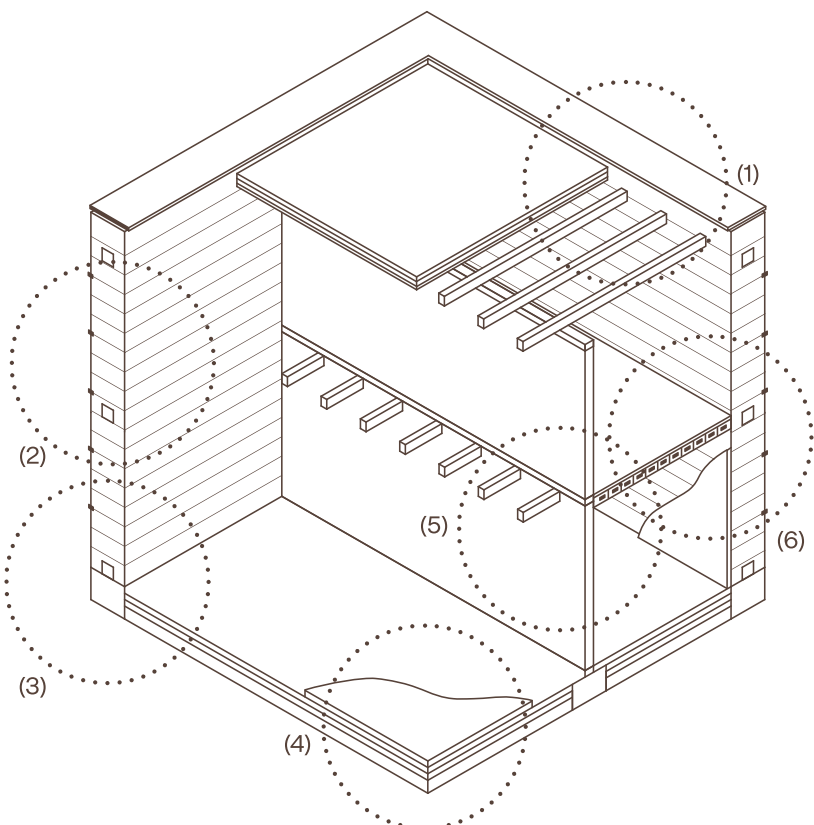


TERRA CASA CRU atelier

Terra Casa afirma-se como um manifesto pela construção com terra, revelando os detalhes construtivos de um edifício de dois pisos em taipa estrutural, utilizando apenas terras da cidade de Lisboa. A terra surge como matéria primordial, capaz de estruturar e dar forma aos elementos essenciais da arquitetura, unindo técnica e expressão. O protótipo, reduzido em 60% face à escala real, convida a uma leitura próxima e atenta, tornando visível o que tantas vezes permanece oculto. Procura-se, assim, desfazer preconceitos associados a esta forma de construir, através da apresentação de boas práticas e princípios de conceção e execução. Identificam-se as zonas mais vulneráveis, como a ligação cobertura-parede ou fundação-parede. Revelam-se estratégias de detalhe construtivo que previnem danos e necessidades excessivas de manutenção como as linhas de erosão ou a compatibilidade entre materiais. Propõem-se soluções para garantir o bom comportamento do edifício especialmente a nível acústico e higratérmico. A Análise do Ciclo de Vida «Do Berço ao Portão» revelou uma poupança na emissão de gases com efeito de estufa na ordem dos 97% em relação a uma construção convencional.



- (1) COBERTURA**
Camadas (exterior — interior):
- Gravilha 15 cm
 - Membrana betuminosa
 - Argamassa de terra argilosa 2 cm
 - Isolamento em terrapalha inclinado 2 % 16 cm altura mínima
 - Estrutura secundária de caniço 2 cm
 - Viga de madeira (8 × 16 cm)
 - Reboco interior de argila 2 cm

Notas importantes:

- Lintel de coroamento em betão armado devido à atividade sísmica na zona de Lisboa;
- Importância de isolamento térmico da cobertura para reduzir perdas de calor no inverno e evitar sobreaquecimento no verão.

Desempenho térmico: U = 0,49 W/m²K, Uref = 0,50 W/m²K
Análise de Ciclo de Vida do sistema construtivo: ACV = -27 kg CO₂-eq/m²

- (2) PAREDES EXTERIORES**
Camadas (exterior — interior):
- Parede de taipa portante, sismo-resistente 60 cm
 - Linhas de erosão
 - Reboco interior de argila 2 cm

Notas importantes:

- Novo regulamento térmico mais permissivo para construções em terra*
- Linhas de erosão para proteger a face exterior da parede da erosão provocada pelos agentes atmosféricos

Desempenho térmico: U = 1,19 W/m²K, Uref = 1,30 W/m²K
Análise de Ciclo de Vida: ACV = 11 kg CO₂-eq/m²
*Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho: Na situação prevista na alínea anterior, os elementos da envolvente corrente opaca devem apresentar um coeficiente de transmissão térmica superficial igual ou inferior a 0,90 W/(m².°C), ou no caso de soluções construtivas em taipa ou similares, igual ou inferior a 1,30 W/(m².°C)

- (3) FUNDAÇÃO**
Camadas (exterior — interior):
- Impermeabilização betuminosa
 - Lintel de fundação em betão armado (profundidade calculada com base nas características do solo)
 - Betão ciclópico
 - Betão de limpeza

Análise de Ciclo de Vida: ACV fundação betão ciclópico = 25 kg CO₂-eq/m²
Análise de Ciclo de Vida: ACV fundação betão armado = 64 kg CO₂-eq/m²

Notas importantes:

- Opções de materiais: betão e betão ciclópico para permitir construção em altura, especialmente em zonas sísmicamente sensíveis
- Drenagem das fundações para evitar danos ou infiltrações de água do solo, sobretudo face a alterações climáticas, chuvas intensas e cheias

Desempenho térmico: U = 0,49 W/m²K, Uref = 0,50 W/m²K
Análise de Ciclo de Vida do sistema construtivo: ACV = -27 kg CO₂-eq/m²

- (4) PAVIMENTO TÉRREO**
Camadas (exterior — interior):
- Acabamento em óleo-cera
 - Terra batida 10 cm
 - Betonilha térmica de cal e cortiça granulada 10 cm
 - Tout-venant 10 cm
 - Brita 2 compactada 30 cm

Notas importantes:

- Isolamento térmico para reduzir perdas de calor
- Proteção contra a humidade ascendente com uma camada drenante ventilada (gravilha)

Desempenho térmico: U = 0,38 W/m²K, Uref = 0,40 W/m²K
Análise de Ciclo de Vida do sistema construtivo: ACV = 9 kg CO₂-eq/m²

- (5) PAREDES INTERIORES**
Camadas (esquerda – direita):
- Reboco de argila 2 cm
 - Parede de terrapalha (estrutura de madeira com enchimento de terra-palha) 15 cm
 - Reboco de argila 2 cm

Notas importantes:

- Sistemas e materiais compatíveis com construção em terra, com especial atenção à permeabilidade ao vapor e à acústica

Análise de Ciclo de Vida do sistema construtivo: ACV = -24 kg CO₂-eq/m²

- (6) PAVIMENTO INTERMÉDIO**
Camadas (piso superior — piso inferior):
- Acabamento em óleo-cera
 - Argamassa de acabamento em terra 2 cm
 - Camada de enchimento de terra 3 cm
 - Isolamento de terra-palha em barrotes 15 cm
 - Viga de madeira (8 × 16 cm)
 - Reboco de argila 2 cm

Notas importantes:

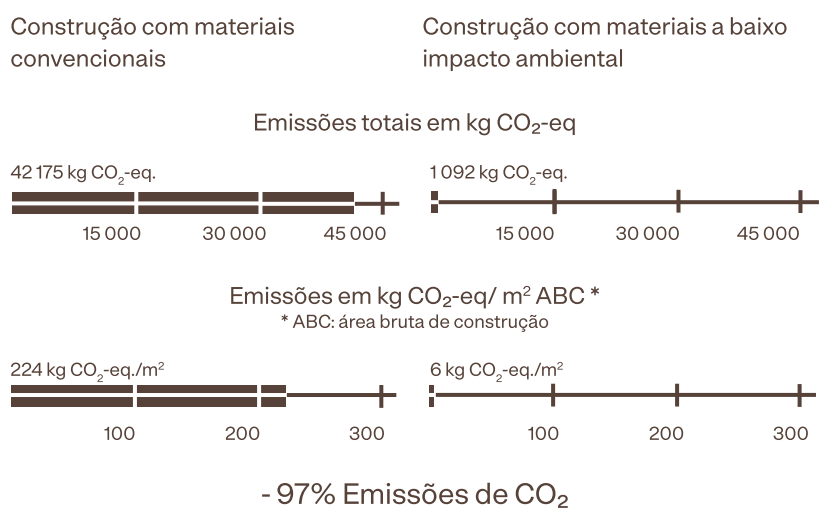
- Atenção ao conforto acústico através do uso de massa

Análise de Ciclo de Vida do sistema construtivo: ACV = -28 kg CO₂-eq/m²

Avaliação do Ciclo de Vida — Do Berço ao Portão

Esta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) «Do Berço ao Portão» mostra a pegada de carbono de um edifício de dois andares, com duas habitações com área bruta de construção (ABC) de 95 m² cada uma. Comparam-se materiais convencionais com os materiais a baixo impacto ambiental do protótipo, que representa uma esquina deste edifício, a fim de explicar qual pode ser a redução das emissões de CO₂ na construção. A ACV foi elaborada com base nos dados da ÖKOBAUDAT e num período de análise de 50 anos. Estão incluídos os seguintes módulos de ACV: A1 (consumo de matérias-primas), A2 (transporte para a fábrica), A3 (produção). O módulo A4 (transporte da fábrica para o estaleiro) não está incluído por falta de dados disponíveis. Uma vez que no nosso protótipo foram utilizados materiais locais provenientes de um raio inferior a 100 km, a diferença em relação à referência seria ainda maior.

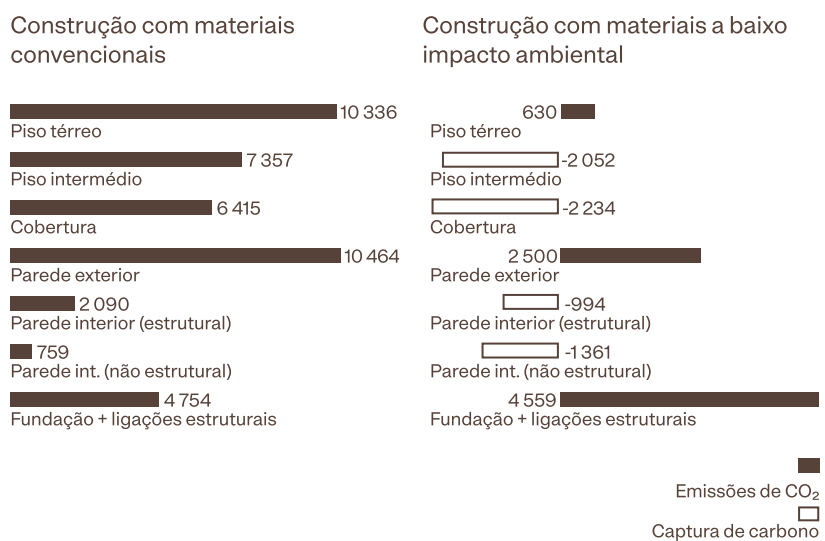
Construção total (Captura de carbono e Emissões de CO₂)



O que representam estas emissões de CO₂ na prática?

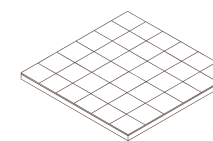
- Com materiais convencionais = 100 voos de Lisboa para Barcelona
- Com materiais a baixo impacto ambiental = 3 voos de Lisboa para Barcelona
- Com materiais convencionais = 253 050 km de carro
- Com materiais a baixo impacto ambiental = 6 552 km de carro

Por Componente (Captura de carbono e Emissões de CO₂ / componente em kg CO₂-eq.)

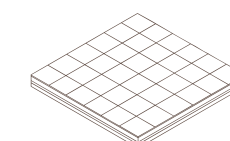


ESTRUTURA DE COMPONENTES

Construção com materiais convencionais

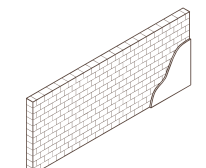


Piso intermédio
Tijoleira
Betonilha de cimento
Folha de PE
Betão armado
Reboco de gesso
Tinta interior

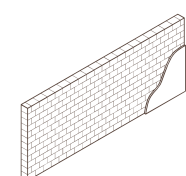


Cobertura
Gravilha
Geotextil
Isolamento térmico em XPS
Membrana betuminosa
Betão armado
Reboco de gesso
Tinta interior

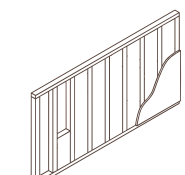
Piso térreo
Tijoleira
Betonilha de cimento
Folha de PE
Betão armado
Membrana de EPDM
Isolamento em XPS
Betão de Limpeza



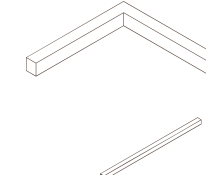
Parede exterior
Tinta interior
Reboco de gesso
Tijolo furado
Isolamento térmico em EPS
Reboco de cimento
Tinta da fachada



Parede interior (estrutural)
Tinta interior
Reboco de gesso
Tijolo silicocalcário
Reboco de gesso
Tinta interior

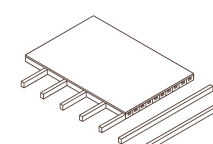
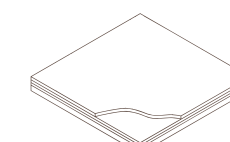


Parede interior (não estrutural)
Tinta interior
Gesso cartonado
Suporte metálico + lâ de rocha
Gesso cartonado
Tinta interior

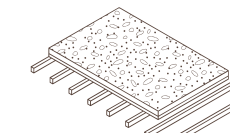


Fundação + ligações estruturais
Fundação: betão armado
Lintel: betão armado 200x200mm

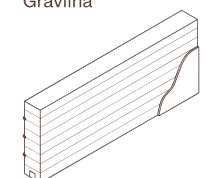
Construção com materiais a baixo impacto ambiental



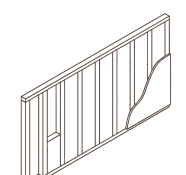
Piso intermédio
Óleo / Cera
Acabamento em terra
Viga de madeira + terrapalha em barrotes
Reboco de argila



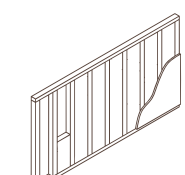
Cobertura
Gravilha
Membrana betuminosa
Argamassa de terra
Isolamento em terrapalha
Caniço
Viga de madeira



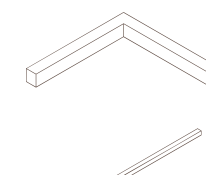
Parede exterior
Reboco de argila
Taipa com linhas de erosão



Parede interior (estrutural)
Reboco de argila
Estrutura de madeira + enchimento de terrapalha
Reboco de argila



Parede interior (não estrutural)
Reboco de argila
Estrutura de madeira + enchimento de terrapalha
Reboco de argila



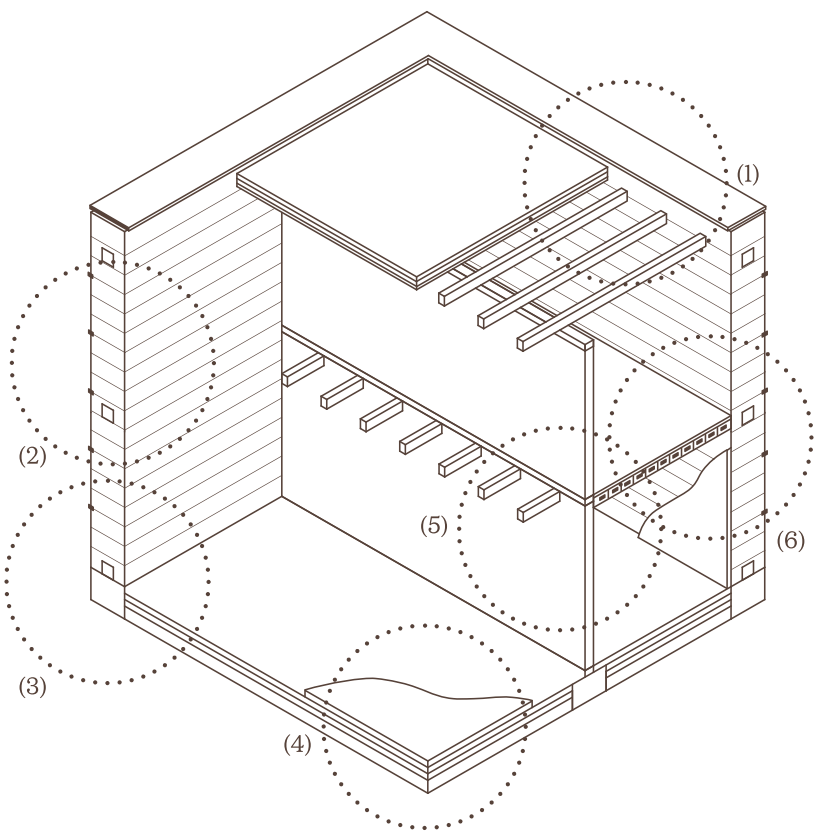
Fundação + ligações estruturais
Fundação: betão armado / betão ciclópico (85% pedra)
Reforço sísmico: aço Ø 16mm cada metro
Lintel: betão armado 200x200mm

■ Emissões de CO₂
□ Captura de carbono

EARTH HOUSE

CRU atelier

Earth House presents itself as a manifesto for earthen construction, revealing the construction details of a two-storey structural rammed-earth building made exclusively from soils sourced in the city of Lisbon. Earth emerges here as a primordial material, capable of structuring and shaping the essential elements of architecture, uniting technique and expression. Reduced by 60% in relation to full scale, the prototype invites close and attentive observation, rendering visible what so often remains concealed. In doing so, it seeks to dismantle prejudices associated with this way of building through the presentation of good practices and principles of design and construction. The most vulnerable areas are identified, such as the roof-to-wall and foundation-to-wall junctions. Constructive detailing strategies are revealed that prevent damage and excessive maintenance requirements, including erosion lines and material compatibility. Solutions are proposed to ensure the building's performance, particularly in acoustic and hygrothermal terms. A "Cradle-to-Gate" Life Cycle Assessment revealed a reduction of greenhouse gas emissions of around 97% compared to conventional construction.



(1) ROOF

- Layers (exterior — interior):
- Gravel 15 cm
 - Bituminous membrane
 - Clay-earth mortar 2 cm
 - Sloped straw-clay insulation, 2% gradient, minimum height 16 cm
 - Reed secondary structure 2 cm
 - Timber beam (8 × 16 cm)
 - Interior clay plaster 2 cm

Important notes:

- Reinforced concrete ring beam required due to seismic activity in the Lisbon area;
- Importance of roof thermal insulation to reduce heat loss in winter and prevent overheating in summer.

Thermal performance:

$U = 0.49 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{ref} = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Life Cycle Assessment per building system: $LCA = -27 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

(2) EXTERIOR WALLS

- Layers (exterior — interior):
- Load-bearing, seismic-resistant rammed-earth wall 60 cm
 - Erosion lines
 - Interior clay plaster 2 cm

Important notes:

- New thermal regulations more permissive towards earthen construction*
- Erosion lines protect the external wall surface from weather-related erosion

Thermal performance:

$U = 1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{ref} = 1.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Life Cycle Assessment per building system: $LCA = 11 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

* Ordinance no. 138-I/2021, of 1 July:

"In the situation provided for in the previous paragraph, opaque envelope elements must present a surface thermal transmittance coefficient equal to or lower than $0.90 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$, or, in the case of rammed-earth or similar construction solutions, equal to or lower than $1.30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$."

(3) FOUNDATION

- Layers (exterior — interior):
- Bituminous waterproofing
 - Reinforced concrete foundation beam (depth calculated according to soil characteristics)
 - Cyclopean concrete foundation
 - Blinking

Life Cycle Assessment:

LCA cyclopean concrete foundation = $25 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$
 LCA reinforced concrete foundation = $64 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

Important notes:

- Material options: reinforced concrete and cyclopean concrete to enable multi-storey construction, especially in seismically sensitive areas
- Foundation drainage to prevent damage or water infiltration from the ground, particularly in light of climate change, intense rainfall and flooding

(4) GROUND FLOOR

- Layers (exterior — interior):
- Oil-wax finish
 - Compacted earth floor 10 cm
 - Lime and granulated cork thermal screed 10 cm
 - Compacted all-in aggregate 10 cm
 - Compacted gravel 30 cm

Important notes:

- Thermal insulation to reduce heat loss
- Protection against rising damp through a ventilated draining layer (gravel)

Thermal performance:

$U = 0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{ref} = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Life Cycle Assessment per building system: $LCA = 9 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

(5) INTERIOR WALLS

- Layers (right — left):
- Clay plaster 2 cm
 - Straw-clay wall (timber structure with straw-clay infill) 15 cm
 - Clay plaster 2 cm

Important notes:

- Systems and materials compatible with earthen construction, with particular attention to vapour permeability and acoustics

Life Cycle Assessment:

$LCA = -24 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

(6) INTERMEDIATE FLOOR

- Layers (upper level — lower level):
- Oil-wax finish
 - Earth finishing mortar 2 cm
 - Earth levelling course layer 3 cm
 - Straw-clay insulation between joists 15 cm
 - Timber beam (8 × 16 cm)
 - Clay plaster 2 cm

Important notes:

- Attention to acoustic comfort through the use of mass

Life Cycle Assessment:

$LCA = -28 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$

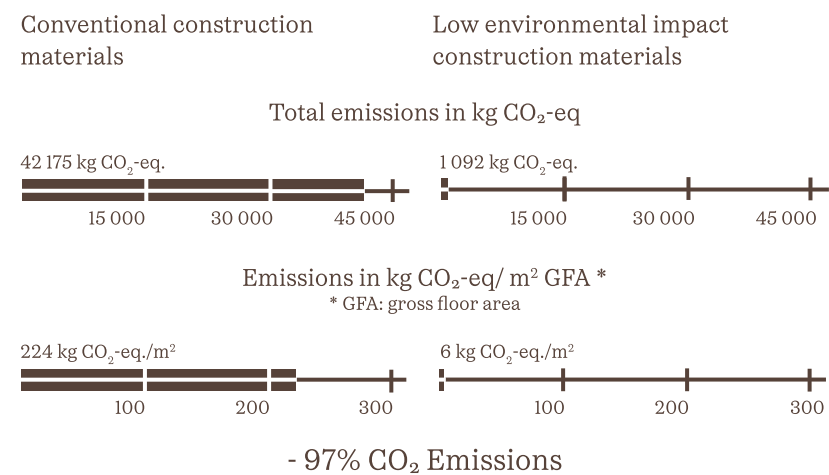
Life Cycle Assessment

— From Cradle to Gate

This Life Cycle Assessment (LCA) "From Cradle-to-Gate" shows the carbon footprint of a two-storey building with two houses, each with a gross floor area (GFA) of 95 m^2 . Conventional materials are compared with low environmental impact materials used in the prototype, that represents a corner of this building, in order to illustrate the potential reduction in CO_2 emissions of construction. The LCA was prepared based on data from ÖKOBAUDAT and a 50-year analysis period. The following LCA modules are included:

A1 (raw material consumption), A2 (transport to the factory), A3 (production). Module A4 (transport from the factory to the construction site) is not included due to a lack of available data. As our prototype used local materials sourced from within a radius of less than 100 km, the difference compared to the reference would be even greater.

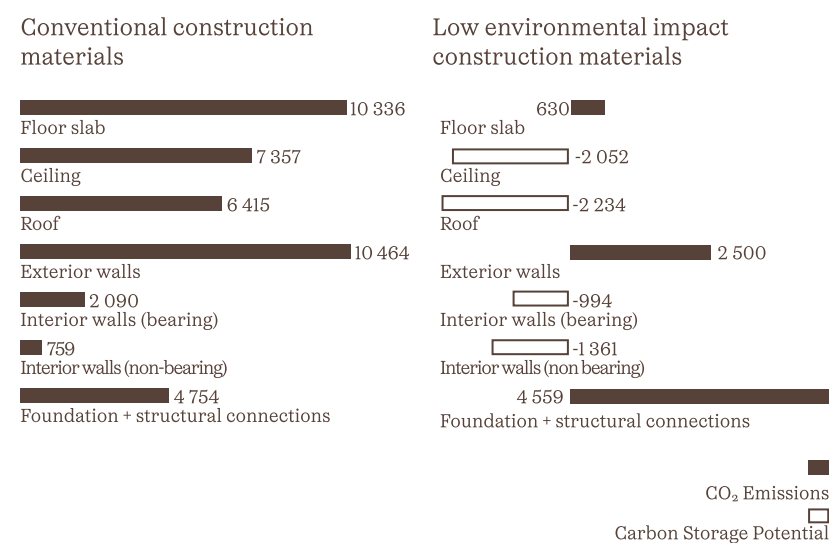
Total construction (Carbon Storage Potential and CO_2 Emissions)



What do these CO_2 emissions actually mean in practice?

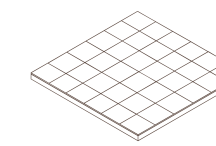
- With conventional materials = 100 flights from Lisbon to Barcelona
- With low environmental impact materials = 3 flights from Lisbon to Barcelona
- With conventional materials = 253 050 km by car
- With low environmental impact materials = 6 552 km by car

Per component (Carbon Storage and CO_2 Emissions / component in $\text{kg CO}_2\text{-eq}$)

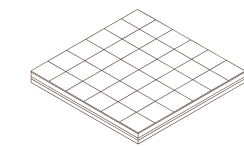


COMPONENT STRUCTURE

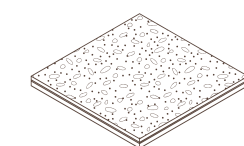
Conventional construction materials



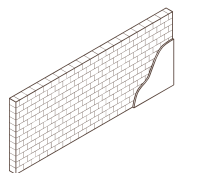
- Ceiling**
 Ceramic tiles
 Cement screed
 PE foil
 Reinforced concrete
 Gypsum plaster
 Interior wall color



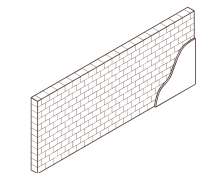
- Floor slab**
 Ceramic tiles
 Cement screed
 PE foil
 Reinforced concrete
 EPDM membrane
 XPS foam insulation
 Leveling screed



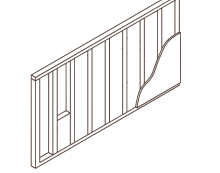
- Roof**
 Gravel
 Geotextile
 XPS foam insulation
 Bitumen membrane
 Reinforced concrete
 Gypsum plaster
 Interior wall color



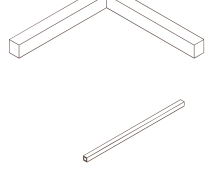
- Exterior walls**
 Interior wall color
 Gypsum plaster
 Perforated brick
 EPS foam insulation
 Cement plaster
 Exterior Paint



- Interior walls (bearing)**
 Interior wall color
 Gypsum plaster
 Sand-lime brick
 Gypsum plaster
 Interior wall color

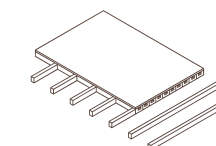


- Interior walls (non bearing)**
 Interior wall color
 Gypsum board
 Steel studs + mineral wool
 Gypsum board
 Interior wall color

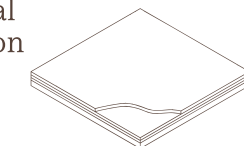


- Foundation + structural connections**
 Foundation: Reinforced concrete
 Lintel: Reinforced concrete
 250 × 250 mm

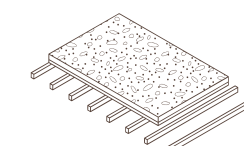
Low environmental impact construction materials



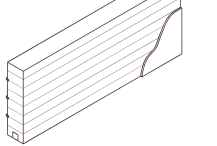
- Ceiling**
 Oil / Wax
 Earth finishing coat
 Wooden beams + Straw-clay wraps
 Clay plaster



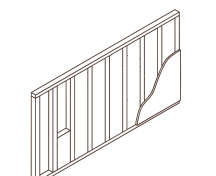
- Floor slab**
 Oil / Wax
 Rammed earth floor
 Screed thermal lime + cork
 Tout Venant
 Gravel



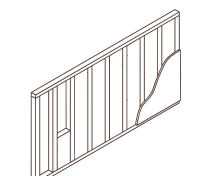
- Roof**
 Gravel
 Bitumen membrane
 Earth mortar
 Straw-clay insulation
 Reed
 Wooden beams



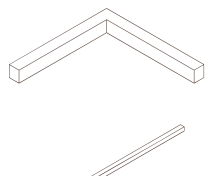
- Exterior walls**
 Clay plaster
 Rammed earth with erosion lines



- Interior walls (bearing)**
 Clay plaster
 Wood studs + Straw-clay infill
 Clay plaster



- Interior walls (non bearing)**
 Clay plaster
 Wood studs + Clay-straw infill
 Clay plaster



- Foundation + structural connections**
 Foundation: reinforced concrete / cyclopean concrete (85% stone)
 Seismic reinforcement: Steel $\varnothing 16 \text{ mm}$ every meter
 Lintel: Reinforced concrete
 200 × 200 mm