



# **Análise comparativa de soluções construtivas para edifícios**

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Luis Carlos de Sousa Araújo Parreira

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor Florindo José Mendes Gaspar

Leiria, Setembro de 2023

## **Originalidade e direitos de autor**

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizada, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cíveis, no ano letivo 2022/2023, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

## Resumo

O presente estudo visa a análise comparativa de diferentes sistemas de construção dos elementos estruturais e paredes exteriores de edifícios de pequena dimensão, nomeadamente moradias unifamiliares.

Atualmente existem no mercado diversos métodos construtivos alternativos ao tradicional (betão armado e alvenaria).

Para este estudo foram selecionados 4 métodos alternativos ao tradicional: dois deles mais comuns e com uma implantação significativa no mercado e os outros dois mais disruptivos e pouco conhecidos no mercado português, com um histórico ainda muito recente.

Assim sendo, os sistemas objeto deste estudo são o método Tradicional (betão e alvenaria), o LSF (Light Steel Framing - perfis metálicos estruturais isolados), o Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados), o Sistema Fractus (painel estrutural isolado) e o Sistema Baupanel® (EPS armado + microbetão).

Para a avaliação do desempenho dos diferentes métodos construtivos nos vários atributos em análise foi efetuado um inquérito a várias entidades direta ou indiretamente relacionadas com a construção ou decisão de aquisição de um imóvel.

Para dois desses atributos- o Custo de construção e a Rapidez de construção-, foi selecionado o projeto de um edifício de pequenas dimensões (uma moradia com 140 m<sup>2</sup> de implantação, com cave e piso térreo), que serviu de base à consulta a vários instaladores e construtores das diferentes soluções, no sentido de obter destes propostas comparáveis.

A realidade da construção de edifícios, não apenas em Portugal, mas de um modo geral em todo o mundo, sofreu um conjunto de alterações de contexto que justificam o momento de alteração de paradigma que se encontra a atravessar. De facto, este início de século, em especial no período pós crise financeira mundial de 2008, e agravado pelos episódios da pandemia Covid em 2020 e da guerra na Ucrânia em 2022, veio alterar em definitivo o xadrez da construção, nomeadamente a construção de edifícios.

Muitas foram as variáveis alteradas, nomeadamente a escassez de alguns recursos (mão de obra e materiais), o aumento dos preços generalizado, o funcionamento errático das cadeias logísticas, a maior sensibilização ambiental e preocupações energéticas, entre outras.

É neste contexto vivido em 2023 que se torna oportuna a análise de diferentes soluções construtivas.

**Palavras-chave:** “Tradicional”, “LSF”, “Woodframe”, “Fractus”, “Baupanel®”



## Abstract

This study achieves the analysis and comparison of different construction methods for structural elements and external walls of small buildings, such as single-family houses.

Currently, there are several alternative construction methods in the market, besides the traditional one (reinforced concrete and masonry). For this study, four alternative methods to the traditional one were selected: two of them more consensual and with a significant implementation in the market and the other two less familiar in the Portuguese market and with a very recent track record.

The construction methods analysed in this work are the Traditional method (concrete and masonry), LSF (Light Steel Framing – isolated structural metal sections), o Woodframe (isolated structural wood sections), o Sistema Fractus (isolated structural panel) e o Sistema Baupanel® (reinforced EPS panel + microconcrete).

To evaluate the performance of different construction methods in the various attributes under analysis, a survey was carried out with several entities directly or indirectly related to the construction or acquisition of a property.

For two of these attributes - Construction Cost and Construction Duration -, was selected the project of a small building (a house with 140 m<sup>2</sup>, with basement and ground floor), which was used as a basis for consultation of several installers and contractors of different construction solutions, in order to obtain comparable proposals.

The reality of building construction, not only in Portugal, but in general throughout the world, has gone through several contextual changes that justify the moment of paradigm changing. In fact, this beginning of the century, especially in the period after the global financial crisis of 2008, and aggravated by the events of Covid pandemic in 2020 and the war in Ukraine in 2022, definitively changed the construction chessboard, like the building construction.

Many variables were changed, such as the scarcity of some resources (labor and materials), the general increase in prices, the erratic functioning of logistics chains, greater environmental awareness and energy concerns, among others.

It is in this context experienced in 2023 that it becomes opportune to analyze different constructive solutions.

**Keywords:** “Traditional”, “LSF”, “Woodframe”, “Fractus”, “Baupanel®”

## **Agradecimentos**

O presente trabalho representa a última fase de um percurso de dois anos que teve origem numa decisão ousada e que, à partida, se avizinhava muito complexa. Essa complexidade prendia-se com o facto da minha área de formação não estar, de todo, relacionada com a que serve de base a este Mestrado.

Quero utilizar este espaço para falar na primeira pessoa e reconhecer quem contribuiu para essa decisão inicial, para o meu percurso letivo e para a realização do presente trabalho.

Em primeiro lugar a inscrição neste Mestrado não teria ocorrido se não fosse o incentivo do Eng. João Paulo Afonso, o Coordenador do curso de Engenharia Civil - Professor Doutor Paulo Fernandes - e o Coordenador do Mestrado, o Professor Doutor Luis Carlos Prola.

Sem referir nomes, mas igualmente importantes foram todos os professores com quem me cruzei durante estes dois anos e que souberam fazer de forma muito competente o equilíbrio do programa de cada Unidade Curricular com a linguagem e o nível de conhecimento das pessoas que tinham à sua frente.

O meu muito obrigado também aos colegas de curso que colaboraram sempre de forma sincera e genuína, num espírito de cooperação invulgar. Em especial quero destacar o colega Cristiano Monteiro que me apoiou de forma muito especial e abnegada, tornando mais fácil o ultrapassar deste desafio que parecia tão difícil.

Quero ainda agradecer às pessoas e entidades que comigo colaboraram no fornecimento de informação e elementos essenciais para a elaboração do presente trabalho, nomeadamente o Sr. Christopher Laboe, o Arq. Pedro Mortal e inúmeras empresas instaladoras, prestadoras de serviço e construtoras.

Apesar de ter sido de uma forma mais anónima, quero reconhecer a gentileza de 101 pessoas pelo facto de terem respondido ao inquérito enviado. Obrigado pelo seu tempo.

Uma palavra especial para o meu orientador, o Professor Doutor Florindo Gaspar, que acolheu o meu tema desde o primeiro momento, me apoiou e orientou de forma muito competente e construtiva.

Finalmente, não poderia deixar de agradecer em especial à minha família que esteve ao meu lado nesta cruzada desde o primeiro dia e a quem “roubei” tantas horas de tempo precioso.

O meu muito obrigado a todos.

<b>Índice</b>	
Originalidade e direitos de autor .....	2
Resumo .....	3
Abstract.....	5
Agradecimentos .....	6
Índice .....	7
Lista de figuras .....	9
Lista de tabelas .....	12
Lista de gráficos.....	14
Lista de siglas e acrónimos .....	16
1 Introdução.....	17
1.1 Objetivo .....	17
1.2 Estrutura do documento .....	18
2 O setor da construção em Portugal .....	18
3 Soluções construtivas .....	23
3.1 Breve apresentação .....	23
3.2 Fundações e restantes elementos estruturais.....	32
3.3 Paredes, coberturas e pavimentos .....	52
3.4 Impermeabilização, Isolamento térmico e acústico .....	68
3.5 Instalações técnicas.....	87
3.9 Segurança no Trabalho .....	92
3.10 Manutenção.....	98
3.11 Desempenho ambiental.....	100
3.12 Resistência anti-sísmica e anti-fogo.....	105
4 Projeto de moradia unifamiliar .....	113
4.1 Custo de construção .....	116
4.2 Prazo de construção .....	124
5 Estudo de opinião .....	129
5.1 Âmbito e objetivo .....	129
5.2 Metodologia .....	129
5.2.1 Definição do universo e amostra.....	129
5.2.2 Questionários.....	132
5.3 Análise dos resultados .....	134
5.3.1 Sumário executivo.....	134

5.3.2	Notoriedade .....	136
5.3.3	Desempenho .....	143
5.3.4	Métodos alternativos .....	152
5.3.5	Avaliação imobiliária .....	155
5.3.6	Concessão de crédito.....	156
5.3.7	Cobertura de risco .....	156
5.3.8	Conclusões .....	157
6	Análise comparativa .....	159
6.1	Metodologia .....	159
6.2	Grelha de análise.....	161
7	Conclusões.....	166
	Referências Bibliográficas.....	169
	Anexos.....	172
	Anexo 1- Mapa de trabalhos e quantidades projeto moradia de Fátima.....	173
	Anexo 2- Questionários enviados .....	188
	Anexo 3- Dados técnicos dos vários métodos construtivos.....	188

## Lista de figuras

Figura 1- Constituintes de uma estrutura em LSF. Andrade, R. 2016 .....	26
Figura 2- Maquete ilustrativa da técnica “Gaiola Pombalina”. Departamento de Estruturas do LNEC. 2005. ....	27
Figura 3- Exemplo de miolo de estrutura Woodframe. www.casema.pt. 2023 .....	27
Figura 4- Construção de painéis em fábrica e montagem em obra. Morgado, L. 2015.....	28
Figura 5- Esquema de combinação de elementos do sistema Baupanel®. www.buildity.pt. 2023. ....	28
Figura 6- Esquema de composição do painel Fractus. Fractus. 2023 .....	31
Figura 7- Fundações e pilares em obra ( <a href="https://www.riverplaza.pt/final-das-fundacoes/">https://www.riverplaza.pt/final-das-fundacoes/</a> ). 2023.....	32
Figura 8- Pormenor das fundações (planta estrutural cotada) da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.....	33
Figura 9- assentamentos em fundações; O Estudante – blog de Engenharia Civil, Cortesão, J. (2014) ( <a href="https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes_18.html">https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes_18.html</a> ) .....	34
Figura 10- Pormenor construtivo de pilares da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.....	35
Figura 11- Superestrutura de moradia ( <a href="https://casavivaobras.pt/portfolio-de-obras-realizadas/construcao-de-moradia-sintra-18/execucao-de-estrutura-da-nova-moradia-estrutura-de-betao-armado-1015">https://casavivaobras.pt/portfolio-de-obras-realizadas/construcao-de-moradia-sintra-18/execucao-de-estrutura-da-nova-moradia-estrutura-de-betao-armado-1015</a> ). (2020).....	35
Figura 12- Pormenor construtivo de viga da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.....	36
Figura 13- Preparação dos trabalhos de betonagem de vigas – perspetiva superior. ( <a href="https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/">https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/</a> ). (2020).....	36
Figura 14- Planta estrutura cotada da laje de teto do piso 1 da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.....	37
Figura 15- Trabalhos de preparação de laje maciça e aligeirada. ( <a href="https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/">https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/</a> ). 2020 .....	37
Figura 16- Trabalhos de preparação de laje maciça e aligeirada – perspetiva inferior ( <a href="https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/">https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/</a> ). (2020).....	38
Figura 17- Representação de ensoleiramento geral. Andrade, R. 2016. ....	39
Figura 18- Alçado e respetivo corte do painel estrutural em aço leve. Andrade, R. 2016. ....	40
Figura 19- Exemplos de perfis metálicos em aço galvanizado C (à esquerda) e U (à direita), para LSF. www.topeca.pt. 2023.....	40
Figura 20- Pormenor de camadas de placa OSB. Andrade, R. 2016.....	41
Figura 21- Revestimento exterior de estrutura LSF com placas OSB. Bastos., R. 2014 .....	41
Figura 22- Planta dos elementos estruturais de laje, em LSF. Andrade, R. 2016 .....	42
Figura 23- Laje de piso tipo seca. Bastos, R. 2014 .....	42
Figura 24- Laje de piso tipo húmida. Bastos, R. 2014 .....	43
Figura 25- Pormenores de fundações de empreitadas da empresa Santoboís. Santoboís. 2023.....	44
Figura 26- Identificação dos vários componentes do sistema Baupanel® – parede e laje. Baupanel® System. 2023 .....	46
Figura 27- Exemplo de paredes em fase de projeção de microbetão. Baupanel® System. 2023 ....	47
Figura 28- Exemplo de preparação de laje para betonagem. Baupanel® System. 2023.....	47
Figura 29- Alguns exemplos de aplicações em edifícios. Buildity e Baupanel® System. 2023.....	48
Figura 30- Imagem 3D de elementos estruturais e perspetiva arquitetónica de interior de edifício com sistema Fractus. Fractus. 2023 .....	50
Figura 31- Perfil de laje térrea utilizada em projeto de moradia unifamiliar. Fractus. 2023 .....	50
Figura 32- Corte de laje estrutural de piso utilizada em projeto de moradia unifamiliar. Fractus. 2023.....	51
Figura 33 - Exemplo de perfil de chapa de aço para molde de laje. www.perfilnorte.pt. 2023 .....	51

<b>Figura 34-</b> Pormenor construtivo de parede - <a href="https://forumdacasa.com/discussion/40314/pormenor-construtivo-parede/">https://forumdacasa.com/discussion/40314/pormenor-construtivo-parede/</a> (2023) .....	52
Figura 35- Tijolo térmico. Preceram. 2023 .....	53
Figura 36- Artefacto de alvenaria de betão térmico. Artebel. 2023 .....	53
Figura 37- Exemplo de cobertura plana – acabamento com gravilha. <a href="http://www.danosa.pt">www.danosa.pt</a> . 2023 .....	54
Figura 38- Cobertura inclinada com isolamento térmico pelo exterior. Antunes, C. FEUP. 2022 ..	54
Figura 39- Estrutura para suporte do revestimento da cobertura inclinada. Antunes, C. FEUP. 2022 .....	55
Figura 40- Esquema de montagem de parede exterior com o sistema ETICS em estrutura LSF. <a href="http://www.planos.pt">www.planos.pt</a> . 2023.....	56
Figura 41- Montagem de estrutura LSF. Bastos, R. 2014.....	57
Figura 42- Revestimentos interiores e exteriores. Bastos, R. 2014.....	58
Figura 43- Parede em fábrica e no momento de aplicação. Santoboís. 2023 .....	59
Figura 44- Constituição de uma parede no sistema Woodframe. <a href="https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-construtivo-em-wood-frame-praticado-pela-Tecverde_fig3_329428249">https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-construtivo-em-wood-frame-praticado-pela-Tecverde_fig3_329428249</a> . 2023.....	59
Figura 45- Laje de piso em fábrica e no momento de aplicação. Santoboís. 2023 .....	60
Figura 46- Pormenor construtivo da cobertura, antes da aplicação de tenha. Santoboís. 2023 .....	61
Figura 47- Aplicação de impermeabilização em cobertura plana. Santoboís. 2023.....	61
Figura 48- Sequência de aplicação dos painéis de parede. Buildity. 2023.....	62
Figura 49- Exemplos de moradias com cobertura inclinada e plana. Buildity e Baupanel® System. 2023.....	63
Figura 50- Composição de painel de parede. Fractus. 2023.....	63
Figura 51- Pormenor de parede exterior. Fractus. 2023.....	64
Figura 52- Aspeto final dos painéis. Fractus. 2023 .....	64
Figura 53- Pormenores de conexão dos painéis. Fractus. 2023. ....	65
Figura 54 – Imagem 3d representativa do sistema construtivo Fractus. Fractus. 2023.....	66
Figura 55- Fenómeno da humidade ascensional. Marinho, M. Universidade do Porto (FEUP). 2014 .....	69
Figura 56- Impermeabilização das fundações em obra. <a href="https://forumdacasa.com/discussion/53555/1/boas-praticas-fundacoes/">https://forumdacasa.com/discussion/53555/1/boas-praticas-fundacoes/</a> . 2023 .....	70
Figura 57- Impermeabilização da base de parede de blocos com tela de xisto. <a href="https://pt.dreamstime.com/impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-da-base-de-uma-casa-em-constru%C3%A7%C3%A3o-material-imperme%C3%A1vel-laminado-betume-duas-camadas-encontra-se-na-parede-image212833509">https://pt.dreamstime.com/impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-da-base-de-uma-casa-em-constru%C3%A7%C3%A3o-material-imperme%C3%A1vel-laminado-betume-duas-camadas-encontra-se-na-parede-image212833509</a> . 2023 .....	70
Figura 58- Impermeabilização de fundações em obra com tela emulsão asfáltica. <a href="https://www.renansousaeng.com.br/post/57932-impermeabilizacao-fundacoes">https://www.renansousaeng.com.br/post/57932-impermeabilizacao-fundacoes</a> . 2023 .....	71
Figura 59- Impermeabilização das fundações em obra em Leiria, com manga de PVC. Autor. 2023 .....	71
Figura 60- Impermeabilização de parede enterrada com tela asfáltica e tela pitonada. Danosa Portugal. <a href="http://www.danosa.com">www.danosa.com</a> . 2023.....	71
Figura 61- Parede de alvenaria dupla com isolamento térmico XPS. Isolamentos Termipol. 2023 ..	75
Figura 62- Parede simples de tijolo térmico com ETICS. <a href="http://www.cpnmestadio3.com">www.cpnmestadio3.com</a> . 2023 .....	76
Figura 63- Isolamento térmico de laje, recorrendo a lâ de rocha e teto falso. <a href="http://www.spacelovers.pt">www.spacelovers.pt</a> . 2023.....	76
Figura 64- Aplicação de isolamento em pilares e vigas. Fotografia da autoria de Luis Parreira. 2023 .....	77
Figura 65- Isolamento térmico refletivo multicamadas. <a href="http://www.divibelas.pt">www.divibelas.pt</a> . 2023 .....	77
Figura 66- Exemplo de constituição de parede exterior em LSF. Cardoso, D. 2018. ....	78
Figura 67- Pormenores de impermeabilização de laje de fundação. Santoboís. 2023. ....	79
Figura 68- Pormenores de isolamento térmico de laje de fundação. Santoboís. 2023. ....	80
Figura 69- Pormenores de isolamento térmico de paredes e cobertura. Santoboís. 2023. ....	81
Figura 70- Propagação de sons aéreos e de percussão (Vasconcelos, 2017). Imperialum. 2023 .....	83

Figura 71- Isolamento acústico com lã mineral em paredes e tetos. Volcalis. 2023.....	87
Figura 72- Passagem de tubagem no pavimento. Borges, T. ISEL. 2012.....	88
Figura 73- Tubagem embutida em teto falso. Borges, T. ISEL. 2012 .....	88
Figura 74- Abertura de roços em parede de alvenaria de tijolo. <a href="https://www.olx.pt/d/anuncio/demolio-e-abertura-de-roos-IDGsw04.html?isPreviewActive=1&amp;sliderIndex=1">https://www.olx.pt/d/anuncio/demolio-e-abertura-de-roos- IDGsw04.html?isPreviewActive=1&amp;sliderIndex=1</a> . 2023 .....	89
Figura 75- Aplicação de placas de gesso cartonado no interior de parede de alvenaria, utilizando perfis metálicos. <a href="https://www.pinterest.pt/pin/335588609726506022/">https://www.pinterest.pt/pin/335588609726506022/</a> . 2023.....	89
Figura 76- Pormenor construtivo de instalações embebidas em laje. Santobois. 2023.....	91
Figura 77- Exemplo de instalações técnicas aplicadas na estrutura Baupanel®. Buildity. 2023.....	91
Figura 78- Pormenor de negativos aplicados em painel. Fractus. 2023.....	92
Figura 79- Modelo de estrutura e fundações - artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014.....	110
Figura 80- Flexão e movimentos da estrutura de uma habitação sujeita à força sísmica- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014.....	111
Figura 81- Imagem 3d da moradia de Christopher Laboe – projeto de arquitetura da autoria de Pedro Mortal. 2023.....	113
Figura 82- Planta de implantação sobre levantamento topográfico. Autoria de Pedro Mortal. 2023 .....	114
Figura 83- Planta da cave e do piso 0. Autoria de Pedro Mortal. 2023.....	114
Figura 84- Alçados e muro de vedação. Autoria de Pedro Mortal. 2023 .....	115

**Lista de tabelas**

Tabela 1- Relatório de conjuntura da Construção em Portugal, FEPICOP Maio. AICCOPN e AECOPS, 2023. ....	23
Tabela 2- Edifícios por época de construção (INE, Censos 2021).....	24
Tabela 3- Elementos construtivos das moradias objeto do artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014 .....	30
Tabela 4- Armadura das fundações da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023 .....	33
Tabela 5- Quadro XVIII do REBAP – Decreto-Lei 349 de 30 de Julho – Diário da República n.º 174/1983, 7º Suplemento, Série I (1983) .....	38
Tabela 6- Especificações técnicas dos painéis verticais (paredes). Baupanel® System. 2023 .....	49
Tabela 7- Especificações técnicas dos painéis horizontais (lajes). Baupanel® System. 2023 .....	49
Tabela 8- Dimensões e aplicações dos painéis. Fractus. 2023 .....	67
Tabela 9- Tabela com a condutividade térmica dos materiais. <a href="https://www.academia.edu/11415713/TABELA_DE_CONDUCTIVIDADE_T%C3%89RMICA_DE_MATERIAIS_DE_CONSTRU%C3%87%C3%83O">https://www.academia.edu/11415713/TABELA_DE_CONDUCTIVIDADE_T%C3%89RMICA_DE_MATERIAIS_DE_CONSTRU%C3%87%C3%83O</a> . 2023.....	74
Tabela 10- Necessidades nominais anuais globais de energia primária para uma habitação de 100 m <sup>2</sup> N <sub>te</sub> . Andrade, R. 2016.....	79
Tabela 11- Valores indicativos do índice de redução sonora ponderado para alguns sistemas de paredes (Fontes: IPT, Unicamp, SOBRAC, Universidade de Coimbra) .....	84
Tabela 12- Desempenho acústico de soluções construtivas. Diversas fontes. Autor. 2023.	86
Tabela 13- Agente material que esteve na origem do acidente de trabalho. ACT. <a href="https://portal.act.gov.pt">https://portal.act.gov.pt</a> . 2023 .....	96
Tabela 14- Tipo de local onde ocorreram os acidentes mortais. ACT. <a href="https://portal.act.gov.pt">https://portal.act.gov.pt</a> . 2023 .....	97
Tabela 15- Consumos energéticos utilizados nos processos produtivos de fabricação dos materiais de construção (em %). Tavares, S. 2016.....	101
Tabela 16- Índices de EE e CO <sub>2</sub> embutidos nos materiais de construção por kg. Tavares, S. 2016 .....	102
Tabela 17- Características e potencial de reutilização e reciclagem (PRR) de alguns materiais de construção. Pires, A. 2013.....	103
Tabela 18- Tabela com as Classes de reação ao fogo e tempos de resistência de paredes e seus materiais constituintes. Autor (múltiplas fontes). 2023.....	106
Tabela 19- Classificação da reação ao fogo de acordo com a UNE-EN 13501-1. <a href="http://www.corporativo.pladur.com">www.corporativo.pladur.com</a> . 2023 .....	106
Tabela 20- Tabela com as classes e tempos de resistência ao fogo de vários elementos construtivos. Decreto de Lei 64/90 de 21 de Fevereiro, parte II (edifícios unifamiliares). <a href="http://www.oasrn.org">www.oasrn.org</a> . 1990 .....	107
Tabela 21- Mapa de áreas do projeto.....	113
Tabela 22- Consultas efetuadas a empreiteiros .....	116
Tabela 23- Custo de construção dos dois pisos (valor do IVA a acrescer à taxa em vigor). Autor. 2023.....	120
Tabela 24- Calendarização dos trabalhos de construção da moradia de Fátima. Autor. 2023 .....	126
Tabela 25- Dimensão da amostra e índice de respostas. Autor. 2023 .....	131
Tabela 26- Matriz de questionário com perguntas por destinatário. Autor. 2023 .....	133

Tabela 27- Grelha de classificação dos métodos construtivos. Autor. 2023 .....	160
Tabela 28- Grelha de transposição do resultado do inquérito para a classificação quantitativa. Autor. 2023 .....	161
Tabela 29- Grelha de classificação preenchida. Autor. 2023 .....	162
Tabela 30- Classificação final dos atributos Custo e Prazo de construção. Autor. 2023 ..	163
Tabela 31- Pressuposto para classificação dos atributos Custo e Prazo de construção resultantes das consultas aos construtores. Autos. 2023 .....	163
Tabela 32- Grelha de classificação final. Autor. 2023 .....	164
Tabela 33- Análise SWOT dos Métodos construtivos em análise. Autor, 2023. ....	167

**Lista de gráficos**

Gráfico 1- Volume de Negócios das empresas de Construção em Portugal (INE, Pordata, 2021).....	19
Gráfico 2- Número de empresas de construção em Portugal (INE, Pordata, 2021).....	20
Gráfico 3- Número de empresas de construção encerradas em Portugal (INE, Pordata, 2021).....	20
Gráfico 4- Pessoal ao serviço nas empresas de construção em Portugal (INE, Pordata, 2021).....	21
Gráfico 5- Formação Bruta de Capital Fixo das empresas de Construção em Portugal (INE, Pordata, 2021).....	22
Gráfico 6- Betão armado necessário para fundações por moradia- artigo científico MSP ( <i>Multilayer Structural Pannels</i> ), SF ( <i>Steel Frames</i> ), RCF ( <i>Reinforced concrete Frames</i> ) - cortesia Buildity. Pérez-Garcia. 2014.....	45
Gráfico 7- Massa total das paredes em Kg/m <sup>2</sup> . Anexo 3. Autor. 2023 .....	67
Gráfico 8- Espessura total das paredes interiores e exteriores. Anexo 3. Autor. 2023 .....	68
Gráfico 9- Apresentação da UC de Patologias e Reabilitação de Edifícios do IPL- Patologias mais comuns. Fernandes, P. e Rodrigues, H. 2023. (ref <sup>a</sup> . Vasco Freitas – FEUP) .....	69
Gráfico 10- Imagem ilustrativa das variações de temperatura interior em função da inércia térmica. Cardoso, D. 2018. ....	73
Gráfico 11- Evolução ao longo do dia da temperatura da superfície numa habitação com o método Woodframe. Santoboís. 2023 .....	81
Gráfico 12- Desempenho acústico de soluções construtivas. Diversas fontes. Autor. 2023. ....	85
Gráfico 13- Acidentes mortais em Portugal por CAE (Código de Atividade Económica). ACT. <a href="https://portal.act.gov.pt">https://portal.act.gov.pt</a> . 2023 .....	94
Gráfico 14- Desvio comportamental que está na origem do acidente mortal. ACT. <a href="https://portal.act.gov.pt">https://portal.act.gov.pt</a> . 2023 .....	95
Gráfico 15- Apresentação da UC de Patologias e Reabilitação de Edifícios do IPL. (ref <sup>a</sup> . Vasco Freitas – FEUP) .....	99
Gráfico 16- Emissões de Gases de Efeito de Estufa (EE) em cada fase do ciclo de vida de um edifício. Pires, A. 2016.....	100
Gráfico 17- - Energia incorporada em MWh por moradia- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014 .....	104
Gráfico 18- Emissão de CO <sub>2</sub> em toneladas por moradia - artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014 .....	105
Gráfico 19- Massa de inércia gerada pelas forças de aceleração sísmica- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014.....	111
Gráfico 20- Custo de construção dos dois pisos (valor do IVA a acrescer à taxa em vigor). Autor. 2023.....	119
Gráfico 21- Custo de construção do piso 0 (valor do IVA a acrescer à taxa em vigor). Autor. 2023.....	121
Gráfico 22- Índice de custos de Construção para habitação nova (taxa de variação homóloga). INE. 2023 .....	122
Gráfico 23- Estimativa dos custos iniciais e custos em eletricidade, durante 14 anos, para o método Tradicional e LSF. Andrade, R. 2016.....	124
Gráfico 24- Notoriedade total manifestada pela totalidade dos inquiridos. Autor. 2023..	134

Gráfico 25- Percentagem de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho - ponderação dos 10 critérios em análise. Autor. 2023 .....	136
Gráfico 26- Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”. Autor. 2023 .....	137
Gráfico 27- Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Agentes indiretos. Autor. 2023 .....	138
Gráfico 28- Notoriedade total manifestada pelo grupo Agentes indiretos. Autor. 2023...	139
Gráfico 29- Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Utilizadores finais. Autor. 2023 .....	140
Gráfico 30- Notoriedade total manifestada pelo grupo Utilizadores finais. Autor. 2023 .	140
Gráfico 31- Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023 .....	141
Gráfico 32- Notoriedade total manifestada pelo grupo Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023 .....	142
Gráfico 33- Notoriedade total manifestada pelos 3 grupos inquiridos. Autor. 2023.....	143
Gráfico 34- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto ao custo. Autor. 2023 .....	145
Gráfico 35- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Rapidez de construção. Autor. 2023.....	145
Gráfico 36- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Facilidade de construção ou oferta de construtores. Autor. 2023 .....	146
Gráfico 37- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Pegada ambiental. Autor. 2023.....	147
Gráfico 38- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Durabilidade. Autor. 2023 .....	148
Gráfico 39- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Solidez e robustez. Autor. 2023.....	149
Gráfico 40- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Eficiência térmica e energética. Autor. 2023 .....	149
Gráfico 41- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto aos Custos de manutenção em utilização. Autor. 2023 .....	150
Gráfico 42- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Resistência anti-sísmica. Autor. 2023 .....	151
Gráfico 43- Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Resistência anti-fogo. Autor. 2023 .....	152
Gráfico 44- Método construtivo a selecionar em futuras opções pelos Utilizadores finais. Autor. 2023 .....	153
Gráfico 45- Método construtivo normalmente utilizado pelo Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023 .....	154
Gráfico 46- Métodos construtivos alternativos a utilizar no futuro pelos Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023 .....	154
Gráfico 47- Ponderação a atribuir na avaliação de um imóvel consoante o método construtivo utilizado. Autor. 2023 .....	155
Gráfico 48- Respostas da Banca sobre as limitações de crédito. Autor. 2023 .....	156
Gráfico 49- Respostas das Seguradoras sobre a cobertura de risco. Autor. 2023 .....	157

## **Lista de siglas e acrónimos**

ANAI – Associação Nacional dos Avaliadores Imobiliários

AVAC – aquecimento, ventilação e ar-condicionado

CAPEX – necessidade de investimento em capital fixo

CTE – *Código Técnico de la Edificación*

EE – energia ambientada

ETICS – *external thermal insulation composite system* / designação comercial: capoto

EPS – Poliestireno expandido

ETA – *European Technical Assessment*

GEE – gases com efeito de estufa

GLT – Glued Laminated Timber

INE – Instituto Nacional de Estatística

LSF – *Light Steel Framing* / aço leve laminado a frio

MSP- *Multilayer Structural Panels*

OPEX – necessidade de investimento em recursos operacionais

OSB – placas de madeira orientada- *oriented strand board*

PRR – Potencial de reutilização e reciclagem

PUR- Espuma de Poliuretano

RFC- *Reinforced Concrete Frames*

REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado

SF- *steel frame*

XPS - Poliestireno extrudido

## **1 Introdução**

A presente dissertação enquadra-se no Mestrado de Engenharia Civil – Construções Cívicas, lecionado no Instituto politécnico de Leiria (Escola Superior de Tecnologia e Gestão).

O tema selecionado pelo autor – Análise comparativa de soluções construtivas para edifícios - resulta da sua experiência profissional e dos seus interesses profissionais atuais, ligados à promoção imobiliária, nomeadamente a construção e reabilitação de edifícios unifamiliares.

A pretensão de compreender a razão da hegemonia no mercado de construção de moradias de apenas um método construtivo – o método tradicional em betão e alvenaria – apesar da existência de várias soluções construtivas, umas mais inovadoras que outras, mas todas capazes de cumprir o propósito para o qual foram criadas, foi outros das principais motivações para a exploração deste tema.

De facto a decisão sobre qual o sistema construtivo a selecionar na construção ou aquisição de uma habitação, apesar de ser uma das principais decisões a tomar nesse importante passo e que influencia a esfera económica, de segurança e ambiental do agregado familiar, é, na generalidade dos casos, um tema que não suscita qualquer dúvida ou discussão tendo em conta o reduzido leque de opções e quase sempre resumido ao método tradicional.

As áreas temáticas abordadas neste trabalho estão relacionados com inúmeras Unidades Curriculares do Mestrado, nomeadamente Análise dinâmica e Engenharia Sísmica, Construção sustentável, Revestimentos e acabamentos, Conforto ambiental, Estruturas metálicas, Estruturas de madeira e alvenaria, Segurança e qualidade em obras e projetos e Patologias e reabilitação de edifícios.

### **1.1 Objetivo**

O presente estudo tem como objetivo avaliar a perceção que os vários *players* envolvidos direta ou indiretamente no processo de decisão de escolha do sistema construtivo para um determinado imóvel revelam quanto a 5 métodos construtivos, em particular.

Por outro lado, pretende-se igualmente estabelecer uma análise comparativa entre esses diferentes métodos construtivos, de modo a classificar o seu desempenho em várias dimensões: económica, técnica, de segurança e ambiental.

Para avaliar esta perceção e o desempenho de cada um dos métodos, foi realizado um inquérito de opinião a várias entidades relacionadas com o processo construtivo e aquisitivo de edifícios unifamiliares de pequena dimensão (moradias).

Este trabalho visa ainda esclarecer os seus leitores sobre as características, vantagens e desvantagens de cada método construtivo, numa tentativa de auxiliar o processo de decisão sobre a escolha de investimento nos mesmos.

## **1.2 Estrutura do documento**

O presente trabalho está construído de modo a permitir ao leitor ter uma experiência de leitura simples, porém fundamentada de cada um dos métodos construtivos em análise, sustentando a proposta de avaliação de cada um deles.

Depois de apresentada a necessária introdução ao trabalho, apresenta-se o Estado da arte da construção em Portugal – o setor da construção em Portugal.

Neste estado da arte analisa-se a evolução e tendências dos últimos 30 anos com base nos dados oficiais publicados.

Segue-se a apresentação das diferentes soluções construtivas, com base em 9 variáveis de análise.

Este é o capítulo mais denso do trabalho, uma vez que visa analisar cada um dos 5 métodos nas suas múltiplas vertentes, assim como o projeto da moradia que serviu de base às consultas realizadas a prestadores de serviço.

De seguida é apresentado o estudo de opinião realizado a 8 públicos-alvo em que foram questionados sobre a sua perceção relativamente a cada um dos métodos de construção, bem como analisadas as suas respostas.

Finalmente, no capítulo que antecede as conclusões, é realizada uma análise comparativa, através de uma matriz em que se classifica cada um dos métodos relativamente a uma multiplicidade de dimensões e variáveis.

## **2 O setor da construção em Portugal**

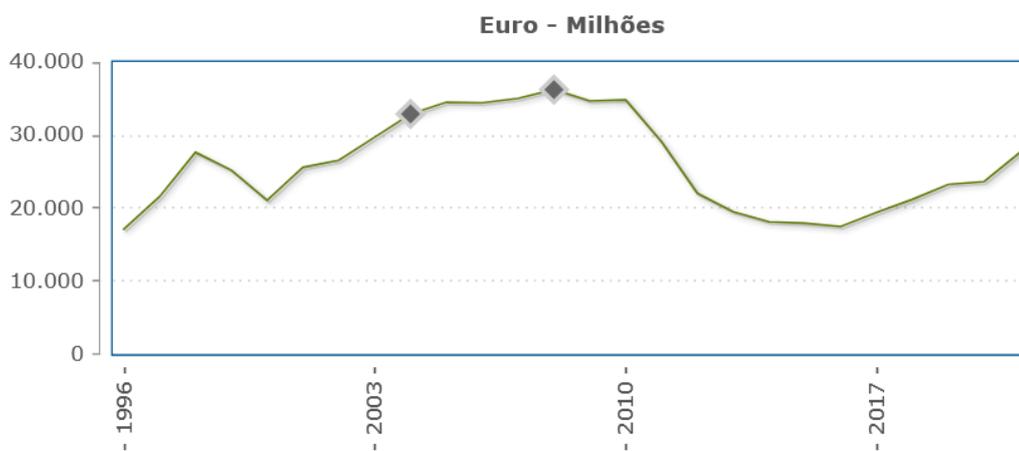
Como os restantes setores da economia, também o setor da construção em Portugal, teve no seu passado recente e reportando-se especificamente aos últimos 30 anos, um

desempenho muito associado à conjuntura internacional e a alguns episódios no mercado interno que ajudam a explicar a sua evolução.

Conforme se pode depreender pela observação da linha de evolução do gráfico infra, registaram-se eventos políticos, sociais e económicos que justificaram alguns sobressaltos no setor, seja na área da obra pública ou da iniciativa privada.

Em meados da década de 90 o setor foi impulsionado pelo forte investimento em infraestruturas públicas, sobretudo na área das vias de comunicação e na Expo 98.

O próprio setor privado também demonstrou um forte impulso, sobretudo associado à habitação.



**Gráfico 1-** Volume de Negócios das empresas de Construção em Portugal (INE, Pordata, 2021)

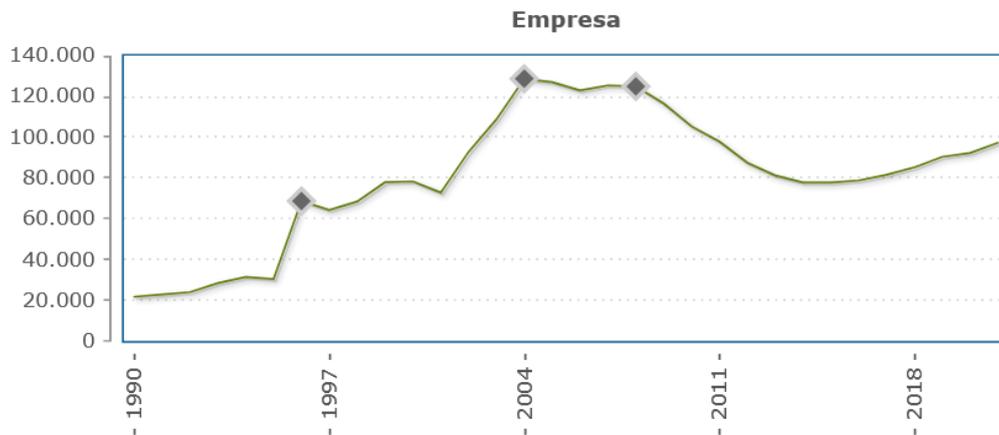
Nos anos seguintes houve um certo arrefecimento, fruto da conclusão dos grandes projetos públicos em curso até então.

A partir do ano 2000 continuou a política de forte investimento público em infraestruturas rodoviárias, portuárias, edifícios públicos, etc., justificando a evolução ascendente do setor. O ano 2008 foi um marco decisivo a nível mundial, com o surgimento da grande crise financeira, que veio despoletar a crise do setor imobiliário e das dívidas soberanas nos países da União Europeia, formando a tempestade perfeita para o colapso das economias mais frágeis, como o caso da portuguesa.

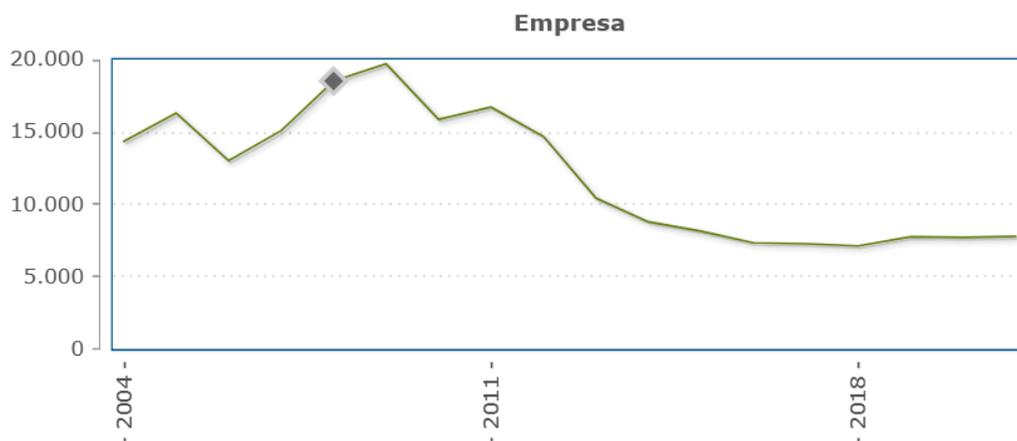
Esta dupla crise veio afetar no imediato o investimento privado e que se refletiu no brutal arrefecimento do investimento público a partir de 2010, motivado também em grande medida pelas medidas restritivas impostas pela Troika no período de 2011 a 2014, altura em que o país foi intervencionado financeiramente.

Esta quase estagnação do setor, após anos de próspero crescimento, veio refletir-se no encerramento de milhares de empresas e na procura de novos mercados internacionais de

tantas outras, nomeadamente no centro da Europa, em países que não haviam sofrido os impactos da crise financeira de uma forma tão violenta, no continente africano e América Latina, como se constata nas imagens abaixo.



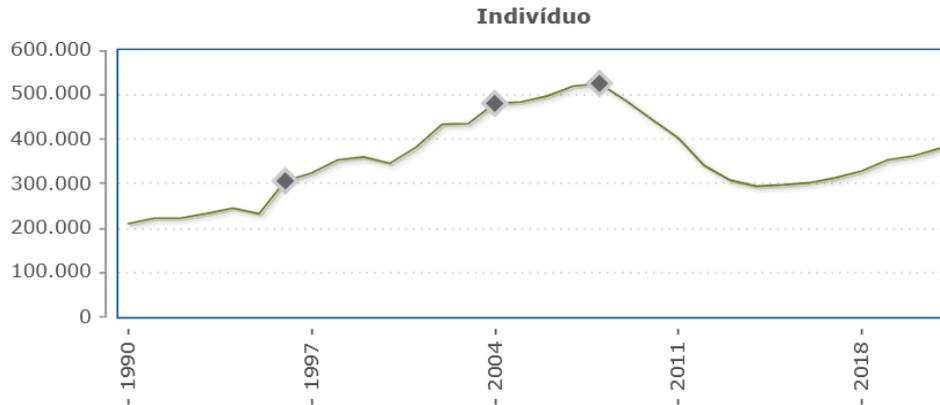
**Gráfico 2-** Número de empresas de construção em Portugal (INE, Pordata, 2021)



**Gráfico 3-** Número de empresas de construção encerradas em Portugal (INE, Pordata, 2021)

Em termos sociais este período da crise financeira, que se veio a estender até 2016, originou o desemprego de milhares de pessoas, o reposicionamento profissional de outras tantas e também a emigração de muitos portugueses, sobretudo ligados direta ou indiretamente à construção, que procuraram melhores condições no estrangeiro, muitos deles associados a empresas que fizeram esse mesmo movimento de internacionalização. Para além destes fenómenos sociais, verificou-se igualmente a “debandada” de muitos imigrantes trabalhadores no setor da construção, tendo regressado aos seus países de origem ou mudado para outros mais dinâmicos economicamente, para além da aposentação, de muitos profissionais do setor.

Esta conjuntura veio justificar a queda de 44% do número de trabalhadores empregados no setor em 2014, face ao pico registado em 2008, conforme se verifica na imagem infra.



**Gráfico 4-** Pessoal ao serviço nas empresas de construção em Portugal (INE, Pordata, 2021)

Foi após 2014, a seguir à saída “limpa” de Portugal do programa da Troika, que se começou a verificar uma ligeira retoma de toda a economia e, como não poderia deixar de ser, também do setor da Construção.

Esta retoma acelerou a partir de 2016, muito associada à alavancagem do turismo e ao forte investimento privado, sobretudo direcionado para a habitação e turismo. Portugal estava na “moda” e era um país “barato”, com muito interessantes oportunidades para os ávidos investidores internacionais. Foi este novo fenómeno de investimento que veio disfarçar a apatia do investimento público na área das infraestruturas.

A queda de outros destinos turísticos concorrentes de Portugal, não foi alheia a este excelente desempenho, nomeadamente os conflitos sociais e políticos nos países do *Maghreb* e a instabilidade económica, política e social nos outros países do Sul da Europa. Apesar desta retoma clara da economia e do novo impulso do investimento imobiliário privado, não se verificou a reposição do investimento das empresas em Capital Fixo, após o desinvestimento e encerramento de empresas causado pela dupla crise de 2008 a 2014, conforme se verifica no gráfico seguinte.



**Gráfico 5-** Formação Bruta de Capital Fixo das empresas de Construção em Portugal (INE, Pordata, 2021)

O surgimento da crise sanitária mundial Covid, durante os anos 2020 e 2021, veio mudar um conjunto de princípios estabelecidos, nomeadamente as relações e condições laborais, assim como contribuiu para o abrandamento e até mesmo paragem de um conjunto de setores da economia.

Além disso, a diminuição abrupta da produção industrial e as quebras nas cadeias de distribuição, vieram deteriorar o fornecimento de materiais e os preços a que os mesmos eram transacionados.

Ainda a Europa se estava a recompor do choque Covid, quando em Fevereiro de 2022 eclodiu um conflito militar bem no centro do continente – a guerra da Ucrânia.

Este conflito veio deteriorar mais ainda as cadeias de fornecimento e distribuição de matérias e produtos, para além da crise energética que causou, motivada pelo corte no abastecimento de gás natural proveniente da Rússia a Ucrânia.

A combinação destes fatores resultou num efeito inflacionista generalizado.

Como forma de travar os efeitos da subida da inflação, o Banco Central Europeu tem vindo a subir a taxa de juro diretora, que se reflete no desincentivo ao investimento.

Apesar de todos estes impactos negativos, a construção foi um dos setores que não foi demasiado afetado, tendo mantido sempre um bom dinamismo de produção, mesmo durante a fase pandémica e no conflito militar da Ucrânia, como se pode constatar nos indicadores de desempenho da atividade de 2023 face a 2022, na tabela infra.

**Tabela 1-** Relatório de conjuntura da Construção em Portugal, FEPICOP Maio. AICCOPN e AECOPS, 2023.

Valores de Produção do setor da Construção			
	M. (€)	(%)	2023 (P) Var. anual (%)
Produção Global	18 702,0	3,4%	[ 2,4% ; 4,4% ]
Edifícios Residenciais	5 417,5	3,7%	[ 1,5% ; 4,5% ]
Edifícios Não Residenciais	4 356,1	1,0%	[ 0,2% ; 1,2% ]
Engenharia Civil	8 928,5	4,5%	[ 4,0% ; 6,0% ]

Os impactos no tecido social do setor da Construção, sofridos sobretudo no período pós-crise financeira mundial, vieram marcar em definitivo o paradigma do setor em Portugal.

A saída de recursos humanos deste setor de atividade nas mais variadas especialidades, não foi nem é compensada pela entrada de novos quadros, sejam eles mais ou menos qualificados, provenientes da imigração ou nacionais.

A capacidade que houve no passado em atrair imigrantes de África durante a década de 80 e na década seguinte em acolher imigrantes do leste da Europa, não está a ser replicada, sendo este um setor muito pouco atrativo, pelas condições de trabalho e pela remuneração que o mesmo oferece.

Com base em todas estas evidências conclui-se que o setor da construção em Portugal nunca será o mesmo que se conheceu no início deste século, tendo perdido a sua característica alicerçada em mão de obra intensiva.

É neste novo paradigma que ganham espaço as soluções construtivas disruptivas e menos exigentes em recursos humanos, que consigam dar resposta à crescente procura de empresas e profissionais associados a este setor e à qual a oferta tradicional não consegue dar resposta adequada.

### 3 Soluções construtivas

#### 3.1 Breve apresentação

##### Método Tradicional

Por método ou sistema tradicional, o autor entendeu as soluções construtivas baseadas em estrutura de betão armado, em pórtico, associada a alvenaria confinada.

Foi esta a solução prevista no projeto realizado para o edifício em estudo.

Tendo surgido no pós-guerra, foi sobretudo desde a década de 60 do século passado que se verificou a proliferação de edifícios com estrutura em betão armado cofrada, de vigas e pilares, associada a lajes aligeiradas constituídas por vigas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas.

Este período pós-guerra foi profíquo no surgimento de novos materiais, como são disso exemplo o silicone, as resinas epoxídicas, o policarbonato, o polipropileno, as caixilharias em alumínio anodizado e as fibras de poliéster e de vidro, entre outros.

É sobretudo a partir da década de 70 que surgem algumas importantes inovações ao nível de peças de alvenaria, nomeadamente os sistemas de blocos de cimento (exemplos disso são o “Mecan” e o “Ytong”) (Faria, 2013).

Os anos oitenta e noventa são caracterizados pela diminuição do tempo e do custo de construção das empreitadas fruto da utilização de novos materiais e técnicas, pondo em causa as técnicas construtivas tradicionais.

O aumento exponencial da construção e a sua exigência de recursos foi acomodada pela entrada de mão de obra estrangeira no setor, compensando também a saída de profissionais experientes para o estrangeiro ou aposentação. O reflexo deste novo paradigma na construção em Portugal foi a marca indelével de fraca qualidade da construção no país neste período.

Esta deterioração da qualidade construtiva foi sendo mitigada gradualmente a partir do final da década de 80 com a implementação de um conjunto de medidas.

As principais medidas foram a publicação de regulamentação técnica (regulamentos de segurança contra incêndios, proteção contra o ruído, instalações de gás e telefónicas e comportamento térmico), o incremento de atividade de normalização, certificação e homologação e, por fim, o aumento das exigências do próprio mercado (Faria, 2013).

Conforme se pode depreender da análise do quadro seguinte, em 2021 os edifícios existentes desde 1961 representam 62% do edificado nacional.

**Tabela 2-** Edifícios por época de construção (INE, Censos 2021)

Anos	Época de construção								
	Total	Anterior a 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2021
1981	2 507 706	643 059	482 791	406 003	975 853	//	//	//	//
1991	2 861 719	461 889	427 531	392 042	907 080	673 177	//	//	//
2001	3 160 043	253 880	344 936	357 042	948 611	648 930	606 644	//	//
2011	3 544 389	206 343	305 696	387 340	997 689	578 845	558 471	510 005	//
2021	3 573 416	174 200	277 571	375 353	967 182	581 768	557 048	529 510	110 784

Na impossibilidade de aferir as estatísticas do edificado recentemente construído nas mais diversas soluções construtivas, é muito provável que a grande maioria dos 62% de edifícios posteriores a 1961 sejam construídos em betão armado.

### **LSF (Light Steel Framing)**

A construção metálica divide-se fundamentalmente em dois grupos: estruturas em aço laminado a quente e estruturas em aço enformado a frio (LSF).

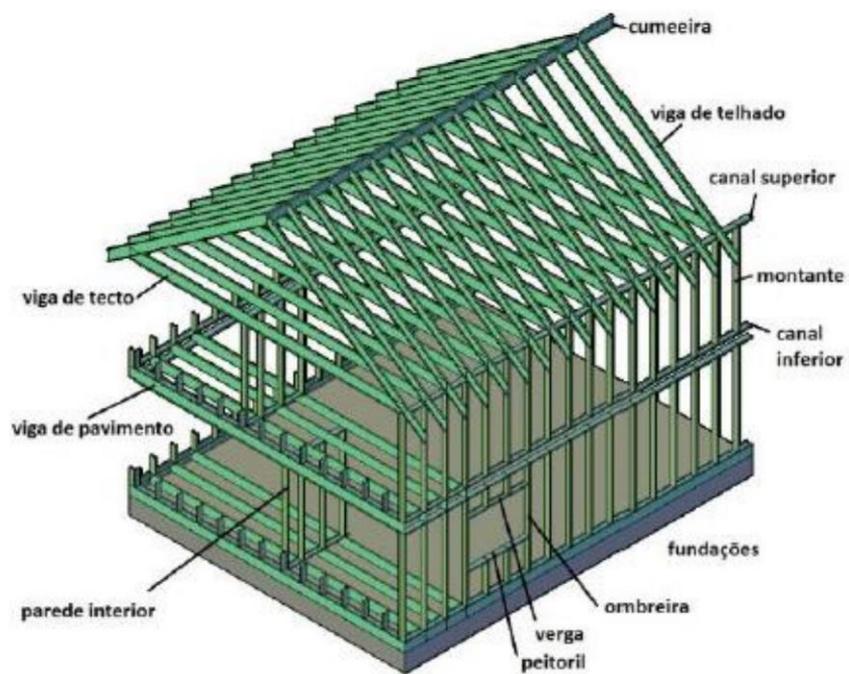
Se o primeiro é utilizado normalmente em grande edifícios comerciais ou logísticos, com o objetivo de vencer grandes vãos, o segundo é mais utilizado em pequenos edifícios, normalmente residenciais (moradias) (Cardoso, 2018).

O método LSF é criado a partir de perfis metálicos enformados a frio, interligados entre si por parafusos ou soldadura, formando painéis verticais resistentes, que representam paredes e lajes planas ou inclinadas.

Os painéis verticais são constituídos por montantes metálicos aparafusados a placas OSB resistentes (a designação inglesa de placas de madeira orientada- *oriented strand board*) numa face ou nas duas, podendo ser fabricado em obra ou em ambiente de fábrica (mais comum).

A principal ideia neste método reside em dividir a estrutura numa multiplicidade de elementos estruturais de modo a que cada um resista a uma fração da carga total a que a estrutura está sujeita (Bastos, 2014).

Estes elementos formam um equilíbrio resistente entre as forças verticais dos pisos e forças horizontais resultantes das ações do vento e do sismo, conforme se pode observar na figura abaixo (Andrade, 2016).



**Figura 1-** Constituintes de uma estrutura em LSF. Andrade, R. 2016

### **Woodframe**

A madeira é um dos materiais antigos que o Homem foi aprendendo a trabalhar e modelar para várias finalidades, nomeadamente para proteção e abrigo, devido à sua abundância e facilidade de modelação (Correia, 2015).

Este material continua a ser muito popular em vários pontos do planeta, especialmente para construção de edifícios residenciais unifamiliares ou bifamiliares.

Há países com taxas de utilização da madeira como material de base para a construção deste tipo de edifícios, como por exemplo os Estados Unidos da América com 90% a 94%, o Canadá com 76% a 85%, os países nórdicos da Europa com 80% a 85% e a Escócia com 60% (Morgado, 2012).

Em Portugal foi muito popular um sistema que usou a madeira na estrutura resistente dos edifícios e que esteve na base da recuperação das cidades na fase posterior ao terramoto de 1755 – a gaiola pombalina.

Esta técnica aplicada em muitos edifícios construídos nessa época que se encontram ainda em plena utilização, em especial na cidade de Lisboa, teve como objetivo a prevenção dos efeitos de um novo sismo, que se mantém ainda aos dias de hoje.



**Figura 2-** Maquete ilustrativa da técnica “Gaiola Pombalina”. Departamento de Estruturas do LNEC. 2005.

A utilização da madeira em Portugal como elemento principal na construção é muito reduzida, podendo ser justificado por várias condicionantes como as altas temperaturas na estação quente, a maior propensão para o ataque biológico, a escassez de madeiras de qualidade, a escassez de técnicos especializados, a preferência por processos de construção tradicionais, a reduzida formação nas universidades sobre a temática e a ausência de regulamentação específica (Morgado, 2012).

Na sequência de um inquérito realizado a 25 empresas que atuam no setor da construção em madeira, foi evidenciado que apenas 36% afirma utilizar madeira de origem nacional para a estrutura das suas construções, sendo a madeira resinosa mais utilizada a proveniente do continente americano e do norte da Europa (Morgado, 2012).

A figura seguinte ilustra o esqueleto de um painel aplicado em obra.



**Figura 3-** Exemplo de miolo de estrutura Woodframe. [www.casema.pt](http://www.casema.pt). 2023

Este é um método que permite a construção pré-fabricada, podendo os painéis ser assemblados em obra depois de construídos em fábrica, conforme a figura abaixo ilustra.



**Figura 4-** Construção de painéis em fábrica e assemblagem em obra. Morgado, L. 2015.

### Sistema Baupanel®

Baupanel® é uma marca registada de um grupo empresarial oriundo de Espanha e nascido em 2003, cuja principal motivação foi a de desenvolver um sistema construtivo eficaz baseado em materiais tradicionais como o aço, poliestireno expandido (EPS) e betão.

A combinação destes materiais num produto único visava alcançar uma grande capacidade estrutural e um excelente isolamento acústico e que permitisse uma significativa redução de custos e tempo de execução (Baupanel®, 2023).



**Figura 5-** Esquema de combinação de elementos do sistema Baupanel®. [www.buildity.pt](http://www.buildity.pt). 2023.

Como se pode observar na figura acima os elementos estruturais de paredes e lajes são constituídos por 3 componentes fundamentais:

- uma malha de aço eletrosoldada, com reforços de varão de aço em obra que conferem a capacidade resistente à flexão
- uma camada de microbetão em cada face, com espessura pré-determinada, conferindo a capacidade resistente à compressão ao conjunto.
- uma placa de EPS, atravessada pela malha de aço eletro-soldada acima referida, que confere o isolamento térmico.

Para a caracterização deste sistema e melhor compreensão do mesmo é abordado seguidamente um estudo comparativo apresentado num artigo científico de 2014 (Pérez-Garcia, 2014), onde são analisadas habitações unifamiliares equivalentes, de dois pisos, construídas em 2011, em Gavarda, Valência – Espanha- e dimensionadas com base em 3 métodos construtivos diferentes:

- sistema Baupanel® (MSP- *Multilayer Structural Panels*)
- estrutura metálica (SF- *steel frame*)
- método tradicional em betão armado e alvenaria (RCF- *Reinforced Concrete Frames*).

No empreendimento em questão foram construídas 3 tipologias de habitações: moradia em banda, moradia geminada e moradia isolada. Todas elas foram dimensionadas nos 3 tipos de construção referidos atrás, no entanto para o presente estudo ter-se-á em consideração apenas as conclusões retiradas para a tipologia de moradia isolada, apesar dos valores apurados irem na mesma linha de orientação, independentemente da tipologia em causa. Este estudo será abordado na caracterização de alguns atributos deste sistema, mais adiante neste trabalho.

As principais características das habitações de cada método, abordadas neste artigo, são as indicadas na tabela infra (Pérez-Garcia, 2014).

**Tabela 3-** Elementos construtivos das moradias objeto do artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-García. 2014

Elemento construtivo	Sistema Baupanel	Estrutura metálica	Método tradicional
Fundação	Betão armado	Betão armado	Betão armado
Pilares e vigas / super-estrutura	-	Estrutura metálica	Betão armado
Paredes exteriores	Espessura de 140 mm Miolo em EPS (140 mm) + 2 camadas de microbetão (2 x 40 mm)	Espessura de 300 mm Parede dupla de tijolo com 40 mm EPS no miolo	Espessura de 300 mm Parede dupla de tijolo com 40 mm EPS no miolo
Laje	Espessura de 200 mm Miolo em EPS (200 mm) + 2 camadas de microbetão (40 mm inferior + 60 mm superior)	Espessura de 330 mm Aligeirada em betão armado (280 mm) + 50 mm EPS	Espessura de 330 mm Aligeirada em betão armado (280 mm) + 50 mm EPS

Tendo em conta a pouca popularidade e conhecimento generalizado deste sistema, importa referir que o Sistema Baupanel® possui um certificado ETA nº 16/0432 (*European Technical Assessment*) que consiste numa apreciação técnica favorável da aptidão ao uso de um produto, estabelecida com base nos principais requisitos das empreitadas de construção onde esse produto será utilizado.

Está igualmente em conformidade com os regulamentos Eurocódigo e CTE (*Código Técnico de la Edificación*), possuindo igualmente vários documentos de idoneidade técnica em vários países onde tem atividade (exemplo do Documento de idoneidade técnica nº 558/10, concedido pelo Instituto Eduardo Torroja de Ciências da Construção) (Buildity, 2023).

Estas certificações podem ser consultadas em <https://www.baupanel.com/pt-pt/certificacoes/>.

### Sistema Fractus

O painel isolado Fractus é o resultado de um desenvolvimento tecnológico de produto de uma empresa portuguesa, que associou o seu nome à designação comercial do mesmo.

Para o desenvolvimento desta solução a Fractus conta com a parceria de entidades na área da investigação e desenvolvimento como é o caso do IPL (Instituto Politécnico de Leiria) e do Itecons (Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade), associado à Universidade de Coimbra.

Este projeto surgiu em 2018 e iniciou a sua comercialização em 2021.

À data do presente estudo este painel possui algumas certificações internacionais e uma declaração de desempenho emitida pelo Itecons em 2021.

Para além destas certificações possui ainda um conjunto de relatórios de ensaio realizados pelo Itecons como entidade oficial e idónea, que atestam o cumprimento dos requisitos normativos nacionais e europeus relativamente a um conjunto de atributos.

Apesar destas chancelas, existem ainda algumas características técnicas que se encontram em desenvolvimento e para as quais não existem ensaios válidos, facto que inibe a certificação internacional de produto assim como a obtenção de uma certificação ETA (aprovação técnica europeia) que consiste numa apreciação técnica favorável da aptidão ao uso de um produto, estabelecida com base nos principais requisitos das empreitadas de construção onde esse produto será utilizado (eportugal.gov.pt, 2023).

O sistema Fractus é caracterizado pela associação de painéis pré-fabricados a perfis de estrutura metálica laminada a quente ou perfis estruturais de madeira lamelada colada (GLT – *Glued Laminated Timber*) (Fractus, 2023).

O painel é constituído por dois componentes, conforme figura abaixo, que funcionam entre si de forma sinérgica: placas e material de isolamento.



**Figura 6-** Esquema de composição do painel Fractus. Fractus. 2023

As placas podem ter várias composições, conforme a finalidade a que se destinem os painéis e ao enquadramento dos mesmos na planta: paredes exteriores, paredes interiores, lajes, tetos ou coberturas. Com base nessa finalidade e no projeto da obra e seu dimensionamento, são definidas as características que cada painel deverá apresentar relativamente aos atributos de resistência estrutural, inércia, impermeabilidade, isolamento térmico, isolamento acústico e resistência ao fogo.

### 3.2 Fundações e restantes elementos estruturais

#### Método tradicional

Os elementos estruturais de um edifício do método tradicional, são tipicamente as fundações, pilares, vigas e lajes.

Estes elementos estruturais são dimensionados e detalhados no projeto de estabilidade do edifício, em cumprimento do normativo em vigor.

As fundações de um edifício são um elemento essencial na preparação e construção do mesmo.

Com base no projeto de Estabilidade, a execução em obra é precedida pela marcação no terreno por um topógrafo, definindo a localização exata das fundações e a sua cota respetiva (Mateus, 2004).

De seguida ocorre a tarefa de movimentação de terras e escavação até ser encontrado terreno firme (no caso de fundações diretas) assegurada por equipamentos pesados.

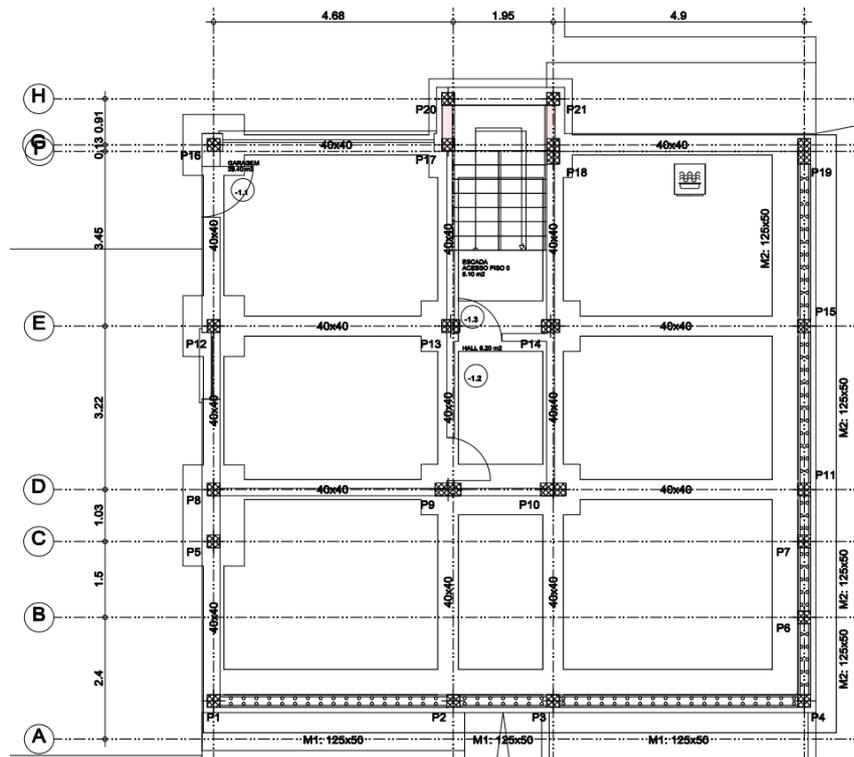
As fundações têm como principal função transmitir as cargas a que o edifício está sujeito, com caráter permanente ou não, ao solo onde este está implantado, através de sapatas estacas e vigas ou lintéis de fundação, conforme é possível observar na imagem abaixo.



**Figura 7-** Fundações e pilares em obra (<https://www.riverplaza.pt/final-das-fundacoes/>). 2023

As vigas de fundação ou lintéis de fundação, visam essencialmente assegurar a ligação entre sapatas, para além de suportar a carga das paredes.

Por este motivo são elementos menos exigentes em termos de armadura e quantidade de betão, conforme se pode constatar no pormenor do projeto de Estabilidade da moradia em estudo e apresentado abaixo.



**Figura 8-** Pormenor das fundações (planta estrutural cotada) da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023

Na figura seguinte pode-se observar as especificações dos elementos de fundação da moradia.

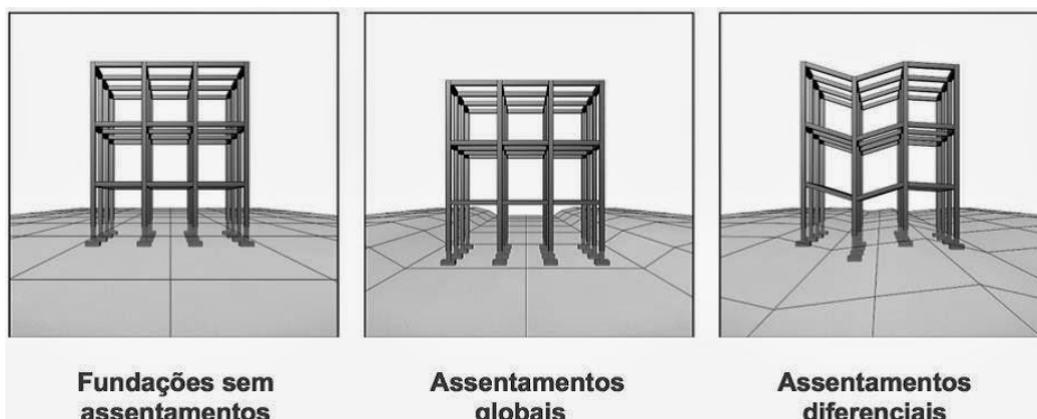
**Tabela 4-** Armadura das fundações da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023

Tabela de vigas lintéis	
40	C.2 Arm. sup.: 2Ø12 Arm. inf.: 2Ø12 Estribos: 1xØ8a/30
50	

QUADRO DE ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO				
Referências	Dimensões (cm)	Altura (cm)	Armadura inf. X	Armadura inf. Y
P12 e P16	120x120	50	8Ø12a/15	8Ø12a/15
(P5-P8)	200x120	50	8Ø12a/15	13Ø12a/15
(P9-P10) e (P13-P14)	310x100	50	6Ø12a/15	20Ø12a/15
(P17-P18-P20-P21)	280x195	40	13Ø12a/15	18Ø12a/15

A solução de ligação dos vários elementos estruturais verticais entre si através das fundações, minimiza o risco de ocorrência de assentamentos, nomeadamente os

diferenciais, graças à aproximação a um comportamento monolítico, conforme imagem seguinte.



**Figura 9-** assentamentos em fundações; O Estudante – blog de Engenharia Civil, Cortesão, J. (2014) ([https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes\\_18.html](https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes_18.html))

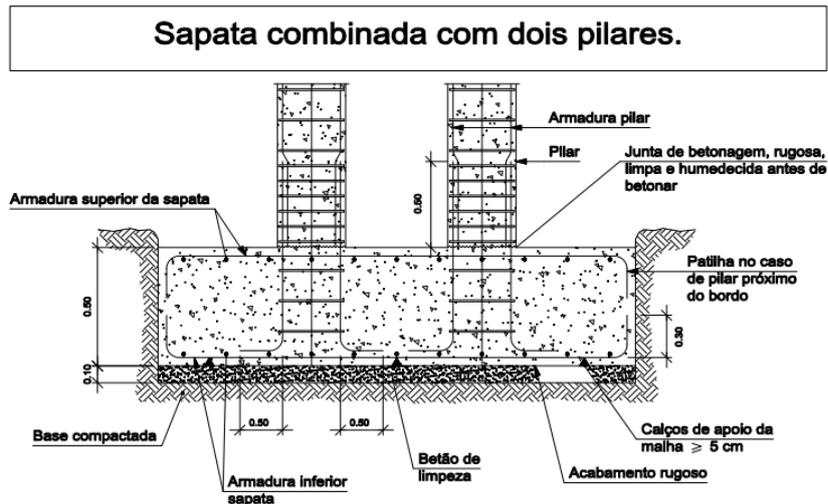
A área e profundidade de cada fundação depende de vários fatores, nomeadamente os seguintes (Martinho, 2017):

- Características e propriedades mecânicas do solo (prospecção geotécnica)
- Cargas a transmitir ao terreno
- Assentamentos admissíveis
- Posição do lençol freático
- Possibilidade de circulação de equipamentos
- Edificações na vizinhança
- Custo

Depois de implantadas as fundações em obra e abertos os caboucos, sugere-se a boa prática de aplicar uma tela de impermeabilização (por exemplo PVC) e de aplicar betão de limpeza como forma de regularizar o fundo de caixa, mitigar alguma ascensão de humidades e promover que as armaduras se mantenham limpas antes da betonagem.

Nesta fase as armaduras dos pilares que irão suportar os elementos horizontais do piso superior são também aplicadas no seu respetivo local para serem betonados *in-situ* em conjunto com as fundações.

A imagem seguinte apresenta o pormenor construtivo de uma sapata com dois pilares.



**Figura 10-** Pormenor construtivo de pilares da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.

De seguida é possível observar a superestrutura em betão de um edifício de 2 pisos, antes da construção da alvenaria. No 2º piso é possível ainda verificar os escoramentos dos moldes de cofragem dos elementos horizontais (vulgarmente denominada de elementos de cofragem de madeira ou metálicos), conforme é possível observar na figura infra (Leite, 2015).



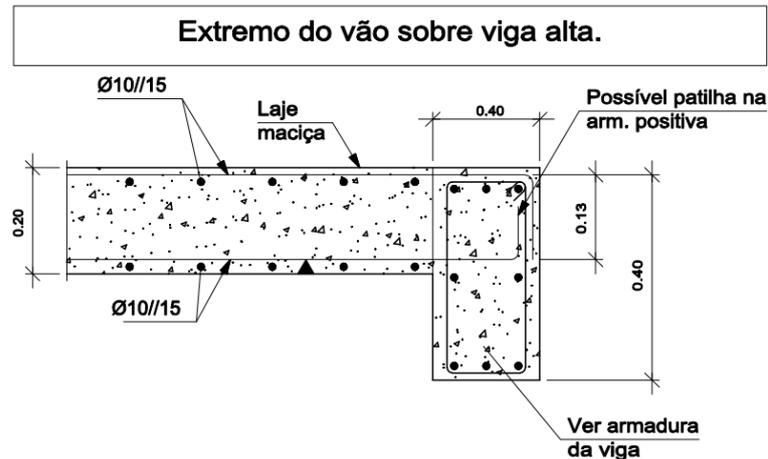
**Figura 11-** Superestrutura de moradia (<https://casavivaobras.pt/portfolio-de-obras-realizadas/construcao-de-moradia-sintra-18/execucao-de-estrutura-da-nova-moradia-estrutura-de-betao-armado-1015>). (2020)

As paredes devem ser construídas no final da execução da superestrutura, preenchendo os vãos entre os elementos verticais e horizontais.

Finalmente são executados os elementos horizontais, nomeadamente as vigas e lajes, sendo os mesmos betonados *in-situ* com auxílio de moldes montados manualmente e escoramento ao solo ou à laje inferior.

Esta sequência (pilares, paredes, vigas e lajes) é realizada em cada piso até a estrutura estar finalizada (Leite, 2015).

Nas imagens infra é possível observar um pormenor de projeto com a integração de uma viga numa laje, assim como as imagens da preparação de uma viga para betonagem.



**Figura 12-** Pormenor construtivo de viga da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023.

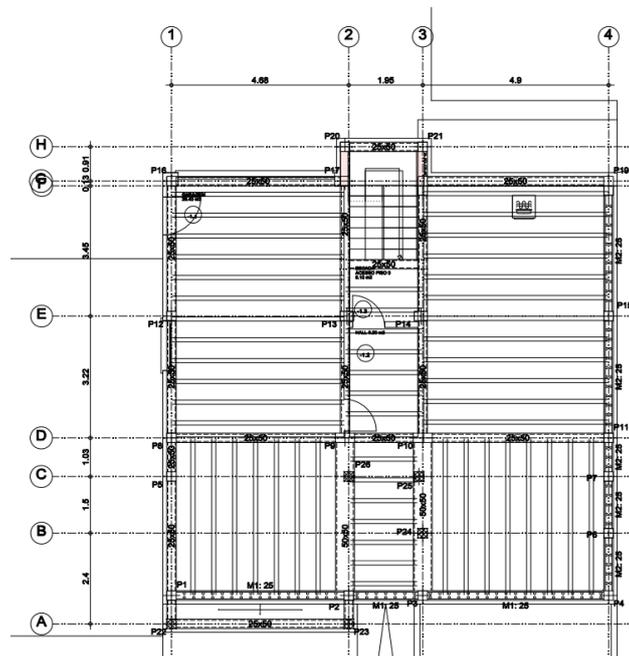


**Figura 13-** Preparação dos trabalhos de betonagem de vigas – perspetiva superior.

(<https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/>). (2020)

As lajes tipicamente podem ser maciças ou aligeiradas, sendo mais comum esta última variante em edifícios de menor dimensão, como no caso das moradias, e em casos em que as consolas e os vãos a vencer não são exagerados.

Esse é o caso da solução adotada para o projeto em estudo no presente trabalho e cuja planta estrutural é possível observar na figura abaixo.



**Figura 14-** Planta estrutural cotada da laje de teto do piso 1 da moradia de Christopher Laboe. Autoria de Pedro Mortal. 2023

A laje maciça é constituída por uma camada em betão armado cuja espessura depende das cargas a que estará sujeita e ao vão que pretende vencer, enquanto que a solução de laje aligeirada é frequentemente constituída por vigas pré-esforçadas e elementos em abobadilha, sobrepostos por uma armadura de aço e cobertos por uma lâmina de compressão em betão com 4 a 5 cm de espessura. Na figura abaixo é possível observar uma laje de piso que utiliza as duas soluções: laje aligeirada no corpo direito e maciça na restante superfície.



**Figura 15-** Trabalhos de preparação de laje maciça e aligeirada.

(<https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/>). 2020

Na figura abaixo é possível observar o escoramento de uma laje maciça.



**Figura 16-** Trabalhos de preparação de laje maciça e aligeirada – perspetiva inferior  
(<https://casadoscatitos.com/pt/blog/2020/07/10/segunda-laje/>). (2020)

O REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado), no seu artigo 153º, quadro XVIII, estipula o prazo mínimo para desmoldagem e descimbramento dos elementos estruturais dos vários elementos estruturais de betão, conforme se pode verificar.

Moldes e escoramentos	Tipo de elemento		Prazo (dias)
Moldes de faces laterais	Vigas, pilares, paredes		3 <sup>(1)</sup>
Moldes de faces inferiores	Lajes <sup>(3)</sup>	$l \leq 6$ m	7
		$l > 6$ m	14
	Vigas		14
Escoramentos	Lajes <sup>(3)</sup>	$l \leq 6$ m	14 <sup>(2)</sup>
		$l > 6$ m	21 <sup>(2)</sup>
	Vigas		21 <sup>(2)</sup>

**Tabela 5-** Quadro XVIII do REBAP – Decreto-Lei 349 de 30 de Julho – Diário da República n.º 174/1983, 7º Suplemento, Série I (1983)

Para além dos equipamentos de movimentação de terras, concorrem para estes trabalhos de estrutura um conjunto de recursos, tais como pessoas (pedreiro, servente, carpinteiro / cofrador, armador de ferro) e equipamentos e materiais (painéis de cofragem, prumos de

escoramento metálicos, andaime, mesa de armação de ferro, auto-betoneira, bomba de betão, vibrador e talocha mecânica).

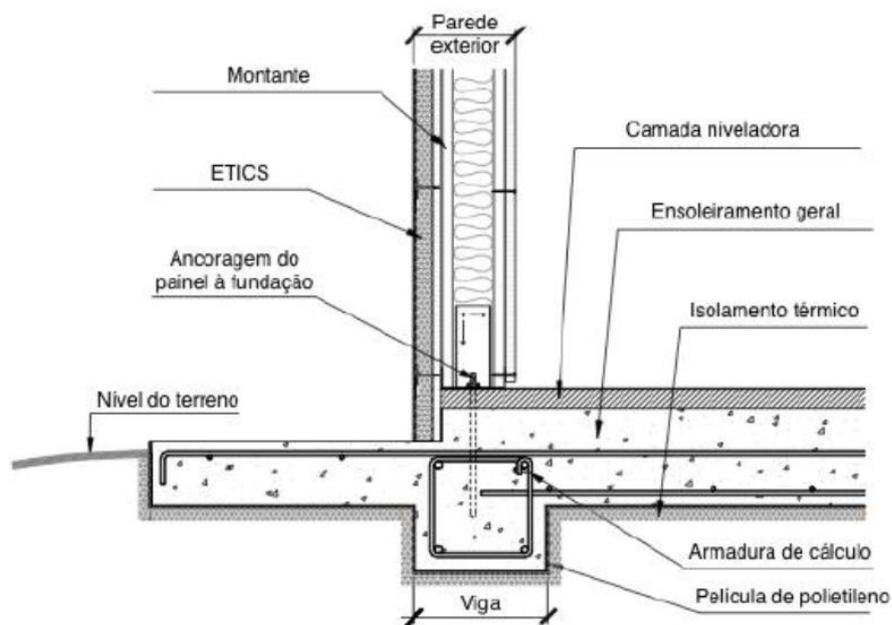
### Método LSF

As fundações de uma estrutura em LSF devem ser em betão armado para melhor responder às exigências estruturais.

Recomenda-se que seja efetuado um ensoleiramento geral para servir de suporte às paredes e para evitar assentamentos parciais da estrutura (Andrade, 2016).

Outra solução de fundação, menos utilizada, poderá ser a viga ou lintel de fundação que servirá de base a muretes ou pequenas paredes estruturais que, por sua vez servirão de suporte à laje térrea construída já em LSF.

Na imagem infra pode-se observar a laje de fundação e a ligação da parede à mesma através de ancoragens.

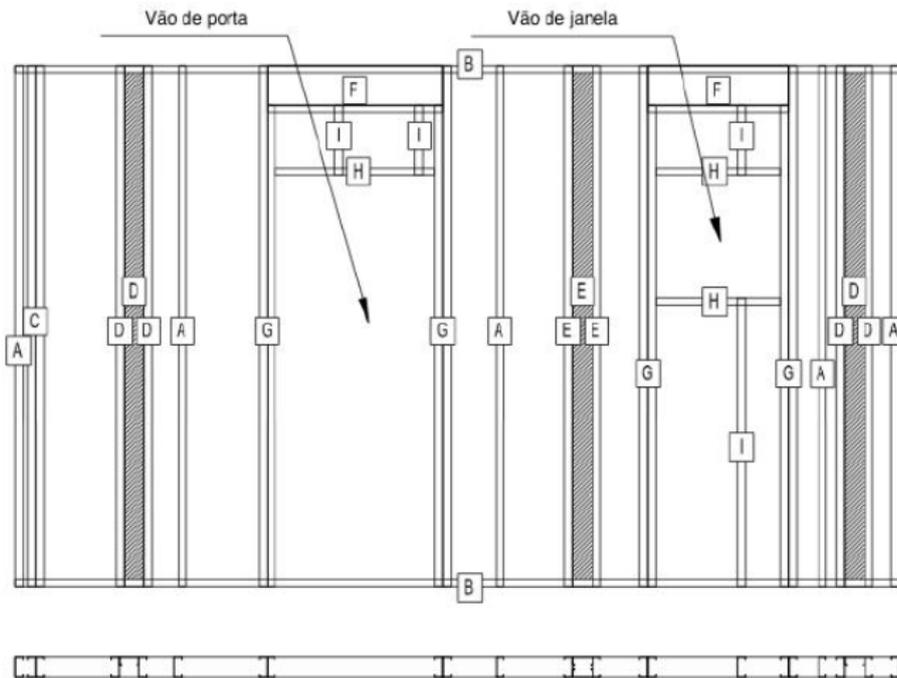


**Figura 17-** Representação de ensoleiramento geral. Andrade, R. 2016.

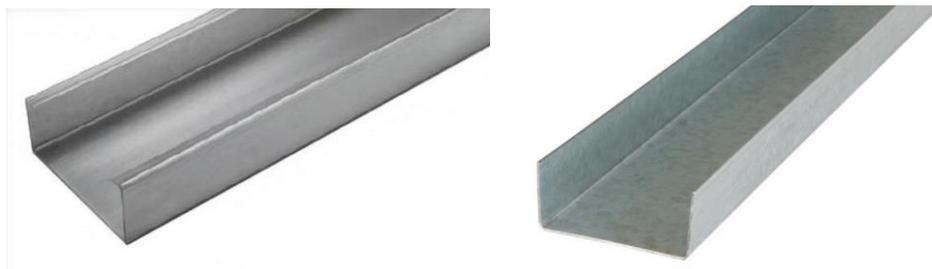
Conforme referido anteriormente, todos os painéis de uma construção LSF são estruturais e criados para que resistam a uma porção da carga total do edifício.

Os perfis das paredes são constituídas por dois elementos fundamentais (Andrade, 2016):

- os montantes (perfis C aplicados na vertical entre as guias superior e inferior), identificados pela letra A na imagem seguinte;
- as guias (perfis em U que servem para ligar os montantes nos extremos superior e inferior), identificadas pela letra B na imagem seguinte.



**Figura 18-** Alçado e respetivo corte do painel estrutural em aço leve. Andrade, R. 2016.



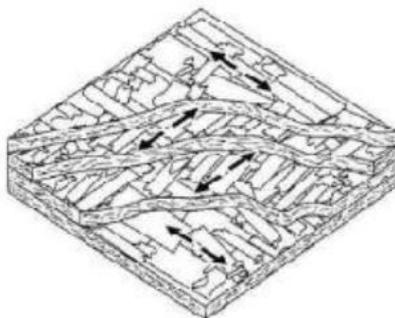
**Figura 19-** Exemplos de perfis metálicos em aço galvanizado C (à esquerda) e U (à direita), para LSF.

[www.topeca.pt](http://www.topeca.pt). 2023

A estabilidade das paredes é assegurada por elementos de contraventamento como perfis metálicos diagonais e painéis em OSB (tipicamente aplicados na face exterior), metálicos ou em gesso cartonado (normalmente aplicados no interior).

As placas OSB podem ser aplicadas nas duas faces, uma vez que oferecem garantias de melhor resistência na ligação à estrutura metálica, comparativamente com o gesso cartonado (Andrade, 2016).

O modo de produção das placas OSB assenta na aplicação de partículas de madeira colada e orientada em diferentes direções, em múltiplas camadas e prensadas posteriormente, conforme figura infra.



**Figura 20-** Pormenor de camadas de placa OSB. Andrade, R. 2016

Este processo permite obter um produto final com características mecânicas equivalentes à madeira maciça. Na imagem infra é possível observar o revestimento exterior da estrutura metálica com placas OSB.



**Figura 21-** Revestimento exterior de estrutura LSF com placas OSB. Bastos., R. 2014

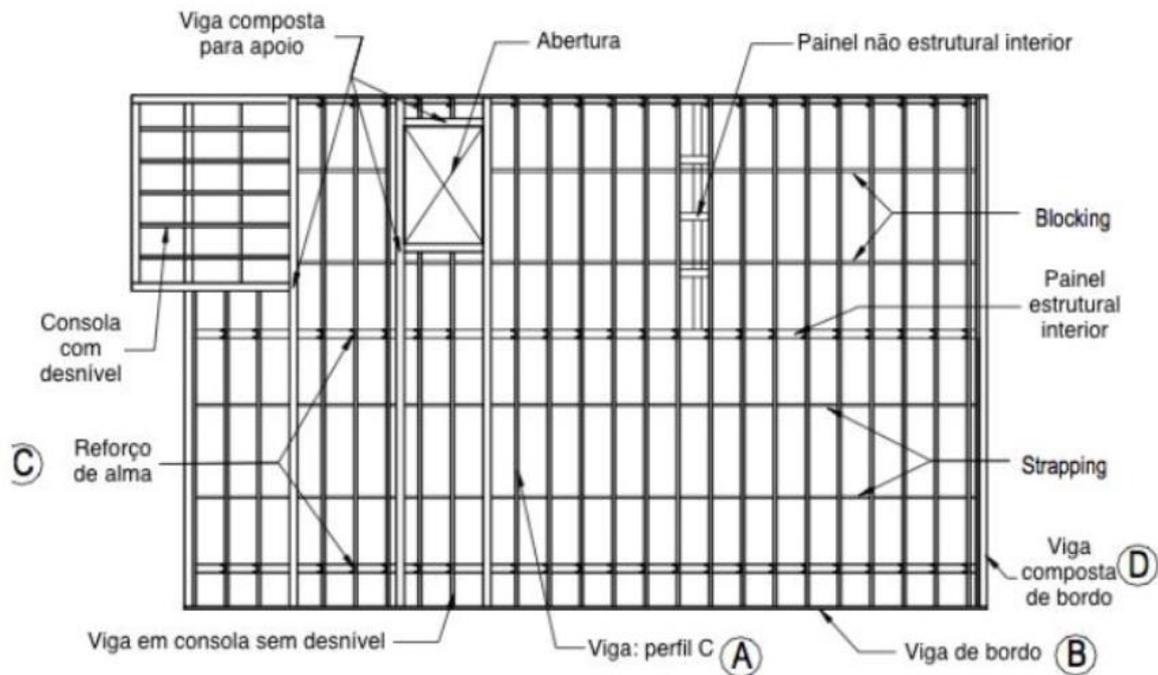
No que concerne às lajes, estas seguem o mesmo conceito das paredes, nomeadamente a separação equidistante dos elementos estruturais entre si.

As vigas de laje são perfis com secção C, idênticos às dos montantes e têm como principal propósito o apoio para o contrapiso, conforme figura infra (Bastos, 2014).

Os elementos estruturais que constituem uma laje, conforme figura abaixo, são os seguintes (Andrade, 2016):

- Viga composta por perfil C
- Guia (perfil em U que une as vigas na sua extremidade)
- Reforço de alma – perfil C disposto na vertical

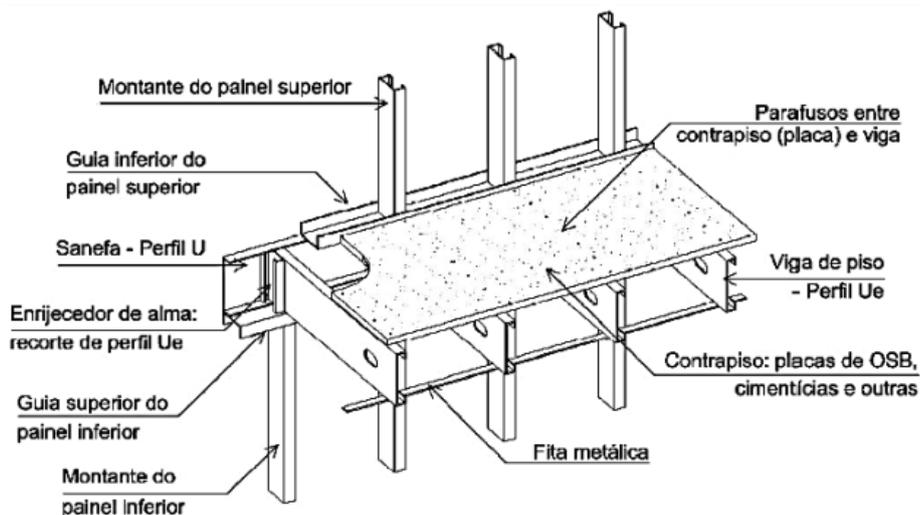
- *Strapping* e *Blocking* que permitem o travamento das vigas de laje



**Figura 22-** Planta dos elementos estruturais de laje, em LSF. Andrade, R. 2016

A laje de uma estrutura LSF pode ser de dois tipos, formando em ambos os casos um diafragma rígido horizontal, conforme imagens infra (Andrade, 2016):

- Tipo seca: utiliza placas rígidas, normalmente em OSB, cimentícias ou placas compostas (cimentícia e OSB ou cimentícia e EPS) como contrapiso
- Tipo húmida: também designada “colaborante”, é executada a partir de formas de chapa de aço onduladas aparafusadas às vigas, preenchidas com uma camada de painel de lã de vidro compactada, manta de polietileno, armadura e betão



**Figura 23-** Laje de piso tipo seca. Bastos, R. 2014

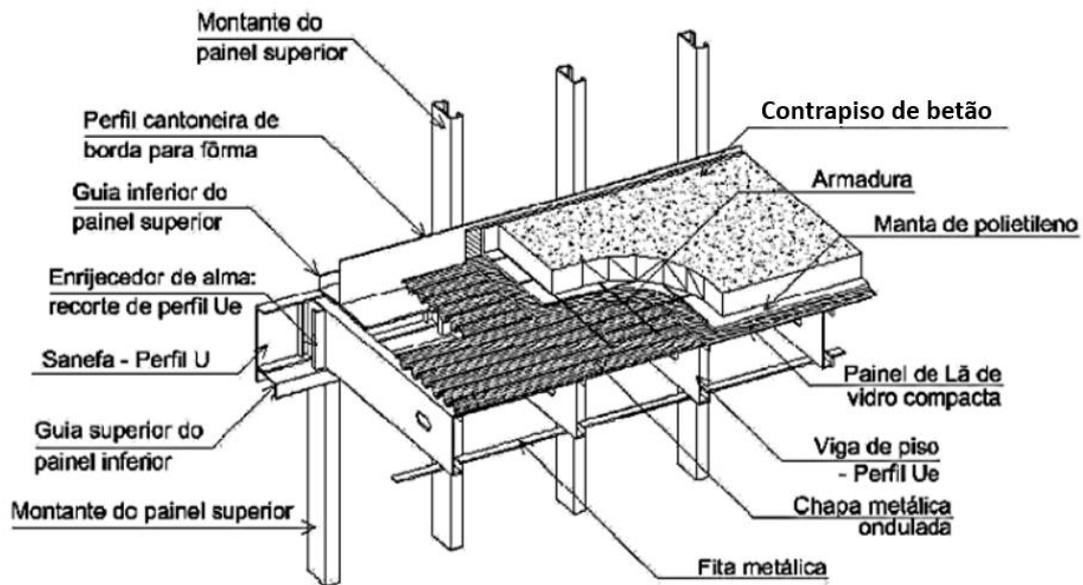


Figura 24- Laje de piso tipo húmida. Bastos, R. 2014

### Woodframe

O método Woodframe, à semelhança do LSF e do sistema Fractus (descrito mais adiante), resulta numa construção com consideravelmente menos massa e, por conseguinte, menos peso próprio que o método tradicional. Este facto repercute-se nos elementos estruturais e, como não poderia deixar de ser, nas fundações, que serão projetadas para suportar menos cargas.

A título de exemplo, compararam-se 2 paredes com a mesma dimensão mas construídas com base em dois métodos diferentes: Woodframe e Tradicional.

Os resultados foram os seguintes (Correia, 2015):

- Peso total da Parede de Woodframe = 521,045 kg (parede exterior com revestimento a pinho tratado, painéis OSB, ETICS e lã de rocha)
- Peso total da Parede de betão e alvenaria = 3.635,45 kg (parede com estrutura de betão, tijolo cerâmico, furado, revestimento de reboco e XPS)

Com base nestes elementos conclui-se que neste caso a parede de madeira tem uma massa que representa apenas 14% da parede de betão e alvenaria. Esta diferença, não apenas se reflete em fundações mais aligeiradas como em probabilidades mais reduzidas de assentamentos da estrutura e conseqüente surgimento de fissuras.

Posto isto, as soluções para fundação utilizadas por este método são idênticas às que são utilizadas para o LSF, tendo em conta o peso próprio equiparado das duas soluções e a preocupação comum em mitigar a ascensão de humidade e as pontes térmicas: laje de ensoleiramento ou vigas de fundação com parede estrutural de suporte de laje térrea em betão ou alvenaria de blocos de betão. As imagens seguintes mostram um exemplo de laje de ensoleiramento devidamente isolada.



**Figura 25-** Pormenores de fundações de empreitadas da empresa Santoboís. Santoboís. 2023

Todos os elementos do método Woodframe são estruturais, nomeadamente as paredes e lajes, compostos por ripas, barrotes e vigas de madeira, cortados em obra e conectados através de pregos e conectores metálicos ou pré-fabricados e simplesmente assemblados em obra (esta é a solução mais corrente na atualidade). A estrutura em madeira é então revestida com placas de contraplacado ou placas OSB, o que constitui um revestimento estrutural, especialmente nas paredes de resistência lateral, ou *shear walls* (Futureng, 2023).

Este comportamento monolítico que é conferido à estrutura, permite-lhe garantir um bom desempenho resistente face às cargas verticais e horizontais a que poderá estar sujeito, nomeadamente ventos e sismos.

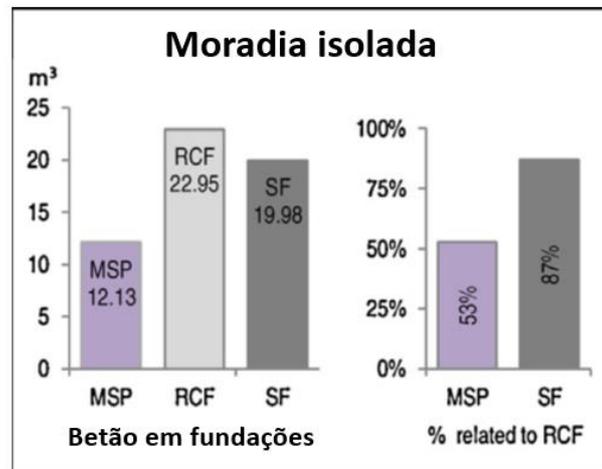
### **Sistema Baupanel®**

Este método construtivo equipara-se, em termos estruturais, aos restantes métodos alternativos aqui em análise, ou seja, todos os elementos (paredes e lajes) são portantes e, como tal, com função estrutural.

As soluções de fundações a aplicar em obra são equiparáveis às dos dois métodos anteriores: vigas ou lintéis de fundação e laje de fundação ou de ensoleiramento.

Estas soluções são coerentes com o comportamento monolítico da estrutura.

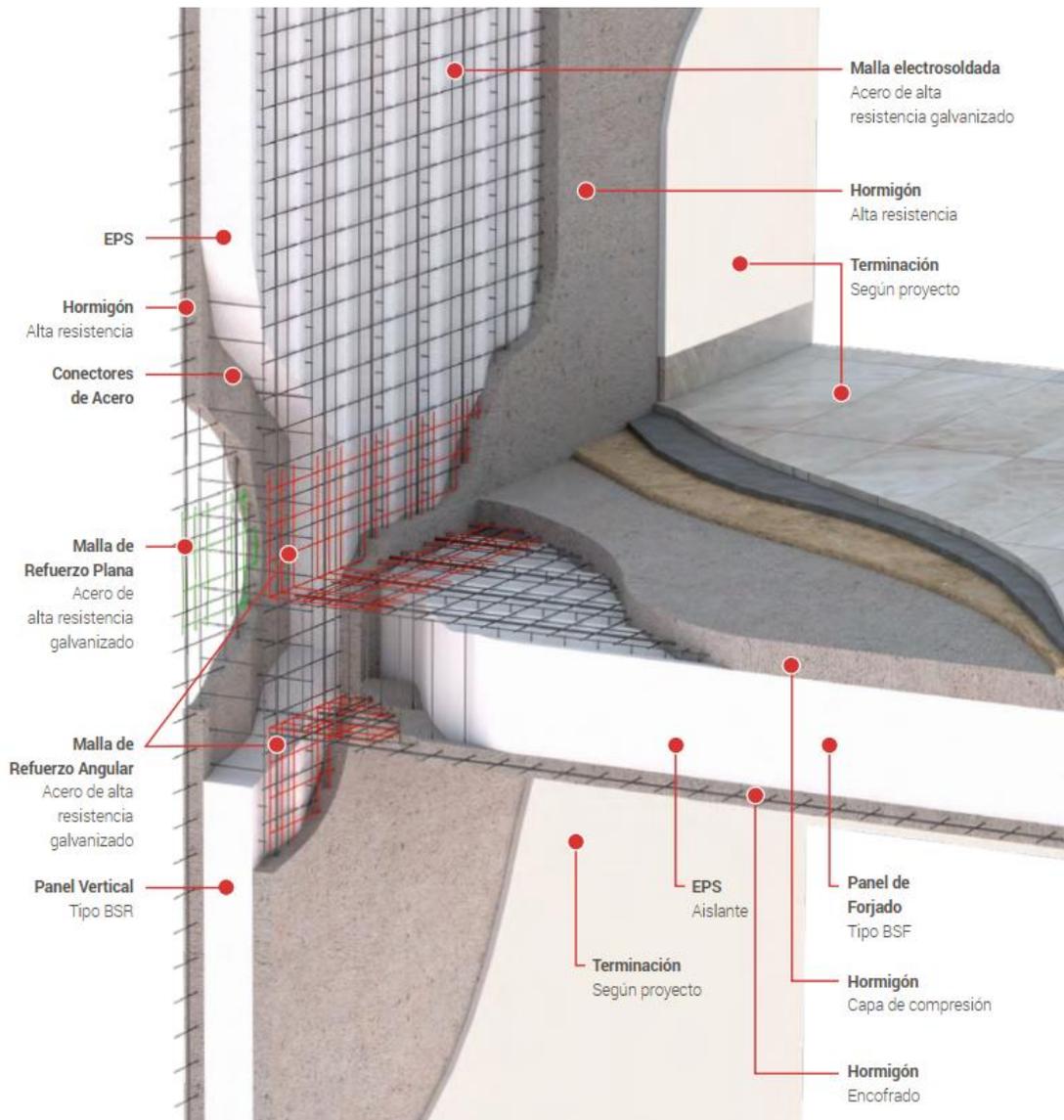
No gráfico seguinte pode-se observar a quantidade de betão aplicada na moradia de Gavarda (Pérez-Garcia, 2014).



**Gráfico 6-** Betão armado necessário para fundações por moradia- artigo científico MSP (*Multilayer Structural Pannels*), SF (*Steel Frames*), RCF (*Reinforced concrete Frames*) - cortesia Buildity. Pérez-Garcia. 2014

Analisando os valores apurados, depreende-se que a moradia projetada no Sistema Baupanel® necessita apenas de 53% do betão a aplicar nas fundações do sistema tradicional. Esta evidência é consequência de uma massa inferior à da solução tradicional e também do facto dos elementos estruturais verticais não se concentrarem em pontos localizados como os pilares, mas em elementos de continuidade como as paredes.

Na imagem seguinte apresenta-se o pormenor construtivo da ligação parede – laje e o detalhe dos componentes de cada um destes elementos.



**Figura 26-** Identificação dos vários componentes do sistema Baupanel® – parede e laje. Baupanel® System. 2023

Cada painel é constituído por uma armadura tridimensional em aço, composta por duas malhas planas interligadas por várias barras perpendiculares. O espaço entre as malhas de aço é destinado à placa isolante que poderá ter diferentes características e espessuras, conforme as exigências de projeto. Este conjunto é produzido em ambiente de fábrica e é posteriormente aplicado em obra e completado com a aplicação de uma camada de microbetão em cada uma das faces, por projeção pneumática ou por despejo em cofragem (no caso das lajes).

No que às paredes diz respeito, são acoplados aos painéis armados verticais, varões de aço nervurado, formando uma malha, cuja espessura e espaçamento é determinado pelo

dimensionamento estrutural de projeto. Posteriormente é projetada uma camada de 4 cm de microbetão em ambas as faces dos painéis, conforme exemplo abaixo.



**Figura 27-** Exemplo de paredes em fase de projeção de microbetão. Baupanel® System. 2023

Quanto às lajes, é feito um molde com escoramento inferior, à semelhança do método tradicional e são aplicados os painéis Baupanel® com espaçadores, com as dimensões e reforços de aço definidos em projeto. Posteriormente é despejado o betão de modo a assegurar uma camada inferior e outra superior com as dimensões definidas nas tabelas infra. A espessura mais comum é de 4 cm na lâmina inferior e 6 na lâmina de compressão ou superior.



**Figura 28-** Exemplo de preparação de laje para betonagem. Baupanel® System. 2023

Ao garantir a conexão dos painéis de forma monolítica, de acordo com a disposição das paredes e pavimentos sem a interposição de juntas de qualquer tipo de diferentes materiais (ver figura supra), é criada uma estrutura tridimensional de betão armado que permite uma

grande liberdade arquitetônica, como formas arredondadas e grandes consolas, conforme se pode observar nos exemplos abaixo (Buildity, 2023).



**Figura 29-** Alguns exemplos de aplicações em edifícios. Buildity e Baupanel® System. 2023.

**Nas tabelas seguintes constam as dimensões e características para os painéis horizontais e verticais.**

**Tabela 6-** Especificações técnicas dos painéis verticais (paredes). Baupanel® System. 2023

Ref.	Espesor EPS mm	Ø Malla Refuerzo	Ø Conectores mm	Espesor medio hormigón mm	Espesor panel terminado mm	Peso total panel terminado Kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento mínimo a Ruido Aéreo dB(A)	Transmitancia Térmica (W/m <sup>2</sup> K)
<b>BSR 30</b>	30	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	112	177	40,5	0,942
<b>BSR 40</b>	40	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	122	177	40,6	0,754
<b>BSR 50</b>	50	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	132	177	40,6	0,629
<b>BSR 60</b>	60	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	142	177	40,6	0,539
<b>BSR 70</b>	70	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	152	178	40,6	0,472
<b>BSR 80</b>	80	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	162	178	40,6	0,420
<b>BSR 90</b>	90	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	172	178	40,6	0,378
<b>BSR 100</b>	100	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	182	178	40,7	0,343
<b>BSR 110</b>	110	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	192	178	40,7	0,315
<b>BSR 125</b>	125	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	207	178	40,7	0,280
<b>BSR 140</b>	140	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	222	179	40,7	0,252
<b>BSR 165</b>	165	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	247	179	40,7	0,216
<b>BSR 200</b>	200	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	282	180	40,8	0,180
<b>BSR 250</b>	250	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	332	181	40,9	0,145
<b>BSR 330</b>	330	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	41 + 41	412	182	41,0	0,111

**Tabela 7-** Especificações técnicas dos painéis horizontais (lajes). Baupanel® System. 2023

Ref.	Espesor Poliestireno mm	Ø Malla Refuerzo	Ø Conectores mm	Espesor medio hormigón mm	Espesor panel terminado mm	Peso total panel terminado Kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento mínimo a Ruido Aéreo dB(A)	Transmitancia Térmica (W/m <sup>2</sup> K)
<b>BSF 30</b>	30	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	132	231	44,8	0,980
<b>BSF 40</b>	40	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	142	231	44,8	0,778
<b>BSF 50</b>	50	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	152	231	44,8	0,646
<b>BSF 60</b>	60	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	162	232	44,8	0,551
<b>BSF 70</b>	70	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	172	232	44,8	0,481
<b>BSF 80</b>	80	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	182	232	44,8	0,427
<b>BSF 90</b>	90	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	192	232	44,9	0,384
<b>BSF 100</b>	100	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	202	232	44,9	0,348
<b>BSF 110</b>	110	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	212	233	44,9	0,319
<b>BSF 125</b>	125	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	227	233	44,9	0,283
<b>BSF 140</b>	140	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	242	233	44,9	0,255
<b>BSF 165</b>	165	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	267	233	44,9	0,218
<b>BSF 200</b>	200	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	302	234	45,0	0,181
<b>BSF 250</b>	250	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	61 + 41	352	235	45,0	0,146
<b>BSF 330</b>	330	15 Ø2,5 + 6 Ø5	3,00	71 + 41	442	259	46,6	0,112

## Sistema Fractus

Apesar dos painéis deste sistema estarem pensados desde a sua génese para ter a característica estrutural, o que é facto é que até agora não existe uma certificação ou ensaio que comprove o cumprimento dos requisitos nacionais ou europeus para esse atributo.

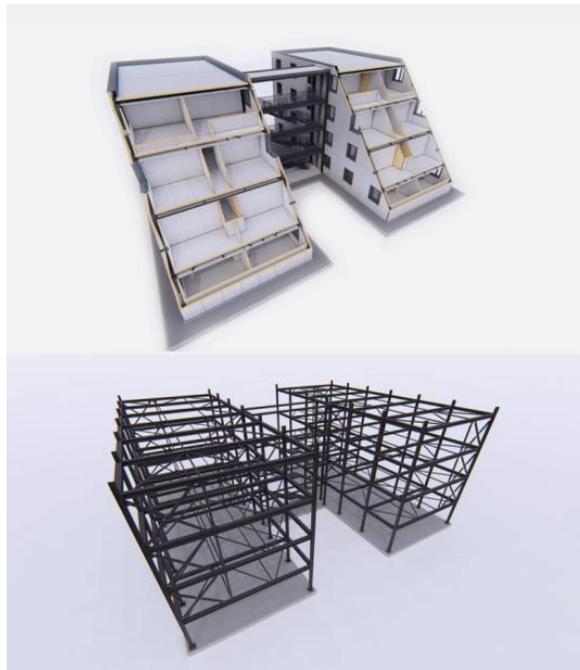
Na realidade os painéis têm um desempenho resistente muito interessante (especialmente se utilizadas placas OSB, placas de óxido de magnésio ou placas cimentícias, vulgarmente designadas “Viroc”), no entanto essa resistência estrutural não é considerada para efeitos do dimensionamento estrutural do edifício.

Desta forma, a capacidade resistente estrutural é conferida por perfis metálicos laminados a quente ou por elementos estruturais de *Glulam* (madeira lamelada colada), consoante a volumetria do edifício e dimensionamento estrutural de projeto.

Assim sendo, exceção feita a edifícios de muito pequena dimensão e com vãos livres não superiores a 3 metros, onde é utilizada a solução da madeira, a estrutura metálica é o método utilizado, por excelência.

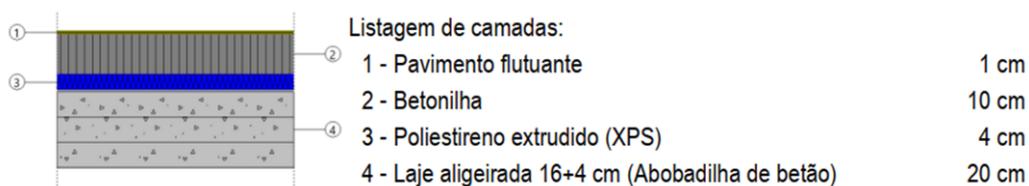
No que às fundações diz respeito, são realizadas sapatas de fundação para receber os pilares e todas as cargas que através destes a estrutura descarrega no solo, ligados por lintéis ou vigas de fundação.

A restante estrutura é assegurada por pilares e vigas em perfis metálicos (ver figura infra) e lajes cuja composição varia consoante a sua posição.



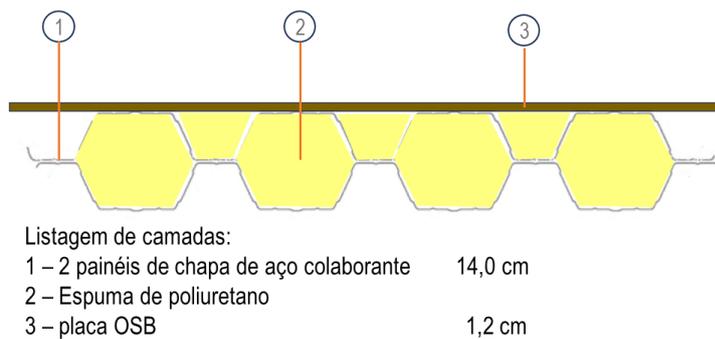
**Figura 30-** Imagem 3D de elementos estruturais e perspectiva arquitetónica de interior de edifício com sistema Fractus. Fractus. 2023

As lajes térreas são aligeiradas com vigas pré-fabricadas em betão armado, assentes nas vigas de fundação e abobadilhas. A figura infra descreve as camadas de uma laje deste tipo, tipificada para moradia unifamiliar.

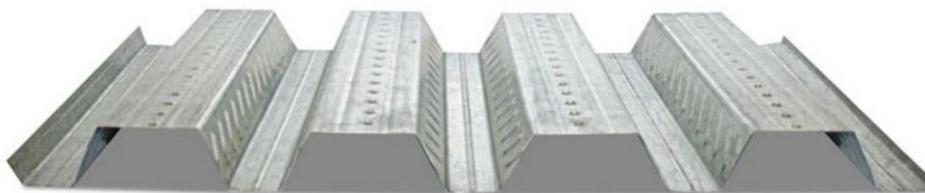


**Figura 31-** Perfil de laje térrea utilizada em projeto de moradia unifamiliar. Fractus. 2023

No que concerne às lajes de piso estas são constituídas por chapas metálicas colaborantes que consistem na utilização de dois moldes de cofragem perdida de chapa de aço, onduladas e sobrepostas inversamente, de modo a criar um efeito de favo de mel resistente e preenchidas com poliuretano com a densidade de  $40 \text{ kg/m}^2$ , conforme imagem infra. Na face superior é aplicada uma placa OSB (Fractus, 2023).



**Figura 32-** Corte de laje estrutural de piso utilizada em projeto de moradia unifamiliar. Fractus. 2023



**Figura 33 -** Exemplo de perfil de chapa de aço para molde de laje. [www.perfilnorte.pt](http://www.perfilnorte.pt). 2023

Esta solução de laje colaborante Fractus, apesar de não se encontrar homologada, garante, segundo a empresa, os requisitos de segurança de resistência à compressão, resistência à flexão e isolamento térmico e acústico.

Segundo a empresa, foi efetuado um ensaio à flexão numa laje com 90 cm de largura e 400 cm de comprimento, simplesmente apoiada, em que foi aplicada uma carga concentrada de 3.000 kg a meio vão. A laje resistiu e não perdeu as suas características de nível de serviço. A empresa criadora deste sistema encontra-se a desenvolver uma solução de painel de laje equiparado aos utilizados para as paredes, no entanto este ainda não tem a homologação necessária para comercialização, que se espera ocorrer em breve.

### 3.3 Paredes, coberturas e pavimentos

#### Tradicional

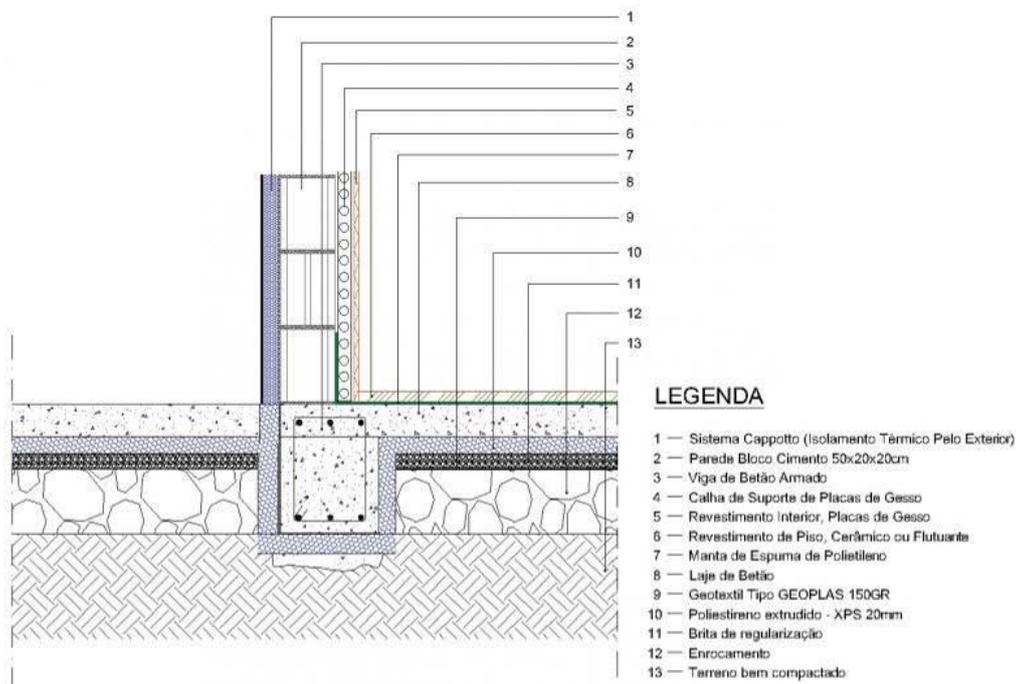
As paredes utilizadas na construção tradicional existente em Portugal desde a década de 60, foram perdendo as suas características estruturais para passarem a ser meramente de confinamento entre elementos estruturais de betão, na direção horizontal e vertical (Faria, 2013).

Tipicamente as paredes eram construídas com elementos cerâmicos, inicialmente com uma parede única com uma espessura entre 20 e 24 cm com aplicação de reboco cimentício no interior e exterior. Esta solução evoluiu a partir da década de 80 para a aplicação de duas paredes de alvenaria com espessuras menores (entre 9 e 15 cm) e afastadas entre si por uma caixa de ar de 3 a 5 cm cuja principal missão seria o isolamento térmico e uma barreira à transmissão da humidade exterior.

Posteriormente esta solução evoluiu para a aplicação de placas de XPS entre 3 e 6 cm entre as paredes de alvenaria, mantendo a caixa de ar, nas melhores práticas construtivas.

Esta solução veio melhorar substancialmente o conforto térmico das habitações.

No virar do século, sobretudo no final da primeira década verificou-se a proliferação da utilização do isolamento térmico pelo exterior, as paredes passaram a ser construídas com um pano simples, conforme figura seguinte.



**Figura 34-** Pormenor construtivo de parede - <https://forumdacasa.com/discussion/40314/pormenor-construtivo-parede/> (2023)

Esta solução observa-se muito regularmente com a utilização de tijolo cerâmico vazado térmico ou de blocos cimentícios com material isolante térmico incorporado, vulgarmente designado por bloco térmico.

As figuras abaixo ilustram os elementos de alvenaria mais utilizados em paredes exteriores de pano simples.



**Figura 35-** Tijolo térmico. Preceram. 2023



**Figura 36-** Artefacto de alvenaria de betão térmico. Artebel. 2023

Dentro destas soluções existe uma multiplicidade de variantes, no entanto a prática corrente assenta no isolamento externo e num pano de alvenaria simples, com revestimento interior e exterior em argamassa cimentícia ou estuque projetado no interior.

Observa-se também, cada vez com mais regularidade, a aplicação de placas de gesso cartonado pelo interior, como solução de regularização da superfície, eliminação do impacto visual de fissuração e melhoria do desempenho térmico e isolamento de humidades (Póvoa, 2012).

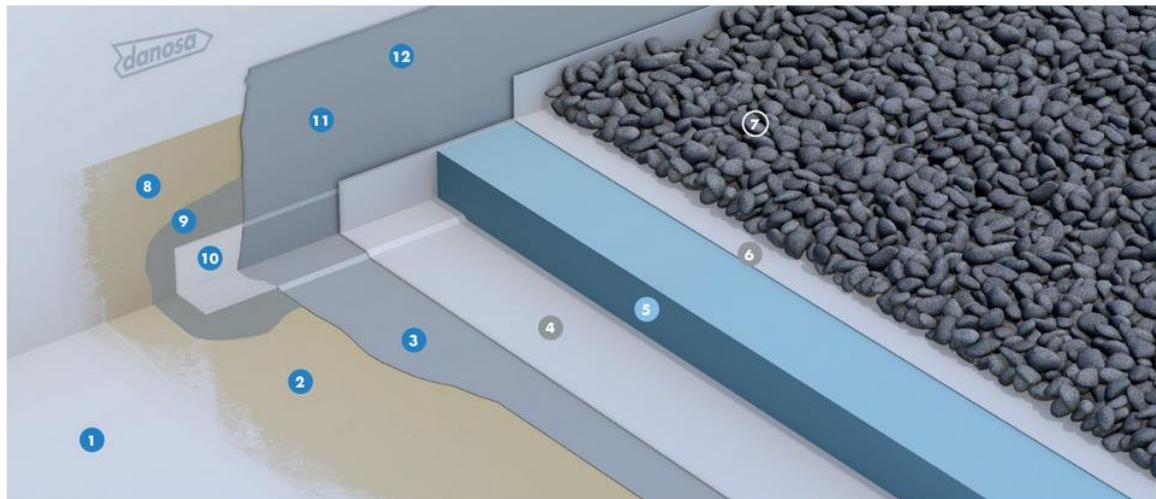
As camadas de pavimento anteriores ao revestimento e acabamento final são normalmente constituídas pela laje e por uma camada de betão leve de enchimento, entre 5 a 6 cm.

A função desta última camada de betão leve é a de regularizar a superfície da laje, preparando-a para a aplicação do acabamento final, assim como acomodar todas as instalações técnicas aplicadas sobre a laje.

Relativamente às coberturas, estas podem ser fundamentalmente de dois tipos:

- Coberturas planas
- Coberturas inclinadas

No caso da cobertura plana, o correto isolamento e impermeabilização da mesma e o encaminhamento das águas para os sumidouros e tubos de queda é essencial, conforme se pode observar no exemplo de pormenor construtivo abaixo.



**Cobertura**

- 1 Suporte de impermeabilização
- 2 Primário epóxi DANOPRIMER® EP
- 3 Membrana impermeabilizante DANOPUR® PT
- 4 Camada separadora geotêxtil DANOFELT® PY 200
- 5 Isolamento térmico DANOPREN® TR
- 6 Camada anti-punçamento geotêxtil DANOFELT® PY 200
- 7 Gravilha

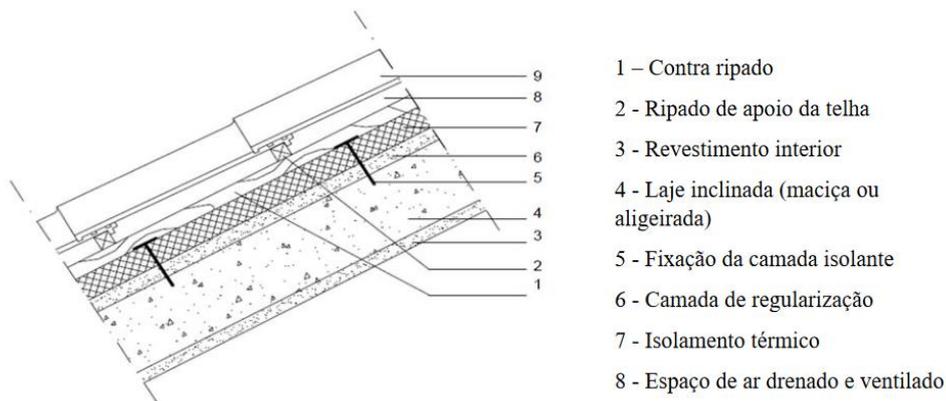
**Perimetral**

- 8 Primário epóxi DANOPRIMER® EP
- 9 Primeira de mão de membrana impermeabilizante DANOPUR® PT
- 10 Banda de reforço de malha de poliéster DANOFLEECE® 50
- 11 Membrana impermeabilizante DANOPUR® PT
- 12 Camada de proteção de raios UV DANOPUR® LT GRIS

**Figura 37-** Exemplo de cobertura plana – acabamento com gravilha. [www.danosa.pt](http://www.danosa.pt), 2023

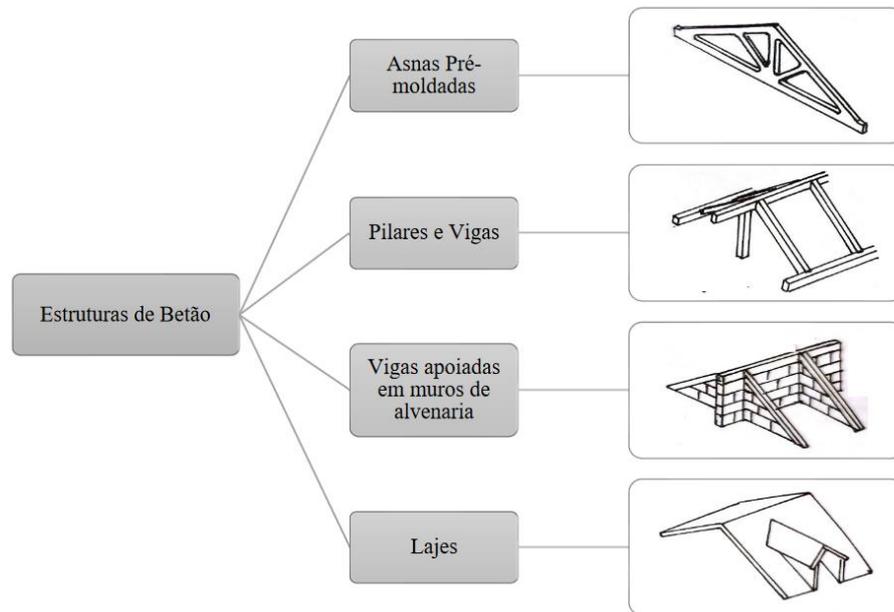
No caso das coberturas inclinadas o revestimento mais utilizado é a tradicional solução da telha cerâmica.

A solução mais popular é o telhado com beirado, revelando-se uma solução muito prática uma vez que através do beirado encaminha as águas diretamente para o exterior, reduzindo a probabilidade de infiltrações para o interior do edifício.



**Figura 38-** Cobertura inclinada com isolamento térmico pelo exterior. Antunes, C. FEUP. 2022

Uma cobertura inclinada num edifício construído pelo método tradicional possui uma variedade de alternativas para suporte do revestimento exterior, tal como na figura infra se pode constatar.

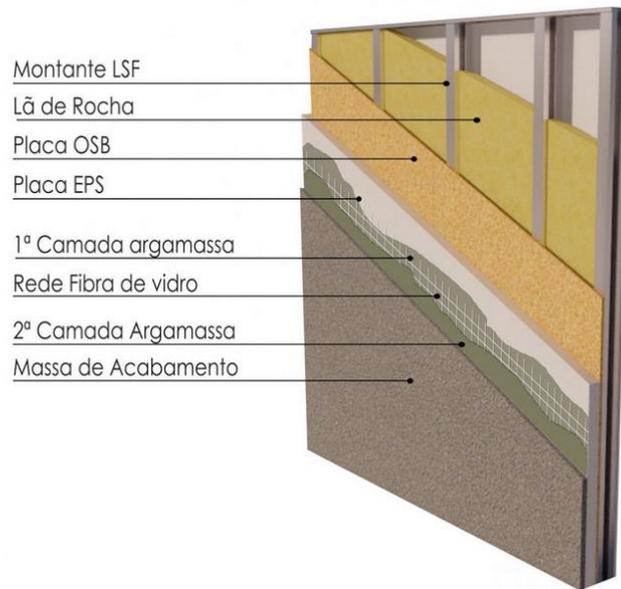


**Figura 39-** Estrutura para suporte do revestimento da cobertura inclinada. Antunes, C. FEUP. 2022

### LSF

As paredes exteriores numa estrutura de LSF são constituídas por várias camadas de materiais que visam garantir a sua resistência estrutural, por um lado, e os requisitos térmico, de impermeabilização e acústico por outro.

A imagem seguinte traduz as várias componentes de uma parede exterior, em particular no que se refere à face exterior desta.



**Figura 40-** Esquema de montagem de parede exterior com o sistema ETICS em estrutura LSF. [www.planos.pt](http://www.planos.pt). 2023

Na face interior normalmente é aplicada uma placa OSB para reforço estrutural, e uma placa de gesso cartonado como suporte para o revestimento de acabamento.

As placas OSB poderão variar entre os 12 e os 15 mm de espessura e podem ser aplicadas isoladamente ou em duplicado, conforme a resistência estrutural que se pretenda conferir ao projeto.

Os painéis LSF podem ser produzidos *in situ* ou produzidos em fábrica, em ambiente controlado, sendo transportados para obra já com o isolamento térmico interior, placas OSB aplicados e infraestruturas passadas no seu interior.

Na imagem seguinte pode-se observar a aplicação de painéis montados *in situ*.



**Figura 41-** Montagem de estrutura LSF. Bastos, R. 2014.

As imagens seguintes permitem observar o aspeto interior e exterior em fase de construção e o aspeto final com a aplicação do último revestimento, quer de parede quer de laje.



**Figura 42-** Revestimentos interiores e exteriores. Bastos, R. 2014

A opção pelo método LSF não limita a solução a adotar para a cobertura, podendo esta ser plana ou inclinada.

A solução de estrutura que suportará o revestimento final, assenta nos mesmos princípios e materiais utilizados para as paredes e lajes secas, conforme detalhado anteriormente.

### **Woodframe**

O termo Woodframe assenta na utilização da madeira como principal material estrutural do sistema, aplicada em perfis montantes de 5 cm de largura.

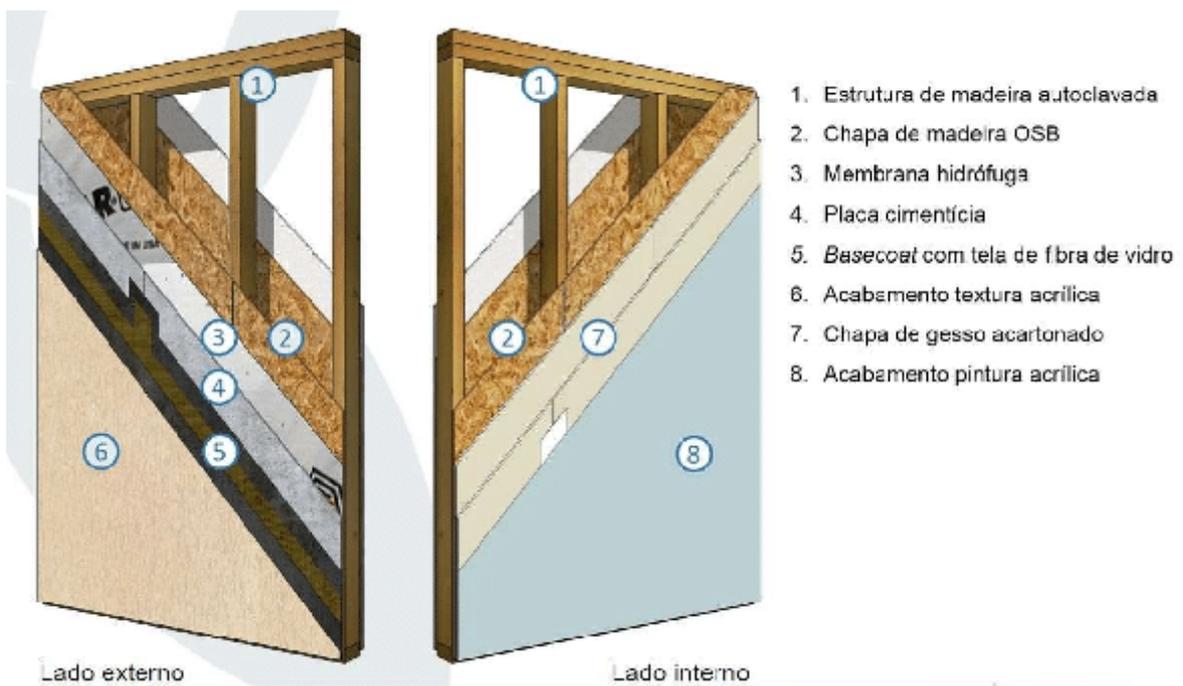
A secção destes perfis pode variar entre os 10 e os 30 cm (Futureng, 2023).

Nas figuras seguintes pode-se observar a produção de uma parede e a montagem em obra.



**Figura 43-** Parede em fábrica e no momento de aplicação. Santobois. 2023

A composição das paredes e das lajes é muito equiparada ao sistema LSF, diferindo apenas no miolo da estrutura, conforme figura infra.



**Figura 44-** Constituição de uma parede no sistema Woodframe. [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-construtivo-em-wood-frame-praticado-pela-Tecverde\\_fig3\\_329428249](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-construtivo-em-wood-frame-praticado-pela-Tecverde_fig3_329428249). 2023

As soluções de composição das paredes existentes no mercado diferem entre si, no entanto as opções recaem sempre sobre uma determinada lógica de camadas e sequência de materiais (do interior para o exterior):

- placa de gesso cartonado ou equivalente (suporte do revestimento de acabamento)

- placa OSB ou equivalente (resistência estrutural)
- estrutura de madeira com lã mineral no interior
- placa OSB ou equivalente (resistência estrutural)
- sistema ETICS

As lajes têm uma composição equiparada à das paredes, exceção feita à camada de ETICS, mantendo no entanto o isolamento térmico e acústico assegurado pela lã de rocha no seu interior.

Quando o dimensionamento estrutural assim o permite, também a placa inferior de OSB é substituída por gesso cartonado.

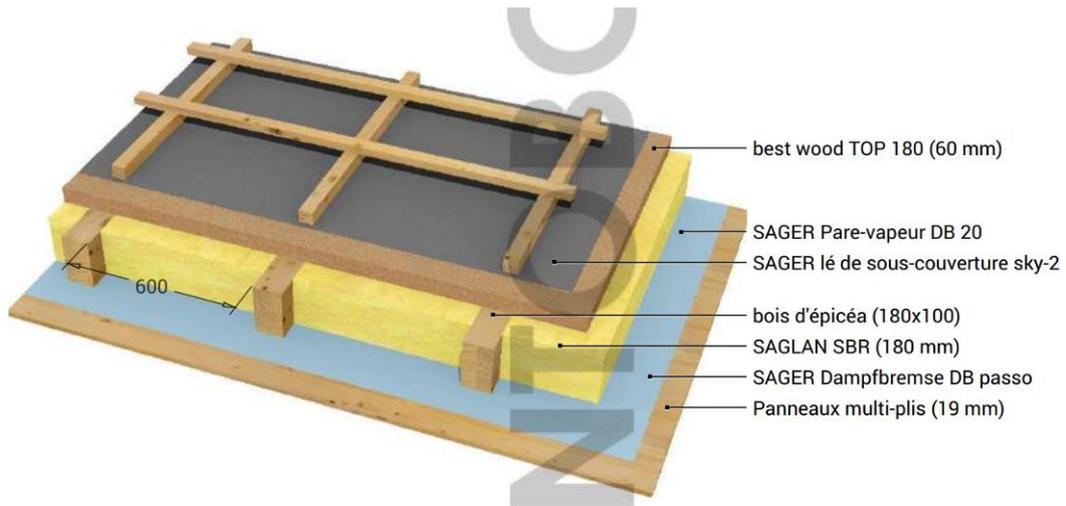
As imagens infra demonstram um exemplo de laje de piso em montagem em obra.



**Figura 45-** Laje de piso em fábrica e no momento de aplicação. Santobois. 2023

Este método não obsta que se possa optar por uma cobertura inclinada ou plana, à semelhança dos métodos anteriores.

No pormenor infra pode-se observar a constituição de uma cobertura inclinada.



**Figura 46-** Pormenor construtivo da cobertura, antes da aplicação de telha. Santobois. 2023

As coberturas planas têm uma estrutura equiparada às lajes de piso, mas com um reforço da espessura do isolamento térmico e requerem os mesmos cuidados de impermeabilização que qualquer outro método exige, como se pode ver no exemplo abaixo.



**Figura 47-** Aplicação de impermeabilização em cobertura plana. Santobois. 2023

### **Sistema Baupanel®**

Este sistema caracteriza-se por uma grande facilidade e rapidez de montagem das paredes, não sendo necessário para tal qualquer equipamento de elevação em obra, uma vez que apenas uma pessoa consegue transportar e manobrar facilmente um painel.

Os painéis de laje apresentam as dimensões de 200x110 cm e os painéis de parede têm 110 cm de largura e a altura depende do projeto. Para um projeto de habitação unifamiliar a altura situa-se entre os 270 e 300 cm (Buildity, 2023).

Para a aplicação correta dos painéis de parede, estes devem ficar confinados em guias verticais de varões de aço nervurado previamente embudados na laje, com um distanciamento de 40 a 60 cm. A aplicação das paredes é depois feita manualmente, encaixando os painéis através de um sistema simples macho-fêmea.

Até à aplicação da laje estes painéis devem ser estabilizados com escoramentos, conforme se pode observar nas figuras abaixo.



**Figura 48-** Sequência de aplicação dos painéis de parede. Buildity. 2023.

Na última imagem à direita é possível observar malhas em PVC aplicadas sobre os vãos, garantindo a ligação dos dois painéis confinantes, de modo a mitigar as fissuras.

Relativamente às coberturas a construir, tal como atrás foi referido, este método caracteriza-se por uma grande versatilidade. Assim sendo, independentemente da opção arquitetónica, a solução construtiva é possível com este método.

Nas imagens infra pode-se ver dois exemplos de cobertura: plana e inclinada.

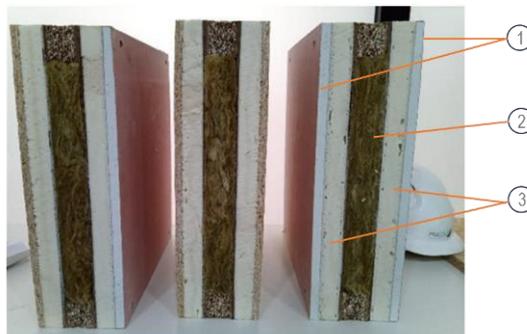


**Figura 49-** Exemplos de moradias com cobertura inclinada e plana. Buildity e Baupanel® System. 2023

### Sistema Fractus

Os painéis de parede Fractus são fabricados pela própria empresa, através de um processo simples que permite conjugar 3 componentes (ver figura abaixo), formando um painel homogéneo e resistente:

- miolo do painel em lã de rocha (há alguns painéis que dispensam este material)
- duas camadas envolventes em poliuretano
- placa rígida nas duas faces, em material diverso, a confinar o isolamento interior



- Listagem de camadas:
- 1 – Placa OSB, gesso ou cimentícia
  - 2 – Lã de rocha
  - 3 - Espuma de poliuretano

**Figura 50-** Composição de painel de parede. Fractus. 2023.

O material das placas é selecionado consoante os painéis sejam interiores ou exteriores, podendo ser conjugados diferentes materiais de origem, conforme aconselhado pelo fabricante na figura seguinte.

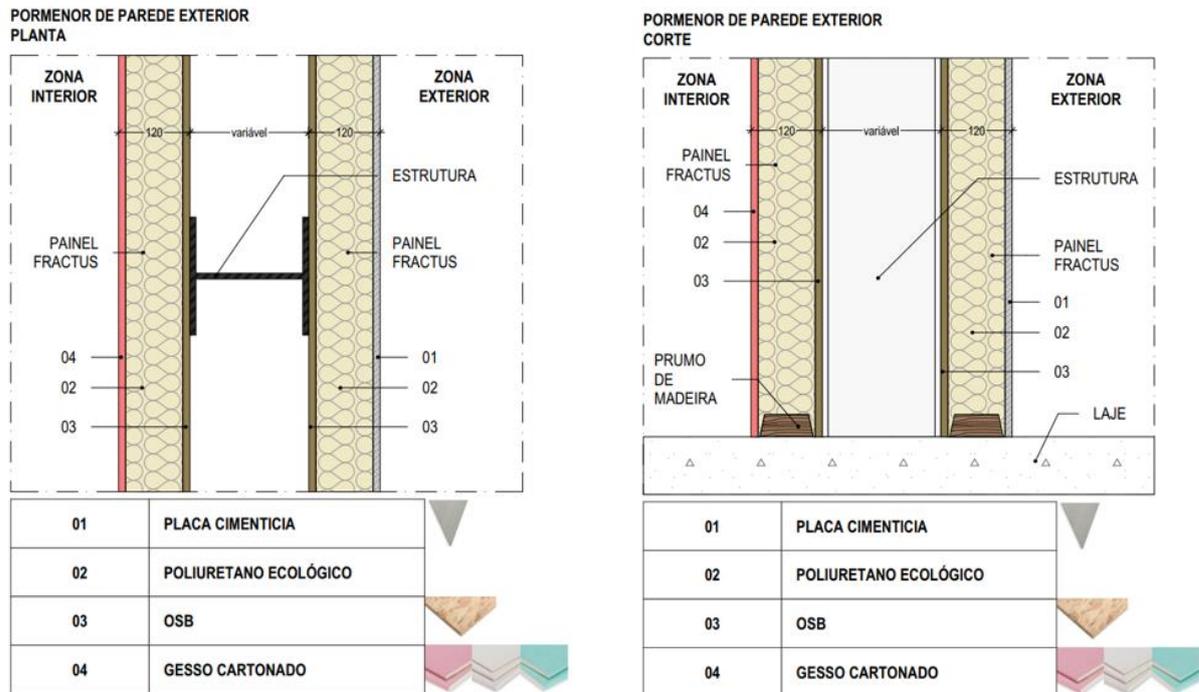


Figura 51- Pormenor de parede exterior. Fractus. 2023.

Os painéis têm uma dimensão standard de 120x250x12,5 cm e 120x300x12,5 cm podendo facilmente serem manobrados por duas pessoas.



Figura 52- Aspeto final dos painéis. Fractus. 2023

Chegando à obra os painéis são aplicados sobre um prumo de madeira previamente fixado à laje e conectados entre si graças ao encaixe macho-fêmea existente.

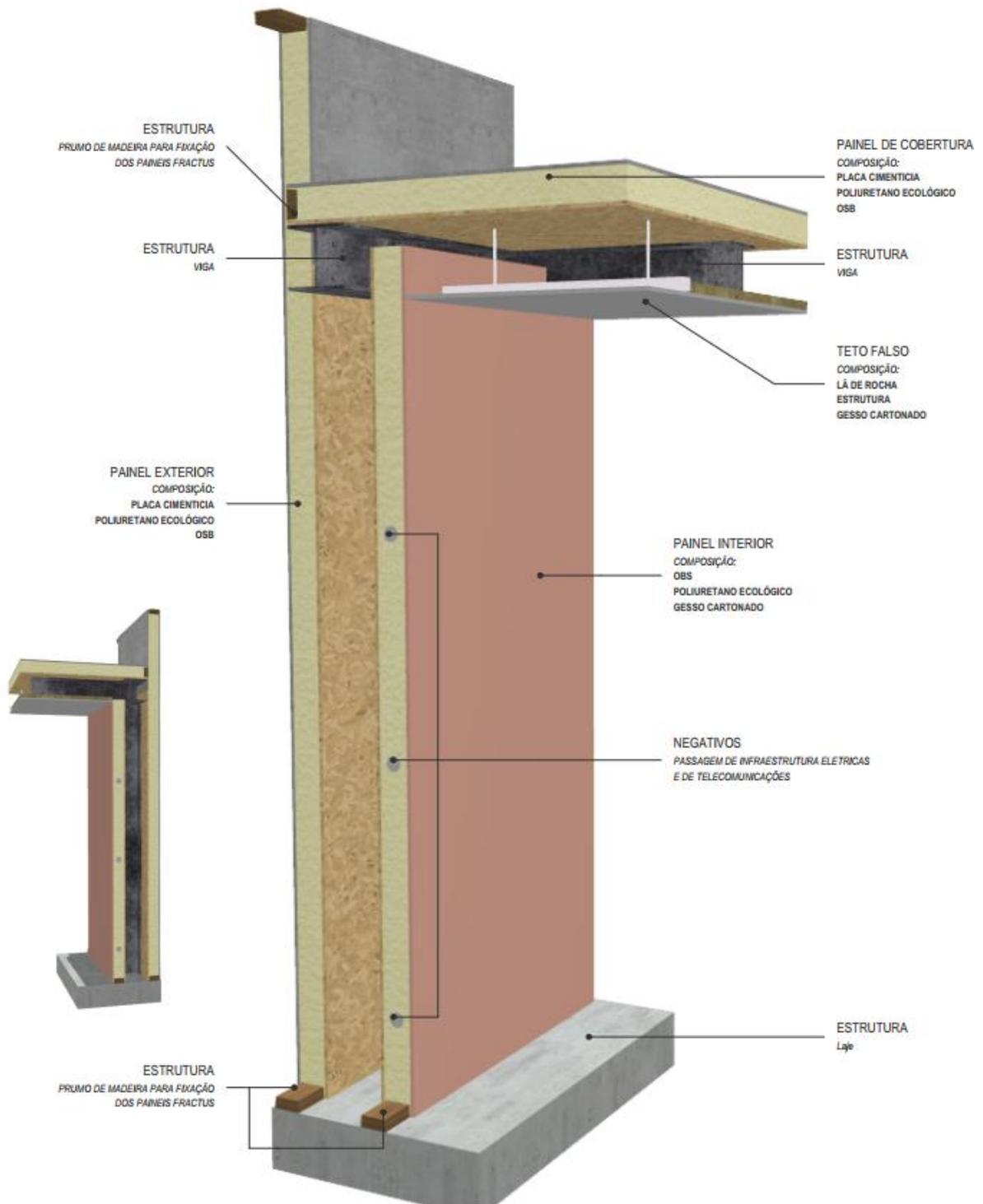
As faces dos painéis não carecem da aplicação de nenhum elemento estrutural ou de isolamento adicional, ficando disponíveis para a aplicação do revestimento final.

A simplicidade do painel e a sua versatilidade permite adaptá-lo à arquitetura e aos restantes elementos construtivos sem afetar as suas características, conforme se pode verificar na imagem seguinte.



**Figura 53-** Pormenores de conexão dos painéis. Fractus. 2023.

A figura seguinte esquematiza de forma detalhada os componentes e o sistema construtivo Fractus.



**Figura 54** – Imagem 3d representativa do sistema construtivo Fractus. Fractus. 2023.

Os painéis exteriores são aplicados sobre a estrutura metálica, evitando desta forma a existência de pontes térmicas. Neste conjunto de parede exterior, o painel interior é aplicado do lado de dentro dos pilares e vigas metálicas, criando uma secção em vazio. Os

painéis são fixados à estrutura metálica através de peças metálicas que asseguram essa ligação, assim como por prumos de madeira horizontais e verticais, nos painéis de canto.

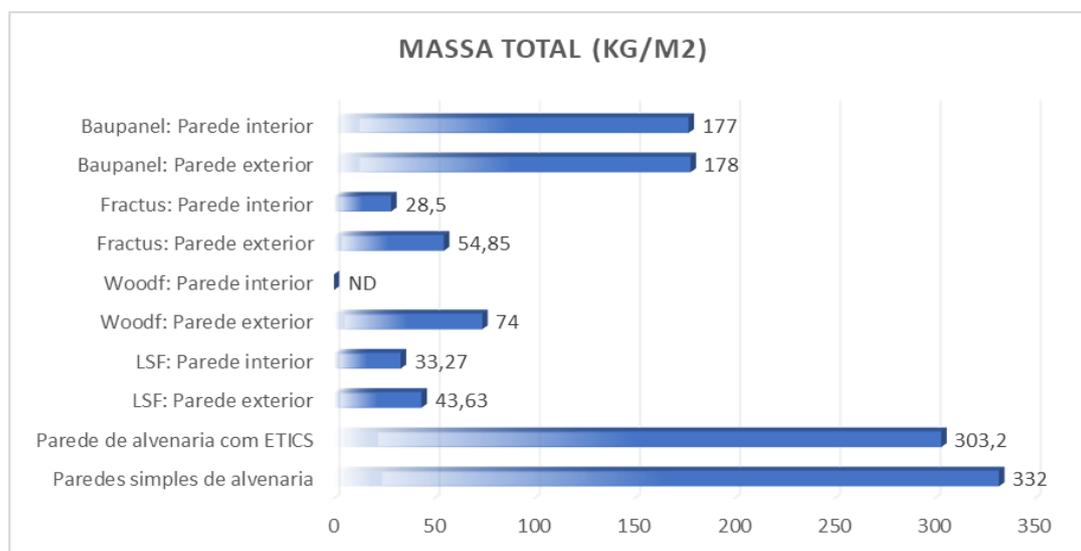
Os tipos de painéis Fractus são detalhados na tabela infra.

**Tabela 8-** Dimensões e aplicações dos painéis. Fractus. 2023

APLICAÇÃO	DESIGNAÇÃO	PAINEL STANDARD	ESPESSURA (mm)	PL. EXTERIOR	PL. INTERIOR	PESO kg/ m2
Exterior	E 120.CEO	1,20 x 2,50	120	Cimentícia	OSB	26,35
Exterior	E 120.OEO	1,25 x 2,50	120	OSB	OSB	19,74
Exterior	E 80.CEO	1,20 x 2,50	80	Cimentícia	OSB	24,95
Exterior	E 80.OEO	1,25 x 2,50	80	OSB	OSB	18,34
Acústico/ Interior	A 120.OGs	1,20 x 2,50	120	OSB	Gesso Cartonado	27,10
Acústico/ Interior	A 120.GsGs	1,20 x 2,50	120	Gesso Cartonado	Gesso Cartonado	28,50
Simples/ Interior	I 40.Gs	1,20 x 2,50	40	Gesso Cartonado		11,23
Simples/ Interior	I 40.O	1,20 x 2,50	40	OSB		9,82
Entre fogos	C 240.GsOGs	1,20 x 2,50	240	Gesso Cartonado	Gesso Cartonado	53,13
Entre fogos	C 200.GsPGs	1,20 x 2,50	200	Gesso Cartonado	Gesso Cartonado	29,34

Feita a análise de cada método construtivo, importa agora compará-los nalguns requisitos chave.

O gráfico seguinte ilustra a massa total das paredes interiores e exteriores dos diferentes métodos.



**Gráfico 7-** Massa total das paredes em Kg/m<sup>2</sup>. Anexo 3. Autor. 2023

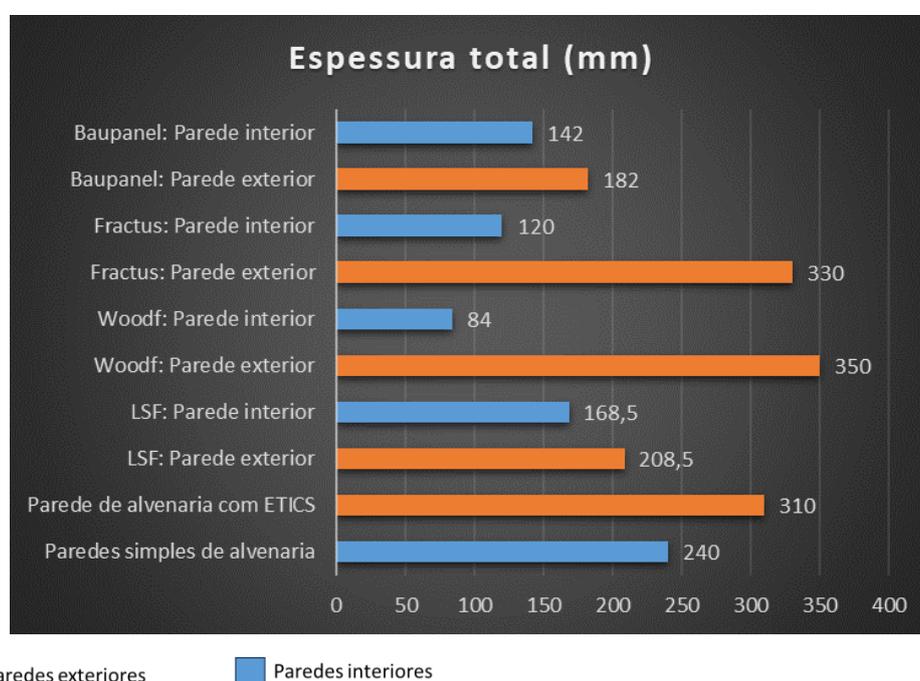
Como seria de esperar, as paredes em alvenaria são de longe as que apresentam os registos mais elevados, com valores acima dos 300 kg/m<sup>2</sup>. O método com as paredes com o segundo maior peso é o sistema Baupanel com valores a rondar os 177 kg/m<sup>2</sup>. Estes valores seriam expectáveis, uma vez que são os dois únicos métodos que utilizam betão.

Os restantes métodos apresentam valores muito abaixo destes, sendo de destacar a Fractus, com a solução de parede mais leve, seguida de perto pelo LSF.

Para além das diferenças necessárias no dimensionamento das fundações, a massa é uma variável que influencia negativamente a resistência às forças sísmicas.

Por outro lado tem uma influência positiva no isolamento acústico.

No que se refere à espessura dessas mesmas paredes, pode-se constatar no gráfico infra que existe uma amplitude de espessuras que vão desde os 182 cm para o sistema Baupanel aos 350 cm para o Woodframe, nas paredes exteriores. Nas paredes interiores os valores compreendem-se entre os 84 cm do Woodframe e os 350 cm do método tradicional.



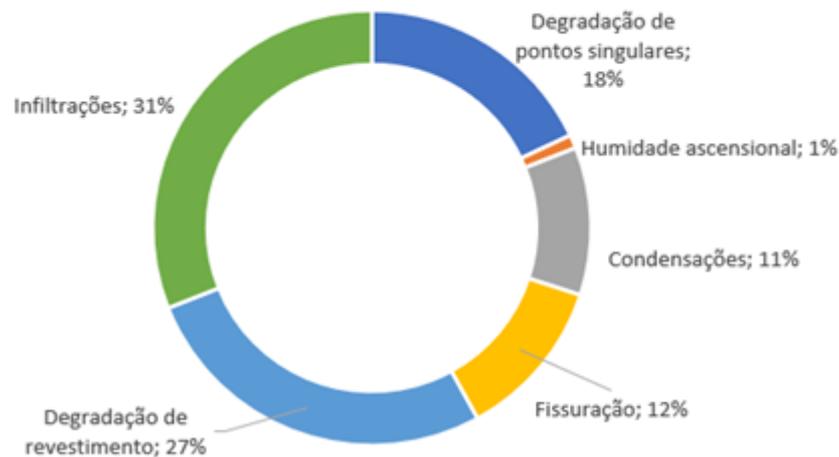
**Gráfico 8-** Espessura total das paredes interiores e exteriores. Anexo 3. Autor. 2023

A espessura das paredes repercute-se diretamente na área útil disponível da habitação.

### 3.4 Impermeabilização, Isolamento térmico e acústico

#### Impermeabilização

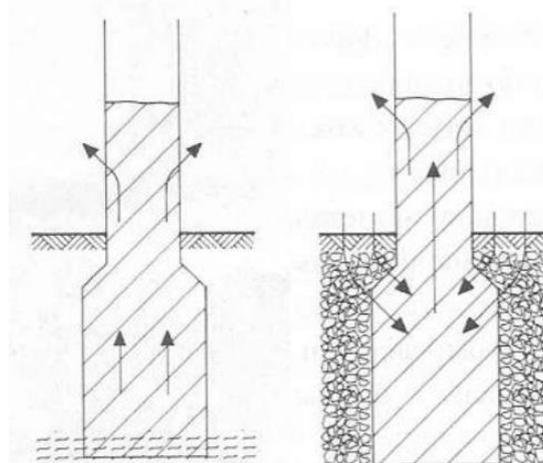
As humidades e infiltrações são dos tipos de patologias mais frequentes nas edificações em Portugal, representando 32% dos casos de deficiências registadas, entre os tipos Infiltrações e Humidades ascendentes, conforme gráfico infra.



**Gráfico 9-** Apresentação da UC de Patologias e Reabilitação de Edifícios do IPL- Patologias mais comuns. Fernandes, P. e Rodrigues, H. 2023. (refª. Vasco Freitas – FEUP)

A ascensão de humidades por capilaridade é um fenómeno que ocorre sempre que existe uma estrutura do edifício em contacto com o solo, independentemente do método construtivo adotado.

Conforme se poderá observar pela figura infra, a água alojada no solo ou na superfície deste, sempre que em contacto com uma estrutura do edifício com um nível de humidade inferior à sua envolvente, ascende pelos elementos não impermeáveis, como são o caso das fundações ou muros em betão, as alvenarias em cerâmico ou betão, placas OSB, placas de gesso cartonado e madeira entre outros.



**Figura 55-** Fenómeno da humidade ascensional. Marinho, M. Universidade do Porto (FEUP). 2014

Esta é uma preocupação que se deverá ter sempre em linha de conta, independentemente da solução construtiva a adotar.

A forma de prevenir esta ascensão de humidades reside na impermeabilização dos elementos construtivos que se encontram em contacto com o solo, mitigando a absorção de água horizontal e verticalmente (Marinho, 2014).

Nas figuras infra podem ser observadas algumas práticas como por exemplo a aplicação de tela em PVC na base das fundações e laje de ensoleiramento, emulsão asfáltica ou outra impermeabilizante aplicado em duas demão cruzadas nos elementos de betão das fundações, tela asfáltica nas primeiras camadas de alvenaria das paredes térreas, combinação de tela asfáltica com tela em PVC pitonada nas paredes soterradas e manga de PVC, conforme as figuras seguintes.



**Figura 56-** Impermeabilização das fundações em obra. <https://forumdacasa.com/discussion/53555/1/boas-praticas-fundacoes/>. 2023



**Figura 57-** Impermeabilização da base de parede de blocos com tela de xisto. <https://pt.dreamstime.com/impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-da-base-de-uma-casa-em-constru%C3%A7%C3%A3o-material-imperme%C3%A1vel-laminado-betume-duas-camadas-encontra-se-na-parede-image212833509>. 2023



**Figura 58-** Impermeabilização de fundações em obra com tela emulsão asfáltica.

<https://www.renansousaeng.com.br/post/57932-impermeabilizacao-fundacoes>. 2023



**Figura 59-** Impermeabilização das fundações em obra em Leiria, com manga de PVC. Autor. 2023



**Figura 60-** Impermeabilização de parede enterrada com tela asfáltica e tela pitonada. Danosa Portugal.

[www.danosa.com](http://www.danosa.com). 2023

Estas soluções são, na sua generalidade transversais a todos os métodos construtivos, devendo ser adaptadas às suas especificidades.

No que concerne às infiltrações, qualquer solução construtiva deve cuidar de diversos fatores para evitar o surgimento desta patologia. Para além das paredes e cobertura, é essencial uma cuidada aplicação de todos os elementos construtivos integrados nestas ou que com estas confinem, nomeadamente caixilharias, cantarias, caixas de estores e pavimentos exteriores.

As paredes oferecem resistência à entrada de humidades por via das suas camadas exteriores, muito em particular da última camada de revestimento (tinta ou ladrilho).

Por outro lado o isolamento sintético aplicado na parede cujo principal propósito é o isolamento térmico, acaba por desempenhar um papel muito importante na mitigação de infiltrações e entrada de humidades.

No caso das paredes duplas de alvenaria, a caixa de ar ventilada permite mitigar o efeito de humidades que consigam penetrar o primeiro pano de alvenaria exterior.

No que concerne às coberturas, tal como foi referido no ponto anterior, apesar do correto encaminhamento das águas, a cobertura plana, nas fachadas em que não possua palas ou consolas, não evita que estas estejam completamente expostas à queda de chuva e respetivas escorrências.

Neste sentido a cobertura inclinada, em especial nos casos em que apresenta beirado, confere uma maior proteção à geração de infiltrações uma vez que não está tão exposta ao fenómeno das escorrências. Esta evidência é transversal a qualquer um dos métodos em análise, diminuindo a probabilidade de patologias desta natureza em estruturas de carácter mais monolítico, como é o caso dos 4 métodos alternativos.

### **Isolamento térmico**

O conforto ambiental dos edifícios tem revelado um interesse e um cuidado crescente na construção dos edifícios, nomeadamente nos residenciais.

As razões para esta preocupação crescente prendem-se com fatores como o bem-estar, saúde, produtividade, custos económicos e impactos ambientais (Santos, 2021).

A eficiência térmica de um edifício está diretamente relacionada com as condições do ambiente que o rodeia, assim como com as características do mesmo no que respeita aos

materiais e técnicas construtivas utilizadas, superfícies envidraçadas, sombreamento existente e a solução de aquecimento e arrefecimento utilizada.

Para além destas motivações, também a legislação tem evoluído no sentido de ser cada vez mais exigente.

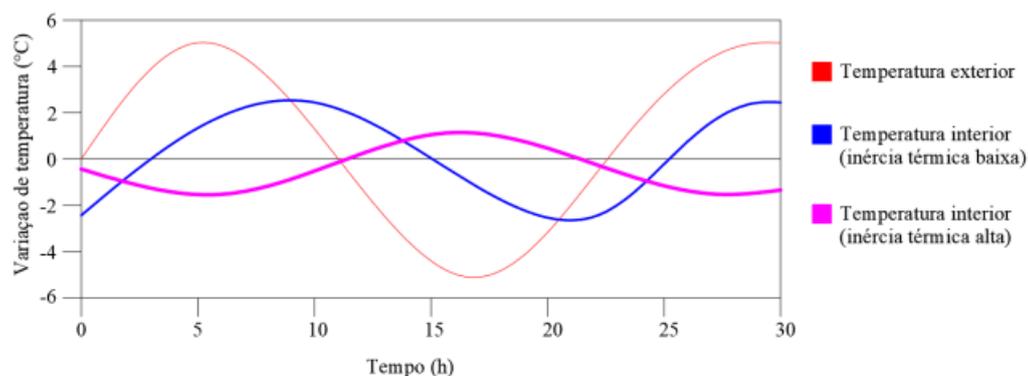
A Diretiva europeia 2010/31/UE transposta para a legislação dos vários países da união vem definir, entre outros, o objetivo dos edifícios praticamente não terem necessidade de energia (NZEB) a partir de 2020. Isto significa que os edifícios devem ter necessidade reduzidas de energia para aquecimento e arrefecimento bem como sistemas de consumo energético eficiente, o que combinado com o sistemas de produção de energia resultem num balanço praticamente nulo (Romão, 2015).

“Os edifícios usam cerca de 40% de energia global, 25% da água global, 40% dos recursos globais e emitem aproximadamente 1/3 de emissões GEE (gases com efeito de estufa)” (UNEP (*United Nations Energy Programme*), 2011).

O desempenho térmico de um edifício depende de vários fatores tais como a localização do edifício, a orientação do mesmo, o tipo de ventilação, a sua área e volumetria, as características dos envidraçados e fundamentalmente de outros dois parâmetros: são eles a inércia térmica e o coeficiente de condutibilidade térmica (Cardoso, 2018).

A inércia térmica de um edifício pode ser definida como a capacidade deste em armazenar calor nos seus elementos construtivos e relaciona-se diretamente com a massa superficial útil de cada elemento.

Tal como se conclui do gráfico abaixo, quanto maior a inércia térmica de um edifício, menor a relação direta entre a temperatura exterior e a temperatura interior.



**Gráfico 10-** Imagem ilustrativa das variações de temperatura interior em função da inércia térmica. Cardoso, D. 2018.

Assim, um edifício com grande inércia resulta num edifício com temperatura mais estável ao longo do dia, uma vez que absorve o calor durante o dia e liberta-o mais tarde (durante a noite), reduzindo o efeito de oscilações térmicas no seu interior (Cardoso, 2018).

Dos 5 métodos construtivos em análise são os que utilizam materiais com maior massa, nomeadamente o betão e a alvenaria de betão ou cerâmica, que registam maior massa, sendo assim os que apresentam maior inércia – Tradicional e Sistema Baupanel®.

O outro parâmetro de extrema importância a considerar na “equação” do desempenho térmico é o Coeficiente de condutibilidade térmica que representa a quantidade de calor por unidade de tempo que é transferido por metro quadrado de um determinado material (Cardoso, 2018).

O desempenho individual dos materiais utilizados na generalidade dos métodos construtivos em estudo pode ser observado na tabela infra.

**Tabela 9-** Tabela com a condutividade térmica dos materiais.

[https://www.academia.edu/11415713/TABELA\\_DE\\_CONDUCTIVIDADE\\_T%C3%89RMICA\\_DE\\_MATERIAIS\\_DE\\_CONSTRU%C3%87%C3%83O](https://www.academia.edu/11415713/TABELA_DE_CONDUCTIVIDADE_T%C3%89RMICA_DE_MATERIAIS_DE_CONSTRU%C3%87%C3%83O). 2023

Grupo	Material	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/mK)	
			Seco	Molhado
Metal	Aço, ferro	7800	52	52
Alvenaria	Tijolo vazado tradicional	1600-1900	0,6-0,7	0,9-1,2
	Tijolo térmico	730	0,5	
	Bloco térmico	1200	0,32-0,38	
Betão	Betão de cascalho	2300-2500	2	2
Orgânico	Cortiça	100-200	0,04-0,045	
Inorgânico	Placa de gesso	800-1400	0,23-0,45	
	Gesso cartonado	900	0,2	
	Lã de vidro	150	0,04	
	Lã de rocha	35-200	0,04	
Emplastros	Cimento	1900	0,9	1,5
	Cal	1600	0,7	0,8
	Gesso	1300	0,5	0,8
Madeira	Compensada	700	0,17	0,23
	Madeira leve	550	0,14	0,17
Espuma sintética	Polietileno, Polipropileno	930	0,17	
	PUR (espuma de poliuretano)	30-150	0,025-0,035	
	XPS (espuma de Poliestireno extrudido)	38	0,036	
	EPS (Espuma de Poliestireno expandido)	10-40	0,035	
Ar	Ar	1,2	0,023	

Nesta tabela destacam-se materiais com excelente desempenho de isolamento térmico como os sintéticos PUR (espuma de poliuretano), o EPS e XPS, assim como a cortiça, lã de rocha e lã de vidro.

No polo oposto encontram-se materiais como as argamassas húmidas e o tijolo cerâmico.

De seguida analisam-se os vários métodos individualmente.

- **Método tradicional**

Conforme foi já detalhado no anterior ponto 3.4 (Paredes, Coberturas e Pavimentos), as práticas mais correntes utilizadas no método construtivo tradicional, no que ao isolamento térmico diz respeito, assentam fundamentalmente na conjugação de elementos com elevado desempenho na resistência à condutividade térmica, com os elementos estruturais e de alvenaria utilizados.

No caso das paredes, as soluções mais utilizadas diferem da solução de alvenaria utilizada (ver imagens infra):

- no caso de alvenaria dupla, utilizam-se várias soluções, sendo algumas das mais comuns painéis XPS com 3 a 4 cm ou poliuretano expandido entre os dois panos, em conjunto com uma caixa de ar;
- no caso de alvenaria simples, utiliza-se um pano único de tijolo térmico ou bloco térmico, combinado com sistema de isolamento térmico exterior (ETICS) com uma espessura que normalmente varia entre 4 e 108 cm, em materiais como o EPS e cortiça, entre outros



**Figura 61-** Parede de alvenaria dupla com isolamento térmico XPS. Isolamentos Termipol. 2023



**Figura 62-** Parede simples de tijolo térmico com ETICS. [www.cpnmestadio3.com](http://www.cpnmestadio3.com). 2023

Qualquer uma destas soluções poderá ainda ser complementada com a aplicação de placas de gesso cartonado na parede interior, aumentando o desempenho térmico, para além de ocultar eventuais fissurações que normalmente surgem nas paredes.

O isolamento térmico nas lajes, especialmente entre pisos, é normalmente deixado a cargo das várias camadas de pavimento, para além da própria estrutura da laje: camada de regularização em betão leve utilizando, por exemplo, argila expandida e revestimento final do pavimento.

Ainda assim não é incomum observar-se a aplicação de telas em lã de rocha ou outras na face superior da laje ou poliuretano expandido projetado, XPS, a própria lã de rocha ou outro material, na face inferior, conforme a imagem abaixo.



**Figura 63-** Isolamento térmico de laje, recorrendo a lã de rocha e teto falso. [www.space lovers.pt](http://www.space lovers.pt). 2023

O sistema construtivo tradicional é propenso à existência de pontes térmicas, tendo em conta as diferentes massas volúmicas e coeficientes de condutibilidade térmica dos

materiais e elementos que constituem a estrutura de um edifício. São estes pontos que são mais permeáveis às trocas de calor. Assim sendo, há que ter especial atenção ao isolamento térmico de elementos como pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, assim como a ligação destes com os restantes elementos do edifício (Romão, 2015).

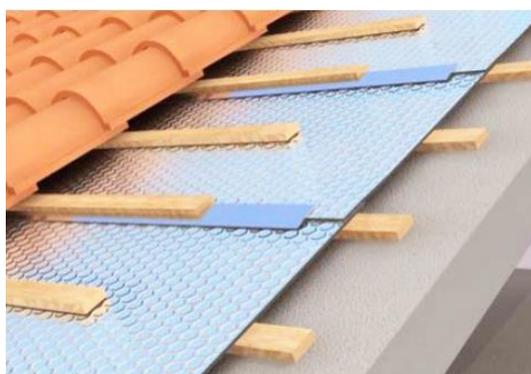
Para mitigar esta fragilidade o construtor deve isolar convenientemente estes elementos com materiais sintéticos ou naturais que quebrem a transmissão de temperatura, tal como se pode observar no isolamento dos pilares e vigas na imagem infra.



**Figura 64-** Aplicação de isolamento em pilares e vigas. Fotografia da autoria de Luis Parreira. 2023

Nesta mesma imagem depreende-se a dificuldade de um isolamento integral, como se pode observar as lajes desprotegidas.

A cobertura é outro elemento que carece de uma atenção especial, exigindo-se a aplicação de material isolante junto ao revestimento da cobertura ou no próprio pavimento da laje que separa a cobertura dos pisos habitáveis. Aqui também existem várias soluções comerciais de natureza sintética ou natural, tal como o exemplo infra.



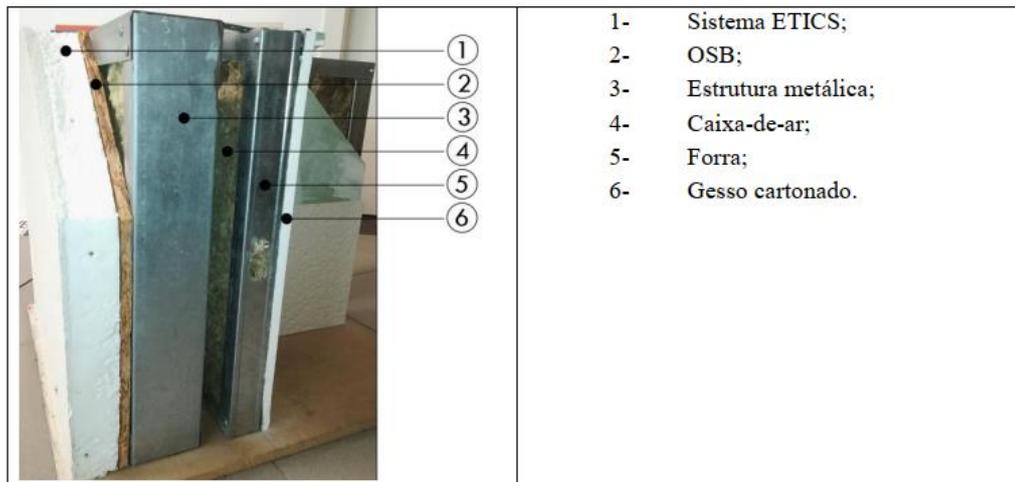
**Figura 65-** Isolamento térmico refletivo multicamadas. [www.divibelas.pt](http://www.divibelas.pt). 2023

- **LSF**

Os painéis de LSF têm uma inércia reduzida, tendo em conta a massa dos materiais que o constituem.

Tal facto significa que as oscilações de temperatura exterior poderão ter um impacto muito rápido na temperatura interior.

O efeito deste comportamento é, no entanto, equilibrado pelo excelente desempenho dos diferentes materiais que constituem o painel de parede construído por este método, em termos de resistência térmica, conforme se resume na figura seguinte.



**Figura 66-** Exemplo de constituição de parede exterior em LSF. Cardoso, D. 2018.

Tal como nos restantes sistemas, também no LSF a espessura, as características técnicas e a localização dos materiais que irão assegurar o isolamento térmico, são fatores chave para o desempenho térmico do conjunto.

Existem fundamentalmente 3 formas de aplicação do material de isolamento térmico: no interior dos elementos que asseguram a resistência estrutural do edifício, pelo seu exterior ou a combinação das duas formas.

A primeira solução não é aconselhável em regiões com climas frios, uma vez que o isolamento é aplicado entre os perfis metálicos, sendo interrompido pelos próprios perfis o que origina, nesses pontos específicos condensações devido à temperatura baixa a que esses elementos vão estar sujeitos.

Este fenómeno é mitigado no caso de haver isolamento pelo exterior, uma vez que não está sujeito a pontes térmicas e, portanto, a qualquer interrupção por algum elemento construtivo.

A conjugação das duas soluções é a que garante melhores desempenhos térmicos, podendo ser aplicada uma manta de lã de rocha no interior dos painéis e ETICS pelo exterior (Cardoso, 2018).

Segundo o estudo de Andrade, R. (2016) as necessidades energéticas nominais dos método tradicional e do LSF são os seguintes:

**Tabela 10-** Necessidades nominais anuais globais de energia primária para uma habitação de 100 m<sup>2</sup> N<sub>te</sub>. Andrade, R. 2016.

	N <sub>te</sub> (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)
Sistema Betão Armado	175,76
Sistema LSF	147,07

Este resultado apurado aponta o método LSF como mais eficiente termicamente.

- **Woodframe**

As práticas construtivas dos instaladores do método Woodframe primam por um nível de zelo elevado relativamente à impermeabilização que normalmente não se observa nos construtores de outros métodos. Tal facto fica a dever-se à sensibilidade e vulnerabilidade da madeira a agentes externos como é o caso da água.

De facto, todos os instaladores contactados apresentaram soluções equivalentes ao nível da impermeabilização e isolamento, conforme demonstrado das imagens infra.



**Figura 67-** Pormenores de impermeabilização de laje de fundação. Santobois. 2023.

As preocupações relativamente à impermeabilização começam na laje de ensoleiramento. Conforme se pode observar nas figuras anteriores, nas duas empreitadas em questão foram utilizadas duas soluções para evitar a ascensão de humidade:

- aplicação de manta em PVC na parte inferior da laje a betonar
- aplicação de tela asfáltica na parte superior da laje já depois de betonada

Verificou-se ainda a aplicação de uma tira adicional de tela asfáltica nas zonas onde as paredes são instaladas.

Relativamente ao isolamento térmico e acústico, as práticas construtivas e materiais utilizados são também de padrão elevado.

De facto, à semelhança do método LSF, as pontes térmicas são praticamente nulas uma vez que não existem elementos estruturais isolados, visto todos os painéis, nomeadamente as paredes, lajes e coberturas terem essa função.

Todos os elementos horizontais e verticais em contacto com o exterior são revestidos com material de isolamento térmico e acústico, como é o caso da lã de rocha ou com placas de XPS, conforme imagens infra.



**Figura 68-** Pormenores de isolamento térmico de laje de fundação. Santoboiss. 2023.

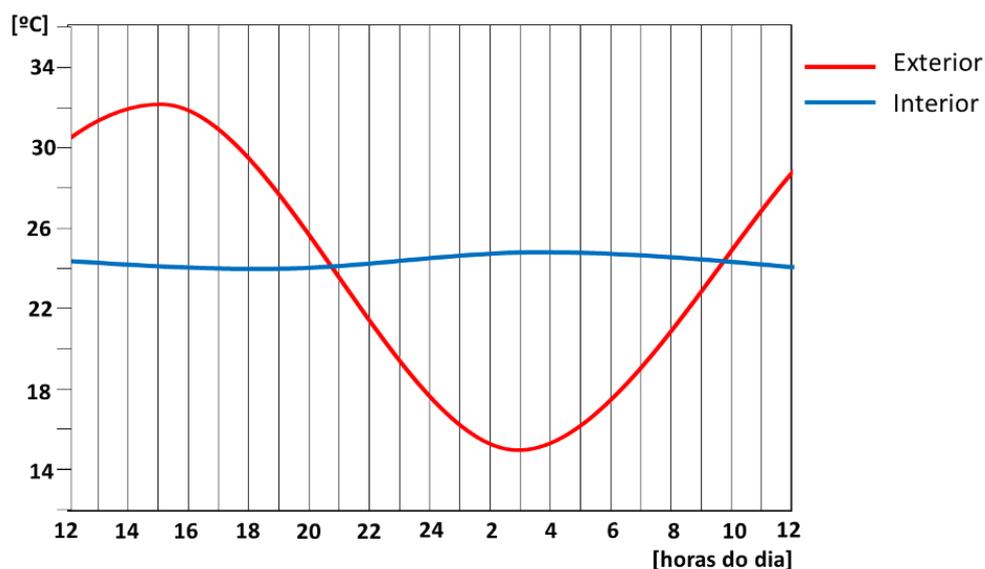
As paredes, lajes de piso também são isoladas no seu interior por lã mineral que desempenha em simultâneo o papel de isolante térmico e acústico.



**Figura 69-** Pormenores de isolamento térmico de paredes e cobertura. Santoboís. 2023.

Nas coberturas as soluções adotadas podem ser diversas e o isolamento pode ser aplicado por cima da estrutura ou incorporada no seu interior. As medidas de forte impermeabilização e isolamento térmico poderão estar relacionadas com o facto deste método ter um longo histórico e aplicação em países com maiores preocupações com a água e temperaturas baixas, como a América do Norte e a Europa do Norte.

No gráfico abaixo é possível verificar que a temperatura no interior de uma habitação construída neste método é muito pouco sensível à temperatura exterior, revelando um excelente desempenho térmico.



**Gráfico 11-** Evolução ao longo do dia da temperatura da superfície numa habitação com o método Woodframe. Santoboís. 2023

- **Sistema Baupanel®**

Uma habitação construída com base neste sistema resulta no equivalente a uma cápsula, ou seja, uma estrutura perfeitamente monolítica. Todos os elementos verticais e horizontais integram a mesma solução de painel, sem qualquer ponte térmica, constituindo um corpo homogéneo.

Tal comportamento permite um desempenho térmico excelente.

Segundo o artigo científico realizado em 2014 - artigo sobre os modelos MSP, SF, RCF - em Espanha, as paredes exteriores das moradias ensaiadas registaram uma condutibilidade térmica de 0,264 W/m<sup>2</sup>K, correspondente a menos de metade do valor de referência imposto pelo normativo do país (Pérez-Garcia, 2014).

Os registos da cobertura são ainda mais surpreendentes, com 0,187 W/m<sup>2</sup>K (menos de um terço dos valor permitido pelo Código de Espanha).

- **Sistema Fractus**

O isolamento térmico do sistema Fractus está entregue quase por completo ao isolamento interior dos painéis e lajes em poliuretano.

Este material, de elevada eficácia térmica, é produzido pela própria empresa, tendo esta reduzido ao mínimo a utilização de componentes derivados do petróleo, dando, por esse facto, a designação de poliuretano ecológico a essa formulação.

Ao ser injetado no interior dos painéis o poliuretano tem a capacidade de se fixar às placas que o confinam, como que de uma potente cola se tratasse.

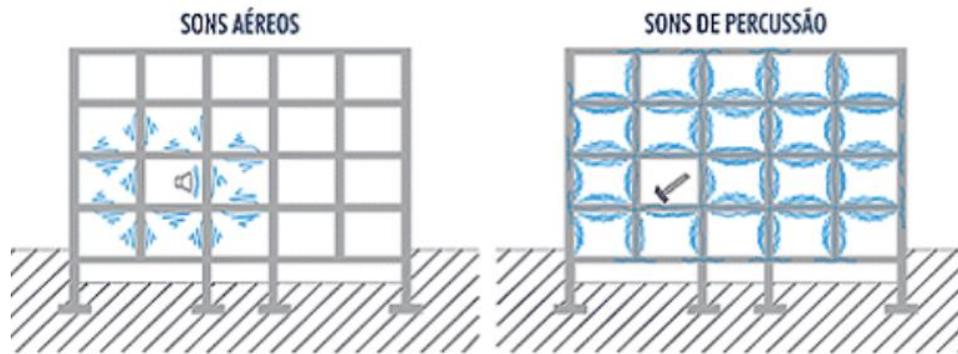
Adicionalmente alguns painéis têm um reforço de uma manta interior em lã de rocha.

Para aumentar a eficiência térmica, as paredes exteriores são constituídas por dois painéis com uma caixa de ar a separar os dois, conforme apresentado no ponto anterior.

### **Isolamento acústico**

A acústica é a ciência que estuda o som, a sua propagação em ambiente fluido ou sólido e as suas inter-relações com as pessoas numa perspetiva de efeitos causados, sejam eles agradáveis (música, voz) ou não (ruído) (Vasconcelos, 2017).

Como é possível observar na imagem infra, o ruído propaga-se de duas formas desde o compartimento de origem num edifício.



**Figura 70-** Propagação de sons aéreos e de percussão (Vasconcelos, 2017). Imperialum. 2023

No caso do som aéreo, este propaga-se apenas para os compartimentos contíguos ao de origem.

Por seu lado, os sons de percussão fazem-se sentir em toda a estrutura do edifício, independentemente da sua origem. Estes sons são causados, por exemplo, pelo impacto do calçado no pavimento e pelos impactos diretos nas paredes.

Para o presente trabalho de dissertação considerou-se a análise do desempenho das paredes exteriores para a propagação dos sons aéreos e o desempenho das lajes no caso da propagação dos sons de percussão.

Segundo a Lei da Massa, quanto maior a massa de um elemento (por exemplo uma parede), melhor a sua capacidade de resistência a vibrações e, por conseguinte, melhor o seu desempenho acústico.

Objetivamente a Lei afirma que a duplicação da massa do elemento de separação de compartimentos gera um acréscimo de isolamento sonoro equivalente a 6 db (ESTT – isolamento a sons aéreos, 2023).

A expressão fundamental que demonstra a Lei da Massa, no que aos sons aéreos diz respeito, é a seguinte:

$$R_f = 10 \log \frac{I_i}{I_t} \text{ (db)}$$

Onde:

$R_f$  - índice de redução sonora

$I_i$  - intensidade sonora incidente

$I_t$  - intensidade sonora transmitida

É o índice  $R_f$  que permite aferir a capacidade do material ou elemento em reduzir a transmissão sonora aérea entre dois locais: o emissor e o recetor (ESTT, 2023).

Esta transmissão pode ocorrer de duas formas:

- Transmissão direta: ocorre pelo elemento de separação
  - através de juntas, fendas ou descontinuidades do elemento de construção
  - ou por vibração do elemento de construção
- Transmissão marginal: ocorre através de elementos que estão interligados ao elemento de separação dos dois espaços

A ocorrência do fenómeno da ressonância acústica, apesar de pouco provável, é uma possibilidade num elemento construtivo de um edifício, como por exemplo uma parede ou uma laje. Este fenómeno é originado pela equivalência entre a frequência do som emitido por uma fonte e a frequência natural do elemento seu recetor.

Para evitar que estes fenómenos ocorram, aconselha-se que o elemento construtivo seja constituído por materiais diferentes e com espessuras distintas, evitando assim ressonâncias do conjunto. A utilização de materiais absorventes e flexíveis como as lãs minerais ou sintéticas, no interior do elemento, é a opção mais comum para evitar as ressonâncias do elemento construtivo (Vasconcelos, 2017).

Com base em estudos e ensaios existentes de elementos de parede, relativamente à transmissão de som aéreo, podem-se observar os dados nos quadros abaixo.

**Tabela 11-** Valores indicativos do índice de redução sonora ponderado para alguns sistemas de paredes (Fontes: IPT, Unicamp, SOBRAC, Universidade de Coimbra)

Tipo de parede	Largura do bloco / tijolo	Revestimento	Massa aproximada	R <sub>w</sub> (dBA)
Blocos vazados de concreto	9 cm	argamassa 1,5 cm em cada face	180 kg/m <sup>2</sup>	41
	11,5 cm		210 kg/m <sup>2</sup>	42
	14 cm		230 kg/m <sup>2</sup>	45
Blocos vazados de cerâmica	9 cm	argamassa 1,5cm em cada face	120 kg/m <sup>2</sup>	38
	11,5 cm		150 kg/m <sup>2</sup>	40
	14 cm		180 kg/m <sup>2</sup>	42
Tijolos maciços de barro cozido*	11 cm	argamassa 2cm em cada face	260 kg/m <sup>2</sup>	45
	15 cm		320 kg/m <sup>2</sup>	47
	11 + 11 cm**		450 kg/m <sup>2</sup>	52
Paredes maciças de concreto armado	5 cm	sem revestimento	120 kg/m <sup>2</sup>	38
	10 cm		240 kg/m <sup>2</sup>	45
	12 cm		290 kg/m <sup>2</sup>	47
Drywall	2 chapas + lâ de vidro	sem revestimento	22 kg/m <sup>2</sup>	41
	4 chapas		44 kg/m <sup>2</sup>	45
	4 chapas + lâ de vidro		46 kg/m <sup>2</sup>	49

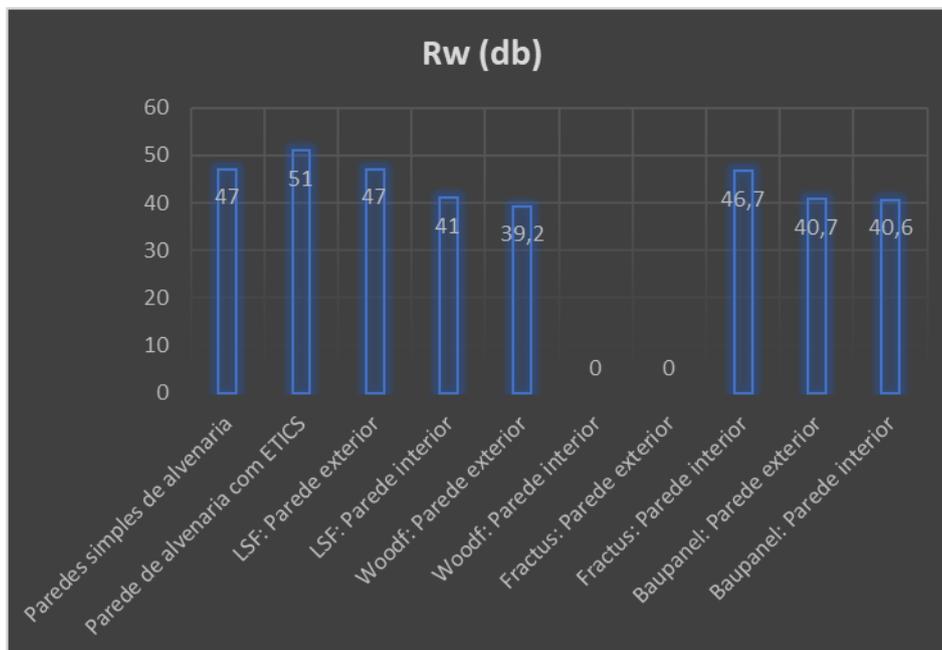
(\*) Valores indicados pela Universidade de Coimbra.  
 (\*\*) Parede dupla 11 + 11 cm, com espaço interno de 4 cm preenchido com manta de lâ de rocha 70 kg/m<sup>2</sup>.

Em relação a elementos de alvenaria verifica-se que os blocos de betão têm um desempenho mais eficiente que os tijolos cerâmicos vazados da mesma dimensão.

Por sua vez, em comparação com os tijolos maciços, estes têm melhor comportamento que os blocos de betão. Estes resultados estão diretamente relacionados com a massa característica destes elementos.

Este desempenho melhora quando se utilizam soluções de parede dupla com panos com espessuras diferenciadas e com material absorvente no interior da caixa de ar, como por exemplo lã mineral ou sintética (Vasconcelos, 2017).

Na figura abaixo é possível analisar os valores de eficiência acústica ( $R_w$  – índice de ponderação de redução do som).



**Gráfico 12-** Desempenho acústico de soluções construtivas. Diversas fontes. Autor. 2023.

**Tabela 12-** Desempenho acústico de soluções construtivas. Diversas fontes. Autor. 2023.

Método construtivo	Elemento	Especificações	Massa Total (kg/m <sup>2</sup> )	Composição (em mm)	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (db)	Fonte
Tradicional	Paredes simples de alvenaria		332	Reboco 20 + Tijolo furado 200 + Reboco 20	240	47	Vasconcelos, J. ISEP. 2017; www.futurgeng.pt. 2023
Tradicional	Parede de alvenaria com ETICS		303,2	Massa acabamento e rede 25 + ETICS 60 + Cola 5 + Bloco betão térmico 250 + Reboco 20	310	51	Vasconcelos, J. ISEP. 2017; www.futurgeng.pt. 2023; www.apfac.pt. 2023
LSF	LSF: Parede exterior	Parede exterior LSF (perfis C150/0,60 mm)	43,63	Placa OSB 12 + ETICS 60 + Lã mineral 120 + Placa gesso cartonado 15	208,5	47	Bastos, R. Univ. Aveiro. 2014; www.futureng.pt. 2023; Lima, R. IP Bragança. 2022
LSF	LSF: Parede interior	Parede interior LSF (perfis C90/0,60 mm)	33,27	Placa gesso cartonado 15 + Lã mineral 40 + Placa gesso cartonado 15	168,5	41	Bastos, R. Univ. Aveiro. 2014; www.futureng.pt. 2023; Lima, R. IP Bragança. 2022
Woodframe	Woodf: Parede exterior	Parede exterior com estrutura em bétola 180 x 60	74	Placa gesso 10 + material isolante 60 + estrutura madeira e isolante 60 + placa OSB 15 + isolante 60 + Placa gesso e fibra vidro 15 + Placa gesso cartonado 10	350	39,2	Santobois. 2023 e Nogueira e Fernandes
Woodframe	Woodf: Parede interior	ND	ND	Placa gesso hidrófugo 12 + Lã de rocha + estrutura madeira 60 + Placa gesso hidrófugo 12	84	ND	Santobois. 2023
Fractus	Fractus: Parede exterior	Parede exterior Fractus (2 painéis)	54,85	(Placa cimentícia 12 + poliuretano 30 + lã de rocha 40 + poliuretano 30 + placa OSB 12) + perfil laminado 90 + (Placa gesso cartonado 12 + poliuretano 30 + lã de rocha 40 + poliuretano 30 + placagem cartonado 12)	330	ND	Fractus. 2023
Fractus	Fractus: Parede interior	Painel acústico interior	28,5	Placa gesso cartonado 12 + poliuretano 30 + lã de rocha 40 + poliuretano 30 + placagem cartonado 12	120	46,7	Fractus. 2023
Baupanel®	Baupanel: Parede exterior	Refª BSR100	178	Microbetão 40 + Poliestireno 100 + conectores + Microbetão 40	182	40,7	Baupanel® System; 2023
Baupanel®	Baupanel: Parede interior	Refª BSR60	177	Microbetão 40 + Poliestireno 60 + conectores + Microbetão 40	142	40,6	Baupanel® System; 2023

É possível observar que a parede com melhor desempenho ao nível dos sons aéreos é a parede de alvenaria com ETICS, à qual não será alheia a elevada massa da mesma.

Logo de seguida apresentam-se as soluções de parede simples de alvenaria, a parede LSF e a parede Fractus.

Este bom desempenho é devido à utilização de várias camadas de materiais de massa diferenciada e da utilização de materiais absorventes e flexíveis como as lãs minerais e muito resistentes à transmissão de sons aéreos como é o caso das placas de gesso cartonado, em paredes e lajes, conforme se pode observar nas figuras abaixo.

Em contraponto a utilização de elementos com elevada massa e muito homogéneos como a estrutura de betão armado e os perfis metálicos de aço laminado a quente são mais propensos à condução dos sons por percussão.



**Figura 71-** Isolamento acústico com lã mineral em paredes e tetos. Volcalis. 2023

### **3.5 Instalações técnicas**

Qualquer um dos métodos construtivos em análise incorpora soluções de instalações técnicas equivalentes, sejam elas elétricas, telecomunicações, de gás, hidráulicas, sanitárias, aquecimento, aspiração central, ventilação e ar-condicionado (AVAC).

As principais diferenças residem na forma como as mesmas são aplicadas e incorporadas nos vários elementos construtivos, nomeadamente lajes e paredes, uma vez que os materiais e soluções técnicas são equivalentes, não diferindo em função da solução construtiva.

Todos os métodos construtivos devem levar em linha de conta na aplicação das instalações técnicas a salvaguarda de fatores essenciais tais como o cumprimento dos normativos legais, o ruído, a estanquidade, o isolamento térmico, os odores e a acessibilidade (Borges, 2012).

#### **Método tradicional**

Os troços das instalações técnicas numa construção tradicional desenvolvem-se na parte superior da laje de piso, incorporados na camada de enchimento e regularização, na parte superior da laje de esteira, desde que não seja visitável, ou no teto da laje de cave, com a possibilidade de ficar ocultada por teto falso, conforme figuras seguintes.



**Figura 72-** Passagem de tubagem no pavimento. Borges, T. ISEL. 2012



**Figura 73-** Tubagem embutida em teto falso. Borges, T. ISEL. 2012

A aplicação das instalações técnicas nas paredes de alvenaria pode ser feita de duas formas, conforme figuras abaixo:

- embutidas através de roços abertos no elemento de alvenaria, ou
- instaladas na caixa de ar entre a parede de alvenaria e o revestimento (em gesso cartonado, por exemplo). Neste caso as instalações são colocadas verticalmente entre os perfis que fixam as placas à alvenaria ou transversalmente em negativos abertos nestes.



**Figura 74-** Abertura de roços em parede de alvenaria de tijolo. <https://www.olx.pt/d/anuncio/demolio-e-abertura-de-roos-IDGsw04.html?isPreviewActive=1&sliderIndex=1>. 2023



**Figura 75-** Aplicação de placas de gesso cartonado no interior de parede de alvenaria, utilizando perfis metálicos. <https://www.pinterest.pt/pin/335588609726506022/>. 2023

A abertura de roços, para além da produção de resíduos fragiliza a parede de alvenaria, diminuindo o seu desempenho acústico e térmico.

Com o intuito de mitigar estas consequências é necessário vedar o espaço vazio na parede após a passagem das instalações, com argamassas com características térmicas e acústicas.

A opção pela aplicação das placas (por exemplo o gesso cartonado), tem a virtude de resultar na eliminação do efeito visual das fissurações e num acréscimo de desempenho térmico e acústico do elemento de alvenaria.

No entanto é mais exigente em investimento e em área útil desperdiçada (no mínimo 80 mm), comparativamente com a solução tradicional de regularização interior com argamassas húmidas.

Nos casos em que se opte por paredes interiores leves, as instalações são passadas no interior das mesmas à semelhança do que foi referido na solução acima.

O desenvolvimento vertical destas instalações, na comunicação entre pisos, normalmente é assegurada por ductos ou zonas ocas dissimuladas num canto da construção ou em elementos como roupeiros, vulgarmente designadas por coretes (Borges, 2012).

A acessibilidade às várias instalações ao longo dos seus troços, essencial em trabalhos de manutenção, é assegurada por dispositivos a intercalar nos vários sistemas de forma a possibilitar estas operações, como por exemplo os sifões, caixas de coluna, caixas de derivação, caixas de visita, quadros principais ou intercalares, entre outros (Borges, 2012).

A remoção de troços dos sistemas ou substituição parcial ou integral, será tanto mais difícil quanto mais embebida e chumbada esta se encontrar nos elementos construtivos, como é o caso dos roços ou da incorporação das instalações no pavimento. Este é o principal inconveniente do método construtivo tradicional.

### **LSF**

A passagem dos troços das instalações técnicas num edifício em LSF processa-se nas lajes, entre o sobrepiso (tipicamente em placas OSB) e a manta de lã mineral, evitando a abertura de roços. Esta solução, não apenas permite a execução fácil e rápida em obra, como mitiga consideravelmente o ruído em funcionamento, em especial proveniente das instalações do saneamento.

Do mesmo modo, a aplicação de instalações nas paredes é conduzida desde a laje até ao interior das paredes. No caso da construção ser realizada em fábrica, as instalações vêm já aplicadas no interior dos painéis.

### **Woodframe**

Os procedimentos do método construtivo Woodframe são em tudo idênticos aos do LSF.

Na figura abaixo é possível observar as instalações técnicas que ficarão embebidas na laje de fundação da obra em questão.

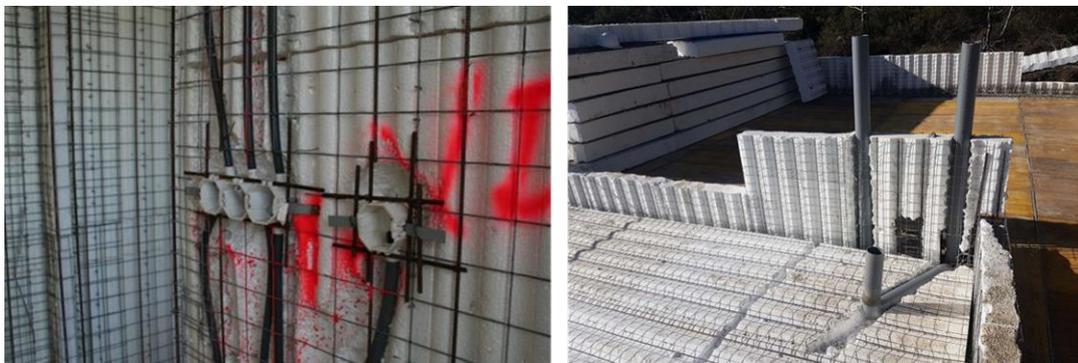


**Figura 76-** Pormenor construtivo de instalações embecidas em laje. Santoboís. 2023

### **Sistema Baupanel®**

Neste sistema a forma de passar as instalações nos elementos construtivos não é consensual.

De facto, conforme se observa nas imagens abaixo, em especial nos primeiros anos de implantação deste sistema, os empreiteiros optavam por embeber as instalações na própria estrutura de EPS, quer nas paredes, quer lajes.



**Figura 77-** Exemplo de instalações técnicas aplicadas na estrutura Baupanel®. Buildity. 2023

Apesar de ser muito fácil a abertura de secções nos painéis com um simples maçarico, tal prática, não apenas fragilizava o painel na sua componente de isolante térmico e acústico, como poderia reduzir a sua capacidade estrutural, caso a armadura de aço fosse danificada. Nos últimos anos tem-se optado por aplicar as instalações na face interior do painel, após este ser betonado, fechando depois com painéis de gesso cartonado. Esta solução vem diminuir a área útil do fogo e o seu custo, mas mitiga as desvantagens referidas acima.

### Sistema Fractus

No sistema Fractus o interior dos painéis de parede é constituído por uma grelha de negativos criada no interior do poliuretano, o que permite a passagem das instalações técnicas até um diâmetro de 40 mm.

Nas situações em que a secção da instalação supera esta dimensão, ter-se-á que aplicar um painel de forra para ocultar a mesma.



**Figura 78-** Pormenor de negativos aplicados em painel. Fractus. 2023.

No caso das lajes, as instalações desenvolvem-se entre a laje de teto e o teto falso.

### 3.9 Segurança no Trabalho

Qualquer um dos métodos construtivos em análise tem que cumprir os requisitos legais e normativos em vigor no país, no que à Segurança no Trabalho concerne.

Apesar de alguns destes métodos terem atividades de foro industrial relacionadas com a pré-fabricação de elementos construtivos, todos eles têm uma componente importante das suas atividades no âmbito da construção e de atividades em estaleiro de obra.

Neste item em particular, a análise incidirá sobretudo nos dados dos acidentes de trabalho mortais e na interpretação dos mesmos.

Apesar de não haver estatísticas relacionadas com cada um dos métodos construtivos em análise, é possível identificar algumas tendências e alguns indicadores, atendendo às características próprias de cada um deles.

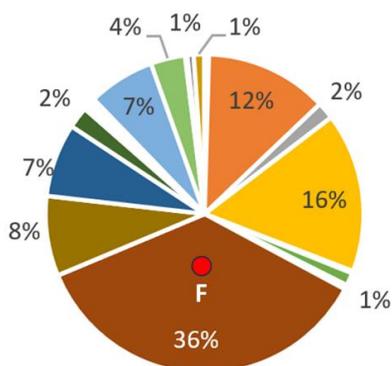
À exceção do método tradicional, todos os outros têm reduzidas ao mínimo as atividades relacionadas com a utilização de betão estrutural, como sejam a moldagem e desmoldagem de elementos construtivos.

Para além deste facto os restantes 4 métodos construtivos assentam uma importante parte das suas tarefas em trabalhos de pré-fabricação dentro de instalações industriais, procedendo depois à acoplagem dos mesmos em obra.

Estas evidências permitem identificar um padrão de tarefas e comportamentos em obra que diferenciam estes 4 métodos do método tradicional.

O setor da Construção em Portugal, comparativamente com as restantes atividades económicas do país, continua a ser aquele que mais contribui para as estatísticas negativas de acidentes de trabalho mortais.

Conforme se pode constatar pelo gráfico e tabela acima e pelos dados publicados pela ACT (Autoridade para as Condições do Trabalho), o setor da Construção foi nos últimos 3 anos responsável por 36% dos acidentes mortais, a grande distância do segundo setor mais flagelado com 16% - as Indústrias Transformadoras.

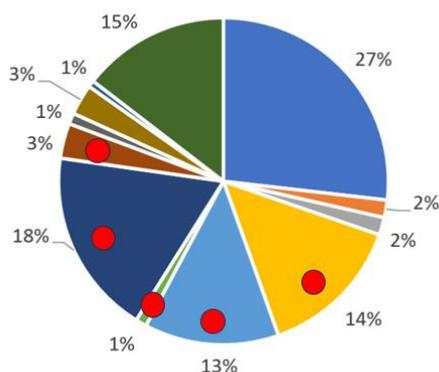


CAE	2020	2021	2022	2023	Peso total
- CAE ignorada	1	1	0	0	0%
A - Agricultura, Produção Animal, Caça, Floresta e Pesca	16	20	18	3	12%
B - Indústrias Extrativas	2	4	2	0	2%
C - Indústrias Transformadoras	20	25	21	8	16%
D - Eletricidade, Gás, Vapor, Água Quente e Fria e Ar Frio	0	0	1	0	0%
E - Captação, Tratamento e Distribuição de Água; Saneamento, Gestão de Resíduos e Despoluição	6	0	2	0	2%
F - Construção	42	55	57	10	36%
G - Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motocicletas	10	11	12	4	8%
H - Transportes e Armazenagem	13	9	8	4	7%
I - Alojamento, restauração e similares	3	2	5	0	2%
J - Atividades de Informação e de Comunicação	1	0	1	0	0%
K - Atividades Financeiras e de Seguros	0	0	0	1	0%
L - Atividades Imobiliárias	0	0	1	1	0%
M - Atividades de Consultoria, Científicas, Técnicas e Similares	0	4	2	0	0%
N - Atividades Administrativas e dos Serviços de Apoio	12	12	5	2	7%
O - Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória	6	3	7	0	4%
P - Educação	0	1	0	0	0%
Q - Atividades de Saúde Humana e Apoio Social	0	0	0	0	0%
R - Atividades Artísticas, de Espetáculos, Desportivas e Recreativas	2	0	0	1	1%
S - Outras Atividades de Serviços	3	2	0	0	1%
T - Atividades das Famílias Empregadoras de Pessoal Doméstico e Atividades de Produção das Famílias para Uso Próprio	0	0	0	0	0%
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>145</b>	<b>142</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Gráfico 13-** Acidentes mortais em Portugal por CAE (Código de Atividade Económica). ACT.

<https://portal.act.gov.pt>. 2023

No gráfico e tabela seguintes é possível observar o desvio comportamental que está na origem do acidente mortal.



Desvio	2020	2021	2022	2023	Peso total
00 - Em averiguação	36	33	40	15	27%
10 - Desvio por problema elétrico, explosão, incêndio - não especificado	1	5	2	0	2%
20 - Desvio por transbordo, derrubamento, fuga, escoamento, vaporização, emissão - não especificado	1	3	2	2	2%
30 - Rutura, arrombamento, rebentamento, resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - não especificado	20	24	19	3	14%
40 - Perda, total ou parcial, controlo máquina, meio transporte - eq. Movimentos, ferramenta manual, objeto, animal - não especificado	13	23	20	5	13%
50 - Escorregamento ou hesitação com queda, queda de pessoa - não especificado	2	3	0	0	1%
51 - Queda de pessoa do alto	26	28	26	5	18%
52 - Escorregamento ou hesitação com queda de pessoa – ao mesmo nível	5	5	5	1	3%
60 - Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão externa) - não especificado	2	2	1	0	1%
70 - Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão interna) - não especificado	5	3	5	1	3%
80 - Surpresa, susto, violência, agressão, ameaça, presença - não especificado	2	0	1	0	1%
99 - Outro desvio não referido nesta classificação	24	20	21	2	15%
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>149</b>	<b>142</b>	<b>34</b>	<b>100%</b>

**Gráfico 14-** Desvio comportamental que está na origem do acidente mortal. ACT. <https://portal.act.gov.pt>. 2023

Não existindo estatística que permita fazer o cruzamento da atividade económica em que o acidente teve lugar com a sua origem comportamental, tentou-se identificar um padrão que permitisse relacionar estas origens com as atividades de maior risco numa empreitada tradicional.

De entre as várias razões que originaram os acidentes, é possível identificar um conjunto de 5 que podem ocorrer com grande probabilidade em ambiente de estaleiro de obra, apesar de não serem exclusivos desse contexto. Todos os desvios comportamentais que estão assinalados com uma circunferência vermelha estão relacionados com quedas, sobretudo em altura, e com manuseamento de equipamentos.

Estes 5 comportamentos referenciados representam 50% das origens de acidentes mortais.

Na tabela seguinte apresentam-se os dados disponíveis relacionados com os Agentes Materiais que estiveram na origem da ocorrência dos acidentes de trabalho mortais.

Considerando que o setor da construção tem relação maioritária com os agentes assinalados a vermelho, verifica-se que 23% das ocorrências tem origem potencial em agentes materiais enquadrados com estaleiros de obra.

**Tabela 13-** Agente material que esteve na origem do acidente de trabalho. ACT. <https://portal.act.gov.pt>.

2023

Agente material	2020	2021	2022	2023	Peso total
00 - Nenhum agente material ou nenhuma informação	13	23	13	3	11%
01 - Edifícios, construções, superfícies, ao nível do solo (interior ou exterior, fixos ou móveis, temporários ou não)	3	5	6	0	3%
02 - Edifícios, construções, superfícies, acima do solo (interior ou exterior)	25	30	23	5	18%
03 - Edifícios, construções, superfícies, abaixo do solo (interior ou exterior)	2	4	1	2	2%
04 - Dispositivos de distribuição de matéria, de alimentação, canalizações	1	1	2	0	1%
05 - Motores, dispositivos de transmissão e de armazenamento de energia	1	0	2	0	1%
06 - Ferramentas manuais - não motorizadas	1	0	1	1	1%
07 - Ferramentas sustidas ou conduzidas manualmente - mecânicas	1	1	1	0	1%
08 - Ferramentas manuais - sem especificações quanto à motorização	0	1	0	0	0%
09 - Máquinas e equipamentos - portáteis ou móveis	23	28	16	3	15%
10 - Máquinas e equipamentos - fixos	3	3	6	0	3%
11 - Dispositivos de transporte e de armazenamento	8	4	3	1	3%
12 - Veículos terrestres	24	20	25	7	16%
13 - Outros veículos de transporte	4	2	6	0	3%
14 - Materiais, objetos, produtos, componentes de máquina, estaminações, peças	4	8	7	0	4%
15 - Substâncias químicas explosivas, radioativas, biológicas	0	0	1	0	0%
16 - Dispositivos e equipamentos de segurança	2	1	1	0	1%
17 - Equipamentos de escritório e pessoais, material de desporto, armas, equipamentos desportivos	0	1	0	0	0%
18 - Organismos vivos e seres humanos	2	1	2	0	1%
19 - Resíduos diversos	1	1	0	1	1%
20 - Fenómenos físicos e elementos naturais	0	1	1	0	0%
99 - Outros agentes materiais não referenciados nesta classificação	19	14	25	11	15%
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>149</b>	<b>142</b>	<b>34</b>	<b>100%</b>

No quadro seguinte é apresentada a estatística dos acidentes de trabalho mortais consoante o local onde os mesmos ocorreram.

**Tabela 14-** Tipo de local onde ocorreram os acidentes mortais. ACT. <https://portal.act.gov.pt>. 2023

Tipo de local	2020	2021	2022	2023	Peso total
000 - Em averiguação	8	5	17	12	9%
010 - Zona industrial - não especificado	27	23	19	5	16%
020 - Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto - NE Estaleiro-edifício em construção	41	49	42	10	31%
030 - Área de agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal - não especificado	17	24	14	1	12%
040 - Local de atividade terciária, escritório, entretenimento, diversos - não especificado	4	7	4	0	3%
050 - Estabelecimento de saúde - não especificado	0	0	1	0	0%
060 - Local público - não especificado	19	20	22	4	14%
070 - Domicílio - não especificado	3	3	1	0	2%
080 - Local de atividade desportiva - não especificado	2	0	0	0	0%
090 - No ar, em altura - com exclusão dos estaleiros - não especificado	4	3	4	1	3%
100 - Subterrâneo - com exclusão dos estaleiros - não especificado	1	1	1	0	1%
110 - Sobre a água - com exclusão dos estaleiros - não especificado	1	4	3	0	2%
120 - Em meio hiperbárico - com exclusão dos estaleiros - não especificado	0	0	0	0	0%
999 - Outro tipo de local não referenciado acima	10	10	14	1	6%
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>139</b>	<b>142</b>	<b>34</b>	100%

Mais uma vez constata-se que os estaleiros de construção civil são os locais com maior incidência (31%), seguidos pelas Zonas industriais com aproximadamente metade desse registo (16%).

Conforme foi referido inicialmente, apesar de não ser possível encontrar uma correlação direta entre os vários métodos construtivos e a ocorrência de acidentes de trabalho são, no entanto, perceptíveis evidências que permitem suportar algumas deduções:

- 37% dos acidentes tem origem em quedas, sendo 18% em altura
- 50% dos acidentes tem origem em comportamentos com elevada probabilidade de ocorrência em estaleiros de obra tradicional: quedas e manuseamento de equipamentos
- 23% dos acidentes estão relacionados com agentes materiais como Edifícios e Construções
- 31% dos acidentes ocorrem em Estaleiros (edifícios em construção) ou Construções

Desta forma os métodos construtivos que assentam parte da execução da construção em elementos pré-fabricados, apresentam uma redução da probabilidade de ocorrência de acidentes em obra, devido a vários fatores:

- As tarefas realizadas em altura são em menor número e têm menor duração no tempo;
- Maior qualificação dos trabalhadores intervenientes na assemblagem (pessoal especializado) e menor número de trabalhadores envolvidos nas operações, reduzindo a exposição a riscos;

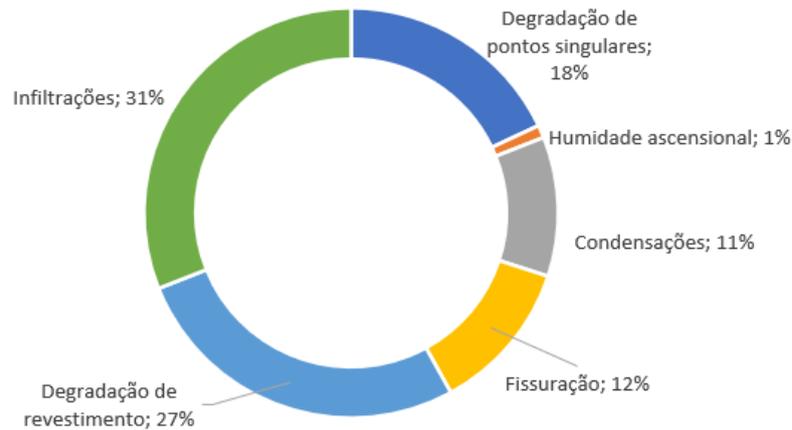
- Utilização de equipamentos de transporte, de elevação e de montagem adequados, existindo menor número de elementos e materiais auxiliares, como por exemplo escoramento, cimbres e cofragem;
- Os elementos construtivos, quando montados em obra, necessitam de muito poucas tarefas até ao seu acabamento final, desempenhando quase de imediato o papel para o qual foram projetados. Por exemplo, o uso de lajes pré-fabricadas irá permitir a utilização mais rápida do pavimento, o que permite o desenvolvimento de outras atividades rapidamente;
- A utilização de elementos pré-fabricados permite a construção em várias frentes de trabalho, pelo que a quantidade de equipamento utilizado e o prazo de execução são necessariamente menores, reduzindo a exposição ao risco;
- Os elementos pré-fabricados são produtos industrializados, sendo o desperdício de materiais mínimo devido à otimização dos materiais e tarefas, resultando numa construção e estaleiro mais “limpos” e com menor geração de resíduos (Leite, 2015).

Pela interpretação dos dados acima apresentados, deduz-se que as atividades com maior incidência nas empreitadas do método tradicional, têm uma probabilidade superior de originar acidentes, pelo maior risco que as mesmas encerram.

### **3.10 Manutenção**

A pouca monitorização existente sobretudo em edifícios de natureza residencial, assim como a juventude de parte dos métodos em estudo, resulta na inexistência de informação que permita concluir sobre as necessidades de manutenção ao longo da vida útil dos edifícios.

A probabilidade de ocorrência de qualquer das patologias referidas de seguida está diretamente relacionada com a qualidade das boas práticas construtivas e com a qualidade dos materiais empregues, independentemente do método construtivo que deu origem ao edifício.



**Gráfico 15-** Apresentação da UC de Patologias e Reabilitação de Edifícios do IPL. (ref<sup>a</sup>. Vasco Freitas – FEUP)

Ainda assim, com base nas características de cada um dos métodos construtivos, é possível antecipar tendências e desempenhos tendo em conta as principais patologias registadas em edifícios, conforme o gráfico acima.

De entre os vários métodos, aquele que tem menor comportamento monolítico é o tradicional, sobretudo pela conjugação que faz dos elementos estruturais com a alvenaria e, por sua vez, desta com os elementos individuais que a constituem. Por este motivo a probabilidade de degradação de pontos singulares e de fissuração é superior.

Um motivo para o aumento da probabilidade de ocorrência de fissuração é precisamente a massa de toda a estrutura e a forma como esta interage com o solo. Neste aspeto o método tradicional, seguido pelo sistema Baupanel® serão os que apresentam maior registo de massa.

Por outro lado as soluções de revestimento interior em painéis de grande dimensão como placas de gesso cartonado, OSB, de óxido de magnésio ou outras, reduzem a ocorrência de fissurações.

Contrariamente, as paredes de alvenaria de tijolo cerâmico ou bloco cimentício, se revestidas unicamente por argamassas, não constituem qualquer obstáculo ao surgimento das fissurações.

Finalmente as condensações, que consistem no processo de transição do estado gasoso para o líquido das partículas de água que se encontram no ar, são originadas pela descida da temperatura destas quando em contacto com os elementos construtivos, quando mais frios que o ambiente interior do edifício.

De todos os métodos em estudo, é o tradicional aquele que apresenta mais pontes térmicas e, como tal, deve ter maior atenção na fase de execução para a mitigação das mesmas e para a concentração de humidades.

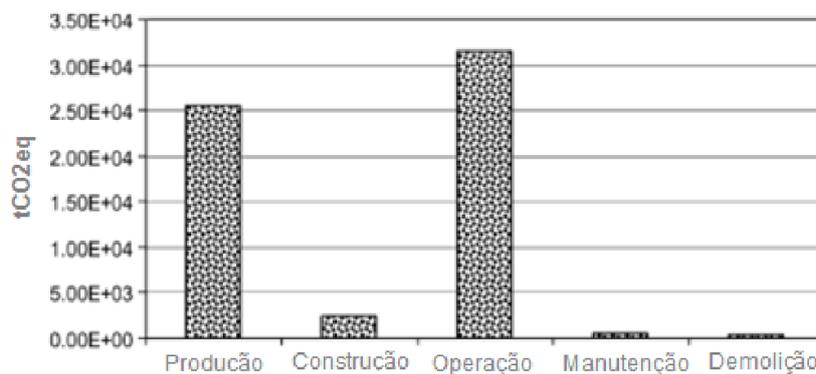
No que à manutenção de instalações diz respeito, a sua substituição ou renovação profunda que exija a remoção das canalizações e secções existentes, é mais facilitada nos métodos em que estas se encontram acopladas às paredes, sem estarem embebidas nas mesmas.

Tal facto poderá acontecer em qualquer um dos 4 métodos alternativos, no entanto é característico dos Sistemas Baupanel® e Fractus.

As empresas instaladoras e construtoras do método Woodframe recomendam para edifícios cujo revestimento exterior não seja em madeira e seus derivados, ciclos de manutenção não inferiores a 8 anos. Tal prática poderá prolongar o tempo de vida útil de uma habitação por um período superior a 100 anos (Morgado, 2012).

### 3.11 Desempenho ambiental

O impacto ambiental dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida é uma consciência cada vez mais relevante e é um parâmetro da decisão de compra ou de construção que está a ganhar importância.



**Gráfico 16-** Emissões de Gases de Efeito de Estufa (EE) em cada fase do ciclo de vida de um edifício. Pires, A. 2016

Esse impacto ambiental afere-se fundamentalmente pela emissão de gases de efeito de estufa e de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) gerados em cada uma das fases do ciclo de vida de um edifício.

Conforme se pode observar na figura acima, as fases de maior relevância ambiental na vida de um edifício, são a Produção e a Operação ou Utilização desses mesmos edifícios.

Se na primeira as emissões são geradas pelo processo produtivo dos materiais incorporados nos edifícios, na segunda essas mesmas emissões resultam da energia consumida para a iluminação, ventilação, aquecimento e arrefecimento dos edifícios.

Existem alguns estudos relacionados com a produção de CO<sub>2</sub> associada aos vários materiais de construção, no entanto nenhum relaciona esses registos com os sistemas de construção em estudo.

A publicação SBE16 Brazil & Portugal, de 2016, da autoria de Sérgio Tavares, é um dos documentos onde são estudados os diferentes materiais de construção no que concerne à emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de gases do Efeito de Estufa (EE) no seu processo produtivo (fase pré-operacional), tendo como base o mercado brasileiro.

Numa primeira análise verifica-se que as fontes de energia utilizadas na produção de cada material é diferente, podendo ser de natureza renovável ou não renovável.

**Tabela 15-** Consumos energéticos utilizados nos processos produtivos de fabricação dos materiais de construção (em %). Tavares, S. 2016

FONTES	FÓSSEIS NÃO RENOVÁVEIS							RENOVÁVEIS				
	ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	COQUE DE PETRÓLEO	OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	CARVÃO MINERAL	COQUE DE CARVÃO MINERAL	ELETRICIDADE	CARVÃO VEGETAL	LENHA	OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	OUTRAS
MATERIAIS												
AÇO E FERRO	1	6					45	10	19			19
ALUMÍNIO	17	13						55				15
AREIA	25	15						30				30
ARGAMASSA <sup>(1)</sup>	30	10		10				30				20
CAL	10	20						15		55		
CERÂMICA REVEST.	15	60	10					15				
CERÂMICA VERM.	4	2	8					5		80		1
CIMENTO	1			70		2		13	3			11
COBRE	10	20				5		60				5
CONCRETO <sup>(2)</sup>	25	15		10				30				20
FIBROCIMENTO <sup>(4)</sup>	15			50				30				5
IMPERMEABILIZANT	5	30				3		30		2		30
MADEIRA <sup>(3)</sup>	5	3	2					8		82		
PAPEL	2	7						15	2	15	45	14
PEDRA	30	10						30				30
PLÁSTICOS	20	20						30				30
TINTAS <sup>(4)</sup>	5	20	5					70				
VIDRO	2	60	10					28				
OUTROS MATERIAIS	4	23	3		7			50	1	12		

Com base na figura acima, é possível verificar alguns materiais mais populares em Portugal e baseados em fontes de energia fósseis, como são o caso do aço e ferro, cimento e vidro.

Apesar da cerâmica vermelha não surgir como utilizadora de fontes de energia não renovável, o seu processo produtivo em Portugal está assente neste tipo de fontes, como o caso do coque ou do gás industrial.

Por outro lado, entre os materiais que utilizam mais fontes de energia renovável, distinguem-se o alumínio, os impermeabilizantes, a madeira, a pedra e os plásticos.

Com base nas emissões geradas no seu processo produtivo é possível determinar os valores de emissões de CO<sub>2</sub> por kg de material de construção utilizado.

**Tabela 16-** Índices de EE e CO<sub>2</sub> embutidos nos materiais de construção por kg. Tavares, S. 2016

MATERIAIS	EE (MJ/kg)	kgCO <sub>2</sub> / kg
AÇO E FERRO	35,0	2,73
ALUMÍNIO	155,0	10,19
AREIA	0,5	0,03
ARGAMASSA <sup>(1)</sup>	2,1	0,34
CAL	3,0	0,87
CERÂMICA REVEST.	3,0	0,29
CERÂMICA VERM.	5,0	0,17
CHAPA DE COMPENSADO	8,0	0,41
CIMENTO	4,5	0,79
COBRE	75,0	3,95
CONCRETO <sup>(2)</sup>	1,2	0,12
FIBROCIMENTO <sup>(3)</sup>	6,0	0,72
IMPERMEABILIZANTES	90,0	5,50
MADEIRA <sup>(4)</sup>	2,0	0,11
PAPEL	20,0	1,54
PEDRA	1,5	0,10
PLÁSTICOS	80,0	5,02
TINTAS <sup>(5)</sup>	75,0	3,57
VIDRO	18,5	0,99
OUTROS MATERIAIS <sup>(6)</sup>	50,0	2,58

Em termos de energia embutida (EE) no processo produtivo destacam-se o alumínio, impermeabilizantes, plástico e tintas.

Numa segunda linha surge o aço e ferro.

Com valores bem mais modestos encontram-se materiais como o tijolo cerâmico, o betão e a madeira.

No que toca às emissões de CO<sub>2</sub>, o desempenho de cada um desses materiais é praticamente proporcional aos registados no indicador anterior.

Apesar do betão não ser dos produtos com maior energia embutida e CO<sub>2</sub> por kg, acaba por ter um papel decisivo nesta análise, uma vez que é dos materiais com maior contributo em

termos de quantidade e peso, tal como o aço, em especial se se estiver na presença do método construtivo tradicional ou de outro que utilize estes dois materiais.

**Tabela 17-** Características e potencial de reutilização e reciclagem (PRR) de alguns materiais de construção. Pires, A. 2013

Material	Caraterísticas	PRR
Madeira	Alto potencial de reutilização desde que estejam em bom estado de conservação. Exemplos: portas e janelas, elementos estruturais, entre outros.	Alto
Metal	Os elementos de construção em aço e em alumínio são potencialmente recicláveis, sendo possível a obtenção destes materiais a partir de material 100% reciclado. Com o aço pode-se reduzir entre 50% a 70% do consumo energético e emissão de GEE e com a reciclagem do alumínio, esse valor, pode diminuir em cerca de 90%.	Alto
Plásticos	A maior parte dos plásticos podem ser granulados e reciclados na produção de novos produtos de plástico. No entanto, as taxas atuais de reciclagem são bastante baixas devido principalmente à elevada variedade de plásticos e à dificuldade que existe em os separar.	Médio
Vidro	Atualmente, a reciclagem do vidro é pouco utilizada mas os produtos de vidro podem ser reciclados se devidamente separados e não contaminados. Em que, o vidro da construção deve ser separado do vidro proveniente do lixo doméstico (garrafas, etc).	Médio
Betão e Produtos Cerâmicos	Os elementos de betão e os produtos cerâmicos, como tijolos e telhas, são dificilmente reutilizados ou reciclados. Tanto os elementos de betão como os produtos cerâmicos depois de britados podem ser reciclados em agregados para fabrico de betão, ou utilizados, por exemplo, como preenchimento de soleiras de edifícios ou como bases e sub-bases de pavimentação.	Baixo

Na última fase do ciclo de vida dos edifícios, conforme se pode concluir da tabela supra, a madeira e o metal são os materiais com maior potencial de reutilização, em oposição ao betão e produtos cerâmicos.

Posto isto, é possível presumir que os edifícios com maior incorporação de betão, alvenaria cerâmica e aço ou outro metal, representam um impacto relevante na emissão de GEE e CO<sub>2</sub>, não apenas pelas emissões que geram na sua produção, mas pelo peso que aportam ao edifício.

Desta forma depreende-se que métodos como o tradicional, os sistema Fractus e Baupanel®, muito exigentes em betão ou aço, saem prejudicados nesta variável de análise.

O método LSF, apesar de se basear na utilização de aço, acaba por aportar uma massa ao edifício inferior ao sistema Fractus, que utiliza uma estrutura em aço laminado.

Finalmente o método Woodframe revela ser o menos contributivo para as emissões gasosas nocivas.

A madeira tem ainda a vantagem de ser proveniente das árvores que são um ser vivo que consome e concentra CO<sub>2</sub> na sua fase de crescimento. Por outro lado, este sistema, pelo facto de ser mais consumidor de madeira e seus derivados, é o que mais promove a replantação e o futuro da produção florestal.

Em sentido contrário, a origem da madeira utilizada neste sistema é maioritariamente oriunda da América do Norte e da Europa do Norte, o que provoca um forte impacto ambiental em termos de transporte.

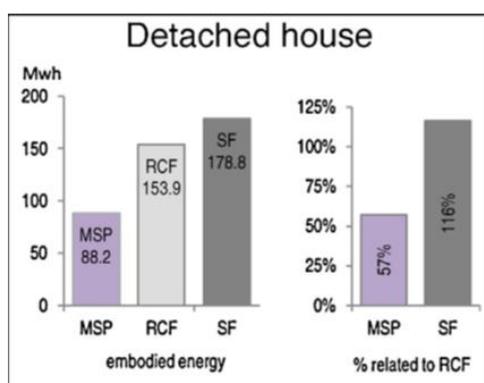
A propósito desta ideia, refira-se que este estudo não entra em consideração com o transporte dos materiais, desde a origem da matéria prima, até ao local de aplicação.

Relativamente ao sistema Baupanel®, o desempenho ambiental, quando comparado com o método tradicional e o sistema de estrutura metálica com alvenaria de tijolo cerâmico, é claramente mais eficiente (Pérez-Garcia, 2014).

Esta é a conclusão do artigo científico já atrás referido que tem como objeto de estudo estes 3 sistemas.

A análise à energia incorporada em cada moradia, teve como pressuposto de cálculo a energia consumida para executar os componentes da moradia, nomeadamente as fundações, estrutura, paredes exteriores e interiores, pavimentos e cobertura.

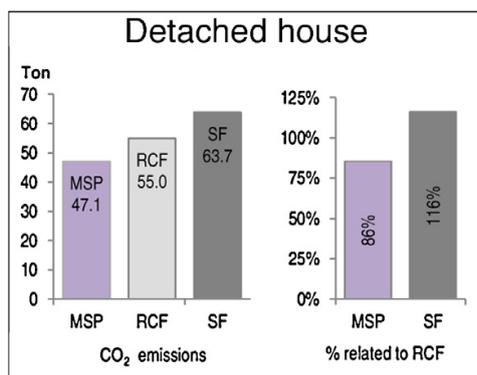
Para além da energia necessária para fabricar os materiais, foi calculada também a energia que seria necessária para o transporte dos mesmos e para o processo construtivo.



**Gráfico 17-** - Energia incorporada em MWh por moradia- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014

Neste campo o sistema Baupanel® apresenta a melhor performance, incorporando uma quantidade de energia inferior em 43% e 51%, relativamente ao método de betão pronto e ao de estrutura metálica.

As emissões de CO<sub>2</sub> foram igualmente calculadas para os 3 cenários construtivos, considerando os processos de fabricação dos materiais, transporte e processo construtivo.



**Gráfico 18-** Emissão de CO<sub>2</sub> em toneladas por moradia - artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014

Os resultados medidos em toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos para a atmosfera não foram muito díspares, no entanto o sistema Baupanel® é o menos poluente, com desvios de 10% e 15% para o método tradicional e o de estrutura metálica, respetivamente.

Posto isto, o desempenho do sistema Baupanel® apresenta-se francamente mais eficiente que os outros dois métodos em análise neste artigo científico.

O sistema Baupanel é, de todos os métodos em estudo, aquele que mais facilmente reutiliza os painéis aplicados, uma vez que os mesmos apenas estão encaixados uns nos outros, bastando retirar previamente o revestimento de acabamento.

### 3.12 Resistência anti-sísmica e anti-fogo

#### Resistência ao fogo

A resistência ao fogo é um dos requisitos de segurança que se encontra regulamentado e em que qualquer que seja a solução construtiva, o mesmo tem que ser cumprido, nomeadamente do que concerne à Classe de resistência ao fogo.

A tabela seguinte apresenta as classes de reação ao fogo e o tempo de resistência das paredes dos métodos construtivos em estudo, assim como de alguns materiais que as constituem.

**Tabela 18-** Tabela com as Classes de reação ao fogo e tempos de resistência de paredes e seus materiais constituintes. Autor (múltiplas fontes). 2023

Produto	Características	Fonte	Classe de reação ao fogo (EN 13501-01)	Tempo de resistência ao fogo (min.)
<b>Materiais</b>				
Painel de gesso cartonado	Espessura nominal >9,5 mm	<a href="http://www.pt.scribd.com">www.pt.scribd.com</a>	A1	60 a 90
Painel OSB	Espessura mínima de 9 mm	<a href="http://www.protech.pt">www.protech.pt</a>	D	-
Painel OSB ignífugo	Espessura mínima de 12 mm	<a href="http://www.globaldis.pt">www.globaldis.pt</a>	B1	-
Ripas de madeira	Espessura mínima de 18 mm	<a href="http://www.protech.pt">www.protech.pt</a>	D	-
Madeira para estruturas	Espessura mínima de 22 mm	<a href="http://www.protech.pt">www.protech.pt</a>	D	-
Tijolo cerâmico		<a href="http://www.cfsantiago.com">www.cfsantiago.com</a>	A1	-
Bloco de betão		<a href="http://www.soplacas.pt">www.soplacas.pt</a>	A1	-
Argamassa de reboco	Argamassa de reboco exterior	Sikacrete	A1	15 a 240
XPS	Poliestireno extrudido	Fibrosom	E	-
EPS	Poliestireno expandido	Fibrosom	E	-
Aço	Perfis de aço leve	<a href="http://www.futureng.pt">www.futureng.pt</a>	A1	30
Lã de rocha		Rockwool	A1	90
<b>Paredes</b>				
Parede de alvenaria de bloco	Bloco de 190 mm com revestimento	<a href="http://www.thorusengenharia.com">www.thorusengenharia.com</a>	-	120
Parede de alvenaria de tijolo	Tijolo de 8 furos com revestimento	<a href="http://www.thorusengenharia.com">www.thorusengenharia.com</a>	-	240
Parede LSF com gesso cartonado	Estrutura LSF com revestimento placas de gesso de 12 mm	<a href="http://www.thorusengenharia.com">www.thorusengenharia.com</a>	-	120
Parede sistema Baupanel	Paredes com núcleo mínimo de 80 mm	Baupanel System	-	150
Parede Sistema Fractus	Paredes standard de 120 mm	Fractus	B	ND

Para melhor entender a tabela supra, a classe de resistência ao fogo (classificada de A a F), corresponde ao descritivo constante na tabela seguinte, tendo sido os valores apurados junto das fontes indicadas na tabela acima.

**Tabela 19-** Classificação da reação ao fogo de acordo com a UNE-EN 13501-1.

[www.corporativo.pladur.com](http://www.corporativo.pladur.com). 2023

Produto	Características
A1	Não combustível, sem contribuição grau máximo
A2	Não combustível, sem contribuição grau menor
B	Combustível, contribuição muito limitada
C	Combustível, contribuição limitada
D	Combustível, contribuição média
E	Combustível, contribuição alta
F	Sem classificação

Como se pode constatar em relação à classe de reação ao fogo, os materiais com melhor desempenho, correspondente a materiais não combustíveis e sem contribuição para a propagação são o gesso cartonado, tijolo cerâmico, bloco de betão, argamassa de reboco, aço e lã de rocha.

Por sua vez os materiais combustíveis e que mais contribuem para a propagação do fogo são, a madeira maciça, OSB, XPS e EPS.

No que se refere ao tempo de resistência ao fogo destes materiais, não existe informação disponível e fiável para todos eles, no entanto é de sublinhar que o gesso cartonado pode resistir até 90 minutos, dependendo da sua espessura do painel e a argamassa de reboco tem uma grande amplitude de desempenho.

Dependendo das características das argamassas existentes no mercado, podendo alcançar os 240 minutos de resistência.

Analisando os dados disponíveis para as paredes dos métodos construtivos em análise, verifica-se que todos apresentam um tempo de resistência superior a 120 minutos, sendo de destacar a parede em alvenaria de tijolo com 240 minutos de resistência.

A parede com segundo melhor registo é a do sistema Baupanel® – 150 minutos.

Sobre a parede do sistema Fractus não existe informação disponível relativamente a este indicador.

A tabela abaixo apresenta as classes e tempos de resistência ao fogo regulamentares na legislação portuguesa.

**Tabela 20-** Tabela com as classes e tempos de resistência ao fogo de vários elementos construtivos. Decreto de Lei 64/90 de 21 de Fevereiro, parte II (edifícios unifamiliares). [www.oasrn.org](http://www.oasrn.org). 1990

Elemento construtivo	TRRF (tempo recomendado de resistência ao fogo) - em minutos	Classe de resistência
<b>Materiais</b>		
Elementos estruturais (de suporte)	30	CF30
Paredes guarda fogo	60	CF60
Pavimentos	30	CF30
Paredes exteriores de construção tradicional	60	PC60
Paredes exteriores de empena	60	CF60
Paredes exteriores de construção não tradicional	Conforme documento de homologação	
Cobertura (quando constituída por laje)	30	PC30

Importa esclarecer, antes de mais, que o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) é o tempo mínimo de resistência, em minutos, de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão modelado por meio de uma elevação padronizada de temperatura.

Esse tempo mínimo é o tempo em que o elemento impede a propagação das chamas sem comprometer a função estrutural (Thórus, 2019).

Dito isto conclui-se que todas as paredes dos métodos em análise cumprem o requisito legal correspondente que é de 60 minutos de resistência, exceto nos casos das paredes exteriores de outros métodos que não o tradicional, em que a legislação remete para o referencial de homologação.

É importante realçar que, independentemente do método construtivo em apreço, o revestimento dos elementos estruturais ou não estruturais, como pórticos, paredes, lajes e cobertura, desempenham um papel crucial na resistência ao fogo, uma vez que é a primeira e a principal barreira à propagação deste e ao dano infligido aos elementos estruturais.

Exemplo destas barreiras são o gesso, as argamassas cimentícias e o tijolo cerâmico, entre outros.

Como é fácil concluir, qualquer um dos métodos construtivos em análise, poderá utilizar estes revestimentos que resultam como excelentes barreiras ao fogo.

Se se expuserem os elementos estruturais diretamente ao fogo, concluímos com base na informação das tabelas acima que quer a propagação deste, quer o colapso da estrutura pela reduzida resistência ao mesmo, são probabilidades elevadas nalguns materiais.

A título de exemplo, a resistência à ação do fogo das estruturas metálicas, quando não são protegidas, raramente é superior a 30 minutos e perdem cerca de 50% da sua resistência mecânica quando aquecidas a uma temperatura de 550 °C (Futureng, 2023). A este facto são sensíveis o método LSF e o sistema Fractus, em estudo.

Por outro lado, segundo um ensaio realizado nos Estados Unidos da América em 2015, em que se expôs uma parede de 18 cm de CLT (madeira laminada cruzada) a um fogo com temperaturas na ordem dos 982 °C, esta suportou cargas durante 3 horas e 6 minutos.

Contrariamente à perceção da generalidade das pessoas, num incêndio, a carbonização da camada exterior da madeira protege o seu núcleo, razão pela qual a sua resistência alcança valores muito interessantes. Apesar disto, a madeira é um produto combustível, e como tal contribui para a propagação do fogo (Bland, 2023).

### **Resistência ao sismo**

Os sismos são o resultado de uma libertação súbita de energia que se propaga sob a forma de ondas sísmicas. A maior parte dos sismos (cerca de 95%) são de origem tectónica, isto é, resultam da libertação de energia quando dois blocos se deslocam ao longo de uma falha, depois de terem sido submetidos à ação de forças. Após atingir o seu limite de

elasticidade, isto é, ultrapassado o limite de resistência à deformação, o material entra em rutura, libertando a energia acumulada (LNEC, s.d.).

Apesar dos movimentos verticais que provocam, é sobretudo a aceleração horizontal brusca e irregular que provoca mais danos e devastação, nomeadamente nos edifícios.

De modo a controlar os efeitos destes movimentos, os elementos estruturais cobertura e lajes devem estar ligados às paredes, até às fundações.

Além disso, a perda de esquadria das paredes deve ser reduzida a níveis toleráveis. Coberturas, lajes e paredes devem ser dimensionadas para limitar o movimento e, preferencialmente, transferir as cargas para as paredes resistentes às acções horizontais (usualmente designadas por *shear walls*), aquelas destinadas a garantir a esquadria do edifício, e daí para as fundações (Futureng, 2023).

Materiais como o aço e a madeira, pela sua capacidade resistente à flexão e torção, conseguem absorver de forma mais eficiente a energia do sismo.

Outra das vantagens, comparativamente com a solução de estrutura de betão e alvenaria, é que sendo mais leves e tendo menor inércia, as estruturas de aço e madeira oferecem menor resistência ao movimento e, como tal, as forças do sismo não são tão abruptas e são mais diluídas por toda a estrutura.

Uma evidência histórica deste facto é a importância que a “Gaiola Pombalina” (estrutura treliçada de madeira em paredes) teve na época posterior ao grande terramoto de 1755, precisamente pela preocupação com a segurança e resistência a futuros fenómenos sísmicos.

Face à madeira, o aço tem algumas vantagens, como por exemplo o facto de ser consistente e homogéneo em todas as direcções uma vez que não é uma estrutura natural com algumas imperfeições, como é o caso da madeira.

Tal como na resistência ao fogo, também a resistência ao sismo é um requisito regulamentado, havendo inclusive um Eurocódigo dedicado à resistência das estruturas a este fenómeno (NP EN 1990. Eurocódigo 8).

Como tal, qualquer edifício construído em Portugal, independentemente do sistema em que seja construído, tem que cumprir os requisitos de segurança contra sismos.

Qualquer um dos 5 métodos em análise pode ter um comportamento muito positivo num evento sísmico, desde que a arquitetura e o dimensionamento estrutural tenha sido projetado e executado de forma competente.

Dos 5 métodos construtivos em análise, à exceção do método tradicional e do sistema Fractus, os restantes 3 são caracterizados por terem paredes com função estrutural, apresentando um comportamento monolítico.

A massa de toda a estrutura também é um fator com relevo, dando vantagem aos sistemas mais leves: LSF e sistema Fractus.

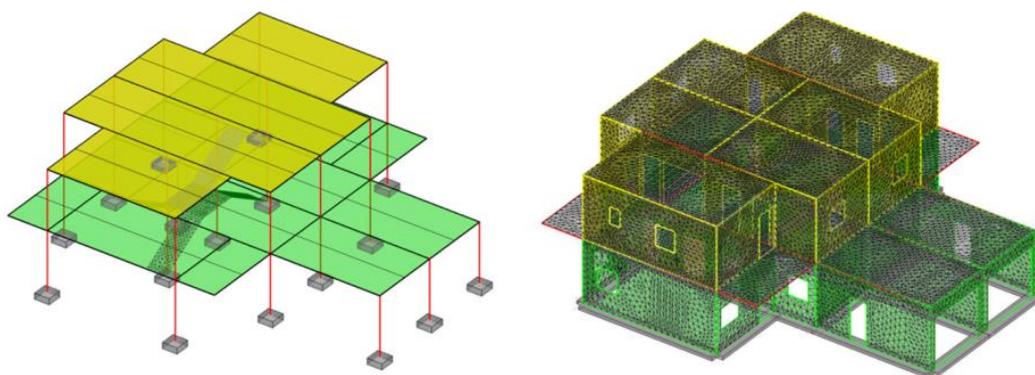
Finalmente, o material dominante nestes sistemas também é um fator diferenciador, sendo o aço o material com melhores características para mitigar os efeitos dos movimentos horizontais de um sismo. Neste ponto os sistemas LSF e Fractus levam vantagem.

O artigo científico *“Building’s eco-efficiency improvements based on reinforced concrete multilayer structural panels (MSP, RCF, SF)”*, ao qual já se fez atrás referência, vem apresentar uma análise bastante interessante sobre o comportamento ao sismo de uma moradia construída nos sistemas Baupanel®, betão e alvenaria e estrutura metálica e alvenaria.

Esta análise foi feita com base num modelo teórico que se passa a apresentar.

Em primeiro lugar foi feita a modelação das fundações e estrutura de cada método.

Na figura abaixo é bem perceptível o modelo de estrutura dos métodos com estrutura de betão armado e com estrutura metálica, à esquerda. Nestes casos a estrutura é representada por vigas, pilares e lajes, para além das fundações.

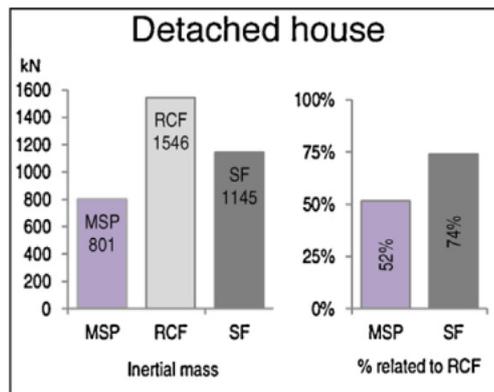


**Figura 79-** Modelo de estrutura e fundações - artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-García. 2014

Por sua vez o modelo de estrutura do sistema Baupanel® (à direita) demonstra bem a sua característica monolítica, em que todos os elementos são estruturais – fundações, paredes, lajes e cobertura. Apesar das paredes, nos sistemas de betão armado e de estrutura metálica, não serem estruturais, pelo facto de estarem confinadas entre os elementos

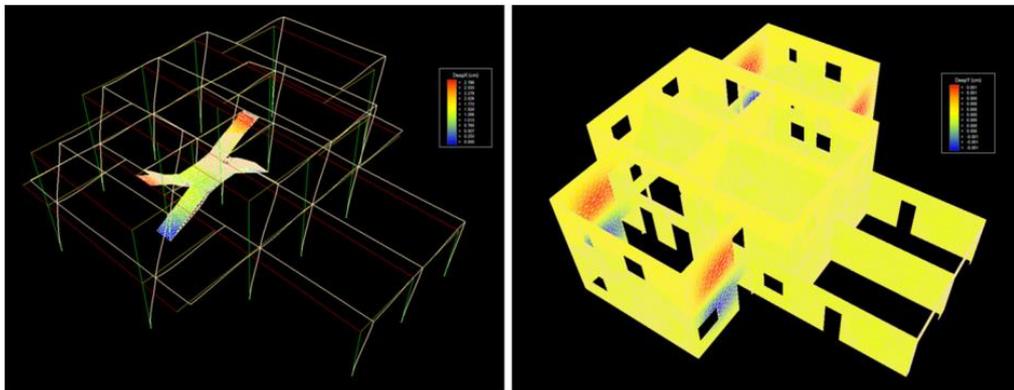
estruturais, conferem uma rigidez adicional à estrutura. Tal facto reduz o período de vibração e, como tal, aumenta a magnitude do efeito e força do sismo.

No modelo do sistema Baupanel®, todos os elementos da estrutura foram modelados como malhas planas de elementos finitos interligados. O resultado é uma estrutura celular muito rígida e leve, que se comporta como um conjunto de tubos interligados entre si, caracterizado por um desempenho intrínseco superior quanto às forças sísmicas.



**Gráfico 19-** Massa de inércia gerada pelas forças de aceleração sísmica- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014

Como é possível observar na imagem abaixo, a menor inércia do sistema Baupanel®, associada à sua estrutura monolítica, resulta em movimentos de menor amplitude, quando sujeita à aceleração sísmica.



**Figura 80-** Flexão e movimentos da estrutura de uma habitação sujeita à força sísmica- artigo científico MSP, SF, RCF (cortesia Buildity). Pérez-Garcia. 2014

Tal significa que, não só este método resulta num sistema mais forte e rígido, como estará sujeito a efeitos menos adversos, num fenómeno sísmico, atendendo à sua inércia mais reduzida.

Esta conclusão pode ser extrapolada para os restantes sistemas caracterizados por uma estrutura tipicamente monolítica, como é o caso do LSF e Woodframe.

Salvaguardando as devidas diferenças, o sistema Fractus tem alguma similitude com a estrutura metálica com alvenaria, representada neste estudo, apesar de ter uma massa substancialmente inferior.

#### 4 Projeto de moradia unifamiliar

O edifício objeto do presente trabalho é uma moradia com dois pisos – cave semi-enterrada e rés do chão – a construir na localidade da Moita, em Fátima.

À data da conclusão deste trabalho, o projeto da moradia encontrava-se em aprovação na C.M. de Ourém.



**Figura 81-** Imagem 3d da moradia de Christopher Laboe – projeto de arquitetura da autoria de Pedro Mortal. 2023

A moradia possui uma implantação de 139,10 m<sup>2</sup> e apresenta uma arquitetura simples com acabamento exterior em argamassa pintada e cobertura inclinada com telha cerâmica.

O quadro de áreas é o que se apresenta de seguida.

**Tabela 21-** Mapa de áreas do projeto

Parâmetro	Área	Uni.
Área do terreno	690,00	m <sup>2</sup>
Embasamento do piso 0	139,10	m <sup>2</sup>
Embasamento do piso de cave	139,10	m <sup>2</sup>
Área Bruta Privativa Piso 0	128,30	m <sup>2</sup>
Área Bruta Privativa Piso Cave	76,50	m <sup>2</sup>
Garagem cave	51,80	m <sup>2</sup>

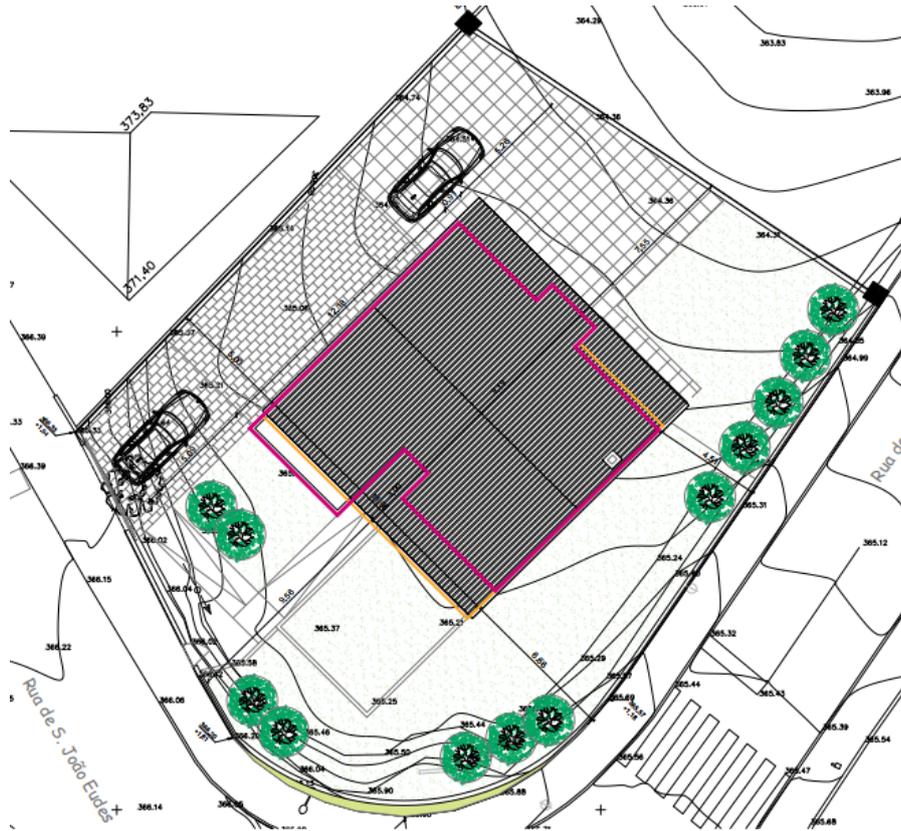


Figura 82- Planta de implantação sobre levantamento topográfico. Autoria de Pedro Mortal. 2023

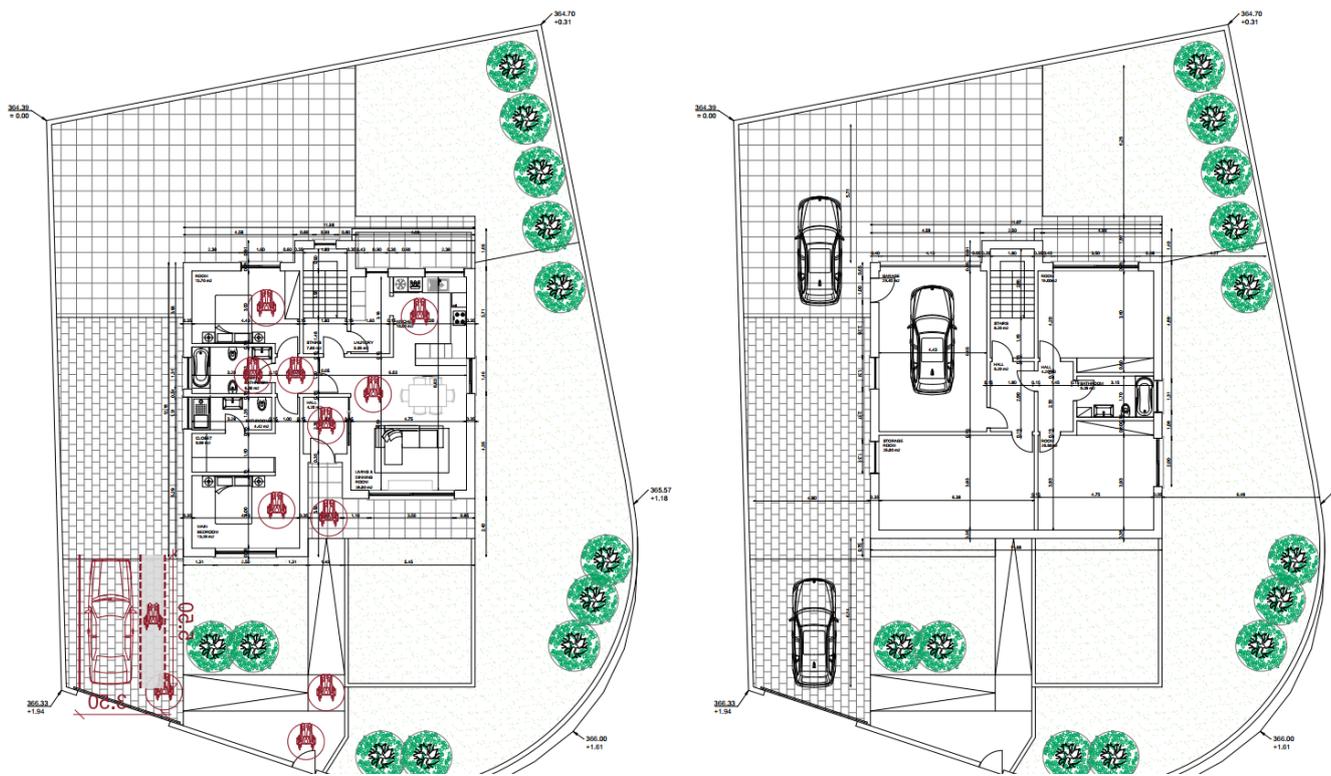
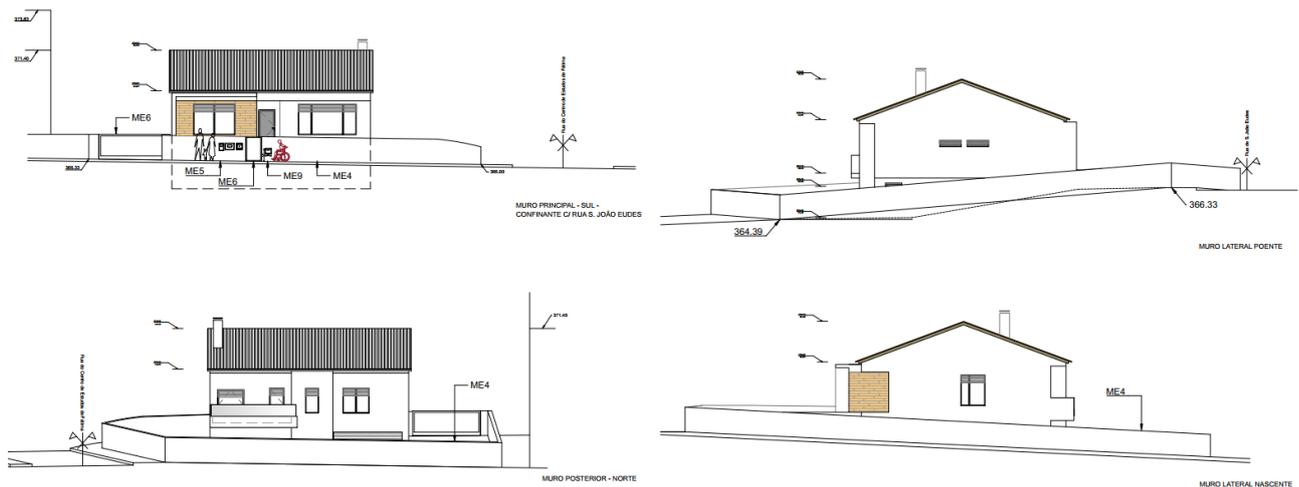


Figura 83- Planta da cave e do piso 0. Autoria de Pedro Mortal. 2023



**Figura 84-** Alçados e muro de vedação. Autoria de Pedro Mortal. 2023

A estrutura proposta no projeto elaborado é em betão armado.

É composta por fundações em sapatas, contínuas e isoladas e muro de contenção de terra, nas áreas em contacto com o terreno.

A laje térrea será maciça, não ventilada e realizada sobre camada de *toutvenant* e filme de polietileno, garantindo o devido isolamento. As lajes de piso serão em sistema aligeirado, conforme previsto no projeto de estabilidade.

A laje de cobertura, em ripado de betão será devidamente acabada em telha cerâmica à cor natural.

Sobre as lajes e lâminas de compressão está prevista a aplicação de enchimentos e isolamentos, conforme mapa de quantidades em anexo.

As paredes são propostas em panos de alvenaria em tijolo cerâmico de 11 cm nos panos interiores e alvenaria de tijolo cerâmico de 15 cm nas paredes exteriores.

Em alternativa admitiam-se propostas de pano simples em bloco térmico ou tijolo térmico, com o respetivo isolamento exterior em ETICS.

A cobertura é em telha cerâmica à cor natural. É proposta a tipologia de telha lusa.

Em termos de isolamentos as especificações são as seguintes:

- Isolamento e impermeabilização de laje térrea;
- Aplicação de emulsão betuminosa na proteção de elementos de fundação enterrados;
- Dreno perimetral na zona dos muros de suporte, incluindo manta geotêxtil, camada de brita e geodreno;

- Isolamento térmico em lajes de piso (Cave, Piso térreo e Laje de esteira/transição para cobertura);
- Isolamento térmico em paredes perimétricas ao nível do piso 0.

Todos os restantes componentes de obra foram especificados e detalhados, nomeadamente as carpintarias, portas e caixilharias, cantarias, acabamentos e revestimentos, loiças, equipamentos, serralharias, sistema AVAC, cozinha e arranjos exteriores, no entanto não são aqui detalhados pois são irrelevantes para o âmbito do presente trabalho.

#### 4.1 Custo de construção

A análise da variável do custo de construção assentou no testemunho dos empreiteiros consultados e que apresentaram proposta para a execução da moradia objeto deste trabalho.

**Tabela 22-** Consultas efetuadas a empreiteiros

Método Construtivo	Respostas
Sistema Baupanel	1
LSF	2
Sistema Fractus	1
Método tradicional	4
Wood frame	3
<b>Total Geral</b>	<b>11</b>

Estas propostas foram resultado de um processo de consulta idêntico para todos os empreiteiros, diferindo apenas no método construtivo da estrutura e alvenarias, em particular acima do piso de cave.

O processo de consulta efetuada aos vários empreiteiros assentava nos mesmos requisitos, nomeadamente:

- Empreitada: construção de 1ª fase de moradia com cave semi-enterrada e rés-do-chão
- Trabalhos a orçamentar:
  - Montagem de estaleiro;
  - Movimentação de terras;
  - Fundações, ensoleiramento geral e super-estrutura da cave;
  - Alvenaria da cave em bloco cimentício;
  - Estrutura e alvenaria do rés-do-chão e cobertura consoante o método construtivo em apreço;

- Revestimento da cobertura em telha cerâmica;
  - Impermeabilização e isolamento térmico e acústico de toda a construção;
  - Instalações técnicas: apenas aplicação de tubagem, ductos e negativos;
  - Revestimento exterior concluído exceto a pintura;
  - Fornecimento e aplicação de caixilharia e cantarias;
  - Todo o interior da moradia deverá ficar em tosco, sem acabamentos e revestimentos;
  - Direção Técnica da obra;
- Localização: Moita, freguesia de Fátima, concelho de Ourém;
- Início da empreitada: 4º trimestre de 2023.

Os trabalhos solicitados nesta primeira fase de construção cingem-se ao tosco da empreitada.

Esta é a fase mais distintiva entre os vários métodos construtivos em análise, pois todos os outros trabalhos para conclusão da obra são equiparáveis e transversais a todos os métodos, nomeadamente as acabamentos e revestimentos, as instalações técnicas, a instalação de equipamentos, carpintarias e arranjos exteriores, entre outros.

Os elementos facultados para a apresentação de propostas foram os seguintes:

- levantamento topográfico;
- projeto de arquitetura;
- projeto de estabilidade;
- projeto de vãos;
- projetos de especialidades;
- mapa de quantidades e trabalhos;
- memória descritiva;
- imagens 3D.

As especificações fornecidas aos empreiteiros do método Tradicional foram as constantes nos elementos do processo de consulta, em anexo.

Relativamente aos demais empreiteiros dos outros métodos e sistemas, foi solicitado que adaptassem os elementos fornecidos aos seus respetivos sistemas construtivos.

À semelhança do que foi referido na variável Prazo, à exceção do sistema Baupanel®, todos os restantes assumiram que a cave será construída em estrutura de betão armado e alvenaria de bloco, atendendo às limitações dos sistemas LSF, Woodframe e Fractus em construção soterrada.

Como tal, os construtores destes 3 métodos apresentaram proposta apenas para a construção que seria da sua responsabilidade, ou seja, da laje de teto da cave para cima, exclusive. Para que todas as propostas fossem comparáveis e uma vez que há dois sistemas que respondem na íntegra a todas as fases do caderno de encargos, assumiu-se para os 3 métodos acima referidos, que o custo de construção para todos os trabalhos até à laje de teto da cave fossem comuns com os do método tradicional.

Desta forma as fases e tarefas da obra cujo custo é comum para esses 4 métodos são as seguintes:

- Movimentação de terras
- Fundações e super-estrutura da cave
- Ensoleiramento geral da cave
- Alvenaria da cave em bloco cimentício
- Isolamento e impermeabilização da cave
- Laje de teto da cave

Os pressupostos assumidos para homogeneizar e tornar as propostas comparáveis foram os seguintes:

- Os valores são apresentados sem IVA (Imposto sobre o Valor Acrescentado)
- As propostas que não apresentaram valor para a construção da cave em betão e alvenaria, tiveram esta rubrica acrescentada e valorizada ao valor médio das propostas dos construtores do método tradicional, para esta fase da empreitada
- Os acertos de trabalhos a retirar ou a acrescentar às propostas foi feito com base nos valores unitários médios apresentados pelos restantes construtores ou, à falta destes, pelos valores disponíveis no gerador de preços para a construção civil em Portugal <http://www.geradordeprecos.info/>, criada pela Cype Ingenieros, S.A., acrescidos de uma margem de 20%
- As propostas consideradas nesta análise foram apresentados entre Maio e Agosto de 2023, com uma validade não superior a 60 dias e não tendo sido objeto de negociação
- Os valores a considerar para cada método, resultaram da média simples das respostas recebidas

- As propostas que, após a devida homogeneização, apresentaram um valor superior a 40% da média das restantes do mesmo método, foram excluídas

Antes de passar à análise dos preços apurados, há que fazer um enquadramento teórico, esclarecendo que a criação de um preço de venda para qualquer produto ou serviço, nomeadamente um serviço de construção, reveste-se de variáveis objetivas e subjetivas.

Assim, a construção de um preço baseia-se em um de 3 critérios, ou na conjugação de vários (Lendrevie, 2018):

- Custo dos materiais e serviços incorporados acrescido da margem do empresário
- Preço de venda praticado no mercado
- Preço que o cliente está disposto a pagar

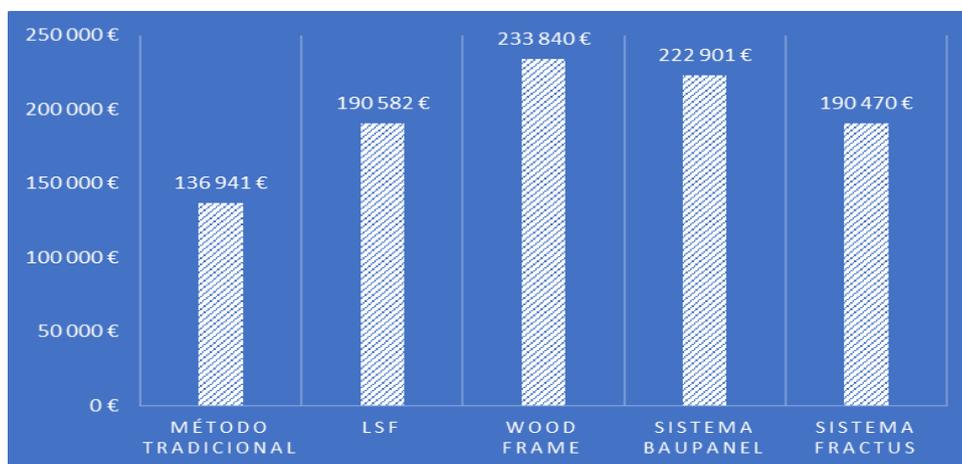
Nestes critérios é possível enquadrar fatores com alguma subjetividade que justificam preços diferentes para produtos, aparentemente equiparados.

São eles os casos da disponibilidade de recursos próprios da parte do empreiteiro, da sua capacidade de negociação junto de fornecedores, da disponibilidade temporal face à exigência do cliente e do seu interesse efetivo em realizar a empreitada.

Por outro lado, há um conjunto de variáveis externas alheias ao empreiteiro tais como a disponibilidade e os custos de subempreitadas e materiais, entre outros.

A combinação de todos estes fatores explica por que razão não é provável que se obtenham dois preços iguais para a mesma empreitada.

Dito isto, os valores que resultaram das propostas recebidas e da homogeneização das mesmas, foram os seguintes:



**Gráfico 20-** Custo de construção dos dois pisos (valor do IVA a acrescentar à taxa em vigor). Autor. 2023

**Tabela 23-** Custo de construção dos dois pisos (valor do IVA a acrescentar à taxa em vigor). Autor. 2023

Método Construtivo	Valor Homogeneizado	Valor / m <sup>2</sup> ABP (278 m <sup>2</sup> )	Melhor preço	Desvio
Método Tradicional	136 941 €	492,52 €	1	0%
LSF	190 582 €	685,45 €	3	39%
Wood frame	233 840 €	841,03 €	5	71%
Sistema Baupanel	222 901 €	801,69 €	4	63%
Sistema Fractus	190 470 €	685,05 €	2	39%

Conforme se constata, o método tradicional é o mais competitivo, sendo o segundo ocupado pelos métodos LSF e Fractus com uma diferença considerável, de 39%. Os restantes métodos superam a barreira dos 200.000€, em especial o Woodframe com 233.840€, o que corresponde a mais 71% que o método mais económico.

Os preços superiores registados pelos métodos alternativos face ao método tradicional poderão estar relacionados com os seguintes fatores:

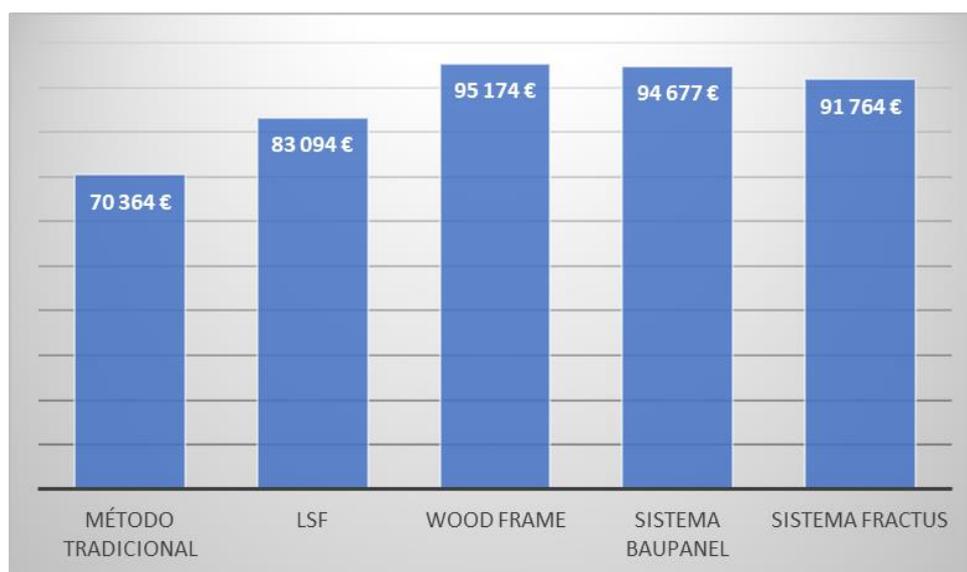
- materiais utilizados de uso menos corrente e custo dos mesmos
- exigência de mão-de-obra mais especializada, em particular na fase de fabrico dos componentes
- reduzida concorrência no mercado, tendo em conta a juventude destes métodos

Numa tentativa de apurar melhor os custos de cada método, retirou-se o efeito da cave e das restantes atividades da empreitada até ao início da construção do piso 0, para que os valores fossem mais ajustados à vocação dos métodos alternativos.

Com base nas mesmas propostas retiraram-se as seguintes fases da empreitada:

- Estaleiro
- Movimentação de terras
- Fundações, lajes de piso e teto da cave e restante estrutura e alvenarias

Os resultados foram os seguintes.



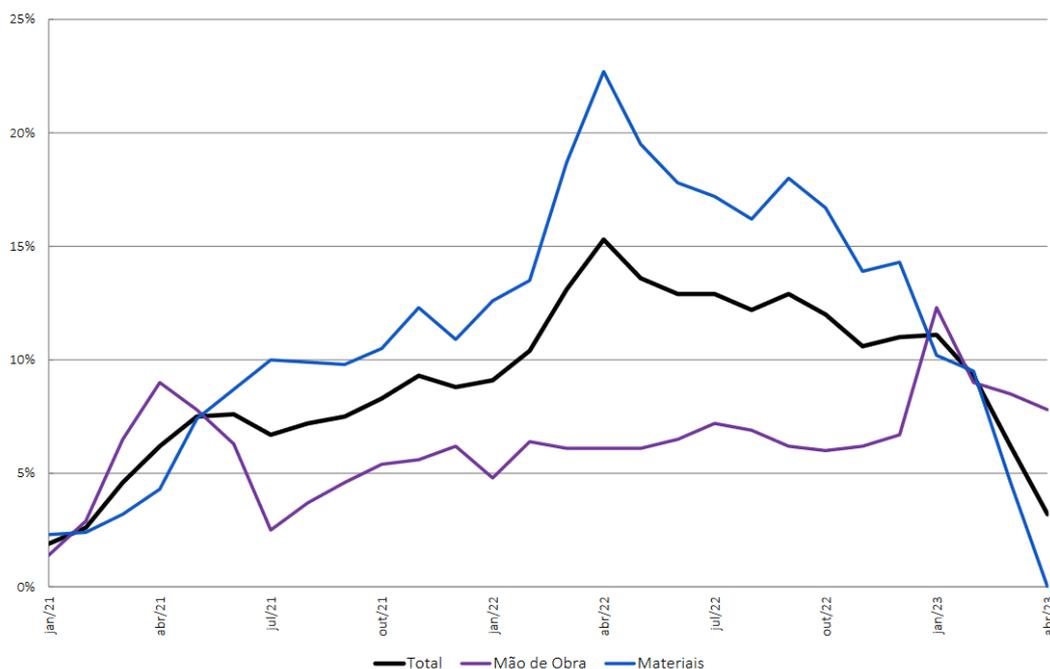
Método Construtivo	Valor Homogeneizado	Valor / m2 ABP (139 m <sup>2</sup> )	Melhor preço	Desvio
Método Tradicional	70 364 €	506,21 €	1	0%
LSF	83 094 €	597,80 €	2	18%
Wood frame	95 174 €	684,71 €	5	35%
Sistema Baupanel	94 677 €	681,13 €	4	35%
Sistema Fractus	91 764 €	660,17 €	3	30%

**Gráfico 21-** Custo de construção do piso 0 (valor do IVA a acrescentar à taxa em vigor). Autor. 2023

Curiosamente a ordem de preços manteve-se idêntica, no entanto com menores diferenças. Desta vez o preço mais elevado tem apenas uma diferença de 35% do método tradicional. Presume-se que este facto fica a dever-se à anulação de uma empreitada da equação que não é executada diretamente pelos construtores e instaladores dos 4 métodos construtivos em análise, mas por subempreiteiros e, como tal, torna-os menos competitivos por esse facto.

### Tendência

Olhando para os indicadores de preços da construção disponibilizados pelo INE – Instituto Nacional de Estatística - em Junho de 2023, verificamos que desde Fevereiro de 2021 e até Abril de 2023, o índice de custos de construção para habitação nova, em termos homólogos, tem crescido a uma taxa superior a 5%, conforme gráfico infra.



**Gráfico 22-** Índice de custos de Construção para habitação nova (taxa de variação homóloga). INE. 2023

Constata-se igualmente que a subida de preços tem desacelerado desde Abril de 2022, tendo reduzido fortemente desde o início deste ano, cifrando-se em 3,2% em Abril, face a Abril do ano transato.

Esta desaceleração deveu-se em grande parte à diminuição do crescimento dos custos de Materiais, tendo registado um crescimento nulo em Abril de 2023, em termos homólogos anuais.

Por sua vez o custo de mão de obra apresentou um crescimento de 7,8% face a Abril de 2022. A este facto não é estranho o aumento do salário mínimo no início do ano.

Entre os materiais que mais influenciaram o aumento de preço encontram-se o cimento e o betão pronto, com crescimento homólogo superior a 20% e 15%, respetivamente, assim como as madeiras e derivados de madeira, com variações superiores a 15%.

Em sentido contrário, o aço para betão e perfilados pesados e ligeiros e a chapa de aço macio e galvanizada sofreram decréscimos de aproximadamente 30% em termos homólogos (INE, 2023).

A manter-se esta tendência, métodos construtivos com maiores necessidades de mão de obra e mais alicerçados em cimento e betão tenderão a ver os seus preços subir de forma consolidada.

É o caso do método Tradicional e do sistema Baupanel®.

Por outro lado, sistemas construtivos mais assentes em soluções metálicas e pouco exigentes em quantidade de mão de obra, tenderão a ver os seus preços estabilizarem, como são os casos do sistema LSF e o sistema Fractus.

Por fim, apesar de não ser uma realidade ainda aos dias de hoje, a duração da empreitada mais curta permite ter custos de estaleiro inferiores, assim como a reduzida utilização de meios de transporte e de meios de elevação exponenciam a poupança (Correia, 2015).

### **Custos de Operação**

Para além do custo de construção (vulgarmente designado de CAPEX), e tratando-se de um ativo com um tempo de vida útil de longo prazo, é interessante estimar os custos que os proprietários terão durante o período de utilização de um edifício (designado de OPEX).

No que ao OPEX diz respeito, para além dos gastos de manutenção e pequena reabilitação decorrentes de intervenções nos elementos construtivos, importa estimar os gastos com energia para o aquecimento e arrefecimento do edifício.

Esta última variável está diretamente relacionada com a eficiência térmica e energética dos elementos construtivos do edifício.

Segundo Andrade, R. (2016), em que são analisados os gastos iniciais e ao longo de 15 anos de utilização de um edifício construído pelo método Tradicional e outro pelo método LSF, a projeção dos custos ao longo de 14 anos são é a seguinte.



**Gráfico 23-** Estimativa dos custos iniciais e custos em eletricidade, durante 14 anos, para o método Tradicional e LSF. Andrade, R. 2016.

Pela análise do gráfico é possível constatar que o custo inicial mais elevado do LSF, é diluído no tempo pela poupança de eletricidade consumida para as necessidades energéticas do edifício, face ao tradicional.

Este resultado demonstra a superior eficiência energética do método LSF, no caso do edifício em estudo pelo autor acima.

Teoricamente os métodos construtivos com prazos mais rápidos de construção e com soluções de pré-fabricação, têm uma vantagem clara sobre o método tradicional.

Estas conclusões são extensíveis a cada um dos 4 métodos alternativos, tendo em conta características como os excelentes desempenhos térmicos e a inexistência de pontes térmicas no seu processo construtivo.

#### 4.2 Prazo de construção

A variável Prazo, apesar de assentar em variáveis objetivas, como por exemplo o tempo de cura do betão, o prazo necessário para a desmoldagem ou para a retirada dos escoramentos, está dependente de um conjunto de fatores mais subjetivos e imponderáveis que vão condicionar o desempenho final do projeto.

Alguns desses fatores são de foro interno ao empreiteiro como o correto planeamento da empreitada, a disponibilidade de mão de obra e de equipamento da sua parte e o interesse efetivo deste em realizar a empreitada.

Por outro lado, há um conjunto de condicionantes externas que extravasam a responsabilidade do empreiteiro como o clima, a disponibilidade de subempreiteiros e materiais, as cadeias de distribuição, a competência do projeto, os licenciamentos das entidades competentes, a capacidade de decisão do dono de obra, a localização da empreitada, as características do solo e fatores climáticos, entre outros.

Os métodos alternativos que recorrem à pré-fabricação não são afetados com a mesma intensidade por alguns fatores tais como o clima, o tempo de cura dos materiais, a moldagem e desmoldagem do betão e a dependência da disponibilidade de subempreiteiros em tarefas importantes tais como os armadores de ferro e os carpinteiros de cofragem. Desta forma é natural que tenham um controlo mais apertado em todo o processo construtivo e, por conseguinte, no prazo de construção necessário.

Todas estas condicionantes conjugadas podem resultar em mapas de trabalhos e compromissos de prazos diferentes consoante o empreiteiro consultado.

Os métodos Tradicional e Fractus são os únicos que recorrem a elementos estruturais (pilares e vigas) separados dos restantes (paredes e lajes), portanto têm nesse aspeto um número superior de tarefas construtivas.

Refira-se ainda que, pelo facto da moradia objeto das consultas ter a cave semi-enterrada exigiu que este piso fosse construído segundo o método tradicional. Este foi um requisito imposto por todos os construtores, à exceção do sistema Baupanel®, que assegura a construção integral pelo mesmo método e do sistema Fractus que constrói com base na estrutura metálica.

Deste modo, foi com base nesta amostra e nas propostas objetivas recebidas, conforme tabela constante no ponto anterior, que foram analisados os diferentes prazos de execução das várias tarefas dos diferentes métodos construtivos.

Importa afirmar que se considerou como início da empreitada o momento em que efetivamente o empreiteiro inicia os seus trabalhos no âmbito da obra, sejam eles de preparação ou de início efetivo dos trabalhos no estaleiro de obra, independentemente da data de adjudicação.

Com base nos testemunhos dos empreiteiros contactados, a calendarização dos trabalhos é a que segue detalhada no mapa abaixo.

Refira-se que o sistema Baupanel® é o único para o qual não foi apresentado um prazo.

Está assinalado com a cor laranja as atividades e prazos que não dependem diretamente do construtor, mas de outro subempreiteiro e a verde as tarefas que são executadas por si.

**Tabela 24-** Calendarização dos trabalhos de construção da moradia de Fátima. Autor. 2023

<b>Método Tradicional</b>		Mês 1				Mês 2				Mês 3				Mês 4				Mês 5				Mês 6				Mês 7				Mês 8				Mês 9						
Refª	Tarefa / semanas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
0	Adjudicação	█																																						
1	Montagem de estaleiro e preparação de trabalhos		█	█	█	█																																		
2	Movimentação de terras		█	█	█	█	█	█	█																															
3	Fundações e drenagem						█	█	█	█																														
4	Estrutura global e paredes cave									█	█	█	█	█	█	█	█	█																						
5	Cobertura Lajes e (telhado)																		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
6	Alvenarias e isolamentos																																							
7	Cantarias																																							
8	Caixilharias																																							

<b>Método LSF</b>		Mês 1				Mês 2				Mês 3				Mês 4				Mês 5				Mês 6				Mês 7				Mês 8				Mês 9							
Refª	Tarefa / semanas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
0	Adjudicação	█																																							
1	Montagem de estaleiro e preparação de trabalhos		█	█	█	█																																			
2	Movimentação de terras		█	█	█	█	█	█	█																																
3	Fundações e drenagem						█	█	█	█																															
4	Estrutura global e paredes cave									█	█	█	█	█																											
5	Cobertura Lajes e (telhado)																																								
6	Alvenarias e isolamentos																																								
7	Cantarias																																								
8	Caixilharias																																								

<b>Método Woodframe</b>		Mês 1				Mês 2				Mês 3				Mês 4				Mês 5				Mês 6				Mês 7				Mês 8				Mês 9								
Refª	Tarefa / semanas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
0	Adjudicação	█																																								
1	Montagem de estaleiro e preparação de trabalhos		█	█	█	█																																				
2	Movimentação de terras		█	█	█	█	█	█	█																																	
3	Fundações e drenagem						█	█	█	█																																
4	Estrutura global e paredes cave									█	█	█	█	█																												
5	Cobertura Lajes e (telhado)																																									
6	Alvenarias e isolamentos																																									
7	Cantarias																																									
8	Caixilharias																																									

<b>Sistema Fractus</b>		Mês 1				Mês 2				Mês 3				Mês 4				Mês 5				Mês 6				Mês 7				Mês 8				Mês 9								
Refª	Tarefa / semanas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
0	Adjudicação	█																																								
1	Montagem de estaleiro e preparação de trabalhos		█	█	█	█																																				
2	Movimentação de terras		█	█	█	█	█	█	█																																	
3	Fundações e drenagem						█	█	█	█																																
4	Estrutura global e paredes cave									█	█	█	█	█																												
5	Cobertura Lajes e (telhado)																																									
6	Alvenarias e isolamentos																																									
7	Cantarias																																									
8	Caixilharias																																									

Como é possível verificar, o sistema Fractus é aquele que apresenta um prazo de execução mais curto (4,5 meses), apenas 2 semanas menos que os sistemas LSF e Woodframe.

Por sua vez o método tradicional apresenta um prazo de 9 meses, ou seja, o dobro dos restantes métodos.

Conclui-se que esta diferença poderia ser ainda maior no caso de uma empreitada sem cave, uma vez que os 3 métodos alternativos aqui referidos necessitam apenas de 2 meses para executar as suas tarefas.

Refira-se no entanto que estes métodos têm necessidade de uma tarefa que não é tão exigente no método tradicional – a preparação da obra e materiais, nomeadamente a modelação, encomenda, compra de materiais, produção, corte de peças e montagem em fábrica. No caso desta empreitada esta tarefa não influi no prazo final uma vez que o prazo necessário para a execução da cave é suficiente para a mesma.

De seguida são tecidas algumas considerações numa tentativa de melhor interpretar estes resultados de cada método.

### **Método tradicional**

Este método encontra-se em desvantagem em relação a outros métodos, em especial aqueles que não utilizam betão, exceto nas fundações, uma vez que pressupõem tarefas específicas que exigem tempo de construção, a saber:

- montagem e desmontagem de cofragens e escoramentos
- execução de armaduras
- betonagem
- cura e presa do betão
- abertura de roços para passagem das instalações
- remoção de detritos

### **LSF**

A construção de edifícios em LSF pode ser realizada de 3 formas possíveis (Andrade, 2016):

- Montagem da estrutura no local da obra
- Construção de painéis estruturas em serralharia e transporte para a obra
- Execução completa dos painéis de parede, com instalações e isolamentos já incorporados

Os tempos de execução diminuem, à medida que se passa por estas 3 fases.

### **Woodframe**

Em termos de quantidade de tarefas e encadeamento das mesmas, o Woodframe é muito equiparado ao LSF.

### **Sistema Baupanel®**

Apesar de ser um método que assenta em boa parte na construção pré-fabricada e na montagem de painéis em obra, possui uma componente importante de betão aplicado em obra, o que vem limitar o tempo de construção, uma vez que necessita que se respeite os tempos de presa e cura do betão, para desmoldagem e remoção de escoras.

Como já foi dito, este foi o único método em que os construtores não apresentaram a calendarização das atividades.

### **Sistema Fractus**

Este é o sistema com o prazo de construção mais curto, pois, apesar de necessitar da execução e aplicação em separado dos elementos estruturais - estrutura metálica -, numa empreitada como esta tem a vantagem de não depender de subempreiteiros para a construção da estrutura, à exceção das paredes e lajes da cave. Por outro lado a estrutura metálica é consideravelmente mais rápida de construir que uma estrutura de betão armado. Para além deste facto os painéis Fractus caracterizam-se por uma grande simplicidade de montagem e entrarem em obra sem a necessidade de acrescentar qualquer elemento adicional, exceto o revestimento final, contrariamente às outras soluções pré-fabricadas.

## **5 Estudo de opinião**

Concluída a análise e caracterização de cada método, segue agora o análise ao estudo de opinião realizado.

Para aferir o conhecimento e a perceção existente no mercado sobre os métodos construtivos anteriormente caracterizados, foi realizado o estudo de opinião que é detalhado de seguida.

### **5.1 Âmbito e objetivo**

O âmbito do estudo de opinião realizado e transmitido aos inquiridos é o seguinte: Análise comparativa de métodos para a Construção da estrutura e paredes exteriores de edifícios de pequena dimensão, nomeadamente moradias unifamiliares.

Este questionário tem como principal objetivo a aferição da notoriedade e perceção da qualidade e desempenho dos diferentes métodos construtivos em análise, pelos diferentes *stakeholders* ou públicos-alvo inquiridos.

Estas foram as premissas transmitidas a todos os participantes no estudo, cuja análise se segue.

### **5.2 Metodologia**

#### **5.2.1 Definição do universo e amostra**

O universo considerado para o presente questionário teve em consideração os públicos-alvo ou *stakeholders* residentes e com atividade em Portugal e relacionados com o produto em análise – edifício residencial unifamiliar- desde os prescritores e fornecedores, passando por entidades que influenciam direta ou indiretamente a tomada de decisão, até aos utilizadores e consumidores finais, a saber:

- Projetistas: projetistas, engenheiros e arquitetos envolvidos na criação dos projetos de arquitetura e especialidades que estão na origem da cada empreitada
- Construtores: prestadores de serviço que executam o projeto de construção

- Promotores imobiliários: empresários que desenvolvem os projetos imobiliários com a intenção da sua comercialização
- Banca e seguros: entidades envolvidas diretamente na concessão de crédito à Habitação e na cobertura de seguros de risco associados ao ativo imobiliário
- Avaliadores imobiliários: profissionais credenciados para a avaliação imobiliária, obrigatória na concessão do crédito à Habitação
- Potenciais compradores: pessoas individuais que procuram uma solução de habitação para aquisição ou construção
- Utilizadores efetivos: pessoas individuais que possuem a sua própria habitação

### **Amostra e representatividade**

Os critérios para seleção das entidades a contactar para resposta ao questionário podem ser caracterizados conforme explicitado abaixo:

- Projetistas: entidades ou profissionais com experiência profissional em várias regiões do país, em projetos de pequenos edifícios unifamiliares residenciais (moradias);
- Construtores: prestadores de serviço com experiência na execução de moradias em várias regiões do país;
- Promotores imobiliários: empresários com experiência na execução de moradias em uma ou em várias regiões do país. Houve maior incidência na região centro de Portugal: Coimbra, Leiria, Castelo Branco e Santarém;
- Banca e seguros: foram contactados gerentes de agências das 9 principais instituições bancárias do país.

Em relação às seguradoras foram contactados dois mediadores de seguros que trabalham com as 6 maiores companhias seguradoras em Portugal.

- Avaliadores imobiliários: a ANAI (Associação Nacional de Avaliadores Imobiliários) encaminhou um correio eletrónico com o inquérito respetivo para 160 associados em todo o país. Para além destes o autor encaminhou inquéritos para mais 37 peritos avaliadores em Portugal continental e Região da Madeira;
- Potenciais compradores: foram encaminhados inquéritos para 33 pessoas particulares, maioritariamente da zona centro do país, sem discriminação de género e com idades compreendidas entre os 37 e os 76 anos;
- Utilizadores efetivos: o autor enviou 85 inquéritos para Utilizadores efetivos, na sua maioria na zona centro do país, nomeadamente do distrito de Leiria. Não foi feita discriminação de género e as idades estão compreendidas entre os 38 e os 53 anos.

Definiu-se como amostra representativa para cada público-alvo um mínimo de 25 % ou de 10 respostas válidas.

**Tabela 25-** Dimensão da amostra e índice de respostas. Autor. 2023

Públicos	Inquéritos enviados	Dimensão da amostra	Índice de resposta
Avaliadores Imobiliários	197	18	9,1%
Construtores	23	11	47,8%
Potenciais Compradores	33	26	78,8%
Projetista	13	8	61,5%
Promotores Imobiliários	12	4	33,3%
Utilizadores efetivos	85	23	27,1%
Banca	9	6	66,7%
Seguros	6	5	83,3%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>101</b>	<b>26,7%</b>

Como é possível constatar na tabela acima os parâmetros definidos para a representatividade das amostras foi cumprido.

No cômputo geral considerou-se que 101 respostas válidas e 27% de taxa de resposta constitui em si mesmo uma amostra representativa do universo dos públicos em estudo.

Em algumas questões presentes no inquérito, como por exemplo o conhecimento dos métodos construtivos e a perceção dos inquiridos relativamente ao método construtivo com melhor desempenho em cada atributo em avaliação, era permitido a estes apresentarem resposta múltipla.

Este facto conduz a análises em que se somarem as percentagens apresentadas, alcança-se um valor superior a 100%, o que significa que houve inquiridos que selecionaram mais que um método construtivo nas suas respostas.

A expressão que permite determinar esse valor em cada atributo em análise é a seguinte:

$$X = \frac{R}{T} \times 100$$

Em que:

X: percentagem de inquiridos que responderam favoravelmente

R: número de respostas favoráveis

T: total dos inquiridos

A título de exemplo, se no atributo “Rapidez de Construção”, o método Tradicional obteve um resultado de 100%, significa que a totalidade dos inquiridos identificou este método como tendo o melhor desempenho. De igual modo, se o método Woodframe alcançou 25%, no mesmo atributo, significa que 25% da totalidade dos inquiridos, apesar de terem selecionado o método Tradicional, também escolheram este como tendo o melhor desempenho neste critério.

Assim sendo o somatório dessas percentagens será necessariamente superior a 100%.

### **5.2.2 Questionários**

Os 8 questionários enviados possuem uma estrutura comum, divergindo em algumas questões, mais direcionadas para alguns deles, conforme se pode constatar nos exemplares disponibilizados em anexo e na matriz de perguntas e destinatários abaixo apresentada.

Tabela 26- Matriz de questionário com perguntas por destinatário. Autor. 2023

Refª.	Questão	Tipo de pergunta	Utilizadores efetivos	Potenciais compradores	Banca	Seguros	Peritos Avaliadores imobiliários	Projetistas	Construtores	Promotores imobiliários
1	Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?	Aberta	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Dos seguintes métodos construtivos quais conhece?	Fechada	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tradicional (betão e alvenaria)									
	LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)									
	Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)									
	Sistema Fractus (painel estrutural isolado)									
	Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)									
3	Que método construtivo é utilizado frequentemente nos edifícios / imóveis em que intervém diretamente?	Aberta						1	1	1
4	Pondera no futuro utilizar outros métodos? Se sim, quais?	Aberta						1	1	1
5	Que método construtivo foi utilizado na sua habitação?	Aberta	1							
6	Que método construtivo pondera optar na sua habitação?	Aberta		1						
7	Que método construtivo estaria disposto a considerar em futuras habitações a utilizar?	Aberta	1							
8	Segundo a sua perceção, escolha os métodos construtivos com melhor desempenho relativamente ao conjunto de características listada (pode ser mais que um):	Fechada	1	1				1	1	1
	Custo									
	Rapidez de construção									
	Facilidade de construção ou oferta de construtores									
	Pegada ambiental									
	Durabilidade									
	Solidez e robustez									
	Custos de manutenção no período de utilização									
	Eficiência térmica e energética									
	Resistência anti-sísmica									
	Resistência anti-fogo									
	Outros									
9	Existe algum agravamento ou limitação na obtenção de financiamento para Construção ou para Aquisição de imóveis, que utilizem algum dos métodos construtivos listados? Se sim, para quais?	Aberta			1					
10	Existe algum agravamento ou limitação na contratação de seguro para o imóvel, para algum dos métodos construtivos listados? Se sim, qual?	Aberta				1				
11	Classifique em 1 (ponderação inferior), 2 (ponderação normal) ou 3 (ponderação superior), os seus critérios de avaliação relacionados com um imóvel construído nos diferentes métodos construtivos	Fechada					1			
12	Pretende contribuir com mais algum comentário ou aspeto que considere relevante?	Aberta	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Total</b>			<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Pretendeu-se elaborar um questionário simples, de fácil e rápido preenchimento.

Para tal foi utilizada a ferramenta *Google Forms*, que cria um formulário de preenchimento digital, passível de resposta em qualquer equipamento informático desde que tenha acesso à internet.

Por outro lado, o tratamento dos dados foi feito com base nas folhas de cálculo que recebem automaticamente as respostas submetidas, mitigando quaisquer erros de digitação que pudessem ocorrer.

O envio de questionários decorreu entre os dias 29 de Maio e 25 de Junho de 2023.

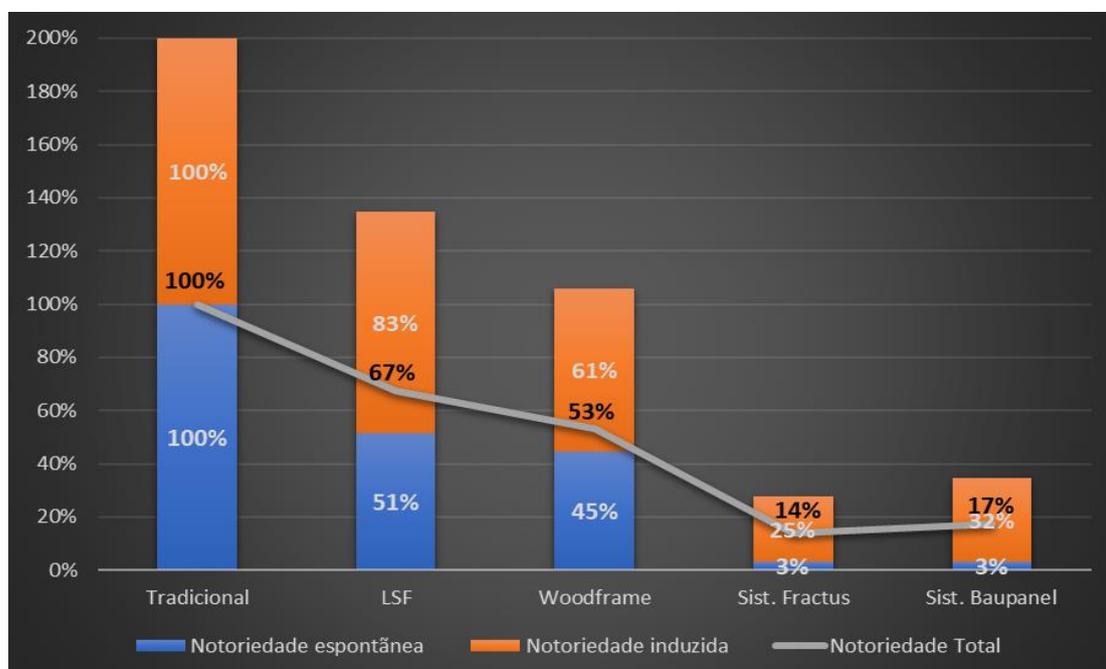
Por sua vez, a receção de respostas ao questionário decorreu até ao dia 31 de Julho de 2023.

### 5.3 Análise dos resultados

#### 5.3.1 Sumário executivo

A análise das 101 respostas aos inquéritos enviados permite retirar um conjunto de conclusões.

Antes de proceder à análise detalhada das várias respostas, apresenta-se um resumo das principais evidências, com especial enfoque para os dois gráficos abaixo.



**Gráfico 24-** Notoriedade total manifestada pela totalidade dos inquiridos. Autor. 2023

No que concerne à notoriedade total de cada um dos métodos (combinação da notoriedade espontânea e da induzida) é, como seria de esperar, o método Tradicional aquele que reúne

maior número de respostas positivas quando os destinatários são questionados sobre o conhecimento que têm sobre métodos construtivos.

Na realidade, a totalidade dos inquiridos referiu este método como sendo do seu conhecimento, quer espontaneamente – livremente indicado pelos inquiridos - quer de forma induzida - apresentado numa listagem de métodos construtivos aos inquiridos.

O sistema com segundo melhor desempenho na Notoriedade total é o LSF (67%), seguido do Woodframe com 53%.

À semelhança da análise anterior, são igualmente os Sistemas Fractus e Baupanel® a apresentar o menor nível de notoriedade total, com 14% e 17%, respetivamente.

Como é lógico a Notoriedade induzida é sempre superior à espontânea, uma vez que os inquiridos são confrontados diretamente com a designação dos métodos, no entanto as maiores diferenças registam-se nestes dois últimos métodos construtivos.

Em ambos os métodos a notoriedade espontânea é de apenas 3% dos inquiridos, subindo para 25% e 32% quando confrontados com a sua designação.

O gráfico seguinte espelha as respostas relativamente ao melhor desempenho de cada um dos métodos relativamente a 10 atributos.

Nesta dimensão em análise, os inquiridos foram 72, uma vez que a avaliação de desempenho não constava dos questionários da Banca, Seguros e Peritos avaliadores.

A expressão da qual resultam os valores das escolhas abaixo apresentados é a seguinte:

$$X = \frac{R}{(T \times A)} \times 100$$

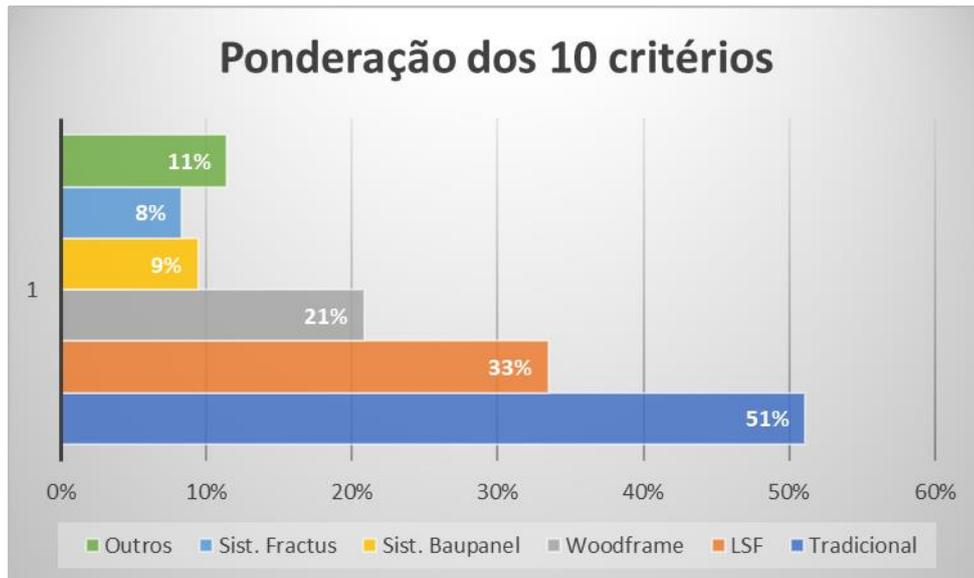
Em que:

X: percentagem de inquiridos que responderam favoravelmente

R: número de respostas favoráveis

T: total dos inquiridos

A: número de atributos em análise



**Gráfico 25-** Percentagem de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho - ponderação dos 10 critérios em análise. Autor. 2023

Por este gráfico verifica-se que mais de metade das respostas apontam o método tradicional como tendo o melhor desempenho no conjunto dos 10 critérios em avaliação.

Por sua vez são os Sistemas Fractus e Baupanel® os que têm menos registos de melhor desempenho- apenas 8% e 9%, respetivamente.

### 5.3.2 Notoriedade

O conhecimento relativo a cada um dos métodos foi uma dimensão de análise comum a todos os inquiridos e da qual se obtiveram 101 questionários respondidos.

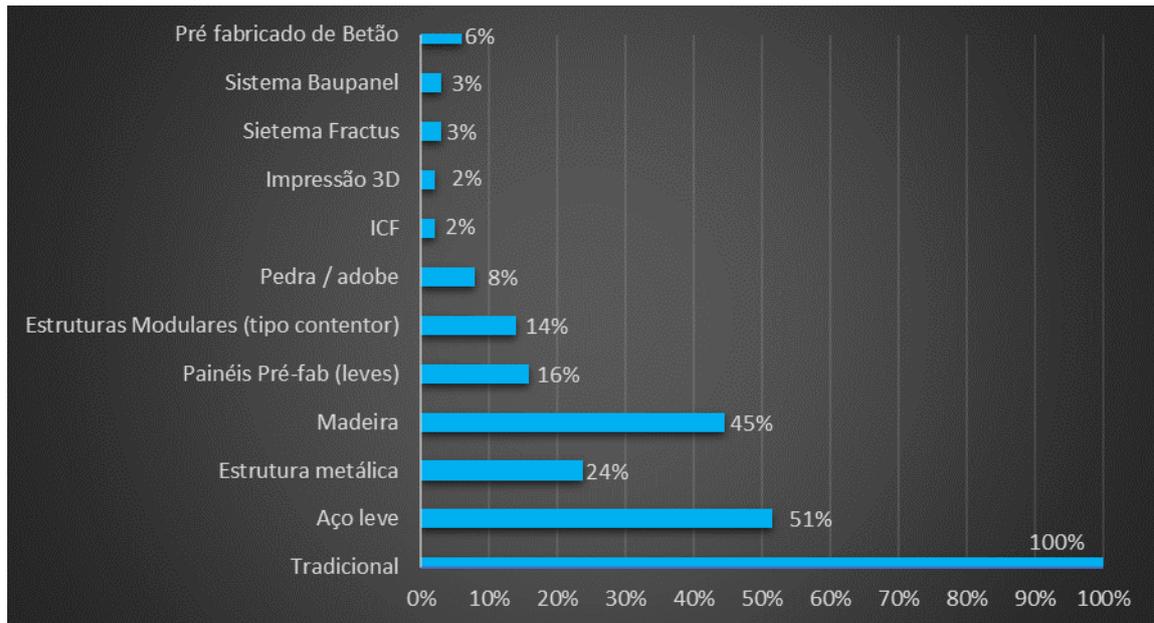
Esta dimensão foi analisada com base em duas perguntas que permitiram aferir a notoriedade espontânea e a induzida:

- Notoriedade espontânea: “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”

- Notoriedade induzida: “Dos seguintes métodos construtivos quais conhece?”

A Notoriedade total foi calculada tendo em conta a média simples das respostas a estas duas questões.

As respostas à primeira questão apresentaram os seguintes resultados.



**Gráfico 26-** Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”. Autor. 2023

Para além das evidências referidas no Sumário executivo acima, interessa relevar outros métodos construtivos identificados, nomeadamente a Estrutura metálica (24%), os painéis pré-fabricados leves (16%), as estruturas modulares tipo contentor (14%), os Painéis pré-fabricados de betão (6%), a Pedra e adobe (8%), o ICF – *insulated concrete forms* (2%) e a impressão 3D (2%).

É importante registar que dos 12 métodos identificados pelos 101 inquiridos, apenas 3 foram referidos por mais de 45% dos mesmos: Madeira, Aço leve e Tradicional.

Por outro lado 6 desses métodos foram referenciados por menos de 10% dos inquiridos (4 deles abaixo dos 3%), o que revela um nível de notoriedade espontânea muito baixo.

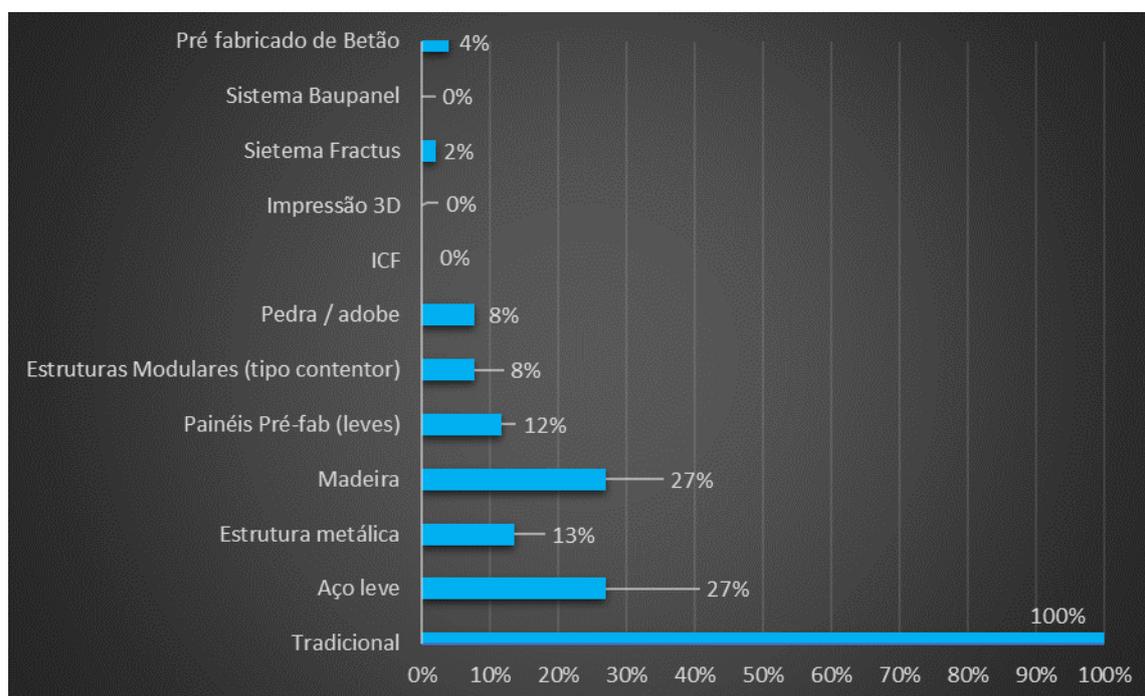
Fazendo uma análise mais fina à perceção dos vários inquiridos, agruparam-se os 8 públicos-alvo em 3 conjuntos homogêneos, tendo em consideração a sua influência no processo de decisão sobre qual o método construtivo a selecionar na habitação de uma família:

- Agentes indiretos (29 respostas) :
  - Peritos avaliadores imobiliários
  - Banca
  - Seguros
- Fornecedores e Influenciadores (23 respostas):
  - Projetistas e arquitetos

- Construtores
- Promotores imobiliários
  - Utilizadores finais (49 respostas)
- Utilizadores efetivos
- Potenciais / futuros compradores

### Agentes indiretos

Quanto ao grupo de Agentes indiretos, as respostas respeitantes à Notoriedade espontânea foram as seguintes:

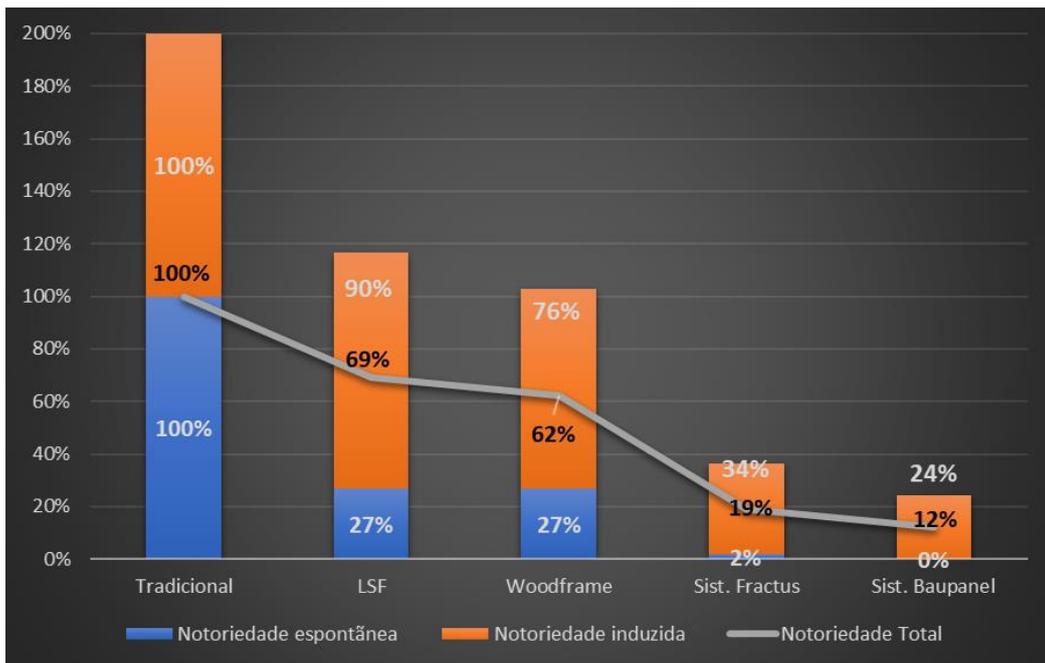


**Gráfico 27-** Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Agentes indiretos. Autor. 2023

Na análise destas respostas destacam-se algumas evidências:

- Menos de 28% dos inquiridos revelou conhecer outro método para além do Tradicional
- Para além do método Tradicional, foram identificados apenas 4 métodos construtivos por mais de 10% dos inquiridos
- O sistema Baupanel® não foi referido por nenhum dos inquiridos

O tratamento final dos índices de Notoriedade revelou os valores infra.



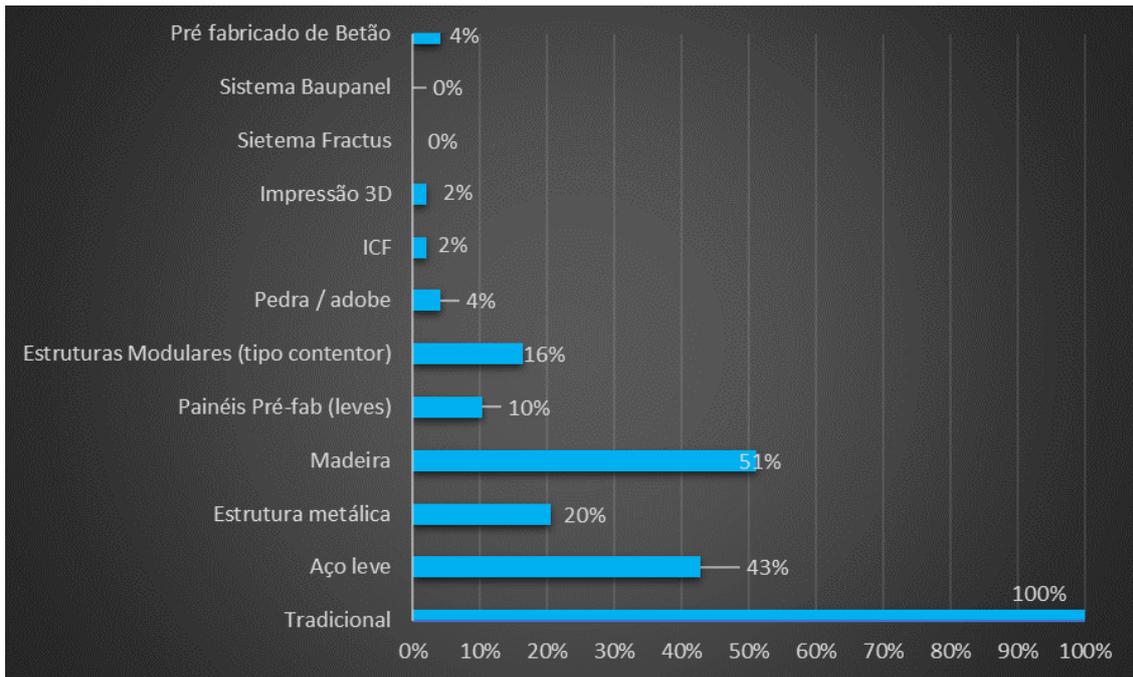
**Gráfico 28-** Notoriedade total manifestada pelo grupo Agentes indiretos. Autor. 2023

Da análise dos valores de Notoriedade ressaltam algumas evidências:

- 90% dos inquiridos admitiu conhecer o método LSF, quando confrontado com este
- A Notoriedade total dos métodos LSF e Woodframe é superior a 60% (69% e 62%, respetivamente)
- A Notoriedade total dos sistemas Fractus e Baupanel® é inferior a 20% (19% e 20%, respetivamente)
- 34% dos inquiridos admitiu conhecer o Sistema Fractus, quando confrontado com este

### Utilizadores finais

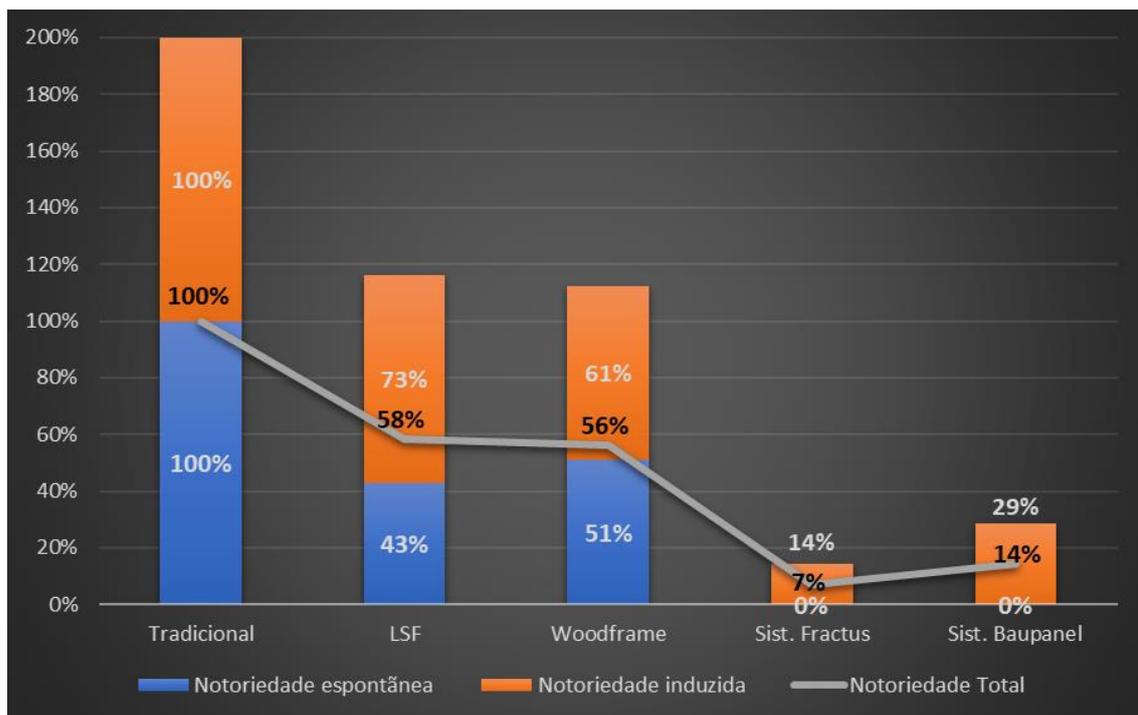
Relativamente aos utilizadores finais, a sua perceção apresentou algumas divergências face aos anteriores.



**Gráfico 29-** Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Utilizadores finais. Autor. 2023

Das respostas espontâneas recebidas, destaca-se o facto do método construtivo Madeira ser o mais identificado, logo a seguir ao Tradicional.

Refira-se que mais de 40% dos inquiridos revelou espontaneamente ter conhecimento dos métodos Aço leve (LSF) e Madeira (Woodframe). Por outro lado, nenhum dos inquiridos referiu por sua iniciativa os Sistemas Fractus e Baupanel®.



**Gráfico 30-** Notoriedade total manifestada pelo grupo Utilizadores finais. Autor. 2023

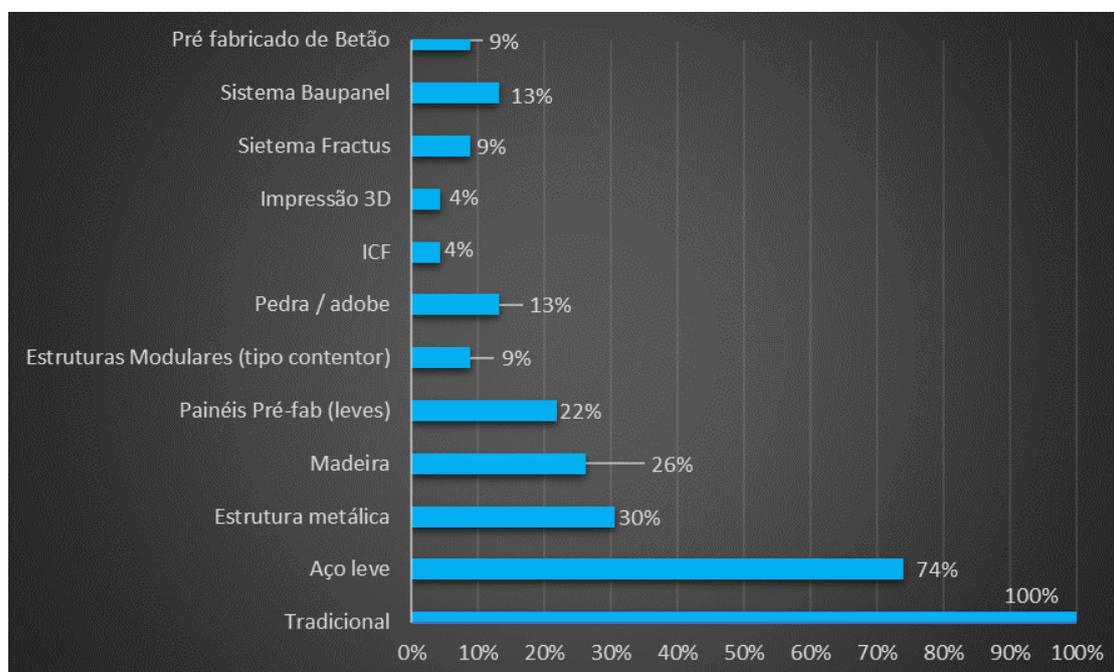
Em termos de Notoriedade total observou-se que os valores dos métodos LSF e Woodframe ficam muito equiparados e acima dos 50% (58% e 56%, respetivamente), sendo que o sistema Fractus é o menos conhecido (7%).

Nos comentários rececionados 4 dos inquiridos referiram que o seu conhecimento no âmbito dos métodos construtivos é muito restrito, não conhecendo exemplos ou informação veiculada sobre os sistemas Fractus e Baupanel®.

### Fornecedores e Influenciadores

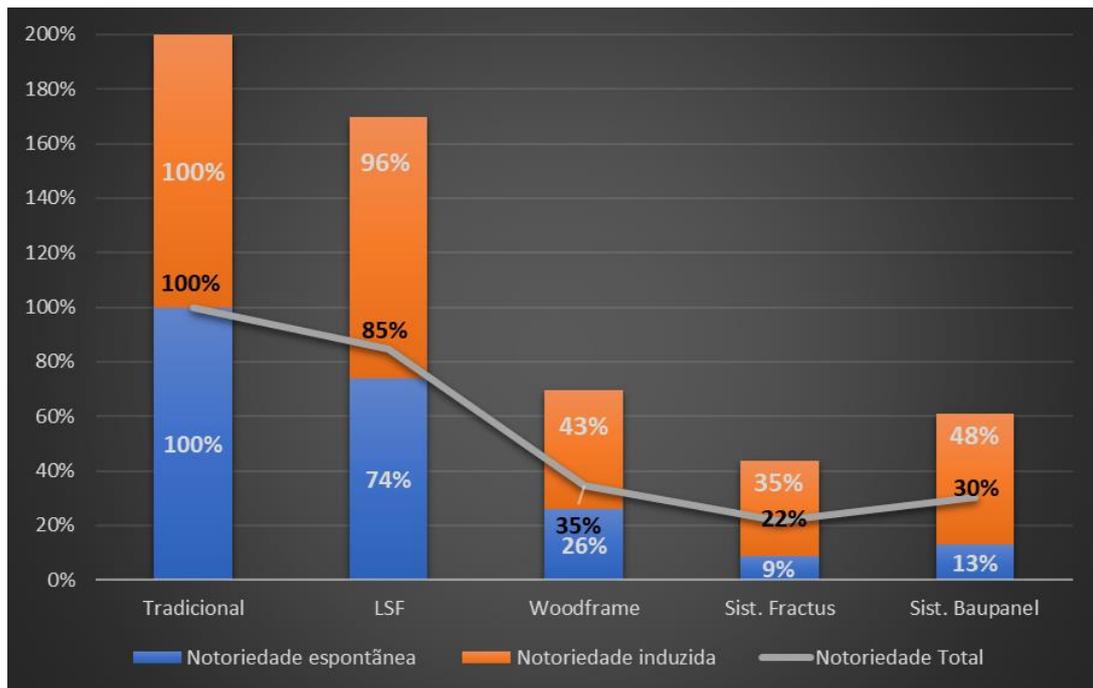
Finalmente, a análise dos inquéritos aos Fornecedores e Influenciadores.

As respostas que demonstram a notoriedade espontânea foram as seguintes:



**Gráfico 31-** Respostas à questão “Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?”, por parte dos Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023

Como seria de esperar, este grupo é o que tem um espectro mais alargado de conhecimento de métodos construtivos (12 ao todo), no entanto, para além do método tradicional, apenas um método foi referido em mais de 31% das respostas – Aço leve/LSF.

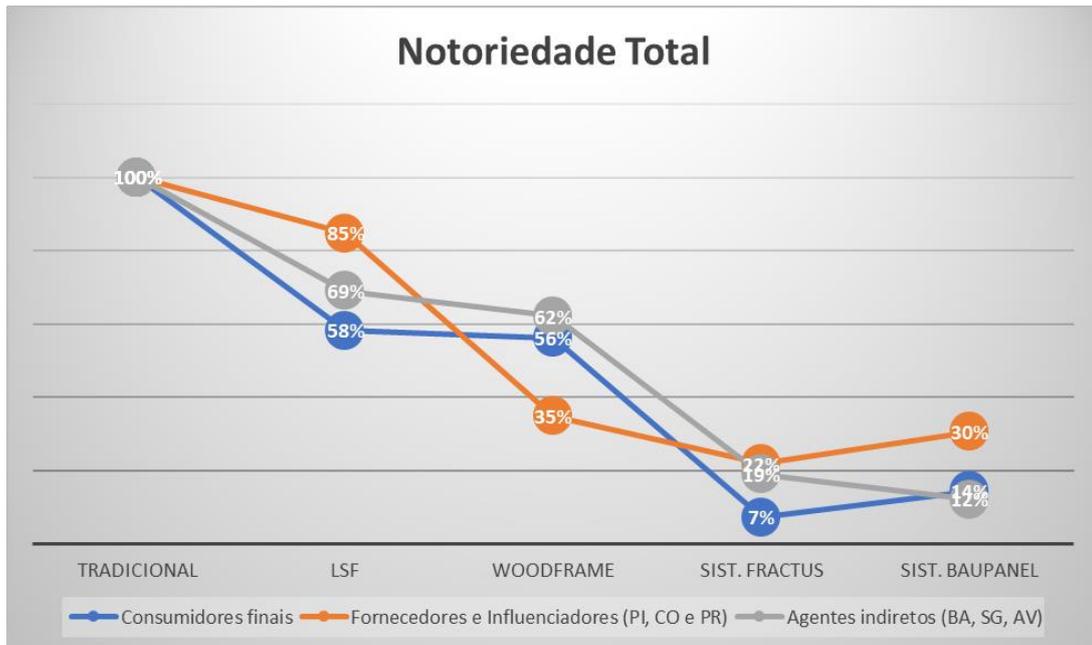


**Gráfico 32-** Notoriedade total manifestada pelo grupo Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023

Quando os inquiridos foram questionados sobre os métodos construtivos conhecidos, para além das respostas plenas em relação ao método tradicional, também o método LSF mereceu o reconhecimento praticamente pleno, com 96% das respostas, resultando numa Notoriedade total de 85%.

Curiosamente o terceiro método com maior número de respostas afirmativas, foi o Sistema Baupanel® com 48% de inquiridos a identificá-lo, logo seguido do Woodframe com 43%. Em termos de Notoriedade total é o Sistema Fractus que reúne menor conhecimento.

Em jeito de conclusão o gráfico abaixo compara a Notoriedade total dos 3 grupos analisados face a cada um dos 5 métodos construtivos.



**Gráfico 33-** Notoriedade total manifestada pelos 3 grupos inquiridos. Autor. 2023

Naturalmente os Fornecedores e Influenciadores são o grupo que demonstra maior conhecimento relativamente a todos os métodos, à exceção do método Woodframe.

Neste caso concreto são os Agentes indiretos quem demonstra ter maior conhecimento deste método.

Como é óbvio o método Tradicional foi reconhecido por todos os inquiridos, logo seguido do método LSF e do Woodframe a curta distância.

Os sistemas Fractus e Baupanel® são os que apresentam menor notoriedade face à sua juventude e reduzida implementação no mercado.

Entre estes é o sistema Baupanel® que demonstra maior notoriedade total com 17%, face a 14% do sistema Fractus, no entanto este é mais reconhecido que o primeiro junto dos Agentes indiretos.

### 5.3.3 Desempenho

A pergunta referente à perceção do inquirido sobre o desempenho de cada método em relação a cada uma de 10 características foi realizada a 5 públicos-alvo, que representam os Fornecedores e Influenciadores e os Utilizadores finais.

Os atributos são os seguintes:

- Custo de construção
- Rapidez de construção

- Facilidade de construção ou oferta de construtores
- Pegada ambiental
- Durabilidade
- Solidez e robustez
- Custos de manutenção no período de utilização
- Eficiência térmica e energética
- Resistência anti-sísmica
- Resistência anti-fogo

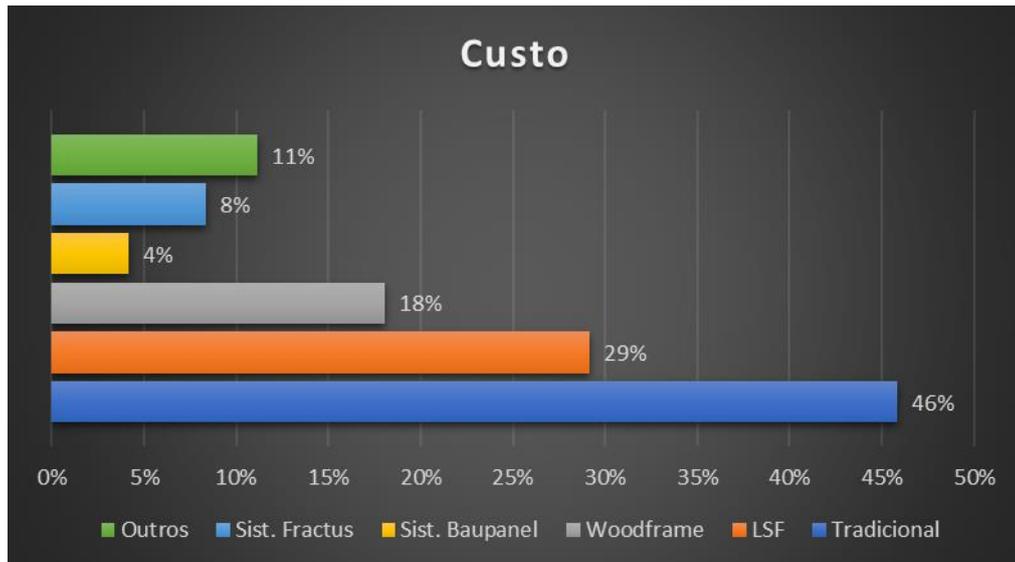
As respostas rececionadas seguem naturalmente a linha lógica das respostas relacionadas com a Notoriedade, pois os inquiridos tendem a privilegiar os métodos que conhecem melhor.

Na análise efetuada verifica-se em vários casos a opção do inquirido pela resposta “Outros ou NA/NR”, demonstrando a falta de conhecimento destes para selecionar um dos métodos em estudo.

Cada característica é analisada resumidamente de seguida, tendo em conta a totalidade das 72 respostas de inquiridos recebidas.

O valor apurado representa a percentagem de respostas que identificaram cada método construtivo como tendo o melhor desempenho nessa característica em específico, sendo que poderão ser indicados mais que um método em cada resposta.

Quanto ao **Custo construtivo**, abaixo apresentado, o método Tradicional foi claramente o mais indicado, como tendo o melhor desempenho, com 46%, bem destacado do segundo método mais referido – LSF com 29%.

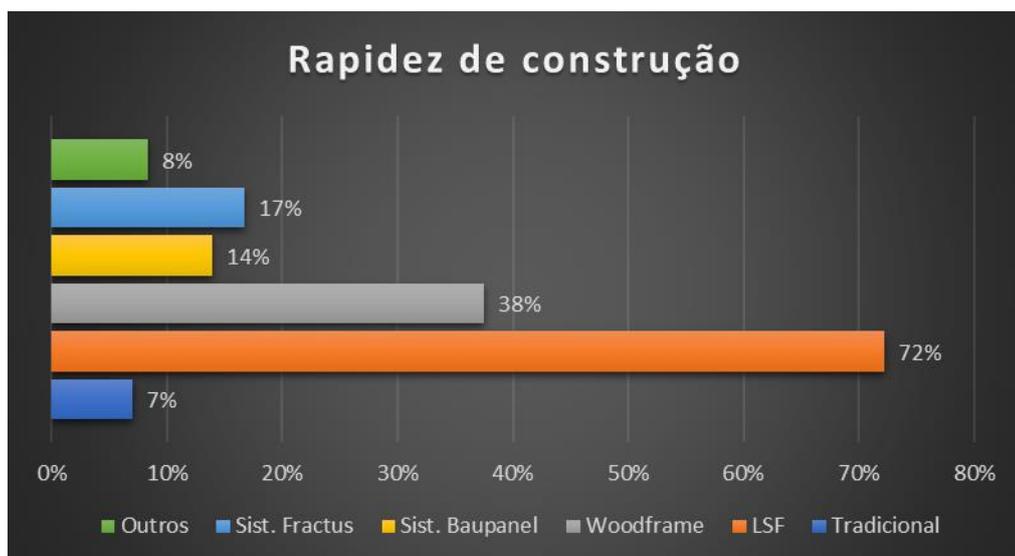


**Gráfico 34-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto ao custo. Autor. 2023

O Sistema Baupanel® é o menos referenciado como tendo o melhor desempenho, com apenas 4%.

Destaque-se ainda os 11% de inquiridos que admitiram não responder a esta questão. Este resultado aparenta estar relacionado com a popularidade de cada método e, por conseguinte com a implantação no mercado percebida de cada um deles.

A **Rapidez de construção** é uma característica em que a percepção dos inquiridos é muito diferente da dimensão anterior, conforme se pode observar abaixo.



**Gráfico 35-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Rapidez de construção. Autor. 2023

Aqui o método com melhor desempenho reconhecido é claramente o LSF, seguido a larga distância pelo Woodframe.

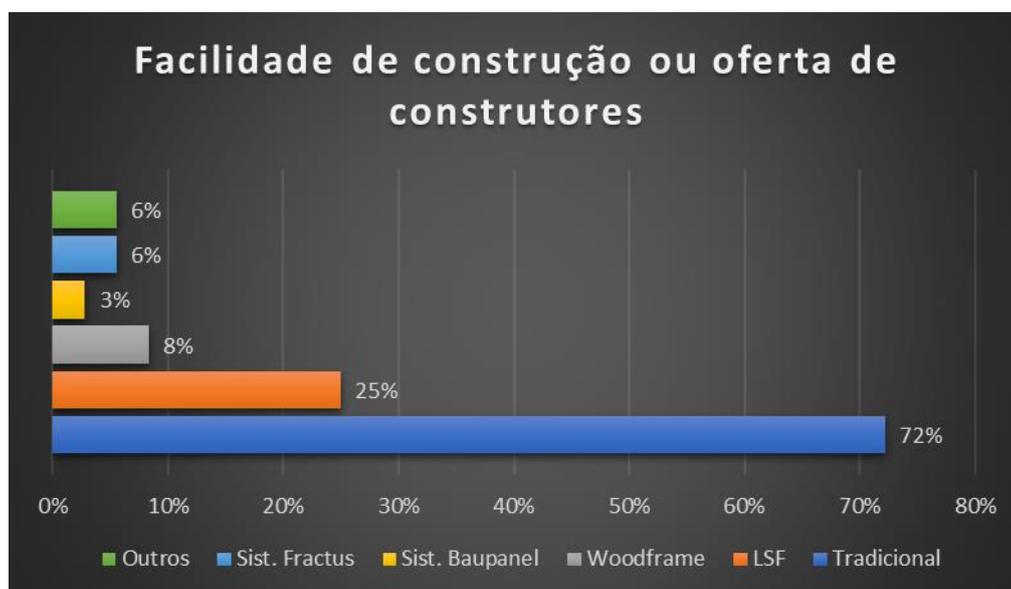
Curiosamente o método Tradicional é o que apresenta menos registos de melhor desempenho neste aspeto em análise – 7% dos inquiridos.

Neste atributo 8% dos inquiridos decidiu não se manifestar.

Estas respostas indiciam a perceção de que os métodos que utilizam principalmente soluções construtivas pré-fabricadas são mais rápidos na sua execução, em contraponto com o método tradicional.

Por outro lado não é estranho observar derrapagens de cumprimento de prazos em casos de empreitadas que utilizam o método tradicional, não sendo, inclusive, incomum a necessidade de prorrogação do prazo inicial de 2 anos das licenças de construção.

A **Facilidade de construção ou oferta de construtores** demonstra novamente uma perceção muito desequilibrada, conforme se constata de seguida.



**Gráfico 36-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Facilidade de construção ou oferta de construtores. Autor. 2023

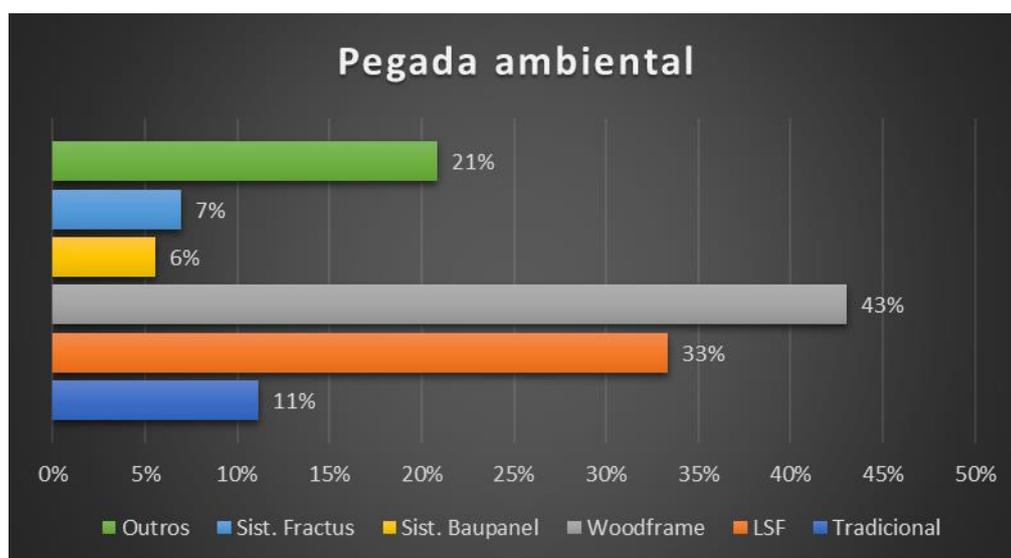
Neste aspeto o método Tradicional, com 75% dos inquiridos a reconhecerem-no como o método com melhor desempenho, é claramente o melhor percecionado com perto do triplo do registo do segundo método – LSF.

Refira-se que, segundo a percepção de menos de 10% dos inquiridos, os restantes 3 métodos têm o melhor desempenho nesta dimensão.

Apesar da indisponibilidade de mão de obra e prestadores de serviço no âmbito do método tradicional verificada na atualidade – sejam eles profissionais ou empresas-, os inquiridos conotam este método como sendo fácil de processos e com oferta de construtores, o que aparenta ser um contra senso.

Na leitura do autor, tal facto prender-se-á com a notoriedade deste método e reduzido conhecimento dos restantes, nomeadamente sobre os seus instaladores ou prestadores de serviço.

Relativamente à **Pegada ambiental** de cada um dos 5 métodos em análise, os inquiridos selecionaram o método Woodframe, seguido do LSF como sendo os que têm melhor desempenho. Refira-se, neste caso, a percentagem relevante de inquiridos que demonstraram desconhecimento nesta análise – 21%.

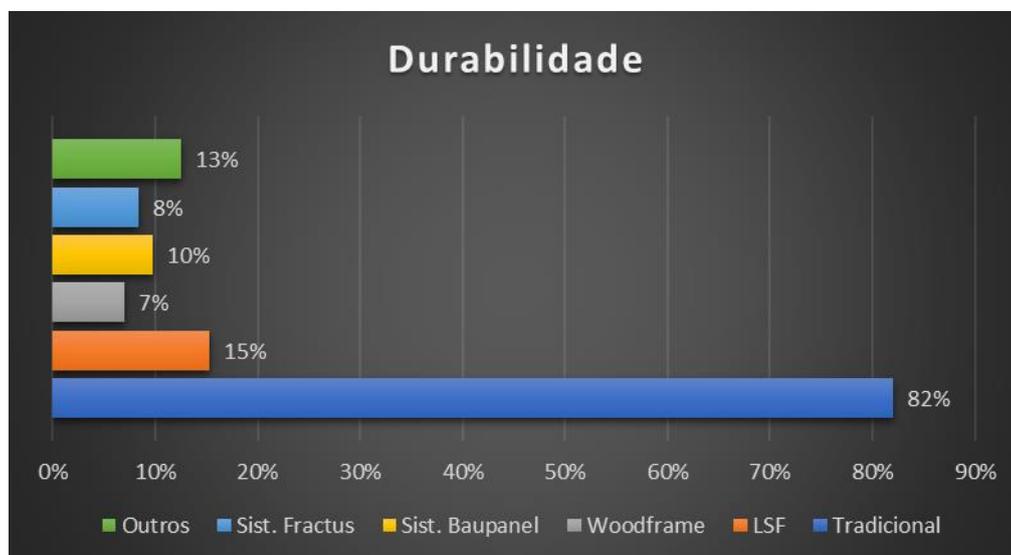


**Gráfico 37-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Pegada ambiental. Autor. 2023

O desempenho verificado neste atributo indicia que os inquiridos têm a percepção que a utilização do betão é mais prejudicial para o ambiente, quando comparada com os materiais utilizados pelos outros métodos.

Por outro lado, parece claro que a madeira beneficia da percepção de ser um elemento natural que não necessita do nível de processamento que os restantes materiais de construção exigem.

A **Durabilidade** é uma das características que não merece dúvidas, da parte dos inquiridos.



**Gráfico 38-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Durabilidade. Autor. 2023

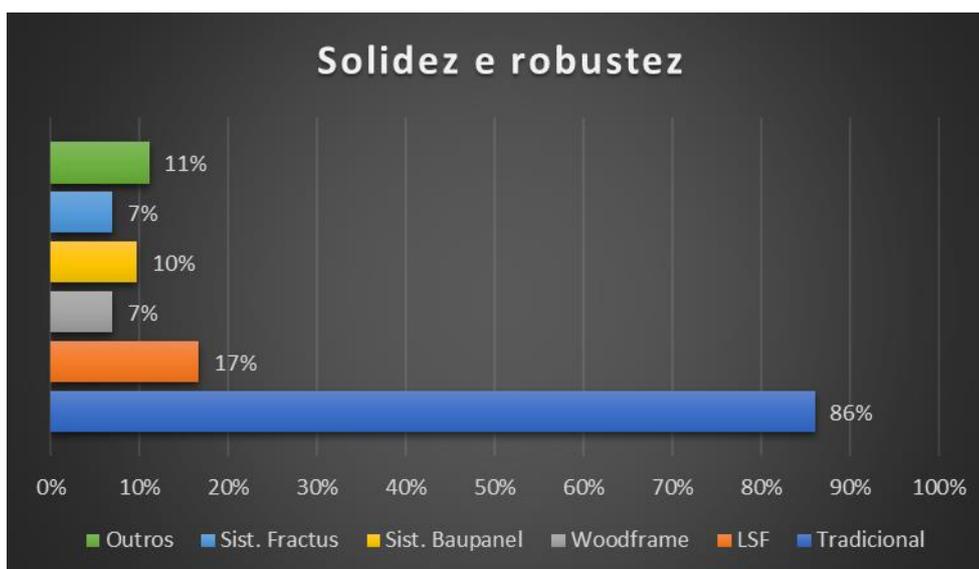
82% das respostas apontaram o método Tradicional como tendo o melhor desempenho, bem longe dos 15% que selecionaram o segundo método mais reconhecido.

13% dos inquiridos não selecionou qualquer método construtivo.

Os resultados alcançados neste atributo e no atributo seguinte refletem, na opinião do autor, a percepção enraizada e conservadora na sociedade portuguesa de que o betão é sinónimo de durabilidade e robustez.

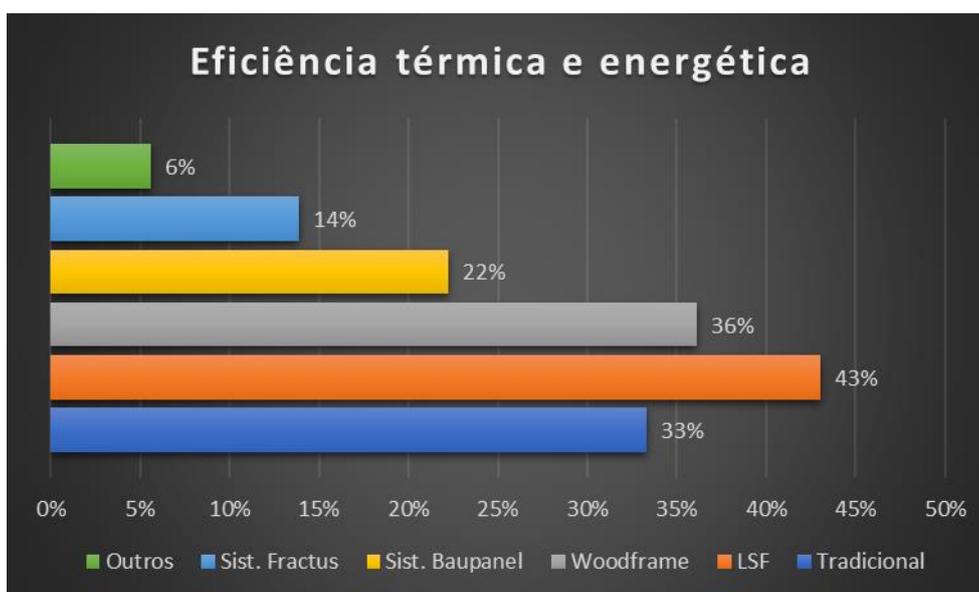
Por outro lado, neste aspeto, assume especial relevância a juventude de parte dos métodos alternativos aqui em análise que, na percepção dos inquiridos, poderão não representar lastro histórico suficiente para demonstrar a sua durabilidade.

A variável **Solidez e robustez** apresenta um registo muito equivalente à característica anterior, como é possível observar no gráfico seguinte.



**Gráfico 39-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Solidez e robustez. Autor. 2023

Na variável **Eficiência térmica e energética**, os métodos alternativos voltam a apresentar melhor percepção que o método Tradicional.



**Gráfico 40-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Eficiência térmica e energética. Autor. 2023

O LSF e o Woodframe assumem as duas preferências dos inquiridos, a curta distância do método Tradicional.

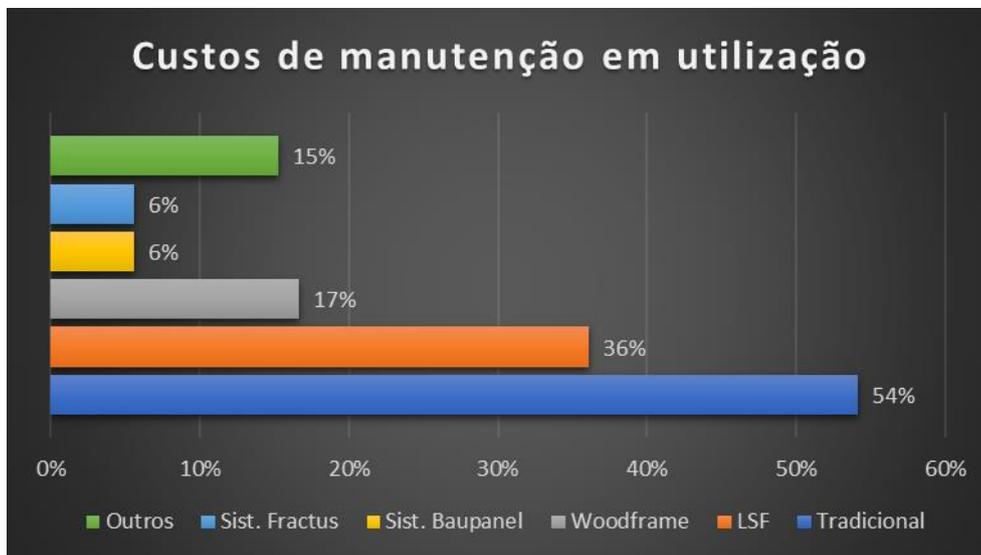
De destacar ainda os registos interessantes dos sistemas Fractus e Baupanel®, com 14% e 22%, respetivamente.

Estas evidências poderão refletir uma perceção de reduzido conforto associado à construção tradicional portuguesa no passado.

Por outro lado, as opiniões dos inquiridos relativamente aos sistemas LSF e Woodframe, poderão estar associadas à ideia de utilização de revestimento térmico pelo exterior (ETICS- *external thermal insulation composite system*), o que nem sempre acontece com o método tradicional, assim como à utilização de materiais com baixa condutibilidade térmica como a lã de rocha e a madeira.

O método Tradicional volta a ser o mais reconhecido como tendo o melhor desempenho no que concerne aos **Custos de manutenção em utilização**, seguido do LSF e a maior distância do Woodframe – 54%, 36% e 17%, respetivamente.

Neste atributo o desconhecimento dos inquiridos foi notório, com o valor de 15%.

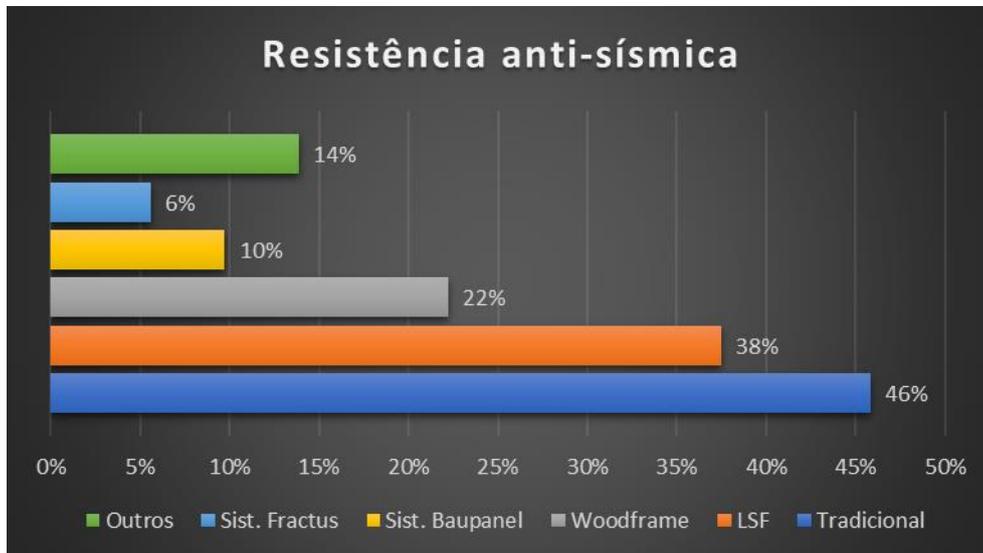


**Gráfico 41-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto aos Custos de manutenção em utilização. Autor. 2023

Os resultados verificados neste atributo parecem refletir, em grande parte, algum conservadorismo e o melhor conhecimento do sistema tradicional face aos restantes, podendo estar igualmente diretamente relacionados com as respostas aos atributos Durabilidade, Robustez e solidez.

A penalização do método Woodframe face ao LSF poderá estar relacionada com alguns casos que têm vindo a público de degradação de estruturas, motivada sobretudo com problemas ocorridos durante o processo construtivo.

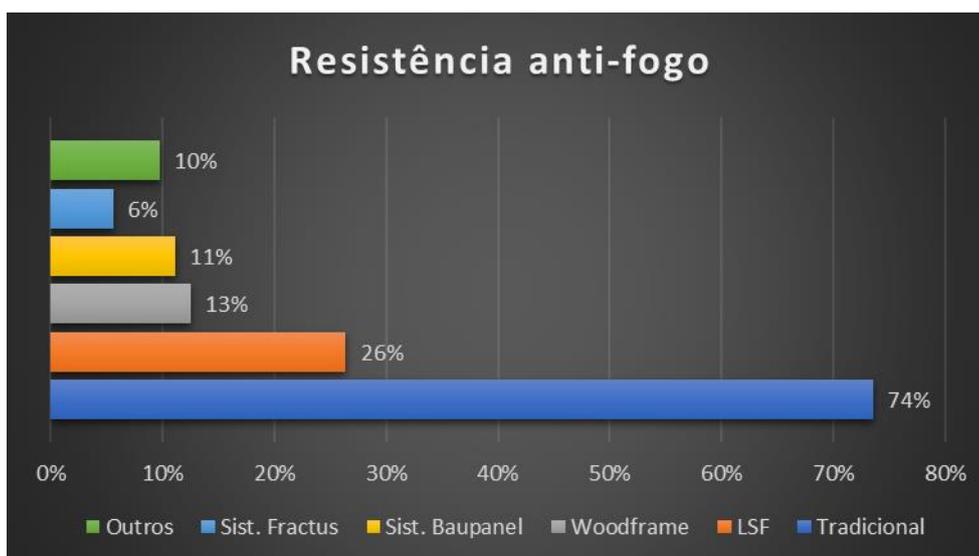
Na **Resistência anti-sísmica**, apresentada abaixo, o método Tradicional é reconhecido por 46% dos inquiridos, seguido de perto pelo LSF com 38%. De notar que 14% das respostas demonstra não ter conhecimento para responder a esta questão.



**Gráfico 42-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Resistência anti-sísmica. Autor. 2023

A resistência anti-sísmica dos edifícios está associada ao dimensionamento da estrutura que, responde aos requisitos regulamentares em vigor, cumprindo desta forma os parâmetros de segurança, qualquer que seja o método construtivo utilizado. Apesar desta evidência, os resultados deste inquérito refletem a percepção de segurança dos inquiridos, o que neste caso revela influência do maior nível de conhecimento do sistema tradicional.

Em relação à **Resistência anti-fogo** o método Tradicional continua a reunir o maior número de respostas positivas, mas desta vez muito destacado dos restantes métodos, conforme o gráfico apresentado.



**Gráfico 43-** Quantidade de respostas que indicaram o método construtivo como tendo o melhor desempenho quanto à Resistência anti-fogo. Autor. 2023

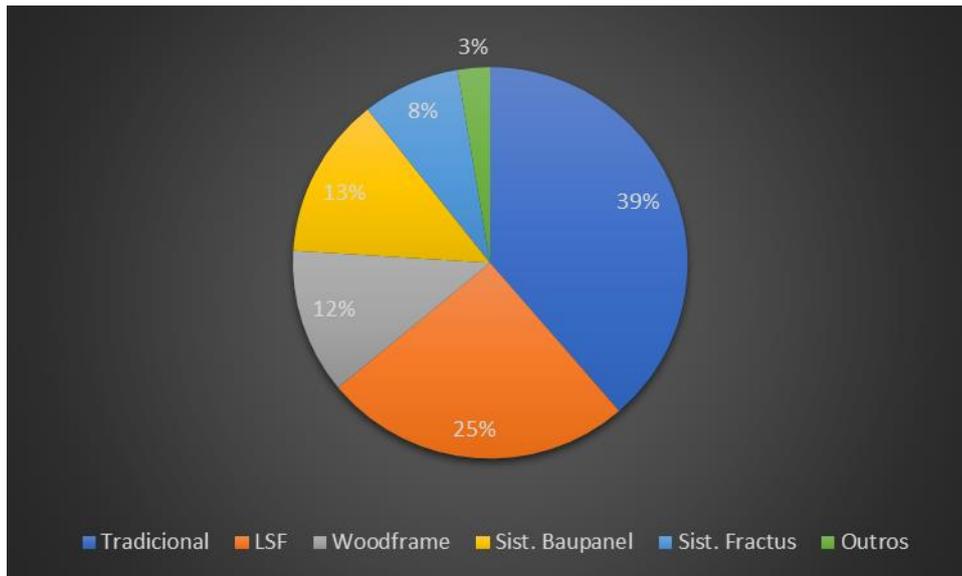
Tal facto poderá ter relação direta com o desconhecimento existente em relação aos métodos alternativos apresentados e ao estigma conservador associado a materiais como o aço ou a madeira, neste tema em particular.

### 5.3.4 Métodos alternativos

O questionário efetuado explora os inquiridos sobre qual o método pelo qual optaram ou que normalmente utilizam, assim como quais os métodos que estariam dispostos a considerar futuramente.

Estas duas questões dão uma perspetiva interessante sobre a abertura dos inquiridos a métodos alternativos aos que utilizam, no caso do grupo Fornecedores e Influenciadores, ou a futuras opções residenciais, no caso dos Utilizadores finais.

Quando questionados sobre qual o método construtivo pelo qual optaram, os 23 Utilizadores efetivos responderam unanimemente sobre o método Tradicional. Por outro lado, quando estes mesmos inquiridos são questionados sobre os métodos construtivos a considerar numa futura habitação, em conjunto com os Potenciais compradores sobre qual o método que ponderam para a sua nova habitação, obtém-se o seguinte resultado.

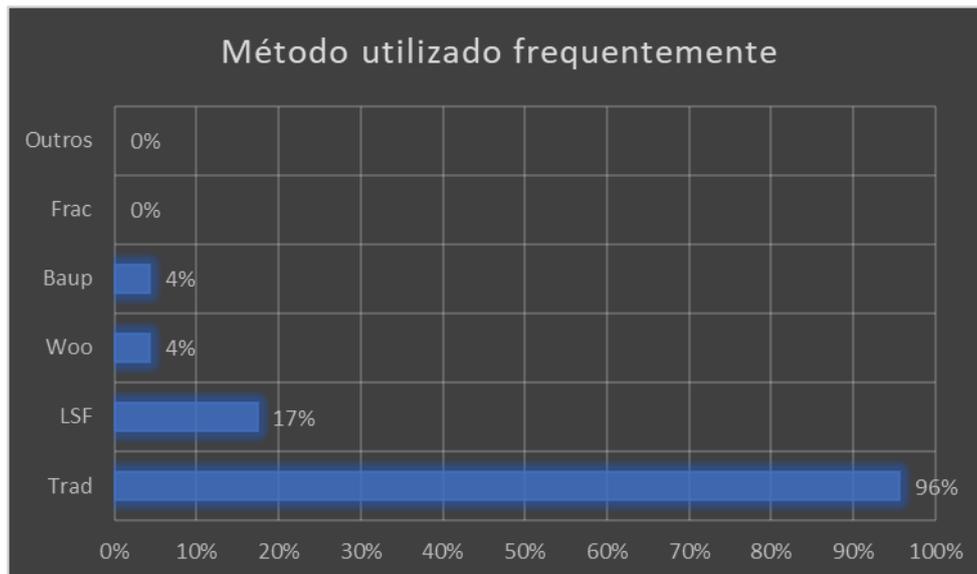


**Gráfico 44-** Método construtivo a selecionar em futuras opções pelos Utilizadores finais. Autor. 2023

Apesar da prevalência do método Tradicional nas respostas recebidas, verifica-se já uma interessante abertura para outros métodos construtivos.

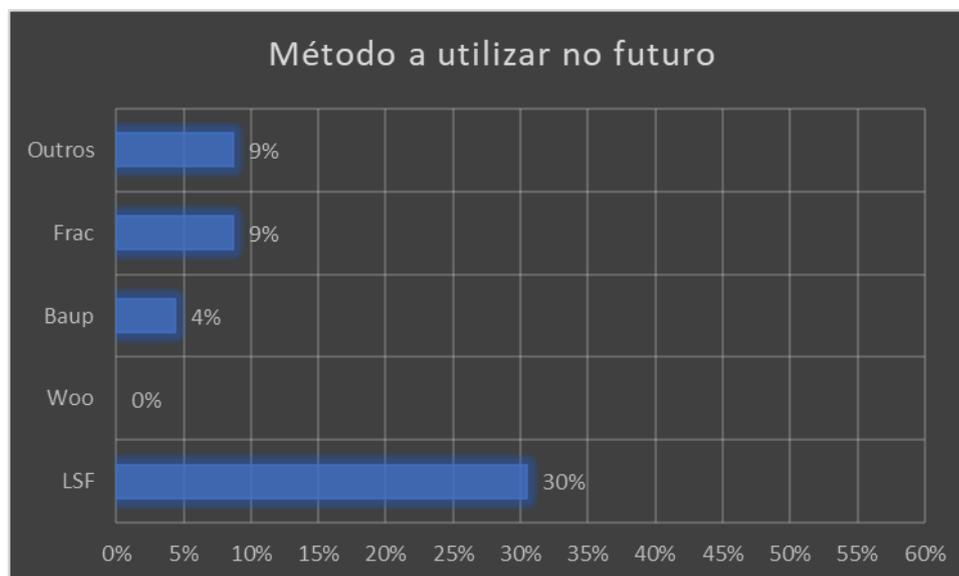
Na realidade, 58% dos inquiridos manifestou abertura para ponderar métodos construtivos alternativos ao Tradicional em futuras decisões de compra ou construção de habitação própria.

Na perspetiva de agentes profissionais do setor da construção, como é o grupo dos Fornecedores e Influenciadores – Construtores, Projetistas e Arquitetos e Promotores imobiliários -, quando questionados sobre quais os métodos com que normalmente trabalham, as 23 respostas obtidas apontam para os valores abaixo apresentados.



**Gráfico 45-** Método construtivo normalmente utilizado pelo Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023

Verifica-se que a esmagadora maioria trabalha com o método tradicional (96%), seguido do LSF (17%). Apenas 4% admite trabalhar com os métodos Woodframe e sistema Baupanel®, sendo que nenhum admitiu trabalhar com o sistema Fractus.



**Gráfico 46-** Métodos construtivos alternativos a utilizar no futuro pelos Fornecedores e Influenciadores. Autor. 2023

Quando questionados sobre quais os métodos alternativos que ponderam utilizar no futuro, este grupo revela-se um pouco mais conservador que os utilizadores finais. Ainda assim mais de metade dos inquiridos admite vir a trabalhar com outros métodos para além do que

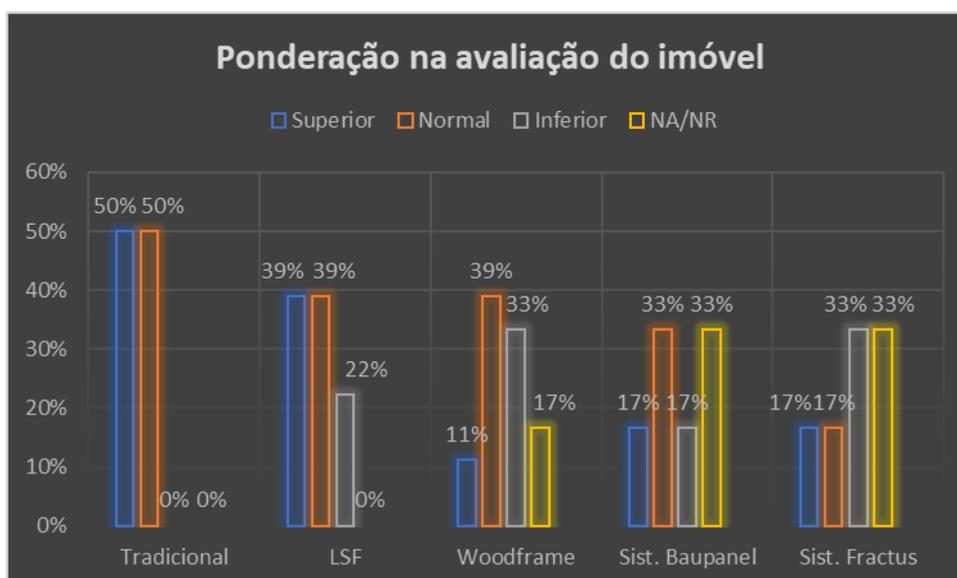
trabalha atualmente (52%). De entre todos os métodos alternativos é o LSF que reúne maior consenso.

### 5.3.5 Avaliação imobiliária

A avaliação imobiliária é uma variável muito importante na determinação do montante de crédito a conceder num financiamento à aquisição ou à construção.

Para a determinação do presumível valor de transação de um imóvel, concorrem vários atributos desse mesmo imóvel, tais como localização, acessibilidades, estado de conservação, qualidade arquitetónica, logradouro, entre outros, sendo atribuídas ponderações diferentes aos mesmos, consoante as suas características: pontuação superior, média ou inferior.

Quando questionados os peritos avaliadores imobiliários sobre se nas avaliações realizadas consideram o atributo “Método construtivo utilizado” e, caso o façam, qual a ponderação utilizada, as 18 respostas apontaram para os seguintes resultados.



**Gráfico 47-** Ponderação a atribuir na avaliação de um imóvel consoante o método construtivo utilizado.

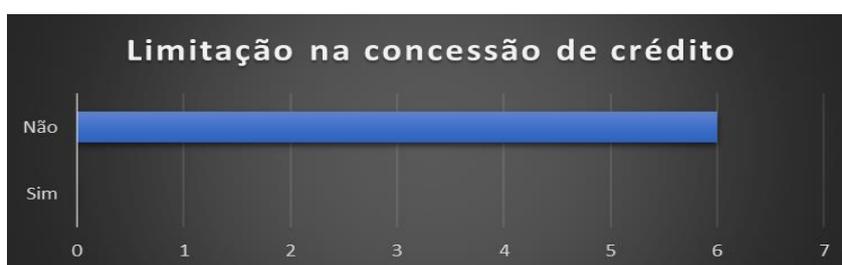
Autor. 2023

Pelo gráfico acima é possível verificar que há peritos que ponderam superiormente alguns métodos. Os métodos mais valorizados são o Tradicional e o LSF, com 50% e 39% dos inquiridos, respetivamente. No polo oposto, os métodos que são ponderados mais negativamente são o Woodframe, o Sistema Fractus e o LSF, com 33%, 33% e 22% dos inquiridos em cada caso, respetivamente.

É de destacar ainda a elevada percentagem de respostas que apontam para o desconhecimento dos métodos em análise, nomeadamente os Sistemas Fractus e Baupanel®, assim como o Woodframe.

### 5.3.6 Concessão de crédito

Uma das questões colocadas aos agentes bancários inquiridos foi se haverá algum agravamento ou limitação na concessão de crédito, consoante o método construtivo utilizado no imóvel.



**Gráfico 48-** Respostas da Banca sobre as limitações de crédito. Autor. 2023

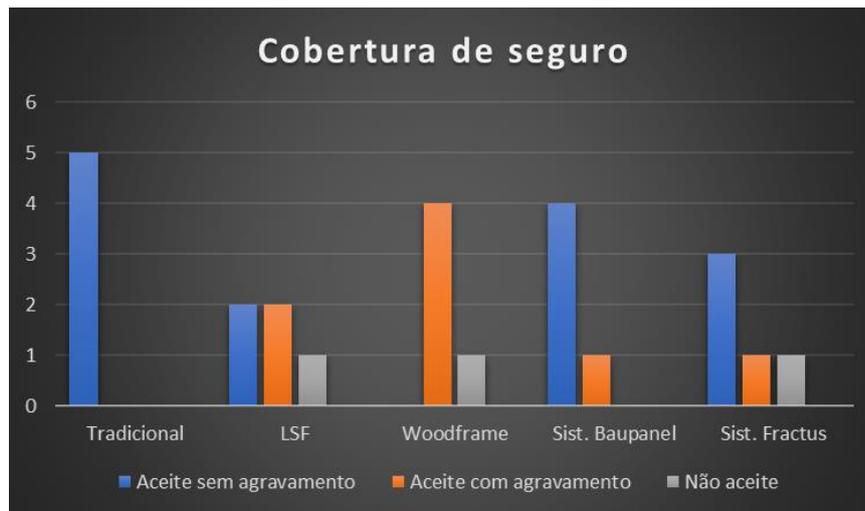
As respostas foram unânimes em como não existe qualquer diferenciação na análise dos vários métodos construtivos, para efeitos de concessão de crédito.

Foi referido por dois inquiridos que apenas não haverá lugar a aprovação de crédito no caso das habitações não possuírem fundações, o que não acontece em qualquer dos métodos em análise.

### 5.3.7 Cobertura de risco

Foram questionadas as companhias seguradoras sobre os possíveis constrangimentos à cobertura de risco do imóvel, consoante o método construtivo em causa.

Neste caso, contrariamente às respostas da banca, as companhias de seguro efetivamente ponderam de forma diferente a sua decisão conforme o método construtivo utilizado.



**Gráfico 49-** Respostas das Seguradoras sobre a cobertura de risco. Autor. 2023

O único método que é aceite pelas 5 companhias que responderam ao inquérito, sem qualquer constrangimento, é o Tradicional.

Também o sistema Baupanel® é aceite por todas as companhias de seguro, apesar de no caso de uma delas ser aceite mas com condicionante.

No polo oposto evidencia-se o método Woodframe em que 4 das companhias de seguro poderão validar a cobertura de seguro mas com agravamento, havendo uma das seguradoras que recusa a concessão de cobertura.

Um dos critérios que estas empresas têm em consideração para a elaboração da cobertura de seguro é o facto do imóvel incorporar materiais combustíveis. Poderá ter sido esta a razão para a penalização de alguns métodos, em especial o Woodframe.

É de salientar que estas limitações por parte das companhias de seguro, afetam diretamente a financiamento, uma vez que esta é uma condição *sine qua non* para a atribuição de crédito.

### 5.3.8 Conclusões

Analisados todos os inquéritos recebidos, importa resumir as principais conclusões:

- a Notoriedade total do método tradicional é de 100% dos inquiridos
- a Notoriedade espontânea do método LSF é de 83%
- apenas 3% dos inquiridos identificou espontaneamente os sistemas Fractus e Baupanel®

- o método Tradicional é considerado como tendo o melhor desempenho em 7 das 10 características em análise: Custo, Facilidade de construção e oferta de construtores, Durabilidade, Solidez e Robustez, Custos de Manutenção em utilização, Resistência anti-sísmica e Resistência anti-fogo
- o melhor desempenho na variável Rapidez de execução é reconhecido ao método LSF
- o método Woodframe é considerado o detentor do melhor desempenho na Pegada ambiental e na Eficiência térmica e energética
- todos os Utilizadores efetivos optaram pelo método Tradicional na sua residência atual
- 61% dos Utilizadores finais estão na disposição de considerar métodos alternativos ao Tradicional em futuras opções
- 79% do grupo Fornecedores e Influenciadores utilizam o método Tradicional na sua atividade corrente
- 52% dos inquiridos deste grupo admite trabalhar com outros métodos construtivos no futuro
- os métodos Tradicional e LSF são ponderados com fator majorativo por 50% e 39% dos peritos avaliadores, respetivamente
- 33% dos Peritos avaliadores imobiliários ponderam com fator de desvalorização os métodos Woodframe e o sistema Fractus
- todas as instituições bancárias inquiridas admitiram não excluir qualquer método construtivo do processo de concessão de crédito
- o método Woodframe é aceite condicionalmente para cobertura de seguro de risco por 4 seguradores e excluído por uma delas
- o sistema Baupanel® é aceite por todas as seguradoras, apesar de uma aceitar apenas condicionalmente
- 4 dos inquiridos redigiram nos comentários que possuíam pouco ou nenhum conhecimento dos métodos alternativos apresentados, sugerindo maior divulgação

## **6 Análise comparativa**

Conforme está plasmado no título da presente dissertação e melhor detalhado nos objetivos da mesma, um dos seus principais propósitos é a realização de uma análise comparativa que permita classificar o desempenho de cada um dos métodos construtivos.

O desempenho em causa prende-se com o resultado da análise aos inquéritos sobre vários atributos considerados importantes no processo de decisão de compra ou de construção de uma habitação.

Essas características são de várias naturezas como por exemplo económica, ambiental, de segurança e conforto.

Os resultados apurados não têm a pretensão de ser uma verdade absoluta, pois como todos os inquéritos existe sempre uma margem de subjetividade de quem responde, mas demonstram sim a perceção dos inquiridos sobre o desempenho dos métodos construtivos em análise, no momento em que foram questionados.

A forma de construir e apresentar essa análise comparativa obedeceu a um conjunto de pressupostos detalhados abaixo.

### **6.1 Metodologia**

De todos os atributos analisados o autor apenas se permitiu alterar a classificação atribuída aos Custos e Rapidez de construção uma vez que, como resultado das consultas efetuadas a vários construtores dos métodos construtivos em análise, recebeu destes propostas concretas que fazem sentido ponderar neste estudo.

No que concerne aos restantes atributos, apesar dos resultados alcançáveis poderem ser questionáveis, o autor foi fiel às respostas aos questionários e ao tratamento dos dados.

Conforme já foi referido, os atributos em análise são os que constam do inquérito realizado:

- Custo de construção

- Rapidez de construção
- Facilidade de construção ou oferta de construtores
- Pegada ambiental
- Durabilidade
- Solidez e robustez
- Custos de manutenção no período de utilização
- Eficiência térmica e energética
- Resistência anti-sísmica
- Resistência anti-fogo

Para além destes, foram considerados mais 3 atributos que resultaram do parecer de 3 agentes que influenciam indiretamente a tomada de decisão. São eles a banca, os seguros e os peritos avaliadores imobiliários, com os seguintes atributos:

- Financiamento
- Cobertura de seguros
- Avaliação imobiliária

Face a estes pressupostos, a grelha de classificação dos métodos construtivos considerada foi a seguinte.

**Tabela 27-** Grelha de classificação dos métodos construtivos. Autor. 2023

Características / Atributos	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus
Custo					
Rapidez de construção					
Facilidade de construção ou oferta de construtores					
Pegada ambiental					
Durabilidade					
Solidez e robustez					
Custos de manutenção no período de utilização					
Eficiência térmica e energética					
Resistência anti-sísmica					
Resistência anti-fogo					
Outros					
- Financiamento					
- Cobertura de seguros					
- Avaliação imobiliária					

O tratamento dos dados dos inquéritos, conforme é possível constatar no ponto 5.3.3, apresenta um valor percentual para cada método construtivo. Este valor indica qual a percentagem de inquiridos que identificaram esse método como sendo o melhor no atributo em questão.

Como já atrás foi referido, é importante saber-se que cada inquirido tinha a hipótese de escolher mais que um método em cada atributo.

Para a classificação pretendida neste capítulo e de modo a haver uma comparabilidade com os atributos Financiamento, Cobertura de seguros e Avaliação imobiliária, onde não existe uma classificação percentual decorrente dos inquéritos, assumiu-se transpor essas percentagens em pontuação de 1 a 5.

Do mesmo modo também os 3 atributos referidos acima foram classificados conforme a primeira coluna da tabela abaixo e com a correspondência quantitativa da terceira coluna.

Assim sendo assumiu-se o seguinte pressuposto de correspondência entre a percentagem e a classificação qualitativa:

**Tabela 28-** Grelha de transposição do resultado do inquérito para a classificação quantitativa. Autor. 2023

Classificação qualitativa	Resultado inquérito	Classificação quantitativa
Mau	0% a 9%	1
Fraco	10% a 24%	2
Regular	25% a 49%	3
Bom	50% a 84%	4
Excelente	85% a 100%	5

## 6.2 Grelha de análise

Esclarecidos os pressupostos, apresentam-se os resultados do tratamento dos dados dos inquéritos.

Tabela 29- Grelha de classificação preenchida. Autor. 2023

Características / Atributos	Classificação nos inquéritos					Classificação quantitativa (1 a 5)				
	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus
Custo	46%	29%	18%	4%	8%	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00
Rapidez de construção	7%	72%	38%	14%	17%	1,00	4,00	3,00	2,00	2,00
Facilidade de construção ou oferta de construtores	72%	25%	8%	3%	6%	4,00	3,00	1,00	1,00	1,00
Pegada ambiental	11%	33%	43%	6%	7%	2,00	3,00	3,00	1,00	1,00
Durabilidade	82%	15%	7%	10%	8%	4,00	2,00	1,00	1,00	1,00
Solidez e robustez	86%	17%	7%	10%	7%	5,00	2,00	1,00	1,00	1,00
Custos de manutenção no período de utilização	54%	36%	17%	6%	6%	4,00	3,00	2,00	1,00	1,00
Eficiência térmica e energética	33%	43%	36%	22%	14%	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
Resistência anti-sísmica	46%	38%	22%	10%	6%	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00
Resistência anti-fogo	74%	26%	13%	11%	6%	4,00	3,00	2,00	2,00	1,00
Outros										
- Financiamento	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
- Cobertura de seguros	Excelente	Fraco	Mau	Bom	Regular	5,00	2,00	1,00	4,00	3,00
- Avaliação imobiliária	Bom	Regular	Fraco	Regular	Fraco	4,00	3,00	2,00	3,00	2,00
<b>Total</b>						<b>3,46</b>	<b>2,85</b>	<b>2,00</b>	<b>1,77</b>	<b>1,54</b>

Na primeira metade da tabela é possível observar as percentagens e classificação qualitativa resultantes do tratamento dos inquéritos e na segunda parte apresentam-se os valores correspondentes à transposição dos anteriores para uma classificação de 1 a 5 (de Mau a Excelente).

O autor optou por uma codificação de cores para melhor interpretar o resultado em cada atributo, sendo o desempenho crescente entre as cores vermelho e verde.

Para a classificação final dos atributos Custo e Rapidez de Construção, o autor considerou ponderar de forma diferente as conclusões retiradas da análise dos inquéritos (40%) e as evidências resultantes da consulta ao mercado (60%), tendo em conta que esta espelha de forma lacónica as condições oferecidas pelo mercado e, em concreto, pelos agentes inquiridos.

**Tabela 30-** Classificação final dos atributos Custo e Prazo de construção. Autor. 2023

Atributo Custo	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	Ponderação
Resultado Inquérito	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00	40%
Consultas ao mercado	5,00	3,00	2,00	2,00	3,00	60%
Classificação final	4,20	3,00	2,00	1,60	2,20	

Atributo Prazo	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	Ponderação
Resultado Inquérito	1,00	4,00	3,00	2,00	2,00	40%
Consultas ao mercado	1,00	4,00	4,00	3,00	5,00	60%
Classificação final	1,00	4,00	3,60	2,60	3,80	

Por sua vez a classificação atribuída aos valores resultantes das consultas aos agentes de mercado, assentou no seguinte pressuposto.

**Tabela 31-** Pressuposto para classificação dos atributos Custo e Prazo de construção resultantes das consultas aos construtores. Autos. 2023

Critério	Classificação
Melhor preço / prazo	5
Até 25% desvio	4
Entre 26 e 50% desvio	3
Entre 51 e 75% desvio	2
Mais de 76% desvio	1

Assim sendo, a tabela seguinte espelha os pressupostos acima referidos.

**Tabela 32-** Grelha de classificação final. Autor. 2023

Características / Atributos	Classificação quantitativa (1- Mau a 5- Excelente)				
	Construção tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus
Custo	4,20	3,00	2,00	1,60	2,20
Rapidez de construção	1,00	4,00	3,60	2,60	3,80
Facilidade de construção ou oferta de construtores	4,00	3,00	1,00	1,00	1,00
Pegada ambiental	2,00	3,00	3,00	1,00	1,00
Durabilidade	4,00	2,00	1,00	1,00	1,00
Solidez e robustez	5,00	2,00	1,00	1,00	1,00
Custos de manutenção no período de utilização	4,00	3,00	2,00	1,00	1,00
Eficiência térmica e energética	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
Resistência anti-sísmica	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00
Resistência anti-fogo	4,00	3,00	2,00	2,00	1,00
Outros					
- Financiamento	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
- Cobertura de seguros	5,00	2,00	1,00	4,00	3,00
- Avaliação imobiliária	4,00	3,00	2,00	3,00	2,00
<b>Total</b>	<b>3,55</b>	<b>2,85</b>	<b>2,05</b>	<b>1,86</b>	<b>1,77</b>

Apesar de algumas diferenças entre as classificações nos dois primeiros atributos, as mesmas apresentam alguma convergência no que concerne aos métodos com as melhores e piores performances.

O método melhor classificado foi o Tradicional, tendo o sistema Fractus reunido menos preferências.

Nesta grelha constata-se que a amplitude de resultados entre o melhor e o pior desempenho global não é muito relevante, não chegando a duas unidades (entre 1,77 e 3,55).

O método tradicional demonstra ser o mais equilibrado, com primazia em 11 nos 13 atributos, seguido a curta distância pelo LSF.

No polo oposto encontra-se o Sistema Fractus com 1,77 pontos. Este sistema construtivo é claramente penalizado pela sua juventude e diminuta divulgação e implantação no mercado, o que condiciona em muito uma boa perceção no mesmo.

A presente análise comparativa pretende ser um contributo para aferir a perceção geral e a perceção por grupos específicos, sobre os métodos construtivos em relação a várias dimensões, em complemento com a análise dos métodos realizada inicialmente.

## 7 Conclusões

Os objetivos definidos no início deste trabalho, e para os quais se pretendeu dar resposta, são os seguintes:

- avaliar a percepção que os vários *players* do mercado têm dos métodos aqui apresentados
- estabelecer uma análise comparativa entre os vários métodos em estudo
- esclarecer os leitores sobre as características de cada método

As conclusões do presente trabalho pretendem resumir as principais evidências retiradas da análise e apresentação das soluções construtivas, bem como do estudo de opinião realizado.

Essas conclusões são apresentadas de forma sucinta e esquematizada na tabela infra.

**Tabela 33-** Análise SWOT dos Métodos construtivos em análise. Autor, 2023.

Método construtivo	Pontos Fortes e Oportunidades	Pontos Fracos e Ameaças
<b>Método Tradicional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notoriedade elevada e popularidade</li> <li>- Custo inicial reduzido</li> <li>- Resistência ao fogo</li> <li>- Perceção de durabilidade, solidez e robustez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer mão de obra especializada</li> <li>- Grande número de atividades</li> <li>- Propensão para Pontes térmicas</li> <li>- Maior propensão para condensações</li> <li>- Prazo de construção elevado</li> <li>- Maior probabilidade de acidentes de trabalho</li> <li>- Baixa perceção sobre o Desempenho ambiental</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escassez de mão de obra</li> </ul>
<b>Métodos alternativos</b> (características transversais aos 4 métodos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução dos riscos de acidentes de trabalho</li> <li>- Reduzida incidência de patologias</li> <li>- Prazo de construção</li> <li>- Peso reduzido</li> <li>- Maior controlo do projeto e processo construtivo</li> <li>- Pré-fabricação reduz o impacto ambiental: redução da utilização de recursos em obra e menor geração de resíduos</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abertura do mercado para novos métodos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notoriedade mais baixa</li> <li>- Investimento inicial acrescido</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzida oferta de operadores no mercado</li> <li>- Limitações na cobertura de risco por parte de seguradoras</li> </ul>
<b>LSF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema portante</li> <li>- Facilidade de aplicação das inst. técnicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perceção de fragilidade</li> </ul>
<b>Woodframe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema portante</li> <li>- Consumo de CO<sub>2</sub> durante a fase de crescimento da árvore</li> <li>- Perceção de comportamento ambiental</li> <li>- Facilidade de aplicação das inst. Técnicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuidados adicionais com impermeabilização a humidades</li> <li>- Perceção de fragilidade</li> <li>- Perceção de resistência ao fogo</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitações na cobertura de seguros</li> <li>- Limitações na concessão de crédito</li> </ul>
<b>Sistema Fractus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de montagem</li> <li>- Dispensa mão de obra especializada em obra</li> <li>- Facilidade de aplicação das inst. Técnicas</li> <li>- Possibilidade de reutilização dos painéis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de certificações técnicas</li> <li>- Desconhecimento da parte do mercado</li> <li>- Painéis não estruturais</li> <li>- Reduzida implantação no mercado</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitações na concessão de crédito</li> </ul>
<b>Sistema Baupanel®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema portante</li> <li>- Comportamento monolítico</li> <li>- Painéis de parede exterior com espessura reduzida</li> <li>- Não tem limitação de construção em cave</li> <li>- Simplicidade do processo construtivo</li> <li>- Liberdade arquitetónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desconhecimento da parte do mercado</li> <li>- Reduzida implantação no mercado</li> </ul>

A principal evidência que surge dos inquéritos respondidos prende-se com a necessidade das empresas que promovem os métodos alternativos em concentrar esforços no sentido de

informar os consumidores sobre as suas virtudes, não apenas através de argumentos publicitários no âmbito de ações de marketing, mas essencialmente através de argumentos estudados e comprovados por instituições e organismos com credibilidade para tal.

A certificação dos sistemas, dos produtos e das matérias primas poderá constituir um meio eficaz de transmitir segurança aos consumidores, funcionando para as empresas como uma mais-valia.

Outra das áreas que deve ser trabalhada por estes métodos é a informação e influência junto do setor de ensino, associações setoriais, ordens setoriais e da área de projeto e arquitetura.

Esses factos associados à abertura de mentalidade do mercado para outras realidades e prioridades e ao facto do método tradicional sentir bastantes dificuldades em responder às solicitações que se lhe deparam, poderá ser a mudança do paradigma no setor da construção.

Independentemente destas evidências, este estudo demonstra que o método tradicional ainda tem uma importante palavra a dizer, desde que saiba acompanhar o mercado e as suas necessidades.

## Referências Bibliográficas

- Andrade, R. (2016). *Estudo comparativo entre construção tradicional e LSF*. Faro: Universidade do Algarve.
- Antunes, C. (2022). *Coberturas inclinadas: soluções construtivas*. Porto: Universidade do Porto - FEUP.
- Bastos, R. (2014). *Projeto de estruturas com perfis em aço enformados a frio*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Baupanel, S. (2023). *Baupanel*. Obtido de Baupanel: <https://www.baupanel.com/>
- Bland, K. (2023). *Wood can take the heat*. Obtido de Think Wood: <https://www.thinkwood.com/fire-resistance-wood-construction>
- Borges, T. (2012). *Acompanhamento da execução de instalações técnicas e acabamentos nos edifícios de habitação do "Condomínio Oriente"*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Buildity. (2023). Buildity e baupanel - 35 anos de desenvolvimento. *Brochura Buildity*. Buildity.
- Cardoso, D. (2018). *Avaliação do desempenho funcional de uma habitação com estrutura em LSF*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Correia, L. (2015). *Wood frame como sistema estrutural*. Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto.
- Cortesão, J. (2014). *O Estudante - blog de Engenharia Civil*. Obtido de [https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes\\_18.html](https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2014/04/fundacoes_18.html)
- eportugal.gov.pt. (27 de Setembro de 2023). *eportugal - ETA*. Obtido de eportugal: <https://eportugal.gov.pt/servicos/consultar-a-aprovacao-tecnica-europeia-eta-ESTT>.
- ESTT. (2023). *Isolamento a sons aéreos - apresentação*. Tomar: ESTT - Instituto Politécnico de Tomar.
- Faria, F. (2013). *Portugueses, Análise dos Sistemas Construtivos*. Porto: Universidade do Porto.
- Ferreira, A. (2007). *Soluções Técnicas para isolamento Sonoro de edifícios de habitação*. Lisboa: IST- Instituto Superior Técnico.
- Fractus. (2023). *www.fractus.pt*. Obtido de Fractus - painéis SIP: <https://fractus.pt/paineis-sip/>
- Futureng. (2023). Obtido de [www.futureng.pt](http://www.futureng.pt): [www.futureng.pt](http://www.futureng.pt)

- INE, S. d. (9 de Março de 2023). Índice de Custos de Construção de Habitação Nova. *Destaque*, p. 6.
- Leite, R. (2015). *Métodos construtivos de edifícios – comparação entre pré-fabricação e construção tradicional em betão armado*. Porto: ISEP.
- Lendrevie, J. (2018). *Mercator - o Marketing na era digital*. Lisboa: Dom Quixote.
- Lima, C. (2005). *Trabalho e risco no setor da construção civil em Portugal: desafios a uma cultura de prevenção*. Coimbra: Universidade de Coimbra - Centro de Estudos Sociais.
- Lima, R. (2022). *Simulação numérica de acústica e térmica em paredes de aço leve*. Bragança: Instituto Ploitécnico de Bragança.
- LNEC. (s.d.). *Informação de interesse geral*. Obtido de Departamento de estruturas - Núcleo de engenharia sísmica e dinâmica de estruturas: [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/o\\_que\\_sao\\_sismos.html](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/o_que_sao_sismos.html)
- Marinho, M. (2014). *Diagnóstico de Patologias associadas à humidade utilizando técnicas não destrutivas*. Porto: Universidade do Porto - FEUP.
- Martinho, F. (2017). *Dimensionamento de fundações superficiais e profundas de acordo com os eurocódigos- aplicação a um caso de estudo*. Porto: ISEP.
- Mateus, R. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*. Braga: Universidade do Minho.
- Morgado, L. (18 de Junho de 2012). Projeto e construção de casas de madeira em Portugal. *Jornadas LNEC - engenharia para a sociedade, investigação e inovação*, p. 12.
- Paraná, C. (2012). *Resistência ao fogo dos elementos de construção*. Paraná, Brasil: Corpo de Bombeiros do Paraná BM/7.
- Pérez-Garcia, A. (11 de Janeiro de 2014). Building's eco-efficiency improvements based on reinforced concrete multilayer structural panels. *Energy and Buildings* 85, p. 11.
- Pires, A. (2013). *Quantificação do valor ambiental em edifícios*. Lisboa: ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Póvoa, P. (2012). *Estudo de Reabilitação em "Ponte" de Fissuras em Paredes de Alvenaria*. Coimbra: FCTUC- Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.
- Romão, M. (2015). *Contribuição do isolamento térmico para o aumento da eficiência energética em edifícios*. Lisboa: ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Santos, M. e. (2021). *Conforto ambiental em edifícios - introdução*. Leiris: Instituto Politécnico de Leiria - ESTG (Engenharia Civil).

- Tavares, S. (2016). *Índices de CO2 para materiais de construção em edificações brasileiras*. Curitiba (Brasil) e Guimarães (Portugal): Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Environment.
- Thórus, E. (18 de Novembro de 2019). <https://thorusengenharia.com.br/trrf-como-dimensionar/>. Obtido de Thórus Engenharia: <https://thorusengenharia.com.br/trrf-como-dimensionar/>
- Tomar, I. P. (2023). Coberturas de edifícios. Em *Curso de Engenharia Civil - Processos Gerais de Construção II*. Tomar: ESTT - Instituto Politécnico de Tomar.
- Vasconcelos, J. (2017). *Desempenho acústico de soluções construtivas*. Porto: ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto.

## **Anexos**

**Anexo 1- Mapa de trabalhos e quantidades projeto moradia de Fátima**

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
<b>1</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS</b>			
<b>1.1</b>	<b>ESTALEIRO</b>			
1.1.1	Montagem e desmontagem do estaleiro, incluindo todos os equipamentos e instalações provisórias necessárias ao apoio da obra, NOTA: Eletricidade e água por conta do Dono de Obra.			
1.1.1.1	Local de Obra	vg	1	
1.1.2	Direção de Segurança em Obra, comunicação de abertura de estaleiro a ACT e Respetivos trabalhos de acompanhamento			
1.1.2.1	Local de Obra	vg	1	
1.1.3	<b>Custos Fixos Obra</b>			
1.1.3.1	Direção técnica de obra	mês	24	
1.1.3.2	Eletricidade e Iluminação	mês	24	
1.1.3.3	Abastecimento de Água e Saneamento	mês	24	
1.1.5	<b>Custos relacionados com pedidos e execução de Ramais</b>			
1.1.5.1	Pedido de Ramal de abastecimento de Águas	vg	1	
1.1.5.2	Pedido de Ramal de Drenagem de Águas Residuais Domésticas	vg	1	
1.1.5.3	Pedido de Ramal de Drenagem de Águas Pluviais	vg	1	
1.1.5.4	Pedido de Ramal de Abastecimento Elétrico	vg	1	
1.1.5.5	Pedido de Ramal de Telecomunicações	vg	1	
<b>1.2</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRAS</b>			
<b>1.2.1</b>	<b>Escavação geral</b>			
	Execução dos trabalhos de piquetagem necessários à obra, de modo a garantir as cotas finais de projecto.			
1.2.1.1	Implantação de Obra	vg	1,00	
<b>1.2.2</b>	<b>Escavação geral</b>			
	Desmatção, decapagens e escavação geral, incluindo remoção a vazadouro dos produtos resultantes, até uma distância de 5km, não reaproveitáveis em área de implantação do edifício.			
1.2.2.1	Implantação de Obra	m3	166,80	
<b>1.2.3</b>	<b>estrutura/fundação</b>			
	Execução de escavação por meios mecânicos em terreno de qualquer natureza para implantação de elementos de fundação, incluindo folgas de trabalho, remoção dos produtos sobranes para posterior utilização em aterro existente.			
1.2.3.1	Edifício	m3	69,50	
1.2.4	Aterro de elementos de fundação com terras provenientes da escavação incluindo compactação até às respectivas cotas do pavimento conforme projecto.			
1.2.4.1	Edifício	m3	24,50	
1.2.5	Camadas de toutvenant sobre terreno, devidamente compactado			
	Elementos de fundação			
1.2.5.1	Edifício	m3	24,50	
1.2.6	Pavimento Térreo			
1.2.6.1	Camada de enrocamento em toutvenant 20cm			
1.2.6.1.1	Edifício	m3	27,80	
1.2.6.2	Camada de brita 7cm + camada de areia 3cm + geotêxtil + filme de proliprieno			
1.2.6.2.1	Edifício	m2	139,00	
1.2.6.3	Rede eletrosoldada AQ38 e Betão C25/30 - 15cm.			
1.2.6.3.1	Edifício	m2	139,00	

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
1.3	<b>TRABALHOS DE REPARAÇÃO E CONCLUSÃO DE OBRA</b>			
1.3.1	Reparação e repavimentação de área de passeio público após conclusão de trabalhos e remoção de estaleiro, incluindo sinalização temporária dos trabalhos.			
1.3.1.1	Edifício	v.g.	1,00	
1.4	<b>Vistorias e certificações</b>			
1.4.1	Vistorias rede de Saneamento			
1.4.1.1	Edifício	vg	1	
1.4.2	Vistorias rede de Abastecimento de Água			
1.4.2.1	Edifício	vg	1	
1.4.3	Certificação de Instalação de Coletores Solares			
1.4.3.1	Edifício	vg	1	
1.4.5	Certificação rede de Abastecimento Elétrico			
1.4.5.1	Edifício	vg	1	
1.4.6	Certificação rede de telecomunicações			
1.4.6.1	Edifício	vg	1	
1.4.7	Ensaio de certificação acústica			
1.4.7.1	Edifício	vg	1	
1.4.8	Certificação Energética			
1.4.8.1	Edifício	vg	1	

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
<b>2</b>	<b>ESTABILIDADE</b>			<b>ok</b>
	<b>Estrutura</b>			
	Fornecimento, execução e montagem de todos os trabalhos inerentes à estrutura de betão armado necessária ao edifício em questão. O seu fornecimento e realização deve respeitar todas as informações previstas em projeto de especialidade bem como todas as normas de bem construir aplicáveis ao trabalho em questão, respeitando cotas e informação métricas dos projetos de estabilidade e arquitetura.			
<b>2.1</b>	<b>Execução de trabalhos de Cofragem</b>			<b>ok</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Edifício</b>			
2.1.1.1	Sapatas Isoladas	m2	16	
2.1.1.2	Sapatas contínuas	m2	23	
2.1.1.3	Lajes maciças	m2	13,85	
	Lajes de Vigotas	m2	208,39	
2.1.1.4	Vigas	m2	72,53	
2.1.1.5	Muros de suporte e contenção periférica	m2	124,20	
2.1.1.6	Pilares	m2	114,40	
2.1.1.7	Escadas	m2	7,77	
<b>2.2</b>	<b>Execução de trabalhos de armaduras, aço A-400</b>			<b>ok</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Edifício</b>			
2.2.1.1	Sapatas Isoladas			
	Diam. 6mm	kg	9,69	
	Diam 12mm	kg	362,72	
2.2.1.2	Sapatas contínuas			
	Diam. 6mm	kg	7,29	
	Diam 12mm	kg	651,39	
2.2.1.3	Lajes de Vigotas			
	Diam. 8mm	Kg	2,26	
	Diam. 10mm	Kg	271,21	
	Diam. 12mm	Kg	70,80	
	Diam. 16mm	Kg	37,15	
2.2.1.5	Vigas de Betão			
	Diam. 8mm	Kg	685,80	
	Diam. 12mm	kg	814,00	
	Diam 16mm	kg	574,60	
2.2.1.6	Muros de suporte e contenção periférica			
		Kg	1387,00	
2.2.1.7	Pilares de betão			
		Kg	982,00	
2.2.1.8	Escadas			
		Kg	89,00	
<b>2.3</b>	<b>Betonagem de elementos estruturais B30 (C25/30)</b>			<b>ok</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Edifício</b>			
2.3.1.1	Sapatas Isoladas	m3	7,92	
2.3.1.2	Sapatas contínuas	m3	14,37	
2.3.1.3	Lajes Maciças	m3	2,77	
2.3.1.4	Lajes de Vigotas (lâmina de compressão)	m3	16,25	
2.3.1.5	Vigas	m3	21,35	
2.3.1.6	Muros de suporte e contenção periférica	m3	15,53	
2.3.1.7	Pilares	m3	7,73	
2.3.1.8	Escadas	m3	1,21	

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
2.4	<b>Revestimento/impermeabilização de elementos de fundação</b>			ok
2.4.1	Impermeabilização de superfície de contacto com elementos de fundação - transição betão de limpeza, estrutura			
	Pintura 2 demão cruzadas emulsão betuminosa tipo superplast da chuva, ou equivalente	vg	1,00	
	<b>Edifício</b>			
2.4.1.1,1	Sapatas isoladas	m2	16	
2.4.1.1,2	Sapatas contínuas	m2	23	
2.4.2	Pintura lateral de elementos de fundação - face interna da estrutura			
	2 demão cruzadas emulsão betuminosa tipo superemul da Chova			
	<b>Edifício</b>	vg	1,00	
2.4.3	Impermeabilização de muros de cave em contacto com solo	vg	1,00	
	2 demão cruzadas emulsão betuminosa tipo superemul da Chova + tela asfáltica + manta drenante	vg	1,00	
	<b>Edifício</b>			
2.4.3.1,1	Sapatas isoladas	m2		
2.4.3.1,2	Sapatas contínuas	m2		
2.4.3.1,3	Muros de suporte e contenção periférica	m2	62,10	
2.4.4	<b>drenagem perimetral muros de cave</b>			
	Manta geotêxtil, caixa de brita. Geodreno DN125, camada de areia			
	<b>Edifício</b>			
2.4.4.1,3	Muros de suporte e contenção periférica	m2	62,10	

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
<b>10</b>	<b>MEDIÇÃO ELEMENTOS ARQUITETÓNICOS - COBERTURAS, REVESTIMENTOS, PAVIMENTOS, ACABAMENTOS</b>			
	<b>COBERTURAS, REVESTIMENTOS, PAVIMENTOS, ACABAMENTOS</b>			
<b>10.1</b>	<b>COBERTURAS</b>			
	<b>Cobertura em telha cerâmica, referência CS Tecno 2004</b>			
	Telha CS Tecno2004			
	Lote 11A	m2	150,00	- €
	<b>Remate de cumeeira, peça especial</b>			
	Lote 11A	ml	12,00	- €
	<b>Cobertura plana tela asfáltica acabamento cruzado</b>			
	Avançado Quarto	m2	4,60	- €
	<b>Remates de acabamento de topos e perímetro</b>			
	Avançado Quarto	ml	7,00	- €
	<b>Pavimento Térreo</b>			
	Camada de enrocamento em toutvenant 20cm			
	Garagem, arrumos e circulação	m3	22,00	- €
	Camada de brita 7cm + camada de areia 3cm + geotêxtil + filme de proliprieno			
	Rede eletrosoldada AQ38 e Betão C25/30 - 15cm.			
	Garagem, arrumos e circulação	m2	62,00	- €
	10cm Betão celular sobre isolamento			
	Lote 11A	m3	6,20	- €
	Filme de polietileno 1cm			
	Lote 11A	m2	62,00	- €
	Lã Mineral 10cm			
	Lote 11A	m2	62,00	- €
<b>10.2</b>	<b>ALVENARIAS</b>			
	Alvenaria de Tijolo de 15 em pano exterior de parede dupla			
	Piso 0	m2	159,00	- €
	Piso Cave	m2	132,50	- €
	Alvenaria de Tijolo de 11 em pano interior de parede dupla			
	Edifício	m2	150,00	- €
	Isolamento XPS 6cm			
	Edifício	m2	159,00	- €
	Alvenaria de Tijolo de 11 em panos interiores			
	Edifício	m2	175,75	- €

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
<b>11</b>	<b>CANTARIAS</b>			
	Fornecimento e assentamento de cantaria pedra, assente com aguada de pasta de cimento, incluindo todos o trabalhos necessários ao seu perfeito acabamento.			
	Degraus Escada - 900 x 300			
	Edifício	ml	15,3	- €
	Soleira porta entrada			
	Edifício - Entrada Principal + Varanda	ml	2	- €
	Soleiras de janelas apartamentos			
	Edifício	ml	20,25	- €
	Pedra de capeamento de muretes - cobertura plana sobre quarto avançado			
	Edifício	ml	7	- €
<b>12</b>	<b>ALUMÍNIOS, VIDROS E DIVISÓRIAS</b>			
	<b>Porta de entrada principal</b>			
	Porta de entrada 285 x 350			
	Piso 0 e Piso -1	un	2	- €
	<b>PORTAS E JANELAS EXTERIORES</b>			
	Fornecimento e montagem de caixilharia em alumínio anodizado referência Sapa, série BZI/Sapa BZI,77, classe 4 de permeabilidade ao ar, c/ corte térmico, Vidro duplo SGG, planiclear 6mm + Capa solar planitherm XN, caixa de ar 16mm e vidro interior laminado planiclear 4mm PVB standard, c/ estore de alumínio. incluindo todos os acessórios, ferragens, remates, vedações periféricas e colocação de vidro duplo conforme prescrição de projeto de comportamento térmico			
	Janela de 250 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela de 350 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela de 145 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 160 x 100			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 90 x 200			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 80 x 150			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 160 x 150			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 130 x 40			
	Piso 0 e Piso -1	un	3	- €
	<b>Caixas de estore pré-fabricadas c/ isolamento XPS pelo interior</b>			
	Janela de 250 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela de 350 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela de 145 x 185			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 160 x 100			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 90 x 200			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 80 x 150			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 160 x 150			
	Piso 0 e Piso -1	un	1	- €
	Janela 130 x 40			
	Piso 0 e Piso -1	un	3	- €

CAPITULO	DESIGNAÇÃO	UNID	QUANT.	preço unitário
13	<b>SERRALHARIAS</b>			
	Fornecimento e montagem de portão exterior de acesso a viaturas, de abrir, cor cinza RAL 7022, incluindo motor e sensores de abertura equipados com comando próprio			
	Edifício	un	1	- €
	Fornecimento e montagem de portão exterior de acesso a pessoas, de abrir, cor cinza RAL 7022, incluindo fechaduras e trinco elétrico.			
	Edifício	un	1	- €
	Fornecimento e montagem de portão exterior de acesso a cave, seccionado, cor cinza RAL 7022, incluindo motor e sensores de abertura equipados com comando próprio para as 10 frações			
	Edifício	un	1	- €
	Guarda-corpos de escadaria interior, aço inox			
	Edifício	ml	5	- €
	Guarda-corpos em varanda			
	Edifício	ml	7	- €
	Receptáculo postal préfabricado			
	Edifício	un	1	- €

## **Anexo 2- Questionários enviados**

## - Questionário enviado aos Peritos Avaliadores de Imóveis

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

- Tradicional (betão e alvenaria)
- LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)
- Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)
- Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)
- Sistema Fractus (painel estrutural isolado)
- Outra: \_\_\_\_\_

3. Classifique em 1 (ponderação inferior), 2 (ponderação normal) ou 3 (ponderação superior), os seus critérios de avaliação relacionados com um imóvel construído nos diferentes métodos construtivos \*

	1 (inferior)	2 (normal)	3 (superior)	NA / NR
Método tradicional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LSF	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Baupanel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Woodframe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Fractus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Pretende contribuir com mais algum comentário ou aspeto que considere relevante?

A sua resposta

- Questionário enviado à Banca

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

- Tradicional (betão e alvenaria)
- LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)
- Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)
- Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)
- Sistema Fractus (painel estrutural isolado)
- Outra: \_\_\_\_\_

3. Existe algum agravamento ou limitação na obtenção de financiamento para Construção ou para Aquisição de imóveis, que utilizem algum dos métodos construtivos listados? Se sim, para quais?

A sua resposta

4. Deseja contribuir com mais algum comentário que considere relevante?

A sua resposta

- Questionário enviado às companhias de Seguros

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

- Tradicional (betão e alvenaria)
- LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)
- Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)
- Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)
- Sistema Fractus (painel estrutural isolado)
- Outra: \_\_\_\_\_

3. Existe algum agravamento ou limitação na contratação de seguro para o imóvel, para algum dos métodos construtivos listados? Se sim, qual?

A sua resposta

4. Deseja contribuir com algum aspeto ou comentário adicional que considere relevante?

A sua resposta

- Questionário enviado aos Construtores, Projetistas e Promotores Imobiliários

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta \_\_\_\_\_

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

Tradicional (betão e alvenaria)

LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)

Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)

Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)

Sistema Fractus (painel estrutural isolado)

Outra: \_\_\_\_\_

3. Que método construtivo é utilizado frequentemente nos edifícios / imóveis em que intervém diretamente?

A sua resposta \_\_\_\_\_

4. Pondera no futuro utilizar outros métodos? Se sim, quais?

A sua resposta \_\_\_\_\_

5. Segundo a sua perceção, escolha os métodos construtivos com melhor desempenho relativamente ao conjunto de características listado (pode ser mais que um): \*

	Tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	NA/NR
Custo	<input type="checkbox"/>					
Rapidez de construção	<input type="checkbox"/>					
Facilidade de construção e oferta de construtores	<input type="checkbox"/>					
Pegada ambiental	<input type="checkbox"/>					
Durabilidade	<input type="checkbox"/>					
Solidez e robustez	<input type="checkbox"/>					
Custos de manutenção durante a utilização	<input type="checkbox"/>					
Eficiência térmica e energética	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-sísmica	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-fogo	<input type="checkbox"/>					

6. Deseja contribuir com mais algum aspeto que considere relevante?

A sua resposta \_\_\_\_\_

- Questionário enviado aos Utilizadores efetivos

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta \_\_\_\_\_

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

Tradicional (betão e alvenaria)

LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)

Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)

Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)

Sistema Fractus (painel estrutural isolado)

Outra: \_\_\_\_\_

3. Que método construtivo foi utilizado na sua habitação?

A sua resposta \_\_\_\_\_

4. Pondera no futuro utilizar outros métodos? Se sim, quais?

A sua resposta \_\_\_\_\_

5. Segundo a sua perceção, escolha os métodos construtivos com melhor desempenho relativamente ao conjunto de características listado (pode ser mais que um): \*

	Tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	NA/NR
Custo	<input type="checkbox"/>					
Rapidez de construção	<input type="checkbox"/>					
Facilidade de construção e oferta de construtores	<input type="checkbox"/>					
Pegada ambiental	<input type="checkbox"/>					
Durabilidade	<input type="checkbox"/>					
Solidez e robustez	<input type="checkbox"/>					
Custos de manutenção durante a utilização	<input type="checkbox"/>					
Eficiência térmica e energética	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-sísmica	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-fogo	<input type="checkbox"/>					

6. Deseja contribuir com mais algum aspeto que considere relevante?

A sua resposta \_\_\_\_\_

- Questionário enviado aos Potenciais compradores / promotores próprios

1. Para além dos métodos tradicionais (Betão armado + alvenaria de tijolo) que outros métodos construtivos conhece?

A sua resposta \_\_\_\_\_

---

2. Dos seguintes métodos construtivos, quais conhece?

Tradicional (betão e alvenaria)

LSF (Light Steel Frame - perfis metálicos estruturais isolados)

Sistema Baupanel (EPS armado + microbetão)

Woodframe (perfis estruturais de madeira isolados)

Sistema Fractus (painel estrutural isolado)

Outra: \_\_\_\_\_

---

3. Que método(s) construtivo(s) pondera considerar na sua habitação?

A sua resposta \_\_\_\_\_

---

4. Pondera no futuro utilizar outros métodos? Se sim, quais?

A sua resposta \_\_\_\_\_

---

5. Segundo a sua perceção, escolha os métodos construtivos com melhor desempenho relativamente ao conjunto de características listado (pode ser mais que um): \*

	Tradicional	LSF	Woodframe	Sistema Baupanel	Sistema Fractus	NA/NR
Custo	<input type="checkbox"/>					
Rapidez de construção	<input type="checkbox"/>					
Facilidade de construção e oferta de construtores	<input type="checkbox"/>					
Pegada ambiental	<input type="checkbox"/>					
Durabilidade	<input type="checkbox"/>					
Solidez e robustez	<input type="checkbox"/>					
Custos de manutenção durante a utilização	<input type="checkbox"/>					
Eficiência térmica e energética	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-sísmica	<input type="checkbox"/>					
Resistência anti-fogo	<input type="checkbox"/>					

---

6. Deseja contribuir com mais algum aspeto que considere relevante?

A sua resposta \_\_\_\_\_

## Anexo 3- Dados técnicos dos vários métodos construtivos

Método construtivo	Elemento	Especificações	Massa Total (kg/m <sup>2</sup> )	Composição (em mm)	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (db)	Fonte
Tradicional	Paredes simples de alvenaria		332	Reboco 20 + Tijolo furado 200 + Reboco 20	240	47	Vasconcelos, J. ISEP. 2017; www.futurgeng.pt. 2023
Tradicional	Parede de alvenaria com ETICS		303,2	Massa acabamento e rede 25 + ETICS 60 + Cola 5 + Bloco betão térmico 250 + Reboco 20	310	51	Vasconcelos, J. ISEP. 2017; www.futureng.pt. 2023; www.apfac.pt. 2023
LSF	LSF: Parede exterior	Parede exterior LSF (perfis C150/0,60 mm)	43,63	Placa OSB 12 + ETICS 60 + Lã mineral 120 + Placa gesso cartonado 15	208,5	47	Bastos, R. Univ. Aveiro. 2014; www.futureng.pt. 2023; Lima, R. IP Bragança. 2022
LSF	LSF: Parede interior	Parede interior LSF (perfis C90/0,60 mm)	33,27	Placa gesso cartonado 15 + Lã mineral 40 + Placa gesso cartonado 15	168,5	41	Bastos, R. Univ. Aveiro. 2014; www.futureng.pt. 2023; Lima, R. IP Bragança. 2022
Woodframe	Woodf: Parede exterior	Parede exterior com estrutura em bétola 180 x 60	74	Placa gesso 10 + material isolante 60 + estrutura madeira e isolante 60 + placa OSB 15 + isolante 60 + Placa gesso e fibra vidro 15 + Placa gesso cartonado 10	350	39,2	Santobois. 2023 e Nogueira e Fernandes
Woodframe	Woodf: Parede interior	ND	ND	Placa gesso hidrófugo 12 + Lã de rocha + estrutura madeira 60 + Placa gesso hidrófugo 12	84	ND	Santobois. 2023
Fractus	Fractus: Parede exterior	Parede exterior Fractus (2 painéis)	54,85	(Placa cimentícia 12 + poliuretano 30 + lâ de rocha 40 + poliuretano 30 + placa OSB 12) + perfil laminado 90 + (Placa gesso cartonado 12 + poliuretano 30 + lâ de rocha 40 + poliuretano 30 + placagesso cartonado 12)	330	ND	Fractus. 2023
Fractus	Fractus: Parede interior	Painel acústico interior	28,5	Placa gesso cartonado 12 + poliuretano 30 + lâ de rocha 40 + poliuretano 30 + placagesso cartonado 12	120	46,7	Fractus. 2023
Baupanel®	Baupanel: Parede exterior	Refª BSR100	178	Microbetão 40 + Poliestireno 100 + conectores + Microbetão 40	182	40,7	Baupanel® System; 2023
Baupanel®	Baupanel: Parede interior	Refª BSR60	177	Microbetão 40 + Poliestireno 60 + conectores + Microbetão 40	142	40,6	Baupanel® System; 2023