Montagem do quebrassol, dos tirantes, e laca-laca para fechamento perimetral
Figura 129 – Início de montagem do Tecto Falso em contraplacado
Figura 130 – Montagem da caleira metálica
Figura 131 – Processo de Montagem das Chapas IBR
Figura 132 – Edifício de Admnistração
Figura 133 – Edifício de Admnistração
Figura 134 – Edifício de Admnistração
Figura 135 – Edifício de Admnistração
Figura 136 – Edifício de Admnistração
Figura 137 – Edifício de Admnistração
Figura 138 – Edifício de Admnistração
Figura 139 – Edifício da Biblioteca
Figura 140 – Edifício da Biblioteca
Figura 142 – Edifício da Biblioteca
Figura 143 – Edifício da Biblioteca
Figura 144 – Sala de Exposição
Figura 145 – Sala Polivalente
Figura 146 – Sala Polivalente
Figura 147 – Sala Polivalente
Figura 148 – Sala de Multimédia
Figura 149 – Bloco do Refeitório
Figura 150 – Entrada Principal
Figura 151 – Vista do Pátio Central
Figura 152 – Vista Geral do Centro Comunitário
Figura 153 – Fogo ateado na areia
Figura 154 – Análise Comparativa

Tabela 1 - Tabela 1 – Comparação da Energia Embutida de CO2 em Materiais
Tabela 2 - Divisão dos Sistemas Construtivos no Território Moçambicano
Tabela 3 - Tabela 3 - Propriedades da Técnica no seu estado mais puro
Tabela 4 - Tabela comparativa do Desempenho Acústico e Desempenho Térmico
Tabela 5 – Problemas mais comuns segundo a faixa etária.
Tabela 6 – Programa de Áreas

Gráfico 1 - Influência da Temperatura na Humidade Relativa do Ar Interior
Gráfico 2 - Comparação da Absorção de Água em Revestimentos: Terra vs Materiais Convencionais
Gráfico 3 - Análise Comparativa de Propriedades Térmicas de Materiais de Construção
Gráfico 4 - Capacidade de Absorção Acústica: Terra Compactada vs Materiais Convencionais
Gráfico 5 - Comparação da Resistência à Compressão entre Materiais Convencionais e Terra Compactada

1

TCC 2023/24

Introdução.

INDICE

- Problemática
- Motivação e Justificativa
- Objectivos
- Metodologia
- Relevância e Importância

Primeiro
Capítulo.

01

Na busca por soluções que conciliem sustentabilidade e viabilidade econômica na construção civil, a técnica de Construção em Terra Compactada surge como uma alternativa promissora. Utilizando o solo local como principal insumo, essa abordagem oferece uma opção *"eco-friendly"* e acessível para edificar estruturas duráveis e eficientes, especialmente relevantes na construção de centros comunitários.

Embora historicamente valorizadas em diversas culturas, as construções em terra compactada são hoje consideradas métodos não convencionais, apesar de suas qualidades comprovadas, como longevidade e baixo impacto ambiental. Além de atender às demandas por espaços multifuncionais, essa técnica responde às necessidades de sustentabilidade e resiliência financeira locais. Entretanto, é crucial considerar o impacto ambiental da indústria da construção, especialmente as emissões de CO2 associadas à fabricação de materiais como cimento e aço. Nesse contexto, a terra compactada não apenas oferece benefícios imediatos em termos de sustentabilidade e viabilidade econômica, mas também possui potencial para reduzir a pegada de carbono da construção civil.

Este estudo busca explorar as vantagens da construção em terra compactada, destacando seu papel na mitigação das emissões de CO2 e na promoção de práticas mais sustentáveis na indústria da construção (Conselho Mundial de Construção Sustentável, 2018).

Ao considerarmos a aplicação da técnica de construção em terra compactada, é importante avaliar não apenas seus benefícios imediatos em termos de sustentabilidade e viabilidade econômica, mas também seu potencial para reduzir a pegada de carbono da indústria da construção no contexto Moçambicano. Portanto, este estudo visa explorar não apenas as vantagens intrínsecas da terra compactada, mas também seu papel na mitigação das emissões de CO2 e na promoção de práticas mais sustentáveis na construção civil.

PROBLEMÁTICA

Diante desses dilemas, surge a seguinte problemática: Como a aplicação da técnica de Construção em Terra Compactada pode contribuir para a promoção da sustentabilidade na arquitetura e, ao mesmo tempo, para a resolução dos problemas sociais enfrentados pelos centros comunitários em Moçambique, garantindo espaços inclusivos, resilientes e capazes de promover o bem-estar e a coesão social em suas comunidades?

A técnica de construção em terra é muitas vezes compreendida como um método utilizado no passado por comunidades de recursos limitados, que, devido à escassez de acesso a materiais modernos como o aço, o cimento ou o tijolo, optavam por utilizar os recursos naturais disponíveis gratuitamente. No entanto, carece de fundamentos racionais a visão depreciativa que alguns têm em relação à construção em terra em Moçambique. (F. P. Torgal, R. M. Eires e S. Jalali, Construção em Terra, TecMinho ed., Publidisa, 2009.)

O panorama atual da construção civil evidencia uma predominância do consumo de cimento sobre os alimentos, conforme reportado na Ciência Globo (2013) e pelas observações de Vahan Agopyan (2011) sobre o desafio da sustentabilidade no sector. Este cenário destaca a construção como uma das indústrias mais poluentes, com cada pessoa gerando uma quantidade considerável de entulho. Diante desse contexto, profissionais têm considerado resgatar métodos e materiais antigos como uma estratégia para reduzir o desperdício.

A utilização histórica da terra como material de construção remonta a civilizações antigas, como o Egito e a China, que se valeram de suas propriedades acessíveis, econômicas, resistentes e ecologicamente amigáveis.
Apesar de sua eficácia comprovada, a tecnologia de Terra Compactada enfrenta desafios de difusão, confiança e acesso a literatura especializada.

A terra compactada tem sido amplamente utilizada em áreas rurais para a construção de instalações colectivas, como centros comunitários, devido à sua durabilidade, baixo custo e menor impacto ambiental.

Em Moçambique, a construção de centros comunitários enfrenta desafios logísticos e financeiros, especialmente em regiões remotas, onde o transporte de materiais convencionais é caro e difícil.

No entanto, ao utilizar técnicas como a terra compactada, esses centros podem ser construídos de forma mais eficiente e sustentável, aproveitando recursos locais e reduzindo tanto os custos como o impacto ambiental. Dessa forma, os centros comunitários tornam-se não apenas espaços de encontro e desenvolvimento social, mas também exemplos práticos de construção sustentável. A aplicação da técnica de Terra Compactada é mais frequente internacionalmente em ambientes tanto rurais quanto urbanos, destinados à construção de infraestruturas colectivas como escolas, museus e centros comunitários. Entretanto, em âmbito local, especificamente em Moçambique, especialmente na província de Maputo, a construção nessas áreas ainda enfrenta diversos desafios, incluindo a logística associada ao transporte de matéria-prima e a contratação de mão-de-obra, o que resulta em custos mais elevados de investimento. Por outro lado, a construção de Centros Comunitários têm sido de grande contributo para o desenvolvimento local, especialmente em zonas distantes do centro urbano, onde o acesso ao emprego é mais difícil. O que permite que a construção de Centros Comunitários em terra compactada sobressaia como uma solução promissora, pois, utiliza materiais locais, reduz custos e tem maior resistência a eventos climáticos extremos. No entanto, existem desafios específicos a serem abordados, como a disponibilidade de solo adequado, a falta de conhecimento local e a aceitação social e cultural.

Diante desse cenário, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo demonstrar a aplicação da tecnologia de Terra Compactada na construção de Centro Comunitário em meio urbano em Moçambique na província de Maputo.

A motivação para a escolha deste tema reside na importância de superar essas problemáticas, promover o desenvolvimento sustentável, capacitando profissionais locais e fornecer orientações práticas para futuros projectos, com a intenção de esclarecer todos os processos envolvidos na aplicação de terra compactada, promovendo a adoção dessa tecnologia sustentável na prática construtiva. Ao fazer isso, o trabalho visa não apenas ampliar o conhecimento sobre essa técnica, mas também fortalecer a resiliência e a capacidade de autossuficiência das comunidades locais.

De onde Surgiu a ideia?

"Este tema despertou em mim o desejo de explorar novas abordagens arquitetónicas e acima de tudo Técnológicas que integrem aspectos culturais e sustentáveis." As razões que sustentam a minha escolha são as seguintes:

"A terra compactada pode ser usada para construir uma variedade de estruturas, desde casas e escolas até edifícios públicos e comerciais."

- Craterre.org

O centro comunitário, como equipamento ou infra-estrutura, enquadra-se no leque de espaços capazes de acompanhar as constantes alterações na dinâmica de vida, pois são espaços que têm como características essenciais a flexibilidade e o dinamismo que levam a concepção de um espaço polivalente e virado para o exterior, e que engloba um leque de actividades e respostas diversificadas, de acordo com as expectativas *sociais*.

Relevância e Pertinência:

Vivemos numa era em que a busca por soluções acessíveis e sustentáveis para infraestruturas comunitárias é crucial. "Construção em Terra Compactada (CTC)" surge como uma inovação crucial com potencial para transformar a forma como construímos e habitamos o nosso planeta.

1.1. Acessibilidade e Sustentabilidade:

A CTC apresenta diversas vantagens em comparação com métodos tradicionais de construção. Os materiais utilizados, como terra e outros elementos naturais, são abundantes e de baixo custo, tornando a CTC uma opção acessível para comunidades de baixa renda. Além disso, a CTC oferece uma série de benefícios ambientais, como:

- Redução da pegada de carbono: A produção de materiais tradicionais de construção, como o cimento, emite grandes quantidades de gases de efeito estufa. A CTC, por outro lado, utiliza materiais de baixo carbono, reduzindo significativamente o impacto ambiental da construção.
- Eficiência energética: As paredes de terra compactada possuem propriedades isolantes térmicas excepcionais, o que contribui para a redução do consumo de energia em edifícios.
- Gestão de recursos hídricos: A CTC utiliza menos água do que os métodos tradicionais de construção, o que é crucial em regiões com escassez de água.

1.2. Alinhamento com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

A pesquisa em CTC contribui diretamente para o alcance de diversos ODS, principalmente:

- **ODS 11:** Cidades e Comunidades Sustentáveis: A CTC oferece uma solução para a construção de cidades e comunidades mais inclusivas, resilientes e sustentáveis.
- **ODS 13:** Ação Climática: A CTC contribui para a mitigação das mudanças climáticas através da redução da pegada de carbono e do consumo de energia.
- **ODS 15:** Vida Terrestre: A CTC promove a gestão sustentável dos recursos naturais e a proteção da biodiversidade.

Valorização Cultural:

A pesquisa permite explorar técnicas tradicionais de construção em terra, buscando revitalizar práticas culturais. A implementação desta tecnologia em objetos arquitectónicos visa resgatar e valorizar o património cultural de forma adaptativa aos desafios contemporâneos.

Compromisso Social:

O compromisso com a construção de um futuro mais equitativo e ambientalmente consciente é a base da minha motivação para realizar esta pesquisa. Acredito que a "Construção em Terra Compactada" pode ser uma ferramenta poderosa para alcançar este objetivo, proporcionando melhores condições de vida para comunidades moçambicanas.

Impacto Social::

A "Construção em Terra Compactada" oferece a possibilidade de criar estruturas sustentáveis, de baixo custo e com um impacto ambiental reduzido. Acredito que esta abordagem pode contribuir significativamente para a construção de um futuro mais equitativo e ambientalmente consciente. Pode contribuir para o desenvolvimento social e económico de diversas maneiras, mencionadas no quadro ao lado →

A "Construção em Terra Compactada" apresenta um enorme potencial de impacto social positivo, promovendo desenvolvimento social e económico, empoderamento da comunidade, melhoria da qualidade de vida e sustentabilidade social.

1. Sustentabilidade:

- A CTC oferece estruturas sustentáveis, de baixo custo e com impacto ambiental reduzido.
- Contribui para um futuro mais equitativo e ambientalmente consciente.

2. Desenvolvimento Social e Económico:

- Geração de emprego e renda para comunidades empobrecidas.
- Estimula o desenvolvimento económico local.

3. Empoderamento da Comunidade:

- Participação da comunidade no processo de construção.
- Promove o empoderamento e a coesão social.

4. Melhoria da Qualidade de Vida:

- Melhor qualidade do ar e conforto térmico.
- Conforto acústico e ambiente mais tranquilo.

5. Sustentabilidade Social:

- Permite que comunidades de baixa renda construam suas próprias casas e infraestruturas.
- Promove a inclusão social.

Exemplos:

Estudo da UFPE: CTC gera 3x mais empregos que construção tradicional.

Projeto "Terra Nova": Capacitação de comunidades para construção em terra.

CRATerre: Desenvolvimento de técnicas de construção em terra em países em desenvolvimento.

Todos os dias, de uma forma ou de outra, toco na terra. Não quero dizer que apenas a piso, toda a gente o faz. Refiro-me à terra que se pega e se toca, é toda diferente, sabes. Alguma é granular e áspera, e outra é sedosa e suave. Vem em todas estas cores diferentes, pode ser dourada, vermelha, castanha, cinzenta. Tem um aroma. Podes construir coisas com ela, podes cultivar coisas nela. É uma substância notável, e está em todo o lado. Se eu fosse cego, ainda sentiria a terra.

Bick, Z.R (2016). p.95

OBJECTIVOS

GERAL

Demonstrar a aplicação da Tecnologia da Terra Compactada na construção de um Centro Comunitário em zonas Urbanas e realizar um estudo sobre espaços comunitários e sua efetividade como meio de mitigação de problemas sociais no contexto urbano em Moçambique.

ESPECÍFICOS

- Apresentar os Conceitos, o Historial e Avaliação das diferentes Técnicas de Construção em Terra;
- Demonstrar o processo construtivo da Terra Compactada;
- Elaborar uma parede em terra compactada (1100x600mm) reinventada, para demonstrar a eficácia das técnicas usadas.
- Mostrar a eficácia da técnica através da proposta do Projecto de centro comunitário, capaz de responder efetivamente aos diversos desafios na área em que pretende-se inserir.
- Encontrar uma solução formal e técnica viável, através do uso de técnicas simples e de domínio dos membros da comunidade, de forma a que eles possam participar no processo, favorecendo o seu empoderamento.

METODOLOGIA

Quais foram os métodos seguidos para a elaboração do TCC?

O método utilizado para a realização do presente Trabalho de Conclusão de Curso foi o qualitativo e quantitativo (Abordagem e Quantitativo) com a finalidade de estudar e demonstrar a aplicabilidade da tecnologia construtiva em Terra Compactada, e também, analisar o objecto de estudo, um Centro Comunitário.

Para obter os dados necessários para o estudo, foram feitas pesquisas bibliográficas na internet, consulta de livros na biblioteca da Faculdade, consulta de instrumentos legais de Moçambique, da visita feita a entidade que tutela pelo ensino técnico no país, visitas ao local de aplicação do projecto, visitas as escolas com usos similares (casos de estudo) e durante as sessões de discussão com o tutor. Foram definidas seis etapas que são detalhadas a seguir

Escolha do Tema.

01

A escolha do tema de estudo e do tópico foi motivada pelo interesse pessoal na aplicação da tecnologia da Terra Compactada na arquitetura moçambicana. Optou-se por focar no Centro Comunitário devido à sua capacidade de capacitar os jovens para o empreendedorismo, uma consideração relevante dada à crise atual enfrentada pelo país.

Definição do Problema.

02

Após a definição do objecto de pesquisa, procedeu-se a uma investigação abrangente das diversas metodologias de construção em terra a nível mundial, bem como a um estudo aprofundado sobre a realidade dos Centros Comunitários em Moçambique. Este processo permitiu uma compreensão detalhada das necessidades, funcionamento e abrangência dessas instituições no país, ao mesmo tempo que identificou os principais desafios enfrentados por elas.

Recolha de Dados.

03

Estabelecido o problema, o próximo passo foi realizada uma pesquisa teórica detalhada, focando na definição preliminar da tecnologia construtiva e dos materiais a serem utilizados. Em seguida, uma visita foi realizada para analisar trabalhos anteriores, com o intuito de obter mais informações sobre a construção de centros comunitários, os critérios para a sua localização e a elaboração dos termos de referência.

Testagem do Material.

04

Para avaliar o desempenho do material de terra compactada, foi conduzido um teste com uma amostra de dimensões 1100x600mm. Os resultados foram registrados e analisados para determinar a adequação do material para uso em projetos de construção civil.

Estudo de Referências.

05

Para entender o funcionamento e a construção de um Centro Comunitário, foram analisados exemplos na cidade de Maputo, considerando a disponibilidade de materiais compatíveis com a tecnologia de Terra Compactada. Além disso, foi realizada uma pesquisa de referências, incluindo estudos de casos regionais e nacionais, para ampliar o conhecimento das práticas e desafios na construção de Centros Comunitários com essa técnica.

O Projecto.

06

A proposta compreende um Centro Comunitário localizado no Município de Maputo, no Distrito Municipal de KaTembe onde para a sua construção será aplicada a tecnologia construtiva em Terra Compactada. Essas informações serão fundamentais para a seleção adequada dos materiais e técnicas construtivas a serem empregadas no Centro Comunitário.

O MATERIAL IMPORTA

O Desafio: Energia Incorporada e Escassez de Recursos

MATERIAIS	kg/CO²/m³	kgCO²/ton
Blocos de Cimento	1895	972
Betão Pré-fabricado(1)	328	137
Brita/Cascalho	19	10
Terra Compactada(2)	19	10
Areia	19	10
Aço	25 870 ▪ 54 497	3 455 ▪ 6 987
Fardo de Palha	4	▪
Madeira	147	104

(1) With reinforcement (2) Without formwork

Tabela 1 - Comparação da Energia Embutida de CO2 em Materiais
Fonte: Martinez Escobar, (2014)

"É oportuno revisitar as construções em terra pelo seu potencial de satisfazer a crescente demanda por habitação moderna, aliviar o crescente fardo da urbanização e como um material alternativo que é ambientalmente benigno, renovável, globalmente acessível e acessível."

- B. V. Venkatarama et al (2019, p.7)

Existe um aumento constante nas evidências de que o material é importante. A indústria da construção é responsável por cerca de 40% do consumo global de materiais e energia. Enquanto isso, as emissões de CO² dos materiais escolhidos, em edifícios, representam 28% das emissões anuais de CO² relacionadas aos edifícios.

A fabricação de cimento e aço têm a maior pegada de carbono e os materiais são usados em grandes quantidades. Esforços são feitos globalmente para reduzir as emissões directas e indirectas, substituindo a combustão de combustíveis fósseis em edifícios, por energias renováveis. No entanto, a energia incorporada na construção de edifícios, a extração de materiais e a produção permanecem fora do foco.

A pegada de carbono global dos nossos edifícios, portanto, continua a aumentar (Conselho Mundial de Construção Sustentável, 2018).

O Relatório Global de Status de 2018; Rumo a um sector de construção e edifícios com emissões zero, eficiente e resiliente destaca o facto de que o carbono incorporado em um edifício é principalmente baseado na demanda e tendências de materiais. Houve um aumento anual no aço e cimento devido ao rápido crescimento econômico em países em desenvolvimento. A China estabeleceu a tendência para um mercado de construção em crescimento e representa cerca de 40% do uso actual de materiais de construção. Portanto, deslocar o foco para a energia incorporada dos materiais, é uma peça crucial do quebra-cabeça, para reduzir as emissões na indústria da construção (Conselho Mundial de Construção Sustentável, 2018).

RELEVÂNCIA

Sustentabilidade: Economia de recursos

Fig. 01 – Palavra "TERRA" formada com terra solta, representando a construção em terra compactada.
Fonte: Autor (Midjourney)

A indústria da construção é responsável por uma parcela significativa das emissões de CO^2 e da geração de resíduos, representando um desafio ambiental crucial. A falta de planeamento e projectos para a demolição torna difícil a recuperação e reutilização de materiais. Em contraste, a construção com terra compactada permite que materiais, como a areia, sejam reaproveitados após a demolição, facilitando a economia circular. Isso não ocorre com estruturas de blocos e cimento, que geram resíduos mais difíceis de reciclar ou reutilizar, levando a um desperdício significativo. A economia circular, que transforma resíduos em recursos e utiliza ciclos fechados de materiais, é crucial para resolver problemas ambientais na construção. Estruturas feitas de terra ou argila são particularmente eficazes, pois podem ser recicladas indefinidamente sem degradação, oferecendo uma solução sustentável para o ciclo de materiais na construção. (Beim et al., 2019; Klinge et al., 2019; Fundação Ellen Macarthur, 2020).

Profissão: o futuro Arquitecto

Os futuros arquitectos estão diante de um cenário onde a escassez de recursos e os custos crescentes dos materiais, impõem novos desafios. Nesse contexto, é essencial uma mudança de mentalidade no processo de design, colocando a escolha dos materiais no centro das discussões, desde as etapas iniciais do projeto. Questões como extracção, renovabilidade, reciclabilidade e localidade devem ser cuidadosamente consideradas. Os arquitetos têm o poder de liderar essa mudança e devem assumir um papel activo na adopção de materiais mais circulares. Embora a inovação nesse sentido já esteja disponível, é crucial testar e implementar essas soluções de forma corajosa. Enfrentar esses desafios e explorar materiais circulares e à base de biomassa é fundamental para encontrar soluções sustentáveis para a arquitectura contemporânea.

TCC 2023/24

Construção em Terra.

INDICE

- Conceito e História
- Noções Fundamentais
- Princípios e Estratégias
- Benefícios de Construção em Terra
- Técnicas de Construção em Terra
- Caso de Moçambique
- Regulamentação Internacional

Segundo
Capítulo.

02

Devido ao dano ambiental e o aquecimento global causados pelos atuais métodos convencionais de construção, a sociedade está cada vez mais consciente dos seus impactos negativos. A sustentabilidade está rapidamente se tornando uma grande prioridade, e os usos de materiais não industriais estão sendo reconsiderados devido ao aumento da demanda por habitação à medida que as populações aumentam e à necessidade de reduzir o consumo de energia, o desperdício e promover a conservação de recursos na indústria da construção (Morel et al., 2001). Os materiais não industriais são definidos como “Materiais utilizados na Engenharia Civil fabricados e instalados por pedreiros. Geralmente são materiais locais, ou seja, terra, pedra, fibras vegetais misturadas com um aglutinante” (Bui et al., 2009).

CONCEITO E HISTÓRIA

O que é?

A terra é um dos materiais de construção mais antigos e mais difundidos. Actualmente milhões de edifícios em terra são ainda utilizados por pessoas em muitos países em todo o Mundo, por motivos culturais, climáticos e económicos.

Fig. 02 –Pirâmide do Sol em Teotihuacan, México
Fonte: https://br.freepik.com/fotos-premium/piramide-do-sol-teotihuacan-mexico_920816?.html

As técnicas de construção em terra são conhecidas há mais de 9000 anos. Casas de tijolo de barro datadas de 8000 a 6000 a.C. foram descobertas no Turquestão Russo. Fundações de terra compactada datadas de 5000 a.C. foram descobertas na Assíria. A terra foi usada em todas as culturas antigas, não apenas para habitações, mas também para edifícios religiosos. A Grande Muralha da China, com 4000 anos de idade, foi originalmente construída apenas com terra compactada; apenas uma cobertura posterior de pedras e tijolos lhe deu a aparência de uma muralha de pedra. O núcleo da Pirâmide do Sol em Teotihuacan, México, construída entre 300 e 900 d.C., consiste em aproximadamente 2 milhões de toneladas de terra compactada. Descobertas da Idade do Bronze estabeleceram que na Alemanha a terra era usada como enchimento em casas de madeira ou para selar paredes feitas de troncos de árvores. O exemplo mais antigo de paredes de tijolo de barro na Europa setentrional, encontrado no Forte de Heuneburg, perto do Lago de Constança, na Alemanha, remonta ao século VI a.C. Sabemos a partir dos textos antigos que já existiam fortes de terra compactada na Espanha até o final do ano 100 a.C. No México, América Central e América do Sul, são conhecidos edifícios de adobe em quase todas as culturas pré-colombianas.

Sendo assim, o surgimento da construção em terra não é claro. Surge de forma independente em várias partes do mundo, estando associado a movimentação dos povos e ao processo de sedentarização; e posteriormente através do desenvolvimento das civilizações e das trocas comerciais, as técnicas de construção foram sendo partilhadas e equiparadas entre si. (P. Jaquin, 2012)

A técnica de terra compactada também era conhecida em muitas áreas, enquanto os conquistadores espanhóis a introduziram em outras. Na África, quase todas as mesquitas antigas são construídas com terra. (Minke (2006)

Argila como material de construção possui um enorme potencial para a construção sustentável e economia circular, entre outras coisas. A terra tem o potencial de combater as emissões de CO^2 e é um exemplo de material

Fig. 03 –A Grande Mesquita de Djenné, Mali
Fonte: https://sou-cesar.blogspot.com/2017/04/grande-mesquita-de-djenne.html

com baixa energia incorporada. É uma alternativa a materiais com emissões muito altas de CO^2, como o betão e a argamassa de cal hidráulica. A terra não é um recurso renovável, mas é circular - a matéria-prima é quase inexaurível. Isso significa que, quando mantida em sua forma bruta, sem adicionar qualquer cimento ou queimá-la, a terra pode ser reciclada para sua composição original indefinidamente (Nielsen, 2018).

Já nota-se o abundante uso da Terra, pois metade da população mundial vive ou trabalha em edifícios de terra, e eles representam algumas das estruturas mais antigas do mundo. Existem muitas razões pelas quais a terra tem sido usada há milhares de anos (Naidoo 2010). Em termos de qualidades arquitectónicas, a estética da terra compactado é impressionante; no entanto, a história por trás do material é ainda mais poderosa. A terra conquistou adeptos devido à sua acessibilidade local, eliminando transporte e emissões de CO^2, e ao fato de ser completamente reciclável e possuir plasticidade arquitectónica. Outras propriedades reconhecíveis são que a terra compactada é um material não inflamável, não tóxico, comprovado para regular a humidade e aumentar o conforto térmico (Martinez Escobar, 2013).

No entanto, o interesse crescente no método de construção é limitado por várias desvantagens. Uma delas é a falta de base científica, regulamentações e padronização aplicáveis a outros materiais de construção convencionais. Construir com terra também é intensivo em mão de obra, resultando em prazos mais longos e tornando-o menos competitivo em projetos comerciais (Bernata, Gila e Escrig, 2016).

Fig. 04 – Textura de solo natural, representando a matéria-prima da construção em terra.
Fonte: Autor (Modificado do Google)

Actualmente, os edifícios de Terra Compactada têm estado a ganhar terreno em escala global, com regulamentações mais desenvolvidas na Nova Zelândia e na Alemanha.

Exemplos de arquitectura contemporânea de alta qualidade podem ser encontrados na Austrália, África do Sul, Europa Central, América do Sul e do Norte. Casas passivas de Terra Compactada também estão sendo desenvolvidas no Canadá, onde o clima frio é ainda mais extremo.

A ascensão da revolução industrial promoveu o surgimento de métodos e materiais construtivos mais modernos e uniformizados, o que consequentemente levou ao declínio da popularidade da construção em terra, relegando-a a ser empregada predominantemente em áreas onde os recursos econômicos são escassos ou em desenvolvimento (M. A. Giraldelli et al, 2020). Contudo, desde os primeiros anos do século XXI, observa-se um interesse renovado na construção com terra, impulsionado não apenas pela preocupação ambiental, mas também pela busca de soluções construtivas mais ecologicamente sustentáveis e adaptadas às particularidades locais. (F. P. Torgal, et al, 2009)

Projectar com materiais locais não é um conceito novo. No entanto, muitas técnicas de construção tradicionais caíram em desuso em comparação com a construção industrializada com aço e betão. O resultado é que menos atenção e pesquisa foram dedicadas ao potencial da construção com terra (Bernata, Gila e Escrig, 2016). Identificar tanto as oportunidades quanto os desafios de trabalhar com terra é crucial - este material não é uma solução universal.

No entanto, materiais que são, em última análise, parte da garantia de recursos para as gerações futuras devem ser investigados em seu máximo potencial.

“A arquitectura de terra hoje permanece como uma técnica de 'faça você mesmo' porque há uma ausência dessas construções em cidades urbanas. O que é considerado urbano poderia ser objeto de outra discussão, mas a falta de construções de terra nos centros das cidades e nos desenvolvimentos modernos é o que é importante destacar. Edifícios com materiais naturais geralmente são projectados para serem colocados no campo. Se nós, como arquitectos, projetarmos e demonstrarmos que é possível construir com terra, as pessoas começarão a notar, e poderemos ver cada vez mais esse tipo de construção em nossas áreas urbanas.”

Martinez Escobar (2014)

Fig. 05 – Símbolo de reciclagem formado por terra, representando sustentabilidade e economia circular.
Fonte: Autor (Modificado da Google)

NOÇÕES FUNDAMENTAIS

O Solo

É a componente essencial da crosta terrestre, é resultado da decomposição das rochas ao longo do tempo, influenciada por diversos processos físicos, químicos e biológicos, além das condições bioclimáticas locais e da decomposição da matéria orgânica presente. Na construção em terra, utiliza-se uma composição específica desse solo, composta apenas pelos elementos minerais, como argilas, siltes e areia, em diferentes proporções. A performance desse solo na construção em terra é determinada pela sua composição mineral e pela quantidade de água presente, sendo essencial realizar testes preliminares, tanto em laboratório quanto empiricamente, para caracterizá-lo adequadamente. (F. Torgal et al, 2009)

Os solos podem ser definidos em três tipos:
Argilosos, Arenosos e Siltosos.

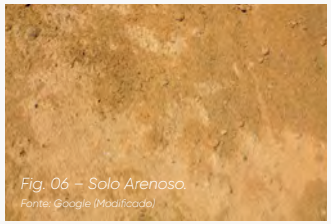


Fig. 06 – Solo Arenoso.
Fonte: Google (Modificado)

Os solos **Arenosos** são aqueles onde a areia predomina, contêm grãos grossos, médios e finos; são caracterizados pela sua falta de coesão, ou seja, os grãos são facilmente separáveis uns dos outros.

Fig. 07 – Solo Argiloso.
Fonte: Google (Modificado)

Os solos **Argilosos** são reconhecidos por seus grãos microscópicos com cores vibrantes e alta impermeabilidade, apresentando um comportamento distinto dos solos arenosos. Sua plasticidade e capacidade de são beneficos para a construção.

Fig. 08 – Solo Siltoso.
Fonte: Google (Modificado)

Os solos **Siltosos** estão entre a areia e a argila.
Deste modo, trata-se de um pó como argila, mas que não tem coesão apreciável, não tendo também plasticidade suficiente quando esta molhado.

Os solos mais **arenosos** são melhores para as práticas de compactação como o bloco de terra compactada ou a taipa, enquanto os solos mais **argilosos** e mais plásticos são mais adequados para a construção em adobe ou terra moldada...

Caracterização do Solo

Para avaliar a adequação do solo para uma aplicação específica, é essencial compreender sua composição, o que requer análises por meio de testes laboratoriais e/ou de campo. Na construção civil, a caracterização do solo depende principalmente do entendimento de quatro propriedades essenciais: granulometria, plasticidade, compressibilidade e coesão. A granulometria descreve a natureza e quantidade de agregados, a plasticidade indica a capacidade de moldagem do solo, a compressibilidade define sua capacidade de compactação e redução da porosidade, enquanto a coesão refere-se à capacidade de adesão dos agregados entre si.

Fonte:
(J. M. F. V. N. Falcão, 2014)
(Minke, 2006)

Granulometria

A composição granulométrica do solo refere-se ao tamanho das partículas que o compõem. Para determiná-la, podem ser realizados dois testes: o teste de peneiramento e o teste de sedimentação. O teste de peneiramento avalia a percentagem de partículas maiores, como seixos e areia, retidas ou passadas por peneiras de abertura normalizada. Já o teste de sedimentação calcula as proporções de partículas mais finas, como silte e argila, através da velocidade de decantação das partículas dispersas em água.

Plasticidade

A terra pode apresentar quatro estados de consistência, dependendo da quantidade de água presente: líquida, plástica, semi-sólida e sólida. A plasticidade do solo e seus limites de consistência são determinados pelos ensaios do limite de liquidez (LL - determinado pelo ensaio de Casagrande) e do limite de plasticidade (LP - determinado pelo teste de limite de plasticidade). O índice de plasticidade (IP) é calculado pela diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP).

$$IP = LL - LP$$

Compressibilidade

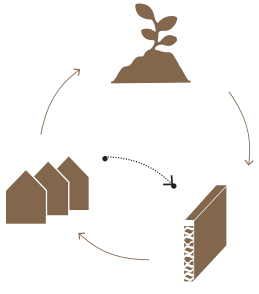
A compressibilidade caracteriza o nível de compactação de um solo. Através do ensaio de Proctor, é possível determinar a humidade ideal para a compactação de uma amostra específica, e, por conseguinte, a sua densidade aparente. Ambos estão diretamente associados à sua resistência e porosidade, fatores determinantes para a sua durabilidade - quanto mais compacto, menos poroso e mais resistente o solo será.

Coesão

A coesão de um solo reflete a sua capacidade de manter as suas partículas unidas quando sujeitas a uma força de tração. Esta propriedade é avaliada por meio do ensaio de tração em estado húmido e é utilizada para classificar o solo de acordo com o seu nível de coesão.

PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIAS
da Construção em Terra

Na fase inicial do projeto, é crucial em qualquer método construtivo, especialmente nas construções em terra, devido às suas limitações, como vulnerabilidade à água, ação sísmica e baixa resistência à tração e flexão. No entanto, conforme Minke observa, não é o material de terra em si que é responsável por falhas estruturais, mas sim o sistema estrutural utilizado, seu layout e o tipo de aberturas.



Implantação

Durante o planeamento da construção, é essencial compreender o terreno, identificar os riscos naturais e projetar adequadamente de acordo com a análise do local, visando minimizar sua vulnerabilidade. Devido à sensibilidade das construções em terra à exposição contínua à água, mesmo após estabilização, é crucial evitar áreas sujeitas a inundações para essas construções. Também é importante considerar a presença de taludes próximos à construção, os quais podem canalizar o escoamento de água em direção à área de construção. É fundamental desviar esses canais ou ajustar a localização da construção para garantir sua integridade.

Planimetria (Design da Planta)

Durante a fase de conceção dos planos, é crucial minimizar a vulnerabilidade das estruturas aos efeitos dos sismos. Recomenda-se que os projectos tenham uma configuração circular, evitando cantos onde as forças horizontais possam se concentrar, como proposto por estudos conduzidos no Building Research Institute, em Kassel.

As plantas devem ser compactas e simétricas, sendo o objectivo principal evitar as paredes colapsem. Devem ser evitados troços longos, sem travamentos, ou corpos assimétricos contínuos. [8]

Número de Pisos

Devido à sua suscetibilidade à acção sísmica, a maioria das normas de construção para edifícios em terra estabelecem um limite máximo de dois andares. Como as paredes de terra são pesadas, elas aumentam consideravelmente o risco em áreas com atividade sísmica moderada a alta, portanto, é aconselhável evitar a construção de um segundo andar. Caso seja absolutamente necessário, o segundo andar deve ser leve, possivelmente construído em madeira. É recomendável evitar telhados e lajes pesadas, além de garantir uma estrutura regular e contínua entre os andares.

Fig. 09 - Mulheres africanas carregando bacias com areia para auto-construção.
Fonte: https://ica-foundation.org/project-resources/project-administration/

Protecção contra Humidade

A água representa uma das principais fontes de problemas nas construções em terra, podendo ser atribuída à sua presença na superfície da construção, à existência de aberturas que permitem sua penetração e à ação de forças que atraem a água para dentro. Locais especialmente vulneráveis incluem o topo e a base das paredes, parapeitos, terraços e coberturas planas, bem como juntas entre materiais diferentes. Evitar construções em áreas propensas ao acúmulo de água e projetar coberturas que se estendam além das paredes são medidas fundamentais. Uma cobertura impermeável e um sistema de drenagem eficaz devem ser garantidos para evitar a infiltração de água. A prevenção da ascensão capilar requer a impermeabilização das fundações e do embasamento, comuns através de membranas betuminosas ou plásticas. A manutenção regular, incluindo a reparação de fissuras e aberturas, é essencial para evitar problemas de infiltração.

BENEFÍCIOS
da Construção em Terra

"No fundo, o que a conceção arquitetónica [sustentável] requer não é nem uma corrida não ponderada para a tecnofilia, nem um regresso a um passado romântico que nunca existiu. O que é necessário é uma investigação através da ciência e do design do que é possível, a disseminação do que já é conhecido e a redescoberta do conhecimento que está perdido ou esquecido. Só então podemos abordar as realidades de hoje, bem como as esperanças e aspirações de amanhã, num mundo que continuará a ser material."

- Andrew Walker-Morison
Fonte: "A Material Difference Imagining Sustainability"

Em dias com a temperatura moderada e/ou baixa, as pessoas passam uma quantidade considerável de tempo em espaços fechados, portanto, as condições do clima interior são vitais para o conforto e bem-estar. O conforto depende da temperatura, humidade, radiação, movimento e renovação do ar para os poluentes.

Para as pessoas dentro das suas casas, a temperatura é um fator imediatamente reconhecido e percebido se estiver demasiado alta ou baixa, enquanto isso não acontece com a humidade. As pessoas não percebem se está alta ou baixa, e isso tem uma relevância significativa na saúde dos habitantes dentro da casa. Neste campo, a terra tem a capacidade de equilibrar a humidade interior como nenhum outro material de construção.
Pesquisas têm mostrado que uma humidade relativa inferior a **40%** ao longo de um longo período pode secar as membranas mucosas, o que pode diminuir a resistência a constipações e doenças relacionadas (Minke, 2006). Isso ocorre porque normalmente a membrana mucosa do tecido epitelial dentro da traqueia absorve poeira, bactérias, vírus, etc., e os devolve para a boca. Se essa absorção for perturbada pela secagem, então corpos estranhos podem alcançar os pulmões e causar problemas de saúde. Uma humidade relativa acima de **70%** tem muitas consequências positivas: reduz o conteúdo de poeira fina no ar, ativa os mecanismos de proteção da pele contra micróbios, reduz a vida de muitas bactérias e vírus, e reduz o odor e a carga estática nas superfícies dos objetos na sala.

Uma humidade relativa de mais de **70%** é normalmente experimentada como desagradável, provavelmente devido à redução da ingestão de oxigénio pelo sangue em condições quentes e húmidas. Dores reumáticas crescentes são observadas em ambientes frios e húmidos. A formação de fungos aumenta significativamente em quartos fechados quando a humidade ultrapassa 70% ou 80%. Esporos de fungos em grandes quantidades podem levar a vários tipos de dores e alergias. A partir destas considerações, podemos concluir que o conteúdo de humidade numa sala deve ser no mínimo de 40%, mas não mais do que 70%.

Fig. 10 – Construção de uma Parede em Terra
Fonte: Autor (Midjourney)

O impacto da troca de ar na humidade do ar

Em dias com a temperatura moderado e frios, quando as temperaturas exteriores são muito mais baixas do que as temperaturas interiores, o maior grau de troca de ar fresco pode tornar o ar interior tão seco que podem surgir efeitos negativos na saúde. Por exemplo, se o ar exterior com uma temperatura de 0°C e uma humidade relativa de 60% entrar numa sala e for aquecido para 20°C, a sua humidade relativa diminui para menos de 20%. Mesmo que o ar exterior (com temperatura de 0°C) tivesse um nível de humidade de 100% e fosse aquecido para 20°C, a sua humidade relativa ainda cairia para menos de 30% (Minke, 2006). Em ambos os casos, torna-se necessário aumentar a humidade o mais rapidamente possível para alcançar condições saudáveis e confortáveis. Isso pode ser feito regulando a humidade libertada pelas paredes, tetos, pisos e móveis.

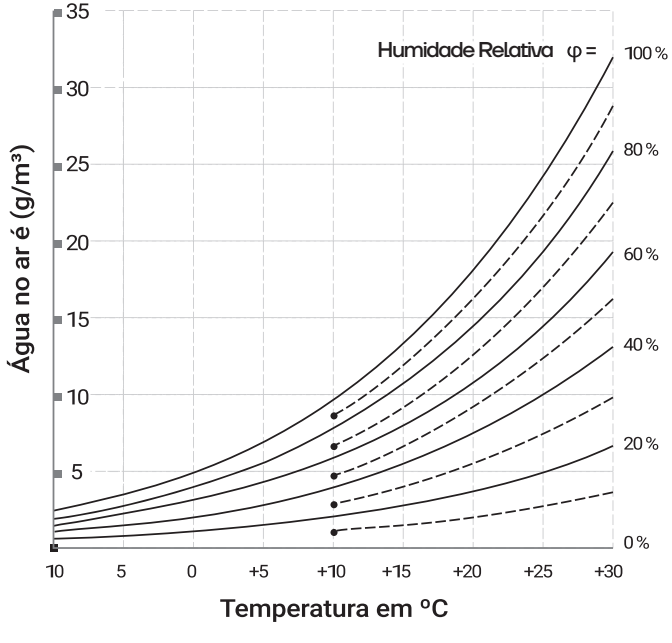


Gráfico 1 - Influência da Temperatura na Humidade Relativa do Ar Interior"
Fonte: Building with earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Minke, 2006)

O efeito equilibrador da Terra na humidade

Os materiais porosos têm a capacidade de absorver humidade do ar ambiente e de desorver humidade para o ar, alcançando um equilíbrio de humidade nos climas internos. O teor de humidade de equilíbrio depende da temperatura e humidade do ar ambiente. A eficácia desse processo de equilíbrio também depende da velocidade de absorção ou desorção. Experimentos mostram, por exemplo, que a primeira camada de tijolo de barro, com 1,5 cm de espessura, é capaz de absorver cerca de 300 g de água por superfície de parede em 48 horas se a humidade do ar ambiente for elevada abruptamente de 50% para 80%. No entanto, caliza, areia de cal e madeira de pinho da mesma espessura absorvem apenas cerca de 50 a 150 g de água por metro quadrado de superfície de parede em 48 horas se a humidade do ar ambiente for elevada abruptamente de 50% para 80%. Gesso e tijolo cozido, com sua menor porosidade, absorvem ainda menos, entre 20 a 100 g/m² nesse mesmo período. As curvas de absorção de ambos os lados de paredes não rebocadas de 11,5 cm de espessura de diferentes materiais ao longo de 16 dias.

Absorção de amostras, com 15 mm de espessura a uma temperatura de 21°C e um aumento repentino da humidade de 50% para 80%.

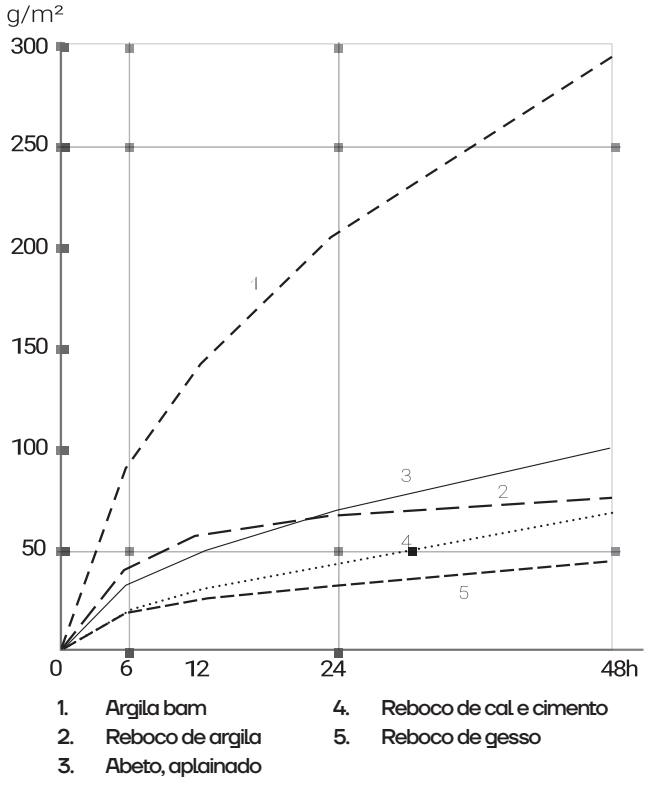


Gráfico 2 - Comparação da Absorção de Água em Revestimentos: Terra vs Materiais Convencionais

Fonte: Building with earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Minke, 2006)

Os resultados mostram que os tijolos de barro absorvem 50 vezes mais humidade do que os tijolos sólidos cozidos em altas temperaturas. Medições realizadas ao longo de um período de cinco anos em várias divisões de uma casa construída na Alemanha em 1985, cujas paredes exteriores e interiores eram todas de terra, mostraram que a humidade relativa permaneceu quase constante ao longo dos anos, variando de 45% a 55%. O proprietário desejava níveis de humidade mais elevados, de 50% a 60%, apenas no quarto. Foi possível manter esse nível mais elevado (que é mais saudável para pessoas propensas a resfriados ou gripes) usando a humidade mais alta do banheiro adjacente. Se a humidade do quarto diminuísse muito, a porta do banheiro era aberta após o banho, recarregando as paredes do quarto com humidade. (Minke, 2006)

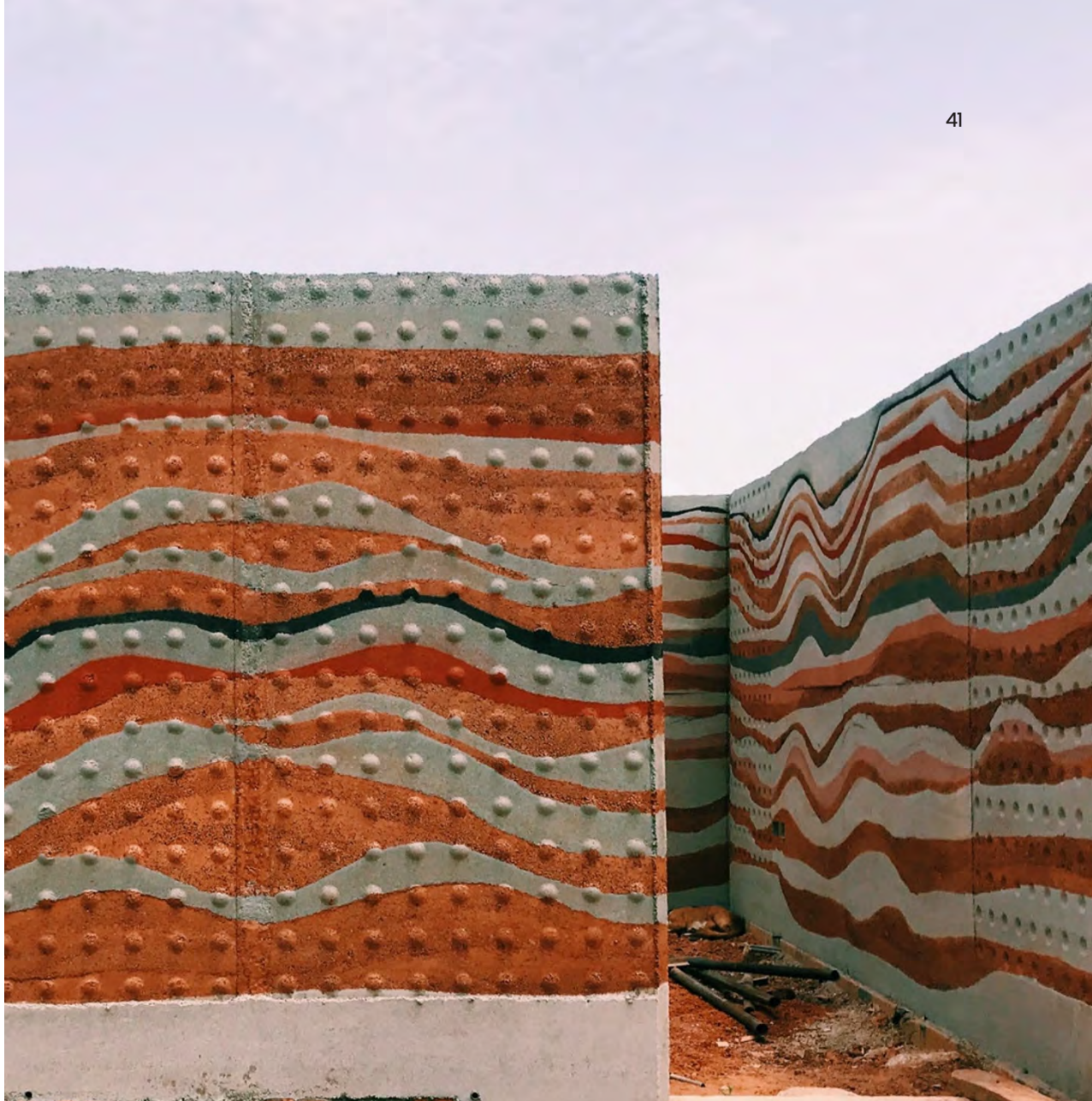


Fig. 11 – Paredes de Terra Compactada com diversas cores
Fonte: https://www.wallpaper.com/architecture/west-african-studio-profile-series-hive-earth-ghana

Fig. 12 – Construção de uma Parede em Terra
Fonte: Autor (Midjourney)

Influência do Calor na Terra

De acordo com a Norma Alemã DIN 4102, a terra, mesmo com algum teor de palha, não é inflamável se a densidade for superior a 1700 kg/m³.

(Mnike, 2006)

A percepção de que a terra é um material muito bom para isolamento térmico é infundada. Uma parede sólida de terra compactada sem palha ou outros agregados leves tem praticamente o mesmo efeito isolante que uma parede sólida de tijolos cozidos. O volume de ar retido nos poros de um material e sua humidade são relevantes para o efeito de isolamento térmico. Quanto mais leve o material, maior o seu isolamento térmico, e quanto maior o seu nível de humidade, menor o seu efeito isolante. A transferência de calor através de um elemento de construção é definida pelo coeficiente global de transferência de calor U. A transferência de calor de um material é caracterizada pela sua condutividade térmica K, que indica a quantidade de calor, medida em watts/m², que penetra em uma parede de 1 metro de espessura a uma diferença de temperatura de 1°C.

Fonte: Building with earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Minke, 2006)

Condutividade Térmica

A condutividade térmica é a propriedade de um material de conduzir calor. O calor transfere-se mais rapidamente em materiais com condutividade térmica mais elevada do que em materiais com condutividade térmica mais baixa. É medida em Watts por metro por Kelvin (W/m·K).

Uma condutividade térmica de 1 Watt/metro.Kelvin indica a quantidade de Joules que passa através de uma superfície de um metro quadrado, com um metro de espessura, quando a diferença de temperatura entre as duas superfícies é de um grau Kelvin em um segundo, sendo igual a um. Quanto mais espesso o material, menor a transferência de calor, e quanto menor a condutividade térmica (**λ**),

De acordo com AIRAH 2000, a condutividade térmica de uma parede de terra socada de 250 mm de espessura, com uma densidade de 1540 Kg/m³ e calor específico de 1260·J/kg·K é de 1,25 W/m·K.

Quando construímos um edifício, procuramos um material com baixa condutividade térmica para que a temperatura no interior do edifício se mantenha mais constante.

No caso da terra, como as estruturas costumam ser muito espessas, a condutividade térmica é baixa, o que resulta numa transferência de calor reduzida. É por isso que são tão eficazes em isolamento térmico.

Factor de Decremento e Atraso temporal

Fonte: Building with earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Minke, 2006) [Modificado]

O fator de decremento e o atraso temporal referem-se à forma como a parede exterior de um edifício reage à humidade e ao período de atraso antes que as temperaturas exteriores atinjam o interior. Uma parede com uma elevada capacidade de armazenamento térmico cria um grande atraso temporal e redução de calor, enquanto uma parede com alto isolamento térmico reduz apenas a amplitude da temperatura. Em climas com dias quentes e noites frias, onde as temperaturas médias se situam dentro da zona de conforto (18°C a 27°C), a capacidade térmica é muito importante para criar climas interiores confortáveis. Isso é demonstrado no seguinte exemplo:

A Figura ao lado ilustra os resultados de dois edifícios de teste diferentes, de volume igual, construídos no Cairo, Egito, em 1964. Um foi construído com paredes de terra de 50 cm de espessura e abóbadas de tijolo de adobe, e o outro com elementos pré-fabricados de betão com um telhado plano de 10 cm de espessura.

Podemos observar que a temperatura no interior do edifício praticamente não varia no edifício feito de terra, enquanto o de betão apresenta uma variação semelhante às temperaturas exteriores. Isso demonstra quão eficaz pode ser a construção em terra para a regulação térmica, pois, enquanto no edifício de betão a variação das temperaturas interiores é de cerca de 15°C, a variação no edifício de terra é inferior a 5°C.

Isso se traduz em menores custos de energia para ar condicionado ou aquecimento e temperaturas mais confortáveis ao longo do dia.

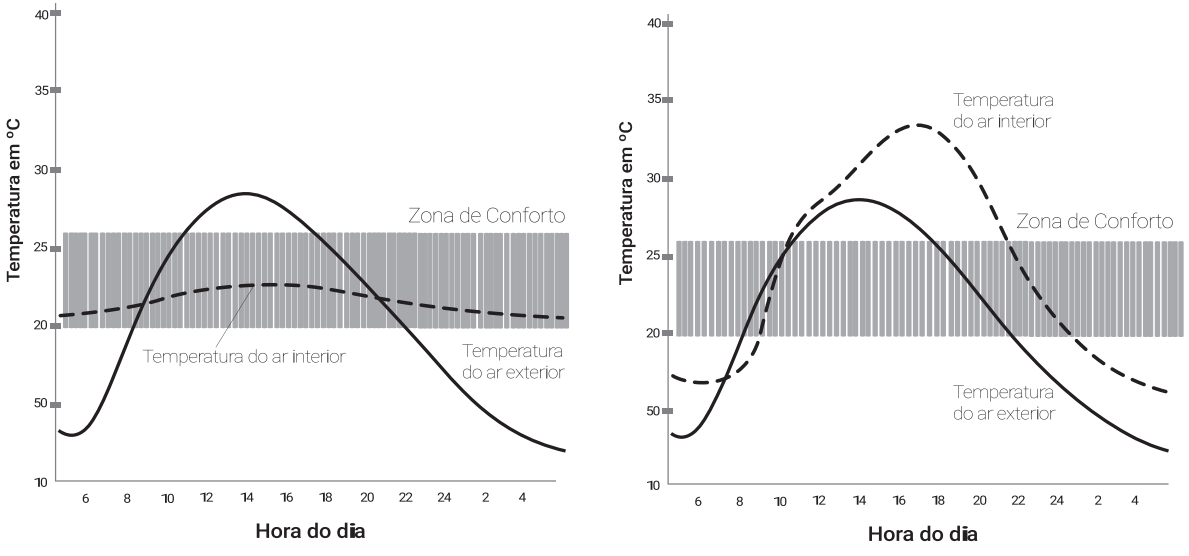


Fig. 13 Comparação da temperatura do ar interior e exterior de um edifício com abóbadas de adobe (esquerda) com um que utiliza lajes pré-fabricadas de betão (direita) (Fathy, 1986) [Modificado].

TÉCNICAS
da Construção em Terra

Existem diferentes técnicas de utilização da terra na construção, muitas variantes no tratamento da terra para erguer uma estrutura, e até mesmo maneiras de usar a terra apenas como parte da estrutura, sem fins estruturais.

Segundo o CRATerre, uma ONG internacional especializada em pesquisa e capacitação na construção com terra e com base no diagrama elaborado por esta organização em 1996, existem três categorias principais de sistemas, englobando dezoito métodos construtivos. (H. Houben, H. Guillaud e CRATerre, 2006)
Os diferentes usos da terra são mostrados na figura ao lado.

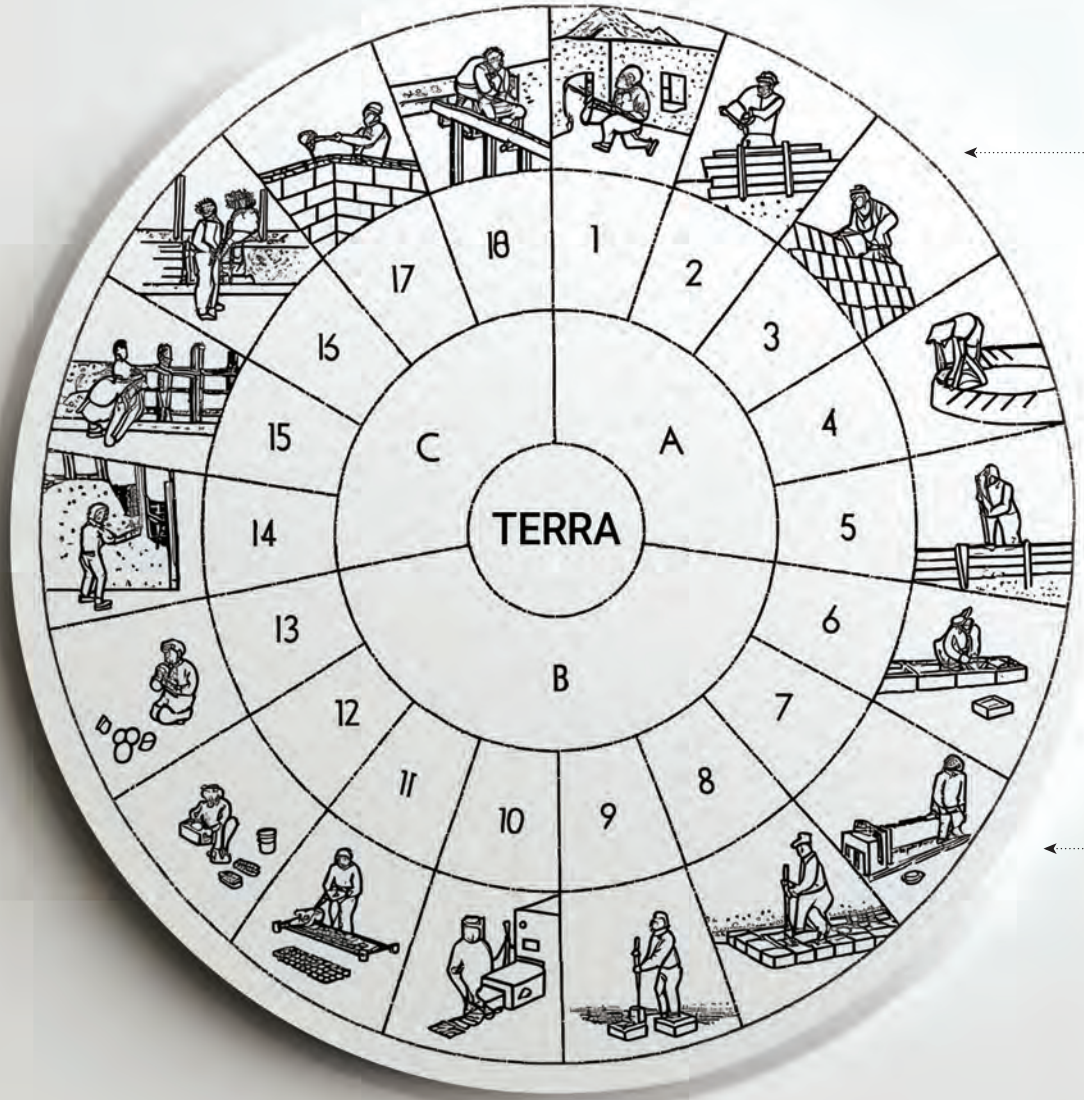


Fig.14 - Esquema de diferentes usos da terra na construção.
Fonte: The Courier - Nº159 - Set-Out 1996 Dossier Investing in People Country Reports: Mali ; Western Samoa
[Modificado por Ortígio Júnior]

a **Sistema Monolítico**
Utilização de terra crua em forma monolítica de carga

1. Terra escavada
2. Terra vertida
3. Terra empilhada
4. Moldagem directa
5. **Terra compactada**

b **Sistema de Alvenaria**
Utilização de terra crua na forma de alvenaria

6. Blocos compactados
7. Blocos comprimidos
8. Blocos cortados
9. Torrões de Terra
10. Terra extrudada
11. Adobe moldado por máquina
12. Adobe moldado à mão
13. Adobe moldado manualmente

c **Sistemas de Enchimento/Revestimento**
Utilização de terra crua em conjunto com uma estrutura autoportante

14. Terra revestida
15. Cob sobre estacas
16. Terra com palha
17. Terra de enchimento
18. Camadas sobre superfície plana

A construção em terra requer alguns processos prévios para tornar o material adequado para uso na construção. Geralmente, a terra é combinada com água para formar uma mistura conhecida como lama. Além disso, a adição de palha pode ser feita para reforçar a mistura. Para aumentar a resistência e durabilidade, é comum adicionar materiais estabilizadores, como cal ou cimento, à mistura de terra. Outro processo importante é a compactação do material para melhorar sua resistência estrutural.

Dentre as técnicas de construção em terra mais comuns no mundo, destacam-se:

- Adobe: Blocos de terra crua moldados em formas e secos ao ar livre ou ao sol.
- Sacos de Terra: Sacos preenchidos com terra compactada e empilhados para formar paredes.
- Taipa de Mão: Camadas de terra compactada intercaladas com palha ou outros materiais fibrosos para formar paredes.
- Bloco de Terra Compactado (BTC): Blocos de terra compactada produzidos com moldes e prensas manuais ou mecânicas.
- COB: Mistura de terra, palha e água moldada manualmente para formar paredes maciças.
- **Terra Compactada (Técnica Escolhida)**: Processo de compactação da terra diretamente no local da construção, formando paredes sólidas e duráveis.

Adobe

Considerado um dos materiais de construção mais antigos é o tijolo de adobe, composto apenas por terra crua, água, palha e fibras naturais como esterco de gado. Moldado manualmente e seco ao sol, foi amplamente utilizado em regiões quentes e secas. No entanto, com o avanço das técnicas construtivas, sua popularidade diminuiu, sendo substituído pelo tijolo de cimento.

Uma limitação significativa do tijolo de adobe é sua sensibilidade à humidade. Exposto à chuva, pode se deteriorar rapidamente. Além disso, não é adequado para construções de múltiplos pavimentos. A composição do barro pode variar em diferentes locais de extração, o que afeta sua qualidade e resistência. Durante o processo de secagem, é comum ocorrer contração e fissuras, que podem ser minimizadas mantendo o tijolo húmido durante o processo de secagem.

Fig. 15 – Blocos de Adobe
Fonte: Biohabitate

Sacos de Terra (Earth bags)

O método de construção denominado “Earthbags” é uma prática antiga e, simultaneamente, contemporânea, que envolve a utilização de sacos de terra, também conhecidos como sacos de areia, para erigir edifícios. Estes sacos têm sido empregados ao longo do tempo, especialmente pelas forças militares, para estabelecer barreiras robustas e defensivas, bem como para o controle de inundações. Graças à solidez das paredes resultantes, que proporcionam massa térmica e isolamento, estas estruturas demonstram resistência a condições climáticas adversas, sendo à prova de balas e também capazes de suportar eventos naturais, como sismos e inundações.

Fig. 16 – Sistema de Sacos de Terra
Fonte: Earthen Bag | Engineering For Change

Taipa a Mão (Pau-a-Pique)

Conhecida também como técnica de pau-a-pique, esta abordagem construtiva monolítica envolve a aplicação de um solo mais seco, com consistência semelhante à terra húmida, que é compactado entre tábuas de madeira. Em virtude dessa característica, é mais comum encontrar esta técnica em regiões onde a disponibilidade de água é limitada. A sua execução requer habilidade e conhecimento especializado, uma vez que demanda cuidados desde a fabricação do molde até o processo de compactação, além da atenção necessária na construção do embasamento e nos acabamentos da cobertura, visando evitar a infiltração de água.

Fig. 17 – Sistema de Taipa a mão
Fonte: Wikipedia “Pau a pique”

Fig. 18 – Homens por cima de uma parede de adobe.
Fonte: Autor (Midjourney)

Bloco de Terra Compactada (BTC)

A técnica conhecida como BTC, uma evolução do adobe, envolve a estabilização do solo por meio de processos mecânicos, resultando em blocos de terra prensada mais resistentes.

A compressão do solo em moldes, realizada manualmente, produz blocos sólidos ou vazados, além de placas para revestimento.

Esses blocos permitem uma montagem com menos argamassa, especialmente quando são de encaixe. Quanto à estrutura, pode-se escolher entre métodos convencionais em betão ou madeira, ou incorporar a estrutura diretamente no bloco perfurado.

Fig. 19 – Blocos de Terra Compactada
Fonte: www.codexperutrade.com.

COB (Terra Empilhada)

O COB é um material de construção composto por argila, areia e palha, semelhante ao adobe, resistente ao fogo e a abalos sísmicos. Suas paredes grossas funcionam como massa térmica, mantendo a casa quente no inverno e fresca no verão, e são eficazes em ambientes com variações de temperatura diárias.

O processo de construção envolve a modelagem das paredes como uma escultura, moldando uma massa homogênea e maleável. As paredes são erguidas empilhando bolas de argila uma sobre a outra. Além das paredes, é possível criar móveis integrados à estrutura da casa, como estantes e bancos, explorando as possibilidades criativas dessa técnica de construção.

Fig. 20 – Sistema de Terra Empilhada
Fonte: Mãos de Terra

Após análise das diversas técnicas de construção com terra, conclui que a terra compactada se destaca como a melhor opção para o estudo, devido às seguintes vantagens:

1. Baixo custo: Não há necessidade de transporte de materiais, pois o solo local pode ser utilizado, resultando em custos reduzidos.

2. Alta resistência: A compactação do solo confere à estrutura uma resistência comparável à do betão, tornando-a adequada para suportar cargas.

3. Segurança: Entre as técnicas de construção com terra, a terra compactada é uma das mais seguras, apresentando maior resistência em comparação ao adobe.

4. Propriedades de isolamento: A terra compactada possui propriedades ideais para controle da humidade interna e isolamento acústico, garantindo conforto aos ocupantes.

5. Sustentabilidade: É um material sustentável, que pode ser reutilizado diversas vezes, e a cofragem utilizada tem longa durabilidade.

6. Rapidez de execução: Não é necessário aguardar a secagem da estrutura, como ocorre em construções com adobe.

Em resumo, a **Terra Compactada** destaca-se como uma opção eficiente, econômica, segura e sustentável para a construção de edificações.

"No caso de **Moçambique**, como é usada e pensada a terra na Construção?

Fig. 21 – Casas Melhoradas
Fonte: Archidaily (Modificado)

CASO DE MOÇAMBIQUE
na Construção em Terra

Cerca de **70%** das casas em Moçambique não são feitas de materiais convencionais (p. ex. tijolos, betão, telhas)...

Fonte: Evandro Holz, Perfil do Sector de Habitação Moçambique 2018 - UN-Habitat Moçambique

De acordo com um artigo publicado pelo Centro Mãos na Terra em 2013, a técnica mais antiga de construção com terra em Moçambique é conhecida como **Maticado/Paus Maticados**, também referida no Sul da Europa como Tabique. Esta técnica, amplamente utilizada pelos portugueses e disseminada em Moçambique pelos ex-colonos portugueses, envolve a construção de uma grelha de madeira ou cana, formando um entrançado, sobre a qual é aplicada uma fina camada de terra. O entrançado é preenchido com uma mistura de barro argiloso, água e fibras vegetais.

Actualmente, o **Maticado** continua em uso, assim como a técnica de produção de blocos de argila cozidos ao sol. Normalmente, o adobe é utilizado apenas nas paredes exteriores, enquanto no interior são comumente empregues o caniço e, para as coberturas, materiais como capim, chapas de zinco e, em algumas regiões do país, placas de fibrocimento. O uso da terra como material de construção possui raízes profundas na história e cultura moçambicana, mantendo-se amplamente difundido em todo o país, com ênfase nas áreas rurais.

Aproximadamente 70% das habitações em Moçambique não são construídas com os materiais convencionais, como tijolos, betão e telhas. Existem variações significativas nos materiais utilizados, dependendo da região, do nível de renda e do tipo de área de residência (urbana versus rural). Por exemplo, apenas Maputo cidade e província têm mais de 50% das habitações com paredes feitas de materiais convencionais, enquanto esse número é inferior a 10% em províncias como Nampula e Cabo Delgado. Em relação aos níveis de renda, é observado que a maioria das pessoas nos quintis de renda 1 a 4 não possui habitações com paredes feitas de materiais duráveis, variando de 9,9% para o quintil 1 a 39,7% para o quintil 4 (INE, 2015). Os preços e a disponibilidade de materiais são afetados por diversos fatores, incluindo infraestrutura logística precária, altos custos na importação de maquinaria de produção e a concentração regional de fornecedores.

Tabela 2 - Divisão dos Sistemas Construtivos no Território Moçambicano

Fonte: Perfil do Sector de Habitação Moçambique 2018 - UN-Habitat Moçambique

Zona Sul

(Províncias de Maputo, Gaza e Inhambane)

Caniço maticado ou não, caniço maticado em pequenos molhos, caniço simples que pode ser maticado com argamassa de cimento ou adobe, estacas não maticadas, tijolos queimados de adobe vazados ou não, pedras e barro.

Zona Centro

(Províncias de Sofala, Manica, Tete e Zambézia)

Blocos de adobe, estacas maticadas com argamassa de cimento ou adobe, tijolos queimados e blocos estabilizados de solo-cimento.

Zona Norte

(Províncias de Nampula, Cabo Delgado e Niassa)

Bambus, estacas espaçadas com pedras e maticadas com adobe, blocos de adobe, tijolos queimados.

TABELA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO USADOS NAS PAREDES

PROVÍNCIA	BLOCOS	MADEIRA E ZINCO	ADOBE	CANIÇO	PAUS MATICADOS	OUTROS	TOTAL
Niassa	14,0%	0,1%	76,4%	3,3%	5,6%	0,5%	311 468
Cabo Delgado	7,4%	0,3%	14,0%	3,5%	74,4%	0,4%	386 346
Nampula	9,0%	0,5%	65,2%	3,7%	21,6%	0,1%	1 016 455
Zambézia	15,6%	0,2%	56,7%	3,8%	23,4%	0,3%	1 006 241
Tete	32,9%	0,4%	46,2%	0,7%	19,5%	0,4%	494 825
Manica	28,2%	0,2%	38,2%	3,3%	29,2%	0,9%	328 131
Sofala	28,1%	0,0%	26,7%	10,9%	33,3%	1,0%	339 013
Inhambane	21,4%	9,8%	2,4%	53,9%	11,0%	1,5%	316 044
Gaza	35,9%	1,2%	2,2%	40,6%	20,0%	0,2%	271 125
Maputo Província	78,2%	1,2%	3,1%	14,9%	2,4%	0,3%	348 948
Maputo Cidade	94,1%	3,4%	0,1%	2,1%	0,3%	0,0%	237 034
TOTAL N	1 329 631	55 612	1 996 974	485 340	1 162 795	25 278	5 055 630
% do TOTAL	26,3%	1,1%	39,5%	9,6%	23,0%	0,5 %	100 %

Autor

"A tradição de construir com terra está entrelaçada à história e à cultura de Moçambique, permanecendo uma prática profundamente arraigada em todo o país."

Fig. 22 – Grupo de crianças na janela
Fonte: Hanna Morris - Unsplash.com

Com base no Perfil do Setor de Habitação, é possível observar que a maioria das habitações de terra em Moçambique são construídas por autoconstrução, especialmente nas áreas rurais do Centro e Norte do país. Essas construções, muitas vezes erguidas pelos próprios moradores, não garantem 100% de eficácia contra as diversas intempéries enfrentadas na região. Entre as técnicas mais predominantes de construção de habitações de terra, destacam-se o pau a pique e o tijolo de adobe. Essas técnicas, embora amplamente utilizadas, podem apresentar vulnerabilidades em termos de durabilidade e resistência, especialmente em condições climáticas extremas. Além disso, é importante destacar que, devido a diversos fatores, Moçambique ainda enfrenta desafios significativos no que diz respeito à construção em terra. A falta de acesso a materiais de construção duráveis e de qualidade é uma questão premente, especialmente em áreas mais remotas. A infraestrutura logística precária e os altos custos de importação de maquinaria de produção também dificultam o processo de construção e a disponibilidade de materiais adequados.

Outro ponto a considerar é a **falta de regulamentação e padrões de construção** claros para construções de terra. Isso pode levar a construções de baixa qualidade e pouco duráveis, que não oferecem o nível de segurança e conforto desejado para os moradores. Em muitos casos, a falta de assistência técnica e expertise na construção em terra também contribui para a perpetuação desses problemas.

Portanto, apesar do potencial das técnicas de construção em terra em Moçambique, ainda há uma necessidade urgente de investimento em infraestrutura, capacitação técnica e desenvolvimento de políticas para promover habitações mais seguras, duráveis e sustentáveis em todo o país.

REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL
na Construção em Terra

"Muitos países têm normas reguladoras para a construção em Terra Compactada, refletindo a importância atribuída a essa tecnologia. Lamentavelmente, Moçambique não está incluído nessa lista. No entanto, mesmo diante da ausência de regulamentação específica, os arquitetos devem observar as normas de segurança contra eventos sísmicos, ciclones, inundações, incêndios e as regulamentações urbanísticas em vigor no país. A seguir, são destacadas algumas das normas mais relevantes para a construção em terra, conforme apresentadas por F. Pacheco Torgal (2009) em seu livro 'Construção em Terra'."

Autor

"Regulamentar a construção em terra é garantir segurança e sustentabilidade para as gerações presentes e futuras."

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Regulamentos variam por zona do pais
Novo México tem regulamento estadual para adobe e taipa desde 1991

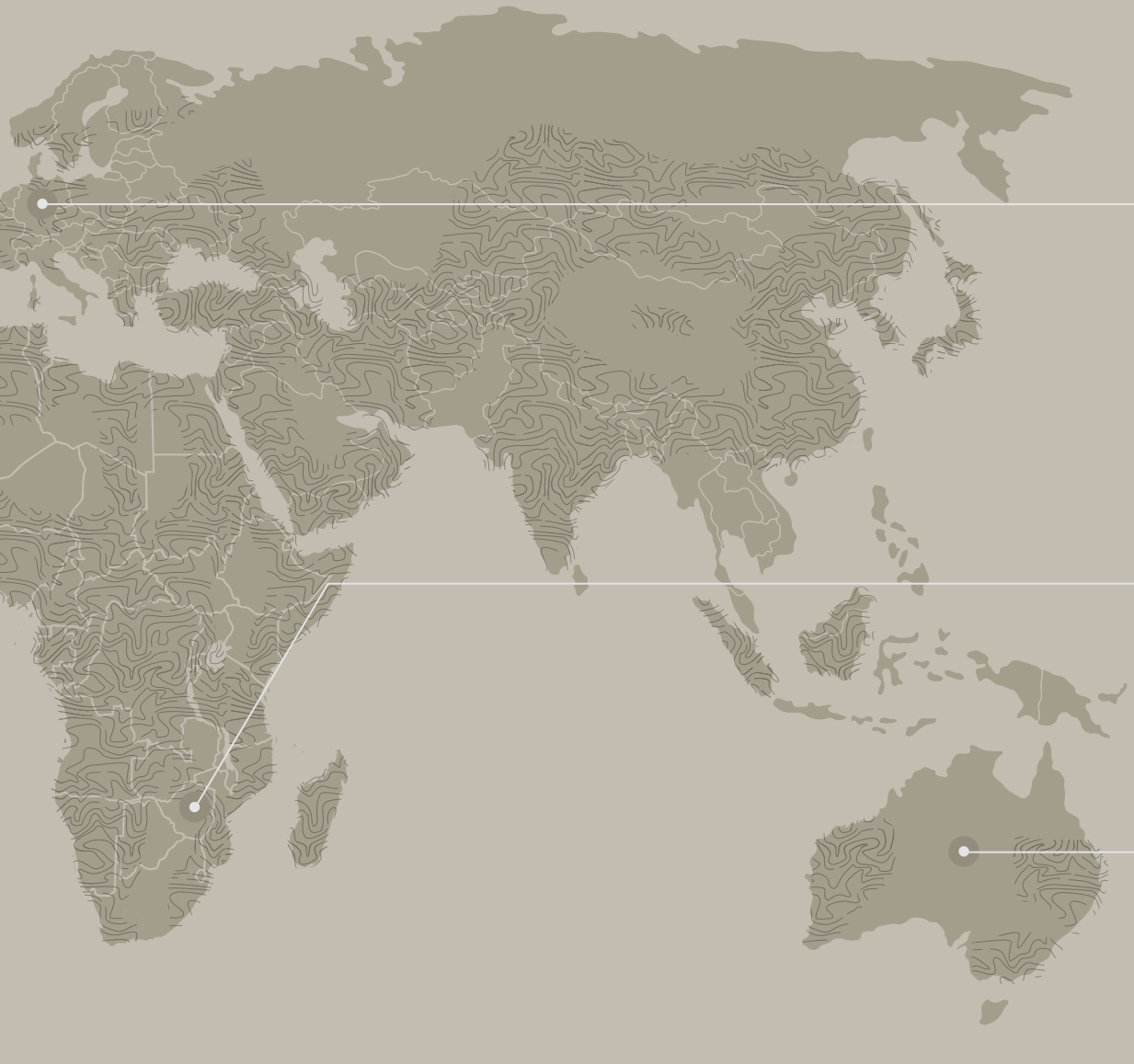
ESPANHA

Documento de apoio em 1992 ("Bases para el Disenoy Construccion con Tapial")
Construção em terra não regulamentada, resultando em desafio

BRASIL

Norma Brasileira ABNT NBR 17014 - Taipa de Pilão, Requisitos, Procedimentos e Controle - Primeira Edição 06.01.2022

Distribuição da construção em terra pelo mundo. **Fonte: shorturl.at/fiuTX**



ALEMANHA

Primeiras regras técnicas em 1944 (DIN 18951)
"Lhmbau Regeln" desenvolvidas em 1997/1998
Amplamente aplicadas na União Europeia

ZIMBABWE

Especificação publicada em 2001, adaptada de "Code of Practice for Rammed Earth Structures"

AUSTRÁLIA

"Bulletin 5" publicado em 1952
Manual de construção em terra Australiano em 2002

NOVA ZELÂNDIA

NZS 4297:1998 - Engineering Design and Earth Buildings
NZS 4298:1998- Materials and Workmanship for Earth Buildings
NZS 4299:1998 - Earth Buildings not Requiring Specific Design
Regulamentação estruturada em três partes
Estabelece critérios de desempenho, materiais e construção
Aplicável conforme a altura dos edifícios
Altura inferior a 3,3m: Alvenarias de taipa devem atender à Especificação NZS 4298:1998
Altura entre 3,3m e 6,5m: Deve ser projetado de acordo com a NZS 4297:1998

Processo **Cronológico** e Surgimento da Regulamentação Internacional...

Alemanha

As primeiras normas técnicas sobre construção em terra na Alemanha remontam a 1944, mas foi apenas em 1951 que passaram a ser aplicadas efetivamente, sob o código DIN 18951. Posteriormente, em 1997 e 1998, um projeto da Fundação Alemã para o Ambiente elaborou um conjunto de recomendações técnicas conhecidas como 'Lhmbau Regeln', que se tornaram referência na União Europeia. Em 2008, uma revisão dessas normas foi aprovada e certificada pelos órgãos europeus sediados em Bruxelas.

Austrália

A Austrália, assim como a Alemanha, foi um dos primeiros países a estabelecer regulamentação específica para a construção em terra. A primeira publicação sobre o assunto ocorreu em 1952 pela Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) sob o título 'Bulletin 5', com edições subsequentes em 1976, 1981, 1987 e 1992. Em resposta à necessidade de um documento mais abrangente e atualizado, foi lançado em 2002 o Manual de Construção em Terra Australiano, que reúne recomendações sobre as melhores práticas para essa técnica construtiva.

Espanha

Em 1992, o Ministério dos Transportes e Obras Públicas publicou um documento destinado a auxiliar o projeto e a construção de edifícios em terra, intitulado 'Bases para el Diseño y Construcción con Tapial'. Este documento enfatiza a construção em taipa, embora também faça referência ao adobe. No entanto, Delgado & Guerrero (2006) observam que a construção em terra não é regulamentada na Espanha, o que acarreta várias dificuldades, como a necessidade de obter um seguro para cobrir eventuais obras durante o período de garantia legal de 10 anos.

Nova Zelândia

De acordo com Parreira (2007), na Nova Zelândia, a regulamentação da construção em terra é abrangente e está estruturada em três partes, sendo considerada uma das mais completas internacionalmente. Essa regulamentação possui força legal e inclui os seguintes componentes:

1. NZS 4297:1998 - Engineering Design and Earth Buildings: Este documento estabelece critérios de desempenho em termos de durabilidade, resistência, retracção, isolamento térmico e resistência ao fogo para edifícios em terra.

2. NZS 4298:1998 - Materials and Workmanship for Earth Buildings: Define as exigências em termos de materiais e de mão-de-obra utilizados na construção de edifícios em terra.

3. NZS 4299:1998 - Earth Buildings not Requiring Specific Design: Este regulamento é aplicável a edifícios com menos de 600m² (ou 300m² por piso) e estabelece soluções construtivas para paredes, fundações e lintéis.

3. NZS 4299:1998 - Earth Buildings not Requiring Specific Design: Este regulamento é aplicável a edifícios com menos de 600m² (ou 300m² por piso) e estabelece soluções construtivas para paredes, fundações e lintéis.

Na Nova Zelândia, a regulamentação varia de acordo com a altura dos edifícios. Edifícios com altura inferior a 3,3 metros não necessitam de um projecto específico, mas as alvenarias de taipa devem respeitar as especificações da Especificação NZS 4298:1998. Já os edifícios com altura entre 3,3 e 6,5 metros devem ser projetados conforme o estipulado na NZS 4297:1998 (Jaquin, 2008).

Estados Unidos

"Nos Estados Unidos, existem três regulamentos para o sector da construção de edifícios, que abordam questões específicas de acordo com a região do país, como tornados no Sudeste, vento e neve no Norte e ação sísmica nos Estados do Oeste. No entanto, nenhum desses regulamentos abrange explicitamente a construção em terra. Em alguns casos, o regulamento referente à ação sísmica tem sido aplicado para esse tipo de construção. É importante mencionar que o estado do Novo México possui um regulamento estadual para a construção com adobe e taipa desde 1991. Esse regulamento inclui diretrizes para a seleção de solos, teor de água e requisitos para métodos de construção e cofragem."

Zimbabwe

Em 1992, o Ministério dos Transportes e Obras Públicas publicou um documento destinado a auxiliar o projeto e a construção de edifícios em terra, intitulado 'Bases para el Diseño y Construcción con Tapial'. Este documento enfatiza a construção em taipa, embora também faça referência ao adobe.

No entanto, Delgado & Guerrero (2006) observam que a construção em terra não é regulamentada na Espanha, o que acarreta várias dificuldades, como a necessidade de obter um seguro para cobrir eventuais obras durante o período de garantia legal de 10 anos.

Brasil

A publicação da Norma ABNT NBR 17014:2022 no dia 6 de janeiro de 2022 representa um marco histórico para a construção com terra no Brasil. Esta norma, inédita no país, estabelece os requisitos e as condições gerais para a execução, controle e aceitação da taipa de pilão, uma técnica milenar de construção com terra batida.

Com a NBR 17014, o Brasil se junta a um seleto grupo de países que possuem normas específicas para a construção com terra. Isso significa que a taipa de pilão agora é oficialmente reconhecida como uma técnica de construção segura e confiável, abrindo caminho para o seu uso em larga escala em projetos de edificações residenciais, comerciais e até mesmo públicas.

TCC 2023/24

Terra Compactada.

INDICE

- Surgimento e História
- Terra Compactada Moderna
- Noções Básicas
- Processo Construtivo
- Porquê a Terra Compactada?
- Propriedades da Técnica
- Terra Compactada Estabilizada (SIREWALL)
- Desempenho Térmico e Acústico
- Análise Comparativa

Terceiro
Capítulo.

03

As construções em terra têm uma longa história, com muitos edifícios construídos há mais de 1000 anos ainda em pé nos dias de hoje. Actualmente, a maioria dessas construções está localizada em áreas rurais menos desenvolvidas, devido ao menor custo do material em comparação com os materiais de construção convencionais.

Com o crescente interesse por materiais sustentáveis, a Terra Compactada (Taipa), que é um dos materiais de terra mais comuns usados no passado, está atraindo a atenção de pesquisadores científicos. O uso desse material reduz a energia incorporada proveniente da extração, transporte e fabricação necessária para produzir um produto. Portanto, um dos princípios fundamentais do uso desse material é criar uma construção ambientalmente amigável e contribuir para a visão de um mundo mais ecológico.

A durabilidade e a resistência da Terra Compactada (Taipa) são aspectos importantes a serem considerados. Muitos exemplos históricos ao redor do mundo são evidências claras da durabilidade desse material quando projetado e mantido adequadamente.

HISTÓRIA

Como surgiu?

"A terra batida tem sido usada na construção há milhares de anos, com evidências de seu uso que datam do período neolítico. Comumente usada especialmente na China, a técnica era aplicada aos monumentos antigos e à arquitetura vernacular, com a Grande Muralha da China utilizando a técnica. Embora o interesse em taipa tenha diminuído no século 20, alguns continuam a defender seu uso hoje, citando sua sustentabilidade em comparação com os métodos de construção mais modernos. Notavelmente, as estruturas de terra batida usam materiais locais, o que significa que possuem pouca energia incorporada e produzem pouco desperdício".

Entre as diversas técnicas de construção em terra existentes, como adobe, cob, relva, terra estabilizada, betão e terra compactada, entre outras, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) concentra-se no uso da técnica de Terra Compactada.

Terra Compactada, também conhecida como taipal em francês, pisé, é uma técnica de construção antiga utilizada para erguer estruturas a partir do solo, mediante a compressão de misturas de argila e/ou areia e outros materiais, como cimento. Esta é uma das técnicas de construção monolítica em terra mais reconhecidas globalmente, caracterizada pela compactação de terra húmida em uma cofragem de madeira, conhecida como taipal. Quando realizada com tecnologia mecanizada, o processo atual de Terra Compactada resulta em paredes tão resistentes quanto as de betão, sendo que a compactação reduz a retração das paredes, minimizando a ocorrência de fissuras e rachaduras.

A técnica ancestral de Terra Compactada, com origem no Vale do Rio Amarelo na China por volta de 2000 a.C., mantém-se em uso até os dias atuais, sendo empregada na construção de paredes em residências tradicionais em diversas partes do globo. Por exemplo, pesquisas indicam que caixas de terra e estruturas agrícolas com mais de um século de idade, encontradas no leste da Bretanha, na França, permanecem notavelmente bem preservadas, atestando a durabilidade e eficácia dessa técnica ao longo do tempo. Além disso, renomados

Fonte: (Onitsuka et al., 2007), (Minke, 2006)

- Sylvia Cook

"A terra compactada **É a barreira de vapor**; a Terra Compactada **É a barreira de ar** - simples assim."

Fig. 23 – Construção em Terra Compactada
Fonte: https://www.abrazohouse.org/wp-content/uploads/2023/09/big_379451_2148_01-Construction-view-of-prototype-courtyard-by-villagers3-1.png

locais históricos como o palácio Alhambra, em Granada, Espanha, os Tulou de Fujian na China e a majestosa Grande Muralha também foram erguidos com o uso da técnica de terra batida, recebendo reconhecimento internacional ao serem designados como Patrimônio Mundial pela UNESCO. No Japão, essa prática foi empregada na construção de paredes defensivas ao redor de templos e santuários, como o "Abura-dobei" no templo de Ryoan-ji em Kyoto, o "Oo-neribei" no santuário de Nishinomiya em Hyogo e o "Oo-gaki" no histórico templo Horyu-ji em Nara. Estas estruturas, além de testemunhos históricos, são registradas como importantes patrimônios culturais pela Agência de Assuntos Culturais do Japão, destacando a relevância e a longevidade dessa técnica construtiva ao redor do mundo. A construção é uma parte importante do conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que grande quantidade de energia é utilizada na fabricação e transporte de materiais. De acordo com o Departamento do Meio Ambiente do Reino Unido, os edifícios representam metade de toda a energia consumida no mundo. Os principais objetivos de um projeto de construção são atender às necessidades da geração atual. No entanto, o processo de construção tem a capacidade de comprometer as necessidades das gerações futuras. Portanto, é importante, se os ideais de desenvolvimento sustentável forem seguidos, garantir que o uso dos recursos da Terra para atender às necessidades desta geração não comprometa as necessidades das gerações futuras (Glavinich, 2008). Isso leva à ideia de construção ecológica e construção verde. O termo construção verde foi definido da seguinte forma (ASTM, 2006):

Fig. 24 – Parede de Terra Compactada
Fonte: https://lopesdias.com.br/como-sao-construidas-as-paredes-de-taipa/Construction-view-of-prototype-courtyard-by-villagers3-1.png

A terra compactada **Moderna**!

Atualmente, existem essencialmente dois tipos de terra compactada: **Terra Compactada Estabilizada** e **Terra Compactada Não Estabilizada**. Aquela feita apenas com argila é chamada de terra compactada não estabilizada. No que diz respeito à terra compactada moderna, atualmente muitas são estabilizadas com um agente ligante hidráulico (cimento) para aumentar seu desempenho.

A nível interncacional, por exemplo, um grande número de casas modernas de terra compactada foram construídas e estimadas em cerca de 25% das novas habitações (H. Morris and R. Walker, 2011). As principais razões para a estabilização são limitar a sensibilidade deste material à erosão e aumentar sua resistência à compressão. Na verdade, a sustentabilidade da terra compactada depende fortemente do clima e das chuvas. Portanto, a necessidade de estabilização varia de uma região para outra. No entanto, a estabilização da terra compactada aumenta significativamente o custo da construção e a reciclagem do material torna-se muito difícil. Muitos estudos têm mostrado que a terra compactada estabilizada aumenta a energia incorporada (B. V. Venkatarama Reddy et al, 2010). (T. T. Bui, 2014).

A terra compactada moderna envolve também a **Pré-Fabricação de Painéis de Terra Compactada**. As paredes de terra pré-fabricadas são normalmente produzidas em moldes grandes, depois levantadas por gruas e assentes em camas de argamassa de cal. A pré-fabricação desses painéis pode ser feita no local ou em oficinas.

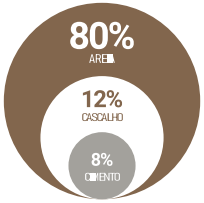
O método mais comum de estabilização é a inclusão de 7% de cimento branco. No caso de não ser realizada a estabilização do solo, é requerido um teor mais elevado de argila e silte na terra, exigindo uma seleção mais criteriosa do solo e controle da granulometria. Quanto à execução, é recomendado que a construção seja conduzida sob a supervisão de um especialista com experiência tanto teórica quanto prática na construção de taipa.

Fig. 25 – Construção em Terra Compactada Estabilizada na Austrália
Fonte: Google

Fig. 26 – Construção com painéis de Terra Pré-fabricados
Fonte: Google

NOÇÕES BÁSICAS
da Terra Compactada

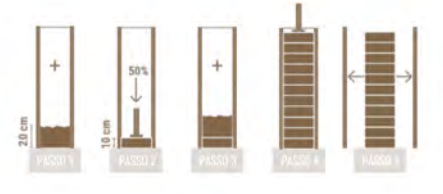
Fonte: Autor



Terra Compactada

mistura + composição do solo

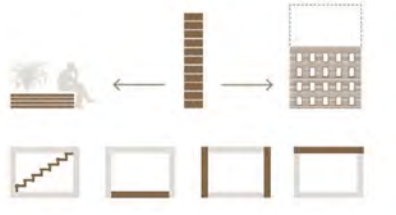
A terra compactada é uma composição de **Areia** (Solos que possuem 30% a 70% de teor em argila em sua composição - solos argilosos), **Cascalho**, **Cimento** (Se a parede for diretamente exposta a **Água**, pode tornar-se saturada e colapsar, para evitar isto, a terra deve ser "estabilizada" adicionando cimento) e por fim água (que varia conforme o tipo de solo a usar). Dependendo do projeto, a terra é sempre específica do local. Normalmente, é necessário adicionar um ou outro à mistura. A falta de padronização dentro do campo da construção com terra é uma desvantagem quando comparada ao betão (Martinez



A Construção

Pré-fabricado, reforçada e isolada

A construção com terra compactada é uma forma maciça e monolítica de construção com terra (Rohlen, Ziegert 2011). A mistura é despejada em uma cofragem, semelhante ao betão, e compactada (prensada). Os elementos acabados simplesmente precisam secar e não requerem cozimento. Isolamento e/ou reforço podem ser adicionados dentro da cofragem durante o processo de compactação (consulte o estudo de caso na página 30). Devido ao peso pesado dos elementos de Terra Compactada, a construção no local ou a pré-fabricação são preferíveis, minimizando o transporte e as emissões de CO2.



Aplicação

Uso correcto do material e as suas escalas

Os elementos de terra compactada têm uma ampla gama de aplicações no design, podendo ser utilizados em diversas escalas e tipologias. Desde paredes verticais portantes até pisos, lajes e telhados horizontais não portantes, a terra compactada oferece versatilidade em termos de design. Além disso, também pode ser empregada na fabricação de móveis, incluindo escadas (Rauch, 2014).

O uso de painéis de argila ou elementos de terra compactada não portantes apresenta um grande potencial em termos de escalabilidade.

Qualidades Arquitectónicas

Seus benefícios

1. A terra é um recurso material completamente reutilizável, acessível globalmente e baseado em fontes biológicas.
2. A terra é um material flexível que possibilita múltiplas formas de design de edifícios.
3. A argila cria climas internos saudáveis, regulando a humidade como nenhum outro material, além de ser não inflamável e capaz de armazenar calor.

Qual é e Como é o seu **Processo Construtivo**?

1. Preparação da Terra

Selecção da Terra: Este procedimento de selecção e teste da terra permite obter conclusões preliminares sobre o tipo de solo disponível no local de trabalho, evitando assim a necessidade de ensaios laboratoriais dispendiosos. Os ensaios a seguir descritos são adaptados de metodologias utilizadas pelo grupo francês CRAterre, conforme citado por Eusébio (2001).

a) Avaliação visual da cor: A presença de matéria orgânica geralmente confere uma coloração escura ao solo, visível nas primeiras camadas. Solos mais claros indicam a presença de areias quartzosas ou feldspáticas, enquanto solos avermelhados podem conter óxidos de ferro.

b) Teste olfativo: Solos orgânicos são identificados pelo odor característico a húmus, que se intensifica com o aquecimento ou a humidade do solo.

c) Sensação táctil: Ao esfregar uma amostra de solo entre as mãos, a presença de areia é notada pela sua textura áspera, enquanto solos com alto teor de argila apresentam uma sensação plástica ou viscosa quando húmidos.

d) Observação do brilho: Ao cortar uma bola de solo ligeiramente húmida com uma faca, uma superfície opaca indica predominância de silte, enquanto uma superfície brilhante sugere predominância de argila.

e) Teste de aderência: Ao tentar penetrar uma espátula na bola de terra utilizada no teste de brilho, a dificuldade de penetração e a aderência à espátula indicam solo argiloso, enquanto facilidade de penetração indica solo predominantemente arenoso.

f) Teste de sedimentação: Um frasco com um litro de capacidade é preenchido com solo até ¼ do seu volume e completado com água. Após agitação e repouso, mede-se a espessura das camadas de areia, silte e argila para análise das proporções no solo.

Fig. 27 - Teste da Terra Manual
Fonte: CRATerre

Extração Da Terra

a) Método de Escavação Manual:

Esta abordagem envolve o uso de ferramentas manuais simples, frequentemente provenientes do setor agrícola ou da mineração, como pás, enxadas, picaretas, barras de corvo e ancinhos. A utilização desse método demanda uma quantidade significativa de mão-de-obra e é adequada apenas para solos comuns, argilosos e arenosos, livres de rochas.

Fig. 28 – InsideOut School / Andrea Tabocchini & Francesca Vittorini
Fonte: ArchDaily

b) Método de Escavação Mecânica:

Diversos equipamentos mecânicos podem ser empregados nesse método, incluindo pá escavadora, entre outros. A principal vantagem da utilização de meios mecânicos é a rapidez na execução do trabalho, permitindo a escavação de grandes volumes de solo em curtos períodos de tempo. Entretanto, essa abordagem tende a encarecer o projeto, uma vez que o aluguel dessas máquinas é custoso, requer transporte em veículos apropriados e depende de mão-de-obra especializada para operá-las.

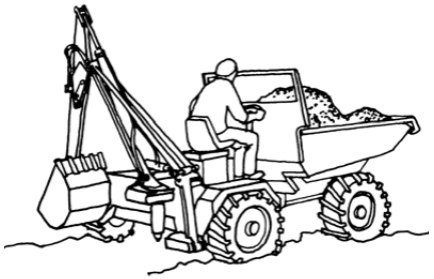


Fig. 29 – Método de Escavação Mecânica
Fonte: Google

Triagem Da Terra

No processo de construção de terra compactada, é comum realizar a peneiração do solo para garantir que as partículas estejam dentro dos limites recomendados. Geralmente, especifica-se que o cascalho não deve exceder 10 a 20 mm, embora em alguns casos possam ser utilizadas partículas maiores, até 50 a 100 mm. Grandes pedaços e pedregulhos podem causar problemas no acabamento da superfície, especialmente em áreas de detalhes.

O solo local ou fornecido sem peneiramento pode ser submetido a esse processo antes da mistura. A peneiração pode ser feita manualmente para remover as maiores partículas, e telas vibratórias também podem ser utilizadas para uma separação mais eficiente. Segundo Minke (2000), telas cilíndricas montadas horizontalmente ou em ângulo com malhas correspondentes ao tamanho máximo de grão a ser descartado são as mais eficazes.

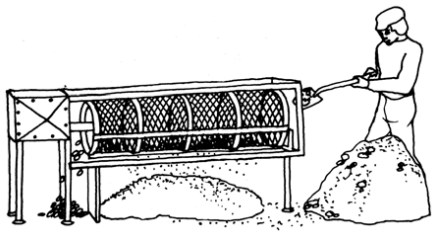


Fig. 30 – Triagem da Terra
Fonte: Google

Secagem

O solo deve ser compactado com a quantidade adequada de humidade, independentemente do método de compactação escolhido. É importante adotar medidas para evitar o excesso de humidade do solo armazenado durante a chuva, e os solos devem secar naturalmente ao ar livre, expostos ao sol, conforme necessário.

2. Fundações

No processo de construção com terra compactada, assim como em qualquer outra técnica de construção com terra, é essencial providenciar uma base impermeabilizada elevada acima do solo. Normalmente, utiliza-se sapatas corridas para essa finalidade, as quais garantem uma distribuição uniforme das cargas no solo e impedem a capilaridade, um fenômeno natural em que a água do solo penetra na base das paredes. Essas sapatas podem ser construídas de forma convencional ou utilizando uma mistura de argamassa e pedras, oferecendo uma solução de baixo custo. No método de terra compactada, não é necessário realizar sapatas isoladas, pois as paredes são estruturais, ou seja, a construção é monolítica, permitindo que os pilares ou estacas planejados sejam instalados diretamente na sapata corrida.

Fig. 31 – Preparação da fundação em Betão Ciclópico
Fonte: InsideOut School - ArchDaily

3. Cofragem

Na construção de terra compactada, a cofragem desempenha um papel crucial como suporte temporário durante a compactação do solo. Assim como nas cofragens de betão, é essencial que a cofragem tenha resistência, rigidez e estabilidade adequadas para suportar as pressões durante a colocação, compactação e desmontagem do solo. A seleção do sistema de moldagem adequado é fundamental para cada aplicação, uma vez que o tempo dedicado à configuração, alinhamento e remoção das cofragens costuma ser mais significativo do que o tempo gasto no transporte e compactação da terra. O sistema de moldagem mais comum, conhecido como taipal, consiste em dois painéis paralelos conectados entre si, formando a estrutura para a criação da taipa. Os taipais podem ser construídos em seções individuais ou de forma contínua, utilizando uma variedade de materiais, como painéis de madeira, contraplacados ou metálicos. Embora a moldagem por seções individuais seja mais econômica, ela pode resultar em acabamentos menos precisos, enquanto a moldagem contínua oferece maior produtividade e acabamentos de melhor qualidade, embora exija maior atenção para evitar fissuração devido à ausência de juntas verticais. A disposição e quantidade de ancoragens também afetam significativamente a compactação e qualidade da parede, sendo recomendado minimizar sua aplicação ao mínimo necessário. Além disso, a qualidade dos painéis utilizados influencia diretamente na textura e qualidade da superfície da taipa, sendo importante evitar o uso de painéis anteriormente empregados na construção de estruturas de betão, devido à possibilidade de conter resíduos que prejudicam a aderência.

Fig. 32 – Esquema de Cofragem para paredes em Terra Compactada

Fonte: Google

Fig. 33 – Montagem e Preparação da Cofragem Tradicional

Fonte: Google

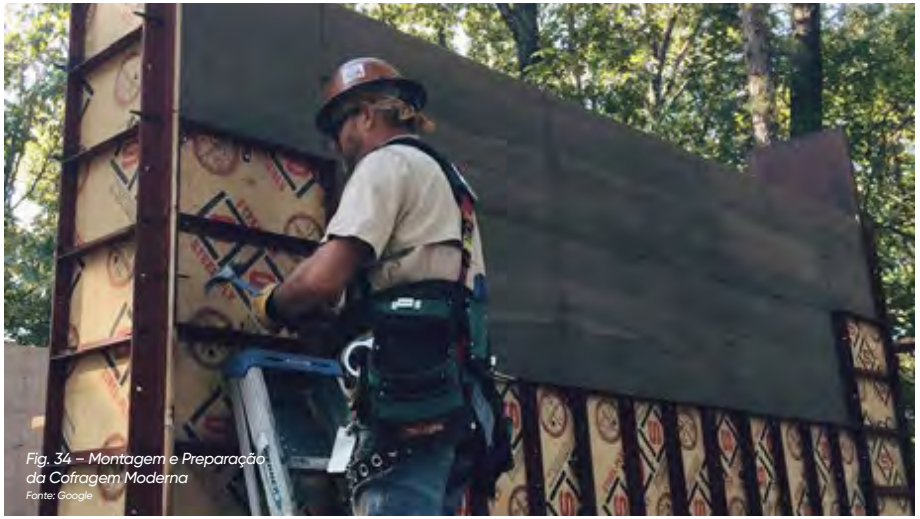


Fig. 34 – Montagem e Preparação da Cofragem Moderna

Fonte: Google

Cofragem Tradicional

A construção tradicional de terra compactada utiliza uma cofragem composta por pranchas de madeira dispostas longitudinalmente e transversalmente, formando um molde para a parede. A mistura de terra compactada é colocada no molde e compactada até cobri-lo completamente. Após cada camada de parede ser concluída, a cofragem é desmontada e reposicionada para a próxima camada. Este método foi amplamente utilizado em todo o mundo até a década de 1960, quando os Estados Unidos introduziram o uso de parafusos de aço para substituir as ripas de armação de madeira.

Cofragem Moderna

Na construção moderna de terra compactada, os elementos básicos da cofragem incluem tábuas industrializadas feitas de materiais como aço, alumínio e madeira, além de itens para amarras. Parafusos de aço são usados para conectar os lados da cofragem, proporcionando rigidez e limitando a deformação, embora deixem buracos na parede que devem ser preenchidos posteriormente. Diversos sistemas de cofragem, muito baseados em modelos utilizados na construção de betão, são empregados atualmente na construção com terra compactada. Após um ressurgimento no interesse pela construção de terra compactada no final do século XX, houve um grande avanço no desenvolvimento de sistemas de cofragem mais sofisticados para melhorar a eficiência e o controle de qualidade em relação às formas tradicionais.

4. Alvenarias

Conformação e Compactação

A terra deve ser vertida de forma homogénea e a partir de uma altura moderada para evitar a segregação das partículas e a concentração dos agregados na superfície da cofragem. Após a sua colocação, a terra é espalhada utilizando um ancinho e compactada. A compactação pode ser realizada manualmente ou por meios mecânicos, sendo a compactação manual adequada em contextos onde a mão-de-obra é abundante e em construções de pequena escala, enquanto a compactação mecânica é mais comum em ambientes industrializados. As camadas de terra são vertidas com uma altura entre 10 a 15 cm e compactadas até atingirem cerca de 1/3 da sua espessura. É crucial que as camadas sejam compactadas de forma uniforme ao longo de toda a extensão, prosseguindo do centro em direção às extremidades. A aparência da parede de taipa é determinada pelo processo de compactação, sendo que para obter linhas distintas entre as camadas, estas devem ser completamente compactadas antes da adição da camada seguinte. Para nuances contínuas na superfície da parede, pode-se optar por não compactar completamente antes de adicionar a camada seguinte, permitindo a mistura entre as camadas. A utilização de terra de tonalidades diferentes também pode proporcionar uma aparência mais personalizada. A abertura de vãos geralmente é realizada durante a cofragem, incorporando diretamente os módulos e sobrepondo-os com lintéis em terra estabilizada e reforçada, ou materiais distintos que ofereçam suporte à secção da parede sobre o vão. Devido à sua maleabilidade enquanto fresca, a taipa possibilita o ajuste das faces dos vãos, bem como a execução direta de aberturas menores nos paramentos.

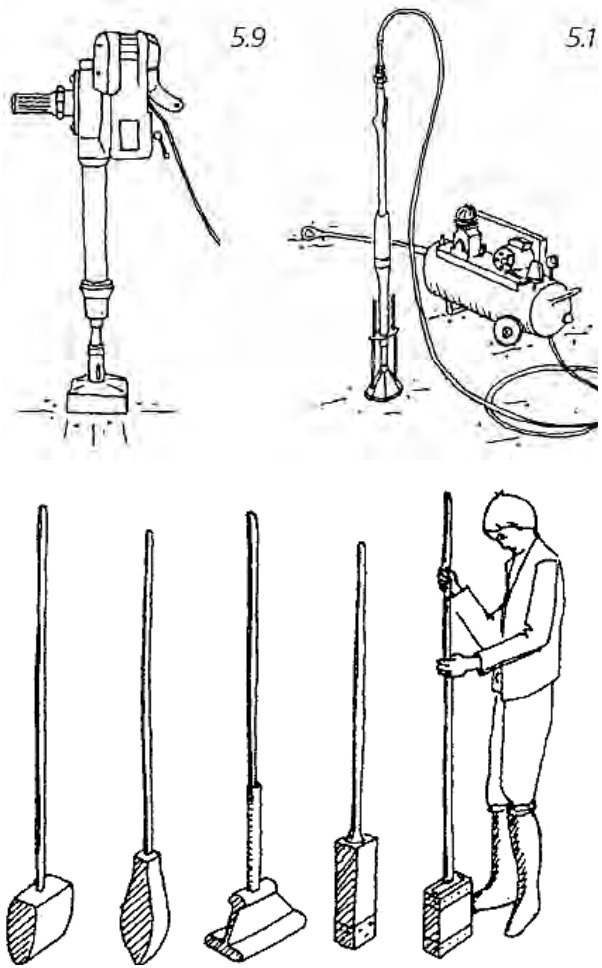


Fig. 35 – Esquema de Compactadores Automáticos e Manuais
Fonte: Google

5. Caixilharia (janelas e portas)

Instalação

Antes de proceder à execução da viga de reforço, é necessário realizar a colocação prévia da esquadria ou aros das Portas e Janelas, de modo que o betão seja assente diretamente sobre a madeira. O processo de chumbar os aros deve ser realizado nesta fase, antes da secagem das paredes e vigas. Após a conclusão da viga de reforço e com os aros chumbados, prossegue-se com a montagem das folhas das portas, caixilhos das janelas e todas as ferragens necessárias para o seu funcionamento adequado.

Para construir terra compactada sobre portas ou janelas, foram utilizados diversas soluções como: Lintéis em T projetados, Lintéis suspensos, Lintel com Armadura Integrada, Encobrimento do Lintel, Eliminação do Lintel e Aço estrutural em "T". A maior parte destas soluções são colocados sobre a abertura durante a compactação para suportar a terra acima com a excepção de uma.

Onde são necessários recuos nas paredes, são colocadas formas ou blocos na cofragem configurada e o solo é colocado e compactado ao redor deles para produzir a abertura ou forma necessária na parede.

Fig. 36 - Eliminação do Lintel. Fonte: Autor

Eliminação do Lintel

A solução de omitir completamente os lintéis é uma forma elegante de contornar o problema apresentado pela sua construção. As paredes consistem em painéis individuais, que se encontram entre as aberturas. O papel do lintel é atribuído ao tecto ou ao telhado, nenhum dos quais é feito de terra. Isso facilita o uso de elementos pré-fabricados, e permitiu uma aparência descontínua e fragmentada.

Fig. 37 - Encobrimento do Lintel. Fonte: Autor

Encobrimento do Lintel

Para aberturas maiores, quando a resistência estrutural do ferro reforçado não é suficiente, utiliza-se vigas de aço ou betão armado, correctamente dimensionadas. Esse sistema permite que a terra compactada mantenha continuidade visual na fachada, suspendendo a camada de terra sobre elementos de carga ocultos. Em janelas horizontais, lintéis integrados e ocultos são ideais, mesmo que isso torne o processo mais complexo, podendo ser compactados junto com a parede.

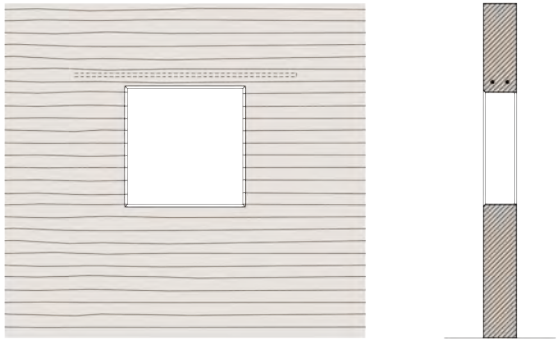


Fig. 38 - Lintel com Armadura Integrada. Fonte: Autor

Lintel com Armadura Integrada

Se a abertura for pequena e o lintel for construído com terra e visivelmente exposto, a armadura pode ser diretamente compactada na parede. Esta é a forma mais simples e acessível de abertura, uma vez que a armadura pode ser continuamente integrada numa parede à medida que aumenta em altura. Além disso, não há necessidade de um engenheiro estrutural ajudar a dimensionar o lintel. Para transferir a carga acima das aberturas para as paredes, uma mistura reforçada de terra e cal/cimento - que é melhor capaz de resistir tanto às forças de compressão quanto de tração - é incorporada sobre os lintéis na forma de um arco.

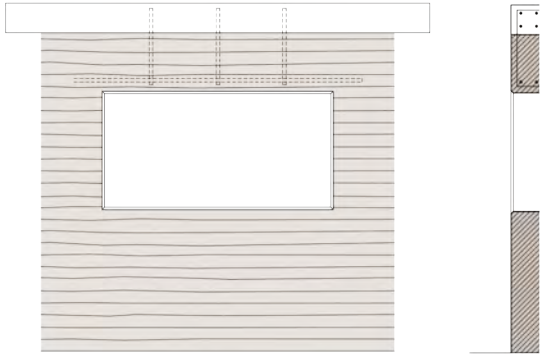


Fig. 39 - Lintel suspenso. Fonte: Autor

Lintel Suspenso

Outra solução para a construção de lintéis é suspender um elemento de terra compactada de uma laje de betão ou de uma viga de anel ou coroamento no fim da parede. Tanto o lintel de terra quanto as estribos que seguram o elemento no lugar e o conectam com o componente de carga são compactados juntamente com a parede. Este método de construção é extremamente eficiente, pois um elemento estrutural que seria necessário de qualquer forma é usado para cobrir a abertura. O acabamento da borda na parte inferior do lintel é habilmente feito com uma chapa de metal, sobre a qual os reforços estruturais que se projetam na laje ou viga de anel podem ser soldados diretamente.

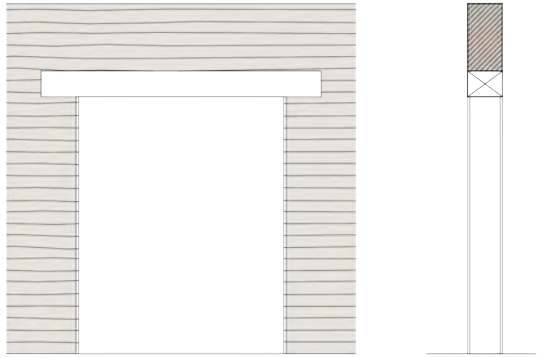


Fig. 40 - Lintel exposto. Fonte: Autor

Lintel Exposto em outro material

Esta é a solução tradicional para um lintel na construção de terra compactada. Tipicamente, uma viga de madeira ou Betão armado que é integrada na parede e deixada exposta. Seu feito é rústico, mas também está correlacionado com a tectónica e os princípios de construção tanto da terra compactada quanto do material do qual o lintel é fabricado.

6. Pavimento e Cobertura

A escolha do tipo de pavimento e cobertura a ser adotado varia conforme as premissas e condicionantes do projeto, especialmente em construções com terra compactada, onde a proteção contra humidade é fundamental para garantir durabilidade.

Em relação ao pavimento, é recomendável que este esteja ligeiramente elevado, idealmente sobre uma base drenante, para prevenir que as águas das chuvas alcancem a base das paredes, evitando assim o acúmulo de humidade excessiva, que pode comprometer a resistência mecânica e causar erosão. Além disso, materiais impermeáveis ou semi-impermeáveis, como um reboco de cal ou uma camada de pedra compactada, podem ser utilizados para aumentar a proteção.

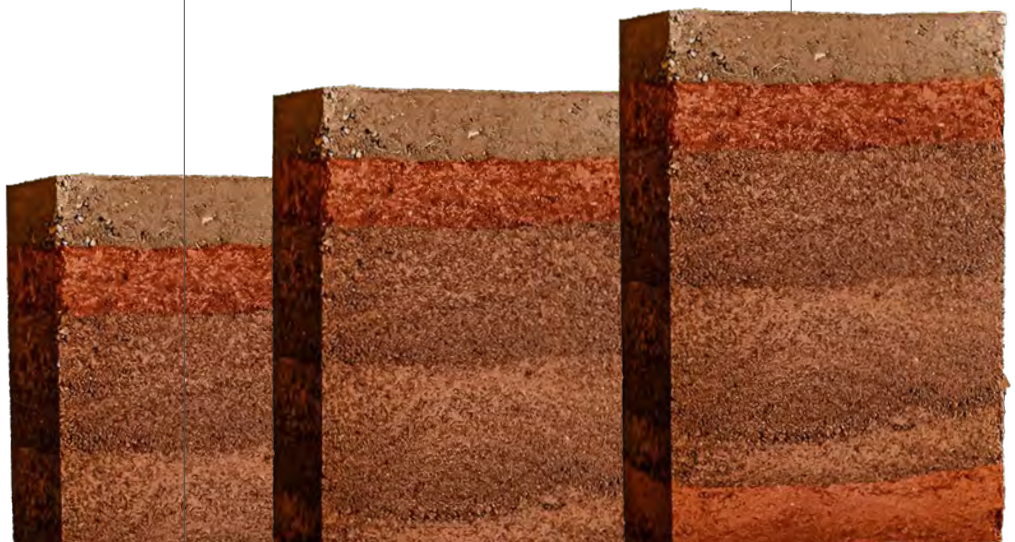
Quanto à cobertura, independentemente do tipo selecionado, esta deve ser extensiva o suficiente, com beirais projetados, para proteger a parte superior das paredes da humidade.

Estudos comprovam que coberturas inclinadas ou curvas, associadas a calhas para drenagem eficiente, são especialmente eficazes em reduzir o impacto direto da água sobre as paredes. Outra solução recomendada é o uso de materiais com propriedades térmicas que reduzam a absorção de calor e evaporação descontrolada, fatores que podem provocar fissuras na superfície da terra compactada. Além disso, uma barreira capilar na base das paredes pode ser incorporada para minimizar a subida da humidade por capilaridade.

Fig. 41 –Patio Guapuruvu House / Estudio Piloti Arquitetura | Building of the Year 2025
Fonte: Archidaily

Porquê a **Terra Compactada**?

1. Aparência
2. Capacidade Estrutural (Compressão)
3. Isolamento Térmico
4. Isolamento Acústico
5. Resistência ao fogo e aos Vermes
6. Durabilidade e Resistência à Humidade
7. Baixo Impacto Ambiental a longo prazo
8. Disponibilidade e Custo



Aparência

A cor das paredes de Terra Compactada é influenciada pela tonalidade da terra utilizada e pelos agregados presentes. Durante o processo de compactação, realizado camada por camada, pode-se observar uma eventual estratificação horizontal, contribuindo para uma estética geralmente harmoniosa. A inclusão de materiais coloridos em diferentes camadas possibilita a criação de efeitos especiais e a exposição de agregados. Ademais, a incorporação de elementos como pedras, objetos ou molduras em relevo confere originalidade às paredes. Por fim, acabamentos escovados são aplicados para reduzir marcas de cofragem, evitando uma aparência semelhante à do betão.

Capacidade Estrutural (Compressão)

A Terra Compactada é muito resistente a esforços de compressão e pode ser usada na construção de suporte de carga de vários andares.

Pesquisas realizadas na Nova Zelândia demonstram que paredes monolíticas de terra apresentam um desempenho superior em condições de terremoto quando comparadas a paredes construídas com tijolos ou blocos separados. A Terra Compactada pode ser preparada para obter forças razoavelmente altas e ser reforçada de maneira semelhante ao betão, embora o reforço horizontal não seja recomendado e o reforço vertical excessivo possa causar problemas de trincas.

Autor

"Por meio da **Arquitectura** o ser humano recria o mundo, transforma a terra em **História**..."

Isolamento Acústico

Uma das melhores maneiras de isolar o som é a massa monolítica, que a terra compactada fornece muito bem. Possui excelentes características de reverberação sonora e não gera os ecos agressivos, característicos de muitos materiais de parede convencionais.

Isolamento Térmico

A Terra Compactada possui alta densidade e espessura, o que retarda a penetração de calor ou frio, mantendo a temperatura interna estável.

Em climas adequados, sua massa térmica pode uniformizar variações de temperatura por até 10 a 12 horas. Embora seja possível adicionar isolamento térmico, isso aumenta custos e altera propriedades estruturais. No entanto, proporciona excelente massa térmica e isolamento, mantendo a aparência e propriedades de baixa manutenção da Terra Compactada.

Resistência ao Fogo e aos Vermes

Uma parede de terra compactada não contém componentes inflamáveis, resultando em excelente resistência ao fogo. Testes realizados pelo CSIRO mostraram que uma parede de blocos de terra compactada atingiu uma classificação de resistência ao fogo de quase quatro horas. Além disso, sua estrutura sólida não oferece espaço para abrigar ou atrair insetos, proporcionando alta resistência ao ataque de vermes.

Durabiliadade e Resistência a Húmidade

Uma parede de terra compactada não contém componentes inflamáveis, resultando em excelente resistência ao fogo. Testes realizados pelo CSIRO mostraram que uma parede de blocos de terra compactada atingiu uma classificação de resistência ao fogo de quase quatro horas. Além disso, sua estrutura sólida não oferece espaço para abrigar ou atrair insetos, proporcionando alta resistência ao ataque de vermes.

Impacto Ambiental

A Terra Compactada tem impactos de fabricação potencialmente baixos, dependendo do teor de cimento e do grau de fornecimento de material local. Os solos locais podem frequentemente ser usados, mas os materiais precisam ser testados quanto à sua adequação.

A energia incorporada na construção da terra compactada é baixa a moderada, composta por agregados seleccionados ligados a material cimentício, a Terra Compactada pode ser vista como uma espécie de “betão leve”.

Embora, em princípio, seja um produto com baixa emissão de gases de efeito estufa, a fabricação e transporte do cimento pode aumentar significativamente as emissões gerais associadas à construção moderna típica de terra compactada.

Por exemplo, uma parede de terra batida de 300 mm com 5% de teor de cimento tem o equivalente a 15 mm de espessura de cimento, equivalente a mais de 100 mm de betão (que compreende principalmente areia e agregado).

Disponibilidade e Custo

Os materiais para terra compactada são amplamente disponíveis, mas o transporte de cimento e cofragem pode aumentar os custos. Apesar das abordagens proprietárias garantirem consistência, elas têm custos adicionais. Além de economizar combustíveis fósseis pela ausência de queima em sua produção, seu alto poder de isolamento térmico reduz a necessidade de climatização artificial.

No entanto, a terra compactada geralmente é mais econômica que outros materiais, economizando combustíveis fósseis e reduzindo a necessidade de climatização. Sua raridade e natureza especializada podem aumentar seu custo, mas o controle de custos é possível ao projetar paredes simples. Embora a terra compactada tradicional seja acessível, sua necessidade de mão-de-obra humana e uso de cofragem simples podem limitar sua viabilidade.

Propriedades da **Terra Compactada não Estabilizada**...

Summary Concrete & Rammed Earth pp.70-71
Fonte: Martinez Escobar, (2014)

PROPRIEDADES	TERRA COMPACTADA	BETÃO
Densidade	**2,000 kg/m³**	**2,350 kg/m³**
Resistência à Compressão	2-4 N/mm²	17-30 N/mm²
Resistência à Tração	0,4 N/mm²	2-4 N/mm²
% de Retração	0,5%-2%	0,04%-0.08%
Período de Secagem	20-30 dias	5-7 dias
Condutividade Térmica	**1.10 W/mK**	**2.30 W/mK**
Capacidade Térmica	**1.0-1.5 kJ/kgK**	**1.0 kJ/kgK**
Tempo de Execução	10-20 h/m³	10 h/m³
CO2 Incorporado	**10 kg CO_2/ton**	**137 kg CO_2/ton**

└── Fonte: Bennet 2010; Minke 2009; Röhlen, Ziegeret 2011.

Tabela 3 - Propriedades da Técnica no seu estado mais puro

OPORTUNIDADES | FORÇAS

RECICLABILIDADE

A terra é completamente circular, podendo ser transformada na sua forma/matéria-prima original indefinidamente (Se o material estiver não cozido e sem cimento adicionado.)

ESTRUTURA

A terra compactada possui boa resistência à compressão e, dependendo da estrutura/altura do edifício, não necessita de reforço.

A terra é resistente ao fogo, não queima.

CONSTRUÇÃO

A terra compactada, seja pré-fabricada ou no local, é uma técnica simples, com baixos riscos e sem aditivos químicos prejudiciais e com emissões mínimas de CO2.

CAPACIDADE TÉRMICA

A terra compactada possui alta massa térmica, o que contribui para o armazenamento térmico e equilíbrio das flutuações de temperatura, mantendo-a fresca no verão e quente no inverno. O calor move-se entre a superfície da terra compactada e o interior a uma taxa lenta, acompanhando o ciclo diário de aquecimento e arrefecimento. A isolamento pode ser integrado no processo de compactação dos elementos e cumprir as regulamentações.

EROSÃO/DURABILIDADE

A erosão das superfícies expostas de terra pode ser calculada e controlada através de diferentes estratégias de design sem aditivos.

FORMA

Ela pode ser curvada, angular e os elementos pré-fabricados podem ser cortados. As juntas podem ser seladas usando a mesma mistura de materiais.

ESTRUTURA

A terra compactada possui alta massa térmica, o que contribui para o armazenamento térmico e equilíbrio das flutuações de temperatura, mantendo-a fresca no verão e quente no inverno. O calor move-se entre a superfície da terra compactada e o interior a uma taxa lenta, acompanhando o ciclo diário de aquecimento e arrefecimento. A isolamento pode ser integrado no processo de compactação dos elementos e cumprir as regulamentações.

CLIMA INTERIOR

O teor de argila nos elementos de terra cria um clima interior saudável, regulando a humidade e absorvendo e libertando humidade para o espaço. * Como material de base biológica, a argila não liberta quaisquer produtos químicos perigosos, pelo contrário, foi comprovado que absorve odores e cheiros.

DESAFIOS | LIMITAÇÕES

RECICLABILIDADE

O material de terra é não renovável, mas circular e existe uma abundância do material. Se cimento for adicionado, não pode ser reciclado para a sua mistura original.

EROSÃO | DURABILIDADE

Como para todos os materiais expostos em climas frios e húmidos, a água é uma ameaça. Os elementos de Terra Compactada devem ser protegidos com uma fundação impermeável e com um beiral, ou elementos horizontais controlando a erosão.

ESTRUTURA

Elementos de terra compactada para construção de carga têm grandes dimensões e paredes espessas, o que limitaria estruturas de carga de grande altura em Terra Compactada.

Os elementos não têm uma resistência à tração elevada e não irão vencer vãos sem suporte.

FORMA

Elementos de carga ditam dimensões e podem estar sujeitos a retração durante o processo de secagem.

Aberturas acima de janelas e portas necessitam de estrutura adicional e podem representar um desafio de design.

CONSTRUÇÃO

O processo de construção de edifícios de terra compactada pode ser intensivo em mão de obra.

Deverá preferencialmente ser realizado no local para minimizar o transporte de elementos de construção pesados.

- O período de secagem após compactação também requer mais tempo do que as técnica normais de moldagem de betão.

- Para todos os projetos estruturais de terra, testes de laboratório sobre a mistura de terra do local são necessários para minimizar a retração e maximizar o desempenho do material.

Em suma, a terra compactada não estabilizada oferece uma alternativa viável e sustentável para a construção, especialmente em regiões onde os recursos são abundantes e acessíveis. Sua simplicidade de produção e baixo custo, juntamente com suas propriedades térmicas e sustentáveis, a tornam uma escolha atraente para uma variedade de projectos de construção. No entanto, é importante reconhecer que sua durabilidade e resistência podem ser limitadas em comparação com materiais mais convencionais, onde, é possível perceber que a técnica em questão, não possui grande capacidade a Tracção nem a Flexão comparado com o material estrutural convencional que é o Betão, como uma forma de resolver este factor é explicado como a implementação do cimento, o aço e isolamento térmico conseguem fazer a diferença, trazendo mais resistência consequentemente mais durabilidade do próprio material. especialmente em ambientes húmidos ou sujeitos a erosão. Portanto, ao considerar a utilização de terra compactada não estabilizada, é essencial avaliar cuidadosamente as condições locais e implementar medidas adequadas de proteção e manutenção para garantir a integridade e longevidade das estruturas construídas.

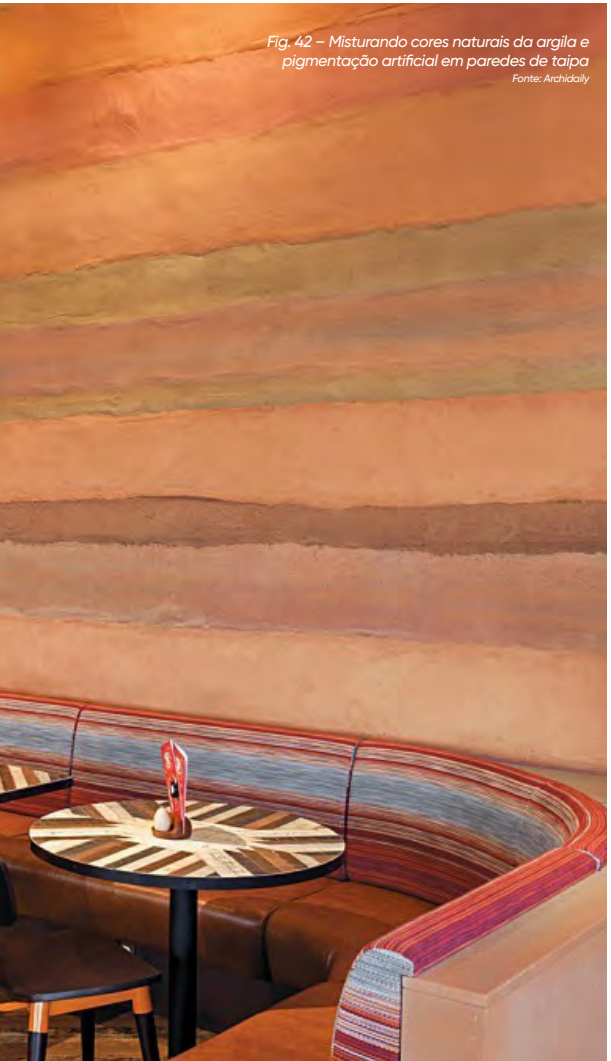


Fig. 42 – Misturando cores naturais da argila e pigmentação artificial em paredes de taipa
Fonte: Archidaily

APRIMORANDO A TERRA COMPACTADA ESTABILIZADA (SIREWALL).

- Autor

"Como é que a técnica **Terra Compactada** pode vencer os desafios **contemporâneos**?"

Após analisar todas as características da terra compactada, percebemos que ao adicionar alguns produtos químicos à mistura, como cimento, melhoramos algumas das propriedades da terra compactada. Quando misturamos alguns aditivos na construção de terra compactada, o resultado é conhecido como Terra Compactada Estabilizada (TCE).

Existem várias vantagens em utilizar cimento como estabilizante. Amostras de solo ganham resistência a partir da formação de uma matriz de gel de cimento que une as partículas do solo e a ligação nas partículas ativas na superfície, como a argila presente no solo. Altos níveis de estabilização com cimento melhoram o revestimento superficial e reduzem a erosão, ao mesmo tempo que aumentam a influência considerável do cimento na melhoria da resistência dos solos vulneráveis ao ataque de geada.

O cimento é normalmente utilizado em proporções de 4% a 15%, mas as práticas mais comuns estão entre 6% e 10%. Aumentar a quantidade de cimento aumentará a resistência, mas tornará a terra menos reciclável.

Diversos estudos já foram feitos para melhorar as paredes de terra compactada, especialmente em áreas sísmicas. Minke (2001) propôs reforçar as paredes com barras verticais ou bambu, conectando a fundação ao topo da parede, desencorajando o uso de reforço horizontal devido aos riscos de danos estruturais e dificuldades na compactação. Essas medidas visam garantir a segurança dos ocupantes durante os terremotos.

Reforço Estrutural com Varões

Por que Reforço é Necessário?

Objectivo: Melhorar resistência à tração e à flexão.

1. Estabilidade: Reforço é crucial para garantir estabilidade estrutural, especialmente em situações de carga variável ou eventos sísmicos. As paredes de terra compactada, embora naturalmente robustas, podem enfrentar desafios quando sujeitas a cargas significativas ou a movimentos do solo. A introdução de barras de aço na estrutura proporciona uma base sólida para resistir a tais forças externas, mantendo a integridade da estrutura e garantindo sua estabilidade ao longo do tempo.

2. Resistência Mecânica Aprimorada: A inclusão de barras de aço contribui significativamente para melhorar a resistência à tração das paredes de terra compactada. Enquanto a terra compactada é excepcionalmente resistente à compressão, ela pode ser mais suscetível a fissuras e rupturas sob tensão. A adição de reforço de aço oferece suporte adicional, ajudando a distribuir e dissipar as forças de tração ao longo da estrutura, tornando-a mais resistente a cargas externas e deformações. Além disso, o aço protege contra a degradação causada por intempéries, prolongando assim o tempo de vida útil da estrutura e garantindo sua durabilidade a longo prazo.

Isolamento Térmico

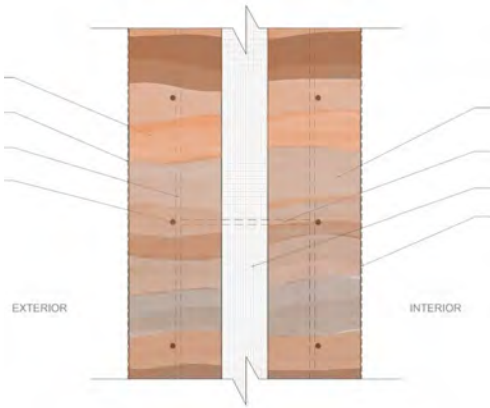
A necessidade de isolar paredes de terra compactada surge da importância de garantir o conforto térmico e a eficiência energética das edificações. Isolar essas paredes é uma prática fundamental para manter uma temperatura interna estável, reduzir a perda de calor no inverno e minimizar o ganho de calor no verão.

Por que Isolar Paredes de Terra Compactada?

1. Conservação de Energia: O isolamento das paredes de terra compactada ajuda a manter a temperatura interna do edifício, reduzindo a necessidade de aquecimento no inverno e refrigeração no verão. Isso resulta em menor consumo de energia e custos de operação mais baixos.

2. Conforto Térmico: Paredes bem isoladas proporcionam um ambiente interno mais confortável, com temperaturas mais estáveis e menos variações térmicas ao longo do dia e das estações.

3. Proteção contra Humidade: O isolamento adequado também ajuda a proteger as paredes de terra compactada contra danos causados pela humidade, prevenindo problemas como infiltrações e mofo, que podem comprometer a durabilidade e a integridade estrutural da construção.



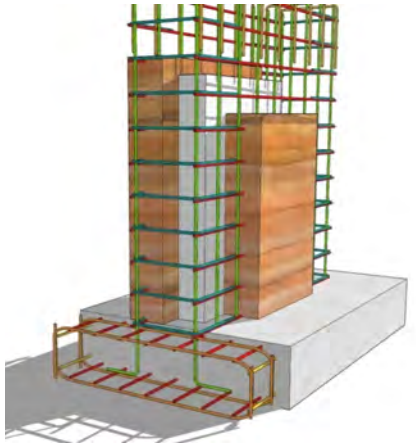


Fig. 43 – Aprimorando a Técnica de Terra Compact-adaSharif Asiri - Owner / Designer (Asiri Designs)
Fonte: Ahttps://asiri-designs.com/resources-1/

A nova composição: **Terra Compactada Estabilizada, Reforçada e Isolada (SIREWALL)...**

A Terra

mistura + composição do solo

A terra compactada é uma composição de **Areia** (Solos que possuem 30% a 70% de teor em argila em sua composição - solos argilosos).

O Cimento/Cal

Mistura

Se a parede for diretamente exposta a água, pode tornar-se saturada e colapsar. Para evitar isto, a terra deve ser "estabilizada" adicionando o Cimento.

A Água

Quantidade Necessária

A quantidade de água varia conforme o tipo de solo a usar, quanto mais argiloso for o solo, maior a necessidade de água.

O Varaõ

Seus benefícios

Reforço com barras verticais como uma solução fundamental para fortalecer estruturas em terra compacta, garantindo sua resistência e segurança

O Poliestireno Extrudido

XPS

É acrescentado entre as paredes para melhorar a eficiência energética de edifício

Impermeabilização das Paredes e Fundações

As paredes de Terra Compactada podem molhar?

Uma preocupação comum que surge ao discutir o potencial da construção em terra compactada é a resistência à água. Composta por solos compactados, a terra compactada é suscetível a danos causados pela água, especialmente em condições climáticas húmidas se a mistura não foi estabilizada com cimento. Ao discutir a resistência às intempéries da terra compactada, é necessário reconhecer que a maioria das construções em terra compactada é realizada em climas relativamente secos, e que construir com terra compactada em climas úmidos requer um novo conjunto de regras.

Enquanto a terra compactada em si é uma técnica antiga que remonta a milhares de anos em vários continentes, a terra compactada estabilizada com cimento (ou TCCE) é uma invenção relativamente nova que adiciona uma pequena quantidade de cimento Portland à mistura para aumentar a estabilidade e resistência da parede. Ainda não está claro quanto cimento deve ser usado, no entanto, uma faixa comum parece estar entre 5% -8%. A adição de cimento também aumenta a resistência à água, pois a parede terá menos probabilidade de se deteriorar. No entanto, tanto a **terra compactada estabilizada com cimento quanto a terra compactada não estabilizada** exigirão impermeabilização adicional para evitar deterioração, absorção de água e a capilaridade da humidade para o interior.

A estratégia mais comum em África para impermeabilizar a terra compactada é usar um aditivo químico para evitar a absorção de água, semelhante ao que faríamos ao adicionar certos aditivos ao betão para alterar suas propriedades químicas. Um aditivo popular é um silano/siloxano à base de água, o Vedante de Água **Dulux Brick Dressing**, um produto sul-africano projetado para estruturas de paredes de tijolos.

Aprimorando a Técnica de Terra Compactada
Sharif Asiri - Owner / Designer (Asiri Designs)
Fonte: Ahttps://asiri-designs.com/resources-1/

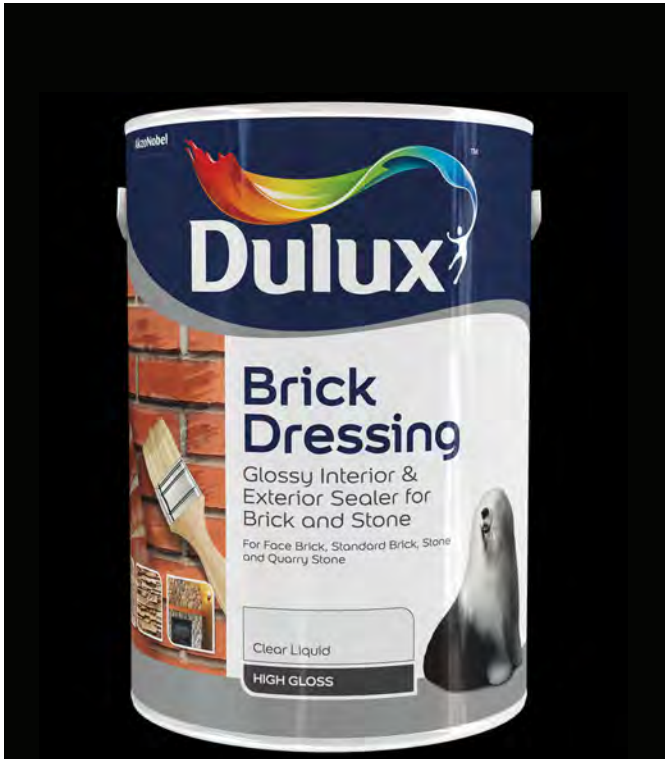


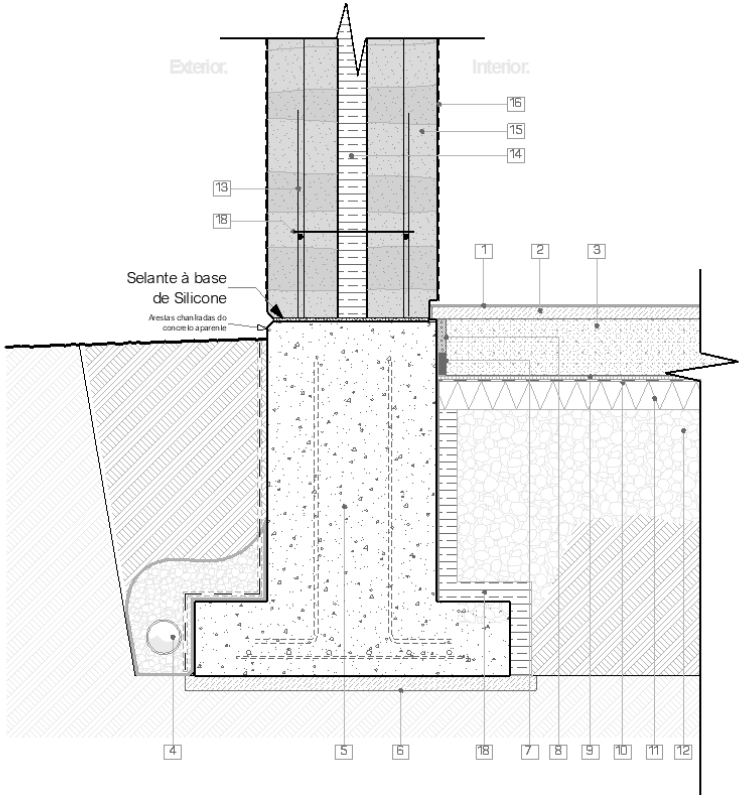
Fig. 44 – Tinta Impermabilizante DULUX Brick Dressing
Fonte: Dulux

Impermeabilização nas Fundações de Terra Compactada

Falamos um pouco sobre capilaridade e ascensão nas próprias paredes, no entanto, também precisamos evitar que a água suba do betão da base através da terra compactada.

Apesar do aditivo repelente à água, ainda é uma boa ideia instalar uma camada à prova de humidade na conexão da base para evitar que qualquer água potencialmente migre através da parede, e em alguns locais, isso pode ser exigido por código. Semelhante à instalação de uma junta de silicone entre a placa de base tratada com pressão e a parede do vaso de pressão em uma casa de estrutura leve, é uma prática recomendada fazer o mesmo aqui.

Um plano de drenagem ou manta de drenagem é talvez um dos detalhes mais importantes de impermeabilização que pode implementar em sua fundação, quer esteja usando betão ou terra compactada. Uma manta de drenagem entre a parede do vaso e o aterro permitirá que a água drene facilmente para baixo e longe da parede da fundação, impedindo que a pressão hidrostática empurre água através de quaisquer rachaduras ou junções e danifique sua parede de terra compactada. Rachaduras de retração são relativamente comuns, assim como pequenas fissuras que podem aparecer ao longo do tempo. Não é possível evitar completamente que isso aconteça, razão pela qual a melhor estratégia é evitar que a água se acumule ao redor dessas paredes desde o início



1 ACABAMENTO EM BETONILHA QUEIMADA 1:3
2 BETONILHA DE CIMENTO (NIVELAMENTO)
3 LAJE DE BETÃO ARMADO 200 MM DE ESPESSURA
4 TUBO GEODRENO PERFURADO (C/ GEOTEXTIL)
5 FUNDAÇÃO CORRIDA, EM BETÃO ARMADO
6 BETÃO DE LIMPEZA
7 BENTONITE IMPEREABILIZANTE (+JUNTA WATERSTOP)
8 SELANTE ELÁSTICO PERIMETRAL, EM MASTIQUE BETUMINOSO
9 MANTA DE PROTECÇÃO
10 IMPERMEABILIZANTE EM MANTA ASFÁLTICA
11 ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
12 PEDRA DE ENROCAMENTO
13 REFORÇO VERTICAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø
14 ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
15 PAREDE EM TERRA COMPACTADA COM 250MM DE ESP.
16 IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE DULUX BRICK DRESSING
17 REFORÇO VERTICAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø

Fig. 45 – Detalhe de Fundação
Fonte: Autor

Como forma de verificar a eficácia das melhorias adoptadas, é feita a seguir uma análise comparativa do desempenho térmico e acústico entre diferentes sistemas construtivos é fundamental para avaliar a eficácia e viabilidade de cada técnica na busca por ambientes mais confortáveis e eficientes. Neste contexto, este estudo se propõe a examinar o desempenho térmico e acústico da proposta de Terra Compactada Estabilizada, Reforçada e Isolada, em comparação com sistemas tradicionais como o tijolo cerâmico e o bloco de cimento. Esta comparação permitirá identificar as vantagens e desvantagens de cada sistema em termos de isolamento térmico e acústico, contribuindo para a seleção de soluções construtivas mais adequadas às necessidades específicas de cada projeto e contexto.

Fig. 46 – Interior do Centro Comunitário "Heart of Yongan" / TJAD
Fonte: ArchDaily

Arq. Hassan Fathy (Egipto)

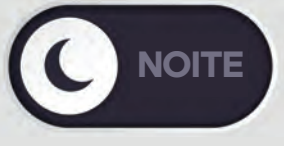
"A arquitectura de **terra** é um futuro sustentável para a humanidade."

CONSTRUÇÃO EM TERRA

Desempenho Térmico

dia.

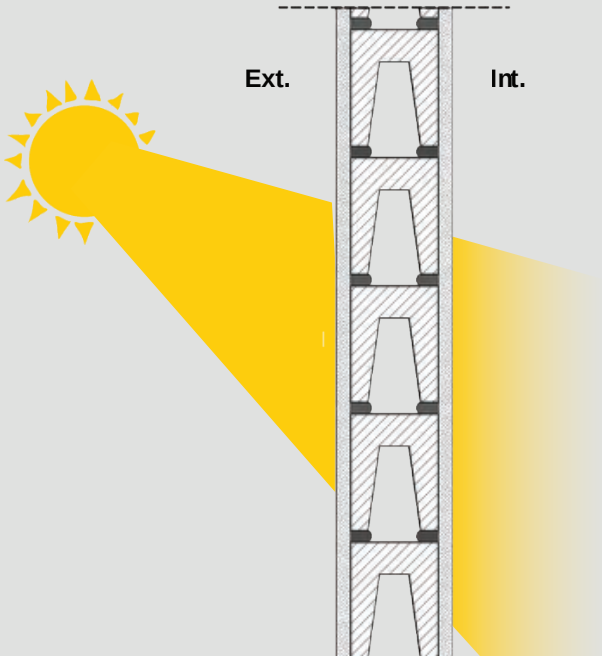
Parede de terra absorve o calor lentamente e mantém a temperatura interna estável.



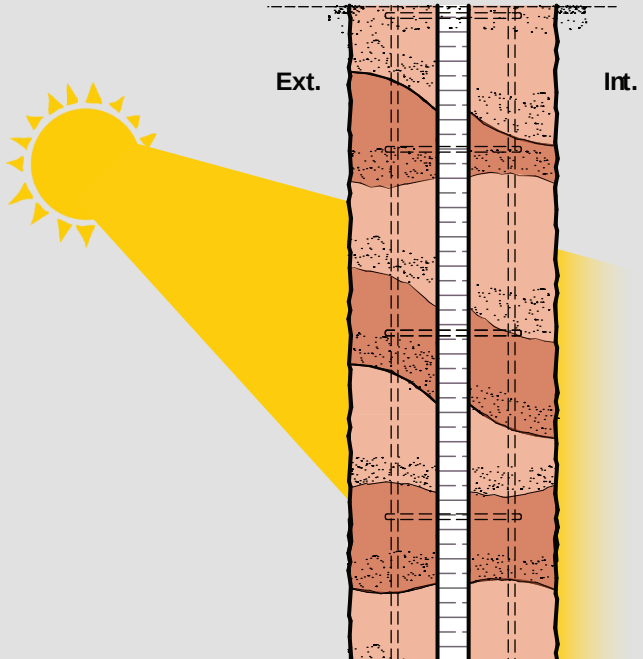
noite

Parede de terra liberta o calor absorvido durante o dia e mantém a temperatura interna estável

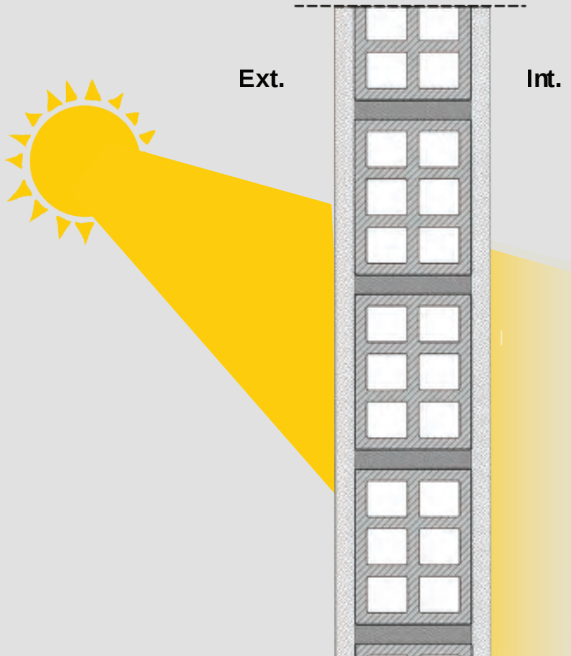
Bloco de Cimento



Terra Compactada



Tijolo Cerâmico



1. Transmitância Térmica

A transmitância térmica é uma medida da capacidade de um material de transmitir o calor através dele.

Formula:

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

$$R_{total} = R_{interna} + R_{material} + R_{externa}$$

Onde:

- $R_{interna}$ é a resistência térmica da camada interna (geralmente o reboco ou gesso);
- $R_{material}$ é a resistência térmica do material da parede;
- $R_{externa}$ é a resistência térmica da camada externa (geralmente o reboco, pintura, ou outro acabamento).

Bloco de Cimento

$U \approx 1,11\,W/(m^2 \cdot K)$

$R_{material} = 0,6\,m^2 \cdot K/W$

Calculando U para a parede em bloco de cimento vazado:

$R_{total_cimento_vazado} = 0,1\,m^2 \cdot K/W + 0,6\,m^2 \cdot K/W + 0,2\,m^2 \cdot K/W = 0,9\,m^2 \cdot K/W$

$U_{cimento_vazado} = \frac{1}{0,9\,m^2 \cdot K/W} \approx 1,11\,W/(m^2 \cdot K)$

Terra Compactada

$U = 1,0\,W/(m^2 \cdot K)$

$R_{material} = 0,7\,m^2 \cdot K/W.$

Calculando U para a parede de terra compactada:

$R_{total_terra_compactada} = 0,1\,m^2 \cdot K/W + 0,7\,m^2 \cdot K/W + 0,2\,m^2 \cdot K/W = 1,0\,m^2 \cdot K/W$

$U_{terra_compactada} = \frac{1}{1,0\,m^2 \cdot K/W} = 1,0\,W/(m^2 \cdot K)$

Tijolo Cerâmico

$U = 1,25\,W/(m^2 \cdot K)$

$R_{material} = 0,5\,m^2 \cdot K/W$

Calculando a transmitância térmica U para a parede em bloco de tijolo:

$R_{total_tijolo} = 0,1\,m^2 \cdot K/W + 0,5\,m^2 \cdot K/W + 0,2\,m^2 \cdot K/W = 0,8\,m^2 \cdot K/W$

$U_{tijolo} = \frac{1}{0,8\,m^2 \cdot K/W} = 1,25\,W/(m^2 \cdot K)$

2. Resistência Térmica

A resistência térmica é uma medida da oposição que um material oferece ao fluxo de calor. Em outras palavras, é a quantidade de calor que é necessária para aumentar a temperatura de um material por uma determinada quantidade, divid[do pela taxa de fluxo de calor atraves do material.

Formula:

$$R = \frac{L}{k \cdot A}$$

Onde:

- L é a espessura da parede (em metros),
- k é a condutividade térmica do material da parede (em W/(m·K)),
- A é a área da parede (em metros quadrados).

Bloco de Cimento

$R \approx 0,022\,K/W$

- Espessura da parede (L): $0,2\,m$
- Condutividade térmica do bloco de cimento vazado (k): $0,6\,W/(m \cdot K)$
- Área da parede (A): $15\,m^2$

Calculando a resistência térmica ($R_{cimento_vazado}$):

$$R_{cimento_vazado} = \frac{0,2\,m}{0,6\,W/(m \cdot K) \cdot 15\,m^2}$$
$$R_{cimento_vazado} = \frac{0,2}{9}$$
$$R_{cimento_vazado} \approx 0,022\,K/W$$

Terra Compactada

$R \approx 0,148\,K/W$

- Espessura do isolante (L_isolante): $0,1\,m$
- Espessura da parede de terra compactada (L_parede): $0,25\,m$
- Condutividade térmica do isolante (k_isolante): $0,05\,W/(m \cdot K)$
- Condutividade térmica da terra compactada (k_parede): $1,10\,W/(m \cdot K)$
- Área da parede (A): $15\,m^2$

Para o isolante:

$$R_{isolante} = \frac{0,1\,m}{0,05\,W/(m \cdot K) \cdot 15\,m^2}$$
$$R_{isolante} = \frac{0,1}{0,75}$$
$$R_{isolante} \approx 0,133\,K/W$$

Para a parede de terra compactada:

$$R_{parede} = \frac{0,25\,m}{1,10\,W/(m \cdot K) \cdot 15\,m^2}$$
$$R_{parede} = \frac{0,25}{16,5}$$
$$R_{parede} \approx 0,015\,K/W$$

$$R_{total} = R_{isolante} + R_{parede}$$
$$R_{total} \approx 0,133\,K/W + 0,015\,K/W$$
$$R_{total} \approx 0,148\,K/W$$

Tijolo Cerâmico

$R = 0,019\,K/W$

- Espessura da parede (L): $0,2\,m$
- Condutividade térmica do bloco de tijolo (k): $0,7\,W/(m \cdot K)$
- Área da parede (A): $15\,m^2$

Calculando a resistência térmica (R_{tijolo}):

$$R_{tijolo} = \frac{0,2\,m}{0,7\,W/(m \cdot K) \cdot 15\,m^2}$$
$$R_{tijolo} = \frac{0,2}{10,5}$$
$$R_{tijolo} \approx 0,019\,K/W$$

3. Densidade do Fluxo de Calor

A densidade do fluxo de calor é uma medida da quantidade de calor que flui através de uma determinada área em um determinado periodo de tempo

Formula:

$$q = \frac{\Delta T}{R}$$

Onde:

- q é a densidade do fluxo de calor (em W/m²),
- ΔT é a diferença de temperatura entre os lados quente e frio da parede (em K),
- R é a resistência térmica da parede (em K/W).

Bloco de Cimento

$q \approx 909,09\,W/m^2$

- Resistência térmica (R): $0,022\,K/W$

Calculando a densidade do fluxo de calor ($q_{cimento_vazado}$):

$q_{cimento_vazado} = \frac{20\,K}{0,022\,K/W}$

$q_{cimento_vazado} \approx 909,09\,W/m^2$

Terra Compactada

$q \approx 135,14\,W/m^2$

- Resistência térmica total (R): $0,148\,K/W$

Calculando a densidade do fluxo de calor ($q_{terra_compactada}$):

$q_{terra_compactada} = \frac{20\,K}{0,148\,K/W}$

$q_{terra_compactada} \approx 135,14\,W/m^2$

Tijolo Cerâmico

$q \approx 1052,63\,W/m^2$

- Resistência térmica (R): $0,019\,K/W$

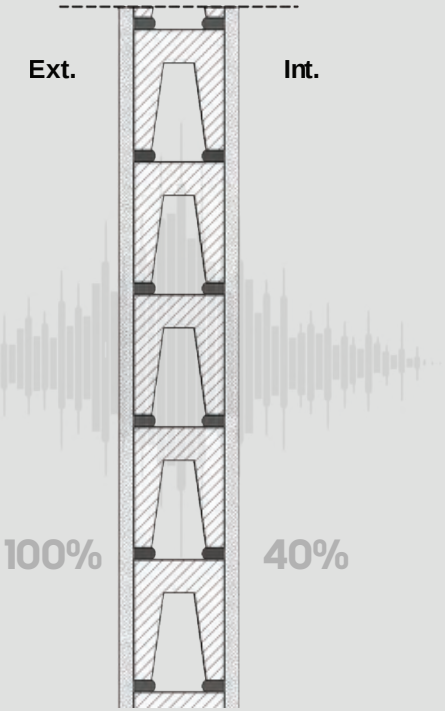
Calculando a densidade do fluxo de calor (q_{tijolo}):

$q_{tijolo} = \frac{20\,K}{0,019\,K/W}$

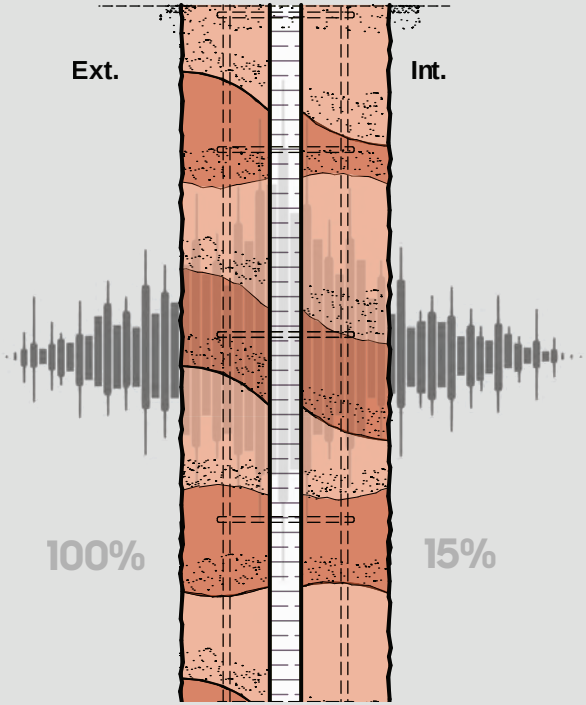
$q_{tijolo} \approx 1052,63\,W/m^2$

CONSTRUÇÃO EM TERRA

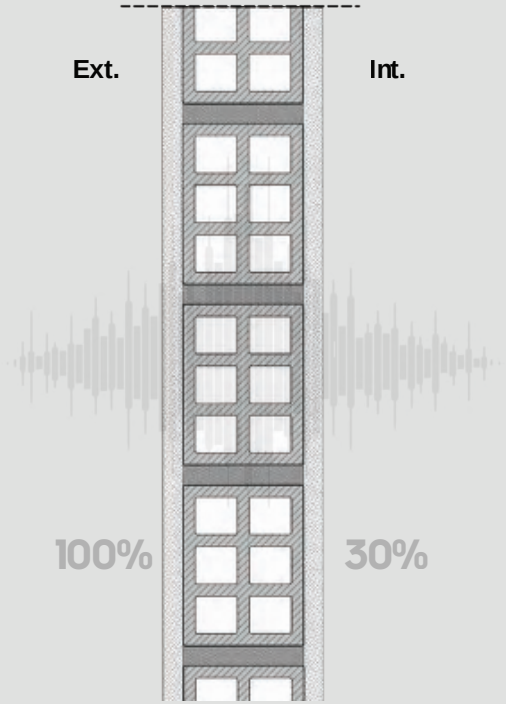
Desempenho Acústico



Bloco de Cimento



Terra Compactada



Tijolo Cerâmico

1. Absorção Sonora

A absorção sonora é uma propriedade dos materiais que permite que eles absorvam parte do som que atinge sua superfície. Essa absorção pode ser medida em termos de coeficiente de absorção sonora, que varia de "0 a 1", onde "0" significa que o material reflete todo o som que incide sobre ele e 1 significa que o material absorve todo o som que incide sobre ele.

Formula:

$$\alpha = 1 - R$$

Onde:

- α é a absorção sonora (sem unidade),
- R é o coeficiente de reflexão sonora, que é a fração da energia sonora incidente que é refletida pela superfície.

Bloco de Cimento

$$\alpha_{cimento_vazado} = 0,6$$

$$R = 0,4$$

Calculando a absorção sonora ($\alpha_{cimento_vazado}$):

$$\alpha_{cimento_vazado} = 1 - 0,4 = 0,6$$

Tijolo Cerâmico

$$\alpha_{tijolo} = 0,7$$

$$R = 0,3$$

Calculando a absorção sonora (α_{tijolo}):

$$\alpha_{tijolo} = 1 - 0,3 = 0,7$$

Terra Compactada

$$\alpha_{total} \approx 0,85$$

$$R_{terra} = 0,05 \qquad R_{isolador} = 0,07$$

$$\alpha_{terra} = 1 - 0,05 = 0,95$$
$$\alpha_{isolador} = 1 - 0,07 = 0,93$$

$$\alpha_{total} = \frac{A_{terra} \times \alpha_{terra} + A_{isolador} \times \alpha_{isolador}}{A_{total}}$$

$$\alpha_{total} = \frac{7,5 \times 0,95 + 7,5 \times 0,93}{15}$$
$$\alpha_{total} = \frac{7,125 + 6,975}{15}$$
$$\alpha_{total} = \frac{14,1}{15}$$
$$\alpha_{total} \approx 0,94$$

Fig. 47 – Quarto de Banho com paredes de Terra Compactada
Fonte: https://cdn.shortpixel.ai/spai/q_lossy+w_240+to_auto+ret_img/www.greenhomeguide.com/wp-content/uploads/2013/09/rammed-earth-home-interior.jpg

Nota Conclusiva.

Com estes resultados obtidos nos calculos, pode-se concluir que os materiais convencionais tem mais densidade do fluxo de calor em relação aos materiais alternativos propostos, isto significa que a temperatura que o material convencional conduz para o interior do edíficio é maior em relação ao calor conduzido pelo material alternativo.

		BLOCO DE CIMENTO	TERRA COMPACTADA	TIJOLO CERÂMICO
DESEMPENHO TÉRMICO	Transmitância Térmica (U)	1,11 $W/(m^2 \cdot K)$	1,0 $W/(m^2 \cdot K)$	1,25 $W/(m^2 \cdot K)$
	Resistência Térmica (R)	0,022 K/W	0,148 K/W	0,019 K/W
	Densidade de Fluxo de Calor (q)	909,09 W/m^2	135,14 W/m^2	1052,63 W/m^2
DESEMPENHO ACÚSTICO	Absorção Sonora (α)	0,6	0,85	0,7

Tabela 4 – Tabela comparativa do Desempenho Acústico e Desempenho Térmico
Fonte: Autor

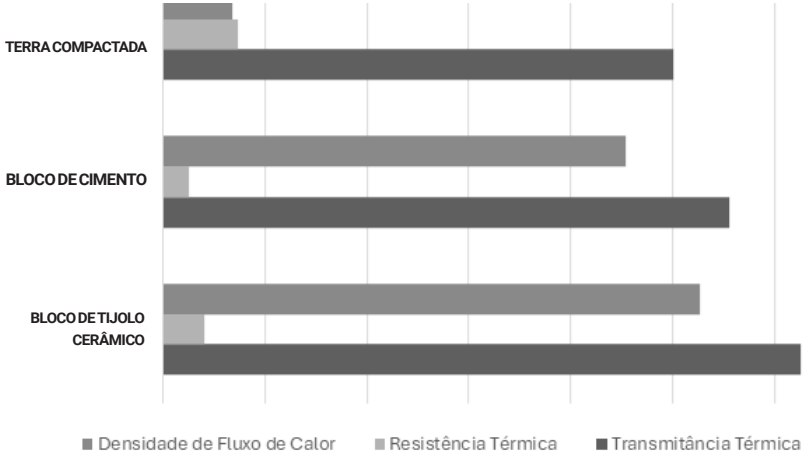


Gráfico 3 - Análise Comparativa de Propriedades Térmicas de Materiais de Construção
Fonte: Autor

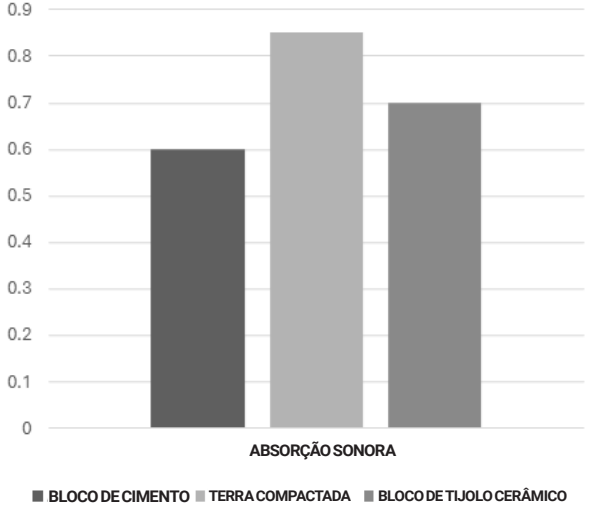


Gráfico 4 - Capacidade de Absorção Acústica: Terra Compactada vs Materiais Convencionais
Fonte: Autor

Comparação da Resistência a Compressão.

A resistência à compressão é uma propriedade crucial ao selecionar materiais de construção, influenciando diretamente na durabilidade e estabilidade das estruturas. Abaixo, apresentamos uma comparação das resistências à compressão de diversos materiais amplamente utilizados na construção civil:

- Betão Celular: Resistência média de 3,95 MPa, leve e isolante térmico.
- Bloco de Cimento: Mínimo de 4,5 MPa, atendendo normas de qualidade.
- Bloco Cerâmico: Entre 1,5 MPa e 3,0 MPa, conforme normas.
- Bloco Ecológico de Solocimento: Média de 3,76 MPa, sustentável e resistente.
- Adobe: Resistência de 0,574 MPa, tradicional e sustentável, porém com baixa resistência.
- **Terra Compactada Não Estabilizada:** Varia conforme compactação e solo.
- **Terra Compactada Estabilizada (SIREWALL):** Média de 2,5 a 4,0 MPa, com destaque pela estabilidade e isolamento térmico.

Essa comparação ilustra a diversidade de opções disponíveis na escolha de materiais de construção, cada um com suas características específicas de resistência à compressão. A seleção adequada desses materiais é essencial para garantir a segurança e a durabilidade das estruturas construídas

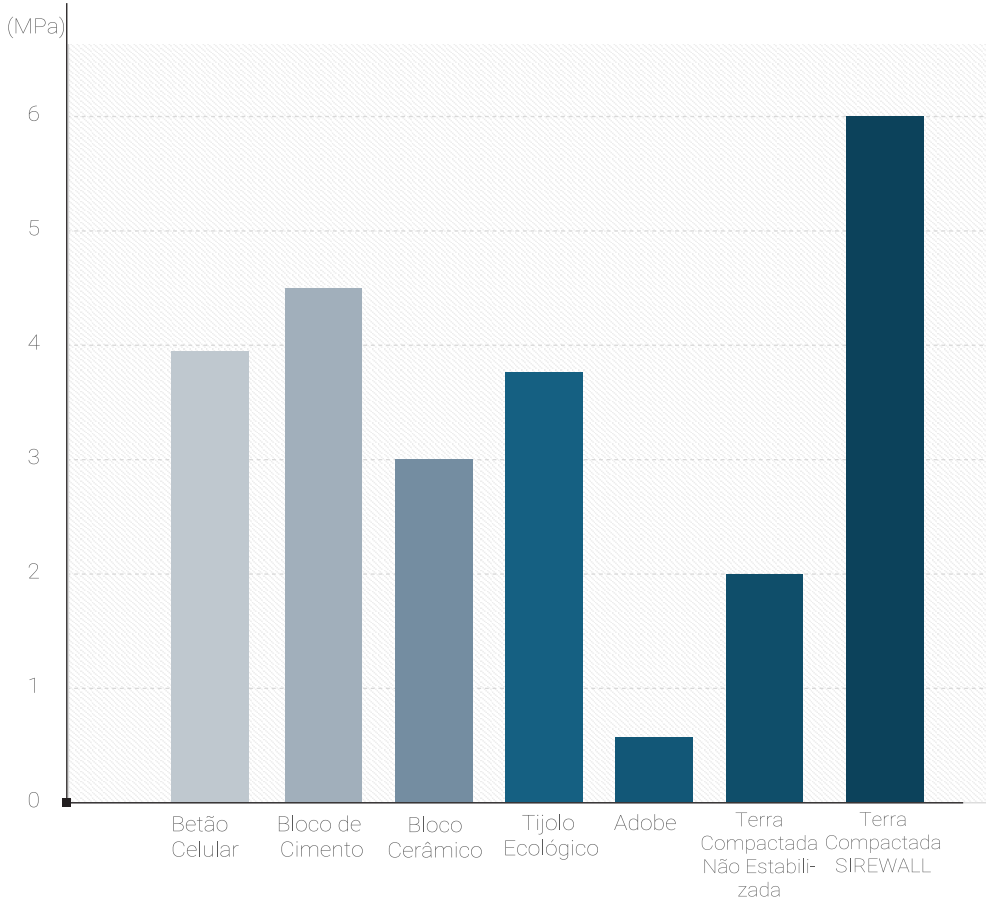


Gráfico 5- Comparação da Resistência à Compressão entre Materiais Convencionais e Terra Compactada

Fonte: Autor

1

TCC 2023/24

Testagem do Material.

INDICE

- Equipamentos e Materiais
- Montagem da Cofragem
- Selecção e Testagem dos Solos
- Elaboração do Mix e Drop Test
- Elaboração da Compactação
- Remoção do Molde e Tempo de Cura
- Desenhos

Quarto
Capítulo.

04

Equipamentos e Materiais....

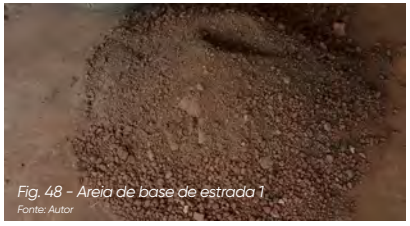


Fig. 48 - Areia de base de estrada 1
Fonte: Autor

Fig. 49 - Granito Triturado
Fonte: Autor

Fig. 50 - Pilha de areia base de estrada 2
Fonte: Autor

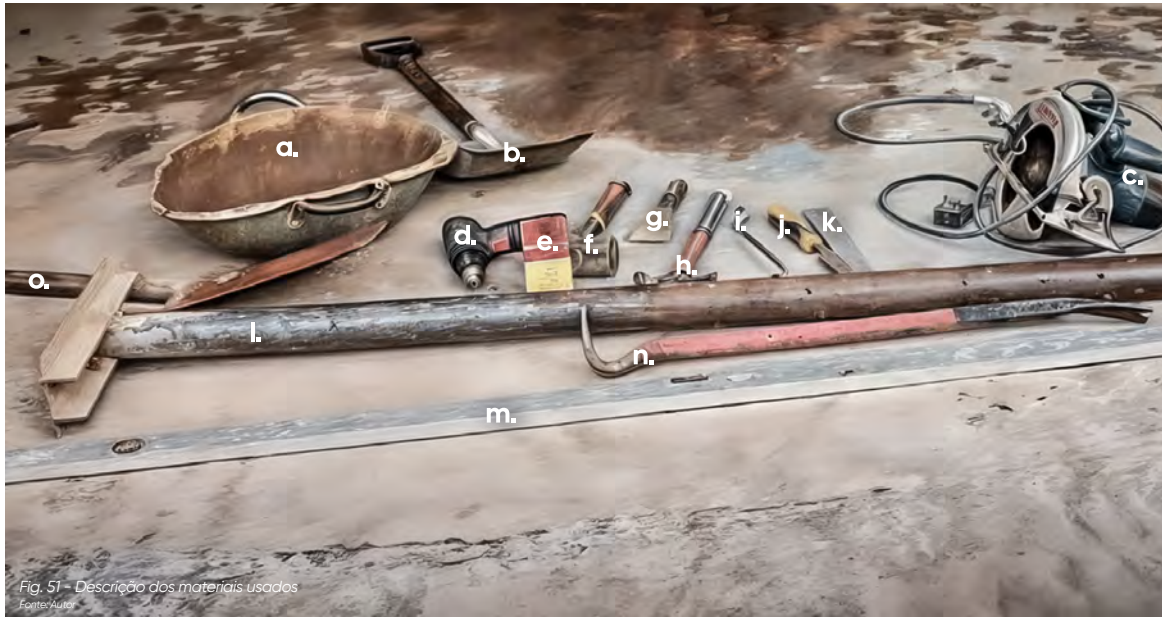


Fig. 51 - Descrição dos materiais usados
Fonte: Autor

- 300 kg de material de base para estradas. Para esta parede, foram utilizadas 3 cores diferentes de material de base para estradas.
- 50 kg de granito triturado/ poeira de pedreira;
- 1 saco de cimento de 25 kg.
- Um rolo de película termorretrátil ou rolo de DPM para curar a sua parede.

a. Carrinho de mão
b. Pá
c. Serra circular
d. Furadeira
e. Caixa de pregos de betão
f. Martelo adicional
g. Espátula
h. Martelo
i. Chave inglesa
j. Cinzel
k. Esquadro de construção
l. Compactador manual
m. Nível de bolha
n. Pé-de-cabra
o. Pá

Cofragem....

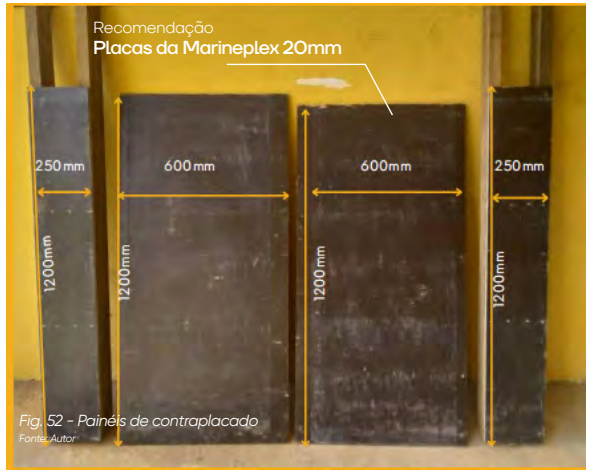


Fig. 52 - Painéis de contraplacado
Fonte: Autor

Fig. 53 - Varões de ligação
Fonte: Autor

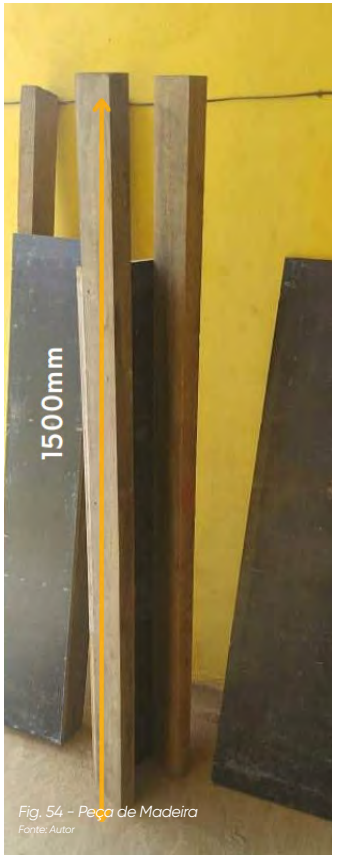


Fig. 54 - Peça de Madeira
Fonte: Autor

Material usado para a cofragem:

1. Painéis de contraplacado: placas de contraplacado para construir a estrutura da cofragem.
2. Peças de madeira dura de 50 mm (L) por 100 mm (C) por (A) 1500 mm para fixar ao seu painel de contraplacado como batentes de extremidade (Figura 1).
3. Peças verticais de metal ou madeira de 1500 mm (A) por 50 mm (C) por 100 mm (L) com encaixes.
4. Varões de ligação de 600 mm ou mais de comprimento.
5. Elementos horizontais de madeira ou metal de 50 mm (L) por 100 mm (C) por 1000 mm (A).

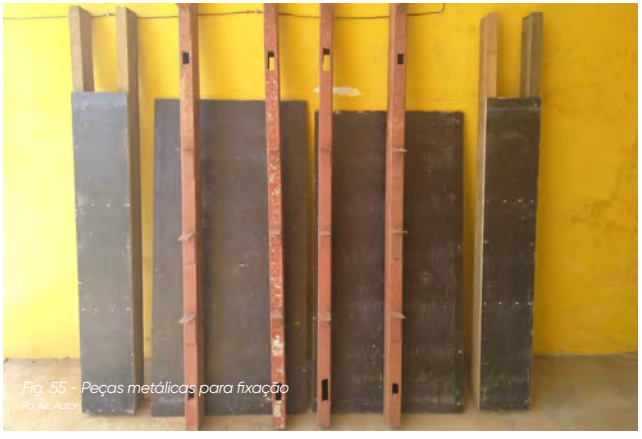


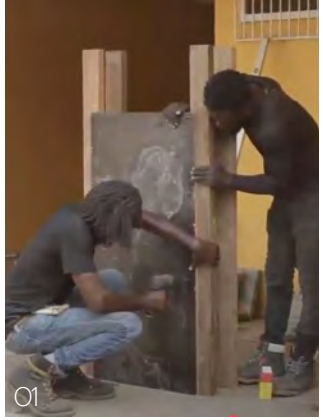
Fig. 55 - Peças metálicas para fixação
Fonte: Autor

Fig. 56 - Início de fixação da cofragem
Fonte: Autor

Montagem da Cofragem....

Esta é uma das partes mais cruciais do processo de construção em taipa, pois, se a cofragem não estiver perfeitamente alinhada, isso se refletirá no resultado final das paredes. Mesmo que a parede esteja apenas 1 grau fora do alinhamento, essa pequena diferença será perceptível, e esse não é o objectivo.

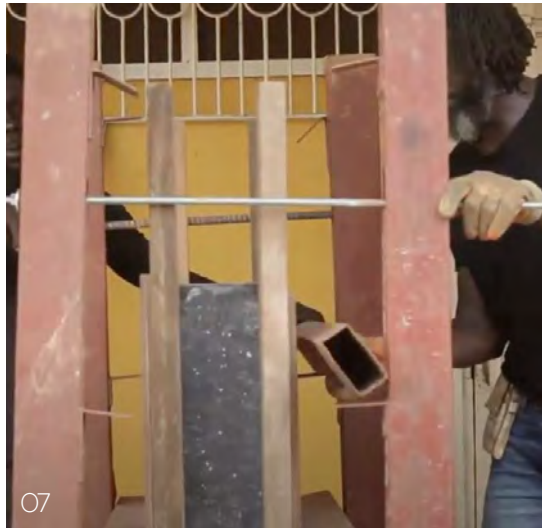
Portanto, garantir que a cofragem esteja perfeitamente reta é fundamental para a qualidade final das paredes de taipa. Qualquer desalinhamento, mesmo que mínimo, será visível e comprometerá a estética e a integridade da construção.


01

02

03

04


07

05

08

09

06

Fig. 57 – Processo de Fixação da Cofragem
Fonte: Autor

Selecção de Solos a serem Utilizados...

Para esta amostra de parede que estamos a construir, utilizámos 3 cores de solo diferentes. Abaixo, verá 4 tipos diferentes de agregados. Os materiais 1, 2 e 3 foram usados como destaque na parede, e o 4º material foi utilizado como um estabilizador adicional para a parede. Abaixo, verá mais detalhes sobre os tipos de características a serem observadas ao selecionar o seu solo.

Os materiais mencionados foram selecionados com base nas suas características específicas, que incluem:

Cor: Influencia a aparência estética final da parede.

Textura e Granulometria: Afetam a capacidade de compactação e a resistência estrutural.

Composição: A proporção de argila, areia e cascalho, que determina a resistência à compressão e a durabilidade da parede.

Seguindo estas diretrizes, você poderá escolher os solos e agregados adequados para construir uma parede de taipa com as propriedades desejadas.

Agregados: *Materiais particulados, como areia, cascalho ou brita, adicionados à mistura de solo para melhorar suas propriedades estruturais.*

Estabilizador: *Substância como cimento, cal ou outros aditivos que aumentam a resistência e durabilidade da parede de taipa.*

Cores de Solo: *Referem-se às diferentes tonalidades de solo utilizadas para dar um efeito estético à parede.*

Selecção e Testagem de Solos a serem Utilizados...

Fig. 58 – Solo 1 encontrado no local
Fonte: Autor

Na escolha dos solos para compactação, pode-se utilizar qualquer material de base para estradas;
Deve-se evitar o solo superficial, uma vez que este contém matéria orgânica;
O ideal é escavar mais fundo para obter solos livres de matéria orgânica, uma vez que estes contêm componentes adequados para a construção de uma parede sólida;

Fig. 59 – Solo 2 encontrado no local
Fonte: Autor

O material acima possui tamanhos de pedras com bordas afiadas variando entre 15-20mm e um teor elevado de areia;

Este material é excelente para a construção de taipa estabilizada, pois contribui para uma maior resistência à compressão e ajuda a manter a coesão do solo.

Fig. 60 – Areia Vermelha
Fonte: Autor

O material acima escolhido é mais rico em argila e contém poucas pedras. Para utilizar este material, é necessário diluí-lo com areia de construção ou com pó de granito/areia de pedreira triturada.

Fig. 61 – Pedra Triturada
Fonte: Autor

Este material consiste em pedra triturado e é usado em todas as misturas para diluir os outros materiais, atuando como um bom mecanismo de travamento na mistura.

Fig. 62 – Testagem dos Solos
Fonte: Autor

RESULTADO APÓS 24H

Processo de **Testagem** dos 4 quatro solos escolhidos...

A seleção do solo é também uma parte crucial do processo de construção em taipa. O solo que você selecionar determinará a resistência à compressão, o gradiente, a textura e a cor da parede.

Seleção do Solo:

Ao procurar solo, evitou-se a camada superficial (topsoil), pois é rica em nutrientes e não proporcionará a resistência à compressão necessária para construir uma parede de taipa.

Composição Ideal do Solo:

Para a mistura é aproximadamente 5-20% de argila, 70-80% de areia e cascalho, e então adicionar cimento ou outro estabilizador. Será necessário adicionar água à mistura, mas não demasiada, pois se a mesma estiver muito húmida, não conseguirá ligar adequadamente.

Elaboração do Mix

Fig. 63 – Passo 1
Fonte: Autor

- 16 Pás de Areia
- 2 Pás de Granito Britado
- 1,5 Pás de Cimento

Fig. 64 – Passo 2
Fonte: Autor

Foi agrupado o primeiro o material da areia em um monte, em seguida, adicionado o granito britado por cima e, por último, o cimento.

Fig. 65 – Passo 3
Fonte: Autor

Mistura-se todos esses materiais secos juntos com a pá, até que esteja bem combinado/homogéneo.
Depois que todos os seus materiais se combinarem, passou a hora de adicionar água.

Fig. 66 – Passo 4
Fonte: Autor

Não se adiciona muita água, apenas um pouco é suficiente para deixar a mistura húmida.

Adicionamos um pouco de água de cada vez, misturamos e continuamos repetindo esse processo até que a mistura esteja húmida.

Fig. 67 – Passo 5
Fonte: Autor

A imagem acima que mostra devidamente a consistência de como a mistura deve ficar quando está apenas húmida o **suficiente** para compactação. Deve estar húmida o suficiente para que se possa passar a mão e nenhuma parte da lama fique nas mãos.

Teste de Queda

Fig. 68 – Teste de Queda
Fonte: Google

A imagem acima demonstra como realizar o teste. Deve pegar um pouco de material da sua mistura e apertar na mão firmemente para criar uma bola, como mostrado na figura 2 na imagem acima. Depois de criar a bola, deve deixá-la cair de uma altura de pelo menos à cintura. A sua bola deve dispersar-se em torrões, conforme mostrado na imagem circular na figura 3.

Este é um teste simples para ajudar a determinar se a sua mistura está pronta para ser compactada e é algo que ainda usamos hoje em obra. Este teste simples, rápido e eficaz pode ajudar a determinar se a sua mistura está demasiado húmida ou demasiado seca.

Fig. 69 – Teste de Queda: Cenário Inicial 1
Fonte: Autor

A imagem demonstra a bola a cair da altura da cintura.

Fig. 71 – Teste de Queda: Cenário Final 1
Fonte: Autor

Quando a bola cai ao chão, ela deve dispersar-se em torrões, conforme demonstrado na imagem.

Fig. 70 – Teste de Queda: Cenário Inicial 2
Fonte: Autor

Para testar se a sua mistura está demasiado húmida, repita os passos 3 e 4.

Fig. 72 – Teste de Queda: Cenário Final 2
Fonte: Autor

Se a sua mistura estiver demasiado húmida, quando atinge o chão, não se dispersará em torrões, mas permanecerá mais ou menos como uma bola. Isto significa que a sua mistura está demasiado húmida. É aconselhável fazer uma mistura completamente nova. Se a sua mistura estiver demasiado húmida, quando atinge o chão, não se dispersará em torrões, mas permanecerá mais ou menos como uma bola. Isto significa que a sua mistura está demasiado húmida. É aconselhável fazer uma mistura completamente nova.

Elaboração da Compactação da Terra

Depois de ter a mistura está pronta, é hora de compactar a mistura. Nesta fase, é bom verificar novamente se a cofragem está firme, recta e sobre uma boa fundação. No caso de se compactar sobre uma fundação de betão, pode borrifar um pouco de água na fundação para que, quando estiver pronto para despejar a primeira carga da mistura, esta adira ao betão.

Para a compactação, precisará de algo para compactar o solo. Normalmente usamos um tubo de metal com uma placa soldada na parte inferior, mas pode usar qualquer coisa semelhante que seja sólida.

No que diz respeito à compactação da sua mistura, essencialmente, este é o processo de adicionar camadas, despejando a mistura na cofragem e compactando-a até 40-50% do seu volume inicial. Este processo é repetido até chegar ao topo da cofragem. Aqui, foram adicionadas diferentes camadas de cor à parede, utilizando materiais de cores diferentes e compactando uma camada sobre a outra.

Fig. 73 – Compactadora Manual (Chimassso)
Fonte: Autor

Foram utilizados compactadores manuais, pois nos permitiu controlar a compactação e criar padrões, como ondas e camadas. Compactadores manuais não requerem nenhum compressor ou qualquer fonte de energia, tornando assim o processo de construção global mais econômico e sustentável.

Fig. 74 – Início do processo de compactação
Fonte: Autor

Com a cofragem pronta e a mistura preparada, é chegada a hora de compactar. Antes de se fazer o primeiro "despejo", é necessário borrifar um pouco de água na base onde estará assente a cofragem/sobre a fundação de betão; isso é para que a parede de terra compactada possa se unir ao piso.

Cuidados a ter no processo de compactação

Fig. 75 – Areia no chão com diversas cores
Fonte: Google

1. Ao despejar a mistura, deve se certificar que se despejar contra os lados da cofragem. Isso permitirá que as partículas maiores e pedregosas da mistura fiquem na parte externa da parede.
2. Depois de despejar a mistura, deve se certificar de compactar primeiro a parte externa e depois vá compactando o centro. Ao compactar, o objectivo é reduzir o volume da sua mistura para quase a metade do que foi despejado. O objetivo aqui é comprimir completamente o solo para que não haja buracos ou bolsas na mistura. Quando continuar com compactação e o solo estiver completamente comprimido, você sentirá que a terra se tornou extremamente dura.
3. Quando estiver satisfeito com a compactação, você pode despejar a próxima camada, que pode ter uma cor diferente para criar um design agradável. Esse processo é repetido até chegar ao topo da cofragem.
4. Agora que compactou até ao topo, deve usar o raspador para passar levemente sobre a superfície, removendo qualquer material solto. Qualquer material solto pode ser compactado no topo da sua cofragem.
5. Agora que compactou até ao topo, deve deixar a parede na cofragem por pelo menos 24 horas antes de removê-la.

Fig. 76 – Processo de Compactação da Parede
Fonte: Autor

Remoção do Molde + Tempo de Cura da Parede

Agora que a parede de terra compactada estabilizada está pronta e foi deixada nas formas por pelo menos 24 horas, é hora de remover a cofragem.
Deve ter cuidado ao remover as formas, pois nesta fase a parede começou a curar.
Processo de remoção cuidadosa e cautelosa da cofragem da Parede de Ensaio, pois, a parede já havia iniciado o seu processo de cura.

Fig. 77 – Processo de Remoção da Cofragem
Fonte: Autor

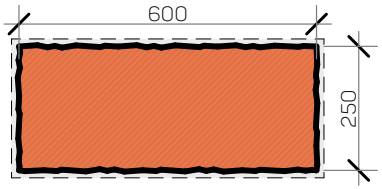
Remoção do Molde + Tempo de Cura da Parede

Deixar a parede secar ao ar por algumas horas antes de envolvê-la em filme plástico ou saco ilustrado na imagem para curar por **14-21 dias**.
Após o período de cura, será feita remoção do plástico ou saco e deixar a parede secar completamente por mais 2 semanas antes de aplicar o selante.

Por fim, aplicação do selante (**Dulux Brick Dressing**) a parede.

Fig. 78 – Preparação para a cura da parede
Fonte: Autor

Fig. 79 – Selante usado na parede de Terra Compactada
Fonte: Autor

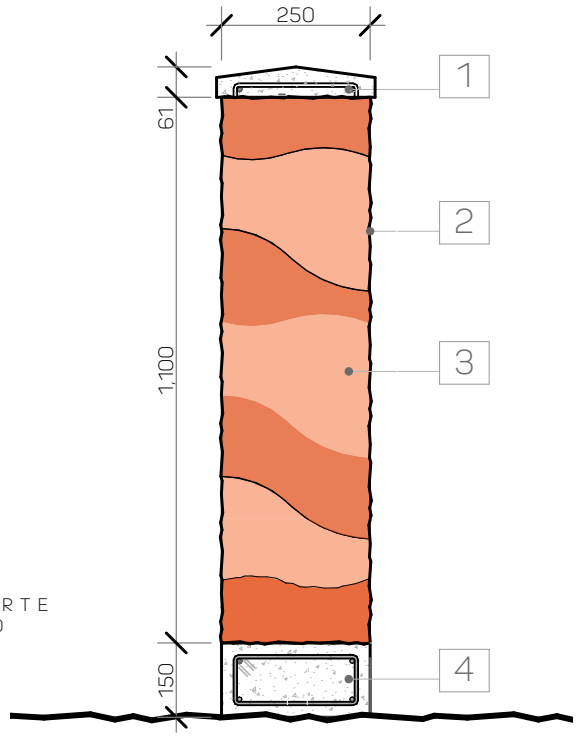


PLANTA
1:10

LEGENDA

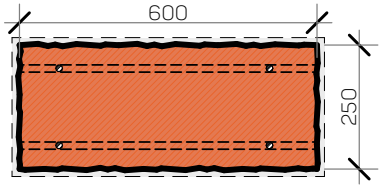
1. Viga de ligação em betão armado (opcional para o estudo)
2. Impermeabilização à base de Dulux Brick Dressing
3. Parede em Terra Compactada com 250mm de espessura.
4. Viga (Cinta)

Ensaio nº 01



CORTE
1:10

Fig. 80 - Resultado da parede no Ensaio nr. 1
Fonte: Autor

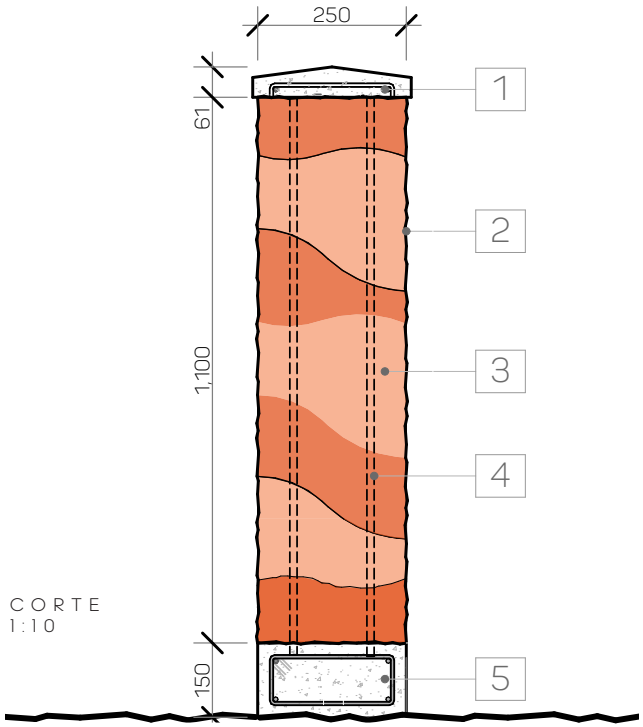


PLANTA
1:10

LEGENDA

1. Viga de ligação em betão armado (opcional para o estudo)
2. Impermeabilização à base de Dulux Brick Dressing
3. Parede em Terra Compactada com 150mm de espessura.
4. Reforço estrutural Varão 8Ø
5. Viga para fixação da parede

Ensaio nº 02



CORTE
1:10

Fig. 81 – Resultado da parede no Ensaio nr. 2
(Fonte: Autor)

01

TCC 2023/24

Casos de Estudo.

INDICE

- Centro Hakumana (Nacional)
- ASSCODECHA (Nacional)
- Academia Girl Move (Nacional)
- Centro Comunitário de Manica (Nacional)
- Casa Pátio Guapuruvu (Internacional)
- Macha Village Center
- Zhengzhou Jiangye Footaball Tourist Center

Quinto
Capítulo.

Centro Hakumana

Localização: Chamanculo C, Maputo, Moçambique
Entidade Responsável: Associação Comunitária para o Desenvolvimento do Chamanculo C

- Projeto Bom Samaritano desenvolvido pela Conferência de Religiosos e Religiosas de Moçambique.
- Objetivo: Oferecer serviços de ação social à comunidade local em resposta à preocupante realidade do HIV-SIDA no país.
- Serviços oferecidos: Informação, formação, orientação, assessoria, integração social e pesquisa relacionada ao HIV-SIDA.
- Hakumana é o centro que abriga esses serviços.
- Composição espacial variada do centro para desempenhar diferentes funções.
- Espaços exteriores desempenham um papel importante como extensão dos espaços internos e pontos de encontro para diversas atividades.

Fig. 82 – Associação Kutenga
Fonte: Arquivo (Sidney Nhantumbo, 2023)

Fig. 83 – Associação Kutenga
Fonte: Arquivo (Sidney Nhantumbo, 2023)

Fig. 84 – Associação Kutenga
Fonte: Arquivo (Sidney Nhantumbo, 2023)

Fig. 85 – Centro Hakumana
Fonte: Arquivo (Elcinio Mussane, 2021)

Fig. 86 – Centro Hakumana
Fonte: Arquivo (Elcinio Mussane, 2021)

Fig. 87 – Centro Hakumana
Fonte: Arquivo (Elcinio Mussane, 2021)

Associação Kutenga

Localização: Kamaxaquene – Av. Milagre Mabote, Maputo - Moçambique
Entidade Responsável: Associação Kutenga

- Localizada em Maputo, Kamaxaquene, bairro Maxaquene B, Av. Milagre Mabote, próximo ao Comando do distrito Kamaxaquene.
- KUTENGA é uma Organização da sociedade Civil baseada no voluntariado.
- Seu foco é promover a saúde e a educação da comunidade, com ênfase nos direitos dos adolescentes e jovens.
- Objetivos incluem combate e prevenção da delinquência juvenil, disseminação de informações sobre doenças endémicas e melhoria das condições de vida das famílias carentes, especialmente a camada jovem.

ASSCODECHA

Localização: Maxaquene C, Maputo, Moçambique
Entidade responsável: Conferência de Religiosos e Religiosas de Moçambique

- Associação Comunitária para o Desenvolvimento do Chamanculo C.
- Objetivos: Resolver problemas ligados à pobreza urbana e auxiliar famílias vulneráveis de forma participativa e sustentável.
- Ações desenvolvidas visam estimular a integração na sociedade e melhorar as condições de vida socioeconómicas e culturais, especialmente para mulheres, crianças, jovens e pessoas com deficiência.
- Centro comunitário resultante da adaptação de edifícios já existentes.
- Destaque para a relação entre o pátio central e os ambientes internos, criando um "ponto de encontro" central no edifício.

Fig. 88 – ASSCODECHA
Fonte: Arquivo (Elcínio Mussane, 2021)

Fig. 89 – ASSCODECHA
Fonte: Arquivo (Elcínio Mussane, 2021)

Fig. 90 – ASSCODECHA
Fonte: Arquivo (Elcínio Mussane, 2021)

Academia Girl Move

Localização: Nampula, Moçambique
Arquitecto: Paz Braga, ROOTSTUDIO
Ano: 2019
Estado: Construído

O edifício não é um centro comunitário, mas uma academia de educação. Tem semelhanças em composição espacial e processos construtivos com um centro comunitário. Objetivos do edifício: ser um símbolo de liderança das mulheres, uma referência global, e um centro para a criação de conhecimento. Deve inspirar e servir como referência em inovação, sustentabilidade e valorização de recursos locais. Projeto desenvolvido para destacar o impacto social dos programas da Academia Girl Move.

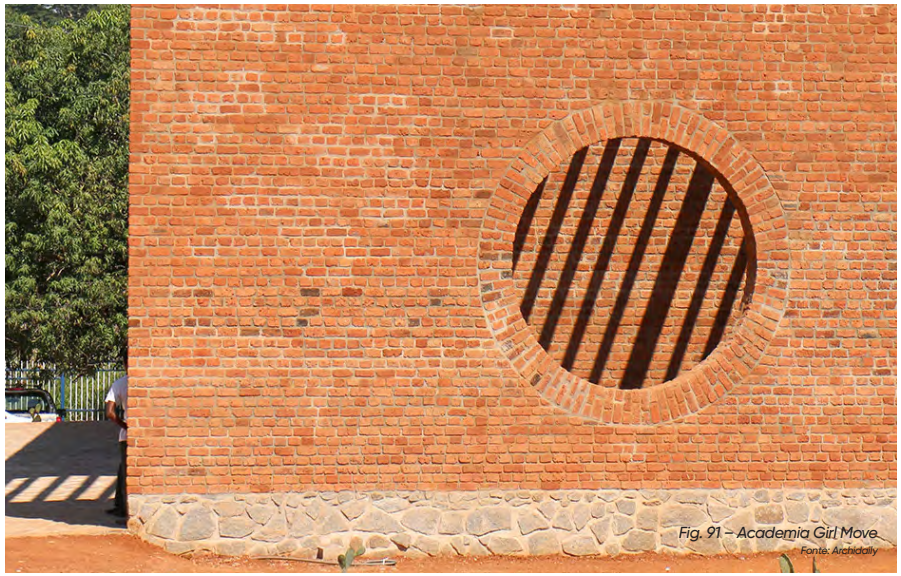


Fig. 91 – Academia Girl Move
Fonte: Archidatly

Fig. 92 – Academia Girl Move
Fonte: Archidatly

Fig. 93 – Academia Girl Move
Fonte: Archidaily

Fig. 94 – Academia Girl Move
Fonte: Archidaily

C. Comunitário de Manica

Localização: Manica, Moçambique
Arquitecto: Alina Jerónimo + Paulo Carneiro
Ano: 2013
Estado: Construído

O edifício se integra na paisagem, inspirado na arquitetura vernacular local.
Paredes vermelhas de terra são utilizadas, absorvendo e transmitindo humidade para aumentar o conforto interior e evitar o uso de ar condicionado.
Técnicas artesanais com bambu são adotadas, melhorando tecnologias tradicionais para atender às necessidades de conforto e durabilidade modernas.
O projeto se destaca pelos processos que envolveram a comunidade em seu desenvolvimento.

Fig. 95 – Centro Comunitário de Manica
Fonte: Archidaily

Fig. 96 – Centro Comunitário de Manica
Fonte: Archidaily

Fig. 97 – Centro Comunitário de Manica
Fonte: Archidaily

Patio Guapuruvu House
Estudio Piloti Arquitetura

Localização: Camanducaia, Brasil
Arquitectos: Estudio Piloti Arquitetura
Área: 210 m²
Ano: 2022

A casa possui um sistema construtivo que prioriza a rapidez, baixo custo e compreensão pelos construtores locais, com paredes de Terra Compactada apoiadas em baldrame de betão e pisos de betão polido sobre isolamento térmico. Os edifícios principais têm cobertura de telhas metálicas e paredes de taipa/terra compactada, enquanto o galpão utiliza laje painel e estrutura de betão aparente. O tratamento de esgoto é ecológico, com uma bacia de evapotranspiração e bananeiras. O projeto visa reduzir o impacto na paisagem, aproveitando o solo da terraplanagem e utilizando materiais simples, deixados em seu estado bruto.

Fig. 98 – Patio Guapuruvu House
Fonte: Archidaily

Fig. 99 – Patio Guapuruvu House
Fonte: Archidaily

Fig. 100 – Patio Guapuruvu House
Fonte: Archidaily

Fig. 102 – Patio Guapuruvu House
Fonte: Archidaily

Macha Village C. Center

Localização: BAIYIN, CHINA
Arquitecto: Oneartharch architect
Ano: 2016
Estado: Construído

Nos últimos anos, devido à percepção de que a tecnologia baseada em terra é "perigosa" e representa "pobreza", muitas casas de terra foram abandonadas em favor de construções convencionais com betão e tijolos cozidos.

Um centro de atividades foi construído em uma encosta com uma vista deslumbrante e inclui um pátio aberto e quatro casas de terra independentes para várias finalidades.

A construção envolveu a participação de cerca de dez moradores locais e aproximadamente cem voluntários de várias origens.

Os moradores locais têm uma ligação histórica às casas de terra, mas essa identidade cultural enfraqueceu com a modernização, e agora está ressurgindo.

Fig. 103 – Macha Village C. Center
Fonte: Archidaily

Fig. 104 – Macha Village C. Center
Fonte: Archidaily

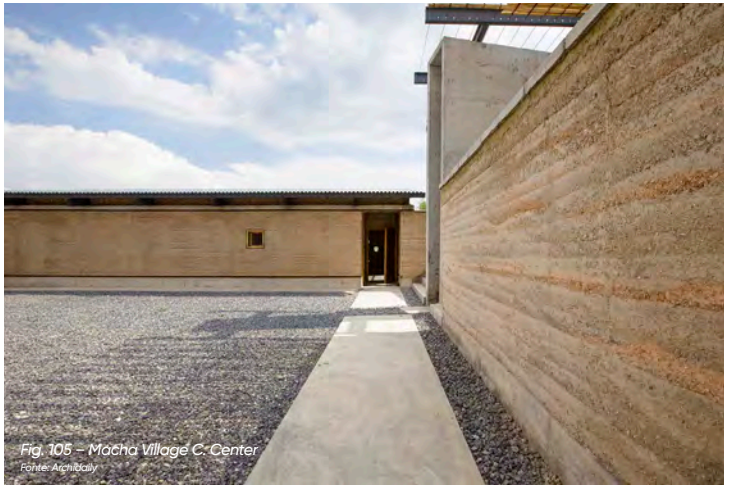


Fig. 105 – Macha Village C. Center
Fonte: Archidaily

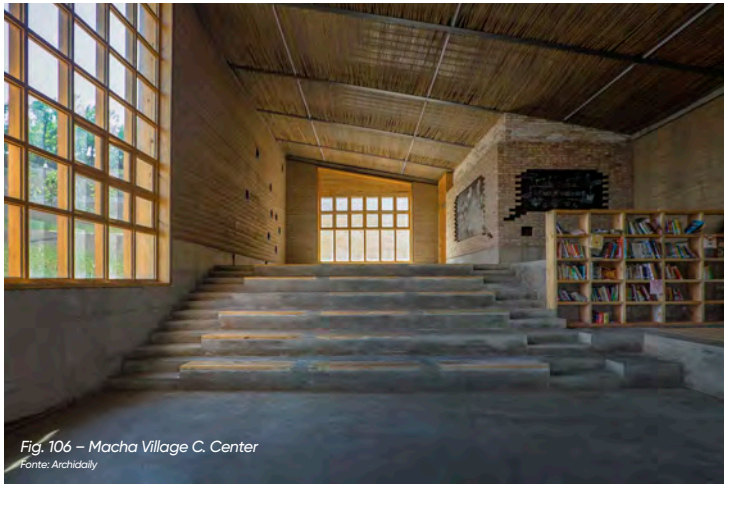


Fig. 106 – Macha Village C. Center
Fonte: Archidaily

Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center

Localização: ZHENGZHOU, CHINA
Arquitecto: SHUISHI
Ano: 2019
Estado: Construído

O design arquitetônico se inspira na forma da paisagem local de depósitos de loess e na aparência de colinas contínuas crescendo a partir da plataforma de loess.

O design de perfil baixo se integra ao ambiente, demonstrando respeito pelo local.

O Centro Turístico de Zhengzhou Jianye Football Town é o edifício de terra compactada construída à mão mais alto do mundo.

Combina funções arquitetônicas, características naturais, cultura regional e estética contemporânea.

É uma forma ousada de unir técnicas arquitetônicas tradicionais com técnicas de construção contemporâneas. A integração do edifício com o ambiente cria uma sensação de poder que vem da paisagem amarela mágica e da natureza grandiosa.

Fig. 107 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Fonte: Archidaily

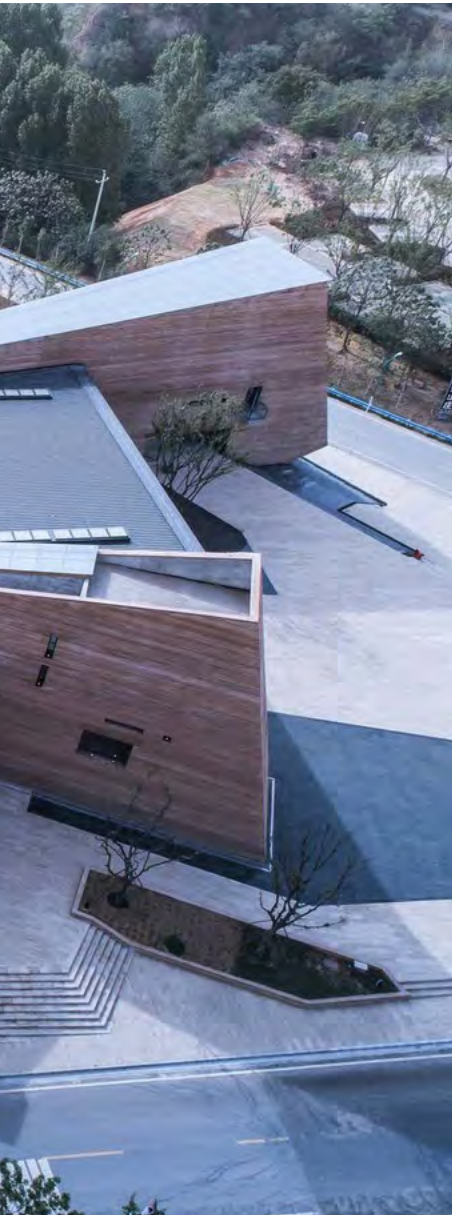


Fig. 108 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Fonte: Archidaily

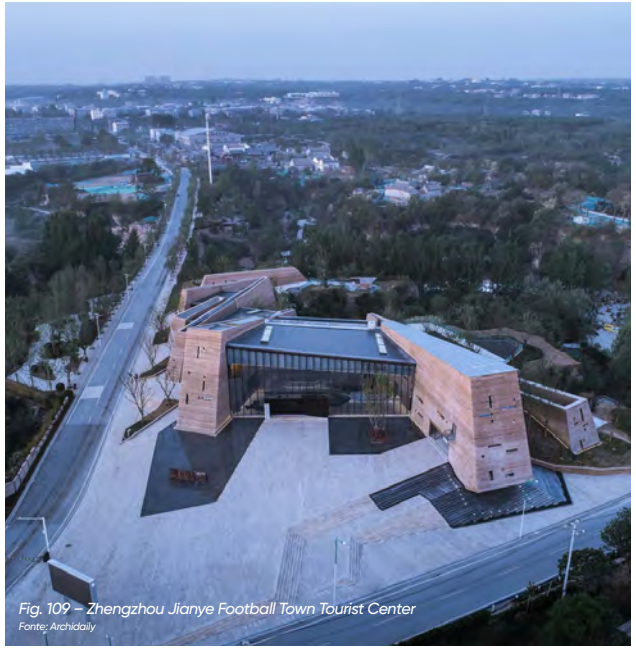


Fig. 109 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Fonte: Archidaily

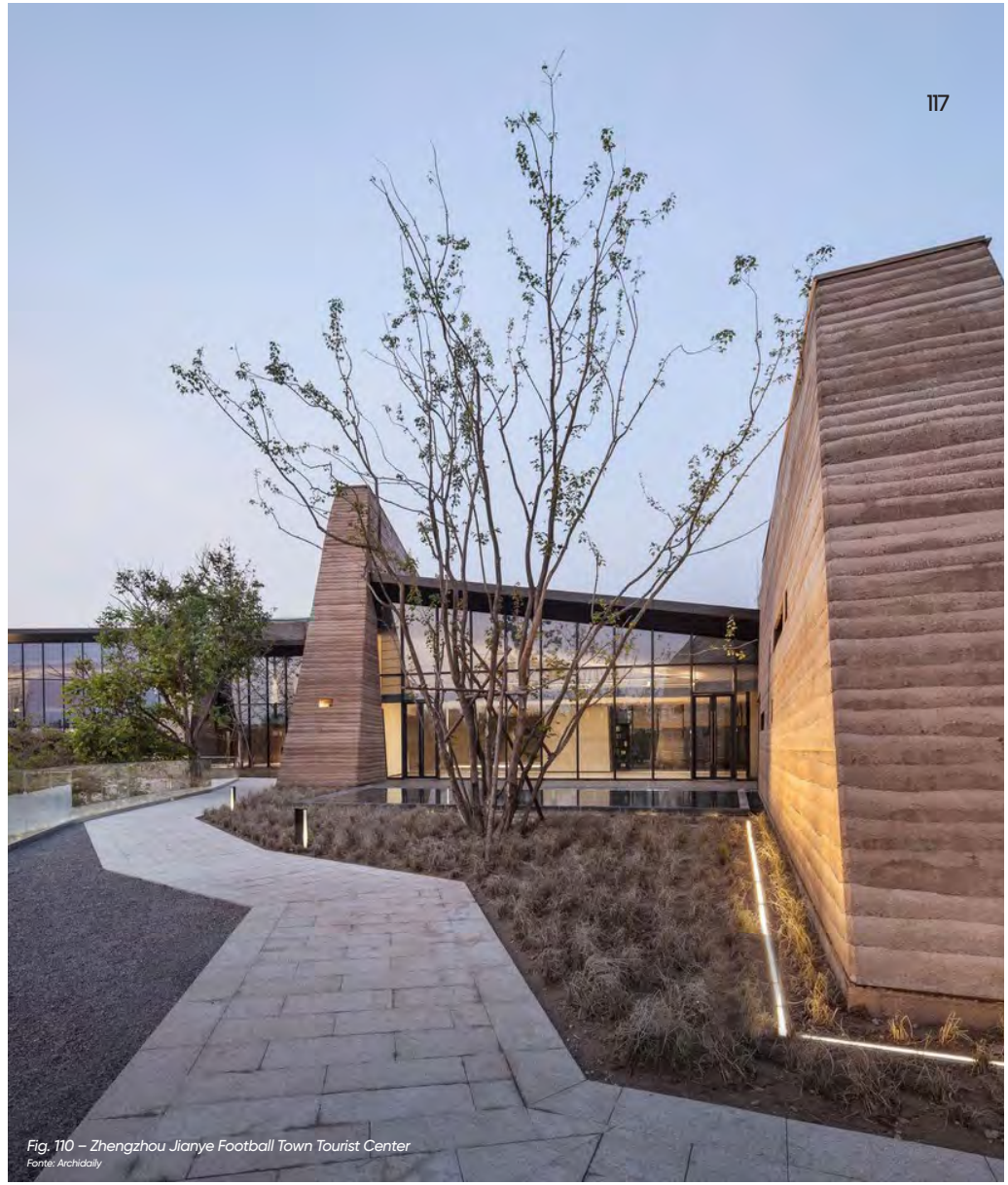


Fig. 110 – Zhengzhou Jianye Football Town Tourist Center
Fonte: Archidaily

1

TCC 2023/24

Proposta de Projecto.

INDICE

- Introdução
- Centro Comunitário
- Área de Intervenção
- Princípios Projectuais
- Peças Desenhadas
- Solução Técnico Construtiva
- Processo Construtivo

Sexto
Capítulo.

INTRODUÇÃO

"Trata-se de uma iniciativa da Associação de Desenvolver Esperança, ADE, e parceiros, levada a cabo no âmbito dos trabalhos de recolha e reciclagem de resíduos sólidos que a Associação tem vindo a realiza em Maputo. A presidente da ADE, Maria Rachide, explicou à Rádio Moçambique que a ideia é consciencializar as comunidades moçambicanas sobre a importância do reaproveitamento e reciclagem de resíduos sólidos. A cerimónia de lançamento da primeira garrafa foi testemunhada por gestores do Conselho Municipal de Maputo, comunidade de Katembe, entre outros convidados, que aplaudiram a iniciativa. O vereador do distrito municipal de Katembe, António Tovela. reconheceu a importância do trabalho da ADE e disse que a iniciativa é um exemplo claro de transformação de resíduos sólidos, em iniciativas para o benefício da sociedade".

Associação Desenvolver Esperança
Fonte: https://www.facebook.com/associacaodedesenvolveresperanca

Apesar de o trabalho estar enquadrado na linha temática de Tecnologias, há necessidade de criar um modelo (projecto) para explicar como a tecnologia da Terra Compactada é aplicada na construção de Centro Comunitário em Katembe.

A crescente preocupação com o meio ambiente tem impulsionado iniciativas inovadoras em todo o mundo, visando a promoção da sustentabilidade e a conscientização ambiental nas comunidades. Um exemplo notável dessa tendência é o Centro Comunitário construído em 2018 pela **Associação de Desenvolver Esperança (ADE)** no Distrito Municipal de Katembe, em Maputo, utilizando garrafas de vidro recicladas. Esta iniciativa pioneira não só demonstrou a viabilidade da reutilização de materiais reciclados na construção civil, mas também destacou o potencial dos projetos comunitários para promover o desenvolvimento local e a educação ambiental.

Inspirado por esse exemplo de sucesso, propõe-se neste trabalho a elaboração de um novo Centro Comunitário no mesmo bairro de Guachene, em Katembe, utilizando uma técnica alternativa e igualmente sustentável: a construção em Terra Compactada. Esta técnica, que tem ganhado reconhecimento global por sua eficiência, baixo custo e mínimos impactos ambientais, oferece uma oportunidade única para expandir as iniciativas comunitárias e beneficiar um número ainda maior de pessoas na região.

Fig. 111 – Início da construção do Centro Comunitário em garrafas de vidro
Fonte: Facebook

Fig. 112 – Grupo de Crianças
Fonte: UNICEF

Em resposta ao agravamento das condições de vulnerabilidade em territórios moçambicanos, foi concebida a Estratégia Nacional de Segurança Social Básica (ENssB) 2016-2024, como parte integrante do Programa Quinquenal do Governo 2015-2019. Este programa governamental estabeleceu como uma de suas principais prioridades a garantia da assistência e integração social das pessoas em situação de pobreza e vulnerabilidade.

Apesar dos esforços e das estratégias delineadas, persistem desafios significativos na realização efetiva das metas propostas, como evidenciado por estudos governamentais que revelam problemas contínuos de vulnerabilidade e baixa resiliência em várias comunidades, especialmente quando consideradas diferentes faixas etárias. A seguir são ilustrados principais desafios identificados pelo governo moçambicano, destacando a necessidade contínua de abordagens inovadoras e colaborativas para enfrentar essas questões prementes de desenvolvimento social e econômico.

Gravidez e Primeira Infância	Idade Escolar	Juventude	Adultos	3ª Idade
Mortalidade infanto Juvenil; Desnutrição crónica; Partos não institucionais Mortalidade materna	Ingresso atrasado e abandono precoce; Trabalho infantil Casamento infantil e gravidez precoce; Vulnerabilidade acentuada De crianças órfãs ou vivendo sem pais	Desemprego; HIV/SIDA.	Desemprego Subemprego Sazonal nas áreas rurais; Rendimentos baixos e instáveis HIV/SIDA.	Perda de Capacidade produtiva/rendimento; Isolamento e deserdação Custos Medicinais elevados.

Tabela de Problemas Segundo a Faixa Etária | Problemática sobre espaços comunitários
Fonte: Elcínio Mussane (2021), UEM-FAPF

Mediante estes problemas é notável a incapacidade financeira e técnico-científica do governo Moçambicano de lidar com os mesmos, resultando isto no crescente surgimento de organizações não governamentais no país com a intenção de servir como suporte às comunidades, no entanto às intervenções nem sempre tem o suporte técnico adequado, devido a limitações financeiras.

Resultando isto numa rápida degradação da intervenção, pela falta de conscientização das comunidades afectadas para a devida interação com os meios disponibilizados, bem como pela falta de exemplos de boas práticas de intervenção disponíveis para as comunidades em geral.

Tabela 5 – Problemas mais comuns segundo a faixa etária.
Fonte: Problemática sobre espaços comunitários. Elcínio Mussane (2021), UEM-FAPF

CENTRO COMUNITÁRIO

Conceito, Características e Contexto Moçambicano...

É uma estrutura polivalente onde se desenvolvem serviços e actividades que, de uma forma articulada, tendem a constituir um pólo de animação com vista à prevenção de problemas sociais e à definição de um projecto de desenvolvimento local, colectivamente assumido. ((Catarina de Jesus Bomfim)

Concepção

A concepção de um espaço desta natureza tem como bases os seguintes pressupostos:

- Conhecimento global da realidade
- Integração
- Parceria

Funcionalidade

A concepção de um espaço desta natureza tem como bases os seguintes pressupostos:

- Conhecimento global da realidade
- Integração
- Parceria

Contexto Moçambicano

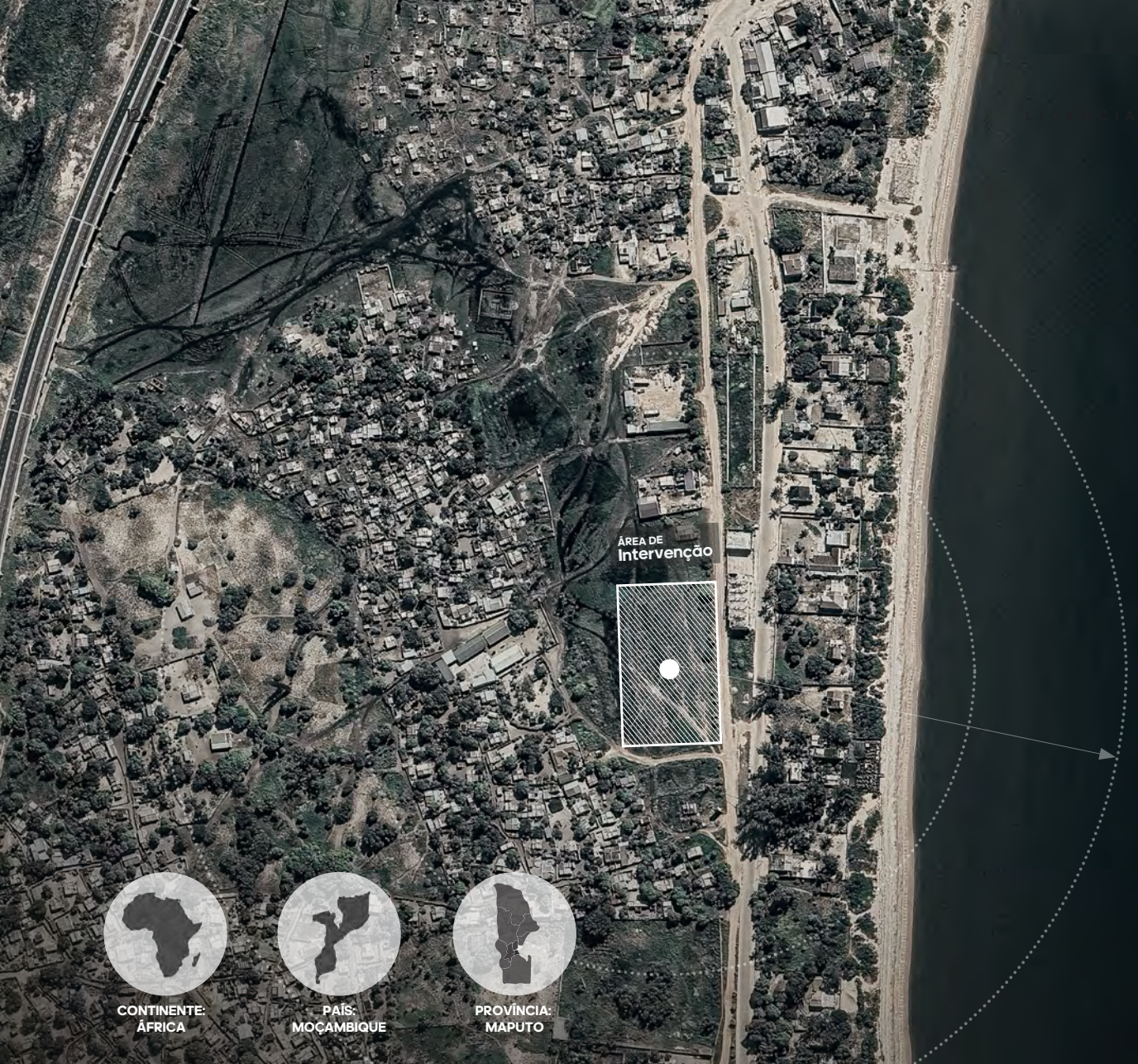
Estes surgem na sua maioria apartir de iniciativas levadas a cabo por organizações que têm como principal objectivo de desenvolver acções voltadas ao desenvolvimento comunitário e combate os diversos desafios sociais no contexto em que se inserem.

Actividades Realizadas

1. Planeamento Familiar;
2. Sensibilização Domiciliária;
3. Palestras;
4. Cursos Técnico-profissionais;
5. Visitas de apoio e de buscas;
6. Aconselhamento e Testagem de Saúde;
7. Reforço Escolar;
8. Alfabetização;
9. Saúde sexual e reprodutiva;
10. Recolha de Lixo.

"O **espaço comunitário** e **espaço público** não são sinônimos. Citado por (Machado, 2009) Um espaço comunitário é um espaço onde todos os que pertencem à uma comunidade específica, tem oportunidade de suporte aos seus **problemas** ou **preocupações**"...

Fig. 113 – Localização - Área de Intervenção
Fonte: Autor (Arquivo Pessoal)



O lugar - 9.656 m²

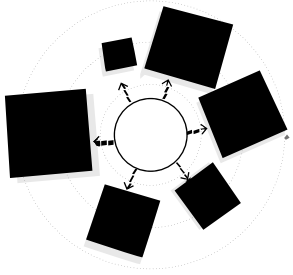
A área de intervenção está concretamente localizada no Bairro de Guaxeni, no Munincípio de Katembe, na Província de Maputo.

Fig. 114 – Implantação Geral
Fonte: Autor (Arquivo Pessoal)

NORTE

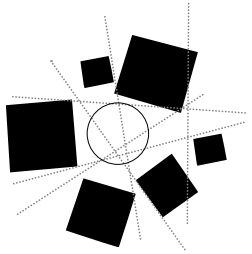
PRINCÍPIOS PROJECTUAIS

A forma concêntrica resultante evoca imagens de arquitetura comunitária arquetípica, tal como pode ser encontrada em todo o mundo.



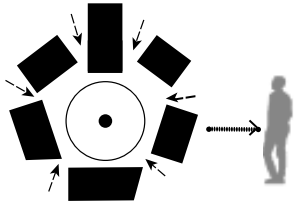
Interactividade

Os diferentes pavilhões são conectados pela parede posterior compartilhada. Este serpenteia como elemento de união ao longo do conjunto de de edifícios definindo assim um pátio central claro. Garantir a simplicidade estrutural e técnica através de um desenvolvimento sequencial dos edifícios ao redor do pátio.



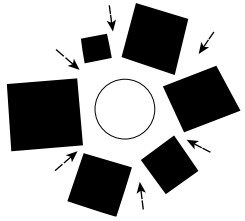
Flexibilidade Espacial

Criação de travessias que melhorem a mobilidade pedonal ao longo dos pavilhões, respeitando os fluxos naturais que já existem no local, e ajudando cada espaço a desempenharem as suas funções com maior eficácia.



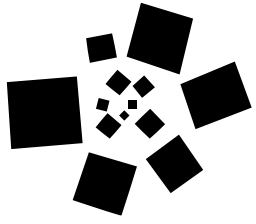
Identidade Visual

Criação de elementos estético-visuais que estabeleçam uma relação muito forte com os maiores usuários do espaço, que são os jovens, criando neles um sentimento de pertença e evitando a vandalização da proposta.



Permeabilidade Visual e Acessibilidade

Criação de uma relação visual forte entre os variados pontos do centro, para aumentar a sensação de segurança e de apropriação do espaço. Permitindo desta forma também maior interação entre os pontos.



Convívio Colectivo de Faixas etárias

Tirar partido de fóruns de encontro entre várias pessoas, para conversas, pequenas reuniões e outros pequenos eventos sócio-culturais, para trazer mais vida ao centro.

CENTRO COMUNITÁRIO

Programa Espacial

De modo a ter uma ideia clara do sobre os aspectos a serem considerados na concepção de um programa espacial para o objecto em desenvolvimento segue-se o processo de análise e construção do programa espacial do mesmo, que tem como etapas:

I.

Standard dos Centros Comunitários pelo mundo;

II.

Programa actual dos Centros Comunitários locais ajustados;

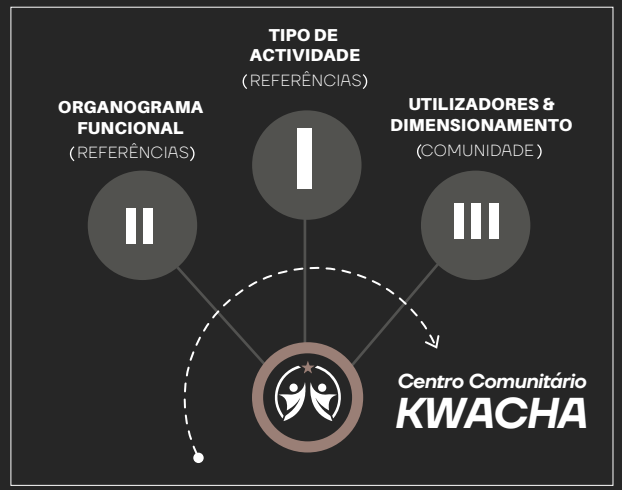
III.

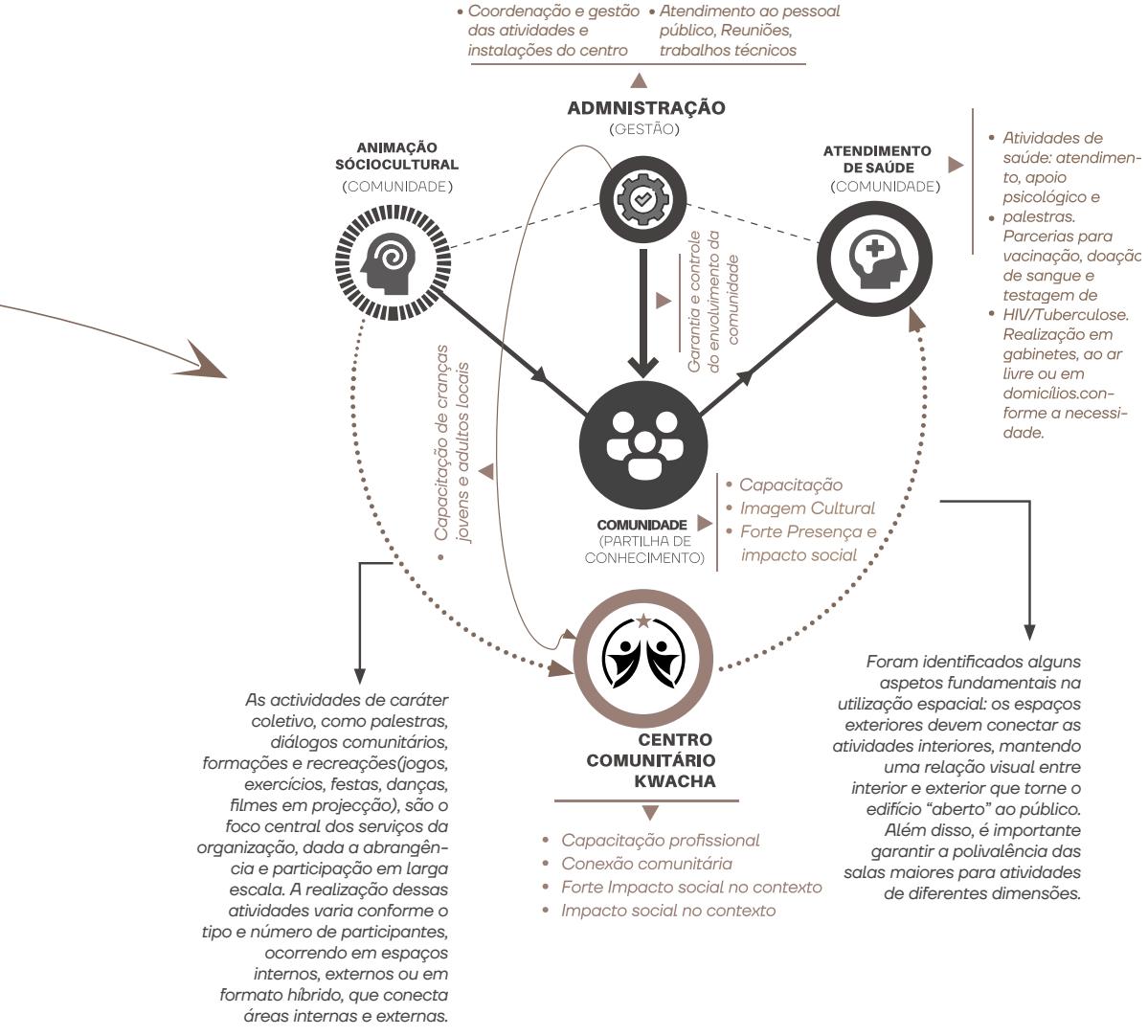
Programa Preliminar e Final adoptado

Ilações

Através da análise feita sobre estes centros é possível estabelecer as características espaciais e perceber quais os padrões utilização predominantes para cada um dos grupos funcionais.

VISÃO GERAL





Com base no levantamento das actividades desenvolvidas ao longo do mundo e na análise feita sobre os outros centros no país, garantiu a elaboração de um progama espacial que tenha como elementos os espaços considerados essencias para permitir a relização das diversas das actividades levadas a cabo por estas organizações (C. Comunitários). Olhando para aquelas que são as necessidades da organização, seus objectivos e necessidade de rentabilização de alguns espaços são acrescidos a este programa alguns espaços que agreguem certo valor nomeadamente: Biblioteca e um espaço de exposição.

Programa Preliminar

Sector	Actividades
Chegada/Saída	Guarita Pátio de Acesso, Pátio Interno Estacionamento e recolha de resíduos
Atendimento ao Público	Gabinete de Saúde Gabinete de Psicologia
Animação Sócio-Cultural	Sala Polivalente Sala de Formação/Multimédia Área de Exposição Biblioteca Playground
Admnistração	Gabinete do Director Sala de Reunião Área de Trabalho
Apoio	Refeitório Instalações Sanitárias

DIMENSIONAMENTO

Com as diversas atividades do programa definidas, bem como os requisitos específicos de cada uma (número de utentes,condiçõesderealizaçãoeinter-relaçõesfuncionais), procede-se à fase de dimensionamento e distribuição espacial. Para esse efeito, foi elaborada uma tabela de referência que especifica as características espaciais fundamentais para cada atividade, considerando a análise detalhada dos padrões espaciais e funcionais aplicados em centros similares, além dos normativos de referência para garantir a conformidade e a eficiência dos espaços.

Entre os normativos observados, destacam-se a norma da Direção-Geral da Ação Social Portuguesa, que estabelece diretrizes quanto aos requisitos mínimos de cada grupo funcional, incluindo aspetos de segurança, acessibilidade e conforto; e os manuais Metric Handbook e Neufert, que definem critérios detalhados de dimensionamento e configuram-se como uma base sólida para especificações técnicas de espaços, desde áreas comuns a instalações especializadas.

A análise integrada desses normativos e referências permite a construção de um quadro-resumo que consolida os aspetos considerados essenciais, fornecendo orientações para que os espaços atendam às necessidades funcionais e otimizem a experiência do utilizador, respeitando simultaneamente os padrões de ergonomia e flexibilidade para adaptação a diferentes atividades e lotações. Fonte (Neufert)

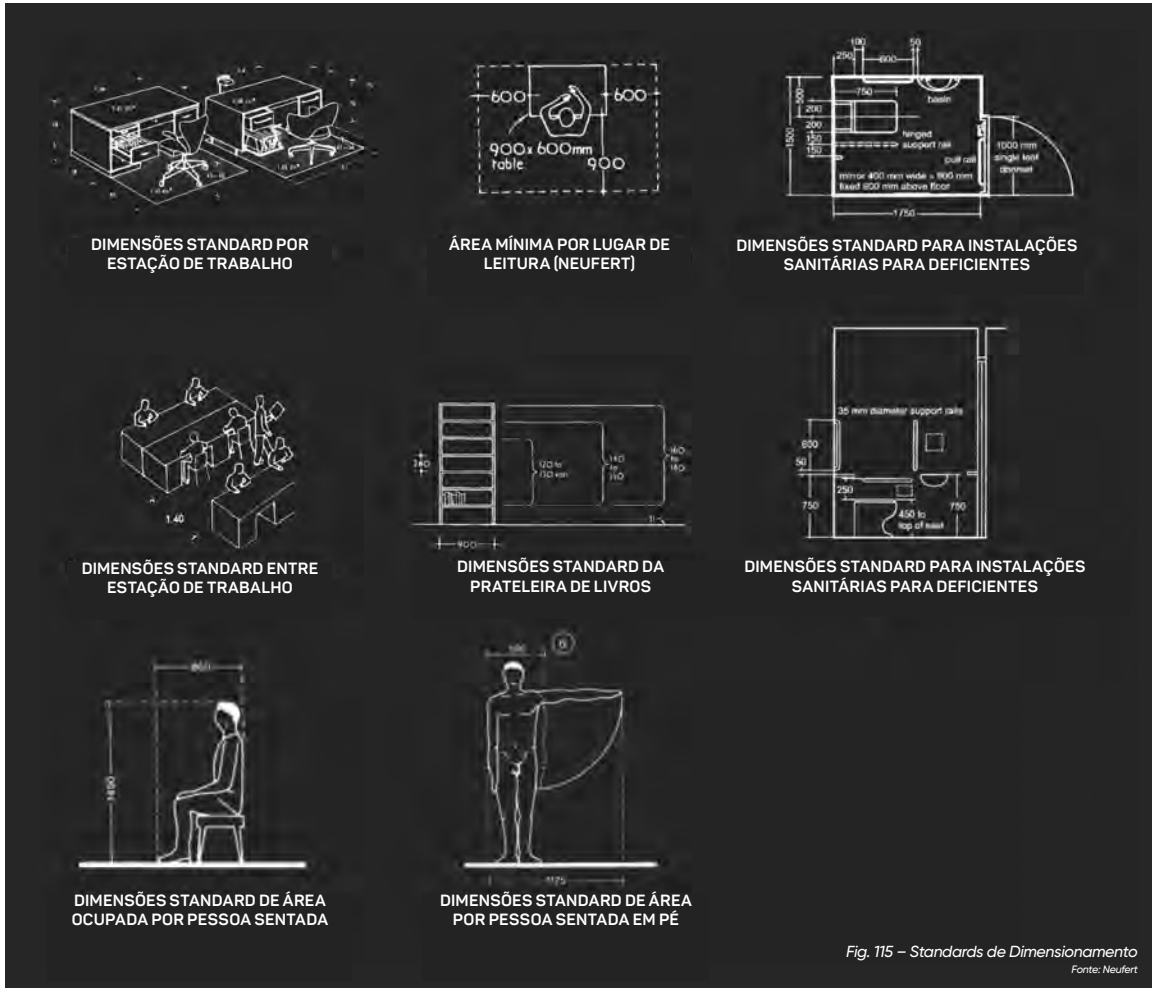


Fig. 115 – Standards de Dimensionamento
Fonte: Neufert

Programa Espacial

SECTOR	ESPAÇO		Nº De: USUÁRIOS	CRITÉRIO DE DIMENSIONAMENTO	ÁREA (m²)
CHEGADA E SAÍDA	GUARITA		1	-	6.5 m²
	ESTACIONAMENTO *(Carros)*		8-10	-	-
ATENDIMENTO E ACOMPANHAMENTO	GABINETE DE ATENDIMENTO		1-3	*12m2/área de trabalho*	15.50 m²
	POSTO MÉDICO		1-3	*12m2/área de trabalho*	16.50 m²
ANIMAÇÃO SÓCIO-CULTURAL	BLOCO POLIVENTE	SALA POLIVENTE	35-50	*1.2m2/pessoa (cadeiras móveis)*	115 m²
		ÁREA FLEXÍVEL		*0.9m2/pessoa (pessoas em pé)*	68 m²
	BIBLIOTECA		30-36	*2.3m2/leitor*	72 m²
	ÁREA DE EXPOSIÇÃO		-	-	107 m²
	SALA MULTIMÉDIA		15-20	*1.2m2/pessoa (cadeiras móveis)*	66 m²
GESTÃO E ADMNISTRAÇÃO	GABINETE DO DIRECTOR		1-3	-	10 m²
	SALA DE REUNIÃO		6-8	*12m2/área*	12 m²
	ÁREA DE TRABALHO		6	*4.9m2/pessoa*	39 m²
HIGIENE PESSOAL	WC GERAL	WC MASCULINO	-	*Rácio: 1 Vaso/ 50 pess.*	40 m²
		WC FEMININO			
		MOBILIDADE REDUZIDA	-	*Área/cabine*	
APOIO E RESTAURAÇÃO	DISPENSA		-	-	5 m²
	REFEITÓRIO		-	-	20 m²
	ZONA DE SERVIÇO/ARRUMO		-	-	30 m²
	SALA DE EQUIPAMENTO		-	-	16 m²
PLAYGROUND	*Mobiliário recreativo, percursos, campo de areia para jogo, etc*		-	-	1388 m²

Tabela 6 – Programa de Áreas

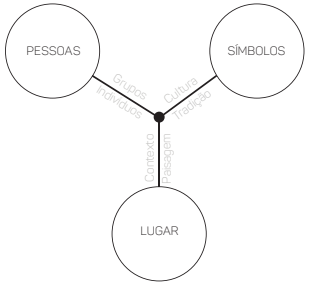
TOTAL **2,066.5 m² → 2,686.45 m²**
+30%

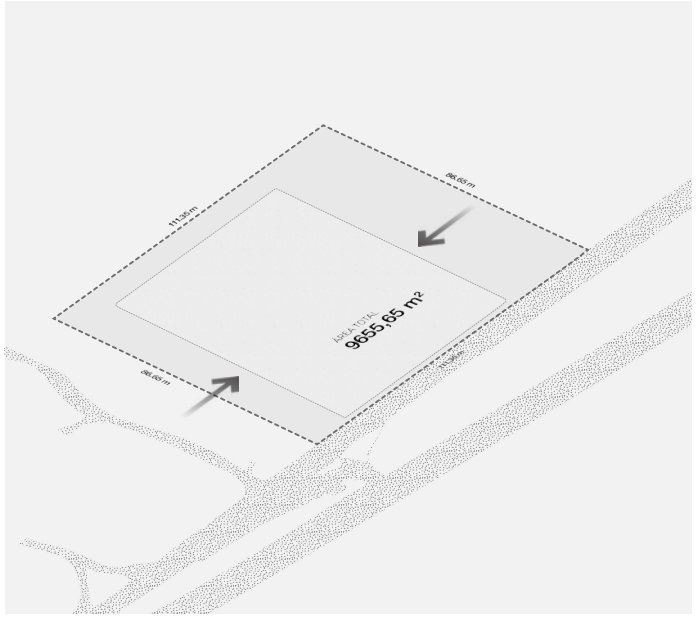
INTEGRAÇÃO FÍSICA

o Objecto e o Lugar

Para explicar a Integração física do objecto, a forma como ele se integra e relaciona com a envolvente, tem-se sequenciado os diagramas que explicam os meios e as pequenas estratégias de uma forma sequenciada que levam a solução volumétrica, mostrando de forma concreta interação à paisagem construída e as suas valências. E essas soluções já remetem a estruturação geral dos espaço envolvidos.

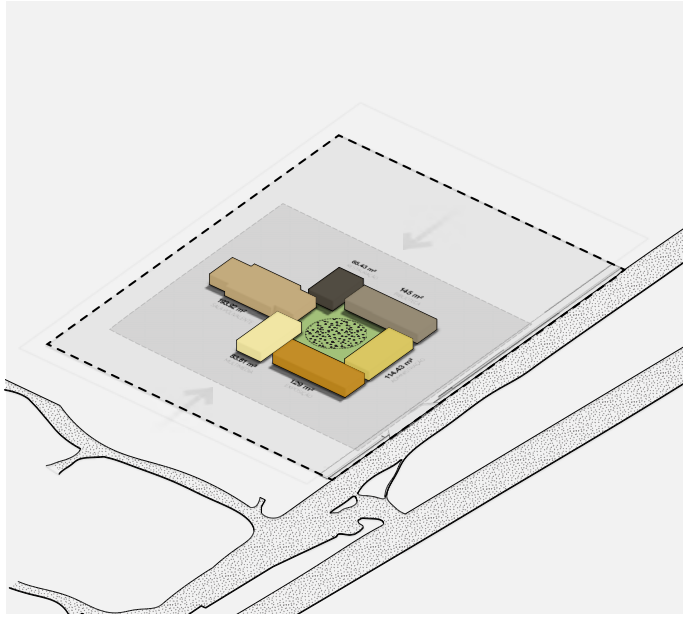
Integração/Interação/Conexão entre esses elementos, na busca de de uma "plenitude" funcional do objecto.





01. ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

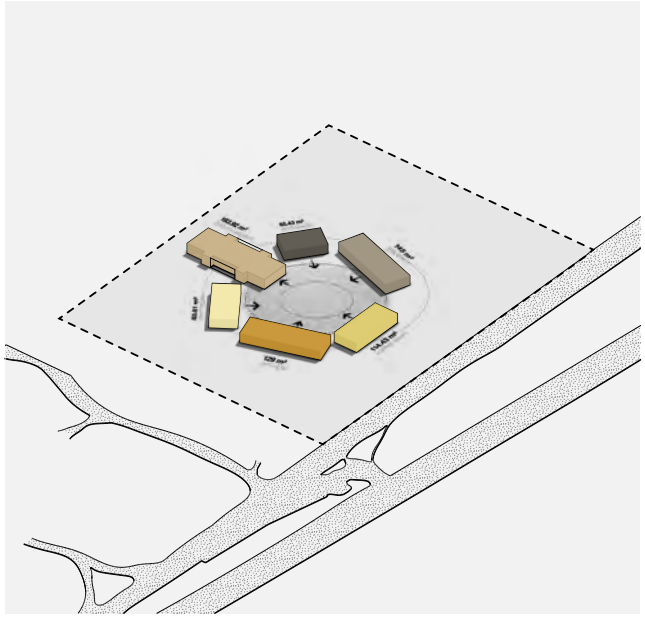
Área de intervenção, Jardim Hospitalar, com cerca de 112x86.65m (Área: 9655,65.00 m²), com algumas espécies arbóreas antigas (arbustos), Índices de Ocupação: não definidos.



02. INTEGRAÇÃO DOS VOLUMES

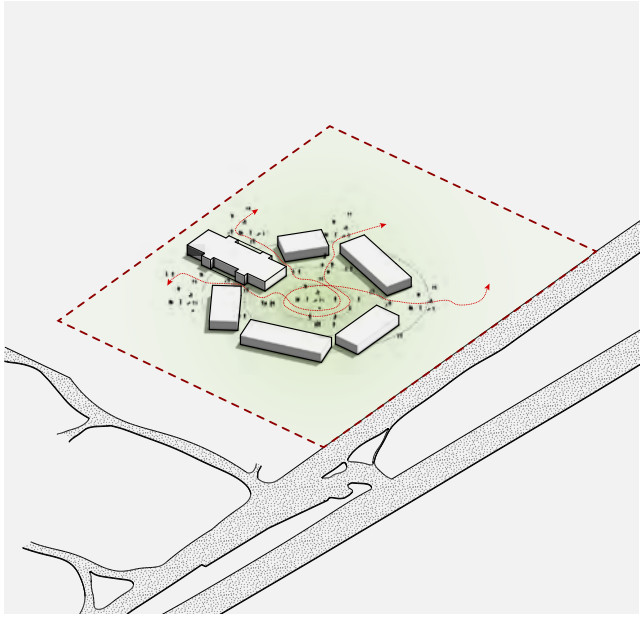
Integração dos volumes resultantes do programa de espaços sobre a área de ocupação:

- ADMNISTRAÇÃO
- EXPOSIÇÃO
- BIBLIOTECA
- MULTIMÉDIA
- EDIFÍCIO DE APOIO
- EDIFÍCIO POLIVALENTE



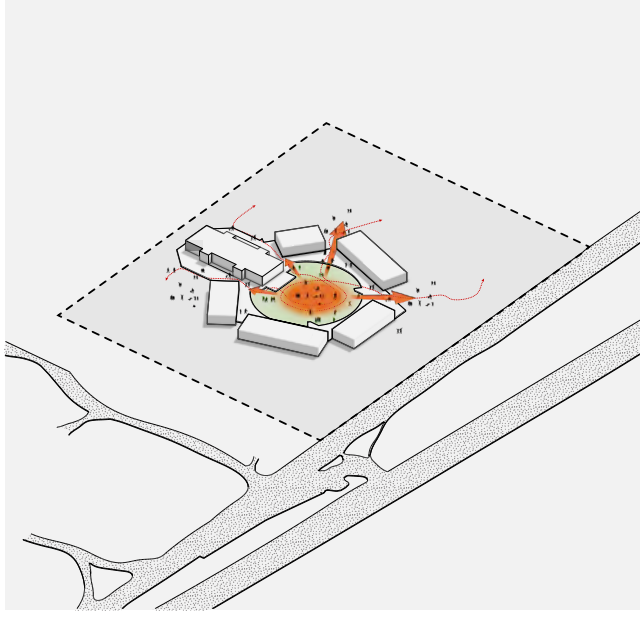
03. ORITENTAÇÃO DOS BLOCOS

Organização dos volumes, de modo a qualificar os espaço negativo, orientando-os a uma área central enfatizando esse espaço "encontro" e criando um espaço de diálogo e espaços mais introvertidos ao redor dos volumes.



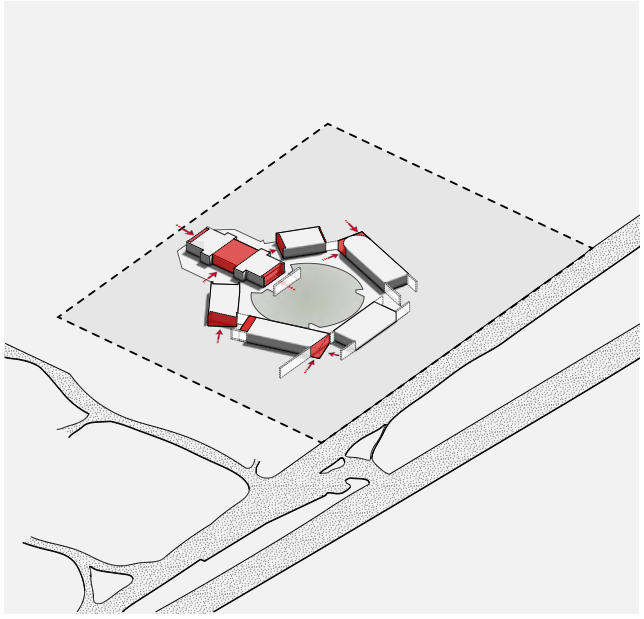
04. PÁTIO CENTRAL

Criação de uma plataforma sobre o espaço de encontro como forma de resgatar o jardim que converge entre os volumes criando assim um espaço que traz uma qualidade ao local.



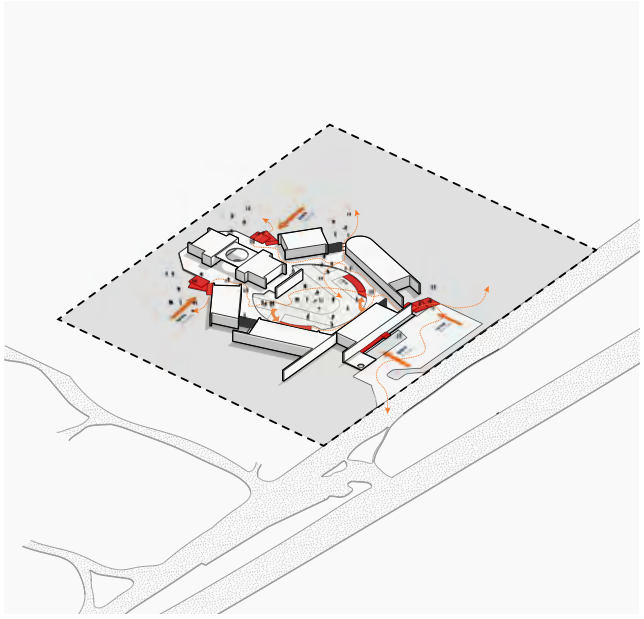
05. CONEXÃO

A plataforma central é um meio de conexão do edifício com à paisagem construída, mediando essa integração e criando um gradiente para a transição do ambiente comunitário aos espaços externos.



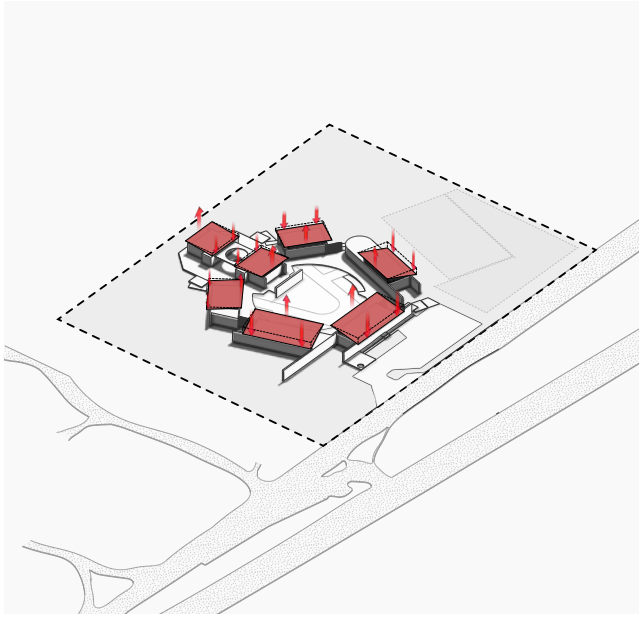
06. SUBTRACÇÃO E ADIÇÃO

Para permitir que os espaços enterrados sejam ventilados e iluminados são subtraídos os volumes de cada um dos edifícios, na periferia e no centro, trazendo plasticidade e relação do edifício como um todo também.



07. ACESSOS

Definição dos acessos dos acessos em 3 pontos estratégicos, que são constituídos por seis(6) rampas e duas (4) escadas - duas rampas centralizadas que marca a chegada da Praça/Pátio Central.

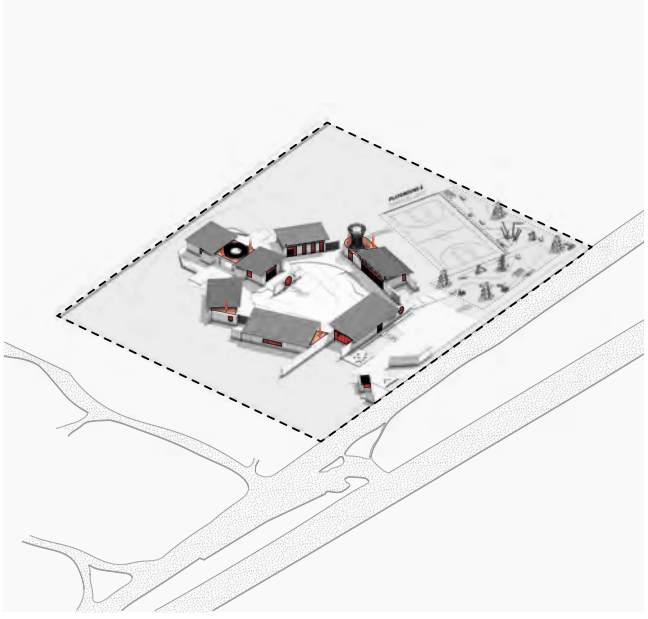


08. COBERTURA

A forma final do objecto é definida, ou melhor, é condicionada por 2 elementos principais: A solução da Cobertura Inclinada e Planas, na cobertura desenvolve-se uma que garanta o melhor funcionamento estrutural, que seja estática e estável.

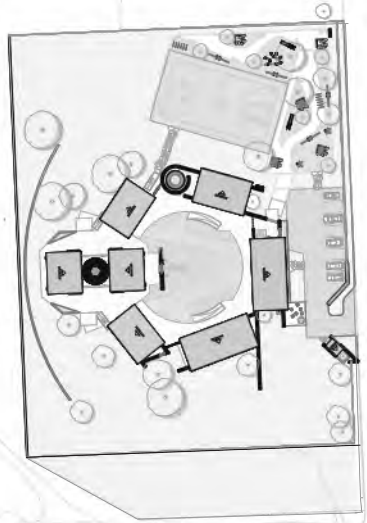
CARACTERIZAÇÃO FORMAL

A forma final do objecto



09. VÃOS E COBERTURAS PLANAS

Para as aberturas associar a plasticidade e controlo dos acessos e que permitam o seu funcionamento Sem dispensar algumas soluções mais específicas como a colocação de torres de ventilação e claraboias que auxiliam no processo de ventilação e iluminação natural, esses elemento também influenciam substancialmente na forma e expressão volumétrica do edifício.



Implantação Geral

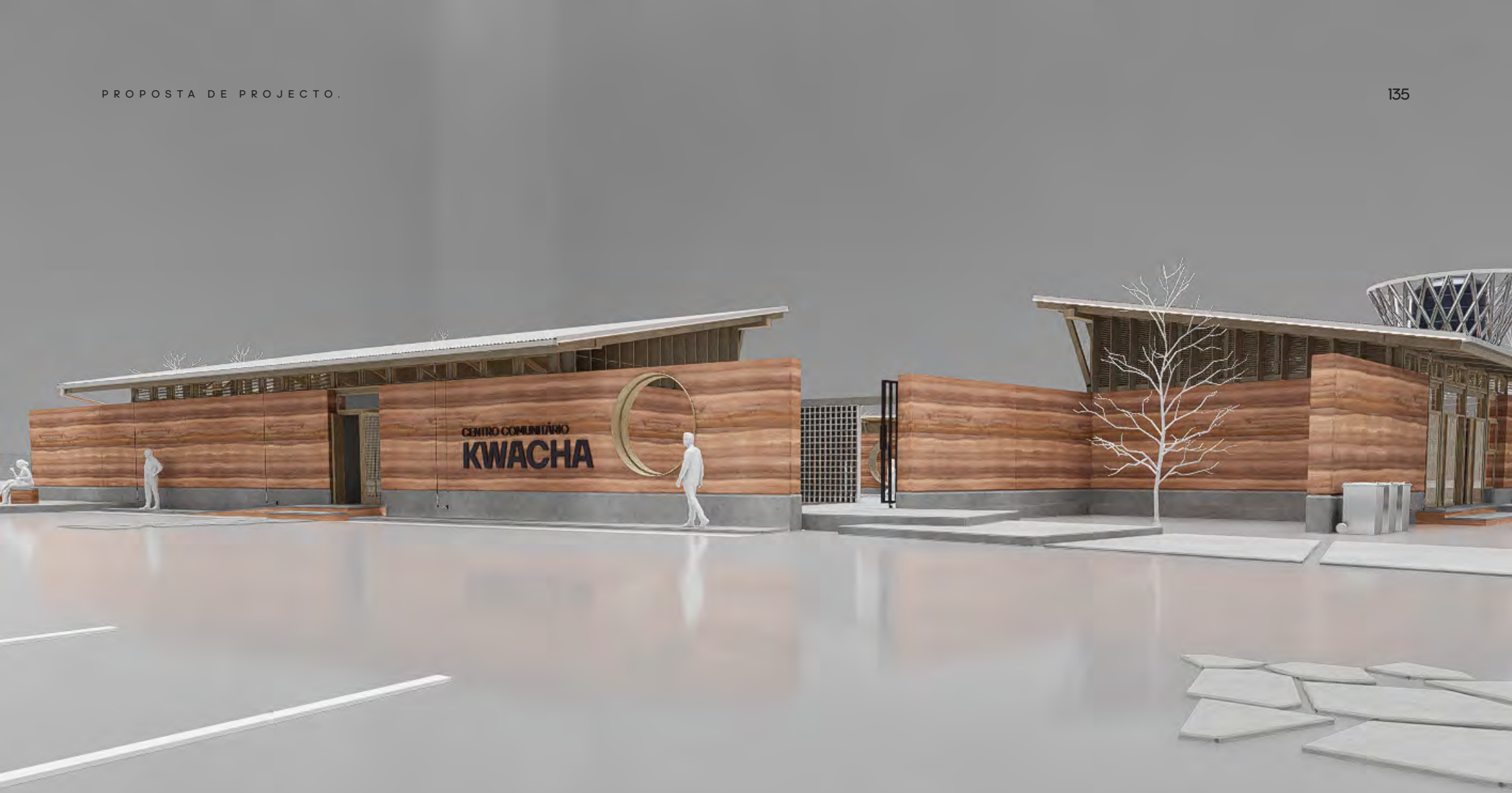
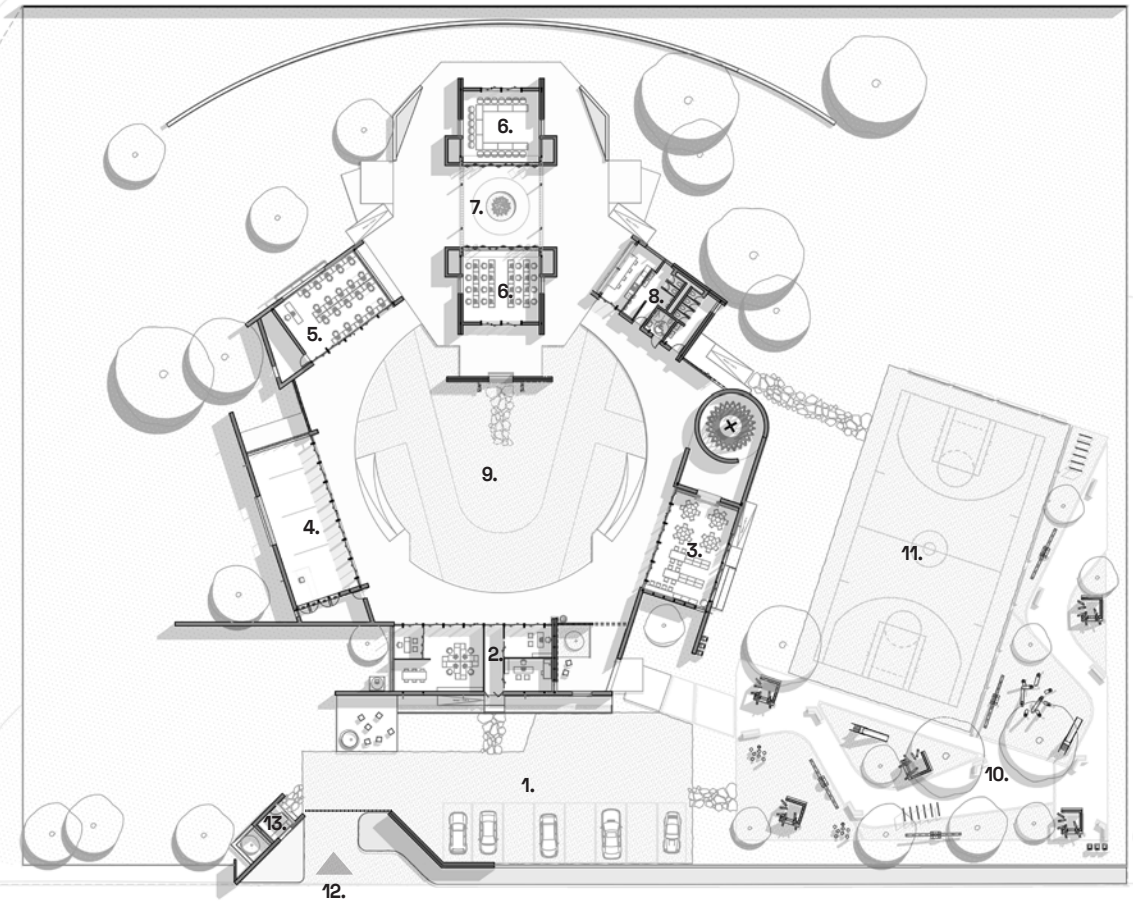
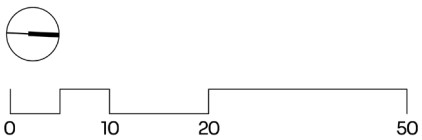


Fig. 116 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor



1. Estacionamento
2. Admnistração
3. Biblioteca
4. Sala de Exposição
5. Sala Multimédia
6. Sala Polivalente
7. Área Flexível da Sala Polivalente
8. Refeitório + Instalações Sanitárias
9. Pátio/Anfiteatro
10. Playground
11. Campo
12. Acesso Principal
13. Guarita

Planta Geral



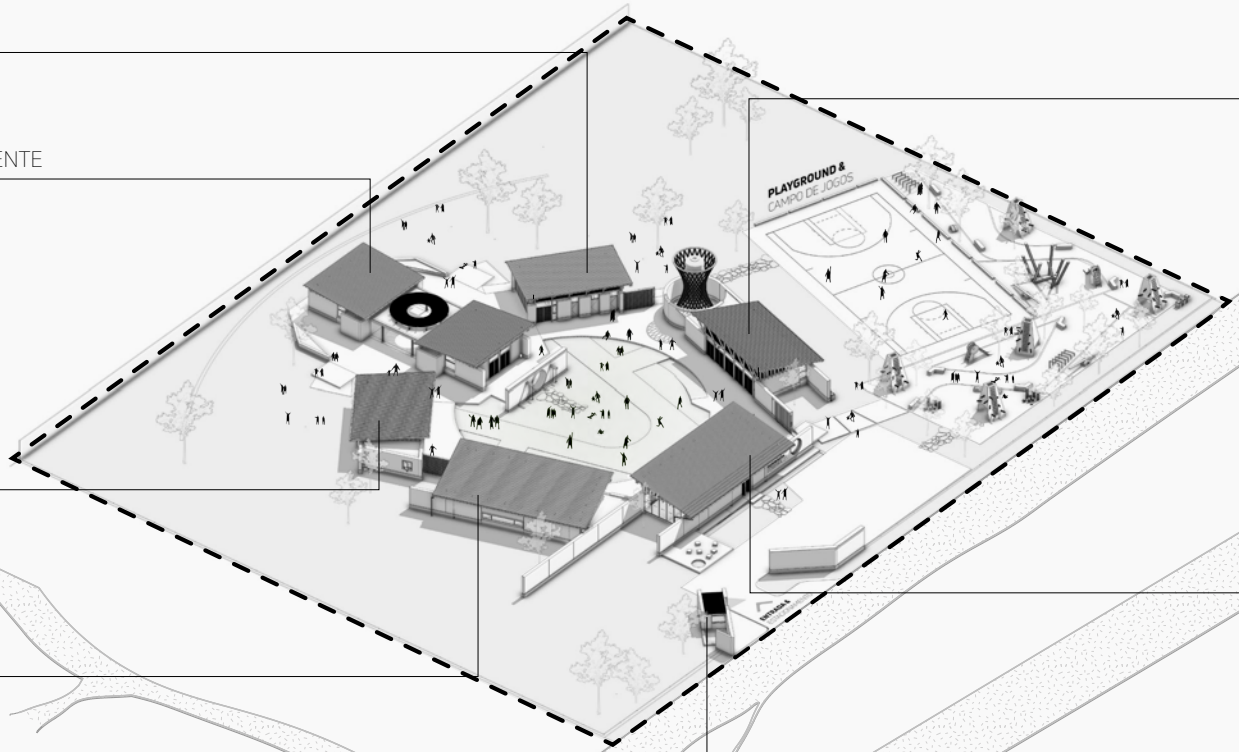
ED-06
REFEITÓRIO + WC

ED-04
EDIFÍCIO POLIVALENTE

ED-05
MULTIMÉDIA

ED-03
EXPOSIÇÃO

ED-07
GUARITA



ED-02
BIBLIOTECA

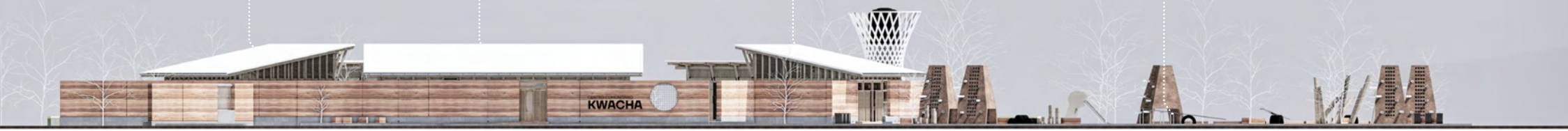
ED-01
ADMNISTRAÇÃO

ED-03
EXPOSIÇÃO
ESCULTURAS, PINTURAS, ETC

ED-01
ADMNISTRAÇÃO
CONTROLO E GESTÃO

ED-02
BIBLIOTECA
ÁREA DE LEITURA

ED-00
PLAYGROUND
E CAMPO DESPORTIVO



Perfil Geral I
ESC: 1/200

ED-00
PLAYGROUND
CAMPO DESPORTIVO

ED-06
REFEITÓRIO/WC
COZINHAS E ÁREAS TÉCNICAS

ED-04
SALA POLIVALENTE
FESTAS, REUNIÕES, AULAS

ED-05
SALA MULTIMÉDIA
AULAS DE INFORMÁTICA

Perfil Geral II
ESC: 1/200

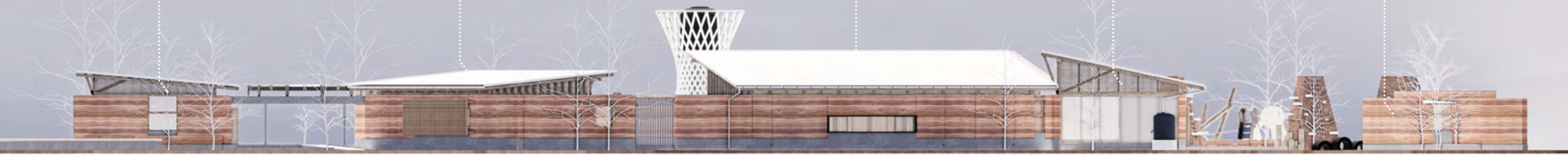
ED-04
SALA POLIVALENTE
FESTAS, REUNIÕES, AULAS

ED-05
SALA MULTIMÉDIA
AULAS DE INFORMÁTICA

ED-03
EXPOSIÇÃO
ESCULTURAS, PINTURAS, ETC

ED-01
ADMNISTRAÇÃO
CONTROLO E GESTÃO

ED-07
GUARITA
REGISTO DE ACESSO



Perfil Geral III
ESC: 1/200

ED-00
PLAYGROUND
CAMPO DESPORTIVO

ED-01
ADMNISTRAÇÃO
CONTROLO E GESTÃO

ED-02
BIBLIOTECA
ÁREA DE LEITURA

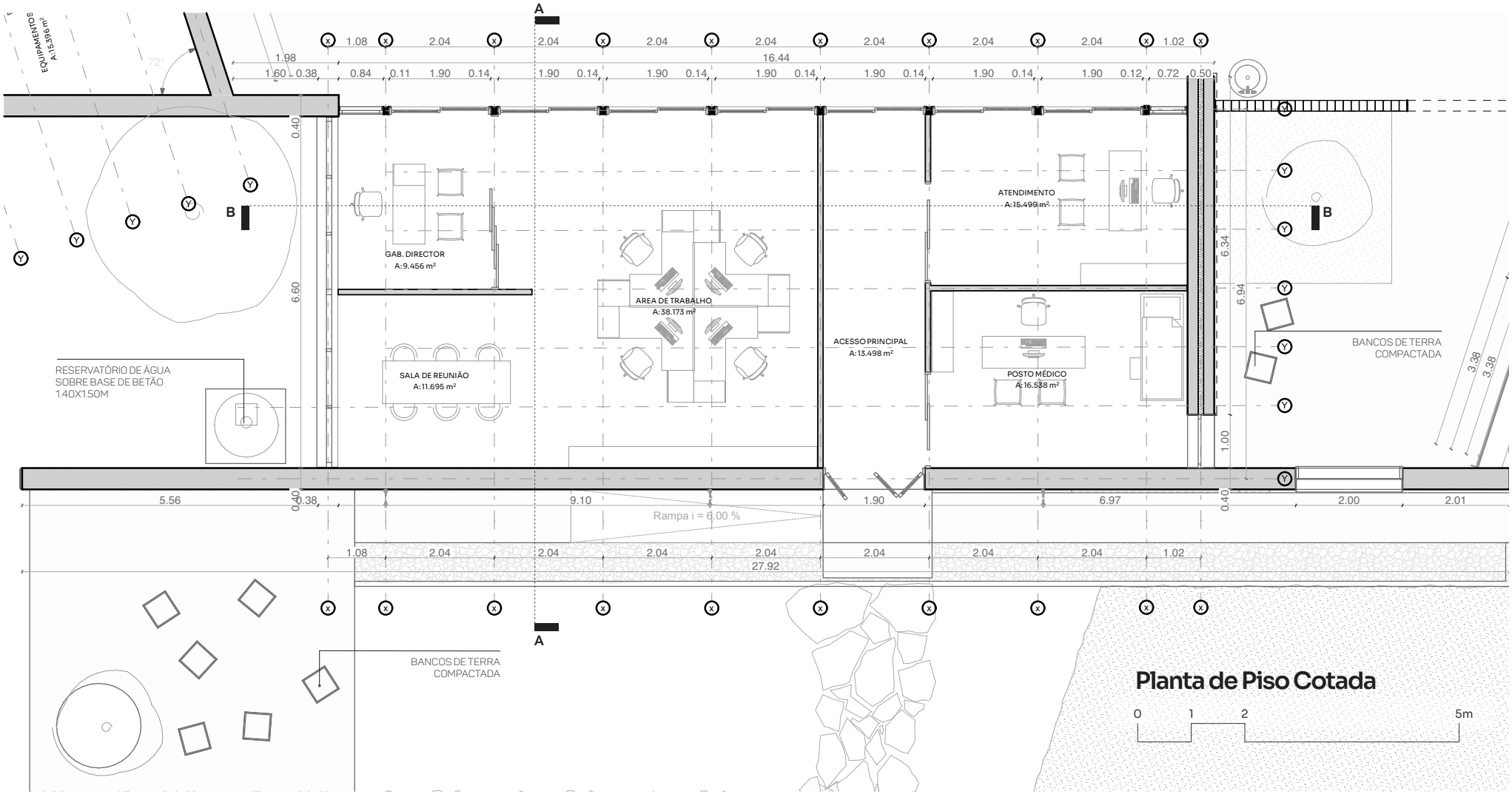
ED-06
REFEITÓRIO/WC
COZINHAS E ÁREAS TÉCNICAS

ED-04
SALA POLIVALENTE
FESTAS, REUNIÕES, AULAS

Perfil Geral IV
ESC: 1/200

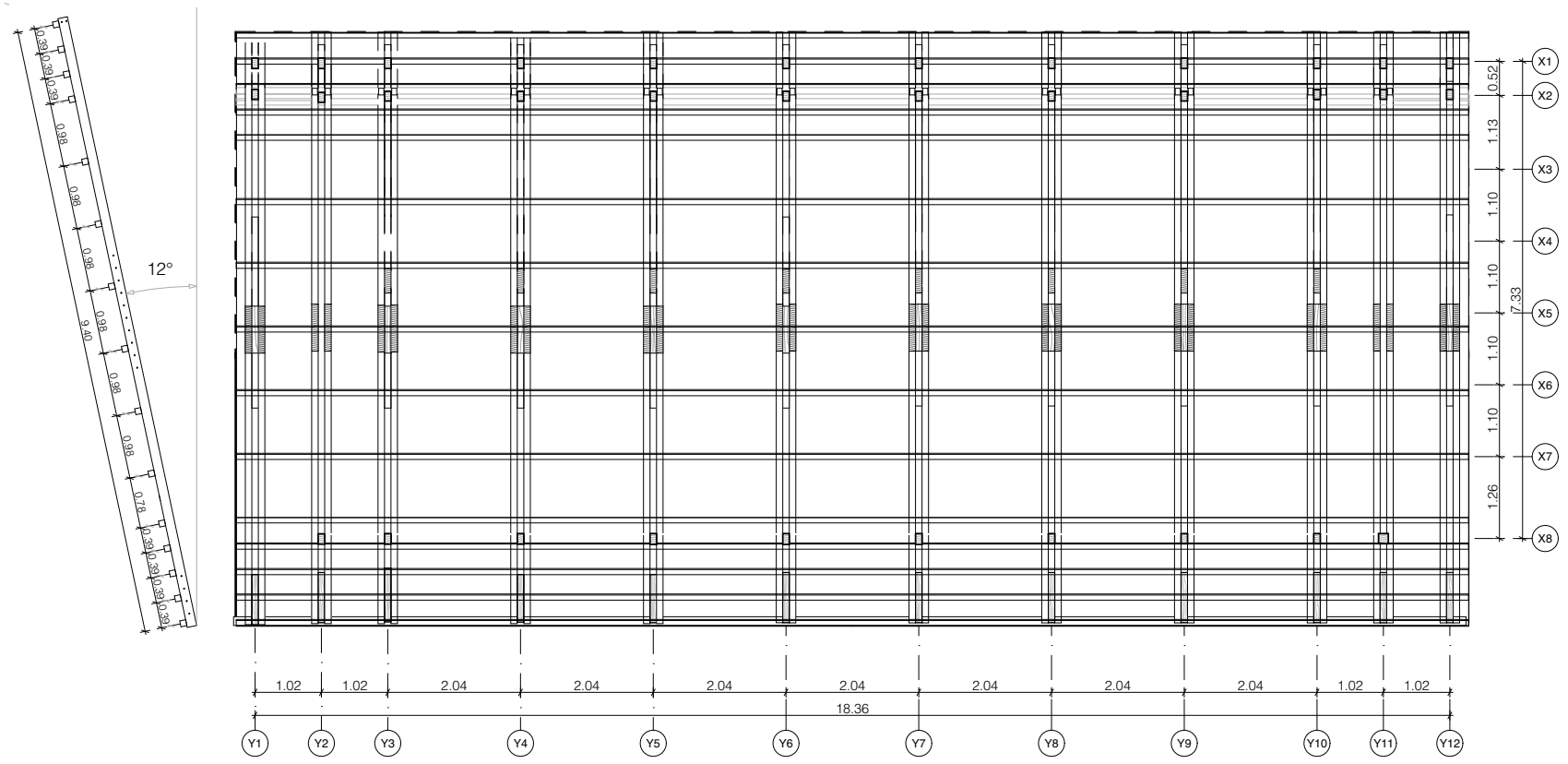
Área: **114.43 m²**

ED-01. Administração



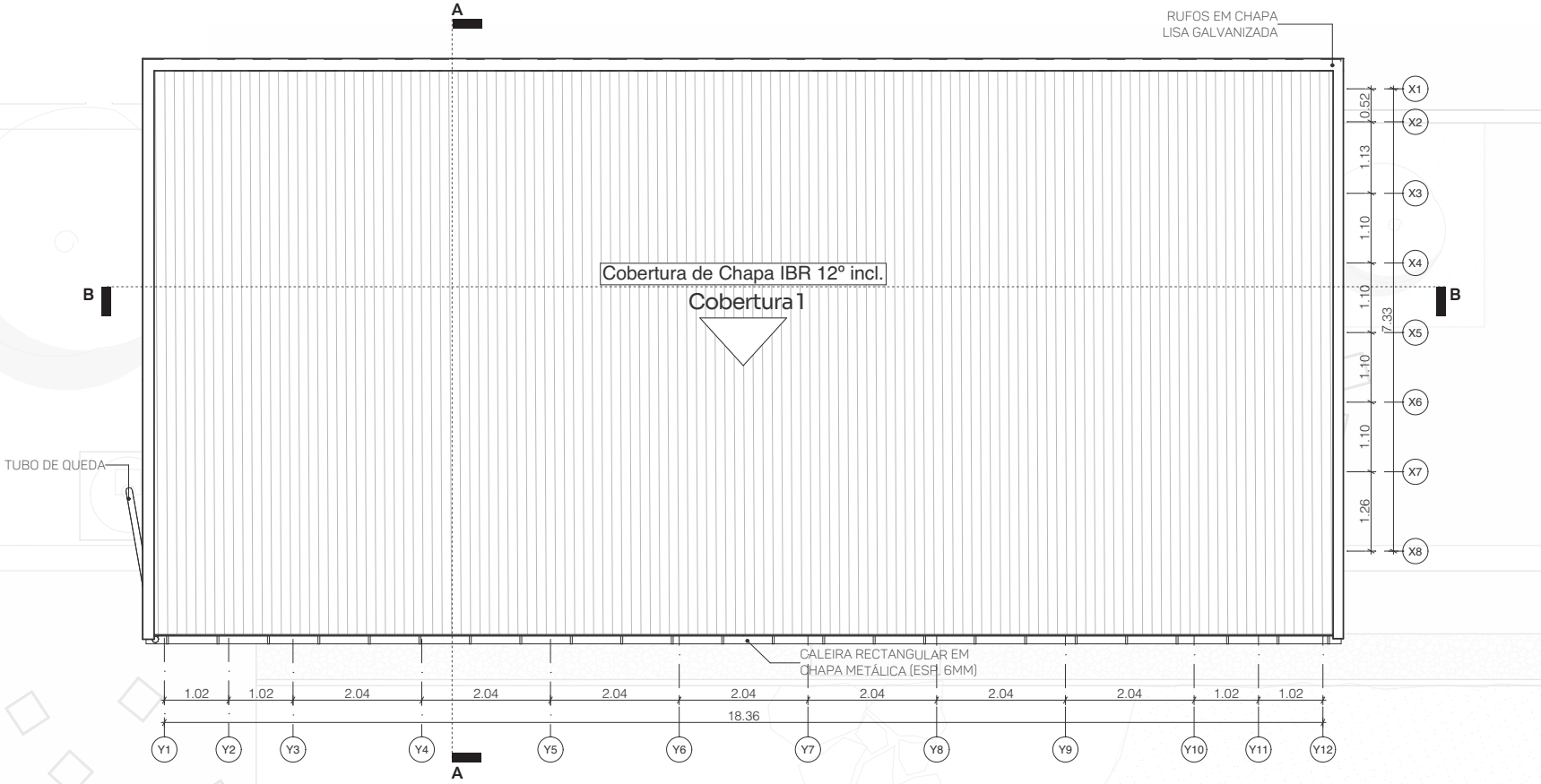
Planta de Piso Cotada

0 1 2 5m



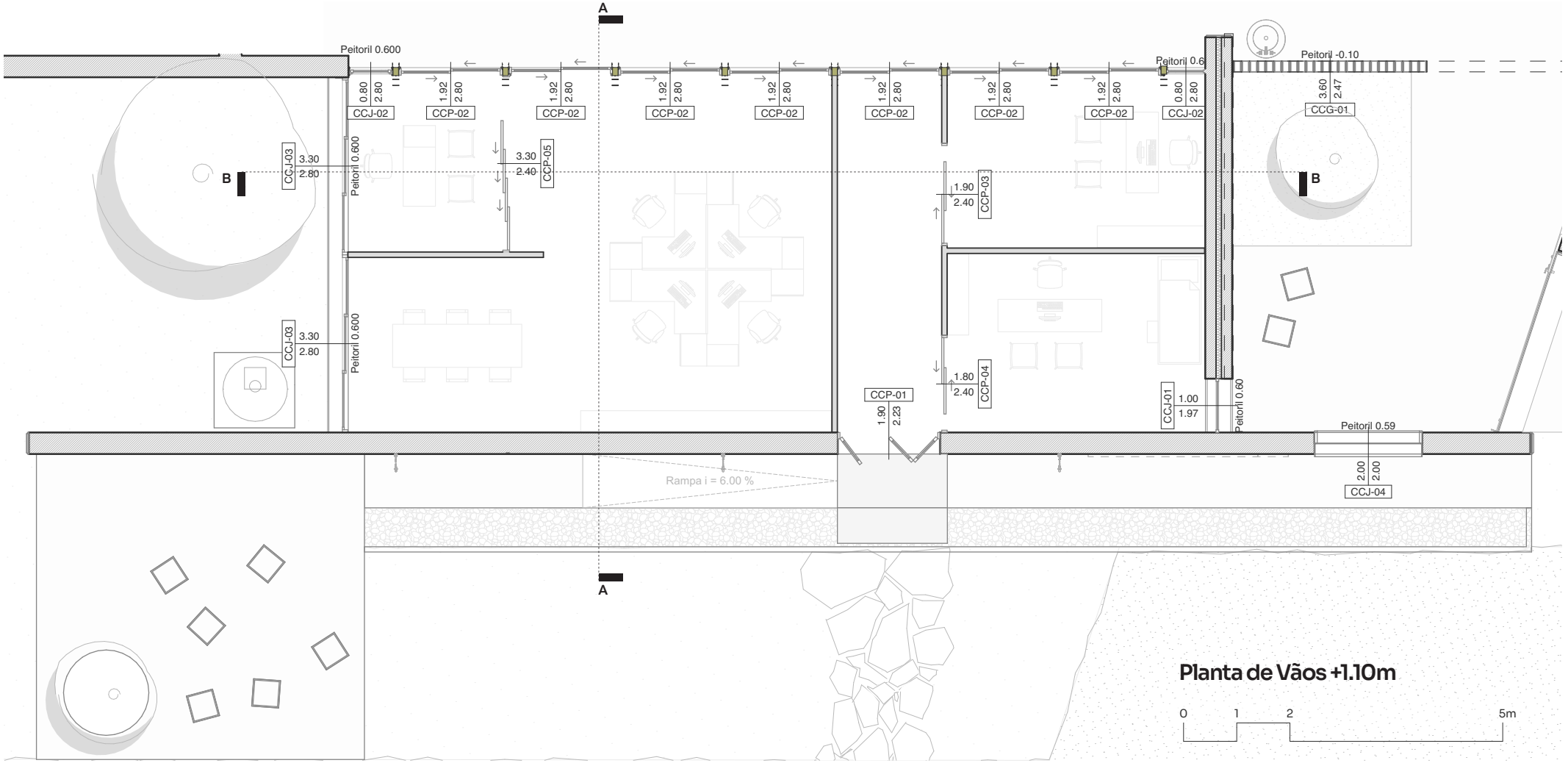
Planta de Estrutura da Cobertura

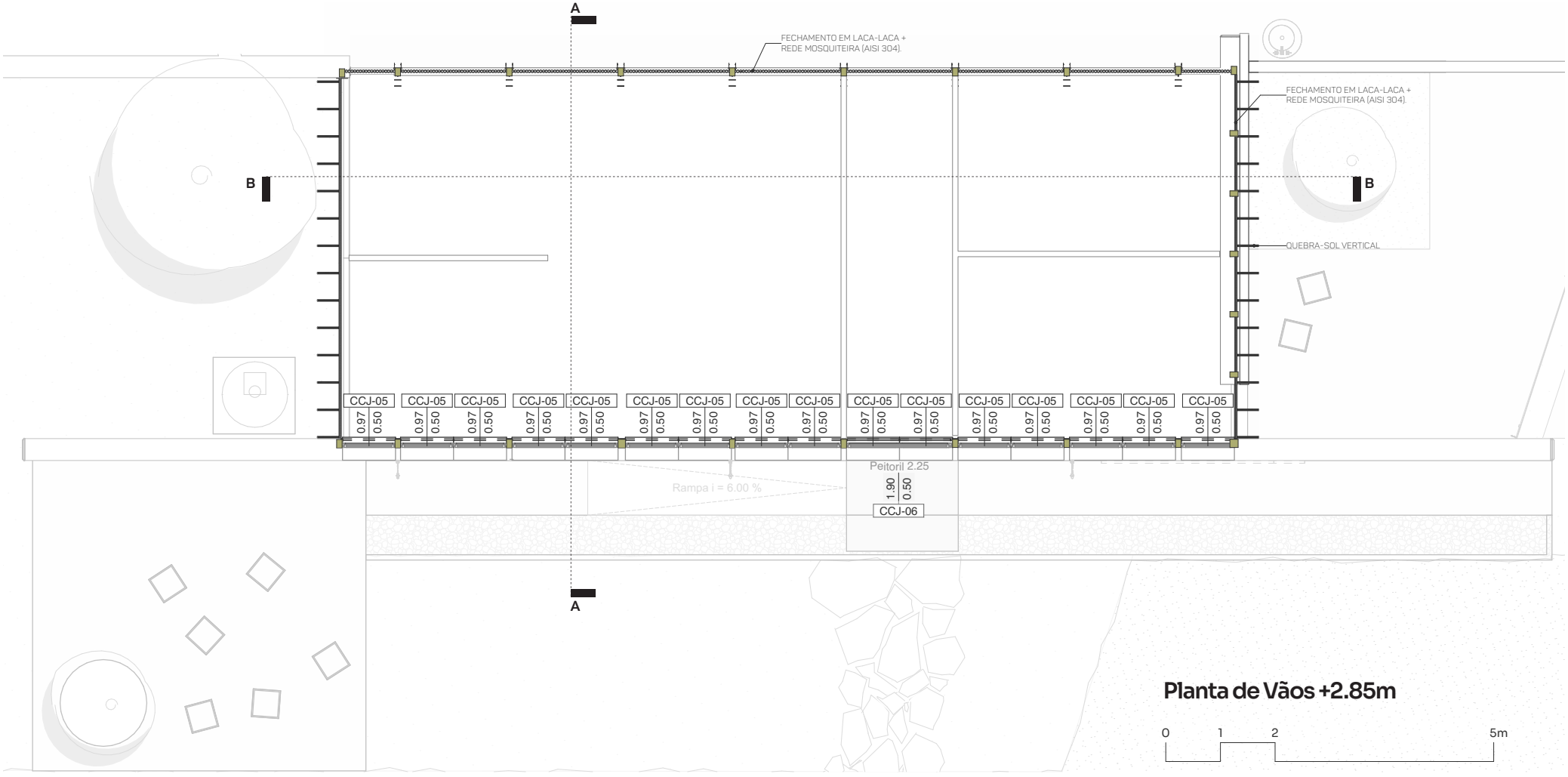
0 1 2 5m

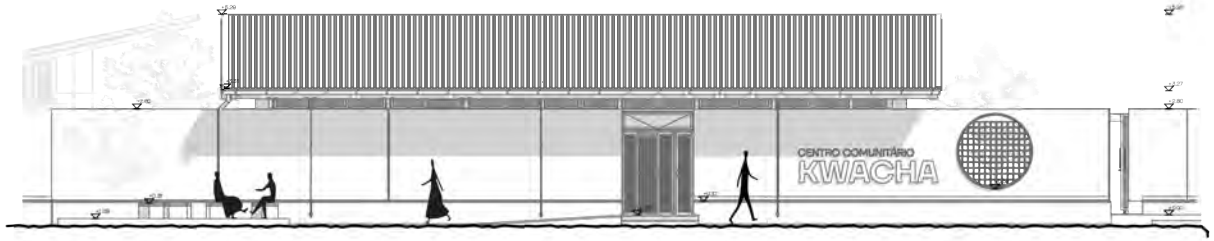


Planta de Cobertura

0 1 2 5m

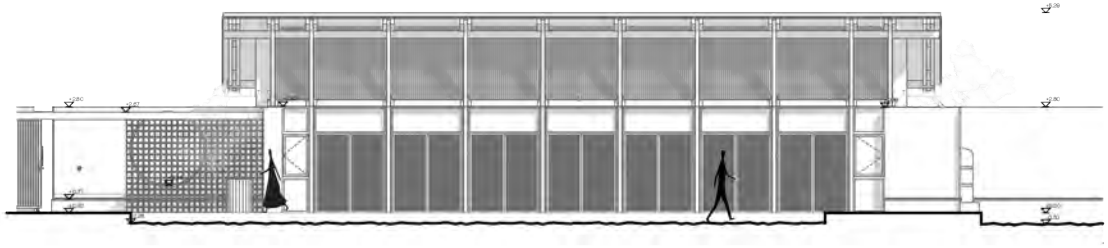

A
A
B
B
Peitoril 0.600
Peitoril 0.6
Peitoril -0.10
Peitoril 0.600
Peitoril 0.600
Peitoril 0.60
Peitoril 0.59
CCJ-02
CCP-02
CCG-01
CCJ-03
CCP-05
CCP-03
CCP-04
CCP-01
CCJ-01
CCJ-04
Rampa i = 6.00 %
Planta de Vãos +1.10m
0
1
2
5m


A
B
FECHAMENTO EM LACA-LACA + REDE MOSQUITEIRA (AISI 304).
FECHAMENTO EM LACA-LACA + REDE MOSQUITEIRA (AISI 304).
QUEBRA-SOL VERTICAL
CCJ-05
0.97
0.50
Peitoril 2.25
Rampa i = 6.00 %
1.90
0.50
CCJ-06
Planta de Vãos +2.85m
0
1
2
5m

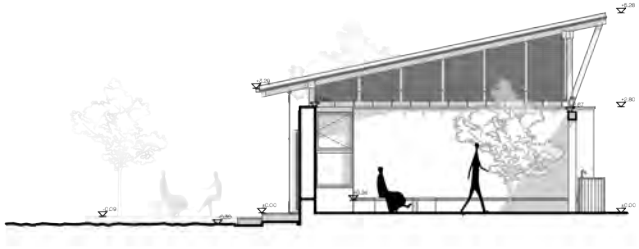


Alçado Frontal
ESC: 1/200

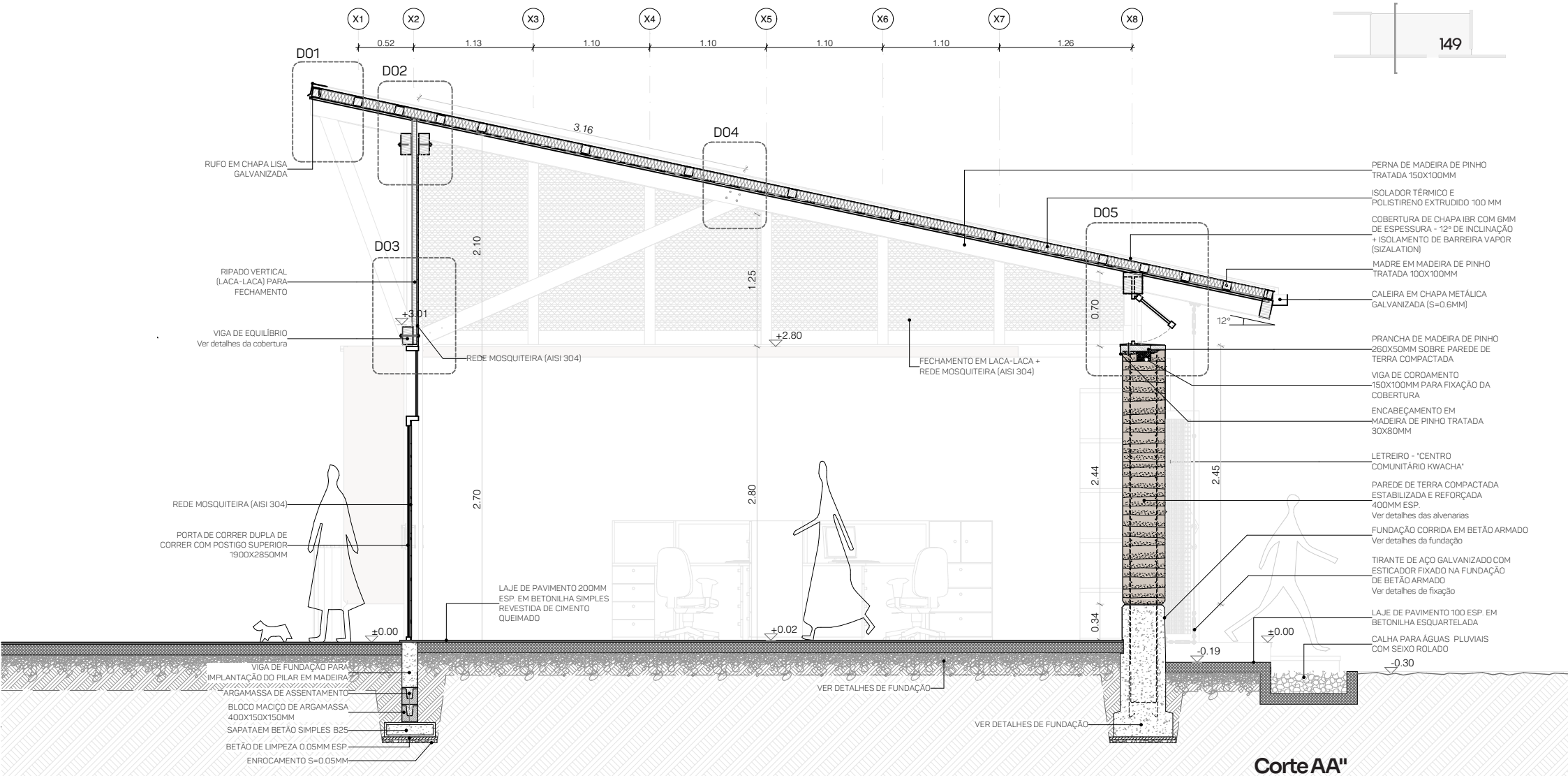
Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200



Alçado Posterior
ESC: 1/200

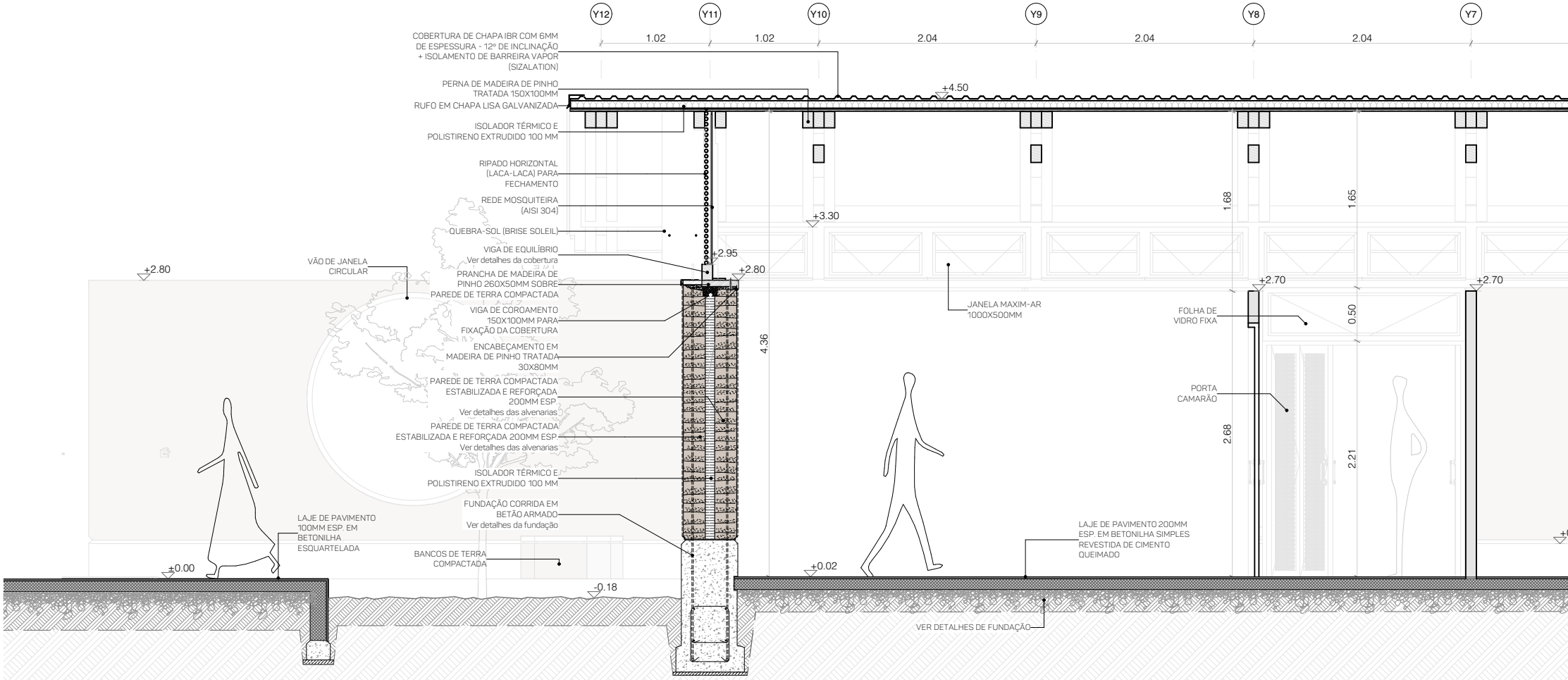


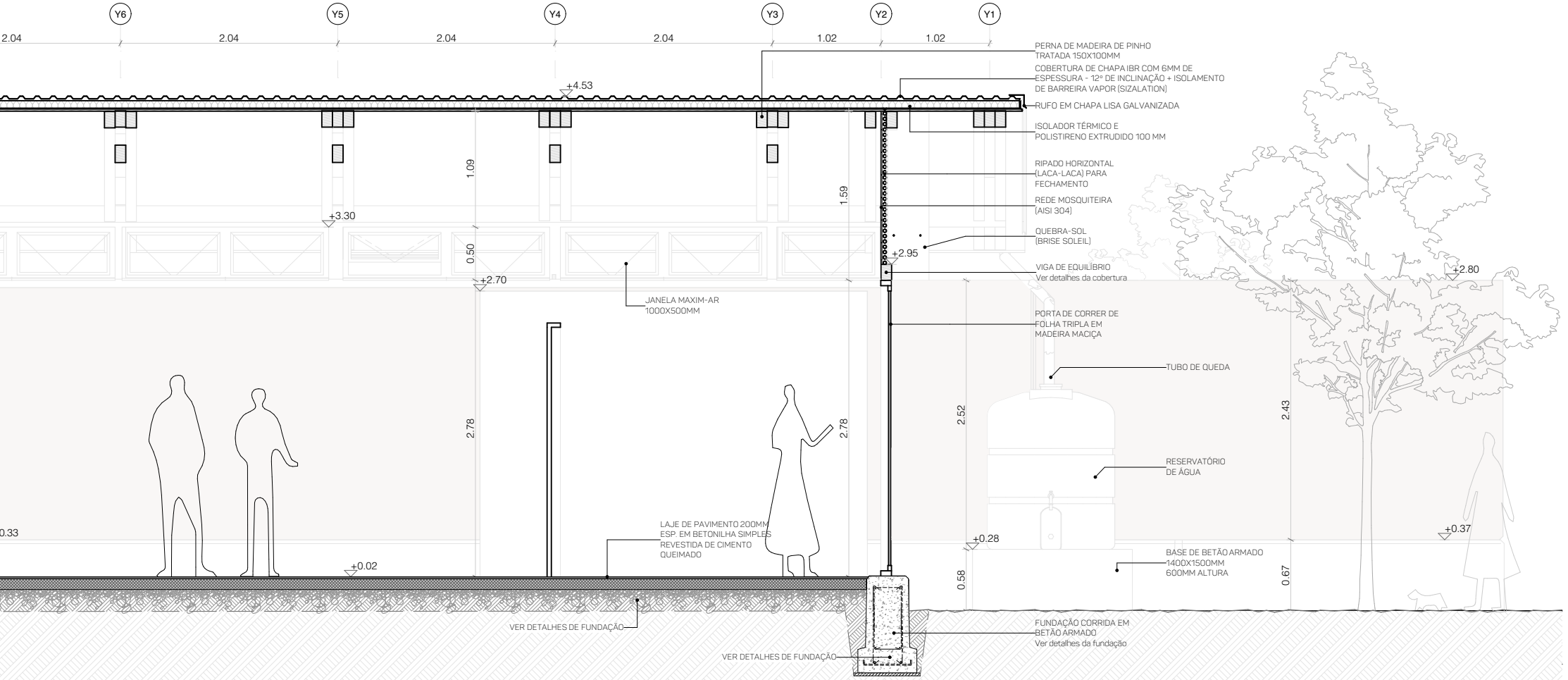
Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200



Corte AA"

ESC 1/50

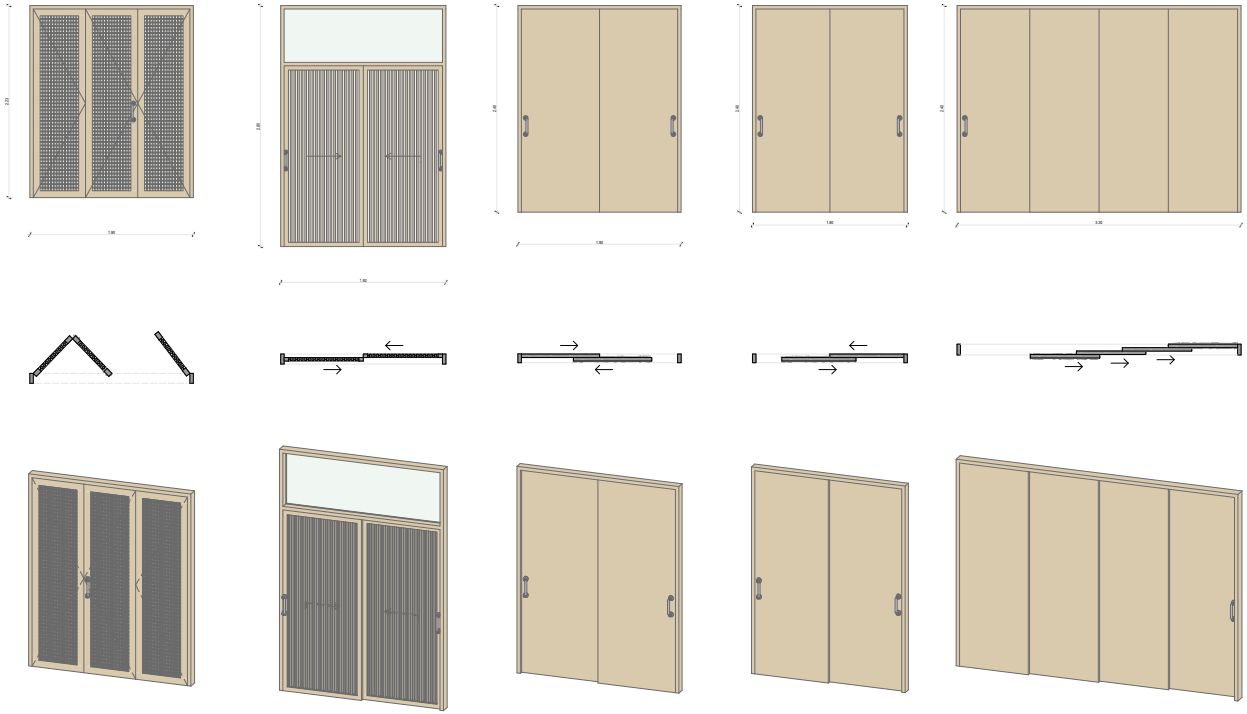

Y12
Y11
Y10
Y9
Y8
Y7
1.02
1.02
2.04
2.04
2.04
COBERTURA DE CHAPA IBR COM 6MM DE ESPESSURA - 12º DE INCLINAÇÃO + ISOLAMENTO DE BARREIRA VAPOR (SIZALATION)
PERNA DE MADEIRA DE PINHO TRATADA 150X100MM
RUFO EM CHAPA LISA GALVANIZADA
ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
RIPADO HORIZONTAL (LACA-LACA) PARA FECHAMENTO
REDE MOSQUITEIRA (AISI 304)
QUEBRA-SOL (BRISE SOLEIL)
VIGA DE EQUILÍBRIO
Ver detalhes da cobertura
PRANCHA DE MADEIRA DE PINHO 260X50MM SOBRE PAREDE DE TERRA COMPACTADA
VIGA DE COROAMENTO 150X100MM PARA FIXAÇÃO DA COBERTURA
ENCABEÇAMENTO EM MADEIRA DE PINHO TRATADA 30X80MM
PAREDE DE TERRA COMPACTADA ESTABILIZADA E REFORÇADA 200MM ESP.
Ver detalhes das alvenarias
PAREDE DE TERRA COMPACTADA ESTABILIZADA E REFORÇADA 200MM ESP.
Ver detalhes das alvenarias
ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
FUNDAÇÃO CORRIDA EM BETÃO ARMADO
Ver detalhes da fundação
BANCOS DE TERRA COMPACTADA
LAJE DE PAVIMENTO 100MM ESP. EM BETONILHA ESQUARTELADA
VÃO DE JANELA CIRCULAR
JANELA MAXIM-AR 1000X500MM
FOLHA DE VIDRO FIXA
PORTA CAMARÃO
LAJE DE PAVIMENTO 200MM ESP. EM BETONILHA SIMPLES REVESTIDA DE CIMENTO QUEIMADO
VER DETALHES DE FUNDAÇÃO
+4.50
+3.30
+2.95
+2.80
+2.80
+2.70
+2.70
+0.02
±0.00
-0.18
4.36
1.68
1.65
0.50
2.68
2.21



Corte BB"

ESC 1/50

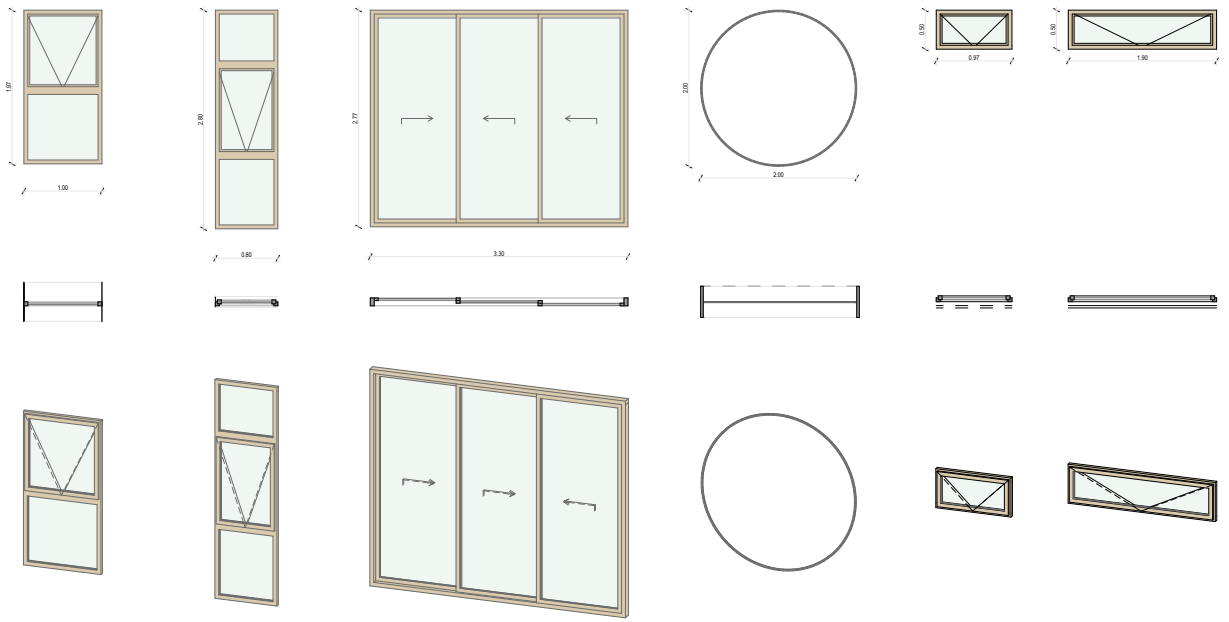
Mapa de Portas.



ID	CCP-01	CCP-02	CCP-03	CCP-04	CCP-05
Quantidade	1	7	1	1	1
Descrição	Porta Camarão (dobrável) com ripas de Folha Tripla em Madeira Maciça de Chanfuta	Porta de Correr com ripas de Folha Dupla em Madeira Maciça de Chanfuta com folha de vidro superior	Porta de Correr de Folha Dupla em Madeira Maciça de Chanfuta	Porta de Correr de Folha Dupla em Madeira Maciça de Chanfuta	Porta de Correr de Folha Tripla em Madeira Maciça de Chanfuta
Acabamento	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha

Admnistração

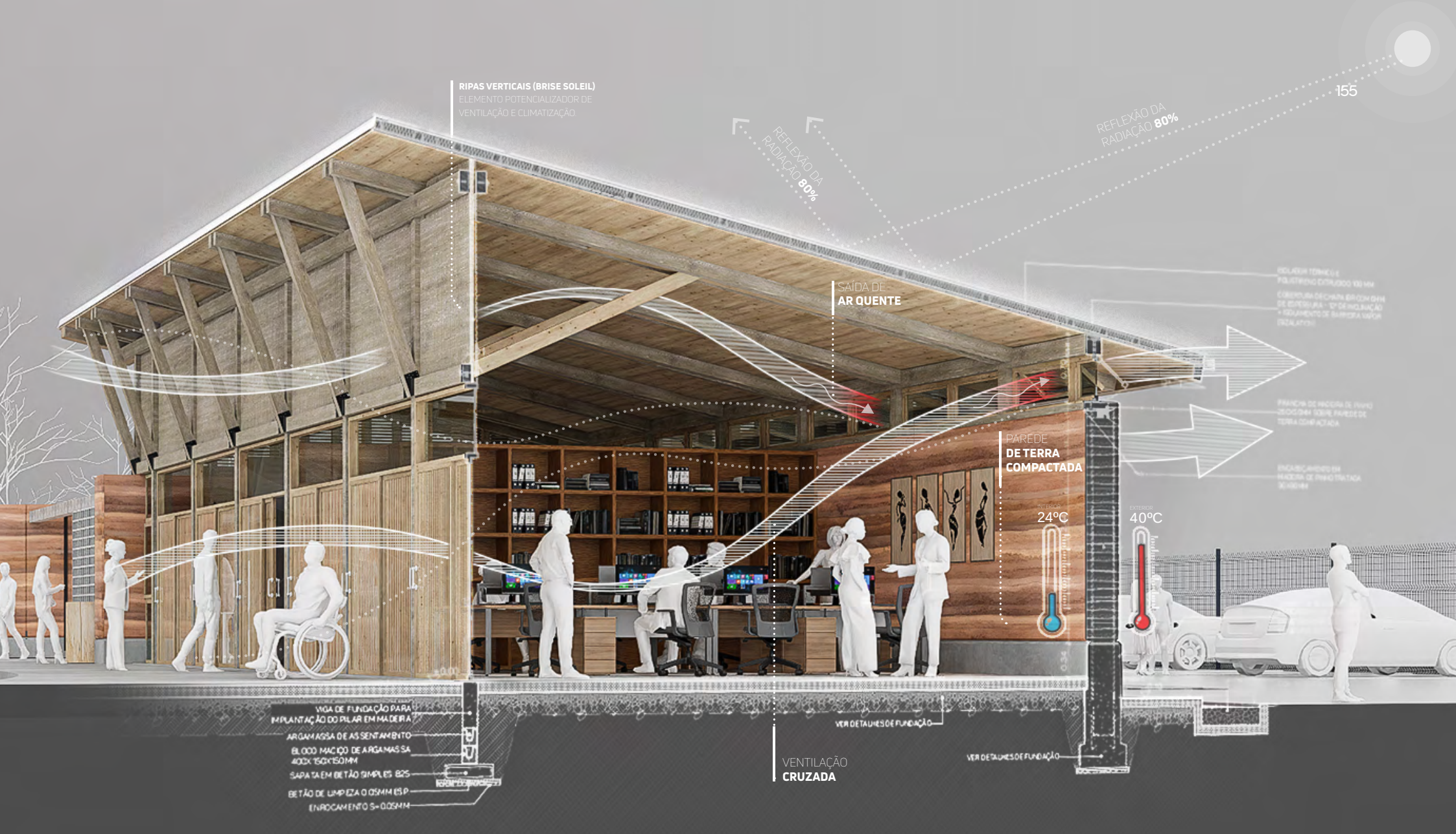
Mapa de Janelas.

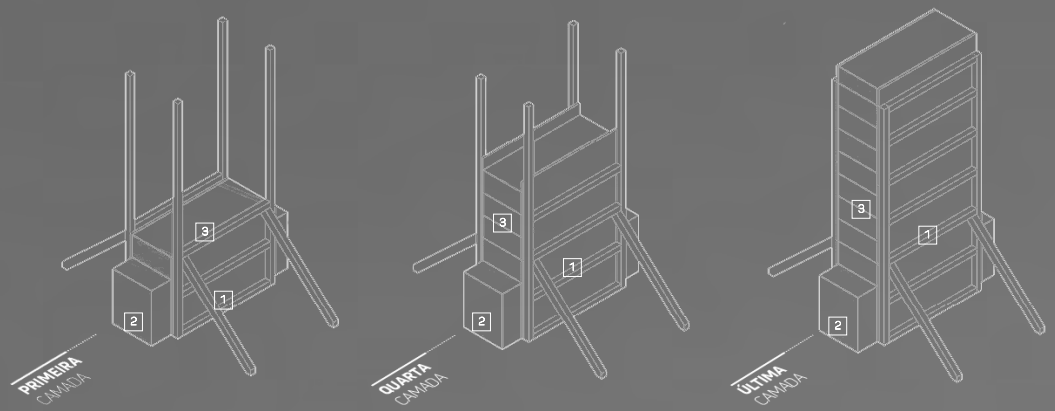


ID	CCJ-01	CCJ-02	CCJ-03	CCJ-04	CCJ-05	CCJ-06
Quantidade	1	2	2	1	16	1
Descrição	Janela Maxim-ar com duas folhas (inferior fixa e superior móvel) em madeira maciça de Chanfuta	Janela Maxim-ar com três folhas (uma movél) em madeira maciça de Chanfuta	Janela de Correr Tripla Deslizante com três folhas em madeira maciça de Chanfuta	Vão Circular - Estrutura arredondada em madeira maciça de Chanfuta	Janela Maxim-ar com uma folha em madeira maciça de Chanfuta	Janela Maxim-ar com uma folha em madeira maciça de Chanfuta
Acabamento	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha	Pintura e envernizamento a 3 demãos de tinta esmalte Castanha

Admnistração

Estratégias Passivas.


RIPAS VERTICAIS (BRISE SOLEIL)
ELEMENTO POTENCIALIZADOR DE VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO.
REFLEXÃO DA RADIAÇÃO 80%
REFLEXÃO DA RADIAÇÃO 80%
SAÍDA DE AR QUENTE
PAREDE DE TERRA COMPACTADA
INTERIOR 24ºC
EXTERIOR 40ºC
VIGA DE FUNDAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DO PILAR EM MADEIRA
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
BLOCO MACIÇO DE ARGAMASSA 400X150X150MM
SAPATA EM BETÃO SIMPLES B25
BETÃO DE LIMPEZA 0.05MM ESP.
ENROCAMENTO S=0.05MM
VER DETALHES DE FUNDAÇÃO
VER DETALHES DE FUNDAÇÃO
VENTILAÇÃO CRUZADA



1 COFRAGEM TRADICIONAL: PAINÉIS DE CONTRAPLACADO
2 FUNDAÇÃO EM BETÃO ARMADO
3 PAREDE DE TERRA COMPACTADA

Admnistração

Processo Construtivo.

Autor

Da terra nasce a estrutura, unindo tradição e inovação em harmonia com o ambiente...

A BASE DO EDIFÍCIO

Fundações

As fundações serão diretas, do tipo corrido, executadas em betão armado, projetadas para suportar e distribuir uniformemente as cargas das paredes de terra compactada e do pavimento sobre o leito das fundações. Os trabalhos necessários para a conclusão das fundações

1. Escavação manual para abertura de valas das fundações corridas, incluindo remoção de terras e transporte para local apropriado;
2. Preparação da base das valas, com nivelamento e compactação do terreno natural para garantir estabilidade; Lançamento do betão magro na base das valas, ao traço 1:4:8, como camada de regularização para assentamento da fundação principal;
3. Montagem da armadura em aço, de acordo com o projeto estrutural, para reforço do betão armado;
4. Concretagem da fundação corrida, utilizando betão armado ao traço especificado (ex.: 1:2:3), garantindo o preenchimento uniforme e adequado da seção projetada;
5. Impermeabilização da fundação após a cura inicial do betão, aplicando produtos hidrofugantes na superfície superior, para prevenir a subida capilar de humidade e proteger as paredes de terra compactada; Reaterro e compactação manual das valas ao redor da fundação, utilizando material adequado e compactado em camadas de 100 mm.

Este método assegura a durabilidade e resistência das fundações, proporcionando uma base estável e eficiente para as paredes de terra compactada.

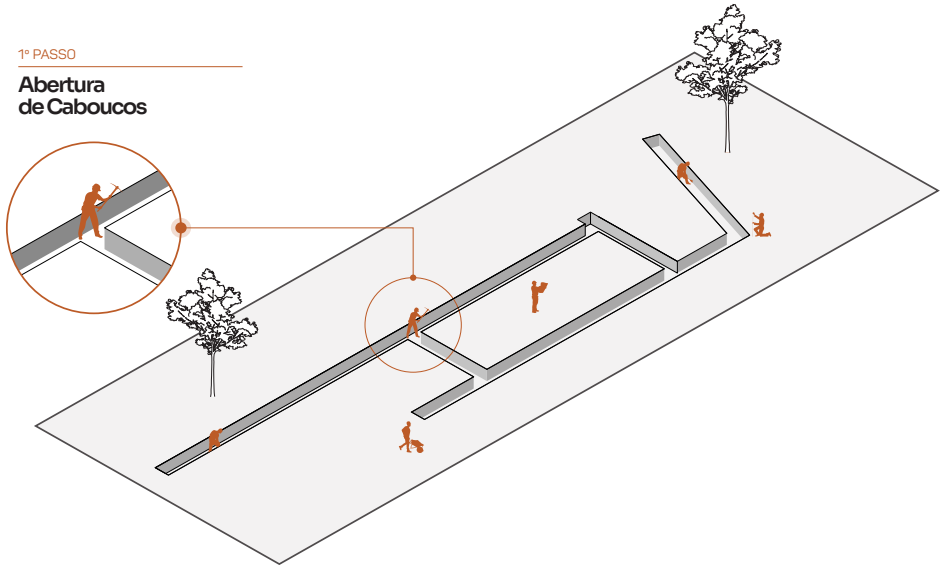


Fig. 117 – Processo de Abertura de Caboucos
Fonte: Autor

2º PASSO

Montagem da Armadura em Aço

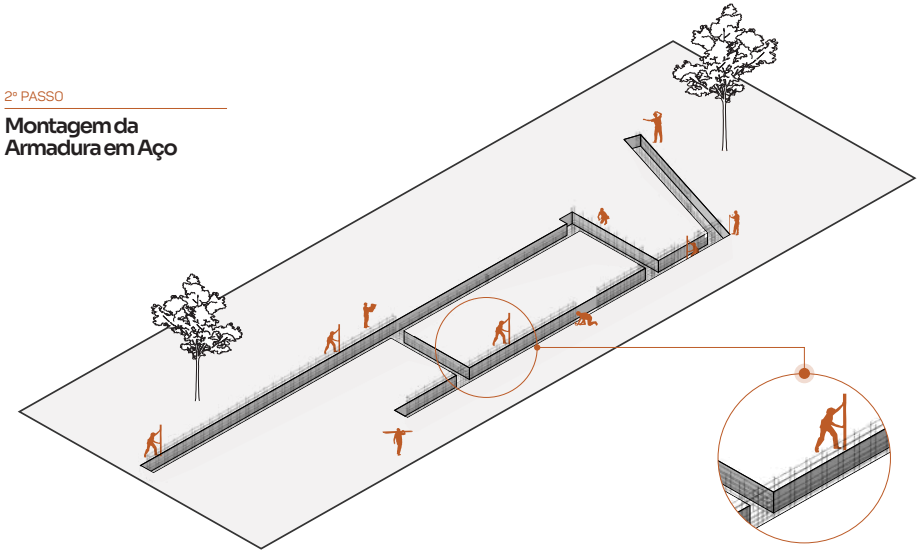


Fig. 118 – Processo de Montagem da Armadura
Fonte: Autor

3º PASSO

Betonagem das Fundações corridas

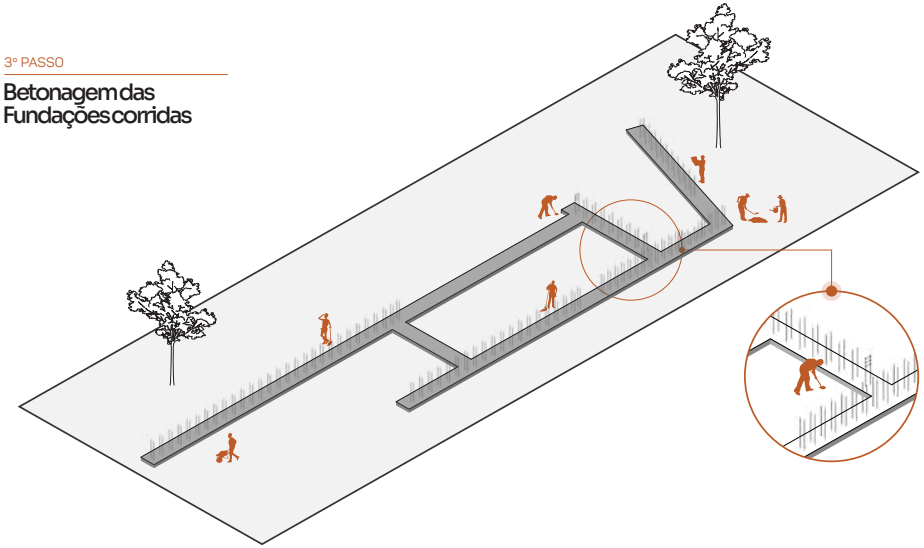


Fig. 119 – Processo de Betonagem
Fonte: Autor

O FECHAMENTO

Paredes

As paredes serão em Terra Compactada, técnica esta de construção monolítica que mistura terra e cimento e depois segue-se a compactação dessa mistura num taipal (cofragem de madeira) e, a mistura de terra é feita ao traço 1:25 em volumes de cimento e areia vermelha.

Os trabalhos a serem feitos para a execução desta alvenaria são:

1. Preparação e Execução da mistura de terra e cimento ao traço 1:25 em volumes de cimento e areia vermelha;
2. Preparação e Montagem de chapas de compensado Naval-Resinada de cofragem para execução da alvenaria, em chapas de 1,500 mm de altura, e de 2,000 mm de comprimento, incluindo todos os componentes para seu funcionamento;
3. Aplicação e Compactação da terra misturada com cimento na cofragem até a altura da viga, executada em camadas de 200 mm;
4. Colocação prévia da esquadria da caixilharia (portas e janelas) e montagem dos chumbadores para fixação das Portas e Janelas;
5. Preparação e Montagem da cofragem para execução da viga de reforço.

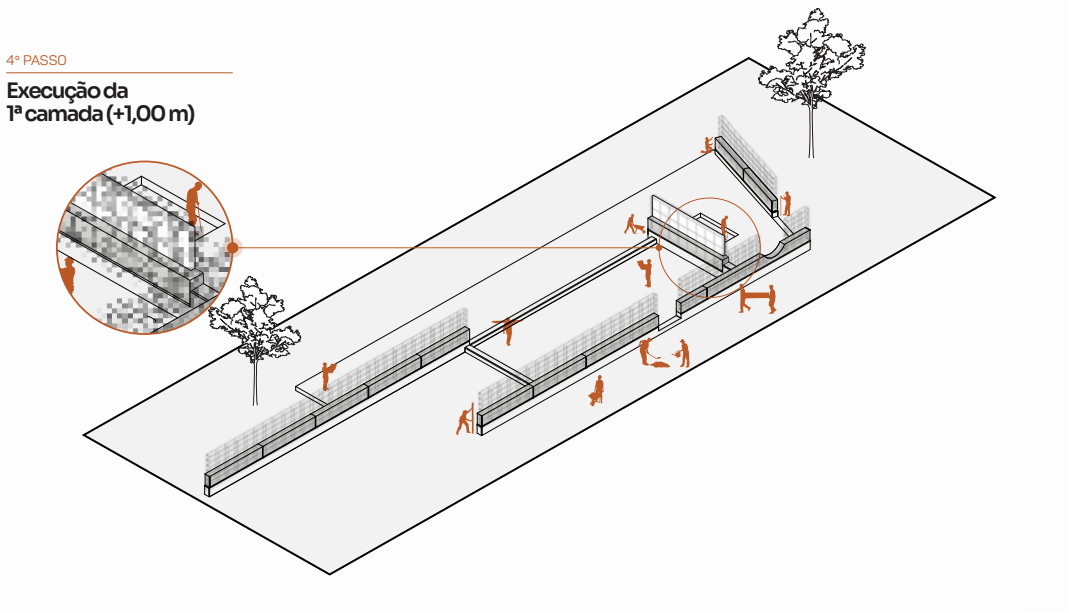


Fig. 120 – Compactação da Primeira Camada até 1.0 metros
Fonte: Autor

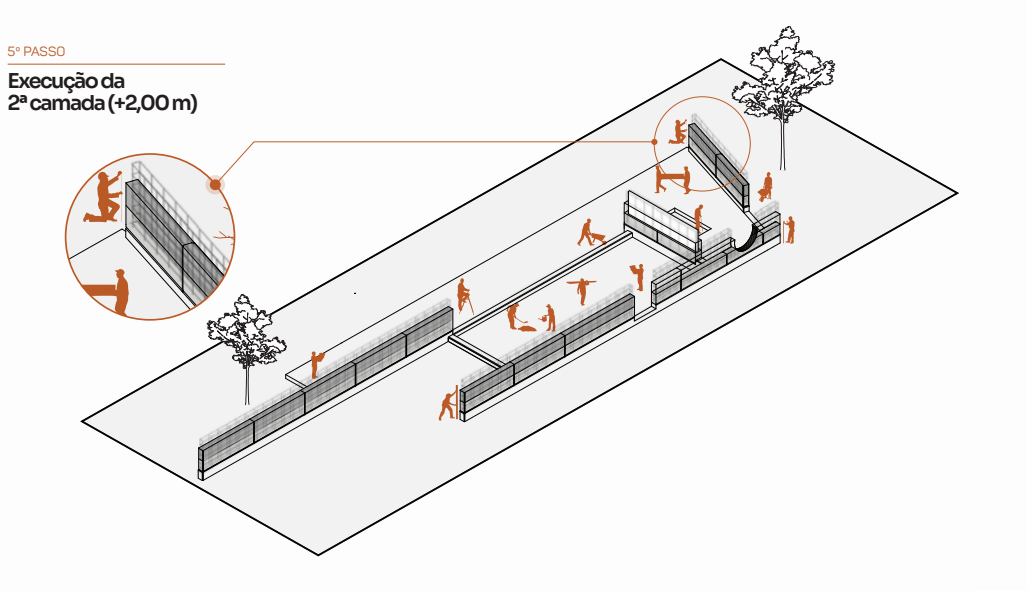


Fig. 121 – Compactação da Primeira Camada até 2.0 metros
Fonte: Autor

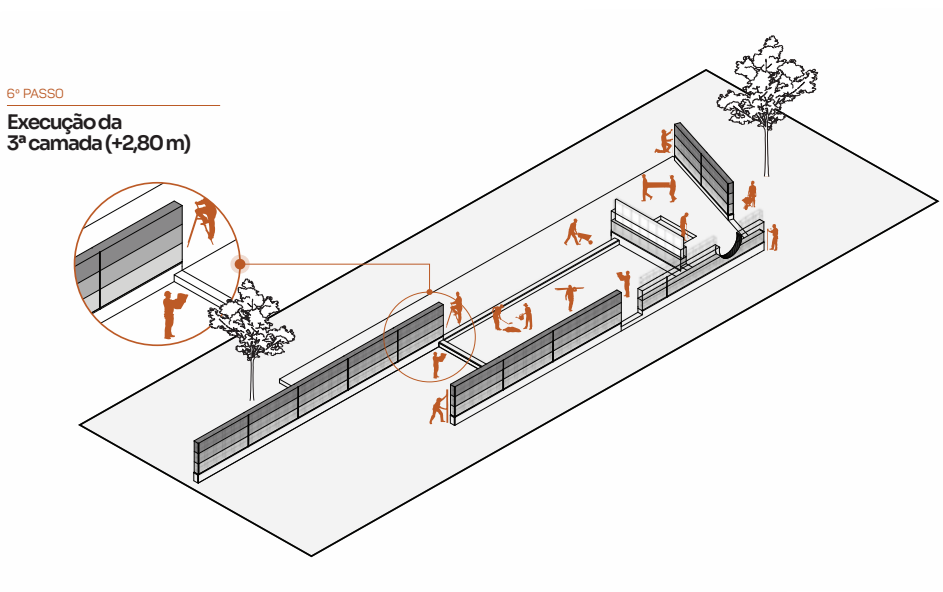


Fig. 122 – Compactação da Última Camada até 2.80 metros
Fonte: Autor

O PISO E VÃOS

Pavimento e Caixilharia

As Portas e Janelas serão construídas em obra, pela equipa de Marceneiros e chumbadas nas nos pilares de madeira. O Pavimento consiste numa estrutura contínua de betão assente em camadas de areia e enrocamento em pedras medianas.

Os trabalhos são:

1. Reposição e Compactação de fina (local), S=700 mm;
2. Enchimento e Compactação de areia vermelha (saibro), S=400 mm;
3. Enchimento e Compactação de enrocamento em pedra mediana, S=40 mm;
4. Enchimento e Compactação de areia fina, S=30 mm;
5. Fornecimento e assentamento da tela plástica sobre o enrocamento bem compactado e regado para impermeabilização do pavimento;
6. Construção e Montagem de conectores (chumbadores) metálicos para fixação dos pilares de madeira da estrutura da cobertura, incluindo todas ferragens necessárias;
7. Fornecimento e aplicação de betonilha esquartelada, queimada a colher de pedreiro, para pavimentos exteriores e internos, espessura de 200 mm, em argamassa ao traço de 1:5, em volumes de cimento e areia;
8. Construção e Montagem de Portas e Janelas em madeira maciça, incluindo aro e todas ferragens necessárias para o devido funcionamento (Ver detalhes de Caixilharia);

7º PASSO

Enchimento dos Pavimentos, Rampas e Escadas

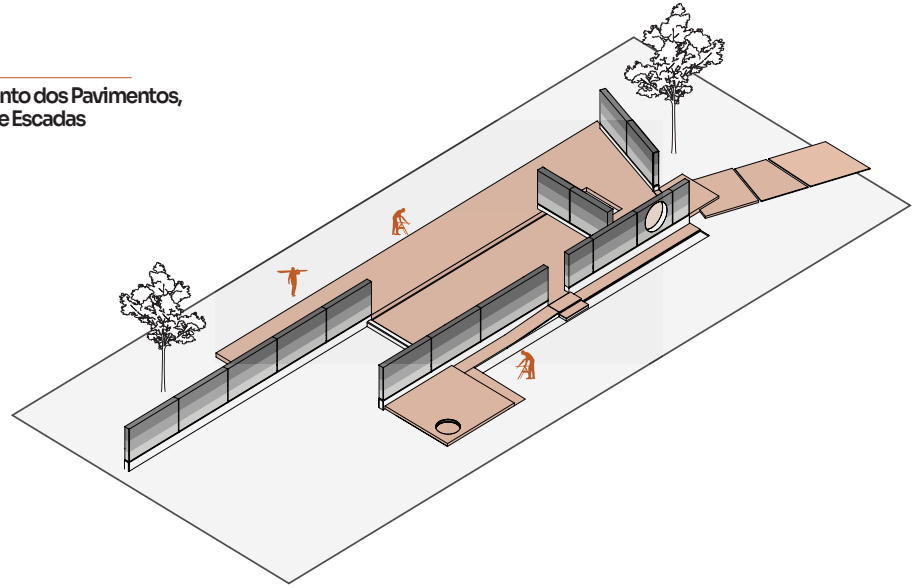


Fig. 123 – Enchimento do Pavimento, Rampas e Escadas
Fonte: Autor

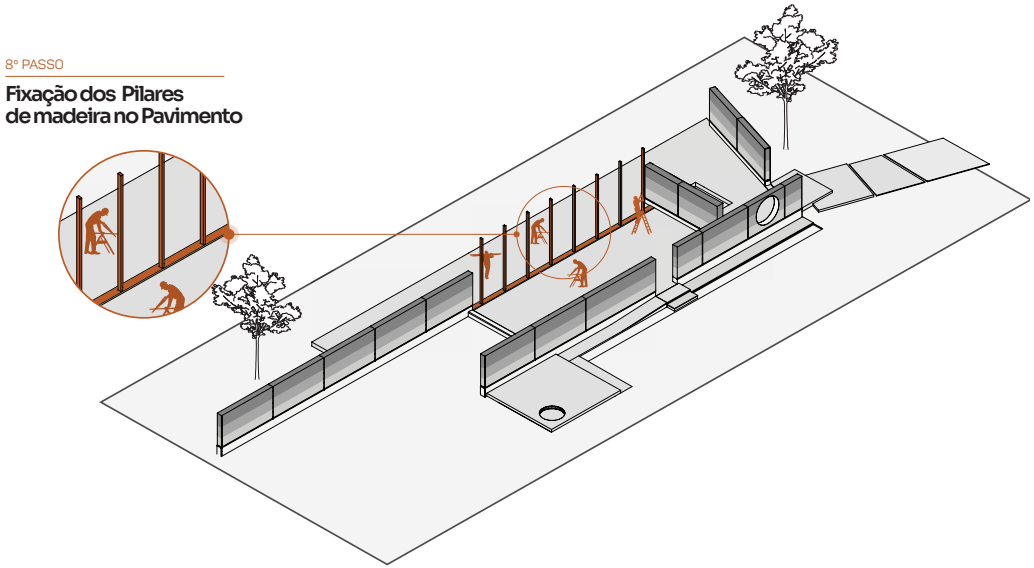


Fig. 124 – Processo de fixação dos pilares de Madeira no pavimento
Fonte: Autor

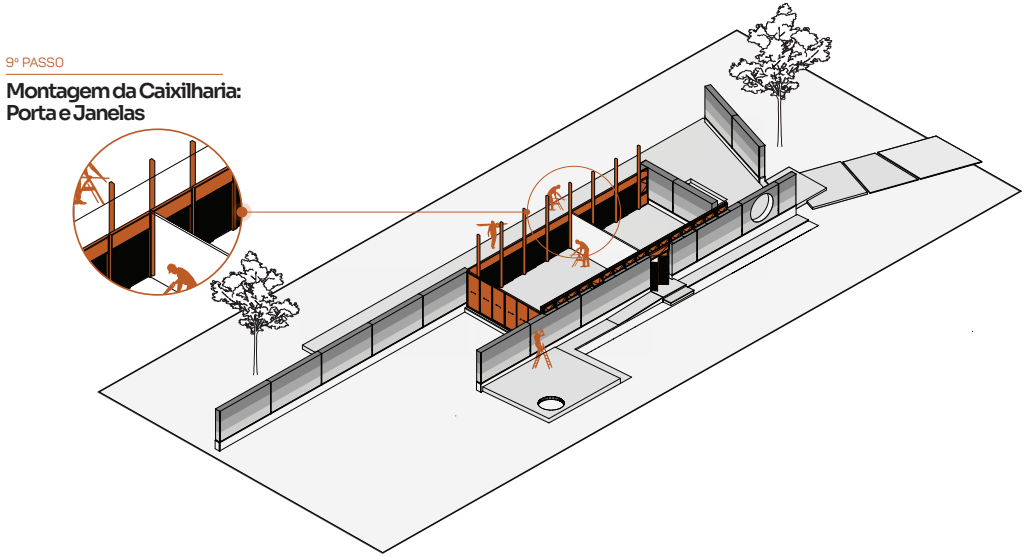


Fig. 125 – Processo de Montagem da Caixilharia
Fonte: Autor

O ESQUELETO DO EDIFÍCIO

Estrutura da Cobertura

A estrutura da cobertura é independente das paredes, ou seja, os pilares recebem as cargas da cobertura e encaminham para pequenas sapatas isoladas. A estrutura é feita em tábuas de madeira, material de simples manutenção e resistente.

Os trabalhos necessários são:

1. Construção e Montagem das Braas de equilíbrio, asnas e pernas de madeira da estrutura da cobertura, incluindo todas as ferragens de afixação e ligações;
2. Preparação e Montagem das Madres e Terças longitudinais de madeira (barrotes), incluindo todas as ferragens de afixação e ligações.
3. Preparação e Montagem do Brise Soleil (Quebrassol), Tirantes e Lacalaca para fechamento perimetral, incluindo todos acessórios para sua fixação;

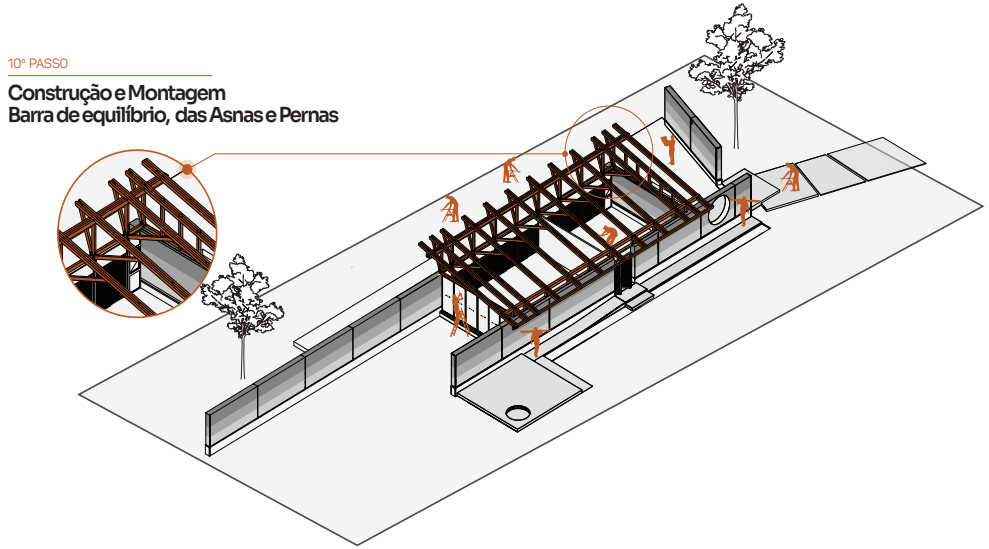


Fig. 126 – Início de montagem da estrutura da cobertura
Fonte: Autor

11º PASSO

Construção e Montagem Das Madres, barrotes e terças

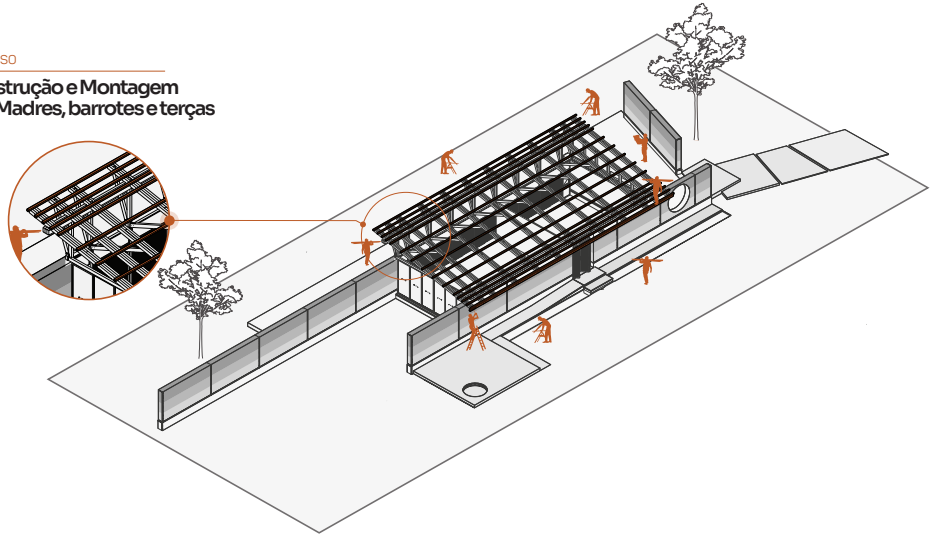


Fig. 127 – Finalização da montagem da estrutura da cobertura
Fonte: Autor

12º PASSO

Montagem de Brise-soleil, Tirantes e Laca-laca para fechamento perimetral

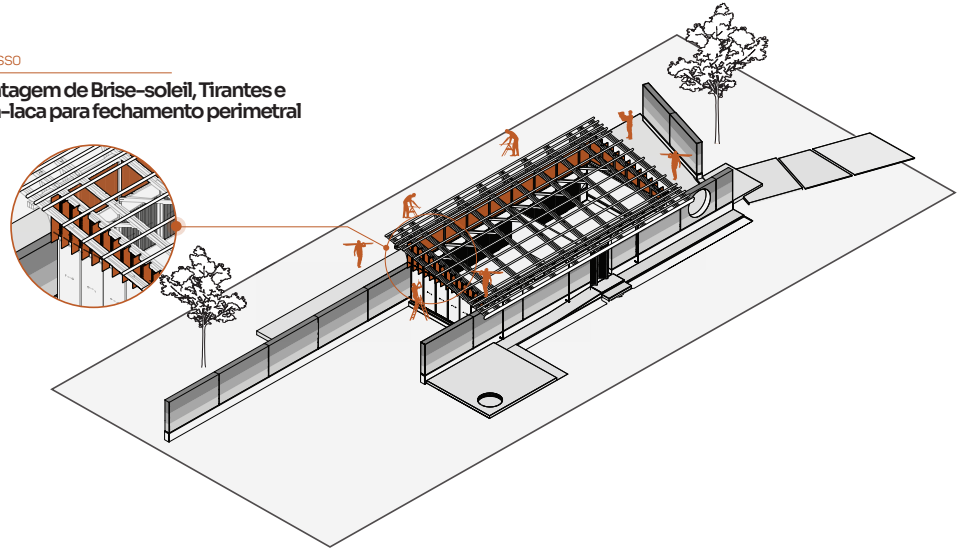


Fig. 128 – Processo de Montagem do quebrassol, dos tirantes, e laca-laca para fechamento perimetral.
Fonte: Autor

O CHAPÉU

Cobertura

A cobertura é de “uma água” para afixação de painéis solares. Esta cobertura inclinada permite uma colecta eficiente das águas pluviais e potencia a iluminação e ventilação natural através do vão entre a cobertura e as paredes. O fechamento perimetral é feito em paus de laca-laca, o tecto é feito em contraplacado, materiais locais que garantem um bom isolamento térmico e acústico. A caleira colecta as águas pluviais e armazena numa cisterna enterrada.

Os principais trabalhos são:

1. Construção e Montagem de Cobertura em palha dos corredores laterais e Tecto falso em contraplacado, incluindo todos acessórios para sua fixação;
2. Construção e Montagem da Caleira metálica para a colecta de águas pluviais a armazenar nas Cisternas, incluindo todos acessórios para a sua montagem;
3. Fornecimento e Montagem de tubo PVC, diâmetro 110mm de descarga para a Tanque de Água sobre base de Betão, inlcuindo todos acessórios de montagem e fixação.
4. Fornecimento e Montagem das Chapas tipo IBR.

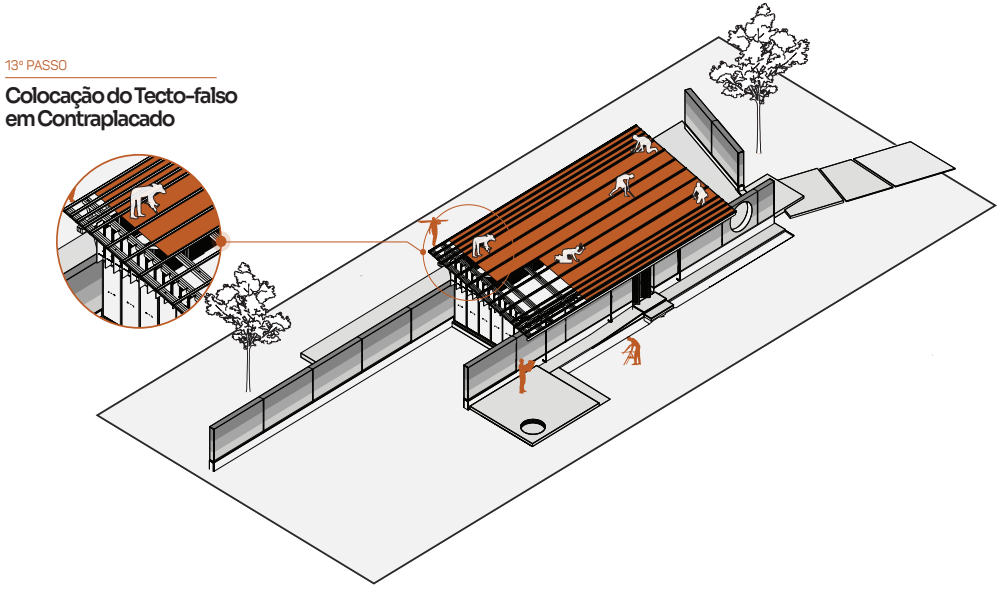


Fig. 129 – Início de montagem do Tecto Falso em contraplacado
Fonte: Autor

14º PASSO

Montagem da Caleira Metálica

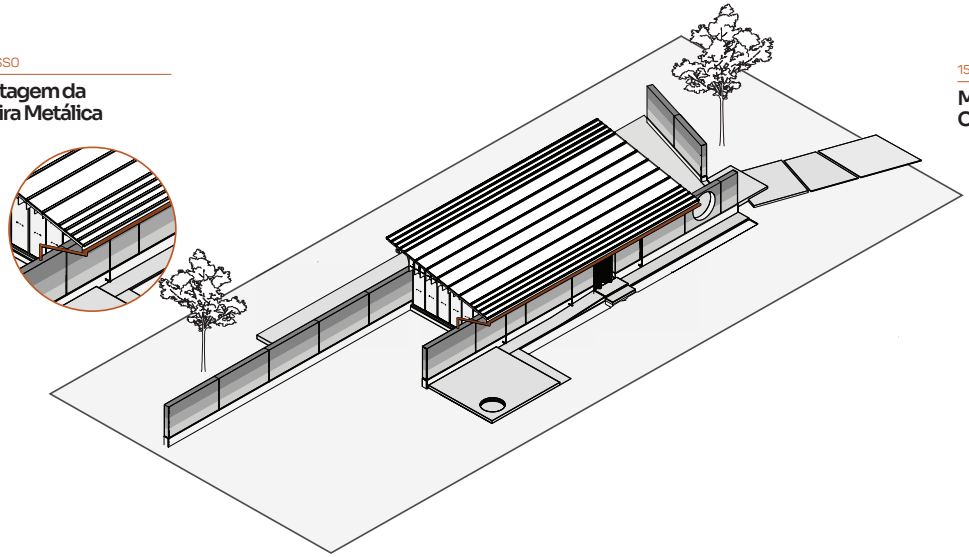


Fig. 130 – Montagem da caleira metálica
Fonte: Autor

15º PASSO

Montagem das Chapas Metálicas IBR

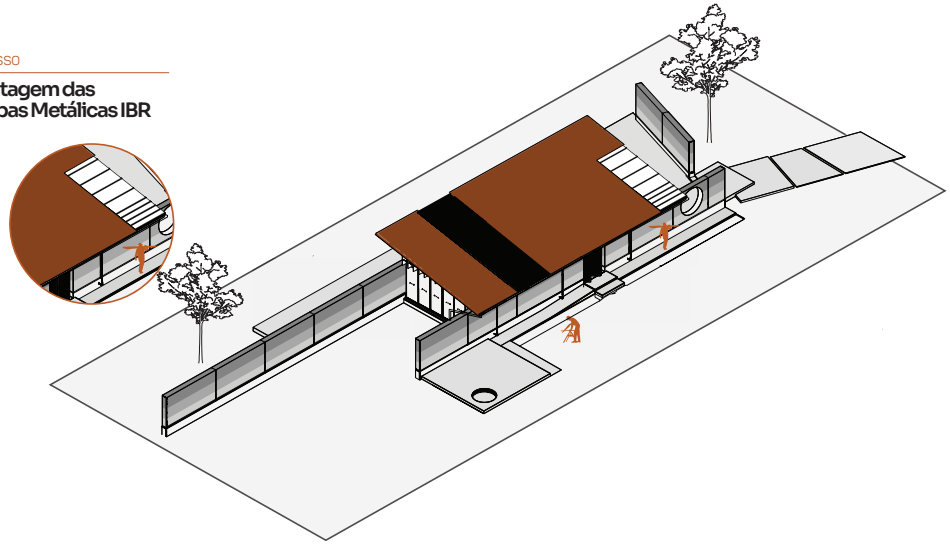


Fig. 131 – Processo de Montagem das Chapas IBR
Fonte: Autor

Fig. 132 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

Fig. 133 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

Fig. 134 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

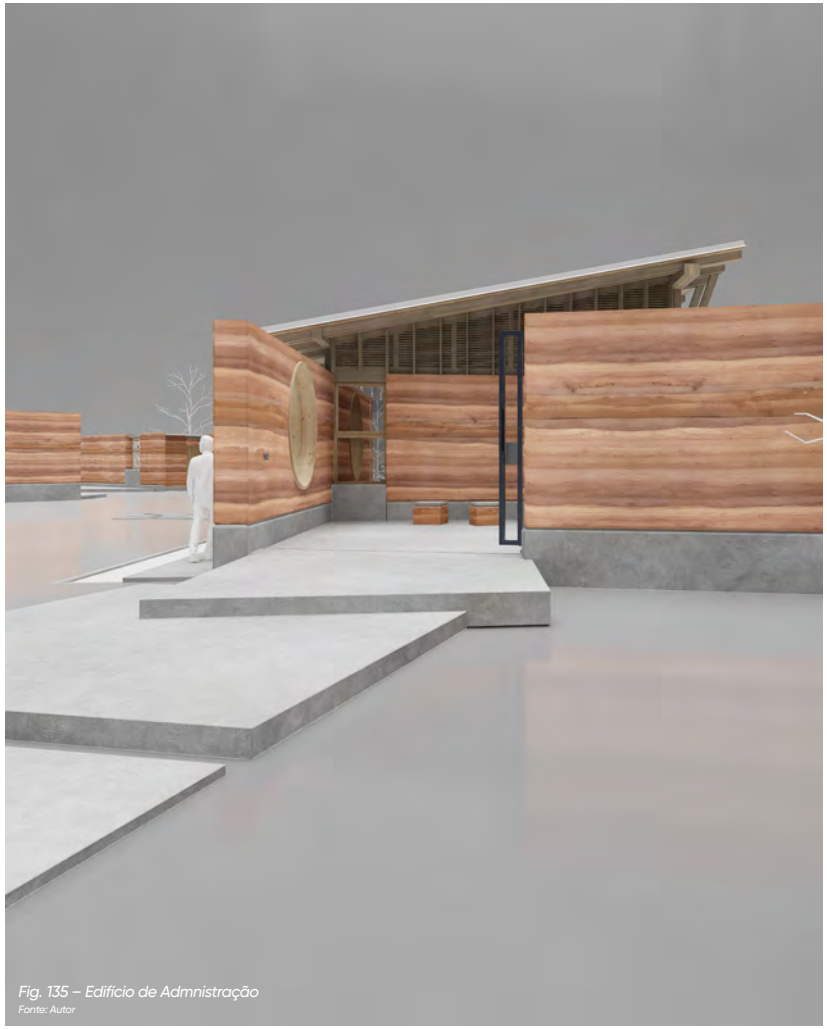
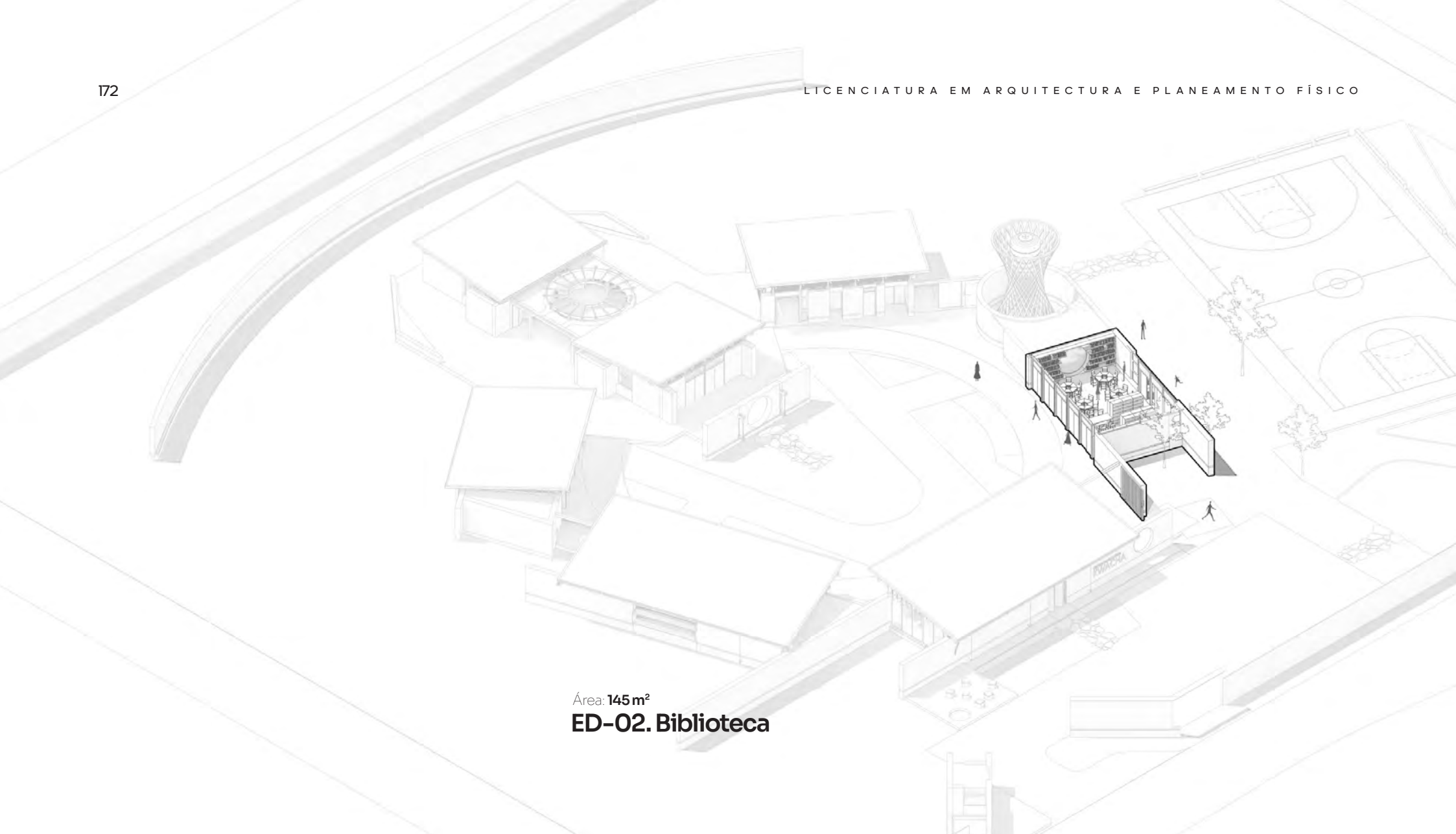


Fig. 135 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

Fig. 136 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

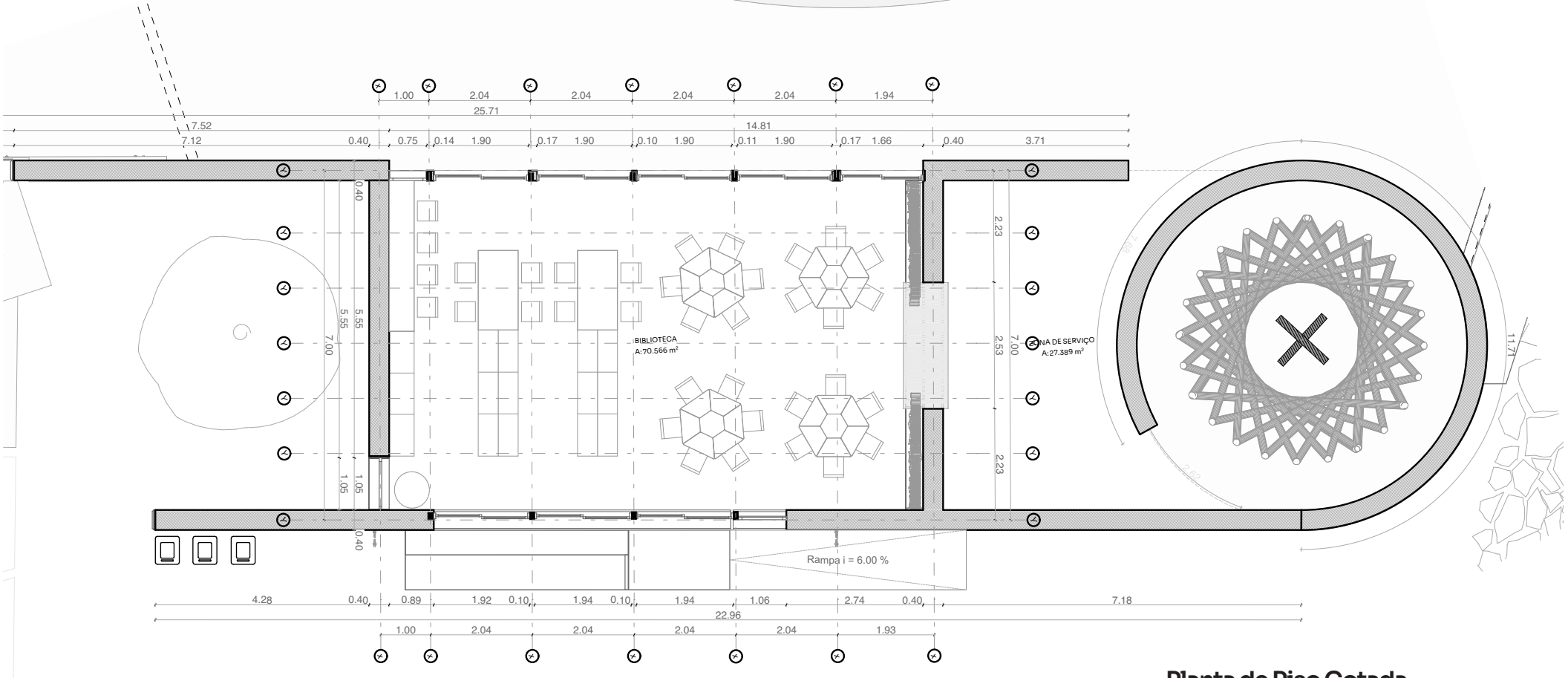
Fig. 137 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor

Fig. 138 – Edifício de Admnistração
Fonte: Autor



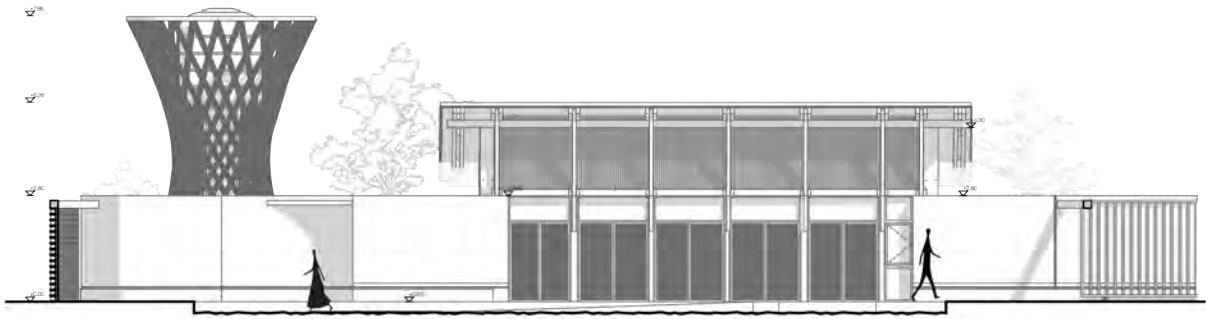
Área: **145 m²**

ED-02. Biblioteca

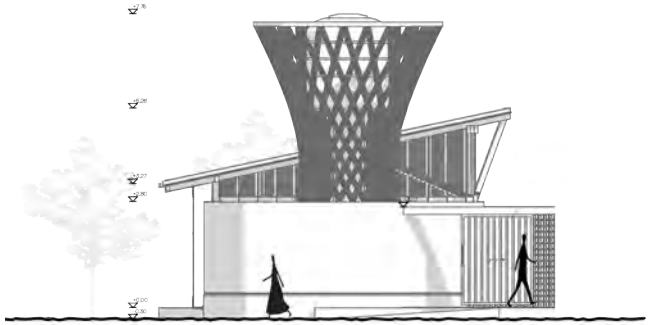


Planta de Piso Cotada

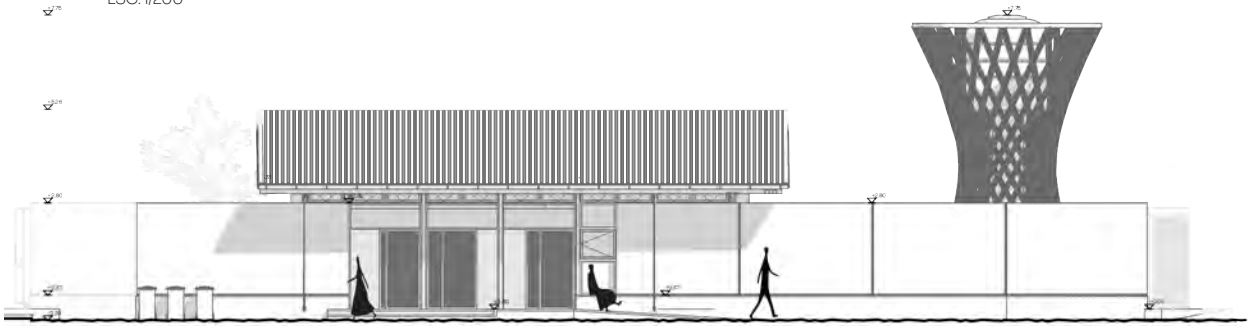
0 1 2 5m



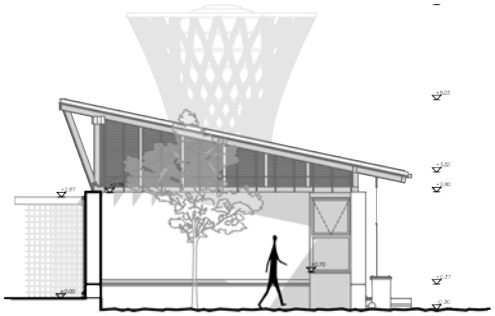
Alçado Frontal
ESC: 1/200



Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200



Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200

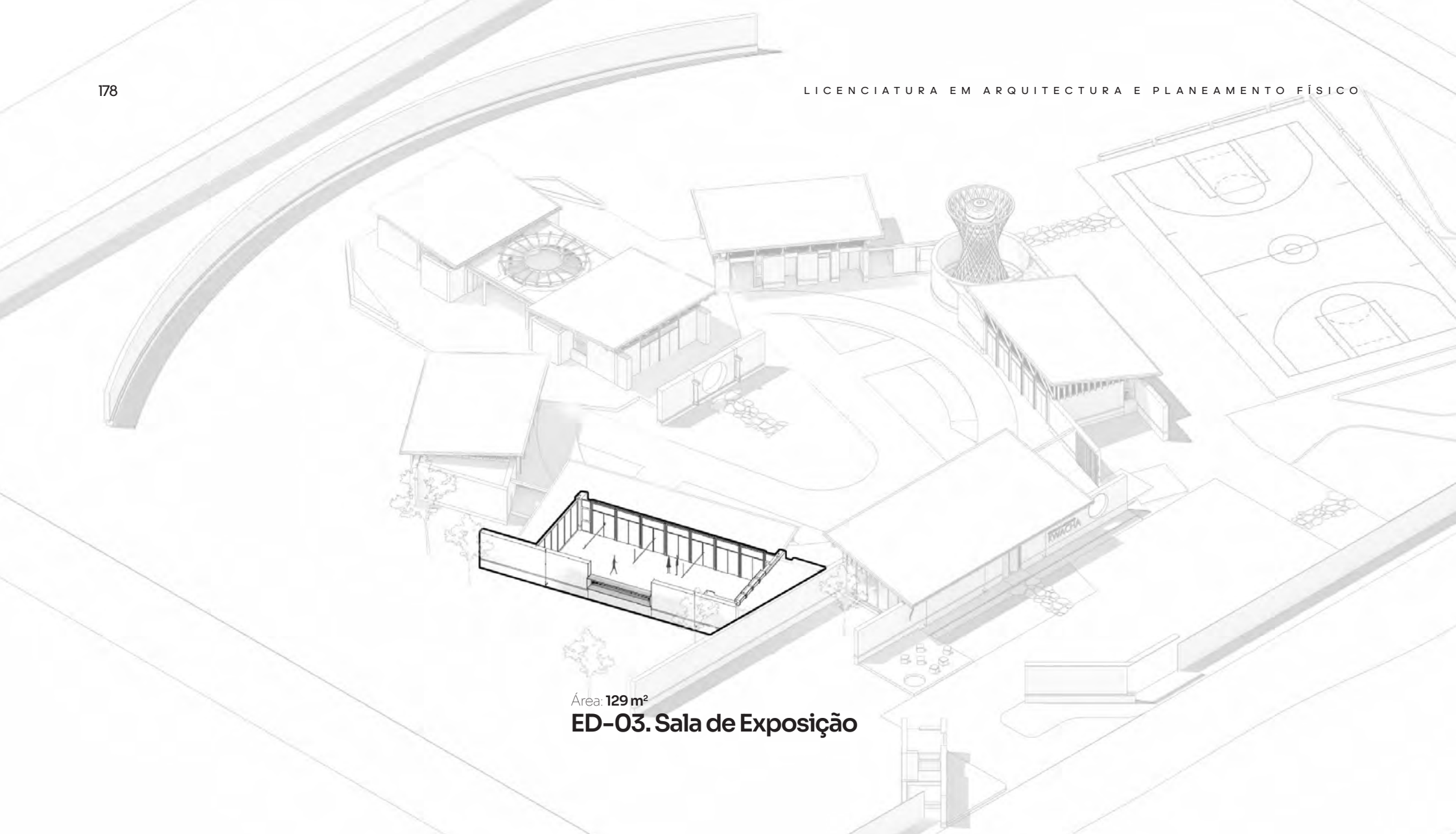
Fig. 139 – Edifício da Biblioteca
Fonte: Autor

Fig. 140 – Edifício da Biblioteca
Fonte: Autor

Fig. 141 – Edifício da Biblioteca
Fonte: Autor

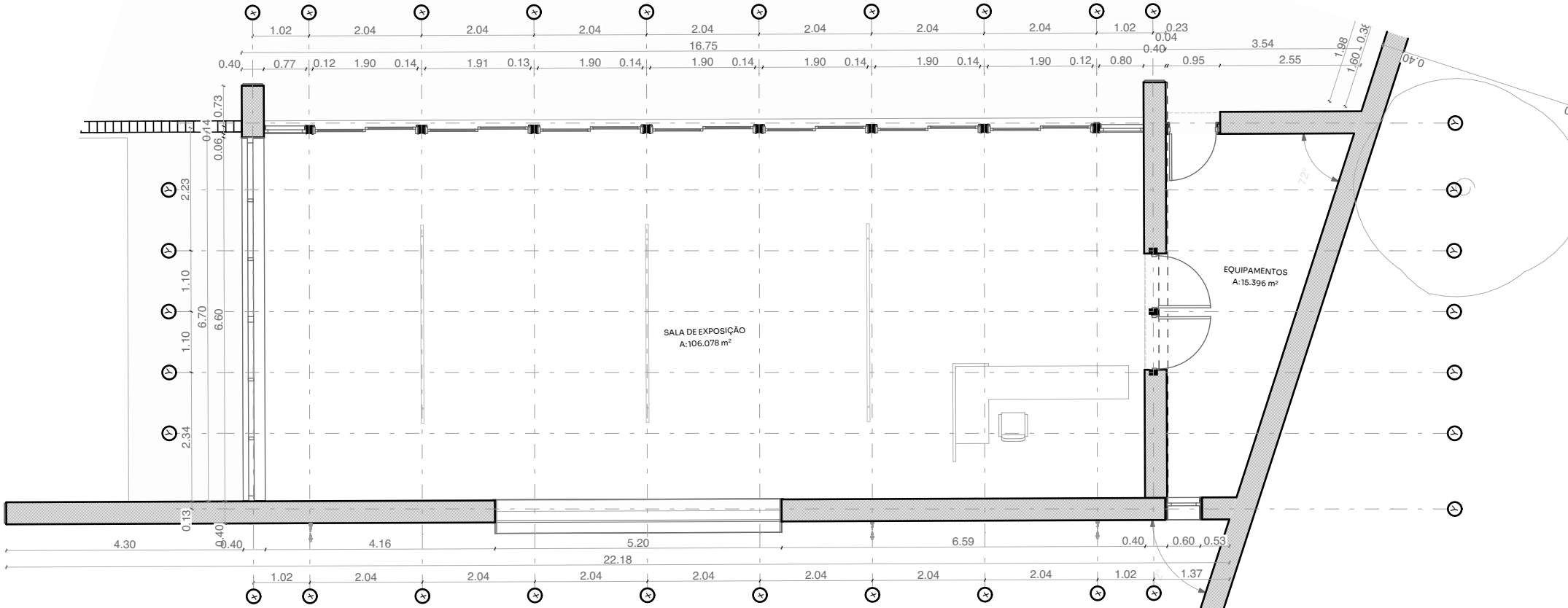
Fig. 142 – Edifício da Biblioteca
Fonte: Autor

Fig. 143 – Edifício da Biblioteca
Fonte: Autor



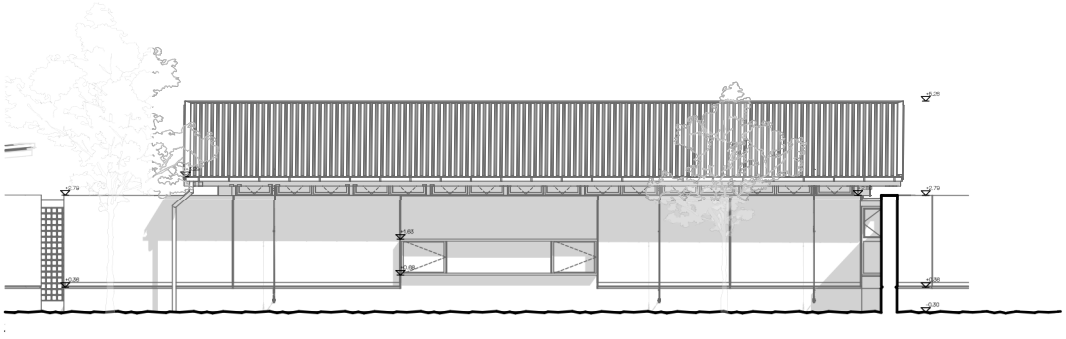
Área: **129 m²**

ED-03. Sala de Exposição

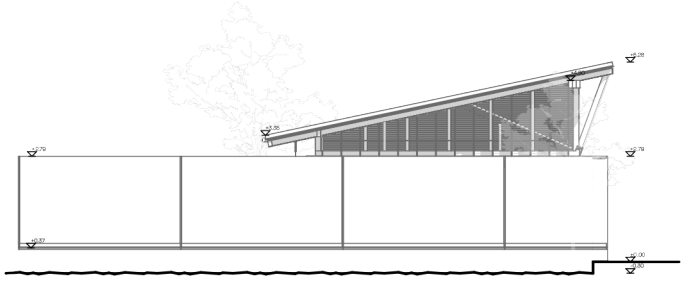


Planta de Piso Cotada

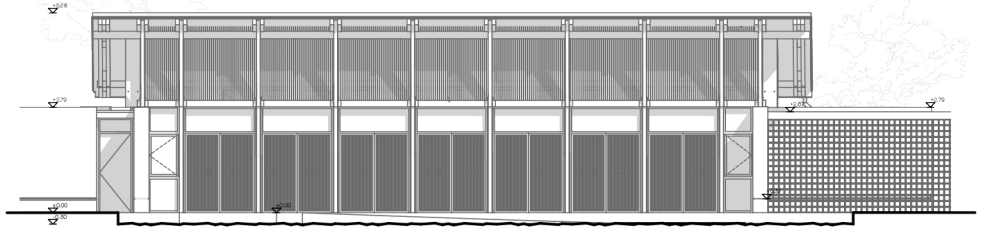
0 1 2 5m



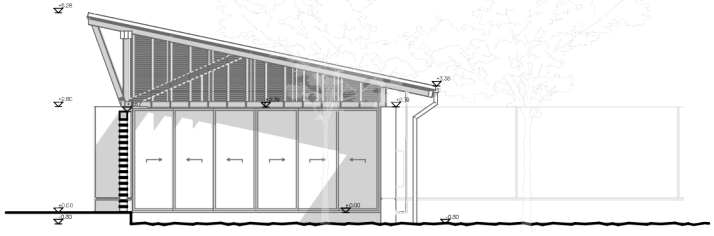
Alçado Frontal
ESC: 1/200



Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200



Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200

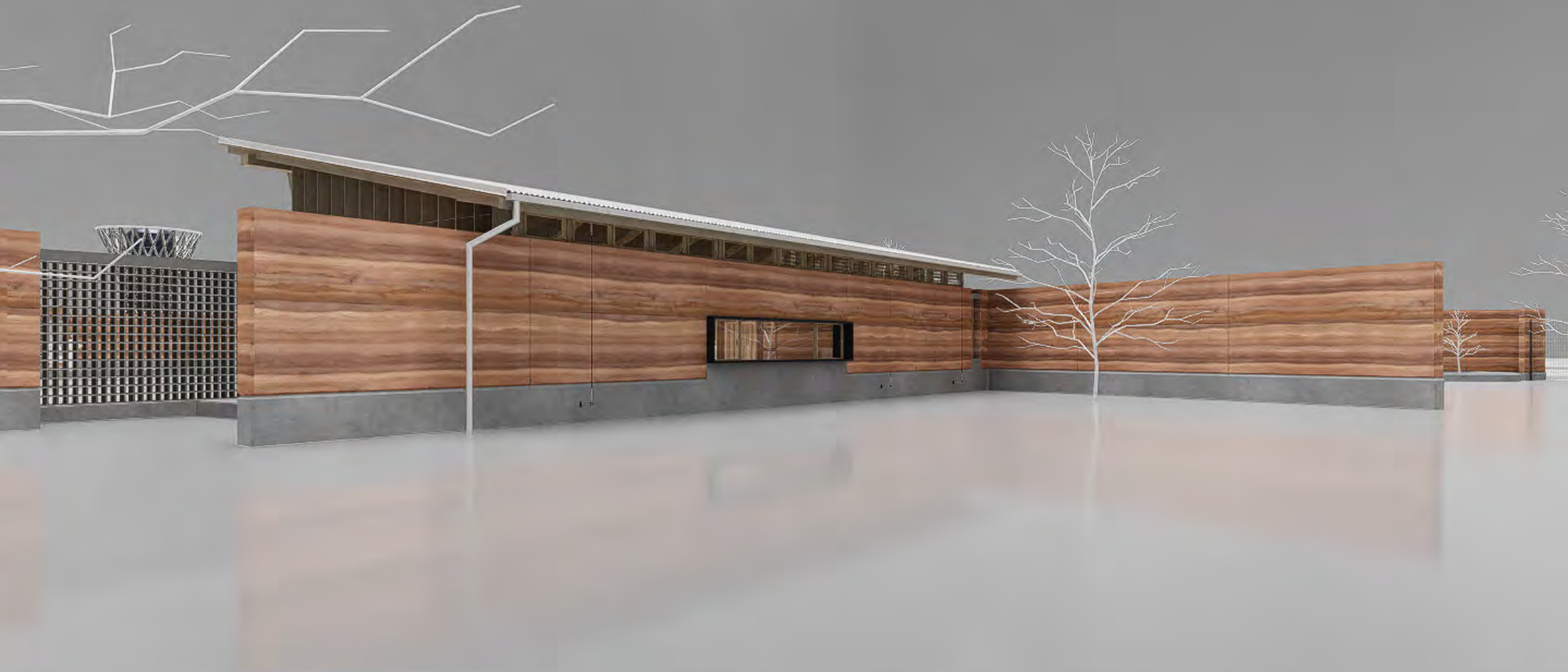
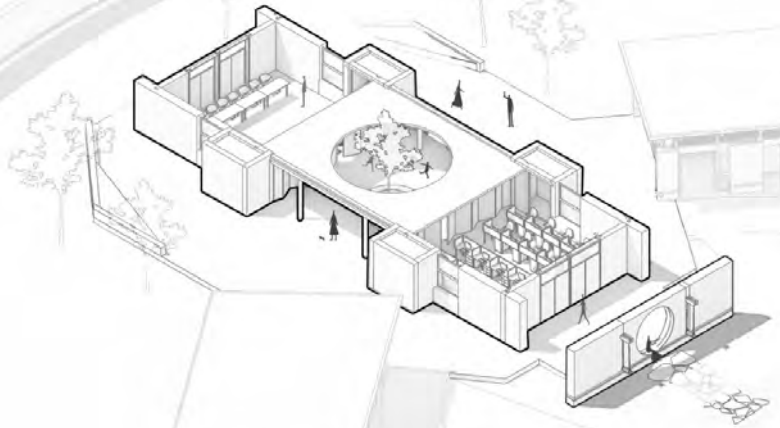
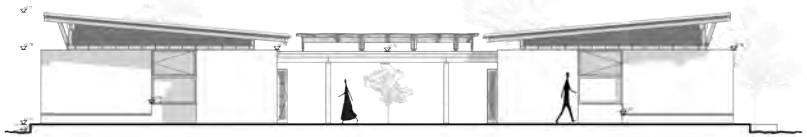


Fig. 144 – Sala de Exposição
Fonte: Autor

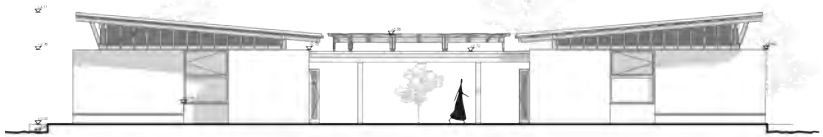


Área: **193.92 m²**

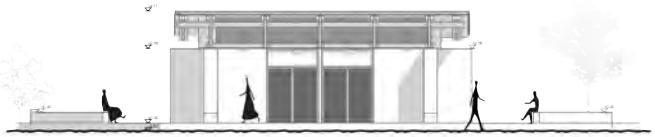
ED-04. Sala Polivalente



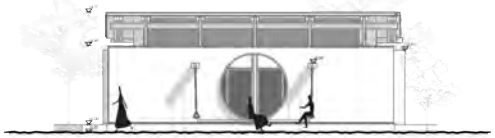
Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200



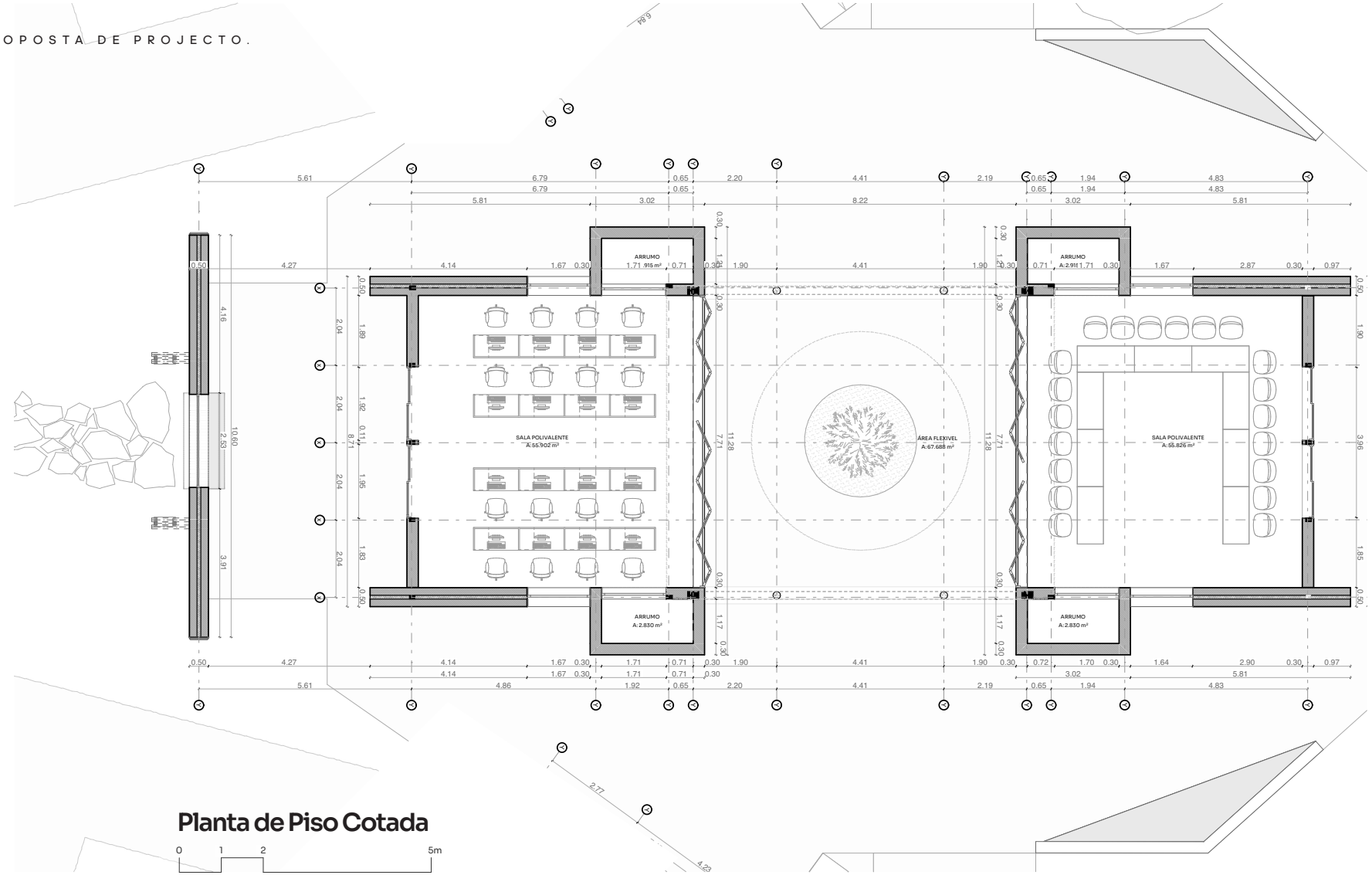
Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200



Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Frontal
ESC: 1/200



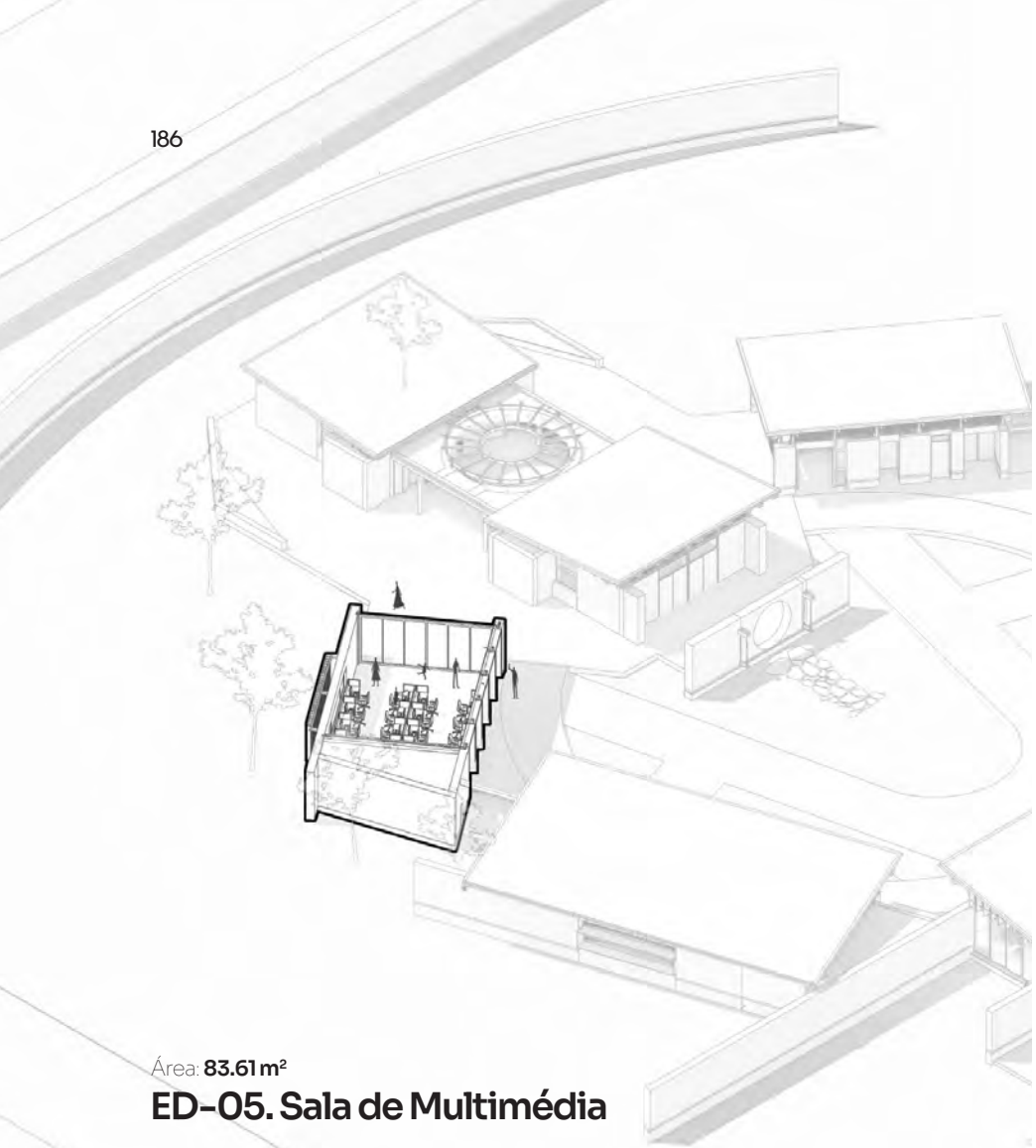
Planta de Piso Cotada

0 1 2 5m

Fig. 145 – Sala Polivalente
Fonte: Autor

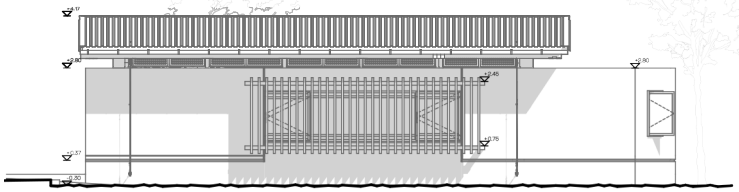
Fig. 146 – Sala Polivalente
Fonte: Autor

Fig. 147 – Sala Polivalente
Fonte: Autor

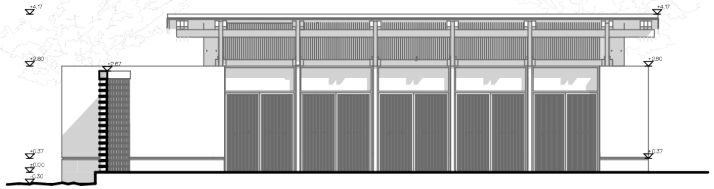


Área: **83.61 m²**

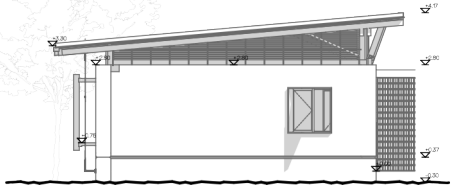
ED-05. Sala de Multimédia



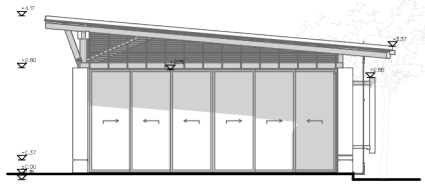
Alçado Frontal
ESC: 1/200



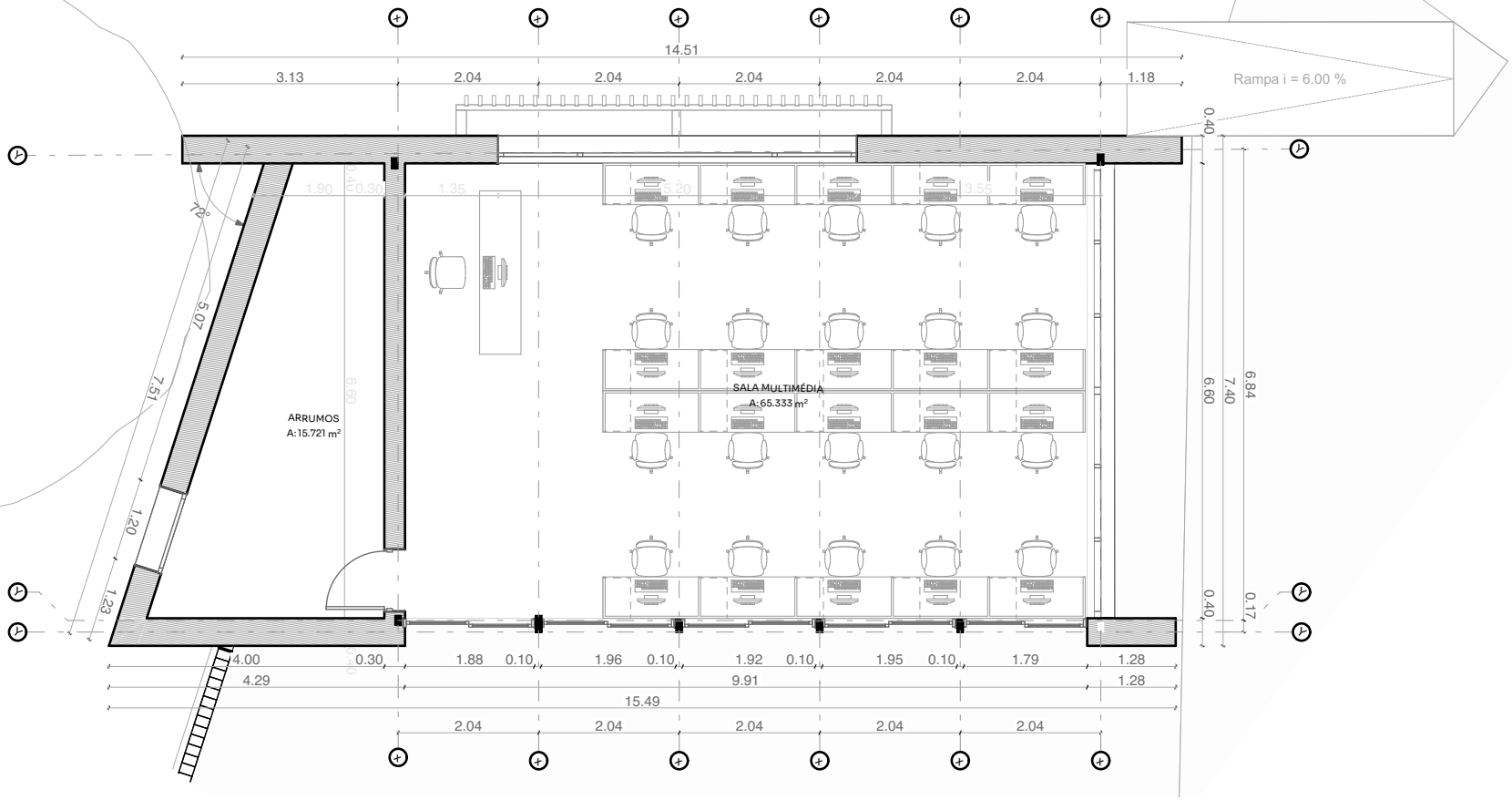
Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200



Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200



Planta de Piso Cotada

0 1 2 5m

Área: **83.61 m²**

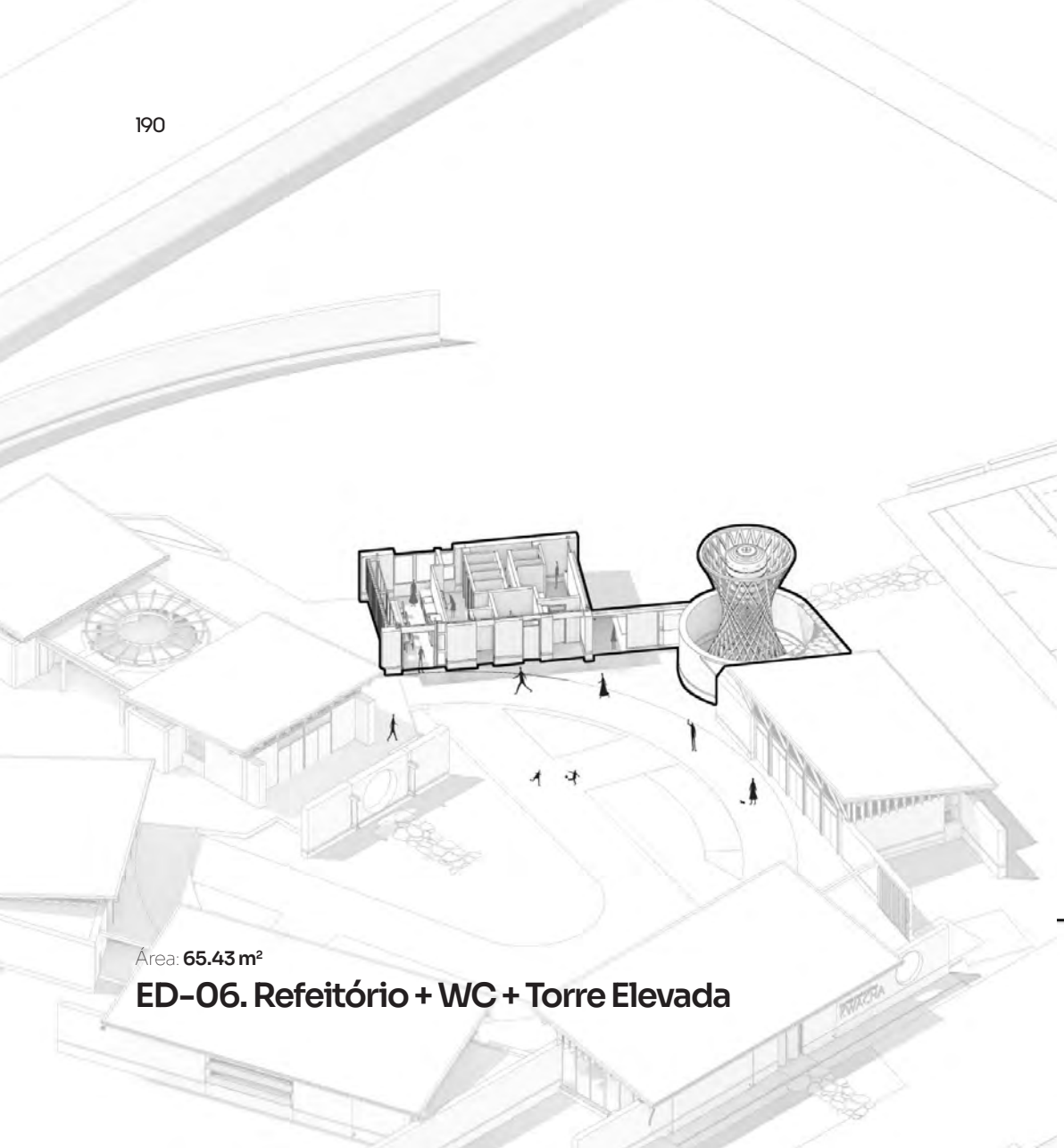
ED-05. Sala de Multimédia

Fig. 148 – Sala de Multimédia
Fonte: Autor

Área: **65.43 m²**

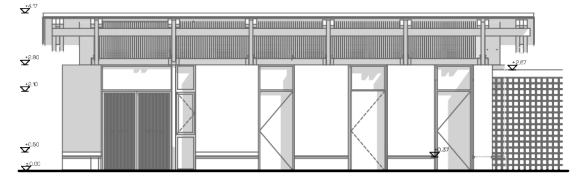
ED-06. Refeitório + WC + Torre Elevada

Fig. 149 – Bloco do Refeitório
Fonte: Autor

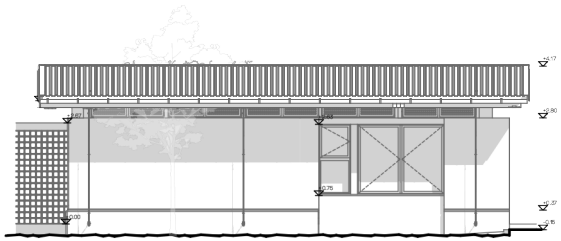


Área: **65.43 m²**

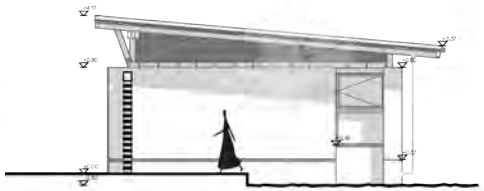
ED-06. Refeitório + WC + Torre Elevada



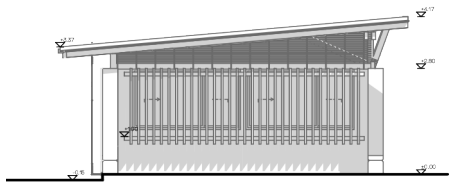
Alçado Frontal
ESC: 1/200



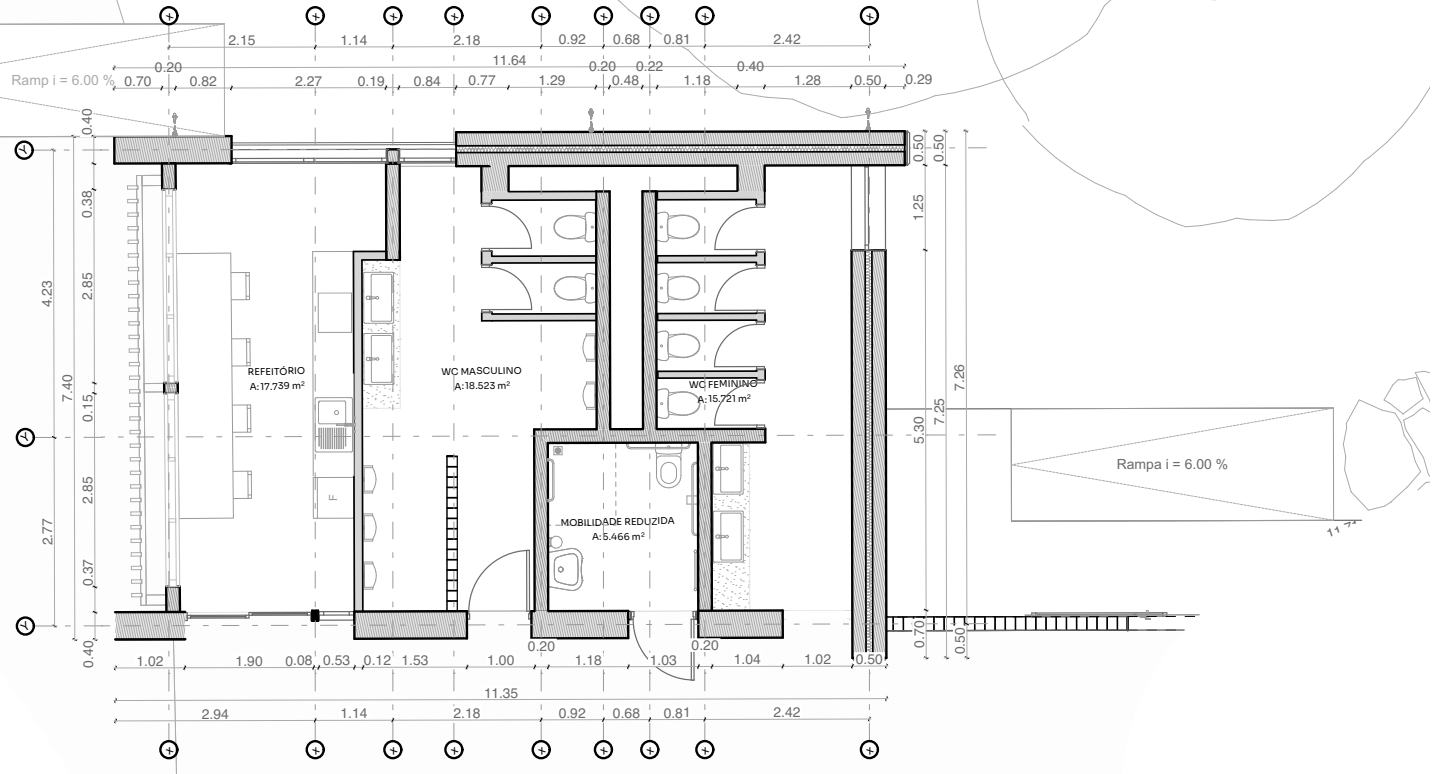
Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200

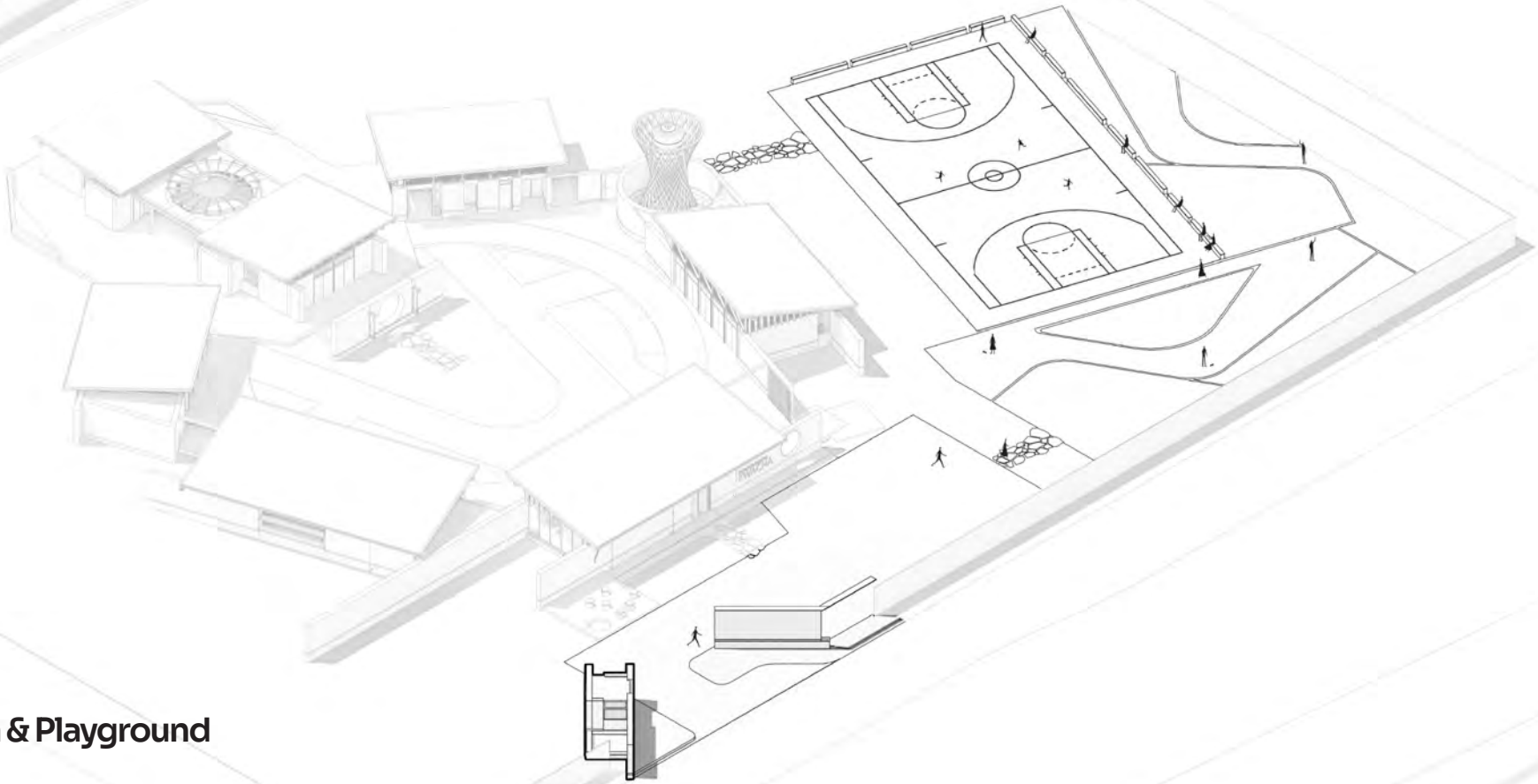


Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200



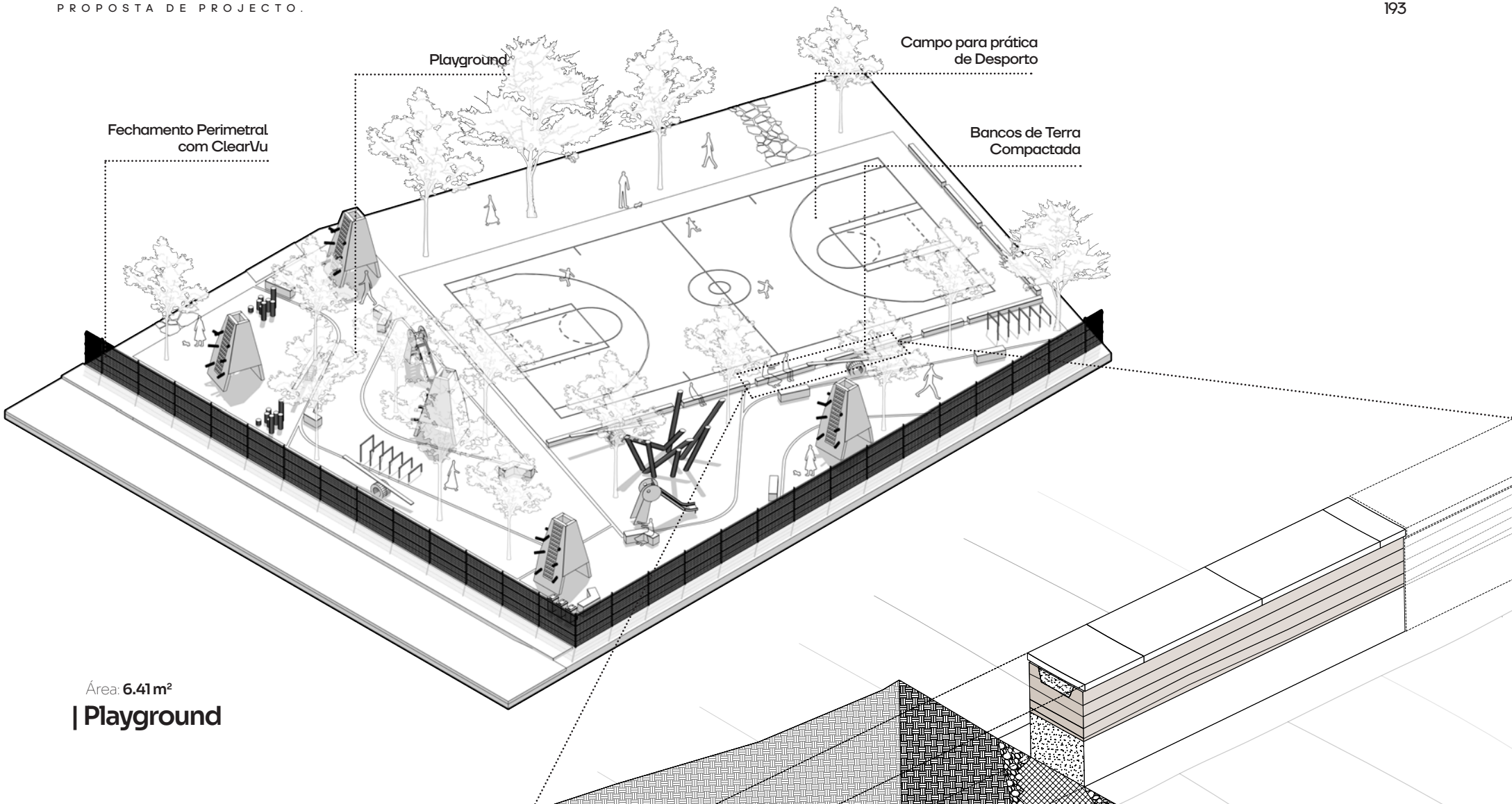
Planta de Piso Cotada

0 1 2 5m



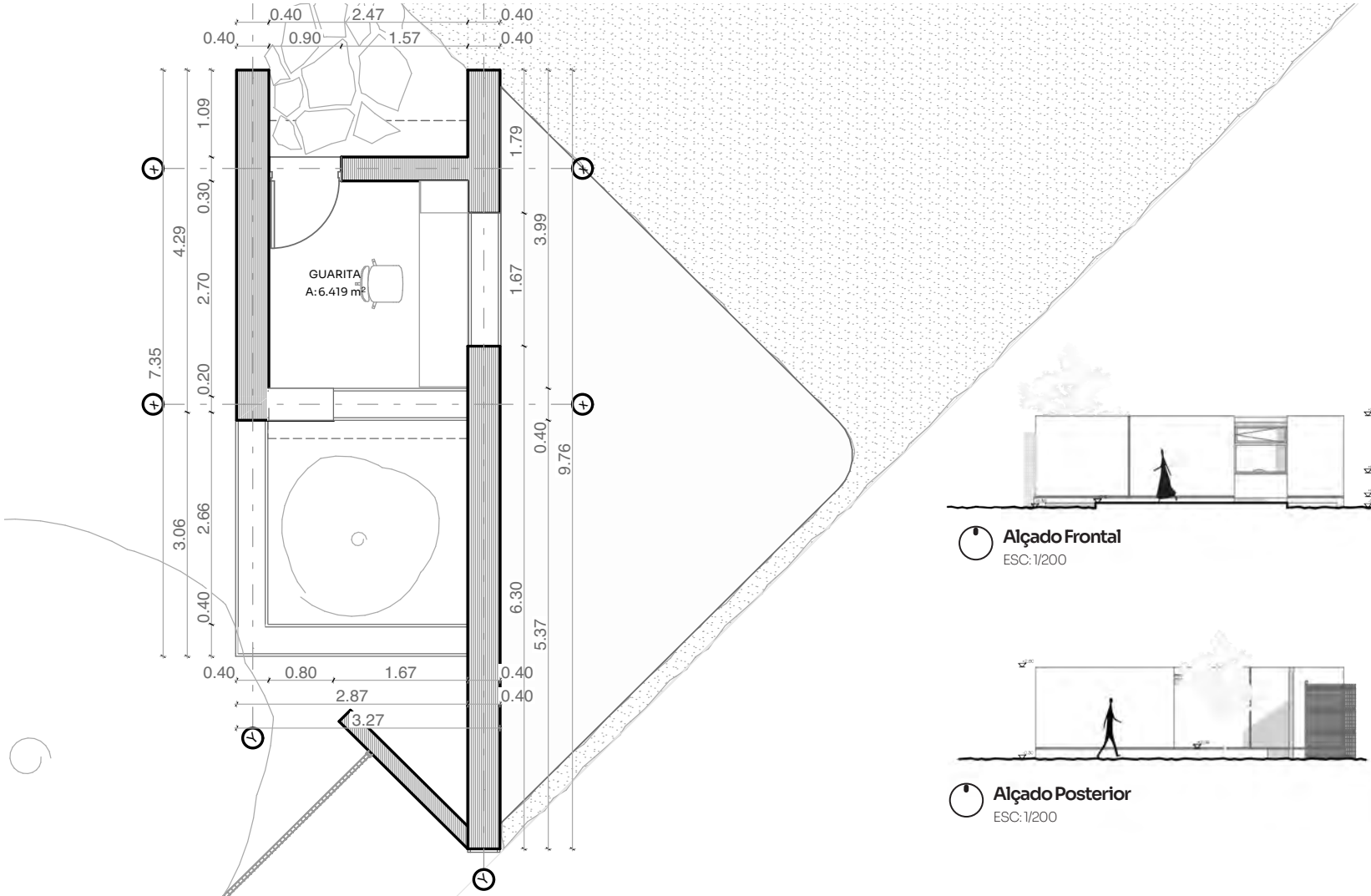
Área: **6.41 m²**

ED-07. Guarita & Playground

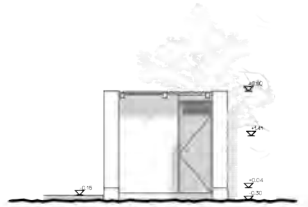


Área: **6.41 m²**

| Playground

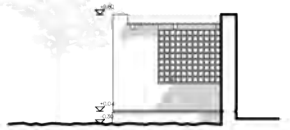


Alçado Frontal
ESC: 1/200



Alçado Lateral Esquerdo
ESC: 1/200

Alçado Posterior
ESC: 1/200



Alçado Lateral Direito
ESC: 1/200

Fig. 150 – Entrada Principal
Fonte: Autor

SOLUÇÃO TECNO-CONSTRUTIVA

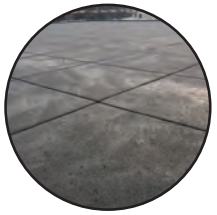
(SIREWALL)

As diversas soluções materiais baseiam-se nas relações de utilização, manutenção, longevidade, conforto térmico e expressão visual desejadas para o edifício. No nível térreo, foram aplicadas soluções que visam conferir maior resistência e durabilidade devido ao contacto constante entre o edifício e os utilizadores. A solução adoptada combina um sistema estrutural de fundação de betão armado aparente com um fechamento perimetral de Terra Compactada

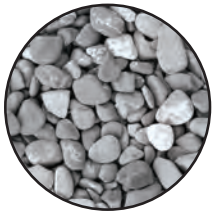
Para os revestimentos de piso, há distinção entre espaços interiores e exteriores. Nos interiores, foi aplicada uma laje de pavimento com acabamento em cimento queimado. Nas áreas exteriores, foram utilizados betonilha esquartelada, relva e pedras naturais, soluções que favorecem o escoamento natural das águas pluviais e cumprem os parâmetros de impermeabilização estabelecidos. Nos níveis superiores, os elementos de suporte e fechamento perimetral são em madeira de pinho tratado, conforme o nível de exposição.

CIMENTO QUEIMADO
Pisos interiores

EPÓXI ANTI-DERRAPANTE
Acabamento Anti-Derrapante



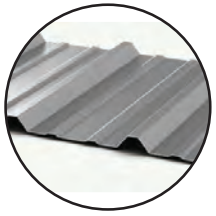
BETONILHA ESQUARTELADA
Pavimento exterior



PEDRAS/BRITA
Pavimento exterior

BETÃO APARENTE
Fundação Vigas e Lajes

TERRA COMPACTADA
Alvenarias



CHAPAS IBR
Cobertura

MADEIRA
Tradata e invernizada

TELAS UNITEX
Tecto falso

IMPERMEABILIZANTES
Dulux Brick Dressing

Principais Materiais.

Fig. 151 – Vista do Pátio Central
Fonte: Autor

Centro Comunitário KWACHA

Mapa de Acabamentos.

Fig. 152 – Imagem Geral do Centro Comunitario
Fonte: Autor

SOLUÇÃO TECNO-CONSTRUTIVA

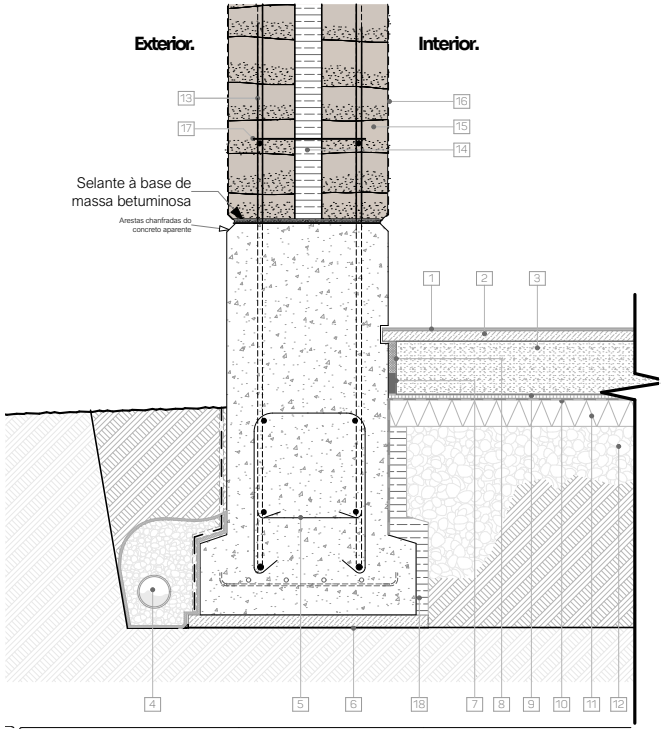
(SIREWALL)

1. Fundações

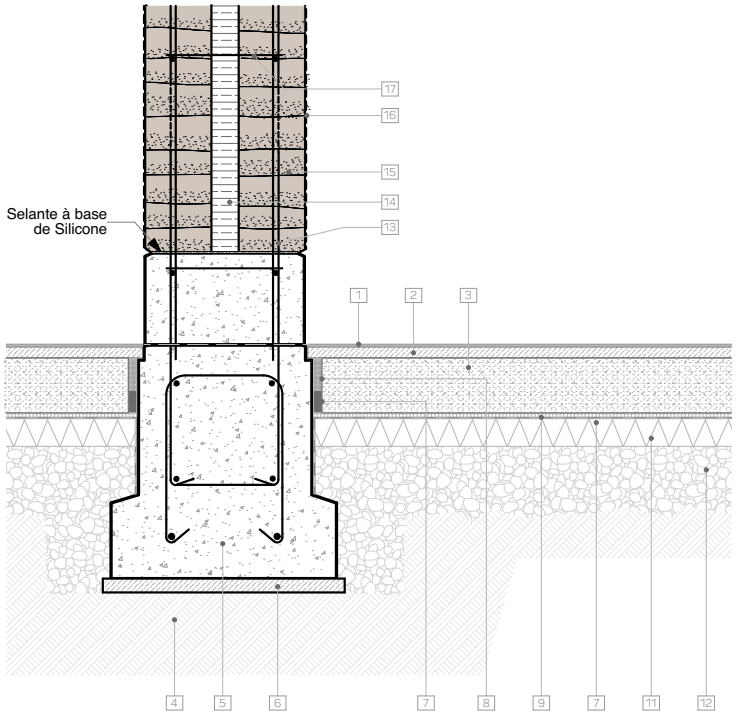
A Impermeabilização e união da Terra Compactada ao Laje de Pavimento - a massa betuminosa de selagem Bondall Silasec ou similiar é aplicada na laje de pavimento onde a parede de Terra Compactada será construída, antes da primeira camada de compactação da terra.

Permeabilidade

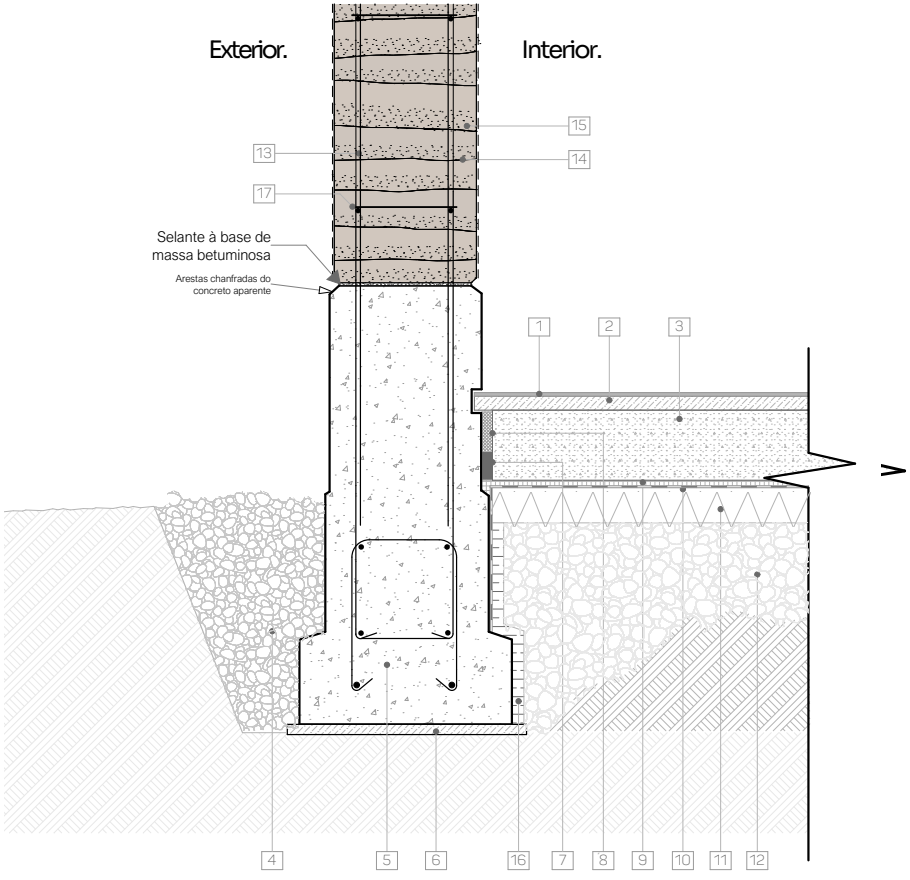
As paredes de terra compactada incorporam um aditivo impermeabilizante. Este é combinado com os materiais brutos durante o processo de mistura e garante que as paredes sejam impermeáveis. No entanto, uma borda de laje exposta de 60-75 mm deve ser mantida acima do nível do pavimento/jardim acabado para proteger contra a entrada de humidade (humidade ascendente) nas paredes. Um selante acrílico à base de solvente transparente é aplicado em todas as paredes para acabamento. Isso sela as paredes enquanto mantém a transferência de vapor para dentro e para fora da terra compactada.



1. ACABAMENTO EM BETONILHA QUEIMADA 1:3
2. BETONILHA DE CIMENTO (NIVELAMENTO)
3. LAJE DE BETÃO ARMADO 200 MM DE ESPESSURA
4. TUBO GEODRENO PERFURADO (C/ GEOTEXTIL)
5. FUNDAÇÃO CORRIDA, EM BETÃO ARMADO
6. BETÃO DE LIMPEZA
7. BENTONITE IMPEREABILIZANTE (+JUNTA WATERSTOP)
8. SELANTE ELÁSTICO PERIMETRAL, EM MASTIQUE BETUMINOSO
9. MANTA DE PROTECÇÃO
10. IMPERMEABILIZANTE EM MANTA ASFÁLTICA
11. ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
12. PEDRA DE ENROCAMENTO
13. REFORÇO VERTICAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø
14. ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
15. PAREDE EM TERRA COMPACTADA COM 250MM DE ESP.
16. IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE DULUX BRICK DRESSING
17. REFORÇO HORIZONTAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø
18. POLISTIRENO EXTRUDIDO (XPS) 100 MM



1. ACABAMENTO EM BETONILHA QUEIMADA 1:3
2. BETONILHA DE CIMENTO (NIVELAMENTO)
3. LAJE DE BETÃO ARMADO 200 MM DE ESPESSURA
4. SOLO NATURAL
5. FUNDAÇÃO CORRIDA, EM BETÃO ARMADO
6. BETÃO DE LIMPEZA
7. BENTONITE IMPEREABILIZANTE (+JUNTA WATERSTOP)
8. SELANTE ELÁSTICO PERIMETRAL, EM MASTIQUE BETUMINOSO
9. MANTA DE PROTECÇÃO
10. IMPERMEABILIZANTE EM MANTA ASFÁLTICA
11. ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
12. PEDRA DE ENROCAMENTO
13. REFORÇO ESTRUTURAL COM ARMADURA DE AÇO VARÃO 8Ø
14. ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM
15. PAREDE EM TERRA COMPACTADA COM 250MM DE ESP.
16. IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE DULUX BRICK DRESSING
17. REFORÇO ESTRUTURAL HORIZONTAL COM ARMADURA DE AÇO VARÃO 8Ø



1 ACABAMENTO EM BETONILHA QUEIMADA 1:3

2 BETONILHA DE CIMENTO (NIVELAMENTO)

3 LAJE DE BETÃO ARMADO 200 MM DE ESPESSURA

4 CASCALHO

5 FUNDAÇÃO CORRIDA, EM BETÃO ARMADO

6 BETÃO DE LIMPEZA

7 BENTONITE IMPEREABILIZANTE (+JUNTA WATERSTOP)

8 SELANTE ELÁSTICO PERIMETRAL, EM MASTIQUE BETUMINOSO

9 MANTA DE PROTECÇÃO

10 IMPERMEABILIZANTE EM MANTA ASFÁLTICA

11 ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM

12 PEDRA DE ENROCAMENTO

13 REFORÇO VERTICAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø

14 PAREDE EM TERRA COMPACTADA COM 400MM DE ESP.

15 IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE DULUX BRICK DRESSING

16 REFORÇO HORIZONTAL ESTRUTURAL VARÃO 8Ø

POLISTIRENO EXTRUDIDO (XPS) 100 MM

2. Detalhes das Paredes

A espessura padrão das paredes de terra compactada geralmente é de 300 mm. Em casos onde são necessários nichos e recuos para lareiras, caixas de aquecimento, etc., as paredes podem ser construídas com espessuras alternativas conforme necessário para o projecto. A espessura estrutural mínima para paredes de terra com carga é de 250 mm. E, para paredes não estruturais, é de 200 mm. A tabela ilustra detalhadamente as espessuras usadas no projecto, desde à mínima até aos respectivos índices de isolamento - **R** para as paredes de terra compactada, estrutural e não estrutural.

LARGURA	ESTRUTURAL (Suporte de Carga)	ISOLADA	CLASSIFICAÇÃO R
200mm	X	X	R < 0.5
300mm	√	X	R 0.7
400mm	√	X	R 2.5
500mm	√	√	R 3.5

Detalhes do Chanfro nos Cantos

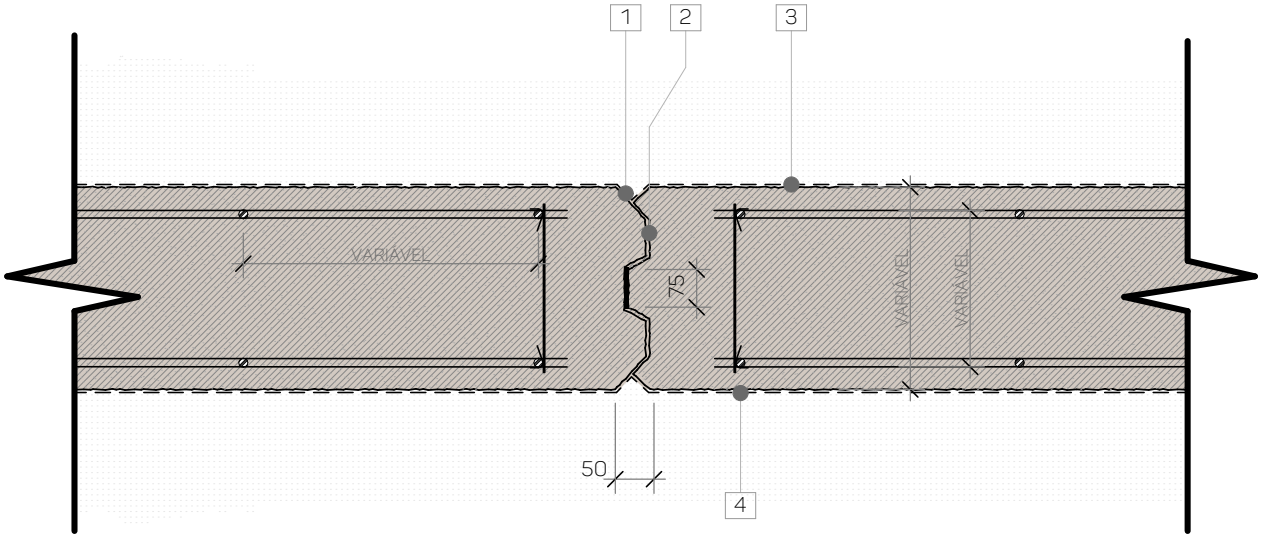
O chanfro padrão é de 45°/50mm em:

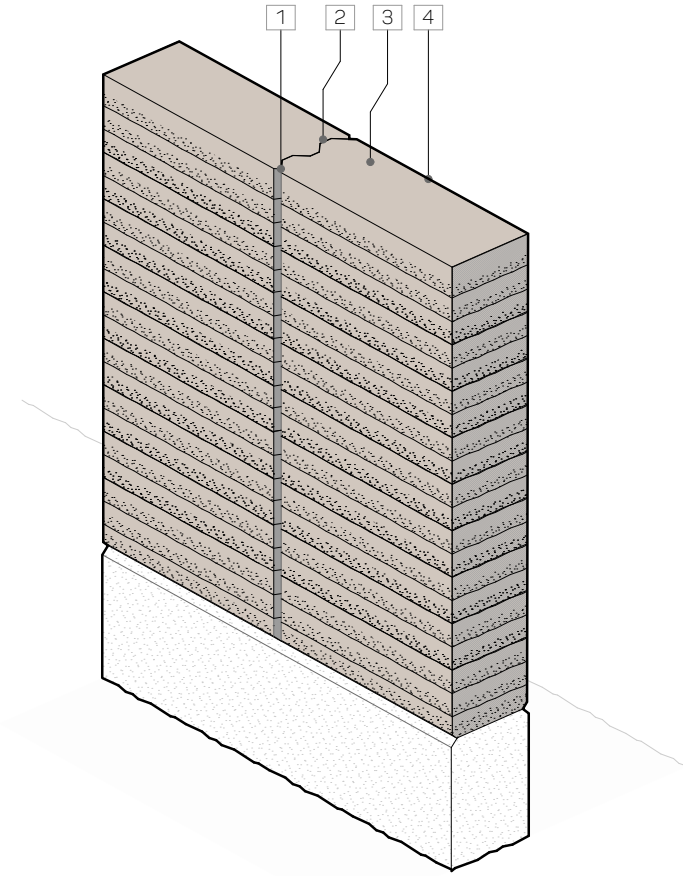
- Extremidades das paredes
- Aberturas de janelas
- Aberturas de portas
- Soleiras de janelas

Juntas de Controle/Articulação

O vão máximo entre juntas de controlo/ articulação é de 4500mm. São criadas para ajudar a controlar a fissuração e distribuir uniformemente as tensões que possam surgir devido a contracção e expansão do solo, evitando fissuras indesejadas e a manter a estabilidade da estrutura.

Rebaixadura é uma cavidade ou sulco feito em uma superfície para acomodar ou fixar algo. a rebaixadura é onde a espuma expansível é colocada. É uma parte da junta de controlo onde o material de expansão é inserido para preencher o espaço e fornecer vedação ou amortecimento conforme necessário.





Legenda

1 JUNTA DE CONTROLO DE 50MM COM DISTÂNCIA MÁXIMA DE 4500MM

2 CHAVE FORMADA NA JUNTA DE CONTROLO DE 75 MM (LARGURA) COM ESPUMA EXPANSÍVEL COLOCADA NA REBAIXADURA.

3 PAREDE DE TERRA COMPACTADA ESTABILIZADA (DIMENSÃO VARIÁVEL)

4 IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE **DULUX BRICK DRESSING**

Fig. 153 – Fogo ateado na areia
Fonte: Google

Classificação de Resistência ao Fogo

As paredes de terra compactada são adequadas para construção como uma parede externa até BAL FZ e têm uma classificação de resistência ao fogo de quatro horas.

Fonte: Normas Australianas BAL (AS 3959) Construção de edifícios em áreas propensas a incêndios florestais.

Eficiência Energética, Isolamento Térmico/Pontes Térmicas

Existem dois métodos para garantir que as paredes de terra compactada atendam aos padrões de energia necessários para obter uma licença de construção.

1. Sistema Padrão de Classificação de Energia

- Paredes de 300mm não isoladas R0.7: utilizadas para quaisquer paredes internas suportadas por carga, paredes externas de um espaço não habitável ou paredes de paisagismo.
- Paredes de 400mm isoladas R2.5: utilizadas para quaisquer paredes externas suportadas por carga.
- Paredes de 450mm isoladas R3.5: utilizadas para quaisquer paredes externas suportadas por carga.

2. Relatório de Solução de Desempenho

Paredes de terra compactada de 300mm (suportadas por carga interna, não suportadas por carga interna, suportadas por carga externa ou paisagismo, etc.)

3. Estrutura da Cobertura

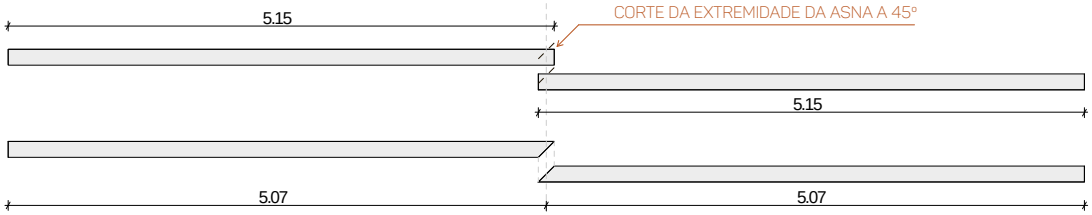
As pernas da cobertura são constituidas por asnas duplas unidas ao meio e extremos com parafusos de porca sextavada.

As ligações entre os elementos estruturais são feitas através de chapas metálicas, pregos e parafusos com porcas sextavadas.

Como forma de garantir maior resistência a cobertura, as madres estão dispostas próximas umas das outras nos extremos e mais afastadas no meio.

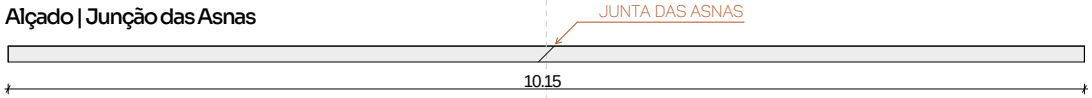
01.

Alçado|Corte da extremidade das Asnas (45º)



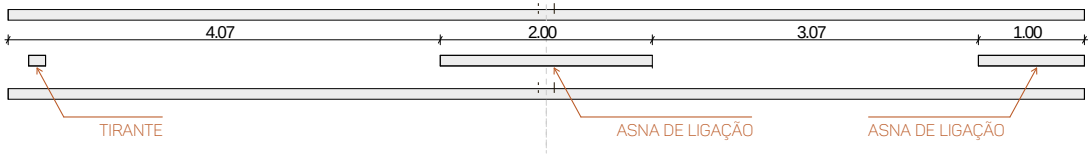
02.

Alçado | Junção das Asnas



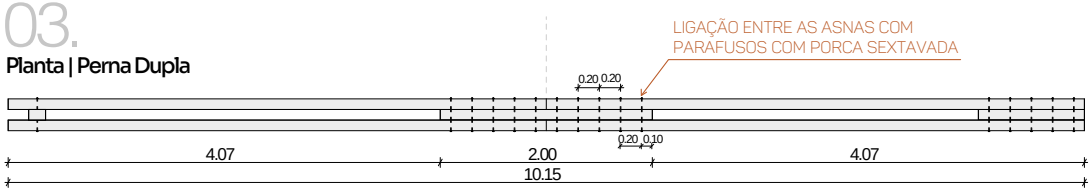
03.

Planta | Peças para junção das asnas



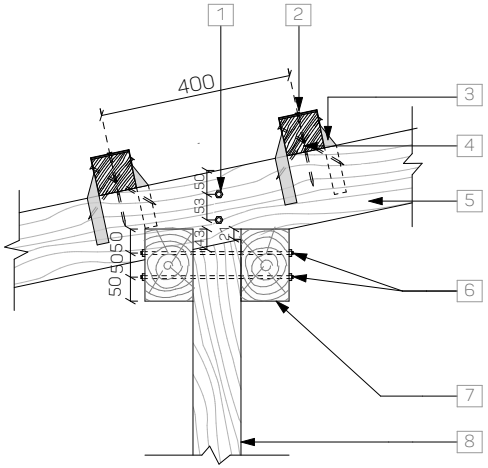
03.

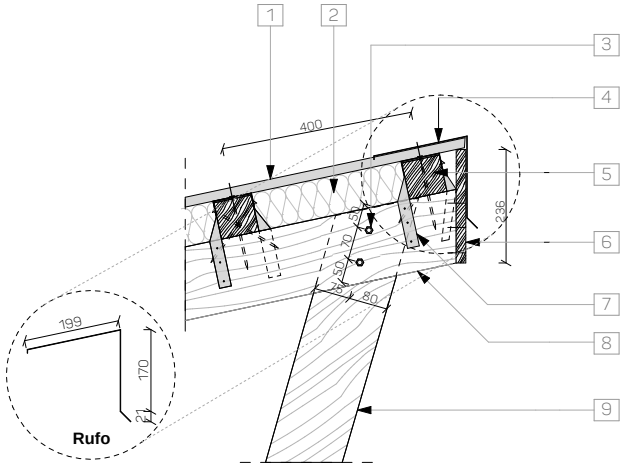
Planta | Perna Dupla



Suporte da Perna da Cobertura

ESCALA: 1/10





1 PARAFUSO GALVANIZADO COM PORCA SEXTAVADA

2 MADRE EM MADEIRA PINUS 100X100MM

3 CHAPA METÁLICA PARA FIXAÇÃO DA MADRE NA ASNA

4 PREGOS DE FIXAÇÃO

5 PERNA DE MADEIRA PINUS 150X100MM

6 PARAFUSO GALVANIZADO COM PORCA SEXTAVADA

7 VIGA DE EQUILÍBRIO E SUPORTE DAS PERNAS 150X100MM

8 PILAR EM MADEIRA PINUS 150X100MM

1 COBERTURA DE CHAPA IBR COM 0.6MM DE ESPESSURA - 12º DE INCLINAÇÃO

2 ISOLADOR TÉRMICO E POLISTIRENO EXTRUDIDO 100 MM

3 PARAFUSO GALVANIZADO COM PORCA

4 RUFO EM CHAPA GALVANIZADA, 0.6MM DE ESPESSURA

5 MADRE EM MADEIRA PINUS 100X100MM

6 REMATE EM MADEIRA PINUS SECÇÃO 235X20MM

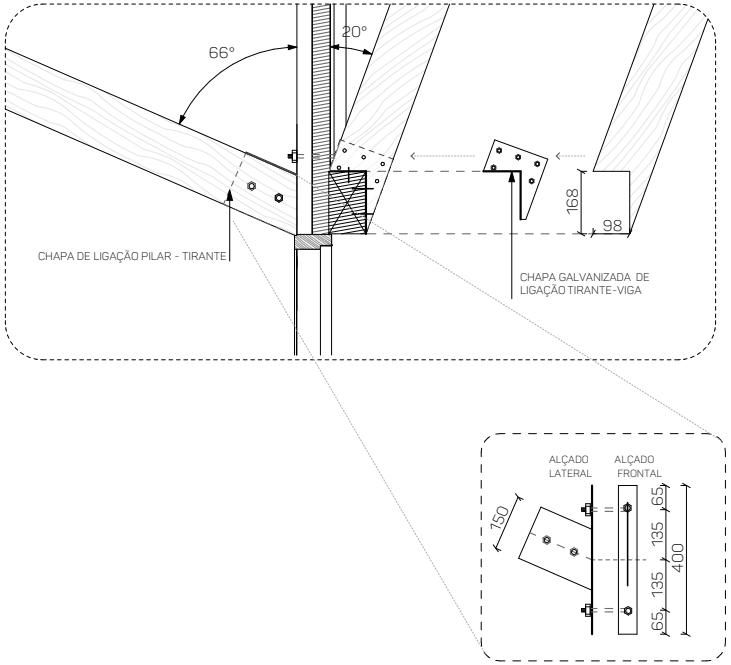
7 CHAPA DE FIXAÇÃO DA MADRE NA ASNA

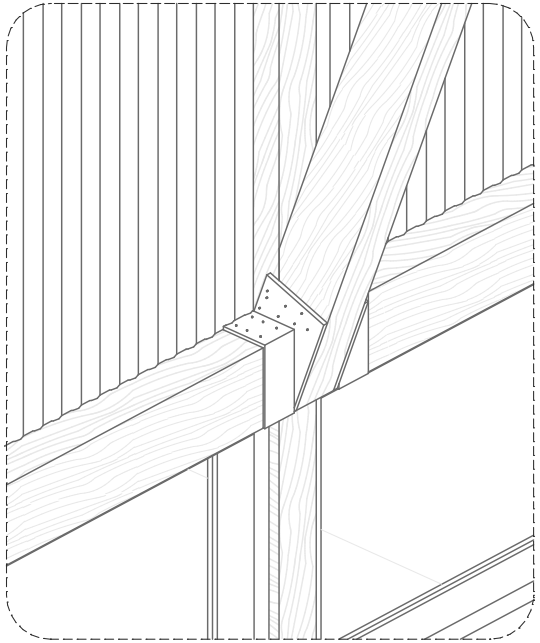
8 PERNA DE MADEIRA PINUS 150X100MM

9 TIRANTE DE MADEIRA PINUS 150X100MM

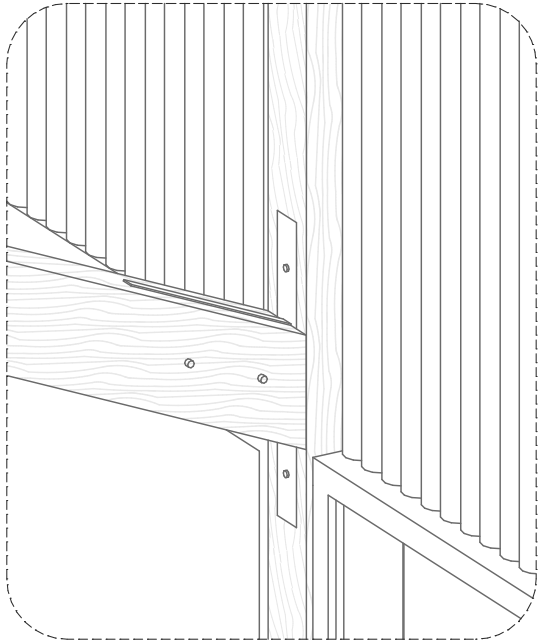
Detalhe da Viga de Equilíbrio

ESCALA: 1/10





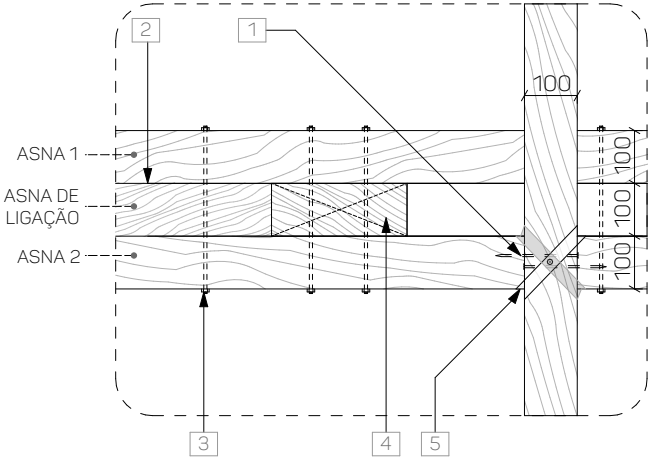
Vista Exterior da viga de Equilíbrio



Vista Interior da viga de Equilíbrio

Ligação do Tirante à Perna

ESCALA: 1/10



PLANTA

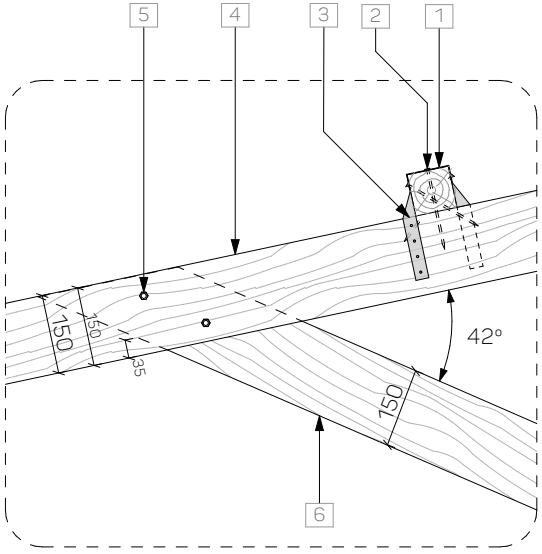
1 PREGOS DE FIXAÇÃO

2 ENTALHE DE ENCAIXE NA ASNA DE LIGAÇÃO

3 PARAFUSOS DE FIXAÇÃO COM PORCAS SEXTAVADA

4 TIRANTE DE MADEIRA PINUS RECTANGULAR 150X100MM

5 CHAPA METÁLICA PARA FIXAÇÃO



ALÇADO

1 MADRE EM MADEIRA PINUS 100X100MM

2 PREGOS DE FIXAÇÃO

3 CHAPA METÁLICA PARA FIXAÇÃO DA MADRE NA ASNA

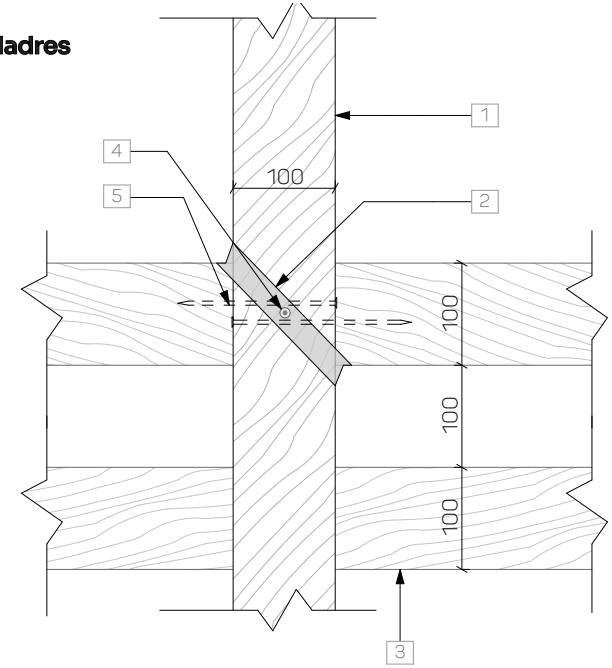
4 ASNA DE MADEIRA PINUS RECTANGULAR 150X100MM

5 PARAFUSOS DE FIXAÇÃO

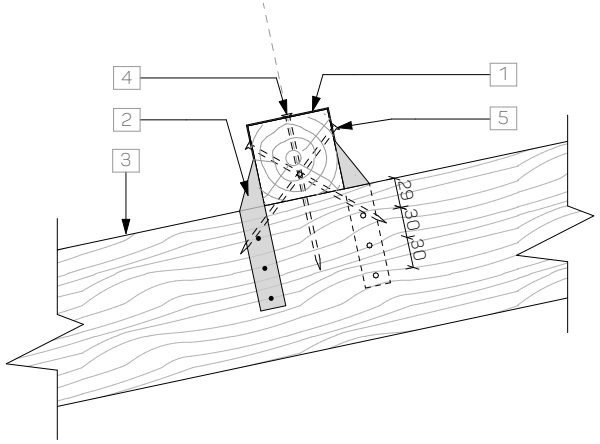
6 TIRANTE EM MADEIRA PINUS 150X100MM

Ligação de Ligação das Madres

ESCALA: 1/10



PLANTA



ALÇADO

1 MADRE EM MADEIRA PINUS 100X100MM

2 CHAPA METÁLICA PARA FIXAÇÃO DA MADRE NA ASNA 0.05X25 MM

3 ASNA DE MADEIRA PINUS 150X100MM

4 PREGO 6'' POLEGADAS

5 PREGO 4'' POLEGADAS

1 MADRE EM MADEIRA PINUS 100X100MM

2 CHAPA METÁLICA PARA FIXAÇÃO DA MADRE NA ASNA 0.05X25 MM

3 ASNA DE MADEIRA PINUS 150X100MM

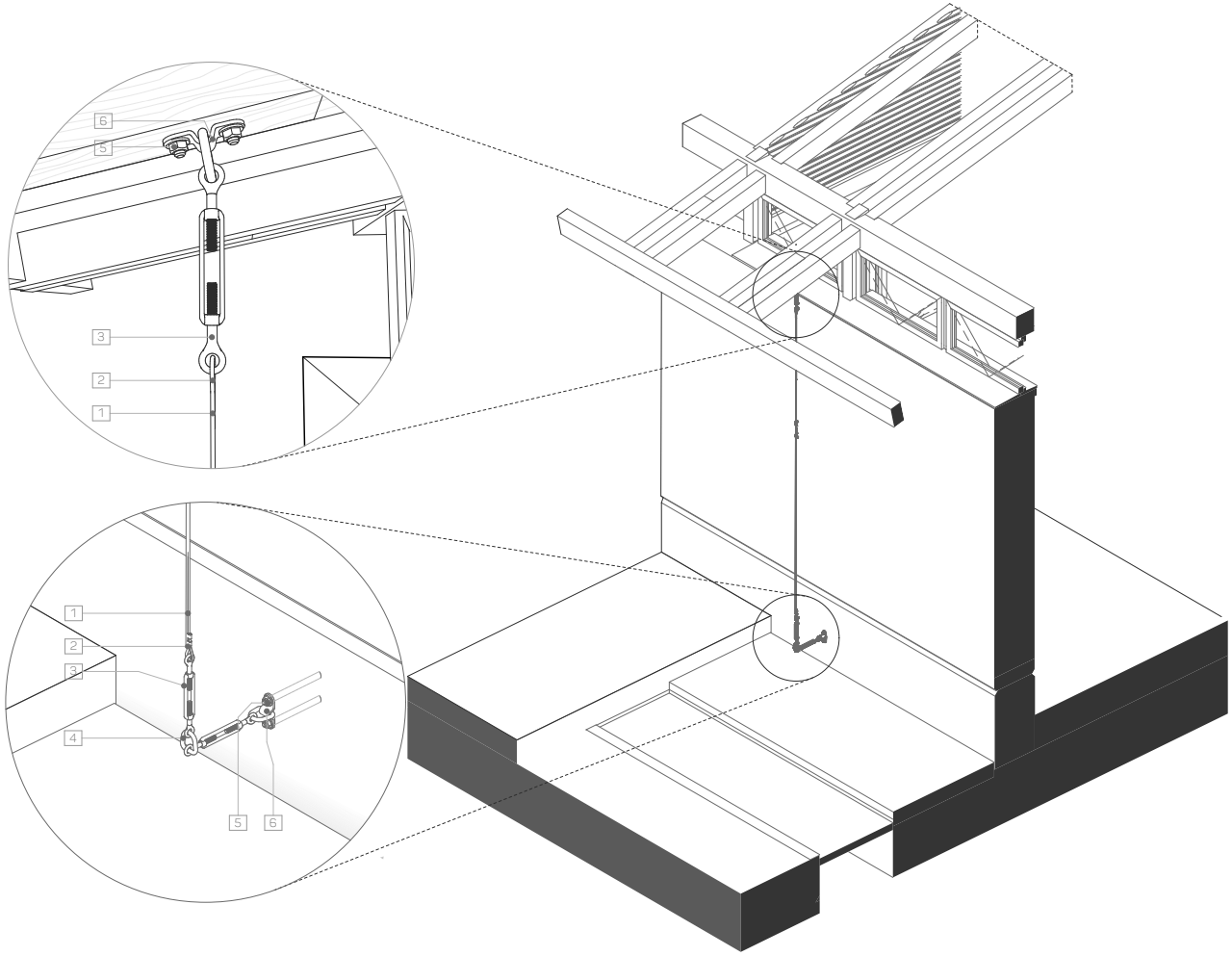
4 PREGO 6'' POLEGADAS

5 PREGO 4'' POLEGADAS

Ligação do Tirante à Fundação de Betão Armado

ESCALA: 1/10

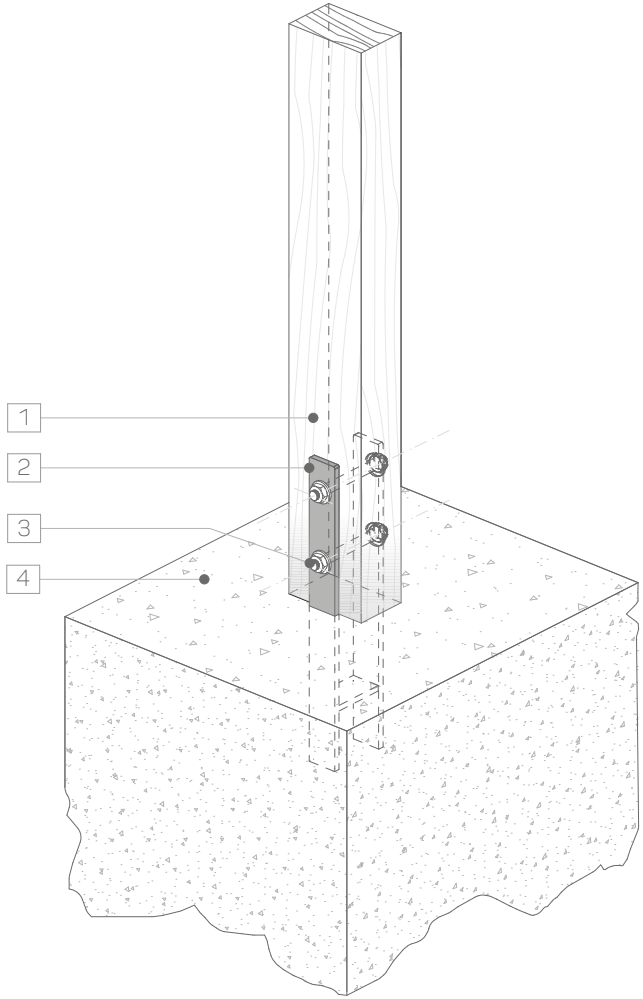
1. CABO DE AÇO GALVANIZADO 6MM
2. TIRANTE METÁLICO
3. ESTICADOR GANCHO - OLHAL DA JEA REF. JEGO Ø3/4" OU SIMILAR
4. MANILHA 1 POL (25MM) TIPO U DE AÇO GALVANIZADO RECTO PARA CABO DE AÇO
5. PARAFUSO GALVANIZADO COM PORCA SEXTAVADA
6. GANCHO DE ANCORAGEM

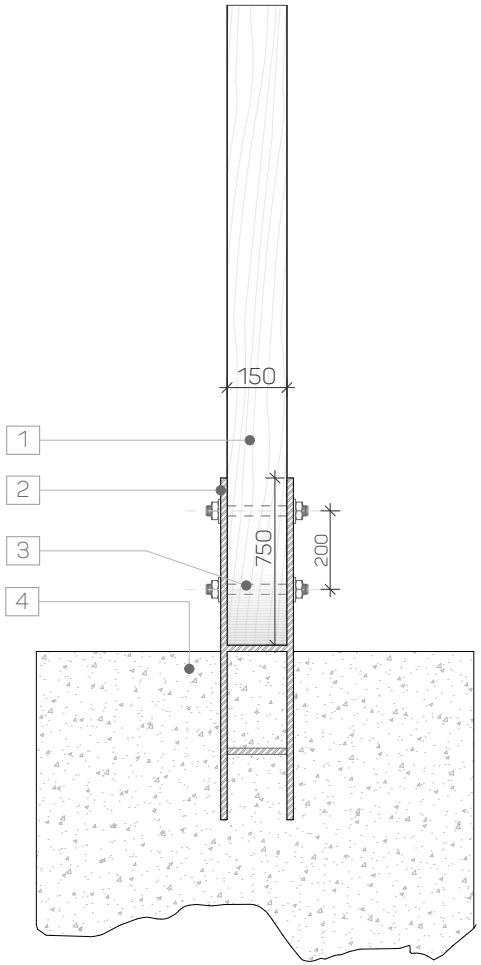


Detalhes dos Porta- Pilares

ESCALA: 1/10

1. PILAR DE MADEIRA DE PINHO TRATADO 150X100MM
2. PORTA-PILAR EM CHAPA METÁLICA DE AÇO 10MM
3. PARAFUSOS DE FIXAÇÃO COM PORCAS SEXTAVADA
4. PAVIMENTO EM BETÃO ARMADO PARA FIXAÇÃO DE PORTA PILAR





TCC 2023/24

Nota Conclusiva.

INDICE

- Estimativa de Custo
- Considerações Finais
- Recomendações
- Referência Bibliográfica

Sétimo
Capítulo.

Orçamento

Estimativa de Custos

Fundação e Pavimento								
	Item	**Descrição**	**Quantidade**	**Unidade**	**Preço Unitário**		**Preço Total**	
1	Sapata corrida	Sapata em Betão Armado, a profundidadede máxima de 60 cm espessura 20cm.	114.4	m	MZN	4,800.00	MZN	549,120.00
2	Caixa de Pavimento	Fechamento da caixa de pavimento em betão.	114.4	m	MZN	2,720.00	MZN	311,168.00
3	Pavimento	Pavimento com contrapiso e acabado com cimento queimado revestido por resina epoxy.	174	m²	MZN	3,750.00	MZN	652,500.00

Paredes e Alvenarias								
	Item	**Descrição**	**Quantidade**	**Unidade**	**Preço Unitário**		**Preço Total**	
1	Paredes em areia compactada, estabilizada, reforçada e/ou isolada	Traço 1:25, isolamento termo acústico, estrutura interna em malha de varão Ø8 espaçado a 50cm	343.2	m²	MZN	200.00	MZN	68,640.00
2	Viga de ancoramento de Cobertura	Viga em betão armado encobrida no topo da parede	114.4	m	MZN	2,400.00	MZN	274,560.00

Carpintaria e Caixilharia								
	Item	**Descrição**	**Quantidade**	**Unidade**	**Preço Unitário**		**Preço Total**	
1	Portas	Madeira maciça	17	m²	MZN	3,200.00	MZN	54,400.00
2	Janelas	Aro de Madeira, fechamento de vidro e venezianas.	53.4	m²	MZN	2,200.00	MZN	117,480.00
3	Venezianas e pilares	Venezianas e pilares em madeira pinus	68	m²	MZN	2,700.00	MZN	183,600.00
4	Cobogos	Blocos vazados 20x20	8.9	m²	MZN	550.00	MZN	4,895.00

Cobertura								
	Item	**Descrição**	**Quantidade**	**Unidade**	**Preço Unitário**		**Preço Total**	
1	Chapas IBR	Espessura 0.6mm	175	m²	MZN	550.00	MZN	96,250.00
2	Isolamento barreira de vapor	Sizalation	175	m²	MZN	800.00	MZN	140,000.00
3	Isolamento térmico	XPS, 100mm de espessura	175	m²	MZN	1,945.00	MZN	340,375.00
4	Estrutura da Cobertura	Madres - barrotes de madeira pinus secção quadrangular 100x100mm e 5000mm,	70	Un	MZN	250.00	MZN	17,500.00
5	Estrutura da Cobertura	Pernas - barrotes de madeira pinus secção rectangular 100x150mm e 5000mm,	80	Un	MZN	250.00	MZN	20,000.00
6	Caleira Metalica	Caleira em aço inox de 0.33mm	18	m	MZN	430.00	MZN	7,740.00
7	Esticador Tirante	Esticador e cabos de aço galvanizado fixado na fundação	3	m	MZN	3,250.00	MZN	9,750.00

Custos Gerais			
Fases	**Quantidade**	**Preço**	
Fundação e Piso	1	MZN	1,512,788.00
Paredes e Alvenarias	1	MZN	343,200.00
Carpintaria e Caixilharia	1	MZN	360,375.00
Cobertura	1	MZN	631,615.00
Total	**4**	**MZN**	**2,847,978.00**

Na análise comparativa entre a tecnologia convencional e a técnica de Terra Compactada, a ênfase recai sobre os custos de aquisição dos materiais, com exclusão dos custos adicionais como execução, transporte e outros. Considera-se, primariamente, a viabilidade de se extrair a areia vermelha diretamente do local de construção, eliminando assim o custo de aquisição desse material. No contexto específico da construção em Terra Compactada, o custo por metro quadrado é estimado em 200MT, representando o valor do cimento nacional necessário para a composição do material.

Essa abordagem de construção em Terra Compactada apresenta-se como uma alternativa economicamente vantajosa, com uma redução significativa de custos na ordem de 66% em comparação com a Alvenaria Convencional. Tal economia decorre, em grande parte, da minimização dos gastos associados à aquisição de materiais, principalmente do cimento, o qual é um componente essencial na produção da Terra Compactada. Assim, ao se analisar somente os custos de aquisição dos materiais, desconsiderando os demais aspectos do processo construtivo, torna-se evidente o potencial econômico da tecnologia em Terra Compactada.

Além dos custos diretos, é importante considerar também outros fatores que podem influenciar na escolha entre as duas técnicas construtivas, tais como durabilidade, eficiência energética, impacto ambiental e adequação às condições locais. No entanto, no que se refere exclusivamente aos custos de aquisição de materiais, a Terra Compactada surge como uma opção altamente competitiva em relação à Alvenaria Convencional.

Fig. 154 – Análise Comparativa
Fonte: Arquivo Pessoal

O seu **Custo** versus Alvenaria Convencional...

REFLEXÕES

Sobre Material // Design

Na busca pela sustentabilidade, percebe-se que não existe bala de prata, nenhum material ou técnica que forneça todas as respostas. Refletindo sobre essa noção dentro do campo da arquitetura e do ambiente construído, muitas soluções já estão disponíveis. E a diversidade já é uma coisa boa pois, trabalhar com diferentes estratégias para alcançar o mesmo objectivo é garantir um planeta saudável para as gerações futuras.

SRE - Terra Compactada Estabilizada

O tema da arquitectura baseada na terra está no ponto ideal entre a sustentabilidade e a poesia incorporada. A construção de terra compactada literalmente possui camadas, tanto de construção física excepcional quanto de valores estéticos. Tem essa dualidade de ser suave e resistente ao mesmo tempo.

A terra pode ter diferentes tons de cores e texturas. Temos então a noção de que o material na verdade não tem camadas - o monólito de terra age como barreiras de vapor e ar.

É um exemplo de um material de baixa tecnologia com grande potencial para atender às demandas de um clima interior de alta performance. Embora ao olhar para elementos estruturais exteriores, haja algumas desvantagens. A espessura do material não é (ou quase nunca é) preferida devido à eficiência da área. E a técnica requer pré-fabricação e desenvolvimento desse processo industrializado para se tornar competitiva no mercado.

Na pesquisar do uso global da técnica de terra compactada, foi importante entender a diferença entre estruturas não estabilizadas e estabilizadas. Onde a adição de cimento na terra compactada estabilizada (SRE) compromete de alguma forma a reciclabilidade futura. Em alguns países, a SRE é a única forma regulamentada de construir com terra, o que poderia ser visto como problemático. Todo o ponto das estruturas à base de argila é que a argila é o aglutinante e tem a capacidade única de ser totalmente reciclada, enquanto o processo à base de cimento é uma estrutura híbrida irreversível. Este é um facto crucial para possibilitar o design para desmontagem. E de acordo com Martin Rauch, a argila é comprovadamente capaz de prolongar a vida das estruturas de madeira, regulando a humidade na madeira.

Isso volta ao design para material e ao aspecto de usar o material certo no lugar certo. O Design para Material é a metodologia que foi exercida no discurso desta tese, entendendo o potencial da terra escavada.

Não há uma solução de design 'única' ao seguir o conceito de design para material. No entanto, quanto mais se desvenda as forças, fraquezas e disponibilidade dos materiais, mais pode impulsionar o design em direção a tectónicas mais radicais. É importante conhecer os limites do material para encontrar outros materiais complementares para apoiá-lo.

Houve momentos em que a relevância e escalabilidade da técnica de terra compactada como material viável no contexto de construção de um Centro Comunitário em Maputo foram questionadas. Novamente, trata-se do material certo no lugar certo - e talvez a tipologia de edifício certa. Edifícios públicos, escolas ou estruturas de baixo porte que estão sujeitas a alterações têm o maior potencial. Por exemplo, um edifício escolar poderia precisar se expandir ou ser reconfigurado para atender a novas demandas. Os elementos de terra compactada poderiam ser demolidos e reconstruídos no mesmo local durante o verão.

Finalmente, refletindo sobre o objetivo e propósito da tese e o objeto de design escolhido para responder à pergunta de pesquisa; Qual é o potencial de uso da terra escavada como um recurso material circular, gerando estruturas de terra compactada em um contexto urbano de Maputo?

A ideia inicial era detalhar um edifício e adotar uma abordagem mais técnica para responder à pergunta de pesquisa. Mais tarde, no processo de design, percebendo que um Centro Comunitário talvez não seja uma tipologia de edifício que utilize todas as qualidades de um edifício de terra, ou revele todo o potencial de construção com terra. Não, como uma escola, escritório ou edifício residencial, beneficie do clima interior ideal, humidade regulada ou conforto térmico. Nem o edifício do Centro Comunitário será demolido em 15-30 anos. No entanto, o conceito de design para material explorado na tese é talvez o que é mais forte e relevante para discutir. Este trabalho tenta mapear o possível uso de argila em terra compactada como um material local que poderia contribuir para pesquisas adicionais. A ideia de design para material deve ser desenvolvida ainda mais e pode ser usada como um guia ao desenvolver outros materiais de construção circulares.

A ambição desta tese era construir sobre o conhecimento existente da construção de terra e que pode ser um material viável no contexto de um Centro Comunitário em Maputo, se usado da maneira adequada. As aprendizagens são que é crucial entender o processo de construção com terra e seus desafios e oportunidades - além das propriedades físicas de construção do material. As demandas e a logística de material circular na construção precisam entrar na discussão mais cedo no processo de design. Aqui é onde todos os arquitetos têm o poder de impulsionar o desenvolvimento do conhecimento ainda mais e de envolver todas as partes interessadas no processo de construção. Como arquitetos, somos os principais agentes em termos de contar histórias e temos o poder de direcionar a narrativa de uma maneira mais crítica.

O projecto do Centro Comunitário, procura expor o potencial do material em terra disponível em Maputo. O edifício envia uma mensagem, mostrando o potencial de construir com material de terra em um contexto inesperado. O objetivo é tornar as estruturas de terra acessíveis e visíveis no ambiente urbano de Maputo. O Centro Comunitário é talvez o melhor exemplo de um edifício público onde muitas pessoas passam, permitindo-lhes experimentar a atmosfera e textura do material. Isso faz parte do desafio ao estigma e do início da imaginação do potencial de introduzir a terra compactada no ambiente construído moderno.
No projecto do Centro Comunitário as paredes de terra são exageradas em sua espessura, não por razões estruturais, mas por razões estéticas. A mensagem: há uma abundância deste material circular, atualmente considerado como resíduo - vamos usá-lo!

Considerações Finais

O estudo apresentado propôs uma abordagem inovadora e sustentável para a construção de um centro comunitário, utilizando técnicas avançadas de compactação da terra. Ao longo deste trabalho, exploramos a história e a evolução do uso da terra como material de construção, destacando sua relevância cultural e sua capacidade de se adaptar às necessidades contemporâneas.

Embora reconheçamos que a terra compactada pode não substituir completamente materiais convencionais em estruturas de grande porte, como arranha-céus e edifícios comerciais, demonstramos sua viabilidade e eficácia na criação de espaços comunitários funcionais e sustentáveis. Através da reintrodução e reinvenção dessa técnica ancestral, podemos promover a valorização do espaço público e incentivar a participação activa da comunidade no processo construtivo.

Essa abordagem não apenas contribui para a preservação do meio ambiente, mas também fortalece os laços comunitários e promove a inclusão de todas as faixas etárias na construção e utilização do centro comunitário.

Em suma, a a proposta de Terra Compactada reinventada representa não apenas uma solução construtiva inovadora, mas também um catalisador para a transformação positiva de espaços urbanos, promovendo a interação social, o desenvolvimento sustentável e a preservação das tradições construtivas ancestrais. Este trabalho oferece uma perspectiva singular sobre o potencial da terra como material de construção no contexto contemporâneo, e abre caminho para futuras investigações e aplicações práticas dessa abordagem inovadora.

A construção em terra pode ser uma mais valia no contexto de Moçambique, entretanto não se têm tirado proveito deste material pois:

· O conhecimento técnico destas técnicas é limitado, o que afecta significativamente a eficiência construtiva.

· Ausência de regulamentação e incentivos governamentais. o que dificulta a garantia de padrões de qualidade nas construções em terra;

· Há falta de padronização e industrialização destas técnicas de modo a se equiparar a outros materiais de construção correntes permitindo uma melhor inserção no mercado de construção civil.

· Histórica subestimação em favor de materiais mais convencionais. Falta de conhecimento sobre as técnicas de construção em terra e seus benefícios.

· Rápida urbanização e influência de padrões construtivos estrangeiros.

· Preconceitos injustificados sobre a durabilidade e resistência sísmica da construção em terra.

· Falta de programas de capacitação e sensibilização para profissionais da construção.

· Pouca pesquisa sobre as propriedades e comportamento da terra em diferentes condições climáticas e geológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

H. Schroeder, “Modern earth building codes, standards and normative development,” Germany: Bauhaus University Weimar, 2012

G. Minke, “Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth.” GATE - BASIN (Building Advisory Service and Information Network, 2001.

G. Minke, Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture, Berlim: Birkhäuser, 2006.

V. Maniatidis and P. Walker, “Structural Capacity of Rammed Earth in Compression,” J. Mater. Civ. Eng., vol. 20, no. 3, pp. 230–238, 2008.

H. Houben, H. Guillaud e CRATerre, Traité de construction en terre, Parenthèses, 2006.

F. P. Torgal, R. M. Eires e S. Jalali, Construção em Terra, TecMinho ed., Publidisa, 2009

T. D. Gonçalves e M. I. Gomes, “A terra como material de construção,” Lisboa, 2009.

J. M. F. V. N. Falcão, “Arquitectura Contemporânea em Terra. Dissertação,” Lisboa, 2014.

ASTM E2392/E2392M-10 (2016). Standard guide for design of earthen wall building systems. ASTM. United States. Disponivel em https://www.astm.org/Standards/E2392.htm.

Balderrama, A. A. (2001). The Conservation of Earthen Architectures. The Getty Conservation - Institute Newsletter, 16(1), 4–10.

Correia, M., & Merten, J. (2011). Earthen Architecture in Portugal. Terra Europae: Earthen Architecture in the European Union. In: Correia, M., Dipasquale, L., Mecca, S. (eds). Edizioni ETS. 165–167. ISBN: 9788846729576.

El Gamal, M. (2014). Resource Efficient Architecture and Planning for Egypt Obstacles and Potentials of the Modern Application of Egyptian Vernacular Architecture and Planning. M.Sc. Resource Efficiency in Architecture and Planning. HafenCity University, Hamburg.

Jaquin, P., Augarde, C. and Gerrard, C. (2008). Chronological Description of the Spatial Development of Rammed Earth Techniques. International Journal of Architectural Heritage, 2(4), pp.377-400.

Rauch, M., Kapfinger, O. and Sauer, M. (2015). Martin Rauch Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth. Detail-Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Company KG.

Standards Australia, The Australian Earth Building Handbook. Sydney, Australia:Australia: Standards Australia, 2002.

Minke, G. (2013). Building With Earth. Berlin: Birkhauser Base

IS 13827 (1993). Improving Earthquake Resistance of Earthen Buildings – Guidelines. Indian Standard. New Delhi.

Keable, J., (1996). Rammed Earth Structure: a code of pratice, London: Intermediate Technology Publications Ltd

H. Guillaud, Marrakech 87 Habitat en terre. Grenoble: CRAterre., 1987.

B. V. Venkatarama Reddy and P. Prasanna Kumar, “Embodied energy in cement stabilised rammed earth walls” Energy Build., vol. 42, no. 3, pp. 380–385, Mar. 2010.

M. Krayenhoff, Techno-economic analysis and environmental assessment of stabilized insulated rammed earth (SIREWALL) building. 2012.

P. A. Jaquin and C. E. Augarde, “Analysis of historic rammed earth construction,” in 5th international conference on structural analysis of historical constructions, New Dehli, India, 2006, pp. 1091–1098

ABNT. (2009). NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABNT. (2005). NBR 15220 - 2: Desempenho térmico de edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABNT. (2022). NBR 17014: Taipa de pilão – Requisitos, procedimentos e controle. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABNT. (2013). NBR 15575 - 4: Edificações Habitacionais – Desempenho. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Vieira, G. (2022). Taipa de pilão em sistema construtivo híbrido, Pirenópolis – Go [Review of Taipa de pilão em sistema construtivo híbrido, Pirenópolis – Go]. In Instagram.

SIREWALL (STRUCTURAL INSULATED RAMMED EARTH) - Inspiration Kit.