

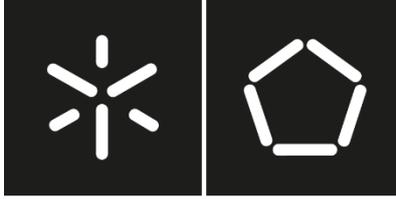


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gabriela Ladeia Andrade Martins

**Guia de soluções de madeira para
reabilitação**

Outubro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Gabriela Ladeia Andrade Martins

**Guia de soluções de madeira para
reabilitação**

Dissertação de mestrado

Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Jorge Manuel Branco

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Findada a dissertação, devo expressar os meus agradecimentos a todas as pessoas que fizeram parte deste processo e que foram cruciais para a concretização deste trabalho.

Ao Professor Jorge Manuel Branco, meu orientador, quero expressar meu profundo agradecimento, por compartilhar seus conhecimentos e paixão pela construção em madeira, além da disponibilidade e toda a atenção durante o percurso, tornando assim possível a realização deste trabalho.

Ao meu namorado, Rodolfo, por todo apoio, incentivo e paciência demonstrados em todos os momentos deste processo. Aos meus amigos por todos os momentos e conhecimentos partilhados.

Por fim, quero agradecer a minha família, em especial meus pais (Julio e Jussara) e meu irmão Lucas, que acompanharam de perto o desenvolvimento deste trabalho e por todo o apoio durante esta jornada acadêmica, sem eles esta realização não seria possível.

A todos, o meu sincero obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Em Portugal são inúmeras as construções que possuem a sua estrutura de paredes, pavimentos e cobertura em madeira. É notório que pela ação do tempo e pela falta de manutenção, diversas construções hoje necessitam de intervenção. Contudo, os conhecimentos acerca da madeira (como se projeta, como se constrói) se perdeu com a utilização de novos materiais como o betão e o aço. Por outro lado, atualmente já se pode observar uma vasta gama de materiais a base de madeira que podem ser utilizados tanto em novas construções como em reabilitações. Estes materiais possibilitam rápidas montagens, para além da preservação dos edifícios no caso de intervenções.

O interesse neste estudo surgiu com o intuito de ajudar projetistas a encontrar informações técnicas de forma concisa e organizada acerca das possibilidades existentes para reabilitação em madeira. Para tal, foram realizadas diversas pesquisas acerca dos materiais existentes a base de madeira, dos sistemas pré-fabricados, para além de materiais de isolamento e de fixação. Também foram realizados estudos das necessidades de reabilitação e dos métodos de construção em madeira antes utilizados.

Por fim, este estudo leva a criação de um manual de soluções em madeira para a reabilitação, que possui a devida explicação de cada uma das soluções junto com as características de cada material e da solução como um todo, onde o projetista possa selecionar a que mais se adequa as suas necessidades.

Palavras-chave: Madeira; Reabilitação; Pré-fabricados; Soluções construtivas.

ABSTRACT

In Portugal, there are countless constructions that have their structure of walls, floors and wooden roof. It is notorious that, due to the passage of time and lack of maintenance, several buildings today require intervention. However, knowledge about wood (how it is designed, how it is built) was lost with the use of new materials such as concrete and steel. On the other hand, it is currently possible to observe a wide range of wood-based materials that can be used both in new constructions and in rehabilitation. These materials allow for quick assembly, in addition to preserving buildings in case of interventions.

The interest in this study arose in order to help designers to find technical information in a concise and organized way about the existing possibilities for wood rehabilitation. To this end, several researches were carried out on existing wood-based materials, prefabricated systems, in addition to insulation and fastening materials. Studies were also carried out of the rehabilitation needs and of the previously used wooden construction methods.

Finally, this study leads to the creation of a wooden solutions manual for rehabilitation, which has the proper explanation of each of the solutions along with the characteristics of each material and the solution as a whole, where the designer can select the one that best suits your needs.

Keywords: Wood; Rehabilitation; Prefabricated; Constructive solutions.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	15
1.1. Enquadramento	15
1.2. Motivação e objetivos	16
1.3. Organização da dissertação	16
PRINCIPAIS ANOMALIAS EM CONSTRUÇÕES DE MADEIRA	19
2.1. Paredes Internas	19
2.2. Paredes Externas	22
2.3. Pavimentos	23
2.4. Cobertura	26
2.5. Características para as soluções	27
ENGINEERING WOOD PRODUCTS E SOLUÇÕES PRÉ-DEFINIDAS	31
3.1. Engineered Wood Products (EWP)	31
3.2. Principais EWP	32
3.2.1. Aglomerado.....	32
3.2.2. OSB.....	33
3.2.3. Painel de madeira cimento	34
3.2.4. MDF	35
3.2.5. Contraplacado.....	36
3.2.6. Madeira Lamelada Colada	37
3.2.7. Vigas I	39
3.2.8. Madeira lamelada cruzada.....	39
3.2.9. Laminated Veneer Lumer (LVL).....	41
3.2.10. Parallel Strand Lumber (PSL).....	42
3.2.11. Laminated Strand Lumber (LSL)	43
3.3. Sistemas pré-fabricados	44

3.3.1.	Painel Kielsteg.....	44
3.3.2.	Painel Wenus	45
3.3.3.	Sistema O'portune.....	46
3.3.4.	Sistema Véga	47
3.3.5.	Painel sandwich.....	49
3.3.6.	Painel Quark	50
3.3.7.	Lignotrend.....	51
3.3.8.	Bresta.....	52
3.3.9.	Lignatur	53
3.3.10.	Steko.....	53
3.3.11.	Wellsteg.....	55
DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PRÉ-FABRICADAS		57
4.1.	Soluções para paredes.....	58
4.1.1.	Paredes internas.....	58
4.1.2.	Paredes externas	66
4.1.3.	Soluções para pisos.....	74
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		85
5.1.	Conclusões gerais e recomendações.....	85
5.2.	Futuros desenvolvimentos	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		87
ANEXOS.....		89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de paredes de tabique	20
Figura 2 - Parede interna com estrutura em formato de gaiola.....	21
Figura 3 – Parede de tabique reforçado.....	23
Figura 4 – Estrutura de pavimento em madeira.....	25
Figura 5 – Revestimento da estrutura de pavimento	26
Figura 6 - Cálculo U	27
Figura 7 - Gráfico R_w	28
Figura 8 – Linha do tempo de tipos de EWP	32
Figura 9 – Painel aglomerado de madeira.....	32
Figura 10 – Junção de lâminas de madeira para formação de painel OSB.....	33
Figura 11 – Painéis de OSB aplicados na construção civil	34
Figura 12 – Painéis de madeira cimento	35
Figura 13 – Painel de MDF.....	36
Figura 14 – Painel de contraplacado	37
Figura 15 – Painel madeira lamelada colada.....	38
Figura 16 – Madeira lamelada colada aplicada na estrutura	38
Figura 17 – Estrutura utilizando viga I	39
Figura 18 – Madeira lamelada cruzada.....	40
Figura 19 – Construção com CLT	41
Figura 20 – Painéis de LVL.....	42
Figura 21 – Placa de PSL.....	43
Figura 22 – Peça de LSL.....	44
Figura 23 – Painel Kielsteg.....	45
Figura 24 – Painel Wenus	46
Figura 25 – Sistema O’portune	47
Figura 26 – Telhado véga autoportante	48
Figura 27 – Telhado véga com tirante	48
Figura 28 – Telhado véga com treliça tradicional.....	49
Figura 29 – Telhado véga em elementos parciais	49
Figura 30 – Composição do painel sandwich	50
Figura 31 – Construção a utilizar painéis Quark	51

Figura 32 – Painel Lignotrend.....	51
Figura 33 – Painel Bresta.....	52
Figura 34 – Painel Lignatur	53
Figura 35 – Módulo do sistema Steko	54
Figura 36 – Construção utilizando sistema Steko	54
Figura 37 – Sistema Wellsteg	55
Figura 38 – Esquema de solução de parede interna entre ambiente seco e húmido.....	59
Figura 39 – Solução de parede interna entre ambiente seco e húmido.....	59
Figura 40 – Vista lateral solução 2	61
Figura 41 – Imagem 3d da solução.....	61
Figura 42 – Corte da solução 3.....	63
Figura 43 – Corte da solução 3.....	63
Figura 44 – Corte da parede.....	65
Figura 45 – Imagem 3d da solução 4 de parede	65
Figura 46 – Corte com pormenor da solução	67
Figura 47 – Vista da solução em 3d	67
Figura 48– Pormenor da solução	69
Figura 49 – Vista da solução em 3d	69
Figura 50 – Pormenor da solução.....	71
Figura 51 – Vista da solução em 3d	71
Figura 52 – Pormenor da solução.....	73
Figura 53 – Vista da solução em 3d	73
Figura 54 – Pormenor da solução.....	75
Figura 55 – Vista da solução em 3d	75
Figura 56 – Pormenor da solução.....	76
Figura 57 – Vista da solução em 3d	77
Figura 58 – Pormenor da solução.....	78
Figura 59 – Vista da solução em 3d	79
Figura 60 – Pormenor da solução.....	80
Figura 61 – Vista da solução em 3d	81
Figura 62 – Pormenor da solução.....	82
Figura 63 – Vista da solução em 3d	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação resistência ao fogo.....	29
Tabela 2 – Características dos materiais	60
Tabela 3 – Características da solução 1	60
Tabela 4 – Características dos materiais	62
Tabela 5 – Características da solução 2	62
Tabela 6 – Características dos materiais	64
Tabela 7 – Características da solução 3	64
Tabela 8 – Características dos materiais	66
Tabela 9 – Características da solução 4	66
Tabela 10 – Características dos materiais	68
Tabela 11 – Características da solução 1	68
Tabela 12 – Características dos materiais	70
Tabela 13 – Características da solução 2	70
Tabela 14 – Características dos materiais	72
Tabela 15 – Características da solução 3	72
Tabela 16 – Características dos materiais	74
Tabela 17 – Características da solução 4	74
Tabela 18 – Características dos materiais	75
Tabela 19 – Características da solução 1	76
Tabela 20 – Características dos materiais	77
Tabela 21 – Características da solução 2	77
Tabela 22 – Características dos materiais	79
Tabela 23 – Características da solução 3	79
Tabela 24 – Características dos materiais	81
Tabela 25 – Características da solução 4	82
Tabela 26 – Características dos materiais	83
Tabela 27 – Característica da solução 5.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS

% - percentagem

cm – centímetros

g – gramas

Kg – quilograma

m – metros

m² - metros quadrados

m³ - metros cúbicos

mm - milímetros

Rw – atenuação sonora

U – coeficiente de transmissão térmica

LISTA DE SIGLAS

CBPB – *Cement-Bonded Particle Board*

CBS-CBT – *Concepts Bois Structure-Concept Bois Technologie*

CLT – *Cross Laminated Timber*

EWP - *Engineered Wood Products*

LSL – *Laminated Strand Lumber*

LVL – *Laminated Veneer Lumber*

MDF – *Medium Density Fibreboard*

MLC – Madeira Lamelada Colada

OSB – *Oriented Strand Board*

PSL – *Parallel Strand Lumber*

PVC – *Polyvinyl Chloride*

XPS – Poliestireno Extrudido

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A madeira é um dos materiais mais antigos da construção. Desde a antiguidade o homem, já utilizava a madeira como um material de construção, devido ao seu fácil manuseamento e bom desempenho mecânico em relação a outros materiais. Em Portugal, grande parte do edificado localizado em zonas com um elevado valor patrimonial possui elementos estruturais em madeira (TORRA, 2016).

Ao longo dos anos, os centros urbanos sofreram grandes alterações com relação a utilização e ocupação do solo. As zonas centrais foram sendo abandonadas, visto que a população passou a habitar zonas mais afastadas do que era considerado o centro. Devido a este abandono, e conseqüentemente da falta de manutenção, surgiu a necessidade da reabilitação destas edificações, visto também o crescimento da população e retorno da ocupação destes centros que anteriormente foram desocupados.

A reabilitação é uma área que é de difícil desenvolvimento visto que engloba um vasto leque temático e, portanto, é uma área de intervenção pluridisciplinar. É necessário ter em consideração o máximo de informação face ao tipo de construção, face à sua geometria, à heterogeneidade e propriedades dos materiais tradicionais utilizados, ao deficiente conhecimento face às técnicas de construção tradicionais, à caracterização dos esforços aplicados e seu comportamento estrutural (LOURENÇO, 2001).

Antigamente, a reabilitação era voltada principalmente para conservação de monumentos e importantes edificações como palácios e igrejas. No entanto, com o passar do tempo e a falta de manutenção das habitações antigas, viu-se também a necessidade de reabilitações destes edifícios. Sendo assim, hoje já existem diversos estudos a cerca da reabilitação de edifícios antigos.

1.2. Motivação e objetivos

Os edifícios são partes importantes na sociedade, visto que confere aos seus integrantes conforto, segurança e proteção. Em Portugal, é possível observar que ao longo dos anos as edificações apresentaram grandes níveis de degradação, devido a falta de manutenção dos mesmos, tornando estes edifícios um perigo para os habitantes e um problema para a cidade, visto que interfere no visual e na caracterização da mesma.

Durante um longo período de tempo a reabilitação de edifício antigos teve um peso pouco significativo no sector da construção, contudo, hoje em dia, reconhecida a importância da conservação do património arquitetónico por parte da sociedade em geral, a reabilitação ganha cada vez mais preponderância na indústria da construção, pelo que as intervenções em edifícios antigos são prática comum (FERREIRA, 2009).

Para realizar a reabilitação de edifícios antigos, é necessário um vasto estudo de cada edificação de forma individual, visto que não há um padrão de construção e há inúmeras formas e materiais para realizar uma reabilitação. No entanto, uma das maiores dificuldades na reabilitação é fazer a escolha correta de solução para cada caso, pois existem vários fatores que interferem na escolha, como por exemplo, a nova utilização da edificação.

Com este intuito, foi criado este trabalho, cujo principal objetivo, tal como o título indica, consiste na criação de um guia que possui soluções de paredes e pavimentos em madeira pré-fabricada, com as características necessárias para a tomada de decisão na hora de escolher a solução cabível para o tipo de reabilitação que o projeto necessita, incluindo também os pormenores construtivos de cada solução.

1.3. Organização da dissertação

O presente trabalho encontra-se organizado em sete partes, tendo como primeira parte a introdução, onde estão descritos o enquadramento do trabalho e os objetivos a serem alcançados com o mesmo.

Em seguida, se encontram as principais anomalias e patologias em estruturas de madeira, as quais foram identificadas com base em diversos artigos e livros. Nesta segunda parte é possível encontrar as necessidades de reabilitação pelas quais este trabalho foi escrito, necessidades estas que serão supridas com as soluções propostas nas fases posteriores.

A terceira parte aborda os Engineering Wood Products e soluções pré-definidas em madeira, onde foi abrangido diversas soluções em madeira pré-fabricada, que serão utilizadas como base para a criação das soluções presentes neste trabalho. Esta parte, assim como a anterior, foi baseada em uma extensa pesquisa em artigos, livros e fornecedores de materiais.

Posteriormente, é apresentado o estudo ao qual este trabalho se dirige, onde foram identificadas soluções de paredes internas, externas e pavimentos a utilizar elementos pré-fabricados em madeira na reabilitação. Estas soluções estão apresentadas com todas as características necessárias para implementação do sistema em um projeto.

As partes seguintes são destinadas a conclusão do trabalho, a um guia detalhado de soluções, em formato de catálogo, onde será possível a consulta de arquitetos e engenheiros para a escolha da solução que melhor se encaixa a sua necessidade. Por fim, as referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2

PRINCIPAIS ANOMALIAS EM CONSTRUÇÕES DE MADEIRA

A madeira é aplicada na construção de edifícios em situações muito diversas de exposição, principalmente no que se refere a condições ambientais higrotérmicas as quais regulam em grande parte a atividade dos agentes biológicos responsáveis pela deterioração desse material. A proteção a efectuar está, portanto, dependente do fim a que a peça ou diferentes componentes se destinam e até do local onde irão ocupar na obra (BRITO, 2004)

É comum o surgimento de anomalias nos mais diversos tipos de construção, que resultam do envelhecimento, do desgaste dos materiais e da falta de manutenção. Esta dissertação tem como objetivo listar as principais anomalias, representativas das construções em madeira, para assim promover a sua reabilitação através de intervenções adequadas. Para o efeito foram seleccionadas as anomalias mais comuns para serem analisadas de forma detalhada, separando-as por paredes internas, paredes externas, pavimentos e coberturas.

2.1. Paredes Internas

Nas paredes internas com estrutura de madeira é possível encontrar anomalias causadas por humidade, ruídos excessivos causados por mau isolamento acústico e falta de isolamento térmico. E cada uma destas causam certo desconforto e até um risco à saúde dos utilizadores.

No caso de paredes internas que separam um ambiente seco de um molhado, é necessária uma atenção especial à proteção da madeira contra a humidade, para se evitar a ação de agentes biológicos. A humidade é um dos promotores da degradação da madeira, porém esta está sempre associada a outros fatores, como falta de ventilação, falta de proteção na madeira, exposição da madeira por longos períodos em ambientes húmidos. Os ciclos de perda e aumento da humidade interferem diretamente nos problemas mecânicos, que acabam por afetar toda a estrutura (BRITO,2004).

Por outro lado, também as paredes internas que dividem ambientes secos requerem alguma atenção, pois podem gerar desconforto se não forem bem planeadas. A acústica é um cuidado a ser tomado com

este tipo de divisão, principalmente se for em divisões como quartos de hotel, salas de aula, ou divisões entre apartamentos.

Além da parte acústica, deve-se levar em consideração o isolamento térmico de algumas paredes internas, em particular quando estão em contato com ambientes sem nenhum tipo de proteção térmica, levando normalmente à necessidade de serem devidamente isoladas.

Em construções antigas é comum que estas paredes que servem de compartimentação, e que não tenham nenhuma função estrutural, sejam feitas de tabique simples. Esta estrutura era normalmente formada por barrote de madeira, preenchida por um tabuado que era fixado nos barrote, após a aplicação do tabuado eram adicionados fasquios de madeira em formato trapezoidal na horizontal, com um espaçamento entre eles geralmente de 4cm, e por fim, é colocado a argamassa, como pode ser observado na Figura 1 (FLÓRIDO, 2010).



Figura 1 - Representação de paredes de tabique

Também é possível encontrar nestas habitações, paredes internas com função estrutural. Estas paredes podem ser em taipa de fasquio, taipa de rodízio ou gaiola pombalina. As paredes em taipa de fasquio e taipa de rodízio, podiam ser utilizadas tanto para a parte interna do edifício, quanto para a parte externa,

com a diferença somente nos acabamentos externos a fim de evitar anomalias e fazer a devida proteção ao edifício. Já o sistema de gaiola pombalina podia ser encontrado no interior dos edifícios.

A gaiola pombalina possui um esqueleto constituído de barrotes de madeira em formato de gaiola (também conhecida como cruz de santo andré). Os espaços vazios desta estrutura eram preenchidos com pedra ou tijolo, para garantir mais resistência a estas paredes (Figura 2). Este sistema era conferido as paredes estruturais, como as paredes de frontal.



Figura 2 - Parede interna com estrutura em formato de gaiola

As paredes de frontal (que são as paredes que fazem as grandes divisões do edifício), que se encontram acima do primeiro piso, nas duas direcções, desempenham uma função estrutural muito importante no comportamento da gaiola, quer para absorver a patê da carga vertical, quer para o travamento geral da estrutura. Estas características são conferidas, em parte, pela boa ligação das paredes aos pavimentos, cobertura e paredes de fachada (TEIXEIRA, 2010).

2.2. Paredes Externas

As paredes externas das edificações podiam muitas vezes serem construídas inteiramente em pedra, no entanto existem muitas outras que eram constituídas por pedra no rés-do-chão e madeira nos andares superiores. A utilização da madeira em paredes externas deve-se ao fato de ser um material mais económico, no entanto é um material com uma menor durabilidade. Estas dividem-se em paredes de fachada e paredes de meação.

Assim como as paredes internas estruturais, as paredes de fachada nos pavimentos superiores eram construídas em taipa, no entanto existiam algumas formas de travamento e diferentes materiais na sua constituição. Sendo assim, elas eram diferenciadas entre taipa de fasquio e taipa de rodízio.

De acordo com Flórido (2010), as paredes em taipa de fasquio eram constituídas por barrotes de madeira na parte superior e nas laterais. Dentro desta estrutura eram inseridas dois panos, o primeiro em tábuas de madeira com orientação vertical e o segundo com tábuas de madeira na diagonal. Após toda esta estrutura é inserido um fasquiado em madeira, junto com a argamassa. No lado exterior havia um tratamento maior para evitar ações da água, sendo assim, em muitos dos casos eram instalados revestimentos externos como soletos de ardósia, telha e a depender da época, até mesmo azulejos que é muito característico das construções portuguesas.

As paredes em taipa de rodízio, são constituídas por barrotes de madeira em formato quadrangular, e dispostos em forma de gaiola (Figura 3). Esta estrutura é revestida por um tabuado de madeira e seu interior pode ou não ser preenchido com cortiça ou restos de madeira, que funcionam como um isolante térmico. Assim como nas paredes de taipa de fasquio, na taipa de rodízio, também são aplicados fasquios de madeira por cima do tabuado, para fixar a camada final de acabamento da parede, e assim como elas, o acabamento para o lado exterior, também podia ser feito com soletos de ardósia, telha e azulejos.



Figura 3 – Parede de tabique reforçado

Relativamente às paredes de meação, primeiramente seguiram uma distribuição semelhante às das fachadas de rua, ou seja, poderiam ser de alvenaria de pedra até o primeiro piso, e de estrutura de madeira para os seguintes. Com os exemplos de catástrofes motivadas por incêndios em outras cidades do mundo, o nível de exigência destas paredes subiu fortemente. Assim, estas passaram a ser integralmente de pedra, desde as fundações até à cobertura (FLÓRIDO, 2010).

2.3. Pavimentos

Durante um certo período, a madeira foi um dos materiais mais utilizados na construção de edificações. Os motivos para que isto ocorresse era o fato da madeira ser um material em grande abundância no país, além da sua facilidade de transporte e sua boa resistência à tracção.

A madeira é um material com propriedade higrométrica, que faz com que a mesma se retraia ou expanda, de acordo com a quantidade de água retida. O movimento de expansão ocorre quando a madeira absorve a água que se encontra no meio onde está inserida, assim, a água se infiltra nas paredes celulares da madeira e nos espaços vazios, fazendo com o que ocorra o aumento do volume. Já o movimento de retração é o movimento contrário ao de expansão, sendo que a retração não ocorre de uma forma homogênea na peça.

No entanto, durante este movimento de retração da madeira podem ocorrer fissuras, levando assim a patologias como o empenamento da peça, podendo assim comprometer toda uma estrutura, como paredes e lajes.

Além da presença de humidade no ambiente poder causar diversas anomalias em estruturas de madeira, outras patologias podem ocorrer na madeira, como a acção de agentes biológicos, acção do fogo, ou a falta de preparo da madeira para a colocação no local.

Pode-se também, em alguns casos, sentir a necessidade de se colocar uma proteção contra ruídos entre os pavimentos, para maior conforto dos utilizadores, principalmente se este pavimento estiver dividindo duas habitações diferentes, como é o caso de dois apartamentos.

Nas construções mais antigas em Portugal, é comum encontrar lajes feitas em madeira. Estas lajes, denominadas de sobrados são compostas por troncos de madeira, que são as vigas e tem a função da sustentação da estrutura. Estes troncos tem um diâmetro entre 20 e 30cm. Entre um tronco e outro havia um espaçamento que variava de acordo com a estrutura, e para que ocorresse o travamento destas peças eram utilizados tarugos (Figura 4). As vigas são fixadas nas paredes externas, de forma com que estas entrem nas paredes para que a parede sirva de apoio para a estrutura.



Figura 4 – Estrutura de pavimento em madeira

Toda esta estrutura de pavimento era revestida. No piso eram utilizados tabuados de madeira. Os tectos variam de acordo com a época, é possível ver tectos também em madeira, e também tectos em estuque, onde eram fixados fasquios na estrutura de madeira existente, e nestes fasquios era colocada uma mistura feita com cal e gesso, podendo ser feitos ornamentos (Figura 5).



Figura 5 – Revestimento da estrutura de pavimento

2.4. Cobertura

As anomalias em coberturas de madeira podem ser provenientes de degradação por agentes biológicos, anomalias de origem, envelhecimento e utilização estrutural inadequada. Muitas vezes as deformações em estruturas de madeira ocorrem por desconhecimento das características de resistência e deformabilidade da madeira, ao excesso de carga não prevista em cima da estrutura e ao efeito de fluência.

A humidade contribui de uma forma bem atenuante para a degradação da madeira, porém ela está sempre associada a outros fatores, como falta de ventilação, falta de proteção na madeira, exposição da madeira por longos períodos em ambientes húmidos. Estes fatores contribuem para a criação de um ambiente ideal para agentes biológicos, que são os principais responsáveis pela degradação da madeira. Os danos causados por agentes biológicos interferem diretamente nos problemas mecânicos, que acabam por afetar toda a estrutura.

De acordo com Lopes (2007), a estrutura de cobertura em Portugal, era composta de telhados de quatro águas nas edificações mais antigas. Esta estrutura era composta de uma armação de duas vigas, colocadas em forma de tesoura que se encontravam em sua extremidade superior, estas tesouras eram apoiadas em vigas de madeira, que se apoiavam nas paredes. Para as vigas utilizadas na estrutura dos telhados era utilizado o mesmo material das lajes em madeira, o pau rolado. Sobre esta estrutura eram fixados os caibros, também feitos em madeira. Nele eram fixados um tabuado e por fim um ripado de madeira onde eram fixadas as telhas.

Assim como para todas as outras estruturas, para este estudo também será analisado e proposto soluções para coberturas utilizando madeiras pré-fabricadas e levando em consideração as possíveis anomalias, para se criar uma solução funcional e duradoura.

2.5. Características para as soluções

Após a análise das principais anomalias presentes nas construções em madeira e do estudo dos diferentes métodos construtivos utilizados anteriormente, este trabalho traz algumas características presentes nas soluções que compõe o guia (em anexo). Cada solução construída conta com as características de transmissão térmica, atenuação acústica e resistência ao fogo.

O coeficiente de transmissão térmica (U), caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes, a levar em consideração todos os materiais que compõe a solução de separação dos ambientes. O cálculo do valor de U necessita que sejam conhecidas as características da solução, como espessura e os materiais que a compõe. Os princípios do cálculo estão indicados na norma europeia EN ISSO 6946.

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica é feito da seguinte forma:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

res. térmica superficial interior [m²·°C/W]

res. térmica da camada j [m²·°C/W]

res. térmica superficial exterior [m²·°C/W]

Figura 6 - Cálculo U

Também é levado em consideração a atenuação acústica (R_w) que é o índice de ruído ponderado de uma parede ou elemento construtivo. O cálculo da atenuação acústica para este trabalho foi feito a partir da lei da massa, onde quanto maior a massa do elemento construtivo, melhor o seu desempenho acústico. Os elementos com maiores massas diminuem a ocorrência de vibrações e a probabilidade de transmissão sonora.

Sendo assim, o gráfico abaixo foi utilizado para o cálculo da atenuação sonora de cada solução, levando assim, em consideração a massa de cada uma.

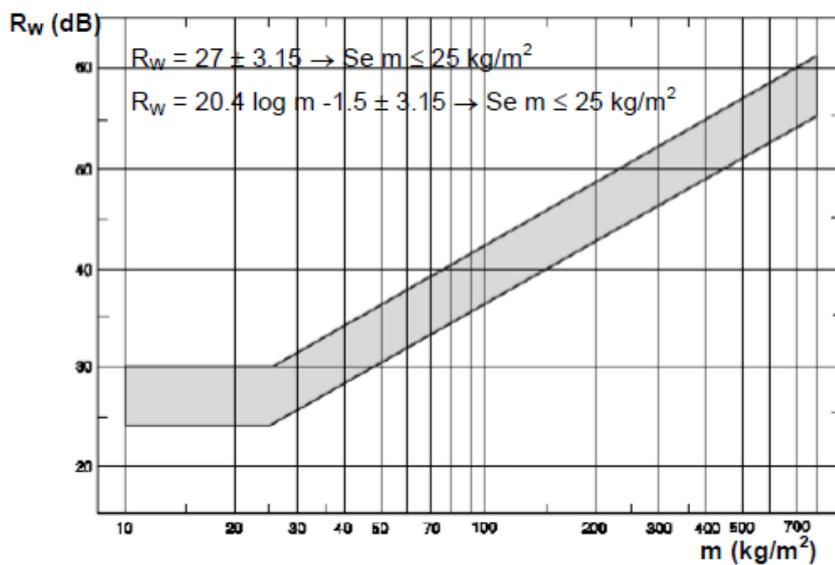


Figura 7 - Gráfico R_w

Por último foi calculada a resistência ao fogo de cada estrutura. A resistência ao fogo é calculada em minutos, assim como pode ser observado na tabela 1. Para o cálculo das soluções no presente trabalho, foram levados em consideração, soluções de estruturas já existentes, onde possuíam os mesmos materiais ou o mais aproximado possível, para que o resultado da resistência ao fogo fosse o mais próximo possível do real.

Tabela 1 - Classificação resistência ao fogo

Aplicável a		Parades									
Norma(s)		EN 13501-2; EN 1365-1; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificação (minutos):											
RE :			20	30		60	90	120	180	240	
REW :			20	30		60	90	120	180	240	
REI	15		20	30	45	60	90	120	180	240	
REI-M				30		60	90	120	180	240	

Aplicável a		Pavimentos e coberturas									
Norma(s)		EN 13501-2; EN 1365-2; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1999-1.2									
Classificação (minutos):											
RE			20	30		60	90	120	180	240	
REI	15		20	30	45	60	90	120	180	240	

CAPÍTULO 3

ENGINEERING WOOD PRODUCTS E SOLUÇÕES PRÉ-DEFINIDAS

3.1. Engineered Wood Products (EWP)

Os Engineered Wood Products (EWP), ou em português, produtos derivados da madeira, foram criados com o intuito de suprir algumas necessidades físicas e mecânicas da madeira maciça. A madeira maciça, enquanto material natural e celular, conta com limitações, para além das suas propriedades físicas e mecânicas, no que se refere a dimensões e qualidade final.

Os EWP's são constituídos de placas de madeira, lâminas, partículas ou fibras, que são unidos através de um material aderente. O que faz com que este material possa atingir variadas dimensões, não tendo algumas limitações como no processo feito com a madeira em sua forma natural.

Estes produtos podem ser feitos a partir de espécies de madeira de crescimento rápido, cultivadas em florestas de manejo privado, o que ajuda a proteger as florestas naturais. Além disto, a utilização de EWP's permite que a construção ocorra de forma mais rápida, reduzindo assim o custo de uma forma geral.

Os produtos derivados da madeira possuem também como vantagem, o fato de eliminar muitos dos defeitos naturais encontrados na madeira, como a eliminação de nós, a dificuldade em seca, melhorando assim algumas propriedades físicas e mecânicas relacionadas ao material, além de eliminar problemas com algumas espécies de madeira que possuem uma durabilidade menor.

Durante os anos 1900, um grande número de EWP's diferentes, tanto na forma de vigas quanto na forma de painéis foram inventadas. A figura 6 mostra uma linha do tempo para a invenção de diferentes tipos de EWP's. (JOHANSSON, 2015).

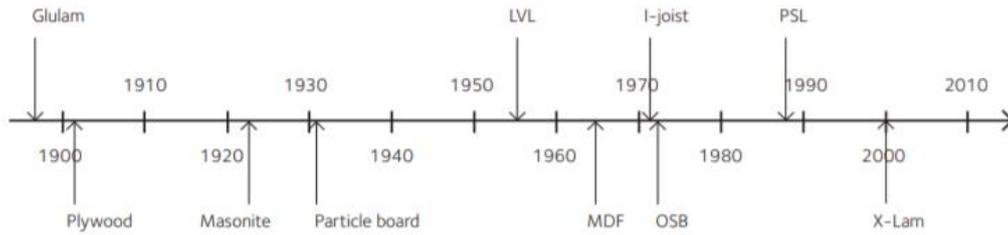


Figura 8 – Linha do tempo de tipos de EWP

3.2. Principais EWP

3.2.1. Aglomerado

O painel de aglomerado em madeira é um produto constituído por partículas de madeira, ligadas entre si por material aderente sob ação de pressão e temperatura (Figura 7). Estes painéis podem ser revestidos por diferentes materiais, como, lâmina de madeira natural, PVC, melamínico e pintura.



Figura 9 – Painel aglomerado de madeira

Na produção de painéis aglomerados as principais variáveis de controlo do processo produtivo são: densidade da madeira a ser utilizada, densidade do painel, geometria e humidade das partículas, quantidade de resina e ciclo de prensagem. (Moslemi, 1974; Kelly, 1977; Maloney, 1977)

Existem diferentes tipos de painéis de aglomerado para serem implantados em diferentes situações e ambientes. Como por exemplo os painéis da Banema, descritos a seguir:

- Aglomerado standard – painel constituído por partículas de madeira ligadas por uma resina de ureia-formaldeído, que são utilizados em ambientes secos.
- Aglomerado hidrófugo – painel constituído por partículas de madeira ligadas por uma resina de melanina ureia formaldeído. Estes painéis mantêm suas características físico-mecânicas se aplicadas em ambiente interior húmido.
- Aglomerado ignífugo – painel com baixo grau de inflamabilidade. É constituído por partículas de madeira aglutinadas e ligadas por resina sintética e produtos ignifugantes. Estes painéis podem ser aplicados em ambientes secos.

3.2.2. OSB

O OSB é um painel constituído por uma sobreposição de lâminas de madeira, unidas por material aderente, em uma proporção de aproximadamente 95% de madeira e 5% de material adesivo, prensados a alta temperatura. Estas lâminas, na camada exterior, se encontram posicionadas em sentido longitudinal em relação ao comprimento do painel, e na camada interior se encontra em formato perpendicular (Figura 8).



Figura 10 – Junção de lâminas de madeira para formação de painel OSB

A sobreposição de 3 camadas de lâminas de madeira, orientados de forma perpendicular umas em relação as outras, forma um painel com superior resistência mecânica, particularmente no módulo de elasticidade e de resistência à flexão (BANEMA).

Os painéis OSB podem ser fabricados em diferentes temperaturas, fazendo com que se torne mais resistente aos efeitos de humidade. Estes painéis são principalmente utilizados em aplicações estruturais da construção civil, como em estruturas de pisos, paredes e telhados (Figura 9). No entanto também pode-se utilizar o OSB para a decoração.

Por cima destes painéis, podem ser aplicados diversos tipos de cobertura, como por exemplo, betumes, tijoleira e telhas.



Figura 11 – Painéis de OSB aplicados na construção civil

3.2.3. Painel de madeira cimento

O painel de madeira cimento, ou em inglês, cement bonded particle board (CBPB), é formado por partículas de madeira e cimento, em uma mistura seca e sob pressão, podendo também conter aditivos (Figura 10). Este produto combina propriedades da madeira, como, flexibilidade e durabilidade com a resistência do cimento, criando assim, um material possível de ser usado tanto em ambientes internos como externos (BANEMA).



Figura 12 – Painéis de madeira cimento

Além disto, estes painéis possuem outras vantagens como:

- Bom isolante acústico – por ser um material com peso alto, ele possui boas propriedades acústicas. O índice de isolamento varia de acordo com a espessura da placa
- Retardante de fogo – impede a propagação do fogo
- Bom isolante térmico
- Resistente a humidade
- Resistente ao peso – o painel de madeira cimento possui resistência a flexão o que permite que o mesmo seja usado como elemento estrutural resistente.

3.2.4. MDF

Os painéis de MDF (medium density fiberboard, ou em português, placas de fibra de densidade média), são constituídos de fibras de madeira aglutinadas, unidas por resinas sintéticas e outros aditivos, e prensados a altas temperaturas (Figura 11).



Figura 13 – Painel de MDF

As placas de MDF são fáceis de trabalhar e tem uma estabilidade dimensional elevada e boas propriedades de resistência mecânica, nomeadamente para a fixação de parafusos na superfície. (ALMEIDA, 2006, 3)

Hoje existem painéis de MDF que possuem resistência a humidade e resistência ao fogo. A fabricação destes painéis pode variar de acordo com sua exigência, utilizando um específico tipo de resina e de aditivo para cada caso. Segue abaixo a descrição de alguns destes painéis, de acordo com a Banema:

- MDF standard – painel constituído por fibras de madeira com resina UF, em processo seco. Estes painéis possuem uma superfície lisa e homogênea, o que lhe garante uma estabilidade dimensional com relação as variações de humidade relativa do ar.
- MDF hidrófugo – possuem a mesma constituição do MDF standard, com a diferença da resina. Neste caso é utilizada a resina de melamina-ureia-formaldeído. A utilização desta resina em sua composição garante que o painel mantenha suas características físico-mecânicas quando aplicados em ambientes de interior húmido. Normalmente possui uma coloração verde, para facilidade de identificação.
- MDF ignífugo – painel com baixo grau de inflamabilidade, constituído por fibras de madeira com resina sintética e produtos ignífugos.

3.2.5. Contraplacado

Os painéis contraplacados, ou plywood, são formados por finas lâminas de madeira e material aderente, prensados a alta temperatura. Estes painéis são constituídos por lâminas de madeiras cruzadas na

horizontal e vertical, sempre em números ímpares, o que significa que sua camada exterior estará sempre no sentido longitudinal do painel (Figura 12).



Figura 14 – Painel de contraplacado

O fato das lâminas estarem dispostas em sentidos contrários uma das outras, faz com que aumente a estabilidade dimensional do painel. As propriedades estruturais do painel dependem do número de lâminas, da espessura do painel e da direção da carga aplicada.

De forma a se poder aproveitar madeiras com defeitos localizados, e deste modo obter um maior aproveitamento dos toros de madeira, as lâminas podem ser formadas através de dois processos distintos. O primeiro consiste no desenrolamento da lâmina de madeira através de um corte tangencial ao toro que depois é descascada por rotação. O segundo consiste na serragem do toro segundo a direção paralela ou perpendicular do fio. (Martins e Vieira, 2004)

3.2.6. Madeira Lamelada Colada

A madeira lamelada colada (MLC), consiste na junção de tábuas de madeira, unidas por material adesivo pela face e pelo topo por finger-joint, podendo assim, obter elementos com dimensões limitadas somente pela capacidade do transporte até o local da obra (Figura 13).



Figura 15 – Paineis de madeira lamelada colada

O MLC é formado por pelo menos quatro lâminas de madeira, onde o sentido da fibra é sempre paralelo a direção do elemento. Este material é muito utilizado na parte estrutural na construção civil.

O processo de fabrico deste tipo de derivado permite utilizar membros de madeira de qualidade inferior reduzindo significativamente a importância dos defeitos destas e, deste modo, produz-se um produto mais homogêneo e resistente do que a madeira que lhe dá origem (Rowell, 2005).

A versatilidade é um dos pontos fortes deste material, que proporciona tanto designs retos como curvos na construção, podendo assim, criar uma gama de variedade de formas estruturais, como pode ser observado na figura 14. Isto faz com que a madeira lamelada colada seja um produto altamente chamativo do ponto de vista funcional e estético.

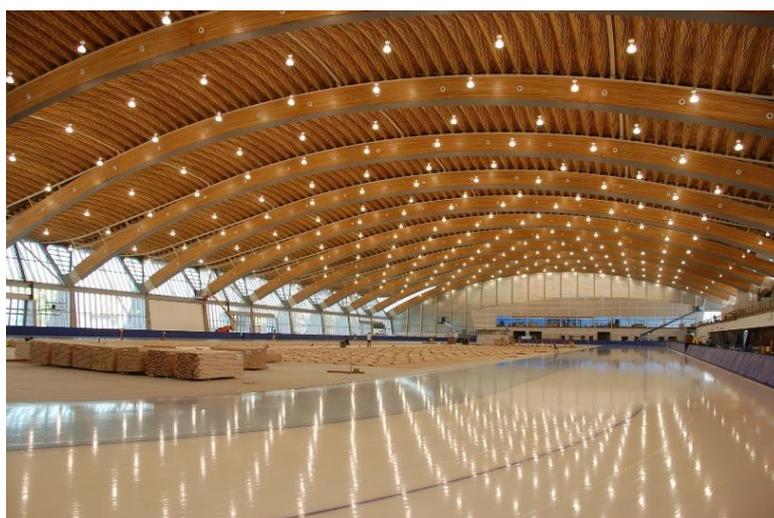


Figura 16 – Madeira lamelada colada aplicada na estrutura

3.2.7. Vigas I

A viga I é um elemento estrutural em madeira em formato de “I”, utilizado na construção de pisos e coberturas. É um produto pré-fabricado constituído de madeira maciça ou derivados. Os banzos podem ser feitos utilizando madeira maciça, LVL, ou madeira composta, já o corpo desta estrutura pode ser constituído por OSB ou aglomerados de madeira, que são unidos por material adesivo. A ligação entre as vigas, ou entre a viga e outro elemento da estrutura é feito através de ligações metálicas (Figura 15).



Figura 17 – Estrutura utilizando viga I

De acordo com a organização APA wood, a utilização destes materiais permite que este elemento possua uma maior resistência e estabilidade, o que permite que esta estrutura consiga vencer vãos maiores. Os banzos resistem as tensões de flexão, enquanto o corpo da estrutura possui bom desempenho de cisalhamento.

Esta estrutura possui algumas vantagens, como:

- Rapidez na montagem
- Solução mais econômica
- Ausência de cofragem
- Peso reduzido, o que facilita sua instalação
- Fácil manuseio

3.2.8. Madeira lamelada cruzada

A madeira lamelada cruzada (CLT), é constituído por lamelas de madeira unidas, formando camadas, onde cada camada está posicionada de forma perpendicular à camada acima e abaixo. Esta estrutura

pode ser fabricada com 3,5,7 ou até mais camadas, porém, sempre em números ímpares, com diferentes espessuras em cada camada (Figura 16). Este fator faz com que as camadas exteriores estejam sempre orientadas em uma mesma direção.



Figura 18 – Madeira lamelada cruzada

O CLT é bem semelhante a madeira lamelada colada, com relação a sobreposição de camadas de madeira. No entanto, sua diferença consiste na direção em que as camadas são posicionadas. A madeira lamelada colada, possui suas camadas sempre em uma mesma direção, enquanto o CLT, como mencionado acima, possui suas camadas perpendiculares umas às outras. Esta característica faz com que a madeira lamelada cruzada possua uma maior resistência e estabilidade estrutural, além de ser capaz de vencer grandes vãos, tornando-o ideal para a construção de paredes e lajes, como pode ser observado na figura 17.



Figura 19 – Construção com CLT

Por ser um produto pré-fabricado, estes elementos já chegam ao canteiro de obras pronto para montagem e já com aberturas para portas e janelas e com ranhuras para passagem de acessórios elétricos, o que deve ser especificado antes do início do fabrico das peças. Por estes fatores, este produto permite uma redução no tempo de construção, além de reduzir custos.

A madeira lamelada cruzada possui algumas vantagens, como:

- Alta resistência ao cisalhamento
- Grande capacidade de carga axial
- Propriedades acústicas e térmicas
- Resistente ao fogo
- Resistente a ações laterais e forças de compressão, tornando este produto uma opção para construção de edifícios com grandes vãos.

3.2.9. Laminated Veneer Lumer (LVL)

O LVL é um produto obtido através de finas lâminas de madeira, unidas por material adesivo, sob calor e pressão. Estas lâminas são retiradas de troncos de madeira, como se fossem desenroladas de uma bobina de papel. Em geral, as fibras estão sempre em uma mesma direção, dispostas no sentido longitudinal da seção (Figura 18).



Figura 20 – Painéis de LVL

Este produto é muito utilizado em elementos estruturais lineares, como vigas e pilares. Ele permite a obtenção de elementos com grande seção transversal e comprimento. O LVL, possui algumas vantagens em relação a madeira maciça como, por exemplo, a uniformidade do material, uma maior resistência, painéis mais lineares, sem fibras curvas, o que permite uma maior estabilidade dimensional.

Em geral, o LVL possui alta resistência à flexão, tensão e compressão, além de alta resistência ao cisalhamento e um módulo de elasticidade relativamente alto. Alguns graus de LVL são produzidos com algumas camadas com direção de grão perpendicular na direção da fibra da maioria das camadas. Este método de produção permite uma produção de painéis estruturais com uma rigidez mais alta no painel (JOHANSSON, 2015, 62).

3.2.10. Parallel Strand Lumber (PSL)

O PSL é constituído através da união de finas tiras de madeira, entre 3 a 20mm de largura, onde os fios ficam orientados essencialmente paralelos ao eixo longitudinal da seção, unidas por material adesivo e sob pressão (Figura 19). Alguns fabricantes colocam esta estrutura para curar por microondas.



Figura 21 – Placa de PSL

Este produto é utilizado principalmente em aplicações estruturais, sendo as aplicações mais comuns em vigas e pilares. Ele pode ser produzido em diversas medidas em relação ao seu comprimento, no entanto, o transporte é um fator limitante, o que faz com que geralmente estas peças sejam de 20 metros de comprimento.

O fato de ser um produto pré-fabricado, faz com que durante seu processo de produção, seja possível fazer a retirada ou dispersar falhas por todo o material, como nós, inclinação de grãos e rachaduras. Isto contribui para uma maior resistência do produto.

O PSL possui vantagens, como:

- Alta resistência;
- Flexibilidade de tamanhos;
- Boa trabalhabilidade;
- Alta rigidez e estabilidade dimensional.

3.2.11. Laminated Strand Lumber (LSL)

O LSL é um produto pré-fabricado, composto por fios de madeira, que medem em média 0,8mm de espessura, 25mm de largura e 300mm de comprimento. Estes fios são unidos por material adesivo sob pressão (Figura 20). Assim como o PSL, em seu processo de fabricação, ele remove ou dispersa os defeitos naturais, como nós, inclinação de grãos e rachaduras, formando assim, um produto mais uniforme.

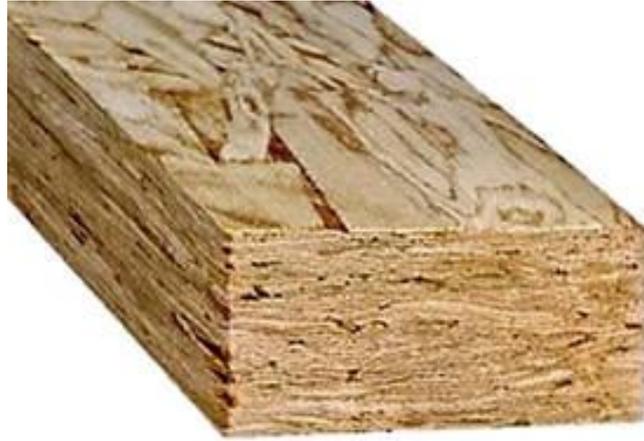


Figura 22 – Peça de LSL

Apesar de possuir uma aparência similar ao do OSB, eles diferem no sentido em que se dispõe aos fios, em relação a seção. Os fios no LSL se encontram paralelos ao eixo longitudinal da peça.

Este produto possui algumas vantagens, como a alta resistência, alta rigidez e estabilidade dimensional, o que faz com que ele seja principalmente utilizado na parte estrutural da construção. Sua área de aplicação se assemelha ao LVL.

3.3. Sistemas pré-fabricados

3.3.1. Painel Kielsteg

O painel Kielsteg é um painel estrutural leve em madeira, que pode ser utilizado tanto como elemento horizontal em pavimentos, lajes ou cobertura, como em elementos verticais em paredes.

Este painel é constituído por duas lâminas de madeira maciça, uma superior e uma inferior, sendo interligadas por uma subestrutura alveolar em OSB ou contraplacados (ver figura 21).



Figura 23 – Painel Kielsteg

Sua estrutura alveolar oferece excelente capacidade de carga em particular quando submetidos a flexão ortogonal ao seu plano. De acordo com o fabricante, a utilização deste painel, permite alcançar vãos livres até 27 metros, possibilitando a criação de espaços internos amplos. O painel Kielsteg apresenta uma alta relação resistência/peso, o que os torna ideais para o uso em pavilhões desportivos, shoppings e edifícios industriais.

A capacidade desta estrutura de alcançar grandes vãos, faz com que se tenha uma grande economia em estruturas de apoio. Além disto, a sua capacidade de suportar cargas permite que este sistema seja utilizado em telhados que precisam suportar uma maior carga, como telhados verdes e instalações de energia solar.

Este sistema possui algumas vantagens, como:

- Por possuir o lado inferior esteticamente agradável, não é necessário a utilização de tetos falsos;
- Boa resistência ao fogo;
- Por ser um produto pré-fabricado, faz com que o processo de construção se torne mais rápido;
- Pisos e tetos estruturais economicamente eficientes.

3.3.2. Painel Wenus

O painel Wenus possui um design único num formato de “W” (como mostra a figura 22). Esta subestrutura interna que dá ao painel toda esta diferenciação é constituída por madeira maciça ou LVL,

enquanto a prancha onde esta estrutura é fixa, é feita em LVL, para que o sistema possa ter uma maior estabilidade. O painel pode contar com um acabamento adicional se necessário.



Figura 24 – Painel Wenus

Este sistema é comumente utilizado em estruturas de lajes e paredes. No entanto, pode ser utilizado com outras finalidades além da estrutural, como, revestimento e, estabilização. O painel wenus permite vencer vãos de 4 a 8 metros na horizontal e até 10 metros quando utilizado como parede (GONÇALVES, 2012).

Por ser um painel leve e pré-fabricado, faz com que seu tempo de produção e instalação seja reduzido, o que implica uma redução do tempo de construção em geral. O fato de ser uma estrutura leve e pouco densa, implica não possuir grandes performances acústicas, no entanto, pode-se utilizar os espaços vazios que o design do painel proporciona para instalar um material com inércia acústica melhorada.

3.3.3. Sistema O'portune

O'portune, são placas desenvolvidas para serem utilizadas em lajes, capaz de atingir vãos de até 11 metros sem suportes intermediários. Este sistema é composto de placas de madeira maciça, dispostas de forma paralela, de acordo com a figura 23. A madeira maciça é coberta por placas de OSB ou material equivalente, o que faz com que esta estrutura obtenha um comportamento isotrópico da laje.

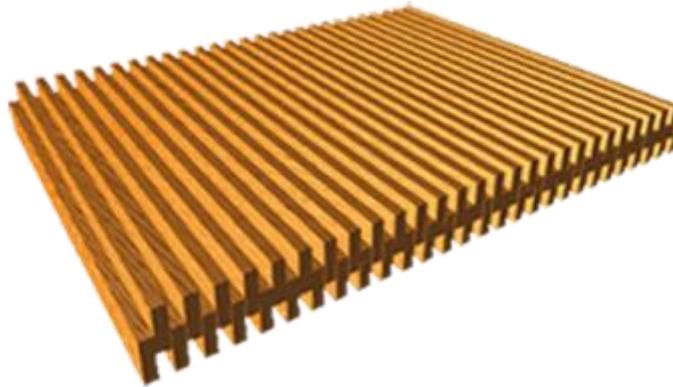


Figura 25 – Sistema O'portune

De acordo com o fabricante, o grupo “CBS-CBT”, o princípio das placas o'portune, é a criação de uma laje capaz de suportar cargas pontuais com boa difusão do estresse na direção ortogonal nas placas, usando um painel OSB ou LVL parafusado nos quadros altos. Para as lajes com altas cargas concentradas, um painel plissado LVL cruzado com uma espessura proporcional a carga pode ser ajustada para ajudar no trabalho de difundir restrições locais e otimizar a altura das pranchas. Para blocos apenas com cargas distribuídas, um painel em OSB é suficiente.

A laje o'portune com grande extensão gera uma grande economia a construção, por ter um conceito multifuncional, uma laje com teto acústico integrado e por sua leveza. Estes fatores permitem otimizar as descidas de carga, otimizando assim, o dimensionamento de paredes e fundações.

Este sistema possui algumas vantagens, como:

- Boa resistência ao fogo;
- Possui um bom comportamento acústico;
- Boa resistência mecânica.

3.3.4. Sistema Véga

O sistema véga é um conceito de estrutura de telhado feito em painéis de madeira maciça, unidos por conectores simples, como prego e parafuso. De acordo com o fabricante, o grupo “CBS-CBT”, esta

estrutura possibilita aumentar a altura da casa e maximizar a utilização de espaço, tornando-o um espaço flexível, multifuncional e versátil.

Para apoiar toda esta estrutura, são utilizadas algumas variantes, que podem ser mais modernas ou mais tradicionais:

- Telhado véga autoportante – consiste na introdução de uma viga horizontal na parte superior da estrutura do telhado (Figura 24);



Figura 26 – Telhado véga autoportante

- Telhado véga com tirante – o apoio é realizado por tirantes, aumentando assim o espaço no sótão (Figura 25);



Figura 27 – Telhado véga com tirante

- Telhado véga com treliça tradicional (Figura 26);



Figura 28 – Telhado véga com treliça tradicional

- Telhado véga em elementos parciais – esta variante permite uma economia e oferece uma variedade infinita de acabamentos (Figura 27).

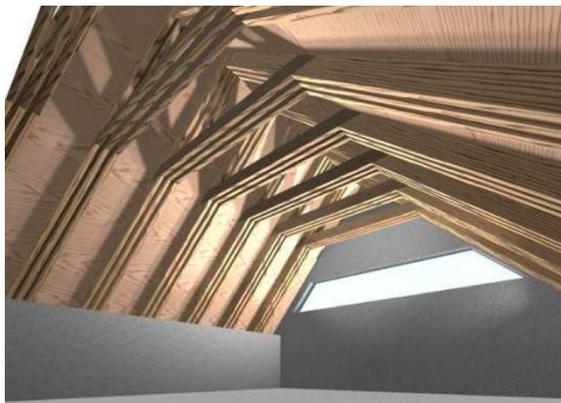


Figura 29 – Telhado véga em elementos parciais

3.3.5. Painel sandwich

Painel sandwich é composto por um duplo revestimento em madeira e um núcleo de isolamento térmico, como mostra a figura 28. A camada de isolamento pode ser feita em poliestireno extrudido ou em lã de rocha. Tanto seu revestimento externo, quanto a camada de isolamento poderá ser feita em diversas espessuras, para adequar melhor as necessidades da obra.



Figura 30 – Composição do painel sandwich

Sua aplicação pode ser feita tanto em coberturas inclinada, quanto em coberturas planas. No entanto, além de ser utilizado como elemento estrutural da cobertura, também pode ser utilizado para fins, como, acabamento interior e isolamento térmico.

A leveza deste painel é de fato uma mais valia, o que permite uma fácil e rápida aplicação. Além disto, ele possui outras vantagens, como, conforto térmico, menor custo de mão de obra e o fato de ser um produto impermeável.

O fabricante Thermochip, possui 3 categorias diferentes para o painel sandwich devido à grande variedade de acabamentos:

- Thermochip – painel composto de 2 camadas de madeira unidas a um núcleo em poliestireno extrudido;
- Thermochip plus – possui o mesmo conceito do anterior, mas com uma tela impermeável incorporada a parte superior do painel;
- Thermochip alpha – formado por uma caixa de madeira, o que oferece uma maior resistência ao painel, nesta variante, o isolamento utilizado é lã de rocha.

3.3.6. Painel Quark

Quark é uma estrutura pré-definida de painéis de madeira que formam a base de uma construção modular. O fato de serem painéis pré-fabricados com dimensões padrão, facilita o transporte de peças e a rapidez na montagem, além de evitar o desperdício de material. O painel possui toda a infra-estrutura para garantir o bom comportamento da edificação, além de um bom desempenho térmico (Figura 29).



Figura 31 – Construção a utilizar painéis Quark

A construção modular possibilita uma fácil mudança e adaptação a cada estilo de vida e necessidade dos utilizadores, o que permite também o acréscimo e a retirada de ambientes.

De acordo com um estudo realizado pela Universidade do Minho, a estrutura principal destes módulos são pórticos em madeira lamelada colada, que funcionam em conjunto com os painéis em madeira. A rigidez destes pórticos é assegurada por ligações em varões de aço colado inseridos na madeira. Sobre os pórticos, é instalada uma estrutura secundária que serve de apoio aos painéis de revestimento.

3.3.7. Lignotrend

Lignotrend é um sistema que consiste na utilização de 3 a 7 camadas de madeira cruzada, com intervalos de vários centímetros entre as peças das camadas internas (Figura 30). Este sistema possui variações de produtos e estes produtos possuem variações a depender do local a ser utilizado. Ele pode ser utilizado para a construção de paredes, pisos e coberturas.



Figura 32 – Painel Lignotrend

O fato das peças de madeira serem cruzadas resulta em pouco encolhimento e inchaço do material. Além disto, este sistema possui uma elevada estabilidade dimensional e capacidade estrutural.

Os diferentes produtos, com diferentes composições respondem as necessidades de cada local. Estes painéis podem ser estruturais ou não. E os vazios existentes entre as camadas facilitam a instalação de materiais isolantes, térmicos e acústicos, além de permitir a instalação elétrica sem a necessidade de perfurar os painéis.

3.3.8. Bresta

Bresta é um sistema que é constituído 100% em madeira. Os painéis são formados por pranchas de madeira maciça e fixados por cavilhas de madeira, como mostra a figura 31. Este sistema não utiliza cola ou prendedores mecânicos. Bresta pode ser utilizado em paredes, pisos e coberturas.



Figura 33 – Painel Bresta

O processo em que este painel é feito permite que ele seja construído em qualquer largura. Nele são colocadas cavilhas perpendiculares à direção das pranchas, que faz com que os movimentos de contração e dilatação sejam reduzidos. O formato em que este painel é construído permite que as aberturas possam ser feitas em qualquer lugar.

A produção dos painéis pode ocorrer de acordo com as necessidades do projeto, para assim fazer as devidas divisões. Por ser um sistema que pode ser utilizado com flexibilidade, ele consegue atender aos mais variados tipos de projeto. À sua superfície é possível incorporar os mais diversos tipos de acabamentos, no entanto, também é possível deixá-la sem tratamento.

3.3.9. Lignatur

Lignatur é um painel alveolar em madeira, utilizado na construção de pisos e coberturas, como mostra a figura 32. Seu tamanho é limitado somente pelo transporte, no entanto, os elementos lignatur podem ser pré-montados no local da obra para formar painéis com o tamanho desejado.



Figura 34 – Painel Lignatur

Os elementos da caixa são construídos com medidas padrão, como uma largura de 200mm, um comprimento de 12m e a profundidade pode variar para atender diferentes necessidades, como cumprir uma função estrutural. Estes painéis são capazes de atingir até 16m de vão livre (GONÇALVES, 2012).

Este painel possui algumas vantagens, como, bom isolante acústico e possui uma boa resistência ao fogo, no entanto, para um melhor desempenho térmico e acústico é possível a instalação de isolamentos nos vazios internos dos painéis.

3.3.10. Steko

Steko é um sistema modular feito em madeira maciça e inspirado em blocos de tijolo (Figura 33). Seus elementos são facilmente conectados por um formato de encaixe, em fileiras e empilhados. Seus módulos são produzidos com uma grande variedade de dimensões e acabamentos.



Figura 35 – Módulo do sistema Steko

Por ser um sistema com encaixe simples e por possuir módulos em pequenas dimensões, ele traz vantagens como a facilidade e rapidez na construção (Figura 34). Além disto, de acordo com a ficha técnica fornecida pelo fabricante, o Steko é um bom isolante térmico e acústico, no entanto, se for necessário um aumento na redução do som, pode-se preencher os vazios dos módulos com areia grossa.



Figura 36 – Construção utilizando sistema Steko

O Steko pode ser utilizado tanto para o interior, como para o exterior da construção. As paredes podem ser deixadas com seu acabamento original, ou este sistema pode servir de base para a instalação de elementos tradicionais da construção.

3.3.11. Wellsteg

Wellsteg é um sistema de vigas em formato “I”, com os topos em madeira maciça e ranhuras para anexar o corpo em madeira contraplacada. As vigas podem ser unidas paralelamente por peças de madeira transversais, para formar painéis maiores, como mostra a figura 35.



Figura 37 – Sistema Wellsteg

De acordo com Andrea Deplazes, os elementos do sistema Wellsteg possuem um baixo peso próprio e são adequados para adicionar pisos a edifícios existentes. Se comparado a um pavimento em betão armado, este sistema proporciona uma economia de peso de 7% para a mesma carga, profundidade e extensão.

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PRÉ-FABRICADAS

As soluções a serem apresentadas neste trabalho foram desenvolvidas a partir das necessidades de edificações antigas em Portugal. Cada solução foi pensada para que possa ser utilizada em diversas situações, em diversas novas finalidades que cada edifício possa vir a tomar, podendo sempre ser também adaptada. Algumas soluções foram pensadas para poder suprir certas necessidades, como no caso de hotéis e escolas, onde a necessidade de um isolamento acústico é maior que em moradias unifamiliares, outras foram justamente pensadas para ocupar espaços onde não se tem necessidade de isolamento térmico, nem acústico. Cada solução possui características únicas, o que auxilia o projetista na tomada de decisão, a escolher a solução que mais se adequa a necessidade do ambiente e a utilização do espaço. Para cada solução será apresentada a massa, o coeficiente de transmissão térmica, a atenuação sonora e a resistência ao fogo.

Para realizar o cálculo do coeficiente de transmissão térmica, foram levados em consideração todos os elementos que compõe a solução em questão, no entanto, nas soluções onde o isolamento térmico se intercala com a estrutura em madeira, foi levado em consideração somente um destes elementos, utilizando assim o elemento que compõe a solução com o menor coeficiente de transmissão térmica.

A atenuação sonora, foi calculada a partir da massa apresentada em cada solução. Já para calcular a resistência ao fogo foram pesquisadas soluções com os mesmos materiais que já possuíam este dado, pois não foram realizados testes para o mesmo.

Para as soluções criadas no guia (em anexo), foram selecionadas 4 estruturas em madeira:

- Vigas KVH
- CLT
- Sistema Steko
- Lignotrend

As vigas KVH e o CLT foram selecionados por já serem produtos muito utilizados tanto nas construções, como na reabilitação em madeira, além da facilidade em encontrar todos os dados necessários para a

construção das soluções. O sistema Steko e o Lignotrend foram selecionados pelas características que possuem, além de também ter sido possível encontrar todas as informações necessárias para a construção das soluções e com isso obter um guia o mais completo possível, facilitando assim a tomada de decisão dos projetistas no momento da utilização.

4.1. Soluções para paredes

As soluções criadas de paredes, tanto internas, quanto externas, tem o intuito de encontrar algumas soluções para situações diversas, de acordo com cada necessidade, onde as paredes poderão ser instaladas. Abaixo seguem as soluções de reabilitação de paredes com sua caracterização térmica, acústica e mecânica.

4.1.1. Paredes internas

Foram criadas quatro soluções para paredes internas. Uma para divisão entre ambientes húmidos e secos e outra para divisão entre ambientes secos, que podem ser utilizados em diversas situações, como divisão entre quartos de hotel, que necessitam de um maior isolamento acústico. Além de paredes de divisão entre espaços úteis e não úteis.

4.1.1.1. Solução 1

Esta solução, que pode ser encontrada na página 7 do anexo, foi pensada para paredes entre ambientes secos e húmidos, sendo assim, foi utilizado um montante em vigas de madeira KVH, para criar a estrutura da parede, entre os montantes está instalado o isolamento em XPS, todo este conjunto fica entre placas de OSB. Para o lado do ambiente seco, é colocada placa de gesso cartonado sobre o OSB, já para o lado húmido possui argamassa e revestimento cerâmico, como é possível observar nas imagens abaixo (Figuras 36 e 37). A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 9). Como já mencionado anteriormente, as soluções foram pensadas para serem utilizadas em diversos ambientes, com utilizações diferentes. Esta solução pode ser utilizada, por exemplo, em espaços de hotéis, moradias unifamiliares e multifamiliares, escolas e ambientes comerciais.

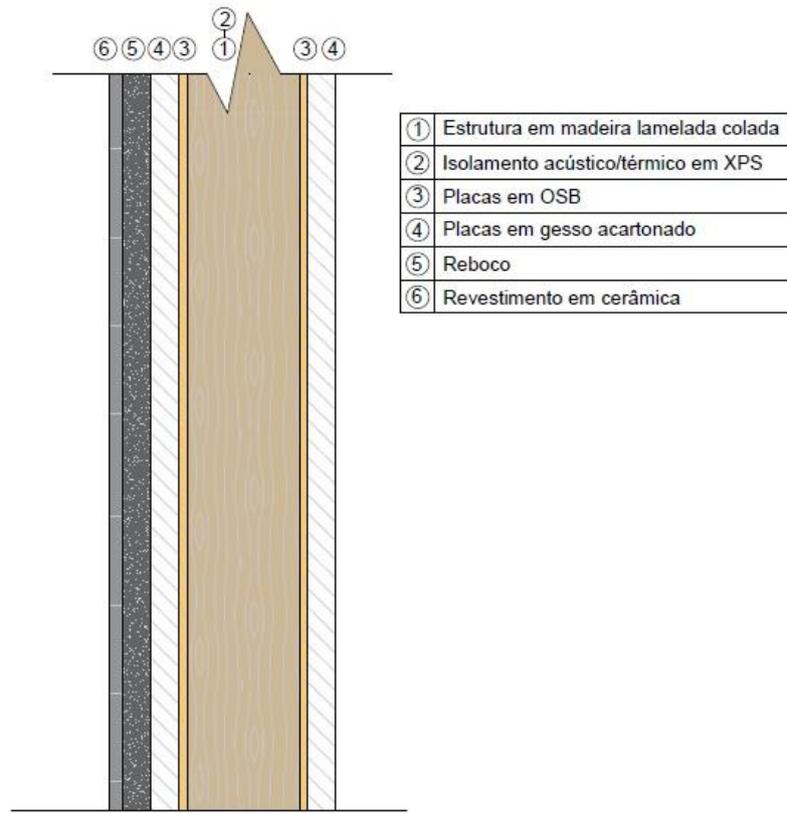


Figura 38 – Esquema de solução de parede interna entre ambiente seco e húmido



Figura 39 – Solução de parede interna entre ambiente seco e húmido

As tabelas abaixo (1 e 2) contêm as características dos materiais e da solução como um todo. As mesmas auxiliam na escolha da solução a ser utilizada, dependendo das necessidades de cada local e de cada cliente.

Tabela 2 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Placa de OSB	6	0,13	600	11,4	D
Poliestireno extrudido 8cm	80	0,035	40	2,4	E
Estrutura em madeira	80	0,13	385	4,6	E1
Argamassa	20	1,3	1850	15	-
Acabamento em cerâmica	10	1,3	1777,77	17,77	A1

Tabela 3 – Características da solução 1

Características da solução	
Espessura total (mm)	213,92
Massa (kg/m ²)	88,57
Coeficiente de transmissão térmica (U)	0,36
Atenuação sonora (Rw)	40
Resistência ao fogo	45 minutos

4.1.1.2. Solução 2

A solução 2, que pode ser encontrada na página 10 do anexo, foi pensada para divisão de ambientes secos. Esta solução conta com uma estrutura em madeira lamelada colada e placas de gesso cartonado. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 12). É possível ver o detalhamento desta solução nas imagens abaixo (Figura 38 e Figura 39).

Esta solução foi pensada para ser utilizada em diversos ambientes, com diversas utilizações, como, moradias unifamiliares e multifamiliares e ambientes comerciais, por não possuir uma grande necessidade de isolamento acústico e a depender do local onde instalado de isolamento térmico.

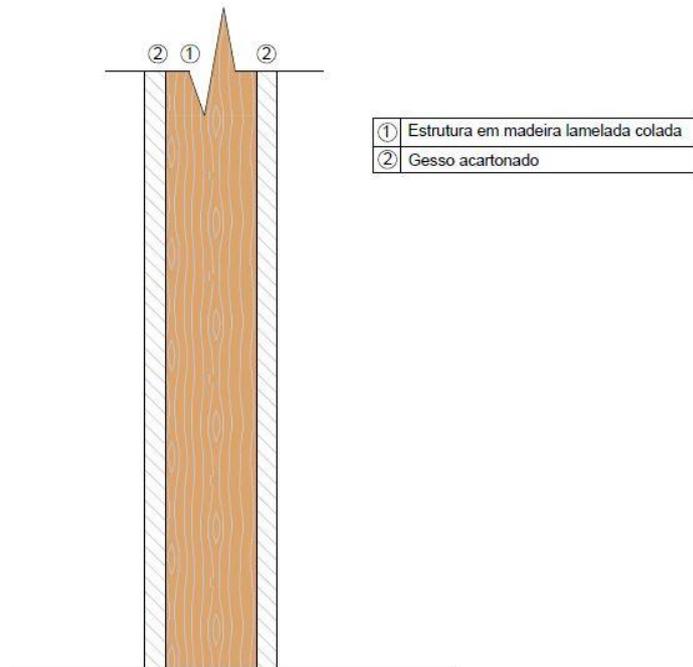


Figura 40 – Vista lateral solução 2



Figura 41 – Imagem 3d da solução

A tabela 3 abaixo descreve os materiais da solução e as características de cada material, já a tabela 4 descreve as características da solução como um todo. As informações contidas nestas tabelas facilitam a escolha do cliente para a solução em cada caso de necessidade.

Tabela 4 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Estrutura em madeira	80	0,13	385	4,6	E1
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

Tabela 5 – Características da solução 2

Características da solução	
Espessura total (mm)	116,02
Massa (kg/m ²)	30,6
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,37
Atenuação sonora (Rw)	30
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.1.3. Solução 3

Esta solução de parede interna, que pode ser encontrada na página 13 do anexo, foi pensada para divisão de espaços úteis e espaços não úteis. Ela conta com uma estrutura em madeira, duas camadas de isolamento em lã de rocha, placas de OSB, barreira de vapor, membrana impermeável e gesso cartonado. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 15). De acordo com as figuras 40 e 41 abaixo, pode-se observar o detalhamento desta solução.

A solução 3 é indicada para ser utilizada em diversos espaços, com utilizações diferentes, como, habitações unifamiliares e multifamiliares, escola e ambientes comerciais. No entanto, não é indicado para instalação em hotéis, pois é um ambiente que necessita de um maior isolamento acústico.

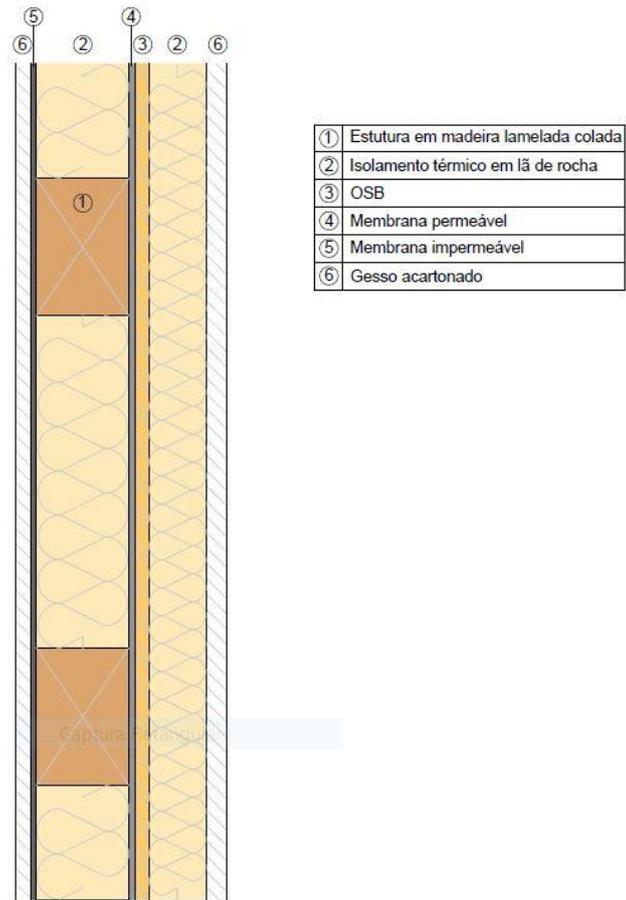


Figura 42 – Corte da solução 3

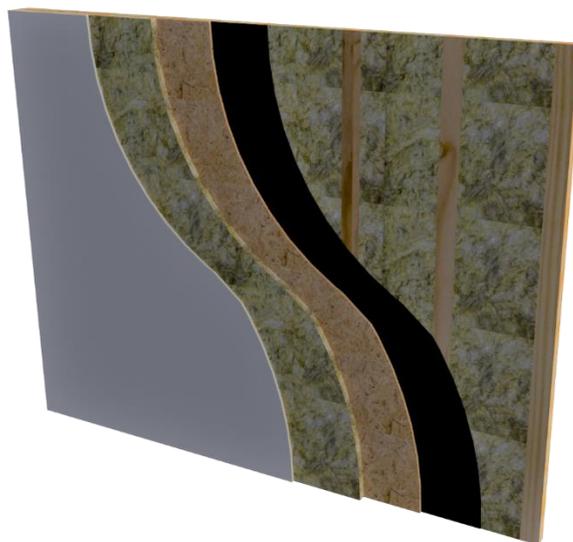


Figura 43 – Corte da solução 3

As tabelas abaixo (tabela 5 e 6) mostram as características de cada material inserido na solução e da solução como um todo, como coeficiente de transmissão térmica, resistência ao fogo e massa. Estas tabelas facilitam a escolha da solução pelo cliente, para o caso de sua necessidade.

Tabela 6 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Lã de rocha	50	0,037	30	0,97	A1
OSB	12	0,13	600	11,4	D
Membrana permeável - barreira de vapor	-	-	-	149 (g/m ²)	E
Lã de rocha	80	0,037	30	2,4	A1
Estrutura em madeira	80	0,13	385	4,6	E1
Membrana impermeável de poliuretano	-	-	-	1,45	E
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

Tabela 7 – Características da solução 3

Características da solução	
Espessura total (mm)	178
Massa (kg/m ²)	46,82
Coeficiente de transmissão térmica (U)	0,24
Atenuação sonora (Rw)	30
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.1.4. Solução 4

Esta solução, que pode ser encontrada na página 16 do anexo, também é uma parede interna com divisão entre espaço útil e não útil. Ela possui na sua constituição uma estrutura em madeira, isolamento em lã de rocha entre as estruturas, membrana permeável dos dois lados da parede, placa em OSB e gesso cartonado. É possível observar os detalhes desta solução nas figuras abaixo (Figura 42 e 43). A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 18).

Ao contrário da solução 3, esta solução é mais indicada para aplicação em hotéis, visto que possui um maior isolamento acústico. No entanto, não é tão indicada para espaços como moradias unifamiliares e multifamiliares, pelo mesmo motivo, visto que estes espaços não possuem tanta necessidade grande isolamento.

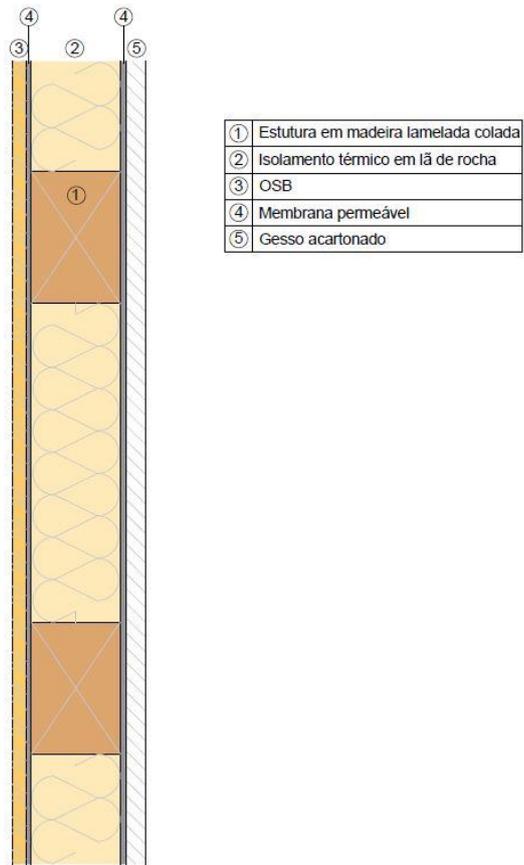


Figura 44 – Corte da parede

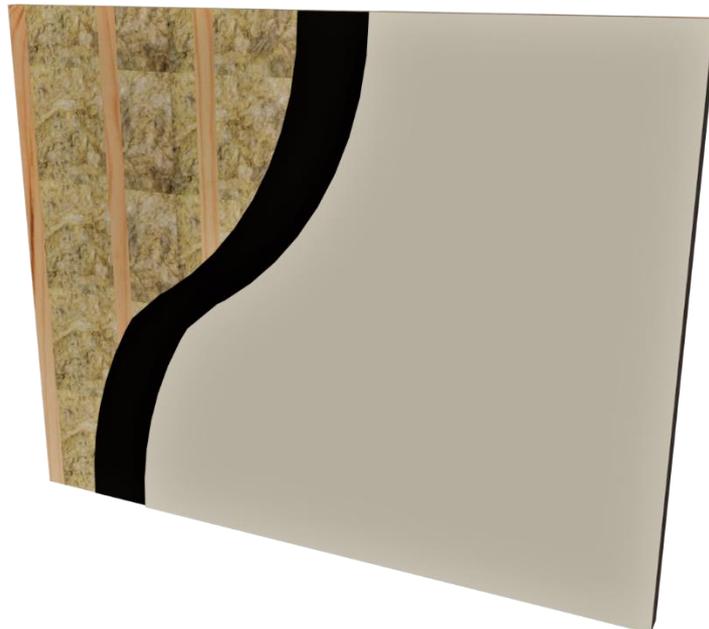


Figura 45 – Imagem 3d da solução 4 de parede

A tabela a seguir (Tabela 7) possui a relação de materiais utilizados para compor esta solução, assim como as características de cada material. Já a tabela 8 possui as características da solução como um todo.

Tabela 8 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
OSB	12	0,13	600	11,4	D
Membrana permeável - barreira de vapor	-	-	-	149 (g/m ²)	E
Estrutura em madeira	80	0,13	385	4,6	E1
Lã de rocha	80	0,037	30	2,4	A1
Membrana permeável - barreira de vapor	-	-	-	149 (g/m ²)	E
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

Tabela 9 – Características da solução 4

Características da solução	
Espessura total (mm)	110
Massa (kg/m ²)	31,4
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,37
Atenuação sonora (Rw)	30
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.2. Paredes externas

Foram criadas quatro soluções de paredes externas, a utilizar sistemas pré-definidos diferentes na composição de cada parede. Cada solução possui suas características únicas, com materiais diferentes, dando assim, maior liberdade de escolha para o consumidor na hora de montar seu projeto, podendo utilizar a solução que se encaixe melhor as suas necessidades.

4.1.2.1. Solução 1

Esta solução, que pode ser encontrada na página 19 do anexo, utiliza o sistema pré-definido Steko como estrutura para a parede, junto com ele foi utilizado um isolamento em poliestireno extrudido, gesso acartonado e termolaminado compacto como revestimento exterior. Nas figuras abaixo (44 e 45), pode-se observar o detalhamento desta solução. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 21).

A solução 1 é indicada para instalação em ambientes com menor necessidade de um isolamento acústico, como moradias unifamiliares e multifamiliares, assim como ambientes comerciais, podendo no entanto, efetuar o preenchimento do sketo com cascalho de pedra para obter um maior isolamento acústico.

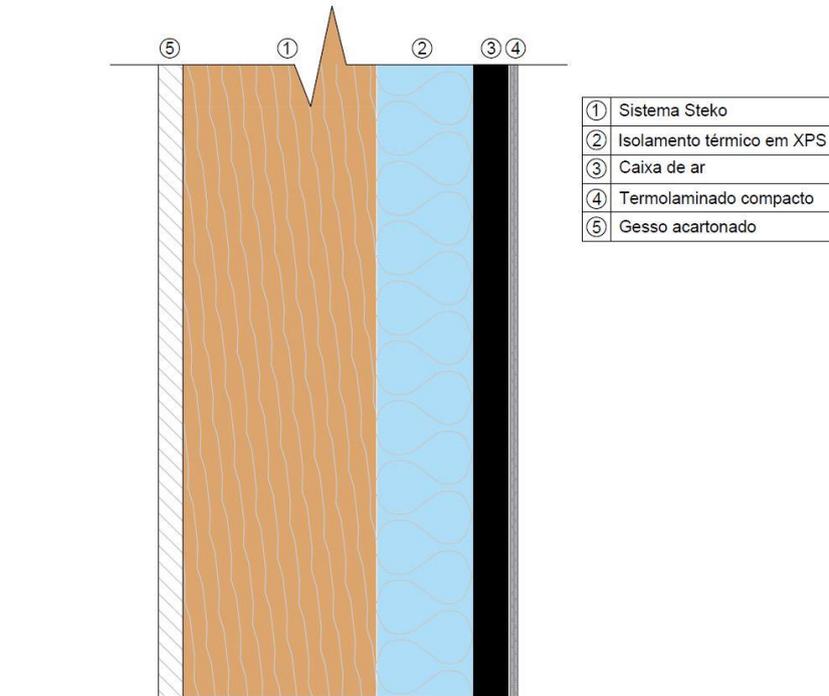


Figura 46 – Corte com pormenor da solução

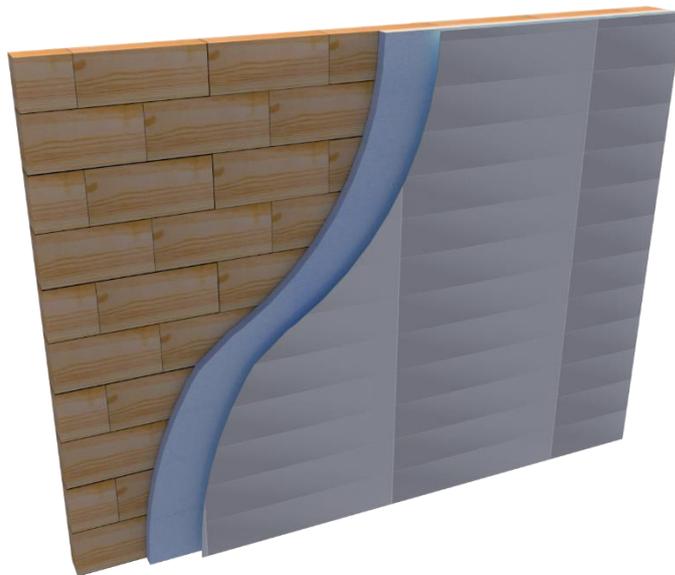


Figura 47 – Vista da solução em 3d

As tabelas a seguir (tabela 9 e 10) detalham os materiais utilizados nesta solução, além das características de cada um deles, assim como, as características da solução como um todo. Estas tabelas possuem as informações necessárias para escolher a solução de acordo com cada necessidade.

Tabela 10 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Sistema Steko	160	0,035	280	32,5	-
Poliestireno extrudido 8cm	80	0,035	40	2,4	E
Caixa de ar	30	-	-	-	-
Termolaminado compacto	8	0,3	1350	10,89	B

Tabela 11 – Características da solução 1

Características da solução	
Espessura total (mm)	296
Massa (kg/m ²)	58,79
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,14
Atenuação sonora (Rw)	35
Resistência ao fogo	45 minutos

4.1.2.2. Solução 2

Esta solução, que pode ser encontrada na página 22 do anexo, conta com o CLT como estrutura principal da parede, junto com ele ela possui um isolamento em poliestireno extrudido, caixa de ar e também um revestimento externo em termolaminado compacto. As figuras abaixo (figura 46 e 47) mostram o detalhamento da solução em corte e 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 24).

A solução 2, assim como a solução 1, também é indicada para ambientes para ambientes comerciais, assim como ambientes de moradias unifamiliares e multifamiliares, pela menor necessidade de um isolamento acústico, mas tendo que ser sempre levada em consideração as necessidades do cliente.

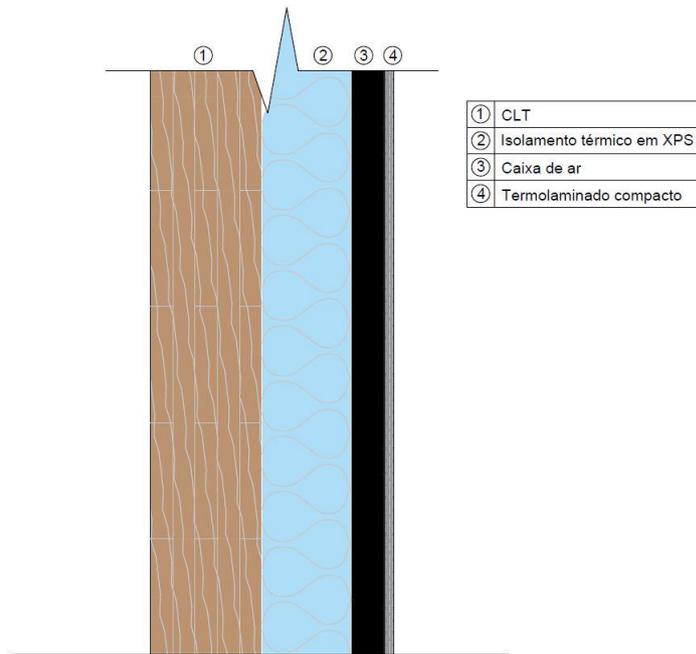


Figura 48– Pormenor da solução

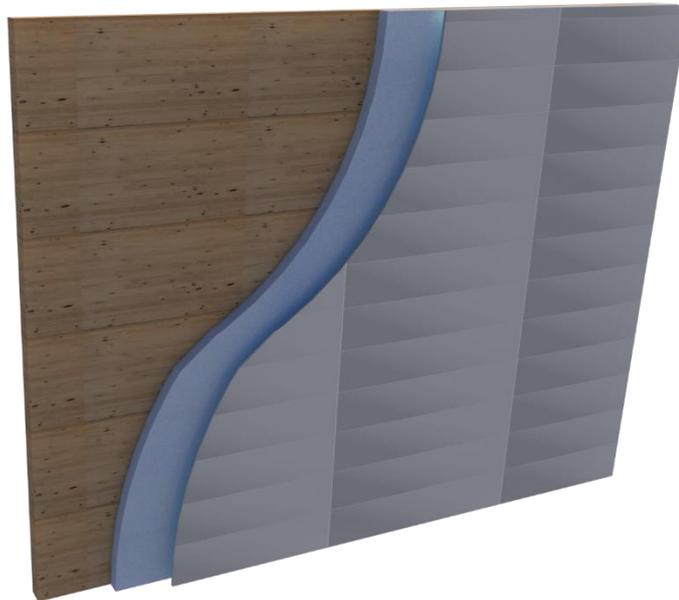


Figura 49 – Vista da solução em 3d

A tabela abaixo (tabela 11), descreve os materiais utilizados nesta solução junto com a característica de cada material. Já a tabela 12, descreve as características da solução como um todo, como a massa, a resistência ao fogo, entre outros.

Tabela 12 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
CLT	100	0,12	470	47	D
Poliestireno extrudido 8cm	80	0,035	40	2,4	E
Caixa de ar	30	-	-	-	-
Termolaminado compacto	8	0,3	1350	10,89	B

Tabela 13 – Características da solução 2

Características da solução	
Espessura total (mm)	218
Massa (kg/m ²)	60,29
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,64
Atenuação sonora (Rw)	35
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.2.3. Solução 3

Esta solução, que pode ser encontrada na página 25 do anexo, também utiliza o CLT como base principal da parede, assim como, um isolamento em poliestireno extrudido, fibra de vidro, argamassa, painel de fibra de madeira e cimento e gesso cartonado. As figuras abaixo (figura 48 e 49), mostram o detalhamento da solução em corte e 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 27).

A solução 3 é mais indicada para instalação em ambientes comerciais, escolas e hotéis, em comparação com a solução 2, por possuir um melhor isolamento acústico, o que normalmente é uma necessidade destes espaços.

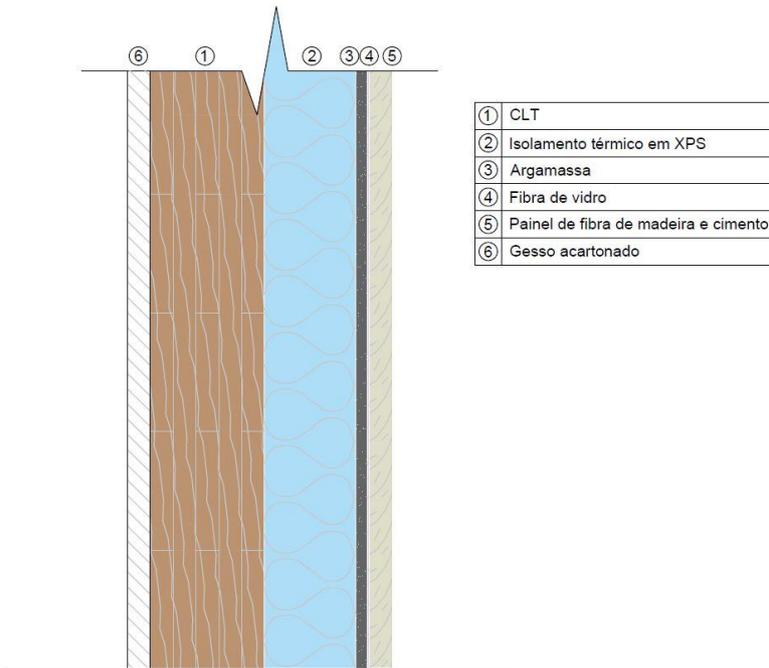


Figura 50 – Pormenor da solução

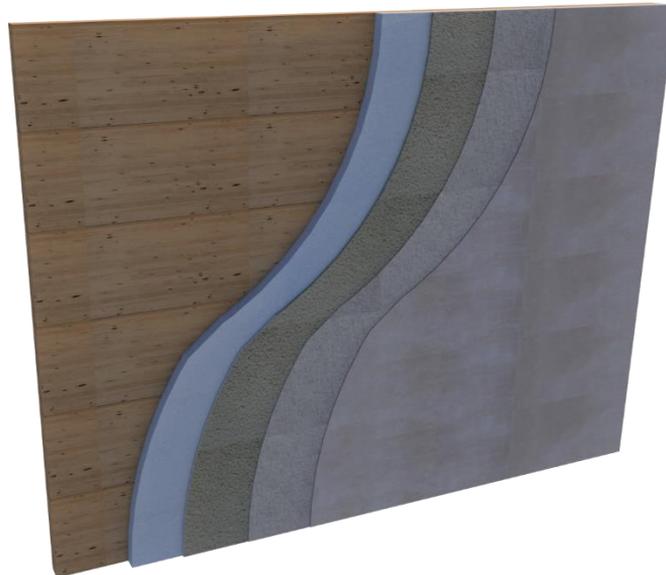


Figura 51 – Vista da solução em 3d

As tabelas a seguir (tabela 13 e 14), descrevem os elementos existentes na solução, junto com as características de cada elemento, além das características gerais da solução. Com as informações contidas nestas tabelas é possível definir se esta solução atende ou não as necessidades que o projeto necessita.

Tabela 14 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Painel em fibra de madeira e cimento	22	0,22	1350	29,7	B
Fibra de vidro (5x5mm)	0,52	0,05	-	0,01	-
Argamassa	20	1,3	1850	15	-
Poliestireno extrudido 8cm	80	0,035	40	2,4	E
CLT	100	0,12	470	47	D
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

Tabela 15 – Características da solução 3

Características da solução	
Espessura total (mm)	240,52
Massa (kg/m ²)	107,11
Coeficiente de transmissão térmica (U)	0,28
Atenuação sonora (Rw)	40
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.2.4. Solução 4

Esta solução, que pode ser encontrada na página 28 do anexo, utiliza o sistema pré-fabricado Lignotrend como base principal da parede. Junto com o isolamento em poliestireno extrudido, barreira de vapor, placa OSB, painel de fibra de madeira e cimento e gesso cartonado, estes elementos formam a solução 4, assim como mostram as figuras abaixo (figura 50 e 51). A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 30).

A solução 4, assim como a solução 3, também é indicado para ser provisionado em espaços comerciais, hotéis e escolas, por serem espaços com maior necessidade de isolamento acústico, a depender a divisão em que irão se encontrar.

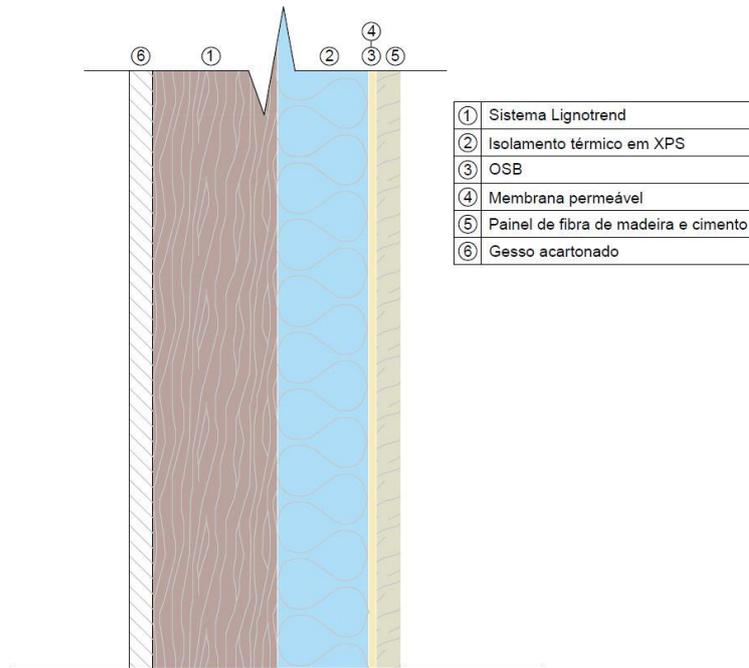


Figura 52 – Pormenor da solução

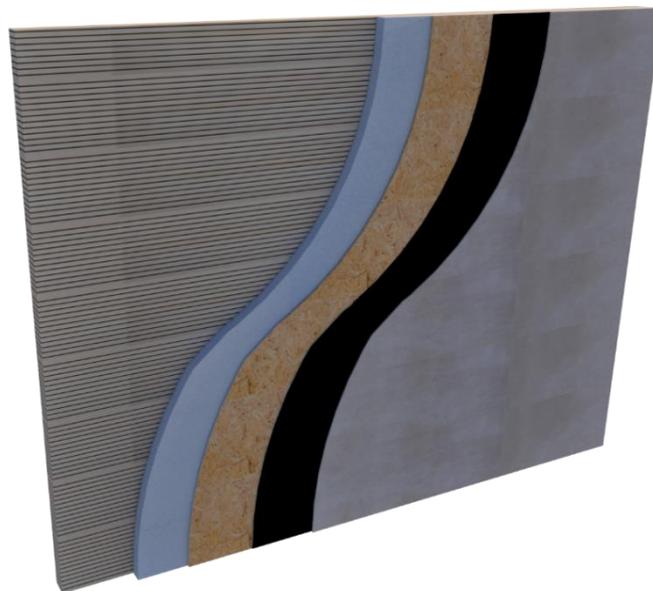


Figura 53 – Vista da solução em 3d

As tabelas a seguir (tabela 15 e 16), descrevem os materiais utilizados na composição desta solução, além das características de cada material. Elas também possuem as características da solução como um todo.

Tabela 16 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Painel em fibra de madeira e cimento	22	0,22	1350	29,7	B
Membrana permeável - barreira de vapor	-	-	-	149 (g/m ²)	E
Placa de OSB	6	0,13	600	11,4	D
Poliestireno extrudido 8cm	80	0,035	40	2,4	E
Sistema Lignotrend	110	0,13	500	38,2	F
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

Tabela 17 – Características da solução 4

Características da solução	
Espessura total (mm)	236
Massa (kg/m ²)	94,7
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,27
Atenuação sonora (Rw)	40
Resistência ao fogo	-

4.1.3. Soluções para pisos

Abaixo seguem propostas de pavimentos para reabilitação, e sua caracterização térmica, acústica e mecânica. As soluções de pavimentos criadas neste trabalho têm como princípio facilitar a escolha de soluções completas, com informações detalhadas para cada caso que o projeto possa vir a necessitar.

4.1.3.1. Solução 1

Esta solução, que pode ser encontrada na página 31 do anexo, é de um pavimento que não possui qualquer tipo de isolamento. Ele é composto por soalho, placa de OSB e vigas maciças de madeira. As figuras (52 e 53) abaixo mostram o detalhamento desta solução, assim como sua imagem em 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 33).

A solução 1 é indicada para instalação em ambientes de moradias unifamiliares e ambientes comerciais. Por não ter tanta necessidade de um isolamento acústico e térmico a depender da situação.

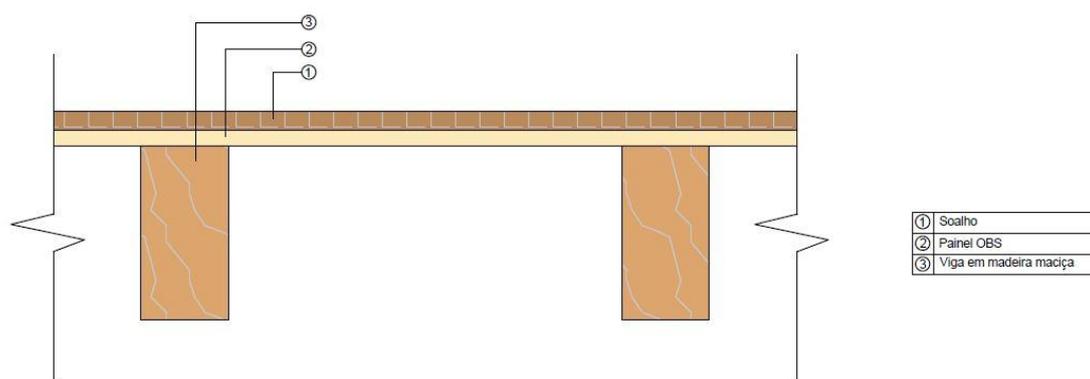


Figura 54 – Pormenor da solução



Figura 55 – Vista da solução em 3d

Além das imagens contendo o detalhamento da solução, pode-se observar na tabela abaixo (tabela 17), a descrição dos elementos que compõe a solução, além da caracterização dos mesmos. Já a tabela 18, traz a caracterização da solução como um todo.

Tabela 18 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	21	0,15	600	12,5	C
Placa de OSB	18	0,13	600	10,7	D
Viga em madeira maciça (100x200)	200	0,15	550	110	-

Tabela 19 – Características da solução 1

Características da solução	
Espessura total (mm)	239
Massa (kg/m ²)	133,2
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,55
Atenuação sonora (Rw)	40
Resistência ao fogo	30 minutos

4.1.3.2. Solução 2

A solução 2, que pode ser encontrada na página 34 do anexo, é uma solução de pavimento com isolamento. Ela é constituída de vigas de madeira maciça, isolamento em lã de rocha, placa de OSB, soalho e gesso cartonado. As figuras abaixo (figura 54 e 55), mostram o detalhamento em corte da solução e uma imagem 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 36).

Esta solução é indicada para instalação em ambientes comerciais, assim como moradias unifamiliares e multifamiliares, por já possuir um isolamento acústico e térmico. No entanto, não é tão indicada para espaços como hotéis e escolas, onde tem uma maior necessidade de isolamento.

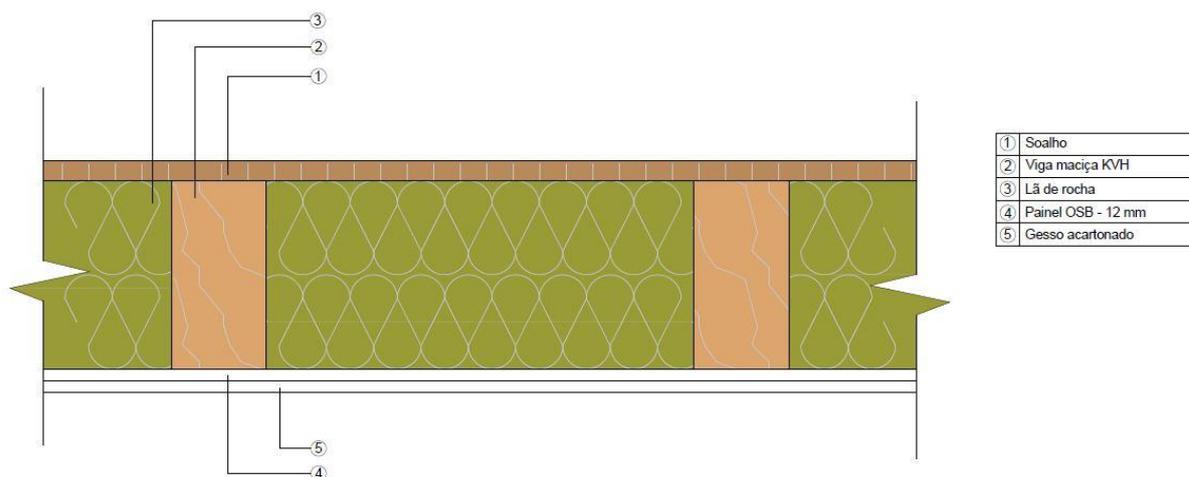


Figura 56 – Pormenor da solução



Figura 57 – Vista da solução em 3d

As tabelas abaixo (tabela 19 e 20), possuem a descrição dos materiais utilizados na solução, além das características de cada material, além das características da solução. Isto faz com que o profissional ao executar o projeto, já tenha todas as informações necessárias para escolher a solução que melhor lhe atende.

Tabela 20 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	21	0,15	600	12,5	C
Viga maciça (100x200)	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	60	0,037	30	1,78	A1
Placa de OSB	12	0,13	600	6,9	D
Gesso acartonado	12,5	0,175	568	7,1	A2

Tabela 21 – Características da solução 2

Características da solução	
Espessura total (mm)	105,5
Massa (kg/m ²)	138,28
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,41
Atenuação sonora (Rw)	45
Resistência ao fogo	30 minutos

4.1.3.3. Solução 3

Esta solução, que pode ser encontrada na página 37 do anexo, foi pensada para ter características de um pavimento acústico. Ela é composta de vigas de madeira maciça em sua estrutura, além de isolamento em lã de rocha, placas de OSB, piso flutuante, tela para vapor e gesso cartonado. As figuras abaixo (figura 56 e 57) mostram o detalhamento desta solução, além de uma imagem em 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 39).

A solução 3, por ser uma solução de piso acústico, é mais indicada para instalação em ambientes com maior necessidade de um isolamento acústico, como hotéis, escolas e ambientes comerciais. Não sendo tão necessário em ambientes como moradias, a depender da situação.

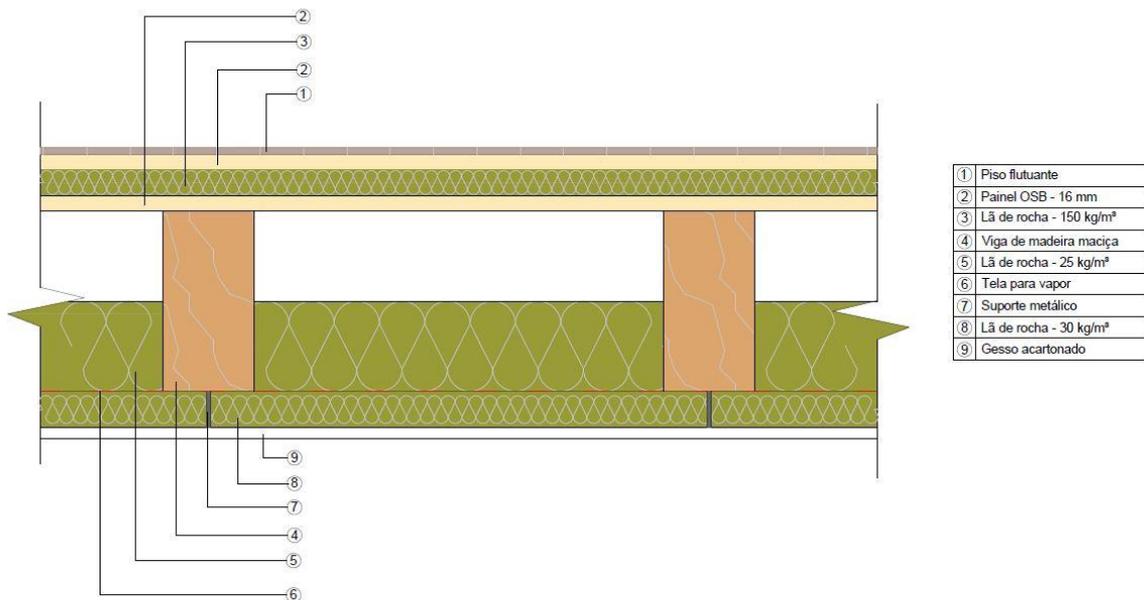


Figura 58 – Pormenor da solução



Figura 59 – Vista da solução em 3d

As tabelas abaixo (tabela 21 e 22), apresentam os materiais que compõe esta solução, além da caracterização de cada um. As tabelas possuem também a característica geral da solução. A criação destas soluções, junto com suas características, facilita na hora de projetar a reabilitação de um edifício.

Tabela 22 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Piso flutuante	8	0,048	88	7,09	C
Placa de OSB	15	0,13	600	8,46	D
Lã de rocha	30	0,038	150	4,5	A1
Placa de OSB	15	0,13	600	8,46	D
Viga em madeira maciça (100x200)	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	100	0,037	25	2,5	A1
Tela para vapor	-	-	-	-	-
Lã de rocha	40	0,037	30	1,18	A1
Gesso acartonado	12,5	0,175	568	7,1	A2

Tabela 23 – Características da solução 3

Características da solução	
Espessura total (mm)	220,5
Massa (kg/m ²)	149,29
Coeficiente de transmissão térmica (U)	0,18
Atenuação sonora (Rw)	48
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.3.4. Solução 4

Esta solução de pavimento, que pode ser encontrada na página 40 do anexo, conta com uma estrutura em vigas de madeira maciça, isolamento em lã de rocha, placa de OSB, soalho e duas placas de gesso cartonado em conjunto. As figuras abaixo (58 e 59), mostram o detalhamento desta solução, assim como uma imagem em 3d. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 42).

A solução 4, é indicada para ambientes que possuem a necessidade de um bom isolamento térmico e acústico, no entanto, sem a necessidade de um pavimento acústico, como moradias unifamiliares e multifamiliares, além de espaços comerciais.

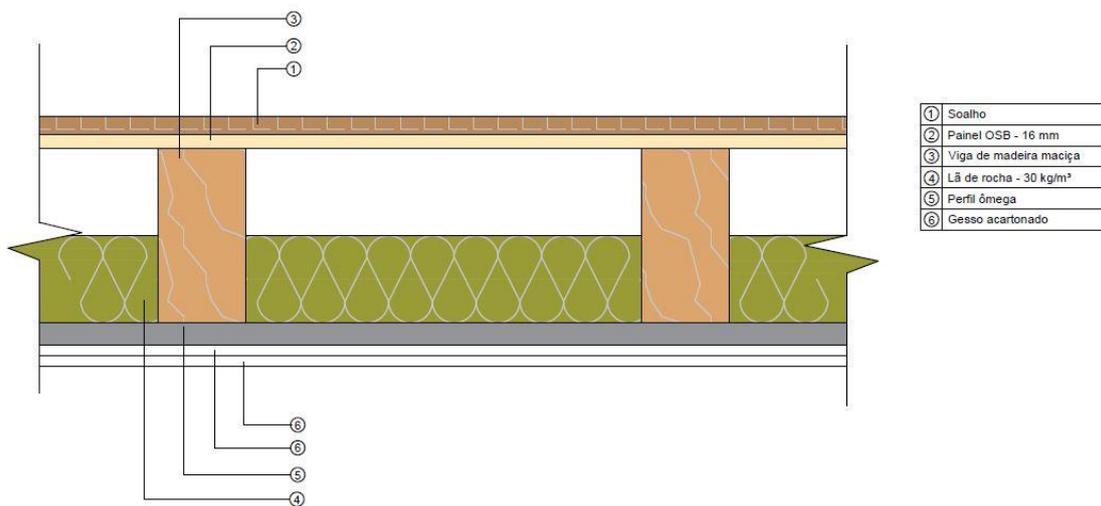


Figura 60 – Pormenor da solução



Figura 61 – Vista da solução em 3d

A tabela 23 abaixo, contém informações a respeito dos materiais contidos na solução, assim como a descrição de cada e suas respectivas características. Já a tabela 24, traz a caracterização da solução como um todo.

Tabela 24 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	21	0,15	600	12,5	C
Placa de OSB	15	0,13	600	8,46	D
Lã de rocha	100	0,037	30	3	A1
Viga em madeira maciça (100x200)	200	0,15	550	110	-
Perfil ômega	-	-	-	-	-
Gesso acartonado	12,5	0,175	568	7,1	A2
Gesso acartonado	12,5	0,175	568	7,1	A2

Tabela 25 – Características da solução 4

Características da solução	
Espessura total (mm)	261
Massa (kg/m ²)	148,16
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,29
Atenuação sonora (Rw)	48
Resistência ao fogo	60 minutos

4.1.3.5. Solução 5

O pavimento desta solução, assim como o da solução 3, também é um pavimento acústico, que pode ser encontrada na página 43 do anexo. O mesmo é composto por vigas em madeira maciça, isolamento em lã de rocha, membrana de isolamento acústico em polietileno reticulado (Impactodan 5), placa de OSB, soalho, painel de fibra de madeira cimento e gesso cartonado. As imagens abaixo (figura 60 e 61), mostram o detalhamento desta solução. A solução ainda conta com os pormenores construtivos que estão presentes no anexo (página 45).

Esta solução, assim como a solução 3, é mais indicada para espaços com maior necessidade de um isolamento acústico, como hotéis, espaços comerciais e escolas.

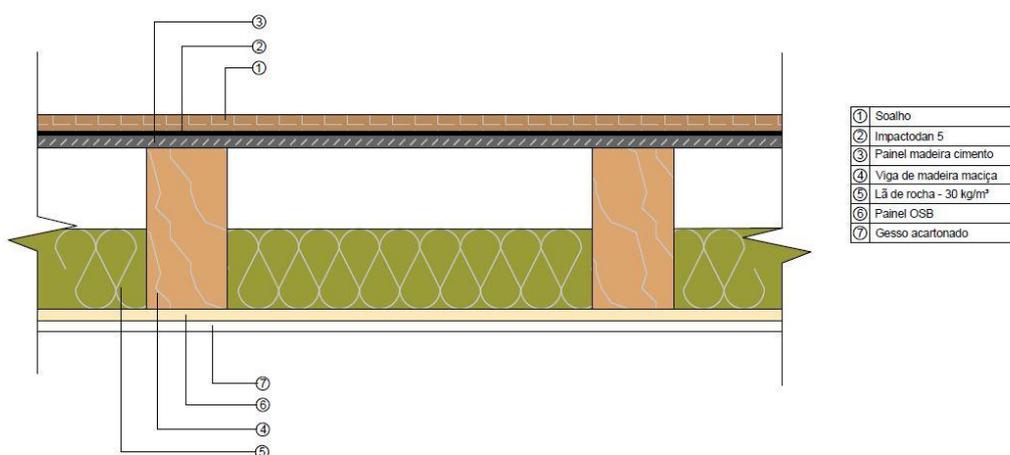


Figura 62 – Pormenor da solução



Figura 63 – Vista da solução em 3d

As tabelas a seguir (tabela 25 e 26), assim como as anteriores, trazem a descrição de cada material utilizado para compor a solução, além das características de cada um. É possível observar na tabela 26, a caracterização da solução.

Tabela 26 – Características dos materiais

Características dos materiais					
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	21	0,15	600	12,5	C
Impactodan 5	5	0,04	27	0,13	F
Painel de fibra madeira cimento	16	0,22	1350	21,6	B
Lã de rocha	100	0,037	30	3	A1
Viga em madeira maciça (100x200)	200	0,15	550	110	-
Placa de OSB	15	0,13	600	8,46	D
Gesso acartonado	12,5	0,175	568	7,1	A2

Tabela 27 – Característica da solução 5

Características da solução	
Espessura total (mm)	269,5
Massa (kg/m ²)	162,79
Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,28
Atenuação sonora (Rw)	50
Resistência ao fogo	60 minutos

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentados os principais resultados da investigação realizada, para além de sugestões de futuras linhas de investigação que deem continuidade e complementem este estudo.

A levar em consideração ao que foi proposto, pode-se afirmar que o objetivo relativo a esta dissertação foi cumprido, visto que foram sintetizados os principais problemas que podem surgir em construções antigas em madeira, juntamente com a forma com que estas estruturas eram feitas, seguido de uma proposta de manual com soluções para resolução destes problemas, visando diversos tipos de utilização.

5.1. Conclusões gerais e recomendações

O presente trabalho tem como intuito servir de apoio a projetistas na reabilitação de edifícios com a utilização de sistemas pré-fabricados de madeira, sendo assim, foi criado um manual com algumas soluções pensadas nos problemas e necessidades mais comuns. Este manual conta com a caracterização dos materiais utilizados, assim como, a caracterização da solução em si, junto com o detalhamento relativo a instalação.

Para que a construção deste manual fosse possível, primeiro foi necessária uma análise referente as principais anomalias encontradas em construções com madeira, junto com um estudo das formas construtivas em madeira que eram utilizados em construções mais antigas. Este estudo foi efetuado para poder perceber melhor quais as necessidades mais comuns a reabilitação, além de poder analisar as anomalias que podem surgir neste tipo de construção e os cuidados a se tomar no processo de construção.

No seguimento, foram estudados e analisados os produtos derivados da madeira e seus sistemas pré-fabricados, o que permitiu adquirir um conhecimento mais abrangente acerca das possibilidades que a construção em madeira possui nos dias atuais. Somente a partir deste estudo foi possível avaliar os

materiais e sistemas adequados a cada situação e a partir deste ponto iniciar o desenvolvimento das soluções que compõe o manual.

Para que fosse possível a construção do manual também foi necessário o conhecimento de tantos outros materiais, como materiais de isolamento, materiais de acabamento, materiais de proteção da madeira, junto com o estudo de acessórios de fixação a ser utilizado em cada caso.

Todo o estudo e conhecimento adquirido foi necessário para a criação das soluções. As soluções se dividiram em paredes internas, paredes externas e pavimentos e as mesmas foram pensadas para que possam ser utilizadas nas mais diversas situações, como pode ser observado no manual. Cada solução conta com a caracterização dos materiais, junto com a caracterização da solução como um todo, o que facilita a tomada de decisão do projetista quando avaliar a sua necessidade.

O manual conta com desenhos dos pormenores de cada solução, o que facilita a visualização de quem for utiliza-lo. Ele também possui os métodos de fixação adequados a cada solução, além da indicação da necessidade de instalação de materiais isolantes para evitar ruídos ou humidade para a solução em questão.

Em resumo, o presente trabalho, junto com o manual, oferece aos projetistas uma vasta possibilidade não somente de soluções construtivas em madeira para a reabilitação de edifícios, como os pormenores e a fixação de cada solução, além da indicação da finalidade de cada uma destas soluções.

5.2. Futuros desenvolvimentos

Pretendeu-se com este estudo dar um auxílio no que se refere a soluções de construção em madeira relacionado aos tipos de necessidades que possam surgir, levando em conta a ligação entre as estruturas e pensados para evitar possíveis anomalias.

Para dar sequência a este trabalho, apresentam-se algumas sugestões para desenvolvimentos futuros:

- Continuar a linha deste estudo, a explorar as inúmeras soluções que a construção em madeira possibilita.
- Fazer um experimento a utilizar as soluções apresentadas e os métodos de ligação em estudos de caso.
- Realizar ensaios com as soluções apresentadas neste estudo para validar os parâmetros mecânicos, acústicos e térmicos de cada solução.

CAPÍTULO 6

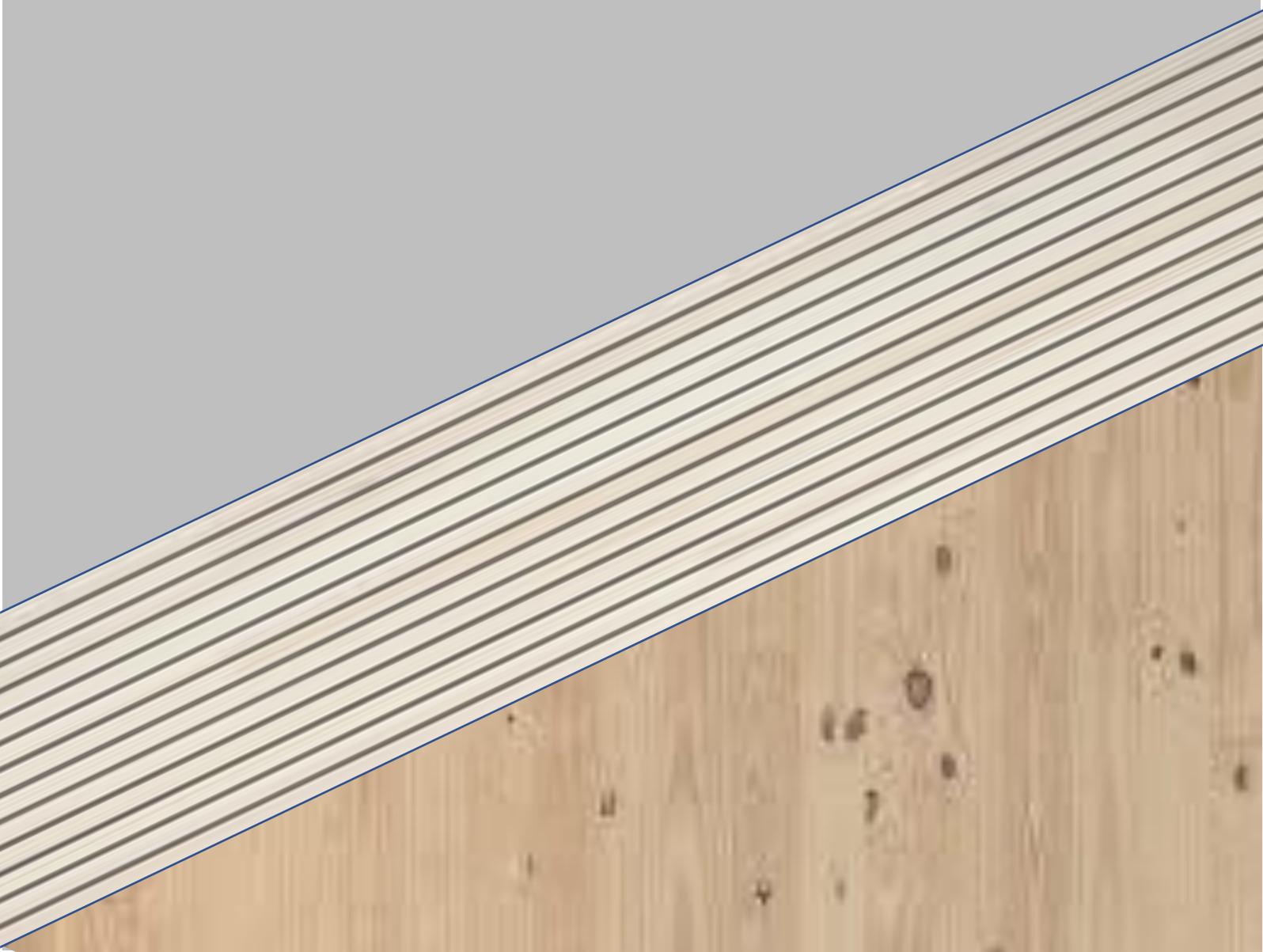
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, P. (2006). *Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem*. Mestre. Universidade Técnica de Lisboa.
- Alvito, J. (2013). *Comportamento estrutural de ligações em painéis de cement bonded particle boards*. Mestre. Universidade Nova de Lisboa.
- Banema. Banema.pt (2021). Retrieved 25 January 2021, from <https://www.banema.pt/pt/>
- Barbosa, R. (2008). *Estruturas de madeira lamelada colada reforçada com sistemas compósitos de FRP*. Mestre. Universidade do Porto
- Brito, J. (2004). *Diagnóstico, patologia e reabilitação de construção de madeira*. Mestre. Universidade de Coimbra.
- CBS-CBT: *Wood engineers and builders*. Cbs-cbt.com. (2021). Retrieved 20 October 2020, from <https://cbs-cbt.com/en/>.
- Costa, A. (2013). *Construção de edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)*. Mestre. Universidade do Porto
- Deplazes, A. *Constructing architecture* (p.92). Birkhauser.
- Ferreira, N. (2009). *Técnicas de ligação pavimentos/paredes em reabilitação de edifícios antigos*. Mestre. Universidade do Porto.
- Ferreira, T. (2017). *Reabilitação de Edifícios – Pavimentos Leves*. Mestre. Politécnico do Porto.
- Flórido, F. (2010). *Tipificação de soluções de reabilitação de paredes de madeira em edifícios antigos*. Mestre. Universidade do Porto.
- Fonseca, E. (2017). *Resistência ao fogo de elementos de madeira pelo Eurocódigo 5 – Estudo de caso na reabilitação de edifícios antigos*. Mestre. Universidade do Porto.

- Gonçalves, J. (2012). *Desenhar com/a madeira*. Mestre. Universidade Lusíada do Porto.
- Guilherme, R. (2019). *Dimensionamento de Estruturas de Madeira e Mistas*. Mestre. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Johansson, M. (2015). *Design of timber structures – Volume 1, Chapter 2*. Swedish Forest Industries Federation, Stockholm.
- Keel Marktideen, S. (2021). *STEKO Construction System – Steko Holz-Bausysteme AG*. Steko.ch. Retrieved 12 April 2020, from <https://www.steko.ch/en/bausystem/steko-construction-system/>.
- Lourenço, P. (2001). *Reabilitação de construções antigas – casos práticos*. Universidade do Minho.
- Lopes, M. (2007). *Tipificação de soluções de reabilitação de estruturas de madeira em coberturas de edifícios antigos*. Mestre. Universidade do Porto.
- Martins, J. G. e Vieira, A. (2004). *Materiais de construção: Derivados de madeira*. Sebenta de Materiais I, UFP, Porto.
- Moslemi, A. (1974). *Paticleboard*. Illinois. Southern Illinois University Press, v.2.
- Portilame – Construção*. Portilame.com. (2021). Retrieved 20 October 2020, from <https://www.portilame.com/pt/4-construcao/2-sistema-woodenquark/>.
- Rowell, R. M. (2005). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Taylor & Francis.
- Santos, J. (2010). *Estudo e modelação do processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural*. Mestre. Universidade do Porto
- Teixeira, M. (2010). *Reabilitação de edifícios pombalinos. Análise experimental de paredes de frontal*. Mestre. Universidade Técnica de Lisboa.
- Thermochip Housing. *Thermochip*. (2021). Retrieved 9 July 2020, from <https://www.thermochip.com/pt/>.
- Torra, S. (2016). *Estudo de soluções de reabilitação acústica para o caso dos pavimentos tradicionais em madeira*. Mestre. Universidade de Coimbra.
- Torres, J. (2010). *Sistemas construtivos modernos em madeira*. Mestre. Univesidade do Porto

ANEXOS

*Guia de soluções de
madeira para reabilitação*

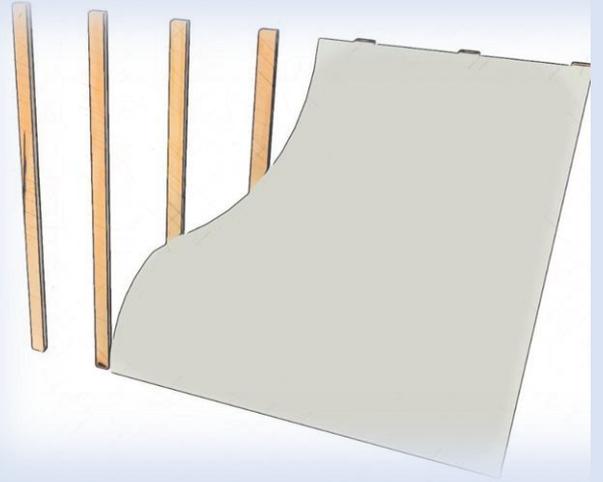


ÍNDICE – PAREDES INTERNAS



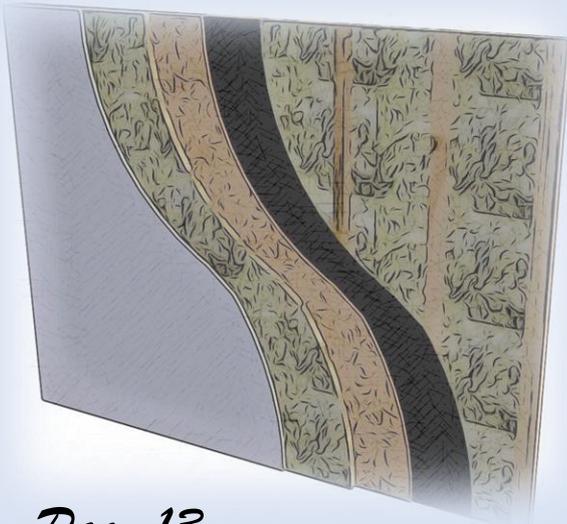
Paq. 7

Parede interna entre ambientes secos e húmidos



Paq. 10

Parede interna entre ambientes secos (sem isolamento)



Paq. 13

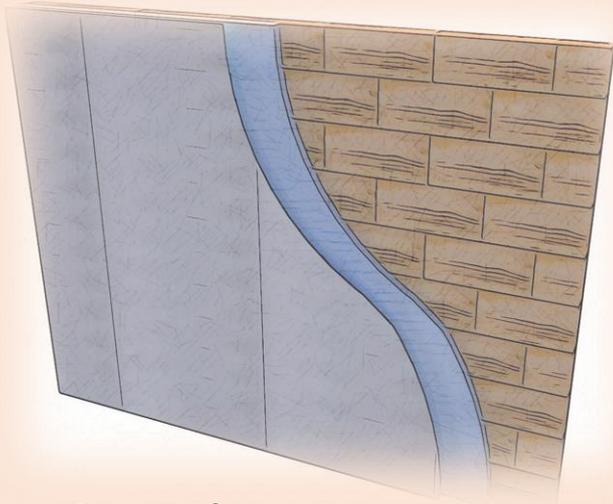
Parede interna entre espaço útil e não útil



Paq. 16

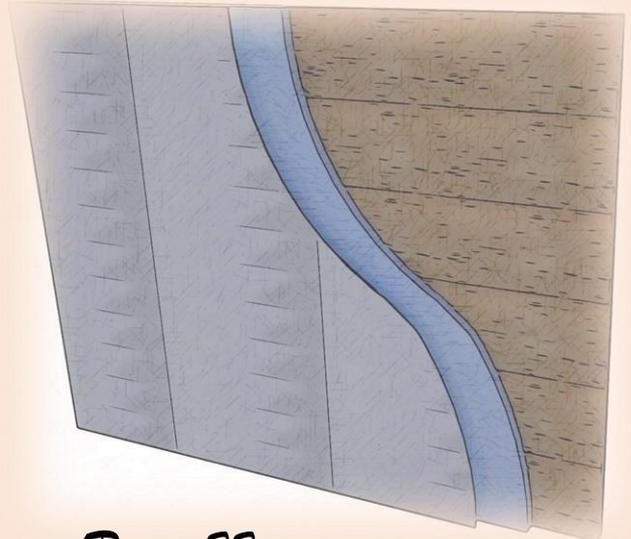
Parede interna entre espaço útil e não útil

ÍNDICE – PAREDES EXTERNAS



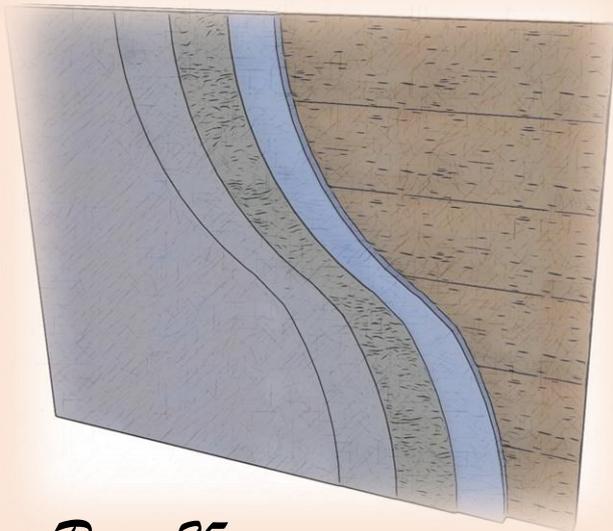
Pag. 19

Parede externa com sistema Steko



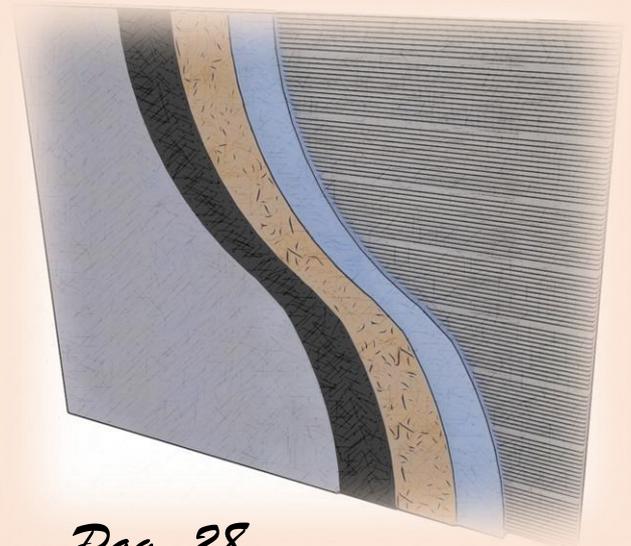
Pag. 22

Parede externa com CLT



Pag. 25

Parede externa com CLT



Pag. 28

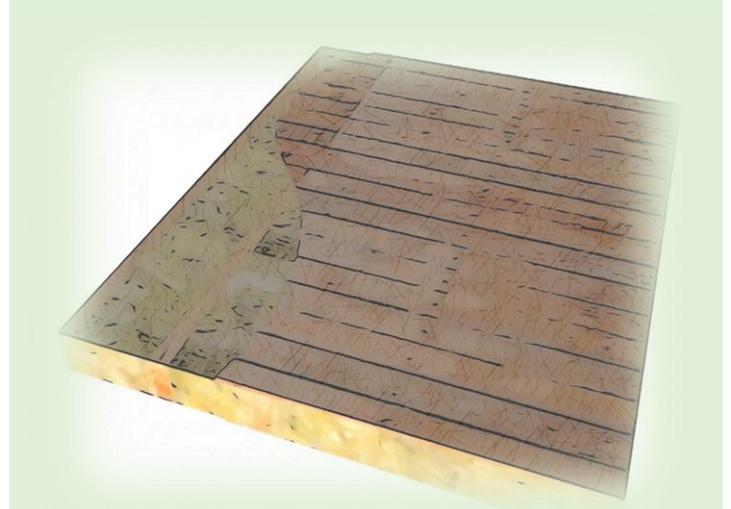
Parede externa com sistema Lignotrend

ÍNDICE – PAVIMENTOS



Pag. 31

Pavimento sem isolamento



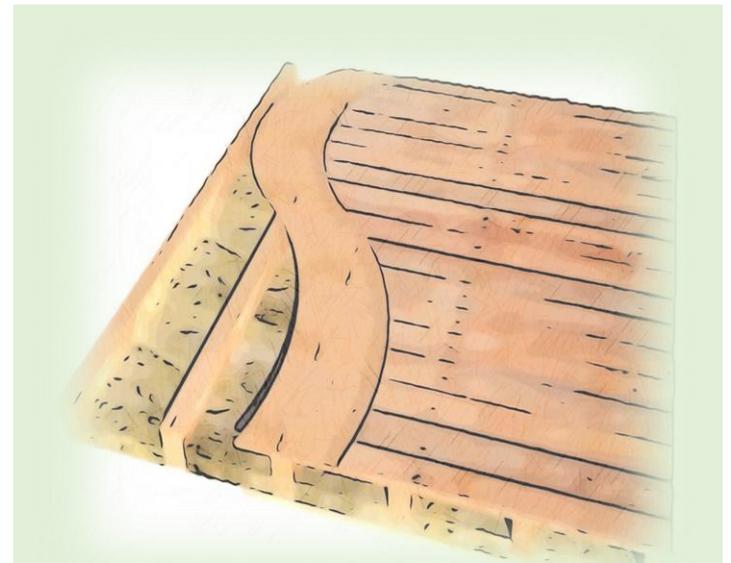
Pag. 34

Pavimento com isolamento



Pag. 37

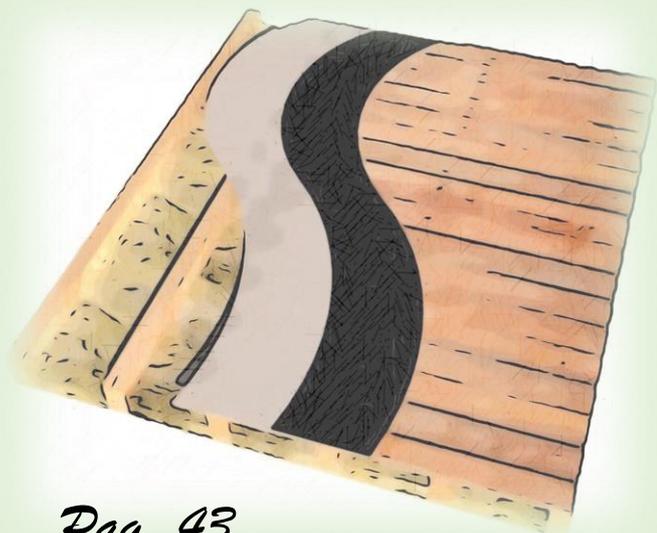
Pavimento acústico



Pag. 40

Pavimento com isolamento

ÍNDICE – PAVIMENTOS

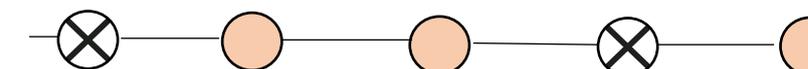
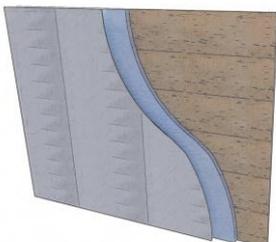
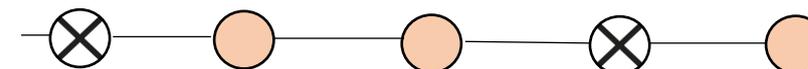
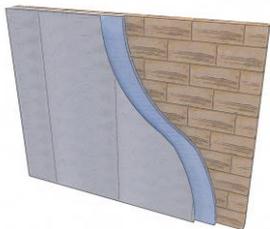
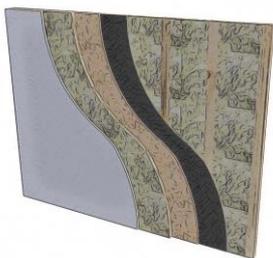
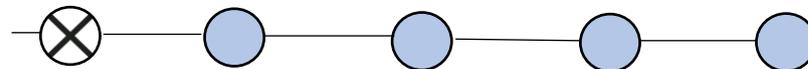
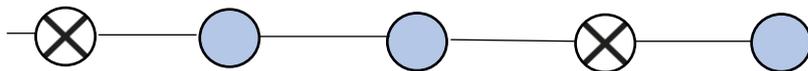
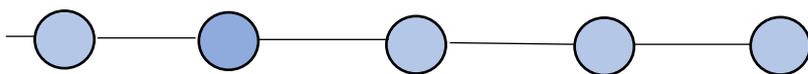
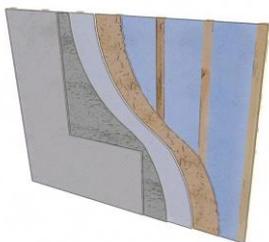


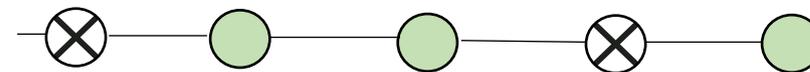
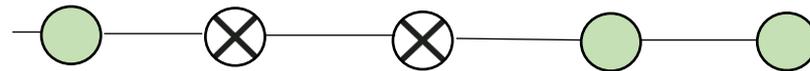
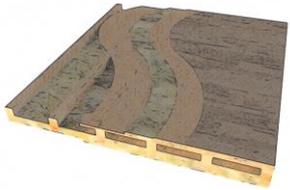
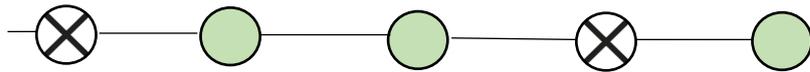
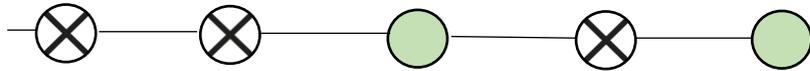
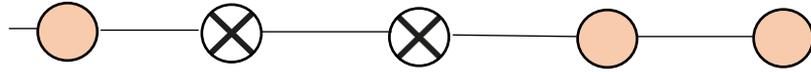
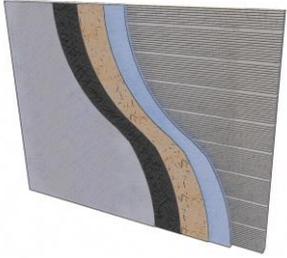
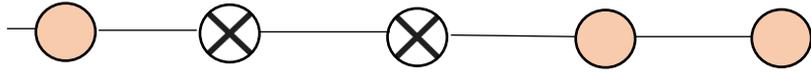
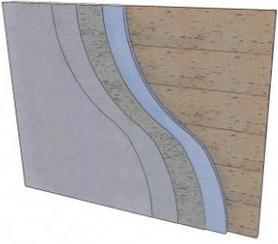
Pag. 43

Pavimento acústico

Utilização das soluções em situações diversas

Hoteis *Habitação multifamiliar* *Habitação unifamiliar* *Escolas* *Ambiente comercial*





Parede interna entre ambientes secos e húmidos



Massa - 88,57 kg/m²



Coeficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,36



Atenuação sonora

RW - 40



Resistência ao fogo

45 minutos

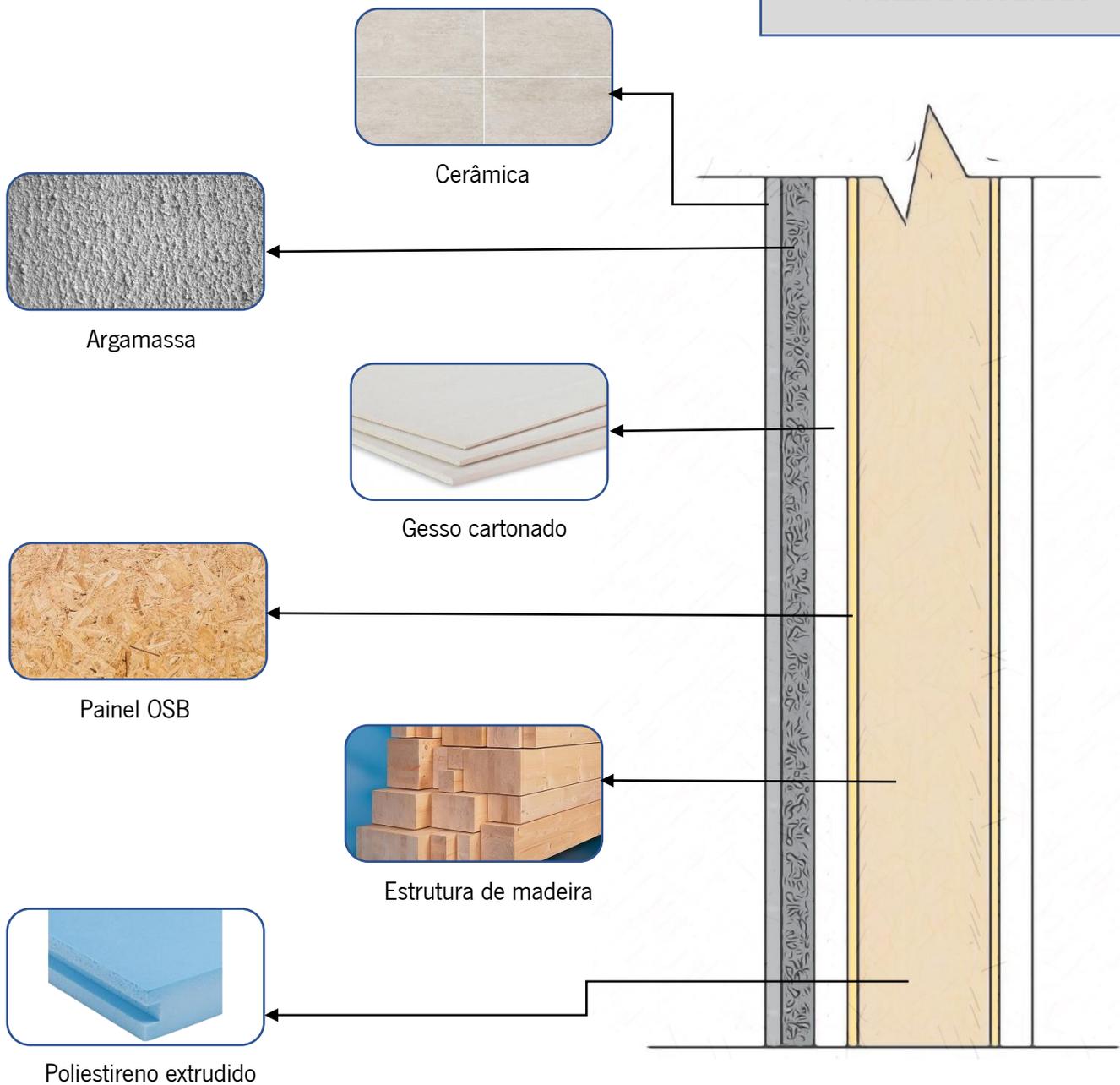


Espessura total

213,92 mm

Descrição

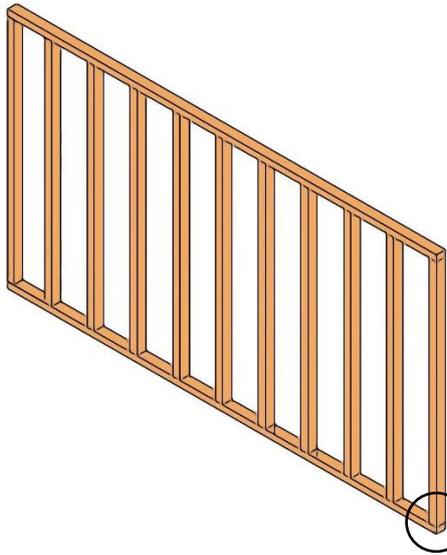
Parede interna com estrutura composta por montantes em madeira (40x120mm), e isolamento térmico em poliestireno extrudado, com uma densidade de 40kg/m³. Nas duas faces desta estrutura são aplicados painéis de OSB com espessura de 6mm, aos quais se sobrepõe painéis de gesso cartonado (18mm). Na face para o ambiente húmido, sobre as placas de gesso, é utilizada argamassa com acabamento em cerâmica.



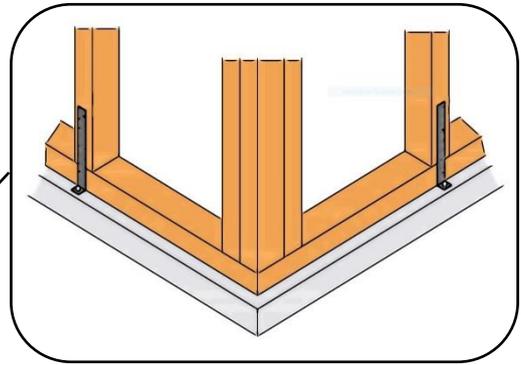
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Painel OSB	6	0,13	600	11,4	D
Poliestireno extrudido	80	0,035	40	2,4	E
Estrutura em madeira	120	0,13	385	4,6	E1
Argamassa	20	1,3	1850	15	-
Acabamento em cerâmica	10	1,3	1777,77	17,77	A1

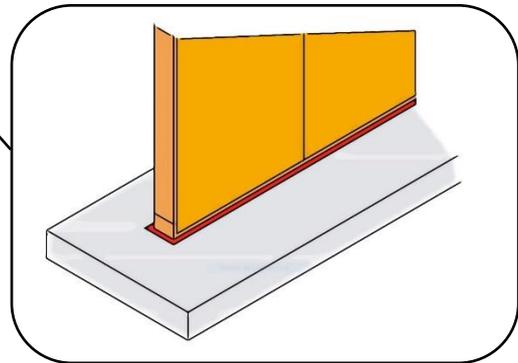
Detalhes da solução



Disposição da estrutura de madeira pelo perímetro da parede.



Fixação da estrutura de parede é feita através de fixação angular.

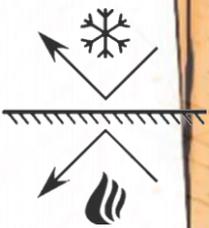


Inserir material resiliente de isolamento acústico entre a estrutura da parede e o pavimento em caso de necessidade.

Parede interna entre ambientes secos (sem isolamento)



Massa - 30,60 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,37



Atenuação sonora

Rw - 30



Resistência ao fogo

60 minutos

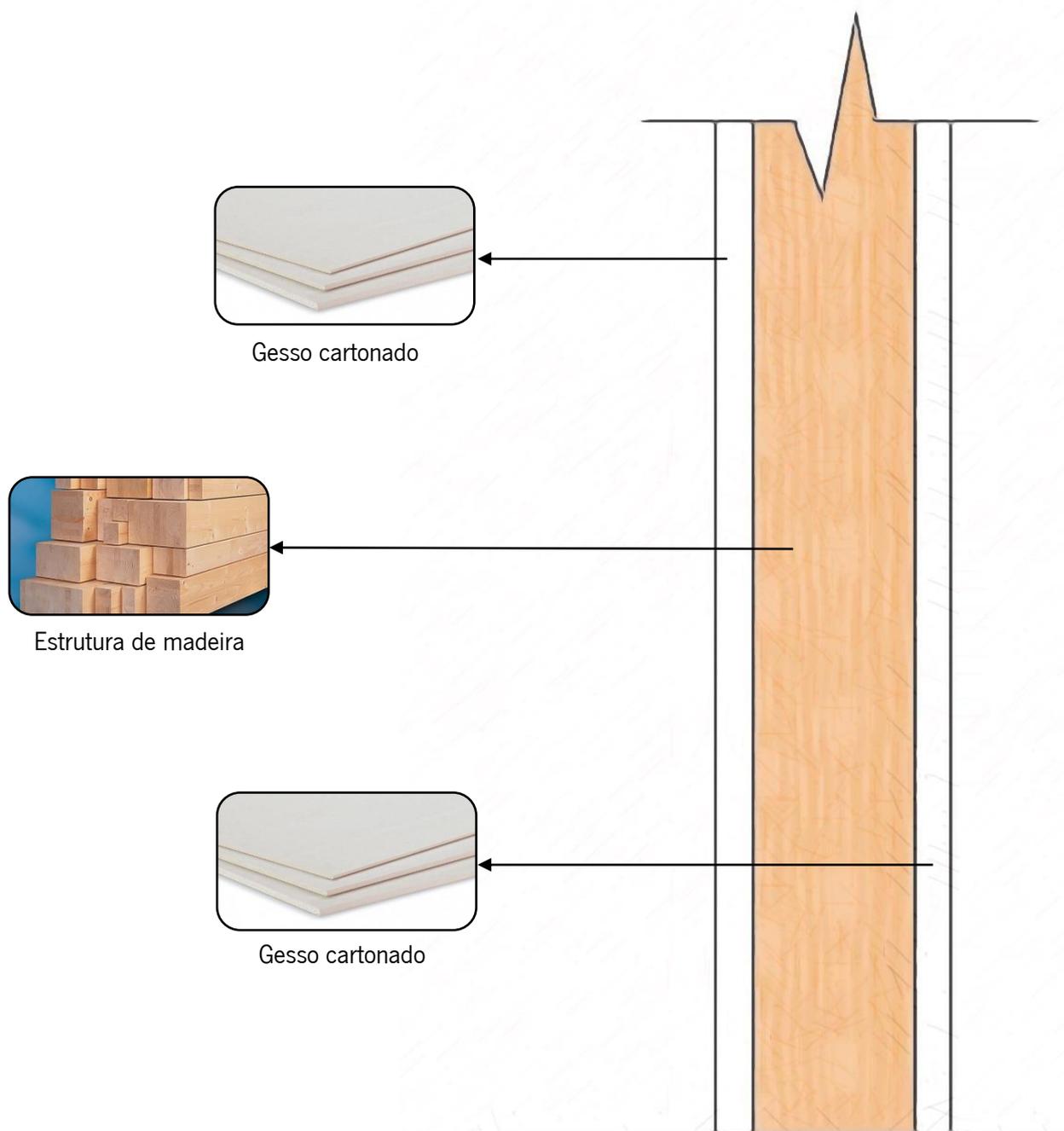


Espessura total

116,02 mm

Descrição

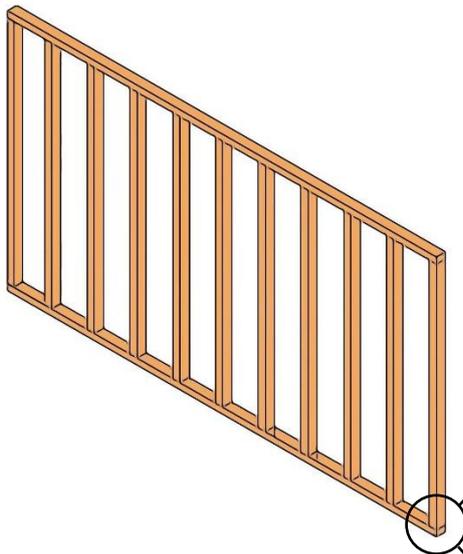
Parede interna com estruturação com montante em madeira (40x120mm), sem isolamento. Nas duas faces desta estrutura são instalados painéis de gesso cartonado com espessura de 18mm.



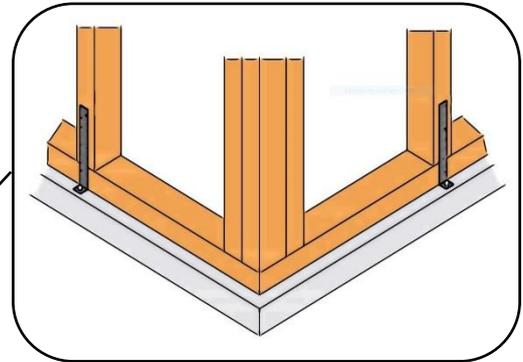
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Estrutura em madeira	120	0,13	385	4,6	E1
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

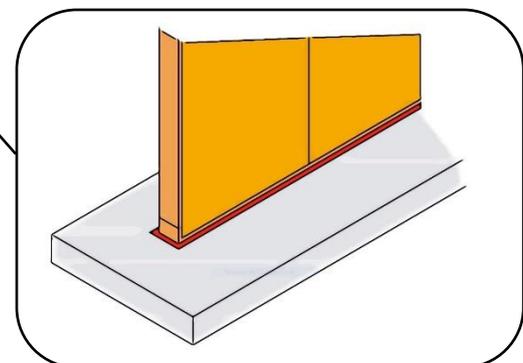
Detalhes da solução



Disposição da estrutura de madeira pelo perímetro da parede.



Fixação da estrutura de parede é feita através de fixação angular.



Inserir material resiliente de isolamento acústico entre a estrutura da parede e o pavimento em caso de necessidade.

Parede interna entre espaço útil e não útil



Massa - 46,82 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,24



Atenuação sonora

Rw - 35



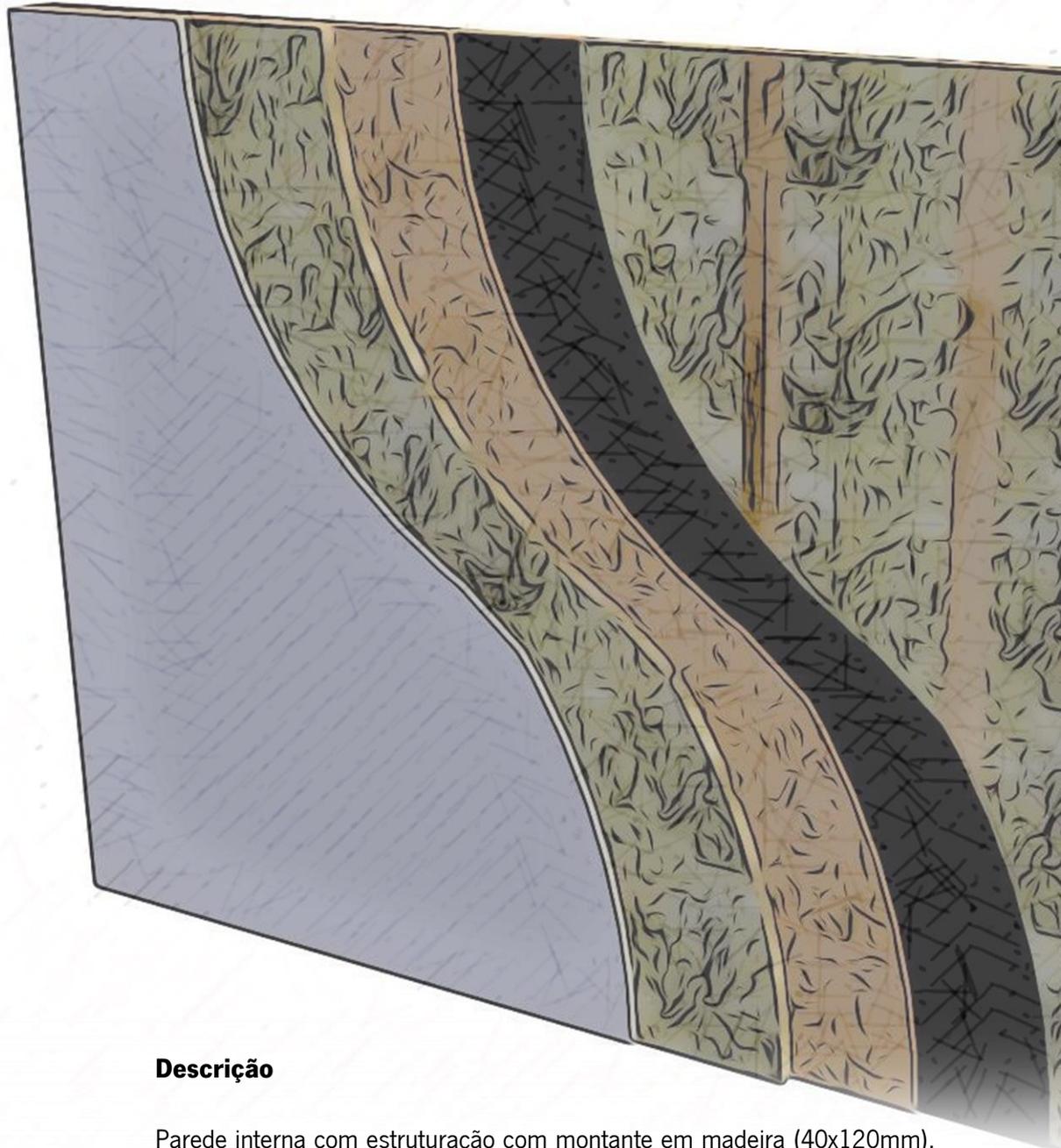
Resistência ao fogo

60 minutos



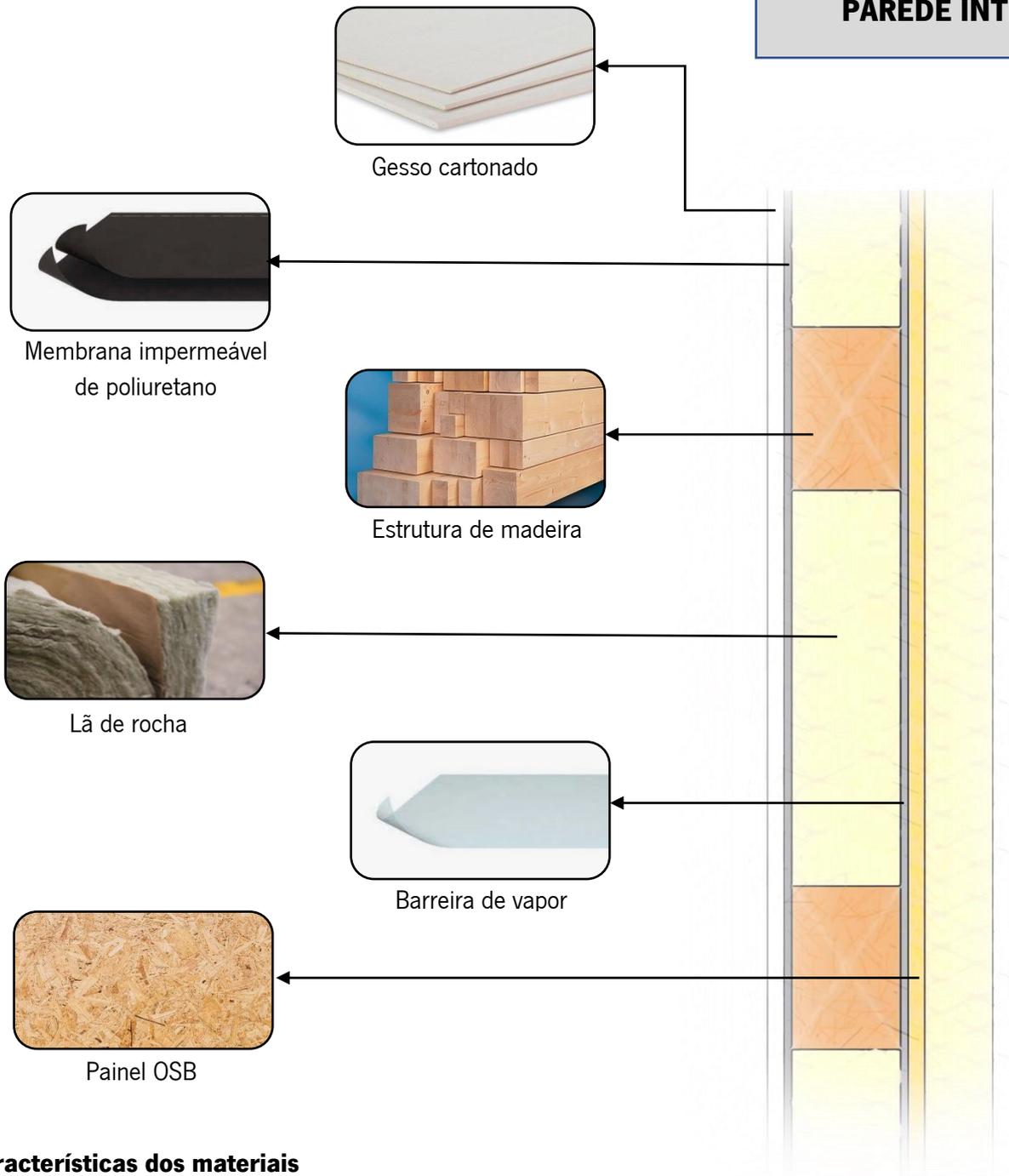
Espessura total

178,00 mm



Descrição

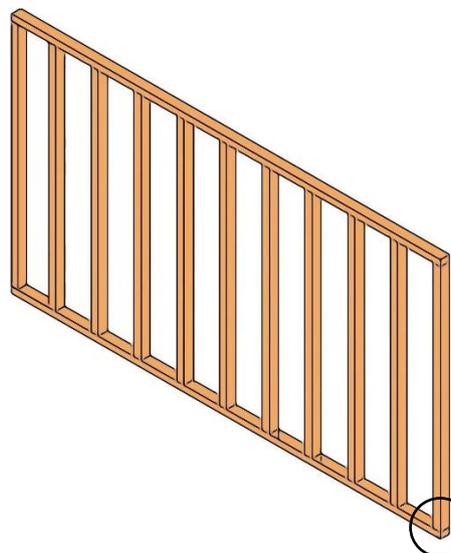
Parede interna com estruturação com montante em madeira (40x120mm), e isolamento térmico em lã de rocha, entre a estrutura de madeira, com uma densidade de 30kg/m³. Em uma das faces é instalada uma membrana permeável, junto com um painel de OSB de 12mm, logo após o painel é instalado outra camada de lã de rocha com uma densidade de 30kg/m³, seguido por painel de gesso cartonado. Na outra face se encontra uma camada de membrana impermeável de poliuretano e também um painel em gesso.



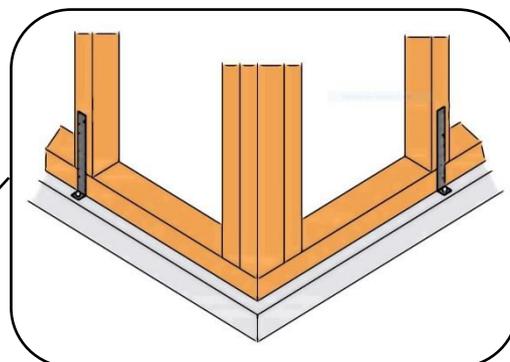
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Lã de rocha	50	0,037	30	0,97	A1
Painel de OSB	12	0,13	600	11,4	D
Membrana permeável	-	-	-	149(g/m ²)	E
Estrutura em madeira	120	0,13	385	4,6	E1
Lã de rocha	80	0,037	30	2,4	A1
Membrana impermeável	-	-	-	1,45	E
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2

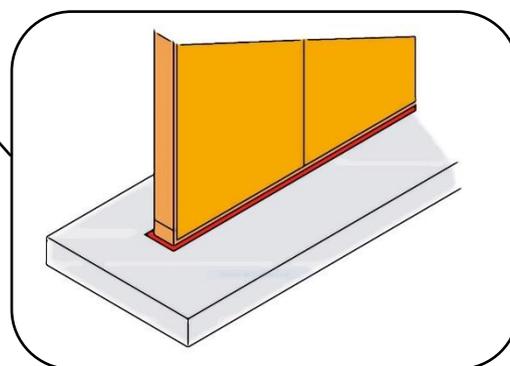
Detalhes da solução



Disposição da estrutura de madeira pelo perímetro da parede.



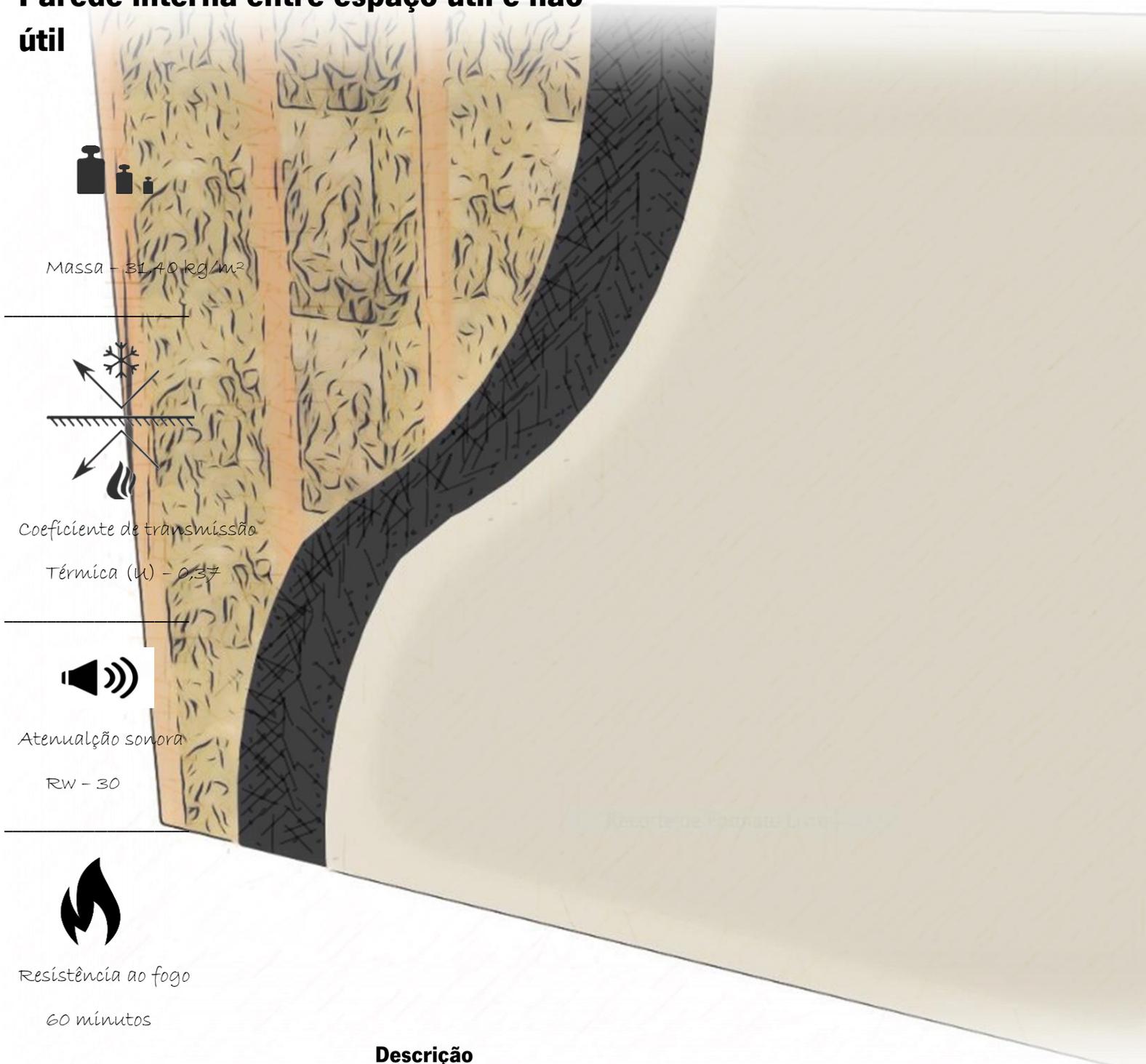
Fixação da estrutura de parede é feita através de fixação angular.



Inserir material resiliente de isolamento acústico entre a estrutura da parede e o pavimento em caso de necessidade.



Parede interna entre espaço útil e não útil

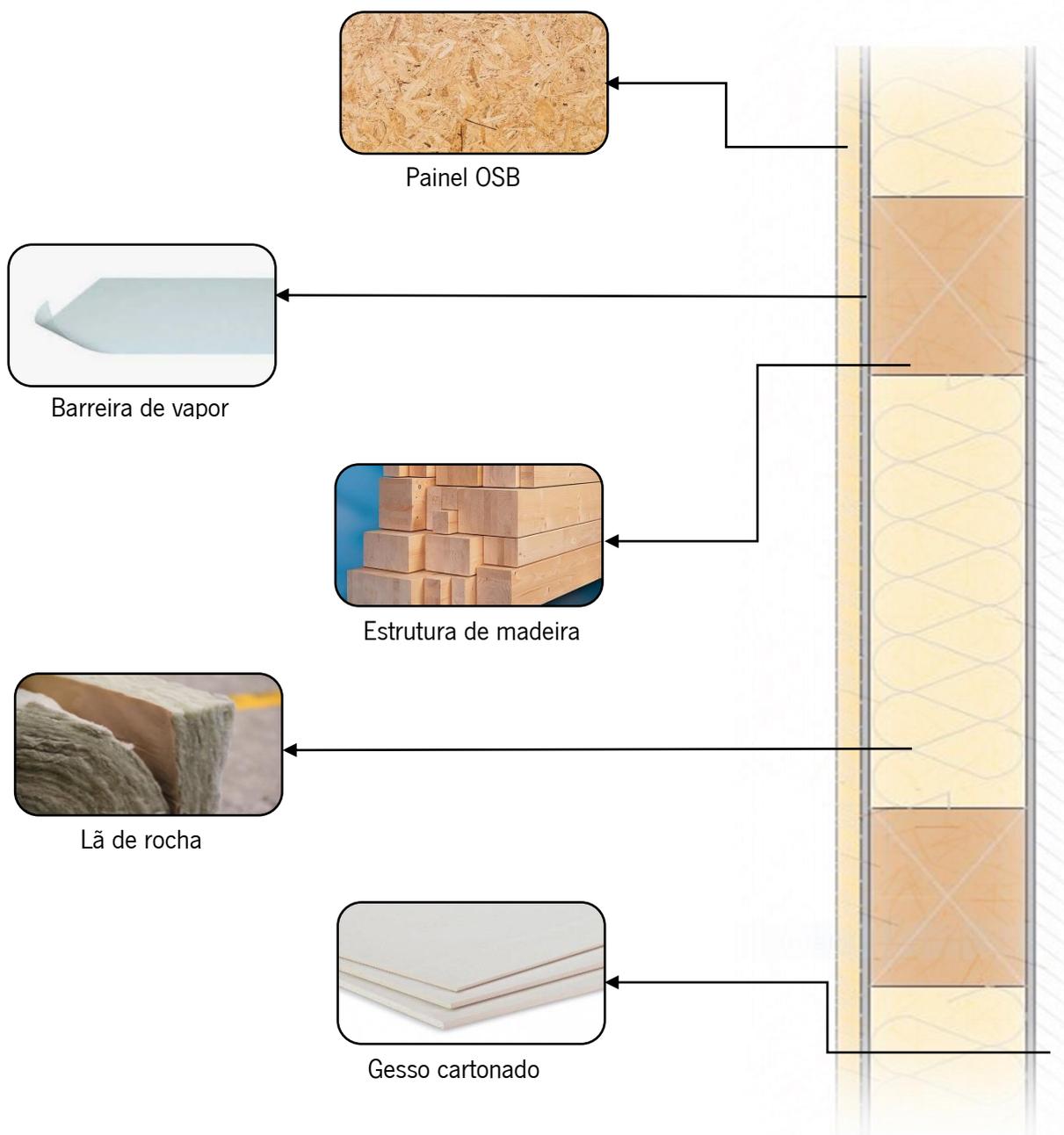


Descrição

Parede interna com estruturação com montante em madeira (40x120mm), e isolamento térmico em lã de rocha, entre a estrutura de madeira, com uma densidade de 30kg/m³. Em ambas as faces são instaladas membranas permeáveis. Em um dos lados é colocado um painel em gesso cartonado de 18mm, ja no lado oposto é instalado um painel de OSB de 12mm.



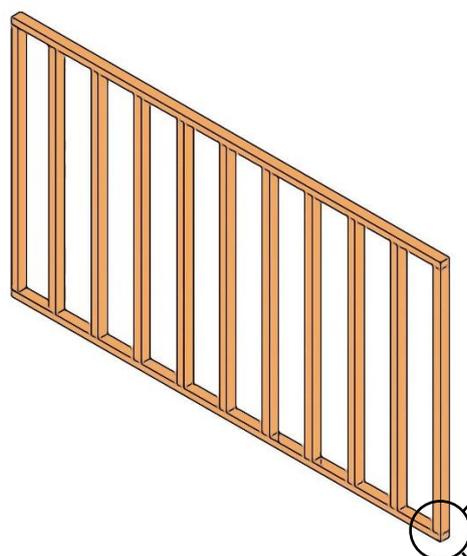
Espessura total
110,00 mm



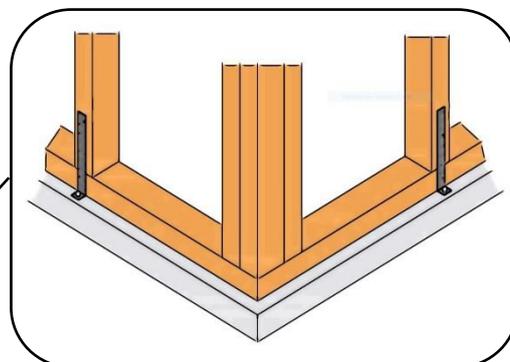
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Painel de OSB	12	0,13	600	11,4	D
Lã de rocha	80	0,037	30	2,4	A1
Estrutura em madeira	120	0,13	385	4,6	E1
Membrana permeável	-	-	-	149(g/m ²)	E

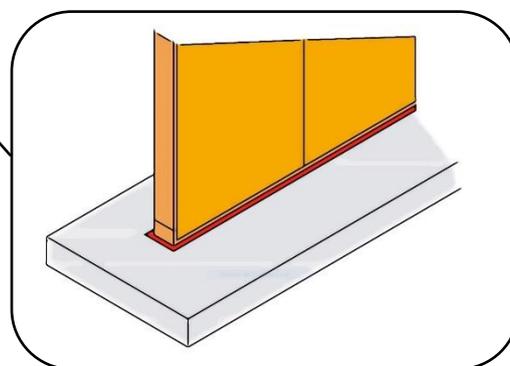
Detalhes da solução



Disposição da estrutura de madeira pelo perímetro da parede.

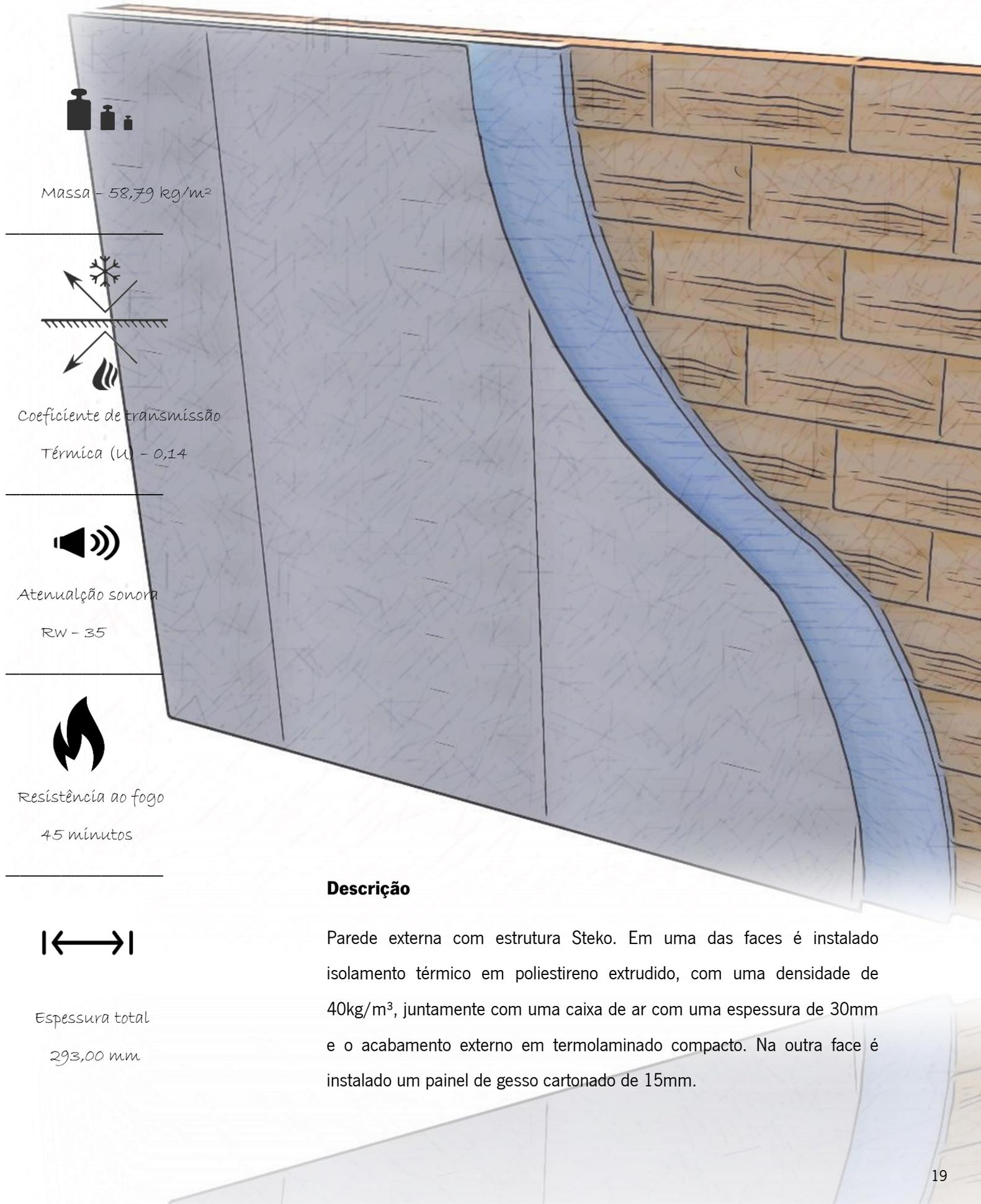


Fixação da estrutura de parede é feita através de fixação angular.

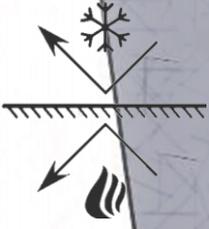


Inserir material resiliente de isolamento acústico entre a estrutura da parede e o pavimento em caso de necessidade.

Parede externa com sistema Steko



Massa - 58,79 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,14



Atenuação sonora

RW - 35



Resistência ao fogo

45 minutos

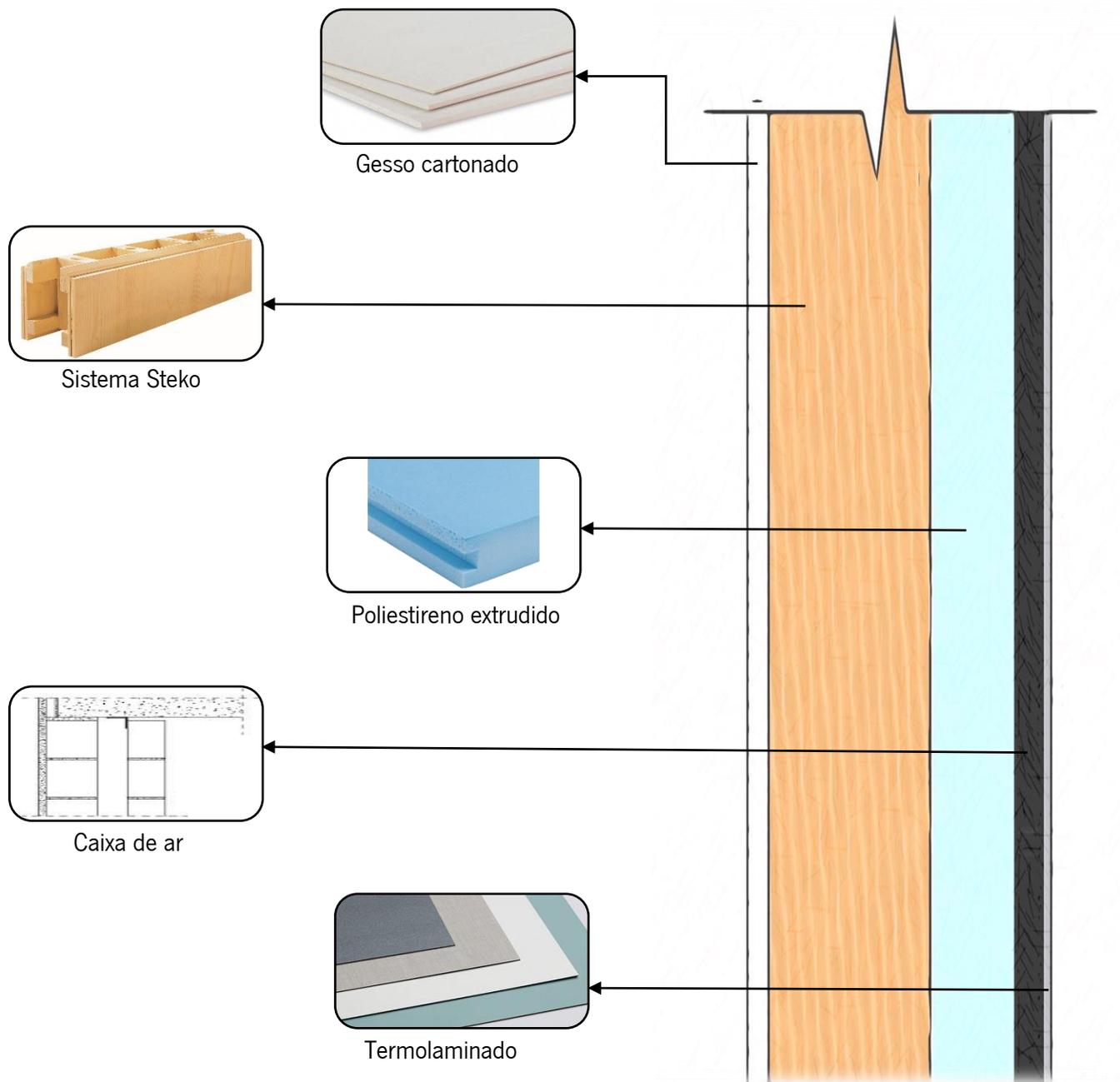


Espessura total

293,00 mm

Descrição

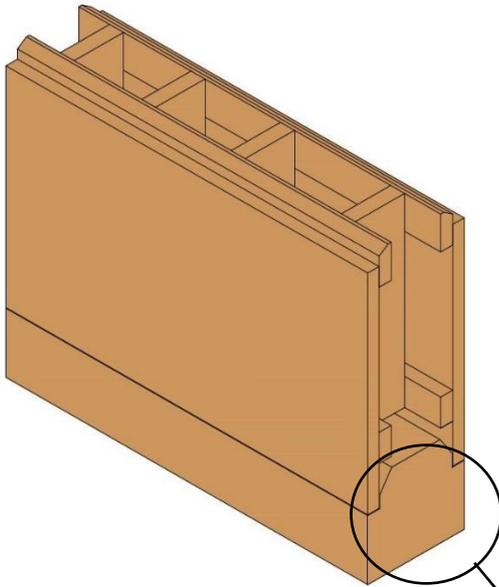
Parede externa com estrutura Steko. Em uma das faces é instalado isolamento térmico em poliestireno extrudado, com uma densidade de 40kg/m³, juntamente com uma caixa de ar com uma espessura de 30mm e o acabamento externo em termolaminado compacto. Na outra face é instalado um painel de gesso cartonado de 15mm.



Características dos materiais

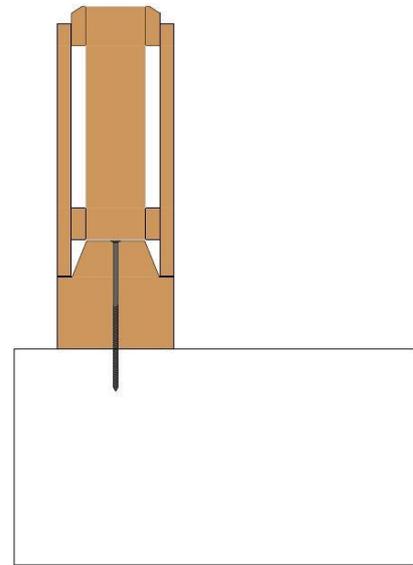
Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	15	0,115	722	13	A2
Sistema Steko	160	0,035	280	32,5	-
Poliestireno extrudido	80	0,035	40	2,4	E
Caixa de ar	30	-	-	-	-
Termolaminado compacto	8	0,3	1350	10,89	B

Detalhes da solução

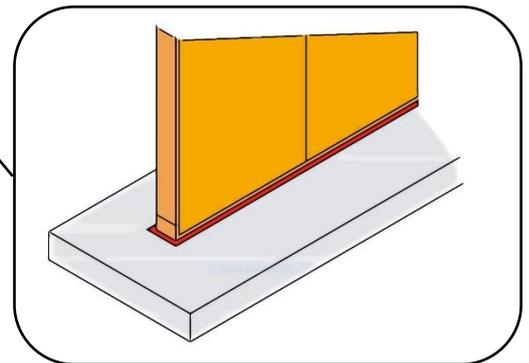


A

A estruturação dos montantes do sistema Steko é feita em cima de uma base em madeira.

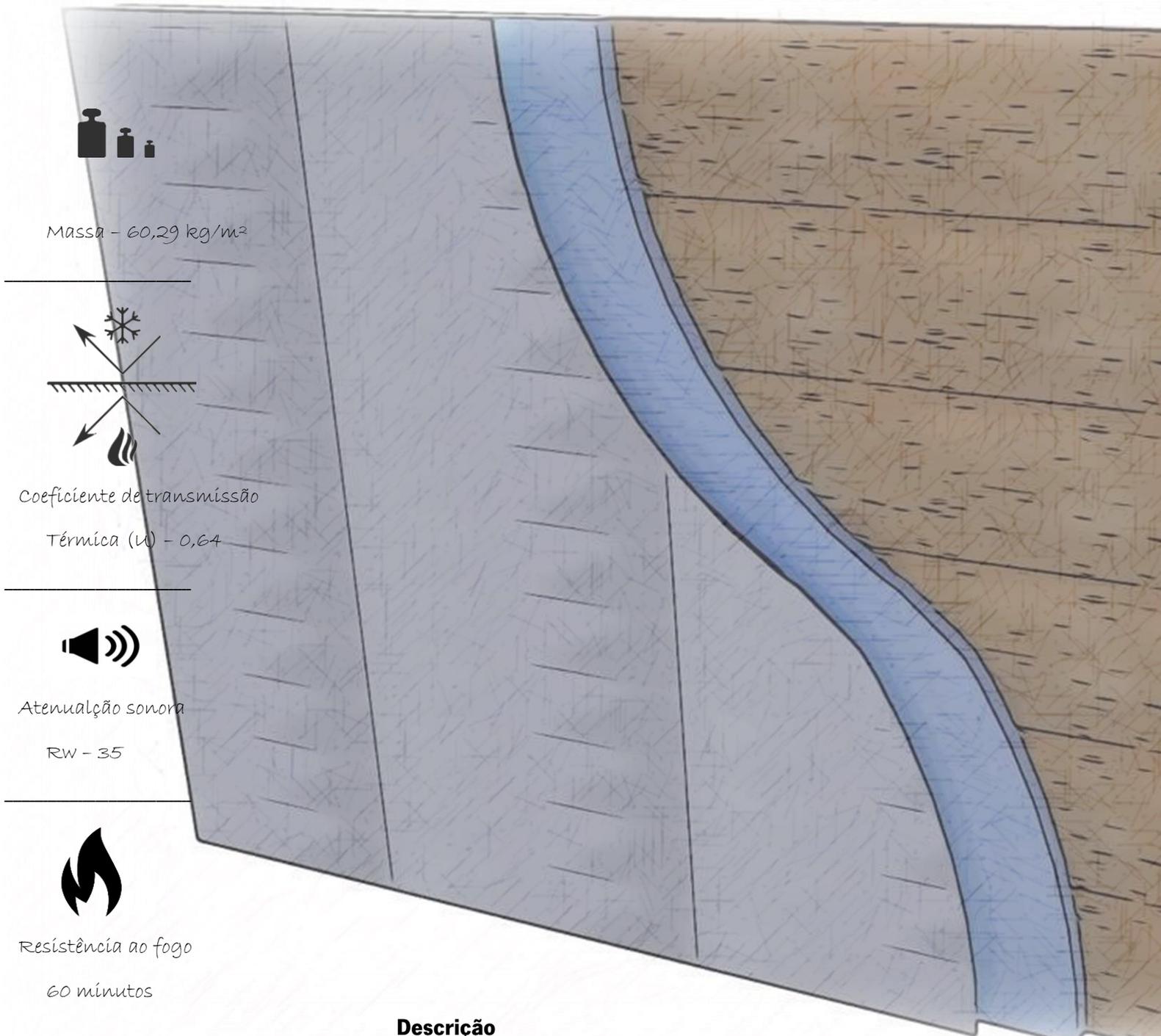


Fixação da parede é feita através de parafusos. No caso do pavimento em betão é utilizado parafuso de ancoragem.



No caso das paredes externas, inserir uma membrana impermeável entre a estrutura da parede e o pavimento, para evitar transmissão de humidade por capilaridade.

Parede externa com CLT

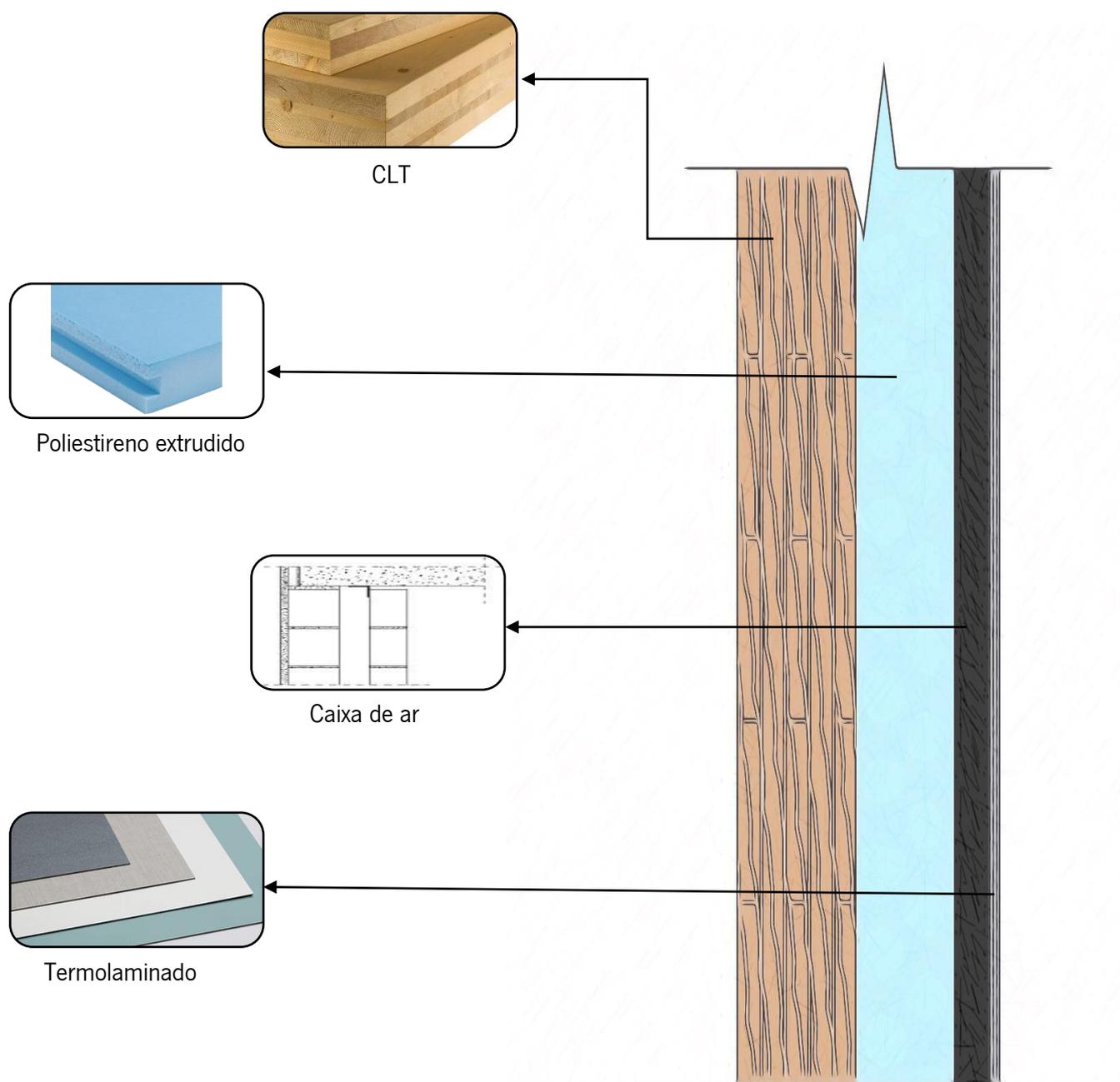


Descrição

Parede externa com estrutura em CLT. Numa das faces é aplicado isolamento térmico em poliestireno extrudado, com uma densidade de 40kg/m³, juntamente com uma caixa de ar com uma espessura de 30mm e o acabamento externo em termolaminado compacto. Na outra face fica o acabamento do painel de CLT.



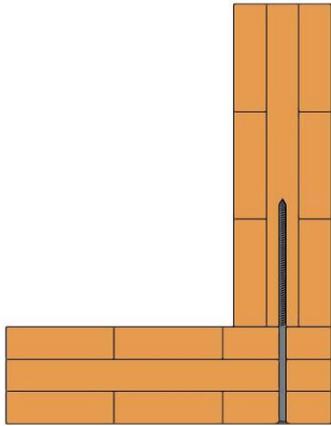
Espessura total
218,00 mm



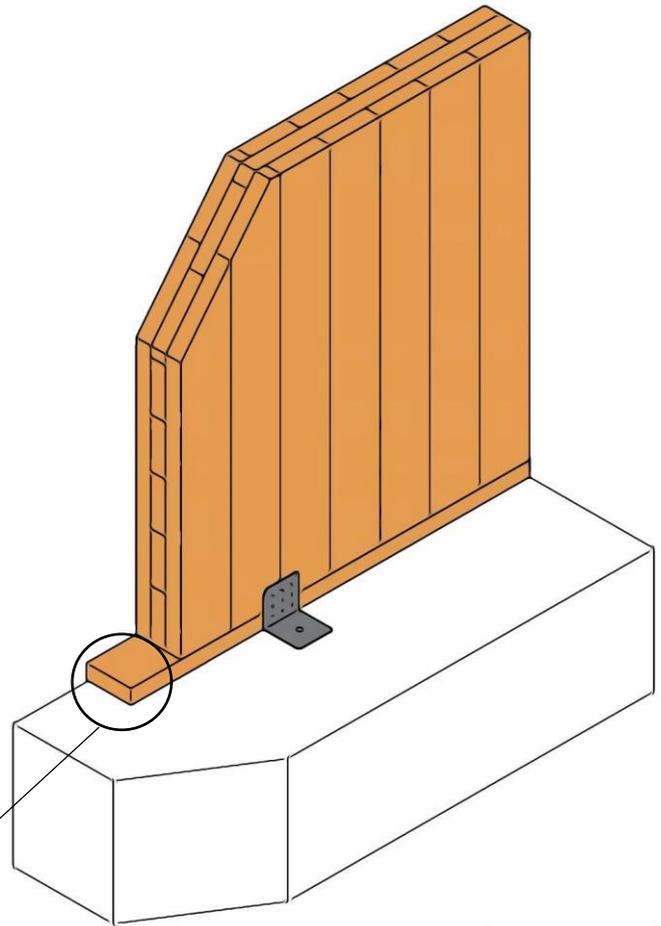
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
CLT	100	0,12	470	47	-
Poliestireno extrudido	80	0,035	40	2,4	E
Caixa de ar	30	-	-	-	-
Termolaminado compacto	8	0,3	1350	10,89	B

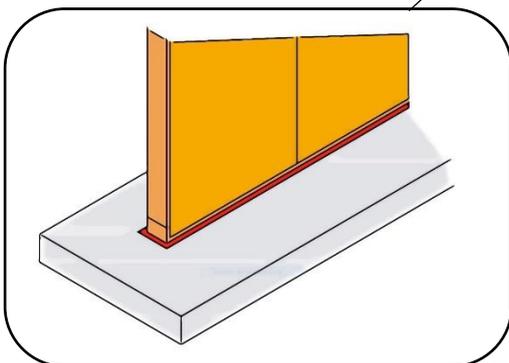
Detalhes da solução



Fixação da junção de canto de paredes em CLT.

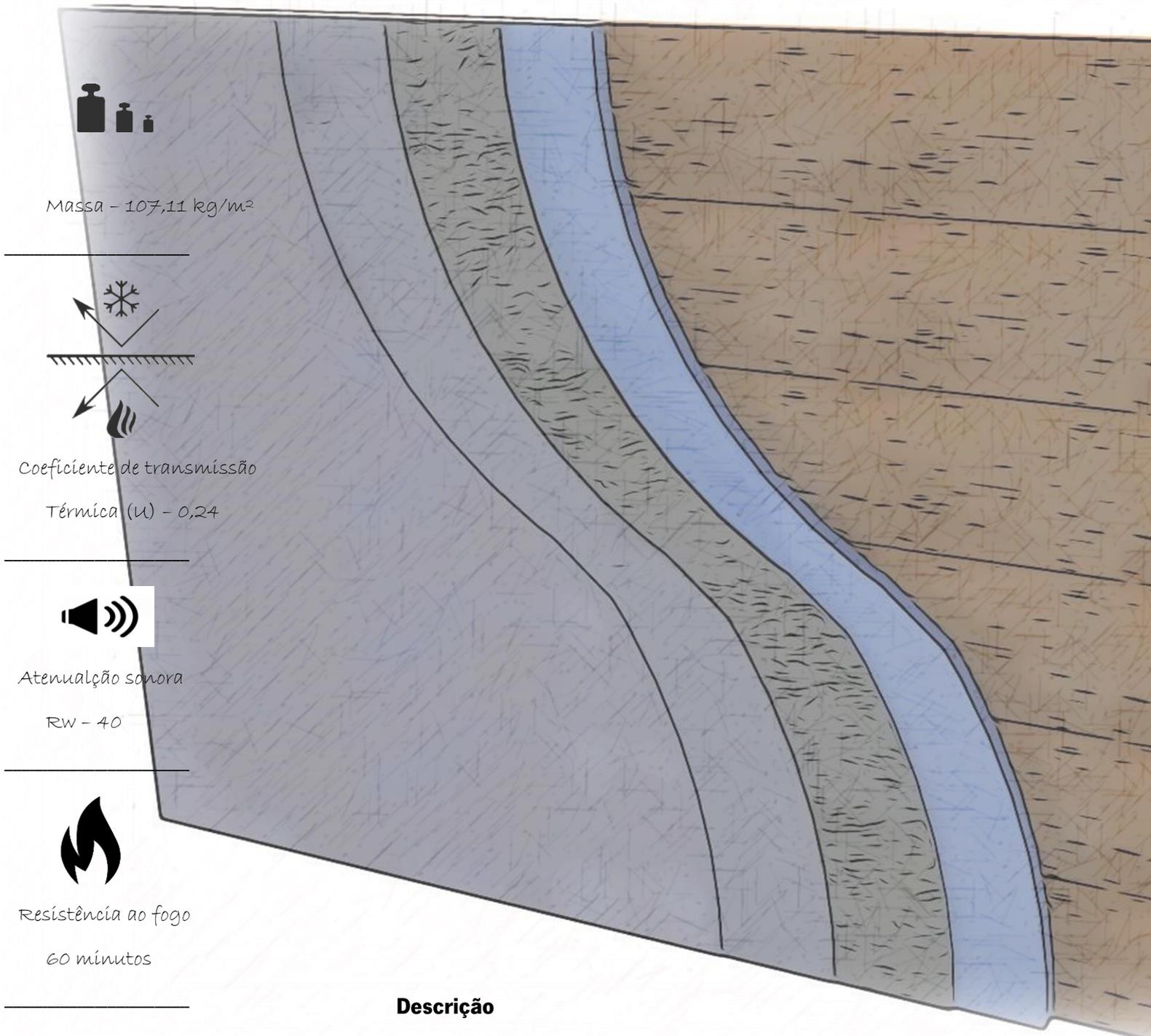


Fixação da estrutura de parede em CLT no pavimento.



No caso das paredes externas, inserir uma membrana impermeável entre a estrutura da parede e o pavimento, para evitar transmissão de humidade por capilaridade.

Parede externa com CLT

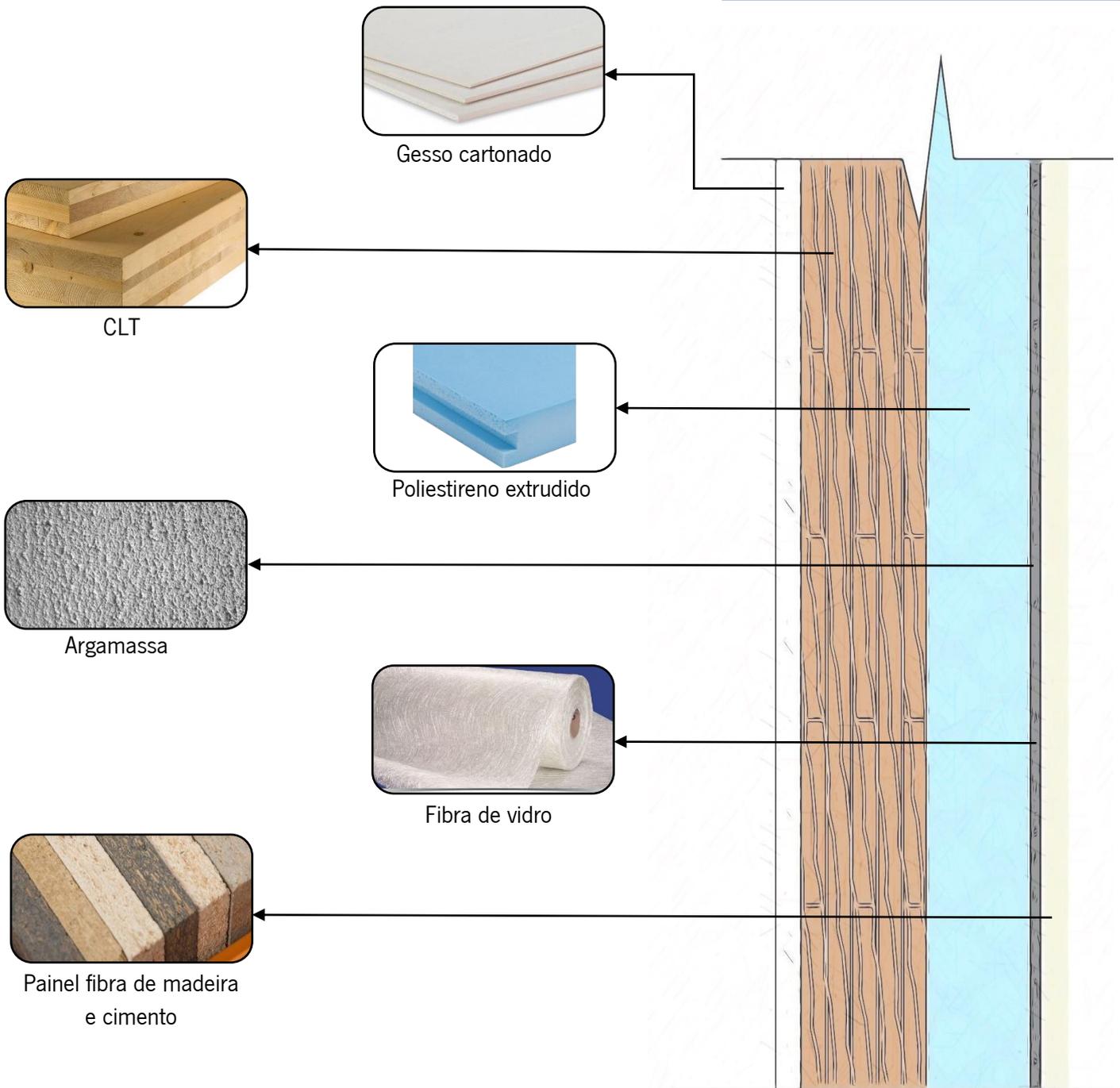


Descrição

Parede externa com estrutura em CLT. Numa das faces é aplicado isolamento térmico em poliestireno extrudado, com uma densidade de 40kg/m^3 , juntamente com argamassa, fibra de vidro e acabamento exterior em painel de fibra de madeira e cimento. Na outra face é instalado painel em gesso cartonado.



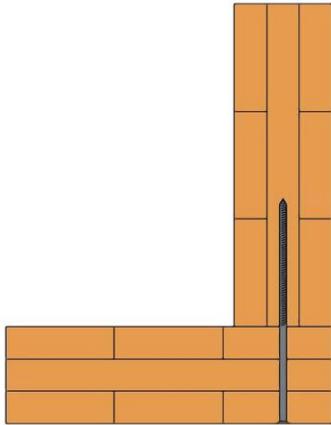
Espessura total
 $240,52 \text{ mm}$



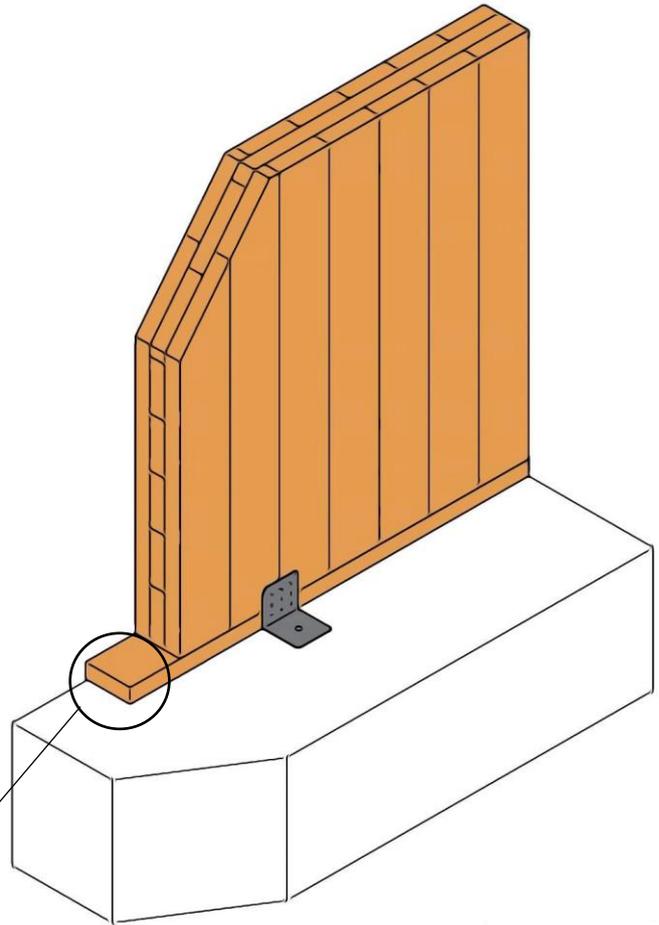
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
CLT	100	0,12	470	47	-
Poliestireno extrudido	80	0,035	40	2,4	E
Argamassa	20	1,3	1850	15	-
Fibra de vidro (5x5mm)	0,52	0,05	-	0,01	-
Painel fibra de madeira e cimento	22	0,22	1350	29,7	B

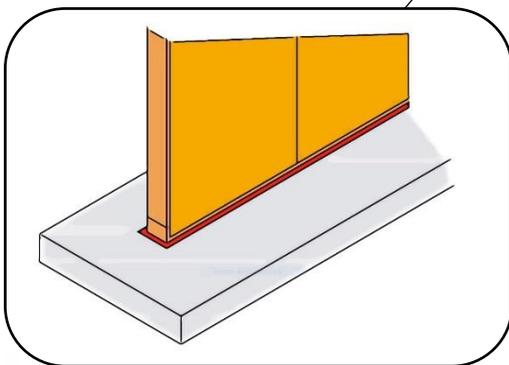
Detalhes da solução



Fixação da junção de canto de paredes em CLT.

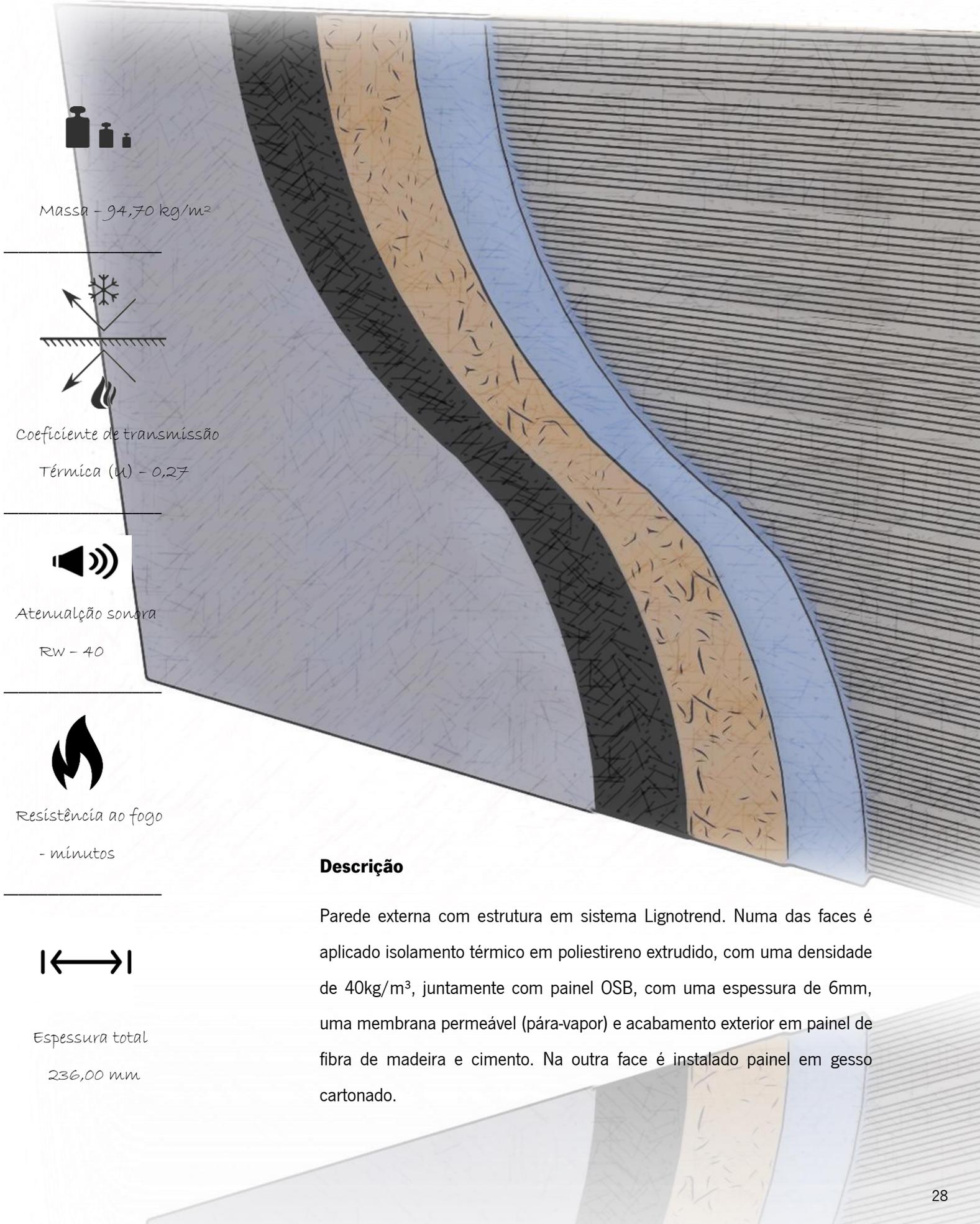


Fixação da estrutura de parede em CLT no pavimento.



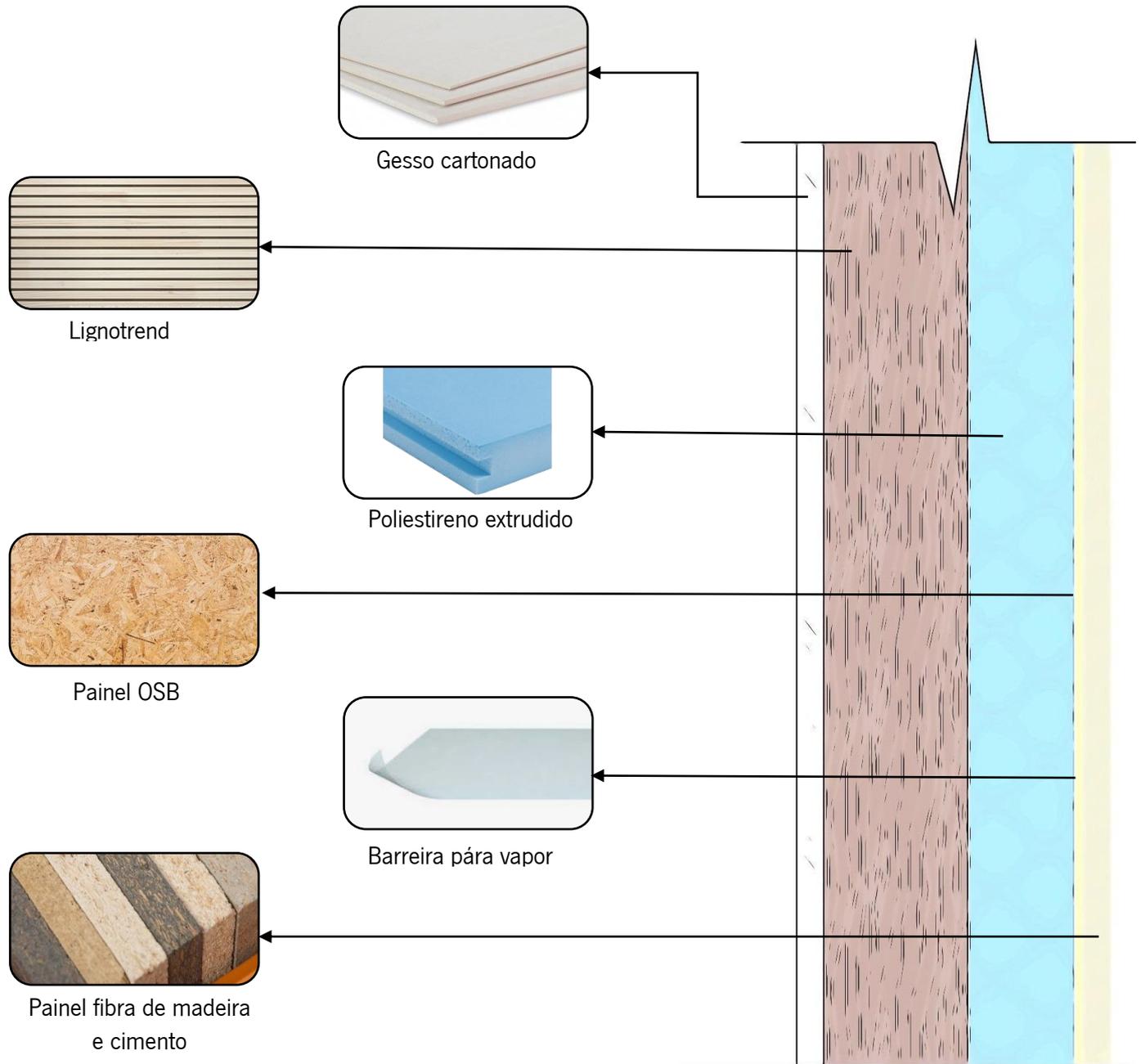
No caso das paredes externas, inserir uma membrana impermeável entre a estrutura da parede e o pavimento, para evitar transmissão de humidade por capilaridade.

Parede externa com sistema Lignotrend



Descrição

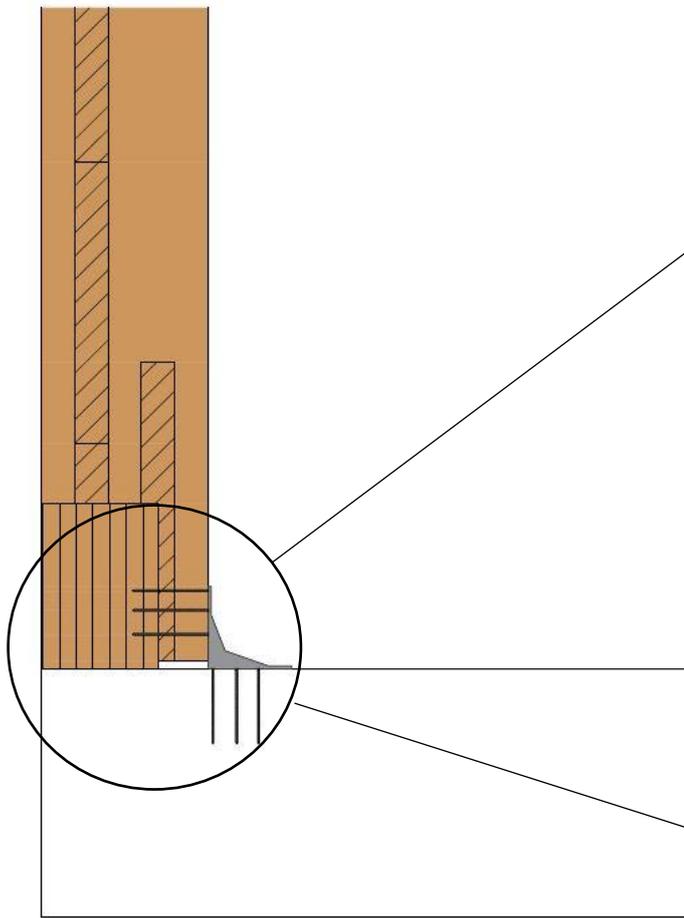
Parede externa com estrutura em sistema Lignotrend. Numa das faces é aplicado isolamento térmico em poliestireno extrudado, com uma densidade de 40kg/m³, juntamente com painel OSB, com uma espessura de 6mm, uma membrana permeável (para-vapor) e acabamento exterior em painel de fibra de madeira e cimento. Na outra face é instalado painel em gesso cartonado.



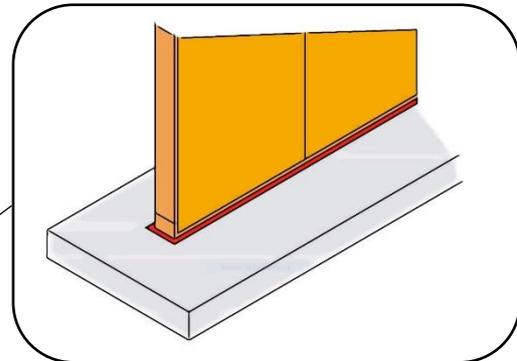
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	18	0,115	722	13	A2
Lignotrend	110	0,13	500	38,2	F
Poliestireno extrudido	80	0,035	40	2,4	E
Painel OSB	6	0,13	600	11,4	D
Membrana permeável	-	-	-	149(g/m ²)	E
Painel fibra de madeira e cimento	22	0,22	1350	29,7	B

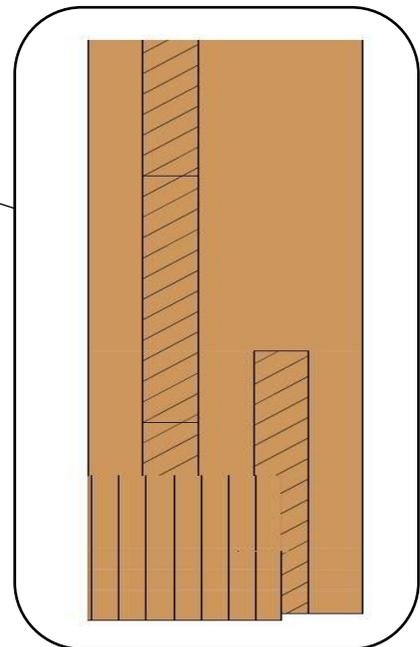
Detalhes da solução



Fixação da estrutura de parede em Lignotrend no pavimento.



No caso das paredes externas, inserir uma membrana impermeável entre a estrutura da parede e o pavimento, para evitar transmissão de humidade por capilaridade.



A estruturação dos montantes do sistema Lignotrend é feita em cima de uma base em madeira.

Pavimento sem isolamento



Massa - 133,20 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,55



Atenuação sonora

RW - 40



Resistência ao fogo

30 minutos



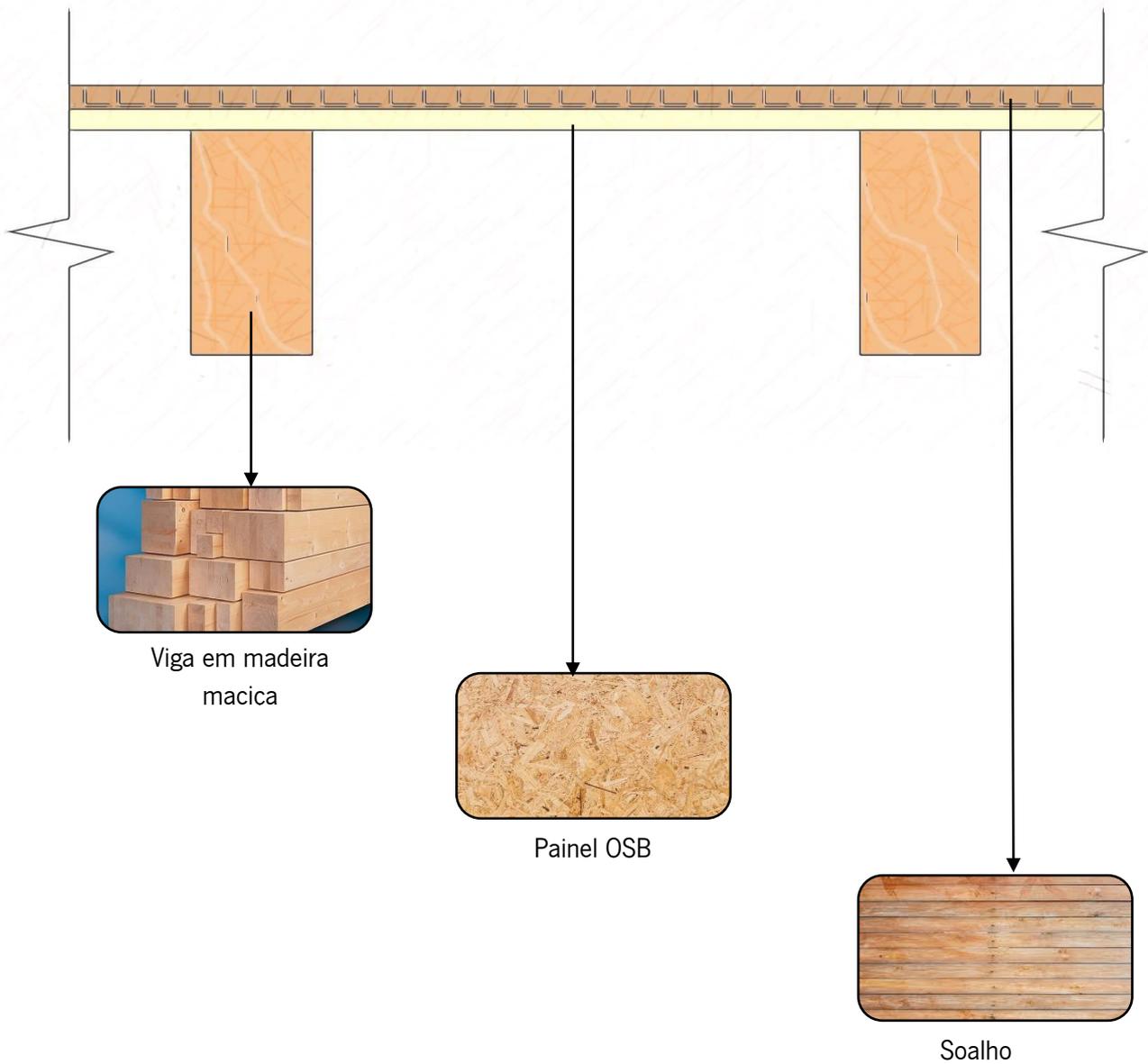
Espessura total

239,00 mm



Descrição

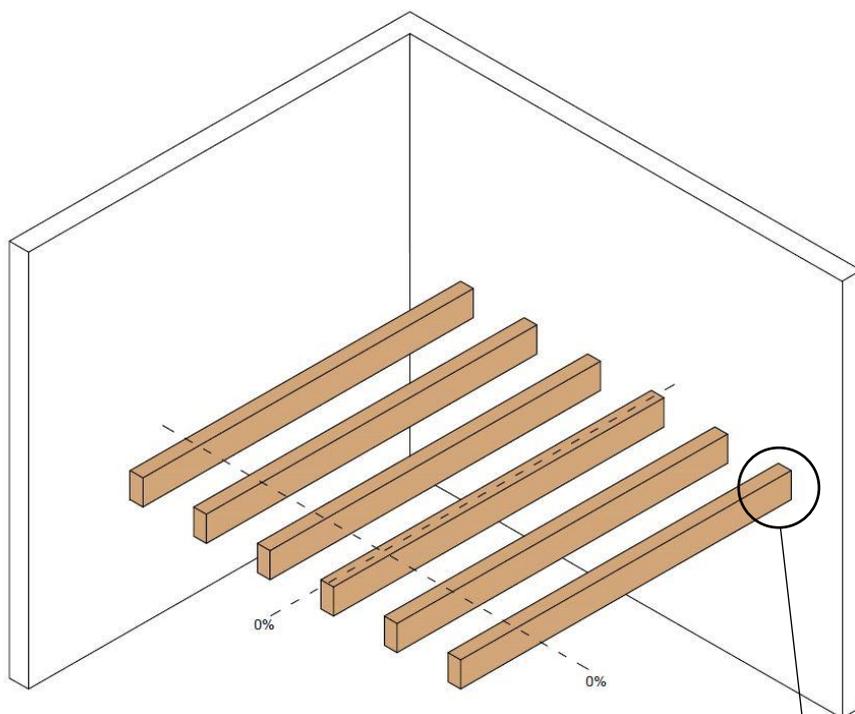
Pavimento com estrutura em vigas de madeira maciça. Numa das faces é instalado um painel OSB de 18mm, sobre o qual se apoia um soalho com espessura de 20mm. A outra face não possui nenhum revestimento.



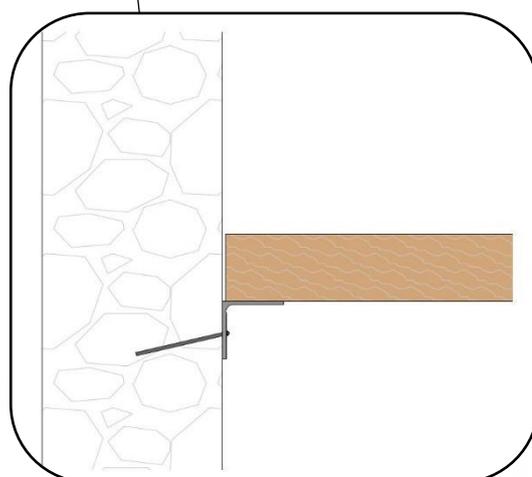
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	20	0,15	600	12,5	C
Painel OSB	18	0,13	600	10,7	D
Viga em madeira maciça	200	0,15	550	110	-

Detalhes da solução



Verificar se a estrutura está nivelada antes da instalação das outras camadas.



Fixação da estrutura do pavimento na parede.

Pavimento com isolamento



Massa - 138,28 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,41



Atenuação sonora

Rw - 45



Resistência ao fogo

30 minutos

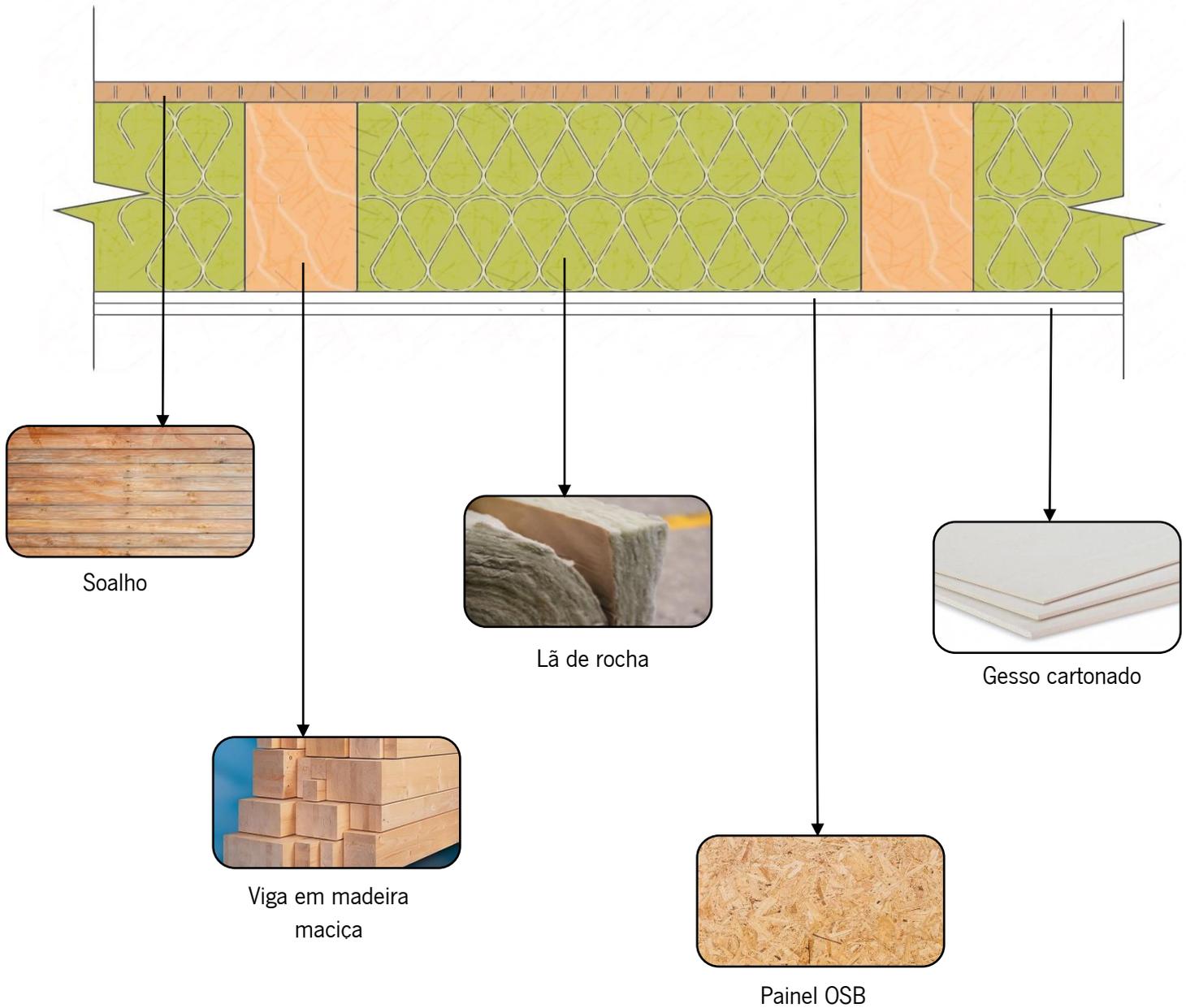


Espessura total

245,50 mm

Descrição

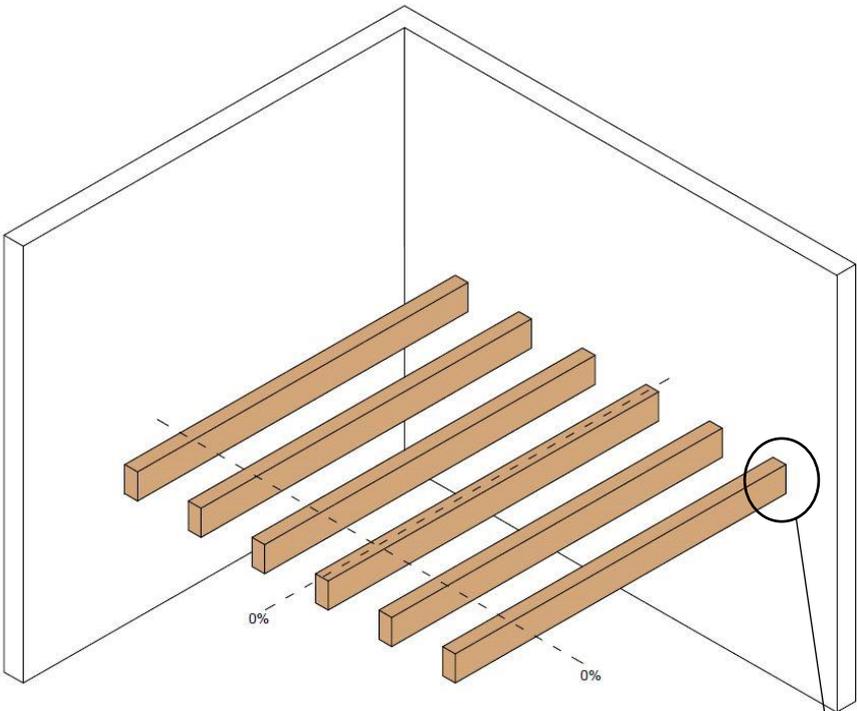
Pavimento com estrutura em vigas de madeira maciça e isolamento térmico em lâ de rocha com densidade de 30kg/m³. Numa das faces é aplicado um painel OSB de 12mm, revestido com painel em gesso cartonado. Na outra face é aplicado o soalho em madeira com uma espessura de 20mm.



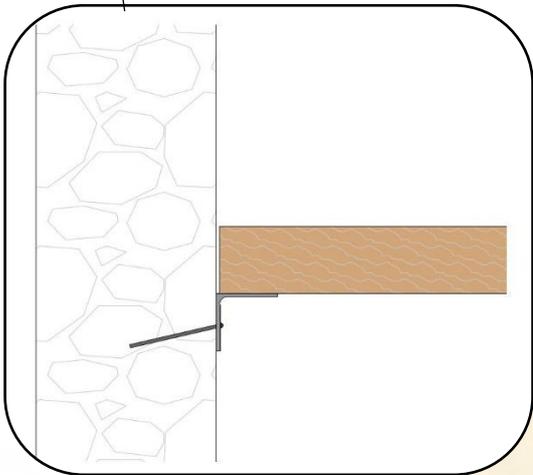
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	20	0,15	600	12,5	C
Viga em madeira maciça	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	200	0,037	30	1,78	A1
Painel OSB	12	0,13	600	6,9	D
Placa de gesso cartonado	12,5	0,175	586	7,1	A2

Detalhes da solução



Verificar se a estrutura está nivelada antes da instalação das outras camadas.



Fixação da estrutura do pavimento na parede.

Pavimento acústico



Massa - 149,29 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,18



Atenuação sonora

RW - 48



Resistência ao fogo

60 minutos

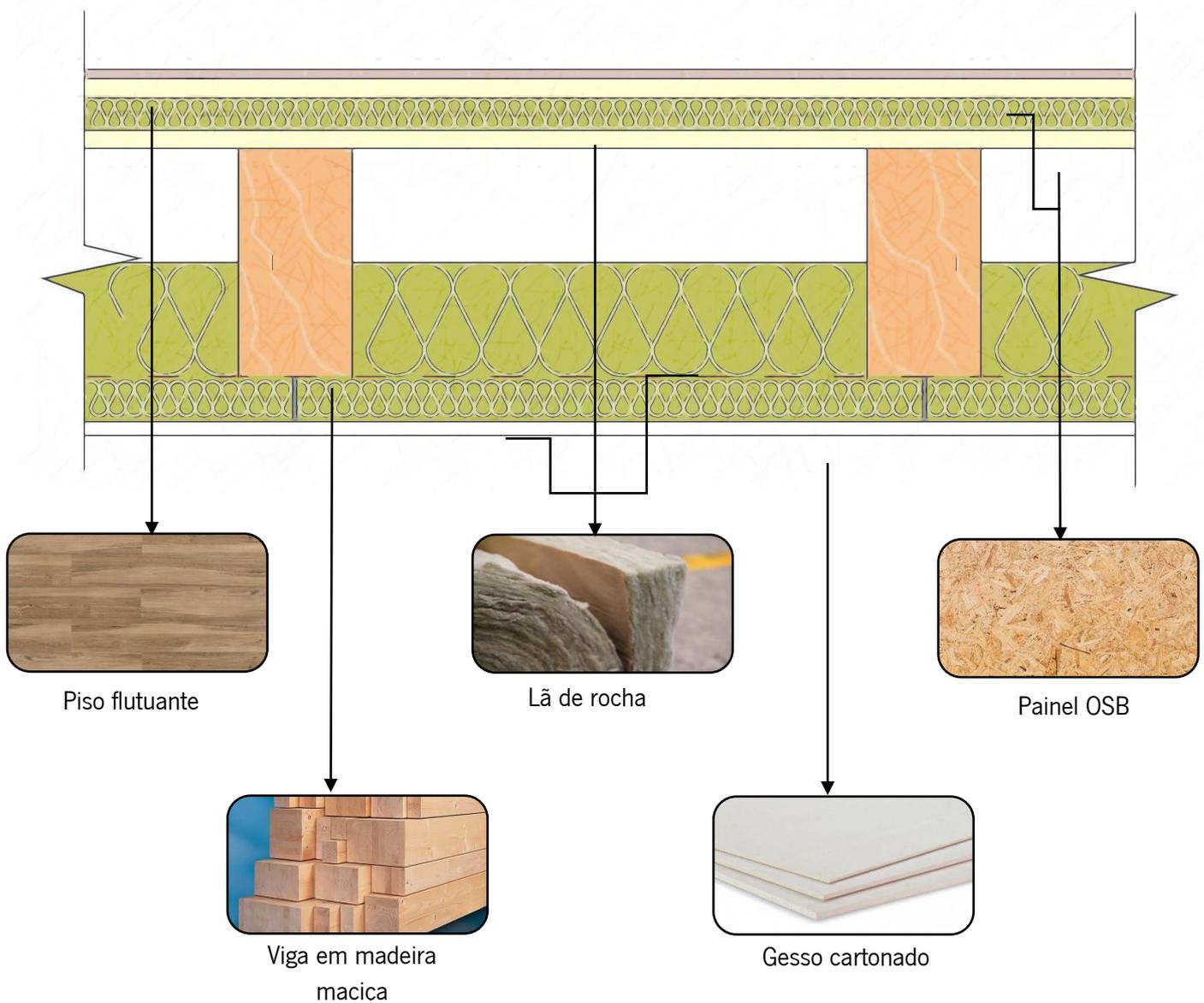


Espessura total

220,50 mm

Descrição

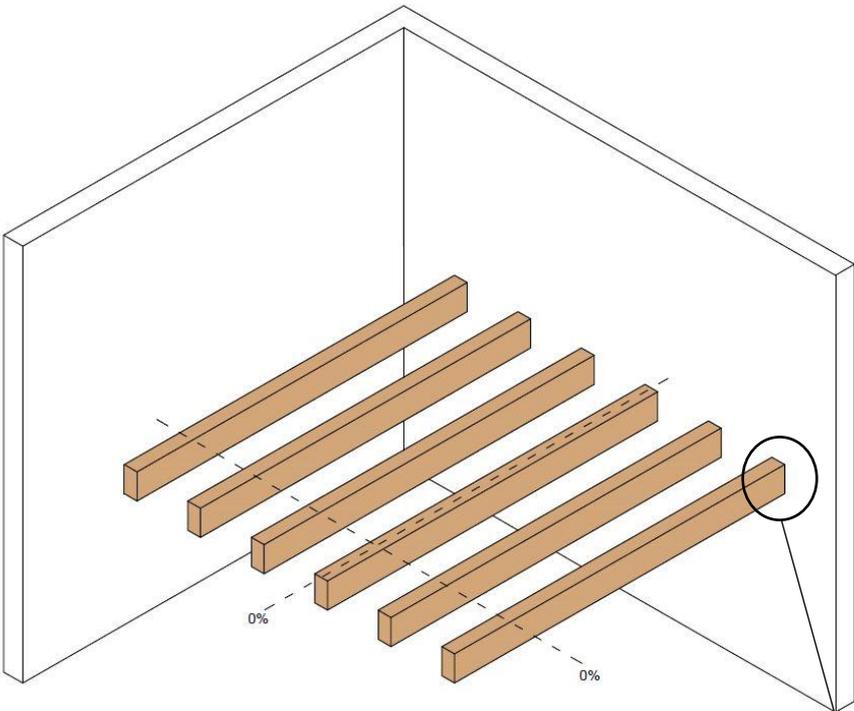
Pavimento com estrutura em vigas de madeira maciça e isolamento térmico em lã de rocha com densidade de 25kg/m³ nos vazios (espessura de 100mm). Numa das faces é aplicado um painel OSB de 16mm, juntamente com uma camada de lã de rocha com densidade de 150kg/m³, outra camada de painel OSB e piso flutuante. Na outra face é instalado uma tela para vapor, junto com isolamento em lã de rocha com densidade de 30kg/m³ e painel em gesso cartonado.



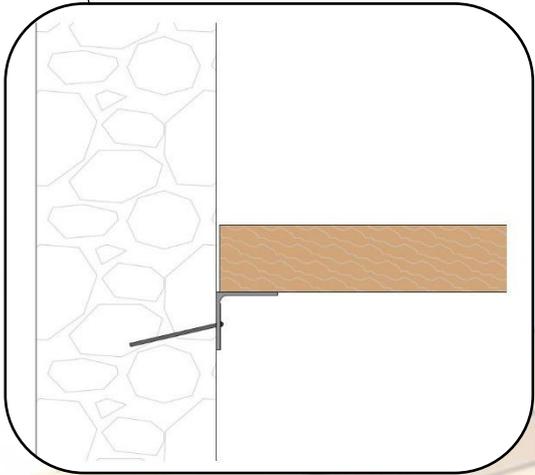
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Piso flutuante	8	0,048	88	7,09	C
Painel OSB	15	0,13	600	8,46	D
Lã de rocha	30	0,038	150	4,5	A1
Viga em madeira maciça	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	100	0,037	25	2,5	A1
Tela para vapor	-	-	-	-	-
Lã de rocha	40	0,037	30	1,18	A1
Placa de gesso cartonado	12,5	0,175	586	7,1	A2

Detalhes da solução



Verificar se a estrutura está nivelada antes da instalação das outras camadas.



Fixação da estrutura do pavimento na parede.

Pavimento com isolamento



Massa - 148,16 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,29



Atenuação sonora

RW - 48



Resistência ao fogo

60 minutos

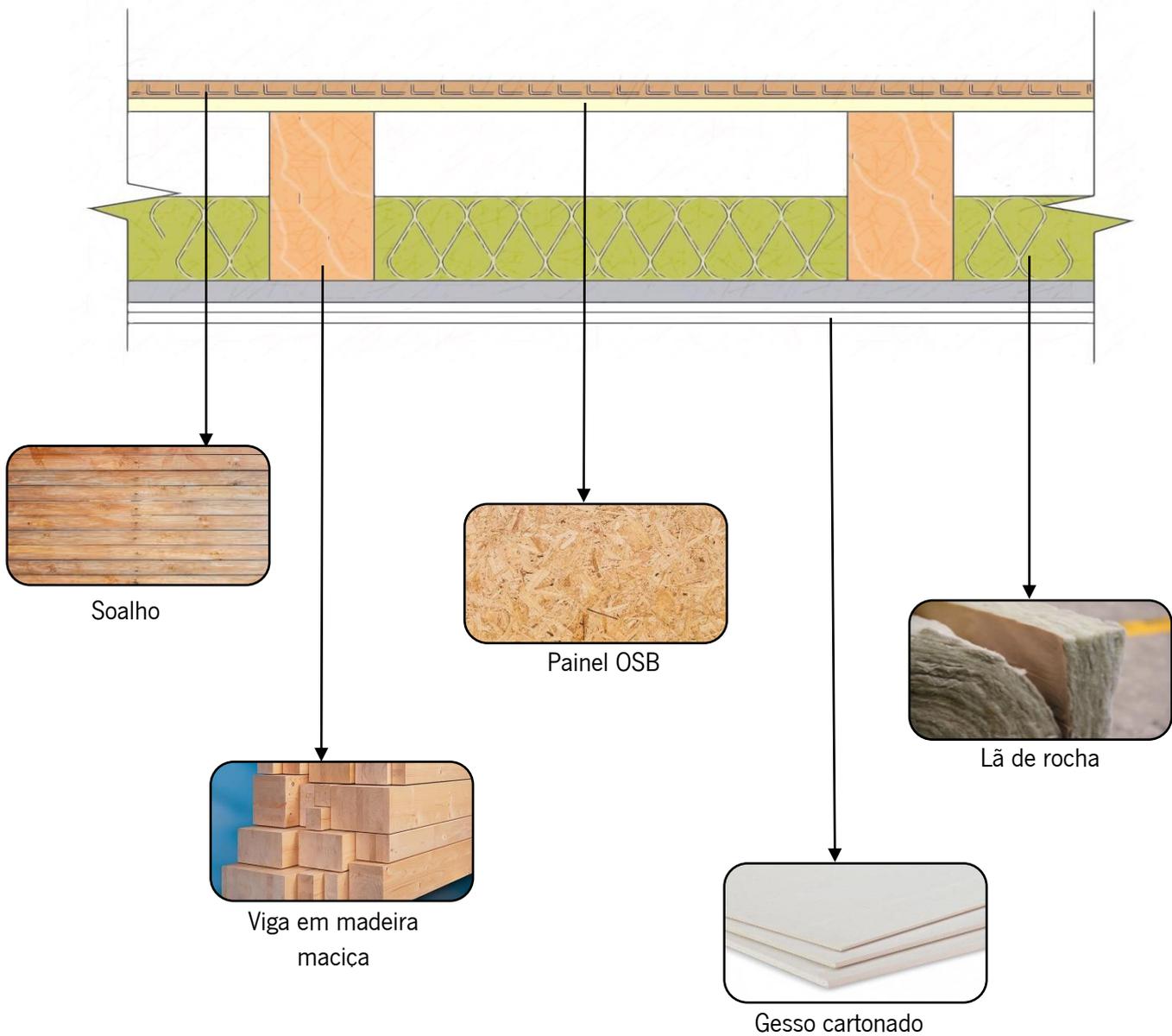


Espessura total

261,00 mm

Descrição

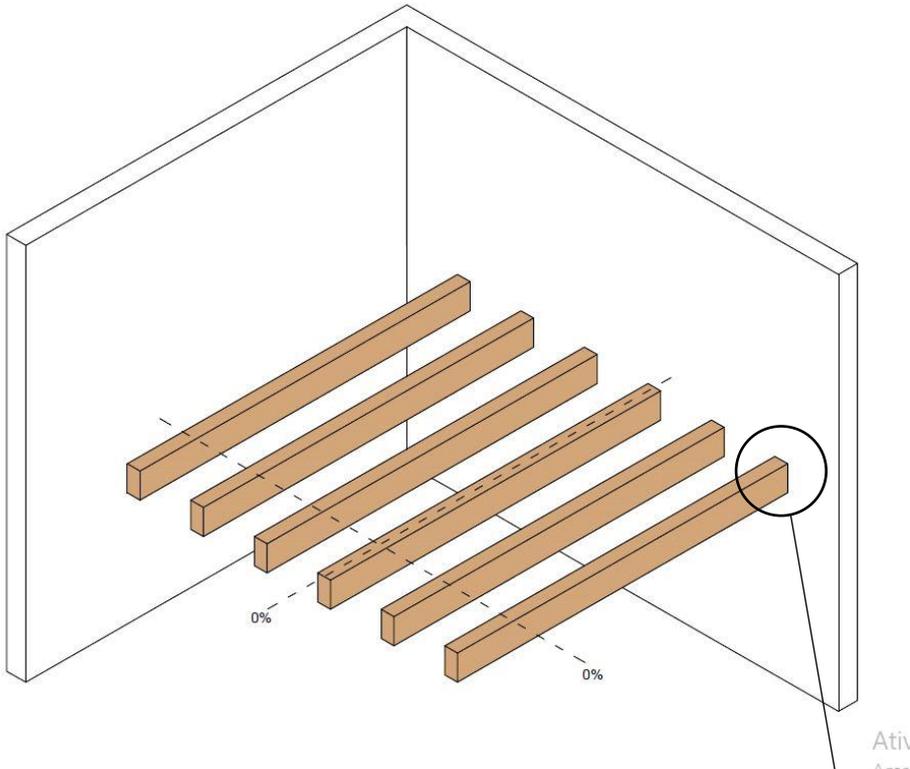
Pavimento com estrutura em vigas de madeira maciça e isolamento térmico em lã de rocha com densidade de 30kg/m³ nos vazios (espessura de 100mm). Numa das faces é aplicado um painel OSB de 16mm, juntamente com um acabamento externo em soalho. Na outra face é instalado um perfil metálico ômega e dois painéis de gesso cartonado.



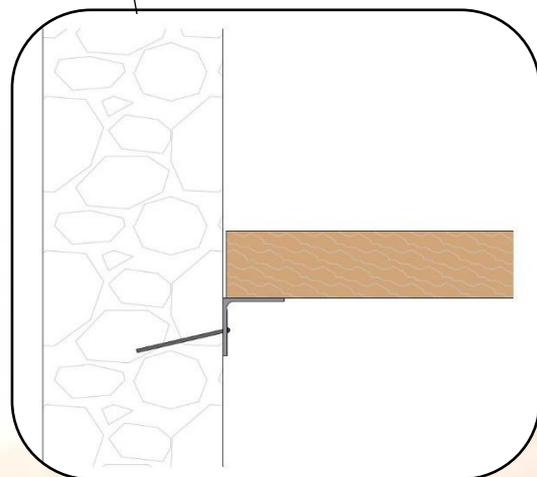
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Soalho	21	0,15	600	12,5	C
Painel OSB	15	0,13	600	8,46	D
Viga em madeira maciça	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	100	0,037	30	3	A1
Perfil ômega	-	-	-	-	-
Placa de gesso cartonado	12,5	0,175	586	7,1	A2

Detalhes da solução



Verificar se a estrutura está nivelada antes da instalação das outras camadas.



Fixação da estrutura do pavimento na parede.

Pavimento acústico



Massa - 162,79 kg/m²



Coefficiente de transmissão

Térmica (U) - 0,28



Atenuação sonora

RW - 50



Resistência ao fogo

60 minutos

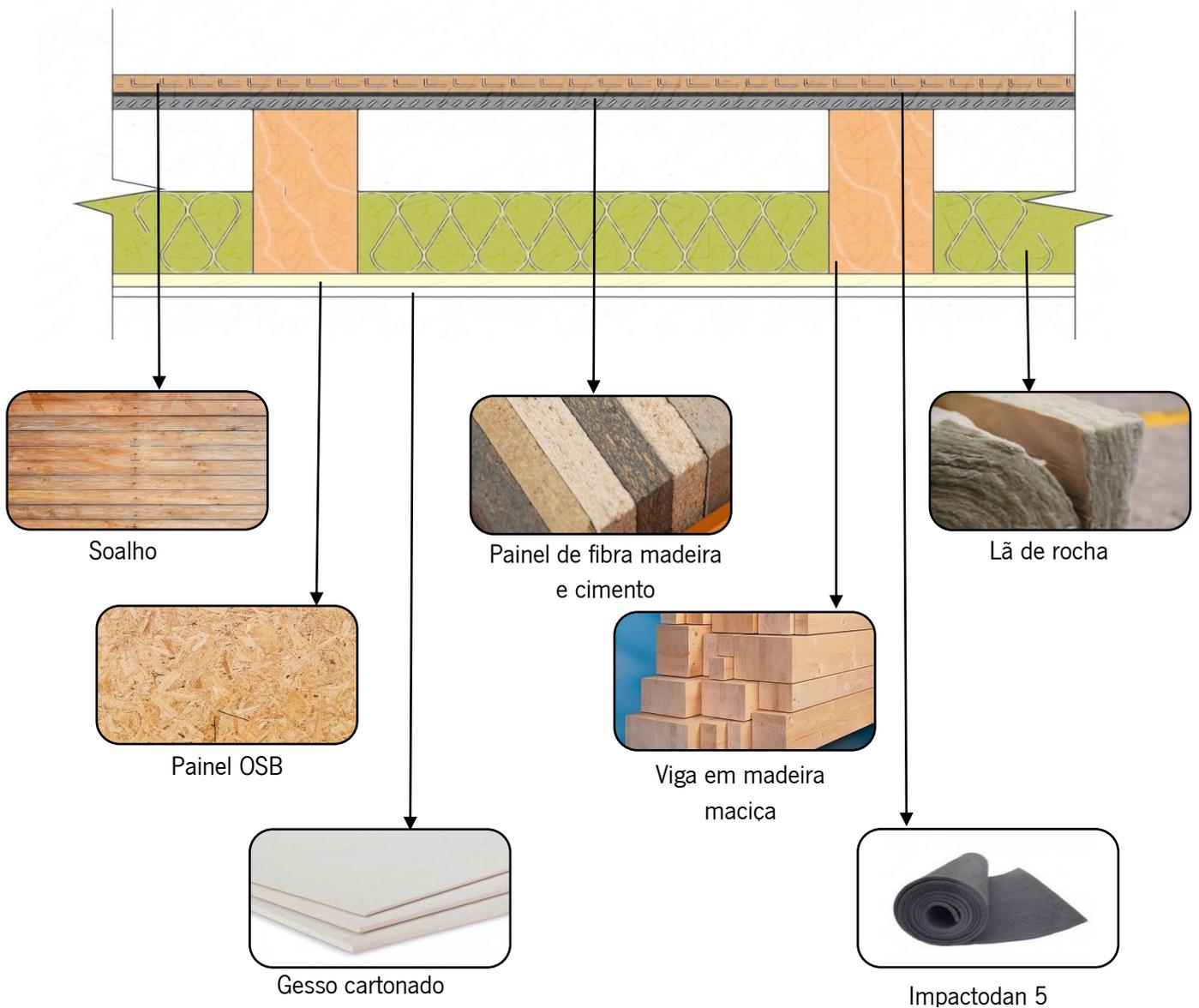


Espessura total

269,50 mm

Descrição

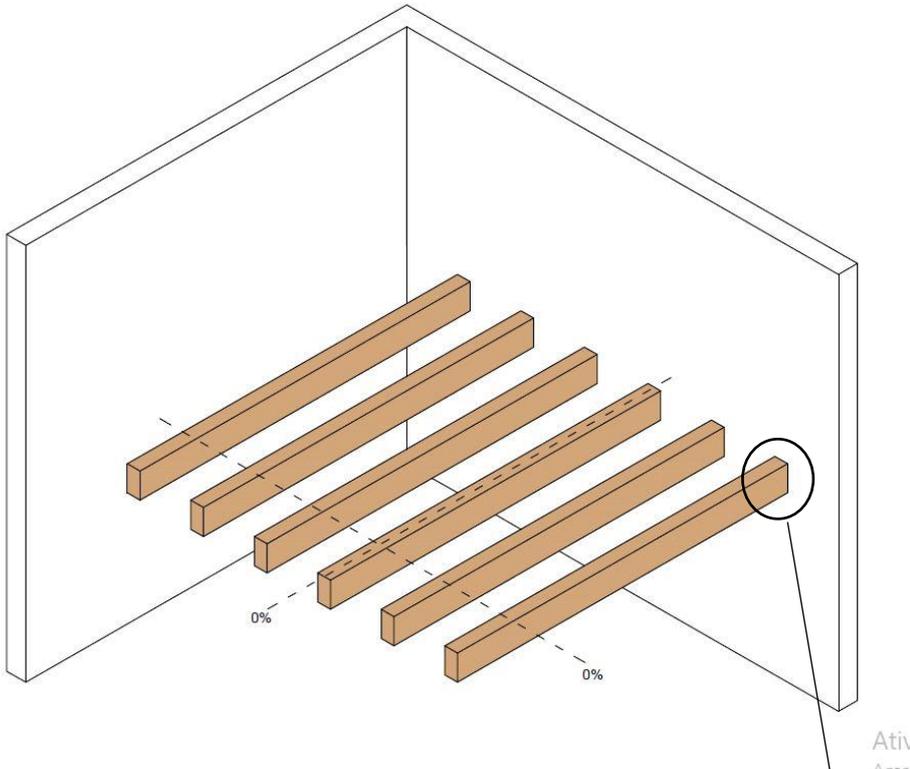
Pavimento com estrutura em vigas de madeira maciça e isolamento térmico em lã de rocha com densidade de 30kg/m³ nos vazios (espessura de 100mm). Numa das faces é aplicado um painel OSB de 16mm, juntamente com um painel de gesso cartonado. Na outra face é instalado um painel em fibra de madeira e cimento, com uma membrana de espuma de polietileno reticulado (Impactodan 5) e soalho.



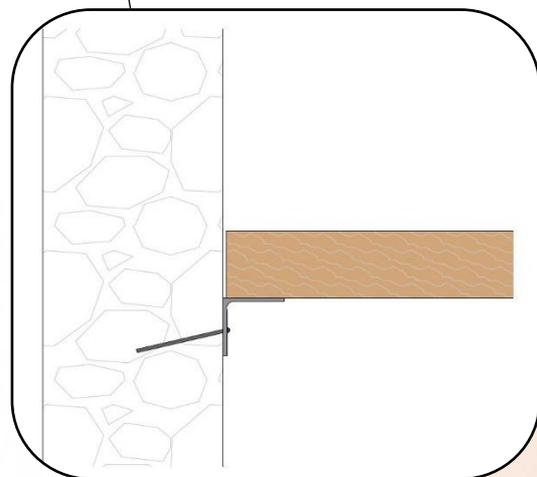
Características dos materiais

Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica	Densidade (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	Classe de reação ao fogo
Placa de gesso cartonado	12,5	0,175	586	7,1	A2
Painel OSB	16	0,13	600	8,46	D
Viga em madeira maciça	200	0,15	550	110	-
Lã de rocha	100	0,037	30	3	A1
Painel fibra de madeira e cimento	16	0,22	1350	21,6	B
Impactodan 5	5	0,04	27	0,13	F
Soalho	20	0,15	600	12,5	C

Detalhes da solução



Verificar se a estrutura está nivelada antes da instalação das outras camadas.



Fixação da estrutura do pavimento na parede.