

“Copyright” Inês Pinto Baltazar Geraldès, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram para o meu sucesso, tanto neste trabalho como no restante percurso universitário.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor Miguel Pires Amado pela orientação, conhecimento transmitido, incentivo e disponibilidade demonstrada durante a elaboração da dissertação.

Agradeço a todos os amigos e familiares, que de diversas formas e em diferentes situações me ajudaram neste crescimento. Obrigado pela motivação e incentivo para concretizar os meus objectivos académicos e pessoais.

A todos os colegas, professores e funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa que me acompanharam ou de alguma forma auxiliaram durante o percurso académico, deixo o meu agradecimento.

Um agradecimento muito especial ao Engenheiro João Santos da FUTURENG pela disponibilidade e colaboração essencial na vertente prática deste projecto, bem como pelos contactos disponibilizados.

Por fim, gostaria também de agradecer ao Engenheiro Francisco Vilhena da empresa DOSMONTES pela amabilidade no preenchimento de um inquérito sobre o tema e por toda a disponibilidade no esclarecimento de dúvidas.

À minha mãe e irmã que sempre me apoiaram, incentivaram e demonstraram a confiança que necessitava para concluir os meus objectivos. Ao meu pai, o impulsionador da pessoa que sou e da pessoa que serei, o meu maior obrigado e uma enorme tristeza por não ser possível presenciar aquilo que ajudou a construir.

Resumo

Com base no conceito de Sustentabilidade nasce a temática da construção sustentável que se assume como uma área com crescente importância devido à necessidade de reduzir os consumos finais de energia. O processo construtivo e as decisões decorrentes influenciam o balanço energético, o nível de conforto dos moradores e os equipamentos utilizados. Compreende-se assim a crescente preocupação com o rigor do planeamento e a elaboração do projecto orientado para optimização dos consumos, bem como a integração com o espaço envolvente.

Pretendeu-se com o trabalho estudar a sustentabilidade da construção utilizando módulos de estrutura em aço leve, direccionado à componente da habitação social.

Tendo em conta a situação da gestão de recursos é essencial agilizar o processo construtivo de modo a privilegiar as soluções de construção rápida, económica, segura que satisfaça parâmetros de conforto térmico, acústico, regulação de ventilação e segurança estrutural, o que pode ser conseguido através do recurso a soluções de aço leve. De modo a compreender os processos e pormenores relacionados com esta construção é essencial estudar o sistema de perfis usados.

A proposta de aplicação à habitação social e as vantagens da mesma pela utilização de uma solução modelar em aço leve deve articular-se com as necessidades desta tipologia de habitação. Pretendeu-se ainda estudar o tempo de execução, custos, integração com sistemas de reciclagem e reutilização de recursos energéticos, para informar os gastos da integração que este sistema permite.

Pelo facto dos módulos desta solução serem constituídos pelo mesmo conjunto de perfis é potenciada a rapidez do processo de construção, sendo possível a montagem da estrutura no local da obra apenas a partir do projecto de execução da sua montagem. A economia dos módulos resulta exactamente do mesmo princípio. Uma vez que existe uniformidade nos perfis, é possível fazer a encomenda de uma quantidade elevada à fábrica e negociar preços mais competitivos. Podem associar-se sistemas de produção de energia e armazenamento de água, o que incrementa o seu carácter sustentável.

O caso prático apresentado relacionou-se com a utilização de LSF na construção de habitação com custos controlados. O estudo destas habitações deve ser bastante cuidado e portanto é necessário analisar o projecto através das condicionantes e dos procedimentos em termos de construção, utilização e manutenção. A análise dos custos permitiu demonstrar a viabilidade do projecto, sendo que a sustentabilidade pôde ser avaliada através do comportamento térmico, acústico e ventilação da solução.

Palavras-chave: Construção Sustentável, Aço Leve, Construção Modular, Habitação Social, Térmica, Acústica.

Abstract

“Based on the sustainability concept arises the issue of sustainable construction that stands out as an area of growing importance due the need to reduce the final energy consumption. The construction process and resulting decisions influence the energy balance, the comfort level of residents and the equipment used. It is understandable the concern about increasing rigor in planning and preparation of the project aimed at optimizing fuel consumption, as well as integration with its surroundings.

The following work aims to study the sustainability of building modules using light steel framing, used in social habitation.

Given the state of the country is necessary to optimize the constructive process to favor a rapid, economical, and safe construction with thermal comfort, acoustic and structural safety parameters as well as ventilation, which can be achieved by using light steel structures. In order to understand the processes and details related to this construction is essential to study the profiles used in LSF system.

The proposed use in social housing introduces improvements due to use of a model solution in conjunction with lightweight steel. The intention is to study the execution time, cost, integration with recycling and reuse of energy resources.

Because the modules are constituted by the same set of profiles it's possible to accelerate construction and build the structure on site from the proposed implementation. The economy of the modules is due this exactly same principle. Since there is uniformity in the profiles, it is possible to order a large amount of material and negotiate more competitive prices. This may be associated with systems of energy production and water storage, which increases its sustainability.

The case study presented relates the use of LSF in social habitation. The study of these houses should be very detailed and therefore it is necessary to analyze the project through its elements of construction, use and maintenance. The cost analysis allows to demonstrate the viability of the project, and that sustainability can be assessed through the thermal, acoustic and ventilation solution.”

Keywords: Sustainable Construction, Light Steel Framing, Modular Construction, Social Habitation, Thermal, Acoustic.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objectivo	1
1.2	Metodologia.....	1
1.2.1	Etapa um: Estudo de Modelos de Habitação	2
1.2.2	Etapa dois: Estruturas em Aço Leve	2
1.2.3	Etapa três: Proposta de Aplicação à Habitação Social	2
1.2.4	Etapa quatro: Casos de Estudo	2
1.2.5	Etapa cinco: Conclusões e Considerações Finais.....	3
1.2.6	Esquema da metodologia.....	3
2	ESTADO DE REFERENCIA.....	5
2.1	Sustentabilidade da Construção da Habitação	5
2.1.1	Necessidade de Habitação	7
2.1.2	Funções da Habitação.....	8
2.2	Habitação	9
2.2.1	Componente Social.....	9
2.2.1.1	Legislação Aplicável.....	11
2.2.2	Modelos de Habitação	14
2.2.2.1	Terra.....	15
2.2.2.2	Madeira	17
2.2.2.3	Betão	20
2.2.2.4	Metal	21
2.2.3	Controlo de Custos	24
2.2.4	Disponibilidade de recursos	25
2.2.5	Tempo de Execução	25
2.2.6	Patologias e Manutenção.....	26
2.3	Diferentes Casos Abordagem	28
2.4	Síntese.....	33
3	ESTRUTURA EM AÇO LEVE	35
3.1	História e Conceito	35
3.2	Materiais e Constituição	37

3.2.1	Estrutura	37
3.2.2	Fixação	38
3.2.3	Paredes Exteriores	38
3.2.3.1	Painéis OSB	38
3.2.3.2	Lã de Rocha	38
3.2.3.3	Gesso Cartonado	39
3.2.4	Sistema ETICS	39
3.2.5	Paredes Interiores	40
3.2.6	Lajes de Piso.....	41
3.2.6.1	Cobertura.....	41
3.3	Processo Construtivo.....	42
3.3.1	Fundações.....	42
3.3.2	Estrutura	43
3.3.3	Revestimento Estrutural	44
3.3.4	Revestimento Exterior.....	44
3.3.5	Revestimento Interior	44
3.3.6	Equipamentos	45
3.4	Transporte e Montagem.....	45
3.5	Requisitos da Solução.....	48
3.6	Vantagens da Solução	50
3.7	Segurança.....	53
3.8	Prevenção de Patologias.....	55
3.9	Síntese.....	56
4	PROPOSTA DE APLICAÇÃO À HABITAÇÃO SOCIAL.....	59
4.1	História e Conceito da Construção Modular	59
4.2	Características da Solução Modular.....	62
4.3	Articulação com as Necessidades de Habitação Social.....	63
4.3.1	Vila Dignidade	65
4.4	Tempo de Execução.....	65

4.5	Custos	68
4.6	Manutenção e Reutilização.....	72
4.7	Sistemas de Poupança de Energia.....	76
4.8	Síntese.....	81
5	CASO DE ESTUDO	83
5.1	Projecto.....	84
5.1.1	Condicionantes	84
5.1.2	Procedimentos	85
5.1.2.1	Construção	85
5.1.2.2	Utilização	89
5.1.2.3	Manutenção.....	92
5.2	Obra.....	95
5.2.1	Aprovisionamento	95
5.2.2	Mão-de-Obra especializada	96
5.2.3	Tempo de Execução	97
5.3	Custos	99
5.3.1	Projectados	99
5.3.2	Reais	100
5.4	Durabilidade	102
5.4.1	Utilização e Conforto	102
5.4.2	Manutenção	104
5.5	Desconstrução	104
5.6	Análise comparativa (solução LSF e soluções correntes).....	105
6	CONCLUSÕES	111
6.1	Conclusão	111
6.2	Desenvolvimentos futuros.....	113
	ANEXOS.....	121

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Área limite para cada tipologia de Habitação Social, em 1983.....	11
Quadro 2.2 - Custo da construção da habitação por tipologia, em 1983	12
Quadro 3.1 - Dimensões máximas de veículos rodoviários [49].....	46
Quadro 3.2 - Valores mínimos para placas OSB de acordo com a NP EN 300	54
Quadro 3.3 - Síntese dos constituintes do sistema LSF e materiais usados	57
Quadro 5.1 - Dimensões e pontos de pregação das placas de OSB.....	87
Quadro 5.2 - Fixação de cargas em paredes divisórias e tectos [72].....	93
Quadro 5.3 - Análise do coeficiente de transmissão térmico numa cobertura pelo sistema LSF.....	106
Quadro 5.4 - Análise do coeficiente de transmissão térmico numa cobertura tradicional	107
Quadro 5.5- Coeficiente de transmissão térmica para parede exterior tradicional.....	108
Quadro 5.6 - Coeficiente de transmissão térmica em parede dupla com diferentes espessuras de isolante	108
Quadro 5.7 - Coeficiente de transmissão térmica para parede exterior LSF.....	109
Quadro 5.8 - Valores de coeficiente de transmissão térmica em parede ETIC e LSF	109

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia do trabalho definida por cinco etapas.....	3
Figura 2.1 – Integração das fases do ciclo de vida da construção [5]	6
Figura 2.2 - Factores constituintes da Construção Sustentável [5].....	7
Figura 2.3 - Castelo de Paderne feito em Taipa - origem árabe, construído entre o séc. XI e XII.....	15
Figura 2.4 - Exemplo de casa de Taipa próxima de Beja projectada pelo Arq. Bartolomeu Costa Cabral (2007)	16
Figura 2.5 - Construção de habitação em BTC (Carrapateira)	16
Figura 2.6 - Secção transversal de um tronco [21].....	18
Figura 2.7 - Casa de Madeira na Sertã, Portugal, 2009	19
Figura 2.8 - Exemplo de casa pré-fabricada em betão pelo Arq. A-Cero – Galiza	21
Figura 2.9 – Exemplos de Obras realizadas em Ferro	22
Figura 2.10 - Exemplos de aplicação de fachada em alumínio e estrutura em aço leve na construção	23
Figura 2.11 - Condomínio de Chabouco	28
Figura 2.12 – Processo construtivo das habitações do Condomínio de Chabouco	28
Figura 2.13 – Pormenores do interior da habitação do condomínio em Areia de Mira	29
Figura 2.14 - Pormenores do exterior da habitação do condomínio em Areia de Mira	30
Figura 2.15 – Pormenores do interior da habitação modular em betão pré-fabricado em Sintra	30
Figura 2.16 - Exterior da habitação modular em betão pré-fabricado em Sintra	31
Figura 2.17 – Processo construtivo de moradia unifamiliar pelo sistema LSF em Ílhavo	32
Figura 3.1 - Perfis de aço galvanizado	37
Figura 3.2 – Solução possível para parede exterior no sistema LSF [45]	40
Figura 3.3 - Configuração de ETICS.....	40
Figura 3.4 - Solução construtiva de parede interior [45].....	40
Figura 3.5 - Solução de configuração das lajes com lâmina em betonilha [48]	41
Figura 3.6 - Solução de configuração das lajes com painel OSB [45]	41
Figura 3.7 - Solução de cobertura inclinada com telha cerâmica [48]	42
Figura 3.8 - Colocação da estrutura das paredes [45]	43
Figura 3.9 - Aplicação do revestimento estrutural [45].....	44
Figura 3.10 - Comparação de vários materiais em termos de isolamento térmico.....	51
Figura 4.1 - Tipos de sistemas modulares (1-fechado; 2-parcialmente aberto; 3-aberto; 4-elementos modulares).....	61
Figura 4.2 - Vila Dignidade em Avaré, São Paulo, Brasil – 2010.....	65
Figura 4.3 - Exemplo de habitação LSF com 38m ² executada em 20 dias [60].....	66
Figura 4.4 - Exemplo de habitação multifamiliar e unifamiliar da empresa USIMINAS	67

Figura 4.5 - Variação dos custos de construção metálica [63]	71
Figura 4.6- Relação entre custos da manutenção e frequência das inspecções [65].....	75
Figura 4.7 - Sistema de recolha de águas com cisterna equipada com filtro e através de redes [67]....	77
Figura 4.8 - Sistema com depósito para aquecimento de água [67]	78
Figura 4.9 - Elementos para a autoconstrução de um aerogerador [67]	79
Figura 4.10 - Elementos para a construção de unidade de produção de biogás [67].....	80
Figura 5.1 - Parede exterior, dupla com isolamento.....	107
Figura 5.2- Parede exterior com isolamento pelo exterior no sistema LSF	109

Listagem de siglas

ANSI – American Iron and Steel Institute

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BTC – Bloco de Terra Prensada

CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano

CO₂ – Dióxido de Carbono

EC - Eurocódigo

EPS – Poliestireno Expandido

EUA – Estados Unidos da América

ETICS - External Thermal Insulation Composite Systems

FSC – Forest Stewardship Council

HCC – Habitação a Custos Controlados

HDF - High Density Fibre Board

IISI - International Iron and Steel Institute

INE – Instituto Nacional de Estatística

ISO – International Organization for Standardization

MDF – Medium Density Fibre Board

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LSF – Light Steel Framing

OSB – Oriented Strand Board

PVC - Policloreto de Vinilo

RGEU - Regulamento Geral das Edificações Urbanas

UNE – Normativa de União Europeia

XPS - Poliestireno Extrudido

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objectivo

O presente artigo aborda o estudo do aumento da sustentabilidade da construção com recurso à utilização de módulos de estrutura em aço leve, direccionado à habitação social. Pretende-se desenvolver a análise da viabilidade económica deste sistema estudando os materiais que compõem o modelo de habitação para posteriormente tornar possível o processo de produção em série da construção.

Torna-se, portanto, essencial a determinação do impacto ambiental e social que estas estruturas provocam, bem como a avaliação do ponto óptimo a partir do qual as vantagens de utilização são superiores à construção tradicional em betão.

A importância que o uso do material metálico assume hoje na área da construção é determinante ao desenvolvimento e crescimento rápido das habitações. A economia, facilidade de transporte e montagem em conjunção com a fiabilidade do material determina a sua crescente utilização, sendo que, o seu uso direccionado à habitação social, potencia enormes vantagens.

1.2 Metodologia

A metodologia adoptada para a elaboração da presente dissertação, de modo a alcançar os objectivos propostos, recorre a um processo de investigação dividido em várias etapas.

Na primeira etapa estuda-se a sustentabilidade da construção de habitação social, inferindo sobre os diferentes métodos de construção e os custos associados a cada um deles. É necessário relacionar o controlo de custos com a disponibilidade de recursos e o tempo de execução de modo a concluir sobre as vantagens de cada uma das soluções, estudando para tal, diferentes casos de abordagem.

A etapa seguinte relaciona-se com a compreensão da importância das estruturas em aço leve, as desvantagens e vantagens inerentes a este modo de construção bem como a sua aplicação, processo de montagem e transporte. Pretende-se ainda estudar os requisitos e condições de segurança deste material e a adaptabilidade a diferentes soluções construtivas.

Na terceira etapa define-se a proposta de aplicação à habitação social e, como tal, estuda-se a melhoria introduzida pela utilização de uma solução modelar em aço leve e a articulação com as necessidades deste modo de habitação. Pretende-se determinar o tempo de execução, custos de construção e manutenção bem como a integração com sistemas de reciclagem e reutilização de recursos energéticos.

A seguinte fase deste trabalho define-se pela aplicação do caso de estudo a um módulo teórico em que se define a geometria dos perfis e chapa em aço leve que compõe a habitação e onde se estuda a sua viabilidade económica e a sustentabilidade. Pretende-se ainda expandir o conceito para diversas tipologias fazendo uso do conceito de módulo e a junção de vários, de modo a construir a habitação.

Por fim, a reflexão sobre a exequibilidade da solução apresentada conduz às conclusões sobre as suas vantagens e aplicações e a possibilidade de desenvolvimento da temática e a sua expansão a diferentes tipos de construção de habitações.

1.2.1 Etapa um: Estudo de Modelos de Habitação

A primeira etapa é constituída pelo *Capítulo 2* e tem como objectivo o estudo da sustentabilidade da habitação de modo a clarificar a sua necessidade e funções. É essencial compreender a situação do país e a importância de produzir conjuntos habitacionais acessíveis e de construção expedita.

Relativamente à componente social da habitação, é imprescindível o estudo de diversos modelos de habitação existentes e dos materiais usados na sua construção, tais como o betão, metal, madeira e terra. A análise de factores relacionados com os custos associados, a disponibilidade de recursos e o tempo de execução têm como objectivo a compreensão das vantagens e desvantagens associadas a cada modelo. Pretende-se estudar os diferentes casos com exemplos de empreendimentos onde tenham sido aplicados estes modelos.

1.2.2 Etapa dois: Estruturas em Aço Leve

No *Capítulo 3* são estudados todos os aspectos relevantes para a habitação usando estruturas de aço leve. É necessário compreender a história do uso de aço leve para fins construtivos em Portugal bem como as suas aplicações actuais. Pretende-se analisar alguns aspectos técnicos relacionados com o tempo de montagem, requisitos da solução, aspectos de segurança e a adaptabilidade à habitação de modo a definir completamente o emprego deste material

1.2.3 Etapa três: Proposta de Aplicação à Habitação Social

A terceira etapa, constituída pelo *Capítulo 4*, tem como objectivo a análise das vantagens da solução modelar utilizando estruturas de aço leve e a articulação com as necessidades da habitação social. Mantendo presente este modelo, pretende-se estudar alguns aspectos técnicos sobre o planeamento da construção e os custos associados ao seu fabrico e manutenção. Existe ainda a integração do sistema com modelos de sustentabilidade tais como a utilização racional de água, a eficiência energética do edifício e a possibilidade de reciclagem e reutilização dos perfis.

1.2.4 Etapa quatro: Casos de Estudo

O *Capítulo 5* corresponde ao estudo de um caso prático de construção de habitação com recurso a estrutura de aço leve. É necessário compreender a influência que as condicionantes do terreno provocam neste género de estrutura, bem como os procedimentos relativos à sua construção, utilização e manutenção.

É importante estudar factores relacionados com o aprovisionamento dos materiais, procedimentos de transporte e qual ordem mais vantajosa para proceder à montagem.

A sustentabilidade da estrutura é comprovada com a análise do comportamento térmico e acústico, bem como a ventilação e sombreamento com base em parâmetros legais. É importante compreender possíveis procedimentos de desconstrução e métodos de reciclagem e reutilização dos perfis metálicos.

1.2.5 Etapa cinco: Conclusões e Considerações Finais

Após a análise de todas as etapas e a explicação das necessidades e processos técnicos podem retirar-se algumas conclusões e considerações finais que são discutidas no *Capítulo 6*, sendo esta a última etapa da dissertação. A metodologia adoptada deve determinar a certeza sobre os benefícios da construção de habitação social utilizando estruturas em aço leve.

A previsão de desenvolvimentos futuros é exposta através da avaliação do estado do país e a necessidade de um parque habitacional mais económico e adaptável. Pretende-se inclusive apresentar a possibilidade de usos diferentes para estes módulos em aço leve.

1.2.6 Esquema da metodologia

As cinco etapas descritas na metodologia da presente dissertação, encontram-se representadas na figura seguinte.

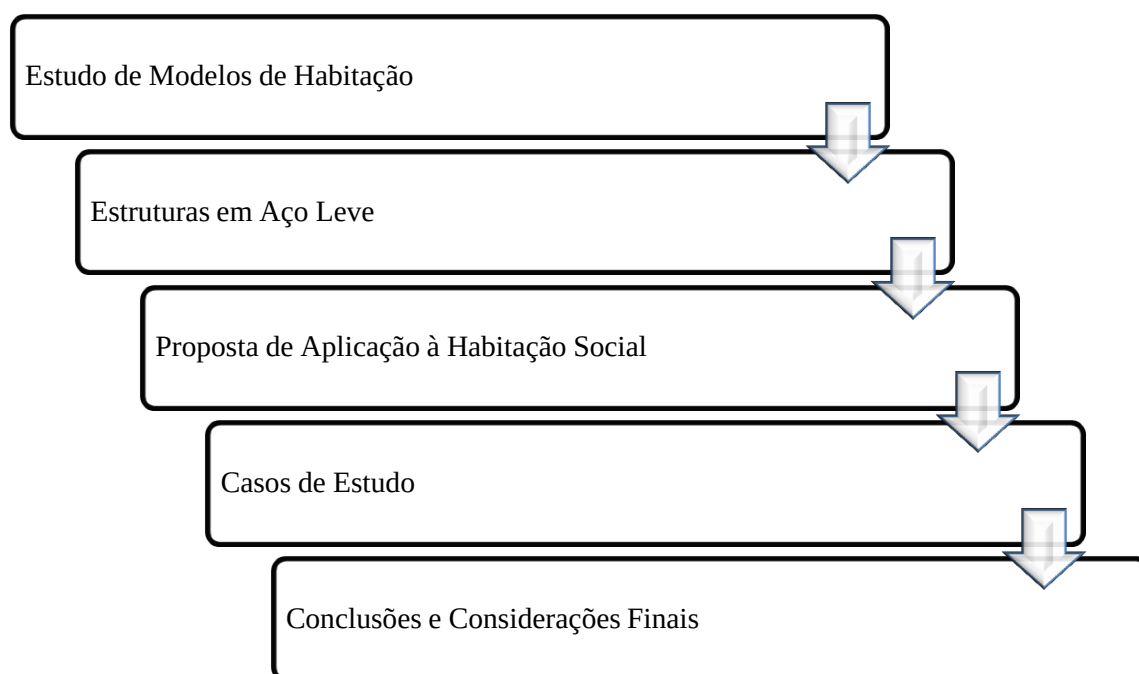


Figura 1.1 - Metodologia do trabalho definida por cinco etapas

2 ESTADO DE REFERENCIA

Este capítulo divide-se em três partes e tem como objectivo a clarificação da definição de habitação, o estudo de diferentes modelos e a comparação entre eles de modo a concluir sobre o que existe actualmente nesta área e qual o método de construção mais vantajoso.

A primeira parte relaciona-se com a definição de sustentabilidade da construção de habitação e divide-se em dois subcapítulos que descrevem a necessidade da habitação e as funções da habitação.

De seguida estuda-se a habitação, sendo a temática dividida em seis subcapítulos que se relacionam com a componente social, os diversos modelos de habitação, o controlo de custos, disponibilidade de recursos, tempo de execução e a necessidade de manutenção para cada modelo apresentado.

Por fim, é necessário compreender os diferentes casos de abordagem recorrendo a exemplos práticos e quais as características que fazem sobressair cada uma das soluções.

2.1 Sustentabilidade da Construção da Habitação

A preocupação com os problemas ambientais e as suas consequências iniciou-se na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972. Esta conferência introduziu o problema ambiental como condicionante no modelo tradicional de crescimento económico e a utilização desmedida de recursos naturais.

De acordo com o relatório Brundtland publicado em 1987 o desenvolvimento sustentável pode ser definido como “o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”. Este conceito relaciona-se com algumas questões de cariz social, ambiental económico e energético, sendo que, apenas pela interligação entre estes factores se torna possível a sua definição. [1]

No sector da construção civil, tanto durante a fase de operacionalização como durante a fase de obra existem impactos a nível da produção de resíduos, consumo de energia, emissões de CO₂ e consumo de recursos naturais. Segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, só durante a fase de construção existe o consumo de materiais com cerca de 3000Mt/ano, o que representa aproximadamente 50% dos recursos naturais, sendo o parque edificado responsável pelo consumo de 42% da energia produzida. Estes dados são relativos a países industrializados, em Portugal é consumido cerca de 20% da energia total do país. Em termos ambientais, reflecte-se que a indústria da construção é actualmente responsável por cerca de 30% das emissões de carbono. [2]

A construção sustentável assume-se como uma área com crescente relevância devido à necessidade de reduzir os consumos finais de energia. O modo como se efectua a construção e a tomada de decisões durante o processo influencia o abastecimento energético, o nível de conforto dos seus ocupantes e os equipamentos energéticos que são utilizados. Deste modo, é essencial o

planeamento rigoroso e a elaboração do projecto orientado à optimização dos consumos, bem como a integração com o espaço envolvente.

Em 1994 realiza-se em Tampa, na Florida, a Primeira Conferência Internacional sobre a Construção Sustentável apoiada pelo *INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION* (CIB) onde se define o conceito de construção sustentável. A definição proposta por Charles Kibert foi de que, construção sustentável é a “*criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos*”[3]

A partir dos recursos naturais usados na construção, Kibert estabeleceu cinco princípios básicos da construção sustentável, que são:

1. Reduzir o consumo de recursos;
2. Reutilizar os recursos sempre que possível;
3. Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
4. Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as actividades;
5. Eliminar os materiais tóxicos e os sub-produtos em todas as fases do ciclo de vida. [4]

A construção sustentável tem como principal objectivo a integração do ser humano com a natureza na utilização dos recursos naturais, recorrendo a materiais naturais e produtos provenientes da reciclagem de resíduos. A aplicação destes princípios deve ser feita de modo a conciliar todas as fases do ciclo de vida da construção: projecto, construção, operação/manutenção e demolição/deposição.

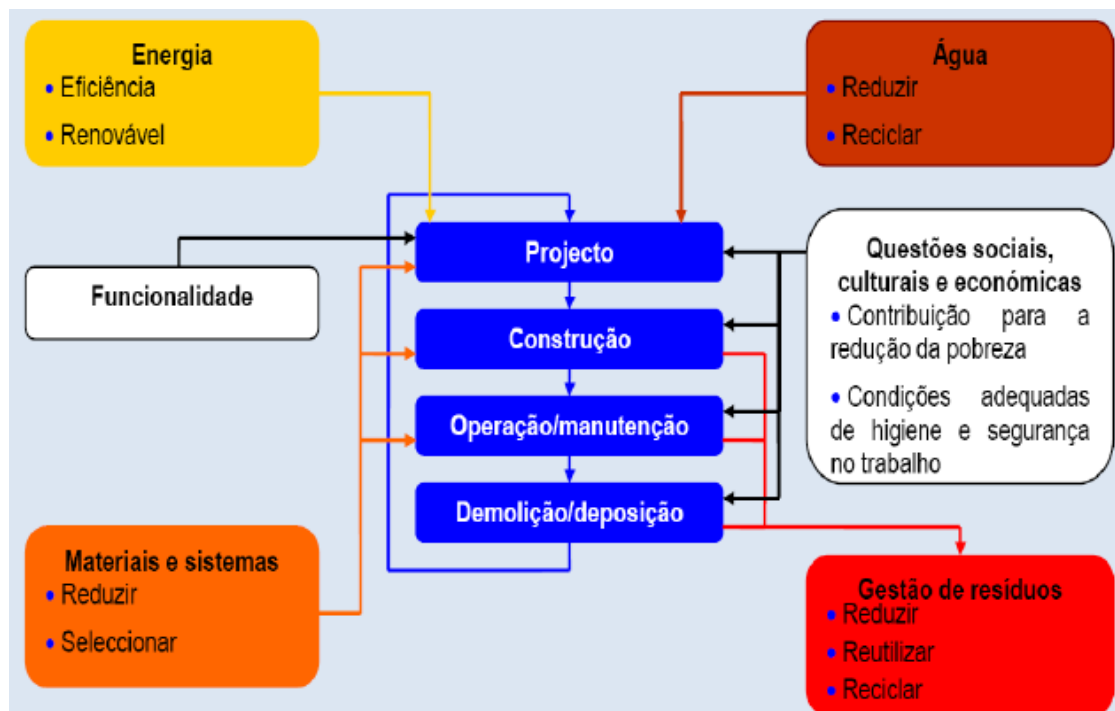


Figura 2.1 – Integração das fases do ciclo de vida da construção [5]

A reunião de factores de competitividade na construção tradicional com as preocupações ambientais e os princípios da eco-eficiência resultam na construção sustentável. A interdisciplinaridade deste conceito que integra as condicionantes económicas, a equidade social e a herança cultural associada às preocupações com o consumo de recursos, saúde e biodiversidade define completamente o que se pretende para o futuro deste sector.

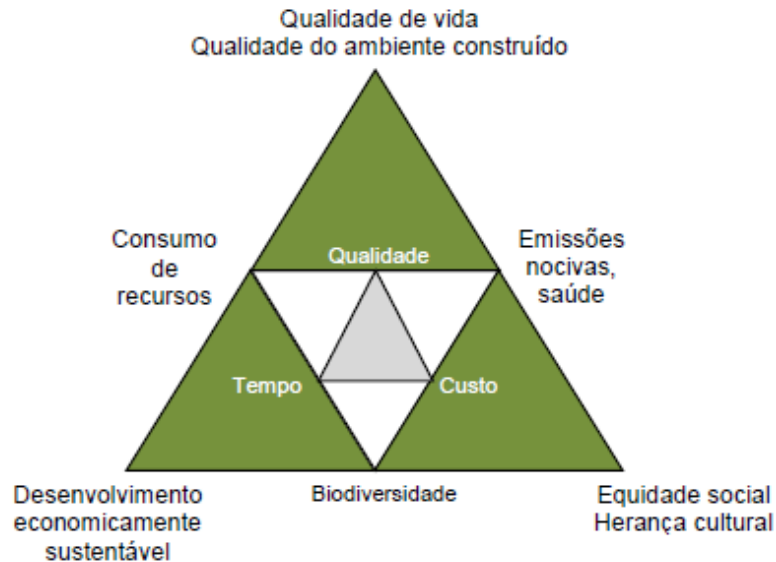


Figura 2.2 - Factores constituintes da Construção Sustentável [5]

Pode portanto compreender-se o quanto é importante o papel dos agentes integrantes no sector da extracção de materiais, construção, clientes finais das estruturas e gestores responsáveis pela manutenção.

2.1.1 Necessidade de Habitação

A necessidade de habitação relaciona-se com a protecção de fenómenos naturais exteriores e refúgio contra ataques. Inicialmente as habitações eram bastante rudimentares tendo evoluído consoante a civilização e a própria indústria da construção evoluiu.

O direito à habitação adequada foi reconhecido como um direito humano universal no ano de 1948, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos. "Toda a pessoa tem direito a um nível de vida suficiente para lhe assegurar e à sua família a saúde e o bem-estar, principalmente quanto à alimentação, ao vestuário, ao alojamento, à assistência médica e ainda quanto aos serviços sociais necessários, e tem direito à segurança no desemprego, na doença, na invalidez, na viuvez, na velhice ou outros casos de perda de meios de subsistência por circunstâncias independentes da sua vontade". (Art 25º, nº 1)

O acesso a uma habitação condigna é essencial para o desenvolvimento humano e a satisfação das necessidades físicas ao proporcionar segurança e abrigo. [6]

A Constituição da República Portuguesa consagra no artigo 65.º que “ todos têm direito, para si e para a sua família, a uma habitação de dimensão adequada, em condições de higiene e conforto e que preserve a intimidade pessoal e a privacidade familiar.” No entanto nem sempre é possível garantir este direito aos cidadãos uma vez que o governo não tem possibilidade de proporcionar alojamento para todos.

A população portuguesa aumentou cerca de 2% na última década e tem vindo a aumentar a concentração nos municípios do litoral, sendo estes habitantes provenientes de 198 municípios do interior do país de acordo com os Censos 2011 do INE. O desequilíbrio na distribuição da população agravou-se, acentuando a concentração da população junto às áreas metropolitanas de Lisboa e Porto.

Relativamente à habitação, os resultados dos Censos 2011, indicam que o parque habitacional regista um elevado crescimento, tendo aumentado 12,1% o número de edifícios e 16,3% o número de alojamentos face aos resultados dos censos anteriores (2001). O número médio de alojamentos por edifício também sofreram um aumento, sendo que actualmente há cerca de 1,7 alojamentos por edifício.

A dinâmica construtiva das últimas décadas faz com que uma parte muito significativa do parque habitacional seja relativamente jovem. O índice de envelhecimento dos edifícios é de 1,9 o que significa que o número de edifícios construídos até 1960 é menos de metade daqueles que foram construídos após 2001. Considerando o tipo de utilização dos edifícios conclui-se que cerca de 93,3% dos edifícios são exclusivamente residenciais. As condições de habitabilidade dos alojamentos melhoraram muito, as estruturas básicas como água canalizada, esgotos e IS estão presentes praticamente em todas as casas.

Actualmente existem cerca de 3.543.595 habitações em todo o país.

Face a estes resultados pode concluir-se que a ainda é necessário a substituição e reabilitação de habitações de modo a suprir as necessidades populacionais, devendo privilegiar-se uma distribuição mais uniforme pelo território nacional e a fomentação de conceitos de sustentabilidade.

2.1.2 Funções da Habitação

A função básica da habitação é a de abrigo. O desenvolvimento das técnicas usadas proporcionou mudanças na função da habitação, que deixou de ser considerada apenas como refúgio para, hoje em dia, se observar um elevado leque de tipologias e fins variados e especializados.

A variedade de formas de construção na mesma sociedade transmite a ideia de diferenciação económica e posição social. Hoje em dia, a aquisição da habitação faz parte de um conjunto de aspirações da população, bem como o acesso à educação, saúde e estabilidade financeira.

Nos centros urbanos as habitações são diferentes dos espaços rurais. A habitação pode ser individual ou colectiva. Sendo individual tem apenas a caracterização unifamiliar. Sendo colectiva pode ser classificada como bifamiliar ou multifamiliar.

Existem algumas exigências de qualidade que a habitação deve proporcionar aos seus moradores, nomeadamente em termos de segurança, condições de higiene, saúde e conforto bem como a adequação aos usos dos moradores e a satisfação estética.

A habitação desempenha essencialmente uma função social, ambiental e económica.

Como função social pode destacar-se o facto de abrigar a família e deve atender a princípios básicos de habitabilidade, higiene e segurança. É o espaço onde se realizam tarefas primárias de alimentação, descanso, actividades fisiológicas e convívio social.

Na função ambiental, a inserção no meio urbano é essencial para que seja possível garantir condições de saúde, educação transportes, emprego e lazer. É neste espaço de decorrem actividades diárias e situações relacionadas com o processo de desenvolvimento e formação cívica dos seus ocupantes.

A função económica relaciona-se com a construção da habitação, sendo um impulsionador de mercados imobiliários, emprego, bens e serviços. [7]

Pode concluir-se que a habitação pode desempenhar diversas funções consoante a necessidade dos seus ocupantes.

2.2 Habitação

A habitação é o resultado de um espaço vivido, onde é possível o desenvolvimento das capacidades humanas. É o local onde o ser humano se abriga, desenvolve e cria laços com as pessoas que o rodeiam. A habitação não se resume apenas à moradia, é um conjunto integrante com a vizinhança, meio ambiente e envolvente social e cultural.

A qualidade habitacional resulta da satisfação dos utentes constituindo um aspecto fundamental no processo de concepção, construção, utilização e gestão dos empreendimentos.

Existem diversos factores que contribuem para a importância da habitação tais como:

1. A posse de habitação é uma necessidade básica de todos os agregados familiares;
2. As características da habitação e a sua envolvente condicionam comportamentos, podendo fomentar ou impedir algumas actividades;
3. A maior parte das características físicas da habitação mantem-se constantes durante o seu período de vida;
4. As características da envolvente urbana da habitação influenciam a qualidade de vida dos ocupantes devido à existência de espaços interiores e exteriores com funções distintas;
5. A aquisição de habitação significa um esforço financeiro. [8]

2.2.1 Componente Social

A habitação social é um tipo de habitação a custo controlado (HCC) que é construída ou adquirida com o apoio financeiro do Estado e destina-se a habitação própria e permanente dos adquirentes, ou a arrendamento. São promovidas pelas câmaras municipais, cooperativas de habitação

económica, instituições particulares de solidariedade social e pela iniciativa privada com o apoio financeiro do Estado. Para serem consideradas como habitação de custos controlados é necessário que obedeam aos limites de área bruta fixados para cada tipologia. [9]

Este tipo de habitação é usada para diminuir as construções ilegais e sem acesso a serviços básicos, sendo bastante comum em países com *deficit* habitacional. O primeiro conjunto de edifícios para este fim foi criado em Helsinki, Finlândia, em 1909. Após a segunda guerra mundial passaram a ser comuns no processo de reconstrução dos países afectados pela guerra. [10]

A Revolução Industrial na segunda metade do século XVIII provocou um aumento na procura de habitação de baixo custo nas cidades de Lisboa e Porto, devido à elevada migração das zonas rurais. No período de 1880 a 1940, tomou-se consciência da crise habitacional e foi necessário elaborar estratégias para resolver o problema da habitação de famílias com baixos recursos financeiros. Devido aos baixos salários e ao elevado custo de vida nesse período, uma família operária típica gastava em média quatro quintos do seu salário em alimentação. O que restava era destinado ao pagamento da renda da casa, vestuário e outras despesas. Como tal, as rendas tinham necessariamente de ser muito baixas o que resultava em alojamentos extremamente pobres e sem o mínimo de condições.

No século XIX, Lisboa e Porto foram as primeiras cidades onde se construíram casas de carácter social, sendo financiadas por construtores privados. No Porto a construção de novas habitações, as “ilhas” consistia em filas de pequenas casas com um único piso e áreas que não excediam os 16m². Eram construídas nos quintais de antigas habitações burguesas e próximas das zonas industriais atingindo densidades de 900 habitantes por hectare e representavam cerca de 65,5% do volume total de construções na cidade. A maior parte das “ilhas” não tinha abastecimento de água e as instalações sanitárias eram comuns a todos os habitantes. As principais razões que justificavam a sua construção eram o baixo investimento, organização simples e rapidez de execução.

Em Lisboa, devido ao maior desenvolvimento industrial e um valor de salário mais elevado existiu uma estruturação do mercado habitacional mais sofisticada. Os “pátios” eram espaços relativamente regulares, situados no interior de um quarteirão, com pequenas casas construídas à volta, viradas para um espaço livre comum. Em 1905 havia 233 “pátios” em Lisboa com um total de 2278 habitações, enquanto no Porto existiam 1048 “ilhas” com 11129 casas.

Alguns promotores imobiliários investiram em habitação operária, construindo casas maiores e de melhor qualidade o que fez aumentar o investimento e desenvolvimentos de empresas de construção. Estas casas, denominadas de “vilas” eram pequenos edifícios construídos num espaço comum e progressivamente menos segregadas e melhor integradas na estrutura urbana. A partir do final do século XIX, promotores privados construíram em Lisboa um grande número de edifícios de habitação multifamiliar, destinados às classes trabalhadoras e estratos mais pobres das classes médias.

Outras formas de promoção de habitação foram bastante limitadas. Algumas fábricas construíram habitação para os seus operários nos próprios terrenos ou na sua vizinhança. O jornal O

Século também construiu habitações para os seus empregados. No total, estima-se que o número de habitações industriais em Lisboa não ultrapassava 442.

Até ao final do século XIX nem o governo nem as câmaras consideravam que a construção de habitação de baixo custo fosse da sua responsabilidade. As primeiras propostas legislativas apresentadas ao Parlamento datam de 1880 e o seu objectivo era conceder incentivos à iniciativa privada com a proposta de isenções fiscais para edifícios com rendas muito baixas. O regime republicano fez esforços legislativos no sentido de promover a construção de habitação de baixo custo e no Decreto n.º 4137 de Abril de 1918 o governo afirmava a vontade de erradicar os bairros insalubres de Lisboa e Porto através da construção de casas baratas para os sectores mais pobres da população. Passou a ser da responsabilidade das câmaras municipais a urbanização dos terrenos, o financiamento e construção de infra-estruturas e serviços, incluindo a construção de ruas, sistemas de saneamento, instalação de redes de água e electricidade, construção de escolas e estabelecimento de meios de transportes acessíveis.

Nas décadas de 30 e 40 a habitação de baixo custo continuava com condições bastante precárias sendo construída fundamentalmente por promotores privados. A construção de habitação pelas câmaras municipais e pelo governo correspondeu sempre a uma parcela muito pequena do mercado. Apesar das casas construídas pelo sector público serem, geralmente, maiores e de melhor qualidade a renda era superior e portanto acabava por se tornar apenas acessível apenas a uma aristocracia operária, nos tempos da República, ou as classes médias, no Estado Novo. A política era que o sector privado devia seguir estes modelos. A construção de habitação pelo Estado aumentou substancialmente a partir dos anos 40, mas sem conseguir acompanhar as carências crescentes nas grandes cidades, portanto os resultados foram o grande desenvolvimento dos bairros de barracas nas décadas de 40 e 50 e dos bairros clandestinos à volta das principais cidades nos anos 60 e 70. O sector social permanece, até hoje, uma componente importante do mercado da habitação em Portugal. [11]

2.2.1.1 Legislação Aplicável

Em 1983, o Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes decretou na Portaria n.º 580/83 de 17 de Maio que as habitações sociais teriam de obedecer a limites de área bruta e limites de custos de construção.

De acordo com a tipologia, as áreas limites eram:

Quadro 2.1 - Área limite para cada tipologia de Habitação Social, em 1983

Tipologias	T1	T2	T3	T4
Área Bruta (m ²)				
Mínima	52	72	91	105
Máxima	65	85	100	114
Área habitável (m ²) Mínimo (RGEU)	30,5	43,5	54,5	61

Relativamente aos custos, os valores máximos atribuídos por tipologia diferiam consoante a zona do país sendo delimitadas três zonas distintas. A zona 1 corresponde aos concelhos de Lisboa e Porto. A zona 2 inclui os concelhos de Amadora, Oeiras, Loures, Cascais, Sintra, Torres Vedras, Vila Franca de Xira, Matosinhos, Gondomar, Vila Nova de Gaia, Valongo, Maia, Vila do Conde, Póvoa de Varzim, Almada, Barreiro, Santiago do Cacém, Sines, Seixal, Moita, Montijo, Guimarães, Espinho, Ílhavo, S. João da Madeira, Covilhã, Figueira da Foz, Lagos, Olhão, Portimão, Caldas da Rainha, Peniche, Elvas, Entroncamento, Torres Nova, Tomar, Chaves e Peso da Régua. A zona 3 corresponde aos restantes concelhos do continente.

O valor do custo das habitações, por zona, era:

Quadro 2.2 - Custo da construção da habitação por tipologia, em 1983

Zonas	Valores das habitações (em contos)			
	T1	T2	T3	T4
Zona I	1550	2050	2400	2750
Zona II	1500	1950	2300	2650
Zona III	1400	1850	2200	2500

Para além disso existiam normas no acesso às habitações sociais de acordo com os rendimentos ilíquidos mensais dos agregados familiares, definidos em função do salário mínimo nacional. Podiam solicitar o arrendamento destas casas, as famílias que não excedessem os limites máximos do rendimento mensal sendo definido pela multiplicação do número de pessoas do agregado e valor do salário mínimo. [9]

Em 1985, foram publicadas recomendações técnicas para a construção de habitação social (anexo ao Despacho n.º 41/MES/85, de 5 de Fevereiro, Portaria n.º 500/97, de 21 de Julho, regulando o n.º 2 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 794/76, de 5 de Novembro, Decreto-Lei n.º 73/96, de 18 de Junho) e em 1996 o Decreto-Lei n.º 73/96 permite a aplicação de limites e requisitos diferentes dos fixados no Regulamento Geral das Edificações Urbanas, exclusivamente nas condições definidas naquelas recomendações. [12]

As recomendações técnicas da Habitação Social distribuem-se por cinco capítulos dos quais se referem os aspectos fundamentais contemplados:

1. *Promoção habitacional* – programa de empreendimento onde se explicam os aspectos a contemplar, nomeadamente no meio físico e social e para a apresentação de um plano financeiro;
2. *Empreendimento habitacional* – recomendações gerais sobre a localização preferencial dos empreendimentos e sobre o tipo de terreno. Referem-se os preceitos legais para o correcto enquadramento dos empreendimentos em planos urbanísticos e programas municipais;
3. *Edifício* – estabelece regras que definem as características gerais do edifício de habitação social e as limitações à sua concepção;
4. *Construção* – a qualidade da construção é traduzida com aspectos relacionados com segurança, habitabilidade e durabilidade e definição de regras de qualidade dos materiais e

dos elementos da construção, bem como aspectos relacionados com a forma, composição e dimensionamento.

5. *Instalações e equipamentos* – indicação de dispensa de ascensores e sistemas de ventilação forçada, embora sejam contempladas disposições relativas a estes equipamentos. [13]

Actualmente existe legislação específica para cada finalidade relacionada com a habitação de custos controlados. A aquisição e infra-estruturas de terrenos encontra-se definida no decreto-Lei nº 385/89, de 8 de Novembro. A construção de HCC para venda está legislada no decreto-lei nº 220/83 de 26 de Maio, decreto-lei nº 145/97 de 11 de Junho e decreto-lei nº 165/93 de 7 de Maio. A construção para fins de arrendamento encontra-se explicita pelo decreto-lei nº 110/85 de 17 de Abril e decreto-lei nº 76/85 de 11 de Março. Os equipamentos sociais, espaços de comércio e partes acessórias dos fogos definem-se na portaria nº 3371/97 de 6 de Junho e na portaria nº 683/2008 de 28 de Julho. Por fim, os parâmetros de áreas e custos de construção, valores máximos de venda e conceitos de devem obedecer as HCC estão especificados na portaria nº 500/97 de 21 de Julho. [14]

Esta última portaria introduz uma importante modificação no cálculo do preço de venda das habitações a custos controlados por metros quadrado de área bruta, sendo:

Zona I — 1,62 CDC/m² Ab;

Zona II — 1,60 CDC/m² Ab;

Zona III — 1,58 CDC/m² Ab;

Define-se área bruta como a superfície total do fogo, medida pelo perímetro exterior das paredes separadoras dos fogos, e inclui varandas privativas, locais acessórios e a quota-parte que lhe corresponda nas circulações comuns do edifício. [15]

As zonas do País foram também alteradas. A Zona I compreende agora os concelhos de Lisboa, Porto, sedes de distrito e concelhos de Amadora, Oeiras, Loures, Cascais, Sintra, Vila Franca de Xira, Matosinhos, Gondomar, Vila Nova de Gaia, Valongo, Maia, Vila do Conde, Póvoa de Varzim, Almada, Barreiro, Seixal, Moita e Montijo. A Zona II é constituída pelos concelhos de Torres Vedras, Alenquer, Santiago do Cacém, Sines, Espinho, Ílhavo, São João da Madeira, Guimarães, Covilhã, Figueira da Foz, Lagos, Olhão, Loulé, Albufeira, Vila Real de Santo António, Portimão, Caldas da Rainha, Peniche, Elvas, Entroncamento, Torres Novas, Tomar, Chaves, Peso da Régua, Sesimbra, Palmela, Silves, Abrantes e Estremoz. A Zona III é constituída pelos restantes concelhos do continente. As áreas limites para HCC mantêm-se nos valores indicados na Portaria n.º 580/83 de 17 de Maio, referidas no quadro 1 anteriormente apresentado. [16]

Existem algumas condições de créditos especiais para os promotores de habitação a custos controlados, que integram diversas fases da promoção habitacional, desde a aquisição e infra-estrutura de solos, à construção dos empreendimentos e do equipamento social. Os montantes máximos do financiamento podem atingir os 80% do valor de venda das habitações, com uma taxa de juro bonificado até 1/3 da taxa de referência para o cálculo das bonificações, ou taxa contratual se esta for menor. [14]

2.2.2 Modelos de Habitação

Os modelos de habitação dependem dos materiais utilizados na sua construção e os métodos empregues. Os materiais usados constituem um factor muito importante para a sustentabilidade da construção.

Entende-se por sistema construtivo a conjunção das soluções construtivas utilizadas na definição dos principais elementos da construção, nomeadamente, pavimentos, paredes e cobertura. A solução construtiva define-se como a combinação dos diversos materiais disponíveis na aplicação dos referidos elementos de construção de um edifício.

Neste capítulo pretende-se estudar várias soluções construtivas recorrendo a materiais diferentes de modo a contextualizar as potencialidades de cada modelo. Para tal, considera-se essencial o estudo das diversas fases do ciclo de vida do edifício, desde a sua concepção, construção, manutenção e eventual demolição.

Não se pretende um estudo exaustivo mas sim uma abordagem qualitativa que possibilite aludir às principais vantagens, limitações e funções sob o ponto de vista dos materiais utilizados tendo em conta a sustentabilidade da construção.

As soluções escolhidas para a abordagem são a construção em terra, madeira, betão e aço. Tradicionalmente, em Portugal, o modelo mais comum é a construção em betão e alvenaria de tijolo cerâmico. Tem-se vindo a notar uma crescente utilização de sistemas alternativos, evidenciando a crescente preocupação com factores de ordem ambiental e económica. Com a evolução da tecnologia torna-se possível o aperfeiçoamento de alguns materiais do passado de modo a torná-los mais eficientes, como é o caso dos sistemas em terra (taipa, adobe e BTC). Para além disso existem novos sistemas construtivos como o aço leve (*Light Steel Framing* – LSF)

Consideram-se alguns factores na selecção dos sistemas construtivos:

1. Durabilidade em comparação com a vida útil do edifício;
2. Análise dos custos económicos ao longo do ciclo de vida;
3. Consumo energético;
4. Impacto ambiental de todos os materiais e componentes;
5. Disponibilidade de materiais e técnicos competentes;
6. Requisitos de manutenção;
7. Adaptabilidade da solução e potencial de reutilização;
8. Distâncias necessárias no transporte dos componentes. [17]

É a conjunção dos diversos factores que permite a compreensão das benefícios na utilização de cada material e qual a sua aplicabilidade.

2.2.2.1 Terra

A terra é um dos principais materiais de construção utilizado desde há dez mil anos, sendo usada tanto para construir habitações urbanas e rurais como para erguer monumentos. Este processo de construção encontra-se espalhado por todo o mundo, sendo utilizado actualmente nos países do norte de África, na Arábia Saudita, Iémen do Sul e América Central e Latina, devido às suas características. O renascimento e proliferação das construções em terra nos países mais industrializados acontecem devido à necessidade de utilizar um material com baixo impacto ambiental e consumo energético. O processo construtivo é uma evolução dos métodos existentes mas, apesar das suas propriedades e potencial, continua a ser um material pouco desenvolvido e investigado. [18]



Figura 2.3 - Castelo de Paderne feito em Taipa - origem árabe, construído entre o séc. XI e XII

A terra tem vantagens económicas, sociais, técnicas e ecológicas, tendo um interesse cultural e arquitectónico. A sua utilização na construção tem vantagens ambientais como o facto de ser de origem natural, estar disponível em grandes quantidades, não requerer transporte. É de grande durabilidade e apresenta uma economia a nível de energia incorporada na produção e durante a utilização.

Os inconvenientes deste material relacionam-se com a necessidade de estabilizar com produtos artificiais, processos construtivos intensivos em tempo e trabalho, tem fraca capacidade de isolamento térmico, quando utilizada sem elementos adicionais e fraca resistência sísmica.

Os solos utilizados nas aplicações construtivas são essencialmente solos argilosos (com menos de 30% de argila), arenosos (de granulometria fina), cascalhos (apenas com inertes pequenos) e solos orgânicos. Pode adicionar-se aos solos aditivos naturais ou artificiais que potencializam as propriedades mecânicas e desempenho térmico. [1]

Os métodos de estabilização mais usados consistem na densificação da terra por compressão, a inclusão de armaduras de fibras e a adição de cimento, cal ou betume.

No método de utilização de fibras, a palha continua a ser o material mais usado. A sua utilização possui diversas vantagens uma vez que permite a diminuição da fissuração nos processos de secagem das paredes, a distribuição de tensões e a diminuição da massa volúmica. O maior inconveniente é a sua degradação quando exposta a ambientes húmidos durante muito tempo. Na adição de cal, a reacção pozolânica permite a formação de silicatos de cálcio e alumínio que aglutinam as partículas. A utilização de betume aumenta a resistência à água e melhora a coesão. [18]

As principais técnicas construtivas, utilizadas actualmente, são a taipa, o adobe e o “BTC”.

A taipa é um dos métodos mais económicos, em que se utiliza terra húmida para a construção de paredes espessas através do processo de compactação de uma mistura de agregados realizada entre painéis de cofragem, sendo por vezes adicionada uma porção de cimento. O solo a utilizar deve ser extraído do próprio terreno de implantação de modo a diminuir a quantidade de energia incorporada no edifício. Para a construção das instalações hidráulicas e eléctricas, os tubos podem ficar embebidos nas paredes. A nível do revestimento, as paredes podem ser pintadas com uma tinta à base de cimento para aumentar a sua impermeabilidade e as condições de conforto e higiene. [19]



Figura 2.4 - Exemplo de casa de Taipa próxima de Beja projectada pelo Arq. Bartolomeu Costa Cabral (2007)

O adobe é uma solução simples, constituída por alvenaria modular, de pequena dimensão e de rápida aplicação e produção. Para o fabrico dos blocos de adobe, a terra é misturada com água e, por vezes, reforçada com fibras vegetais ou sintéticas, de forma a obter um bloco consistente. O assentamento dos adobes efectua-se com argamassas à base de terra de forma a melhorar a coesão entre os materiais e evitar a sua retracção. Em relação ao isolamento, os produtos usados são artificiais mas estão a ressurgir sistemas que recorrem a canas, palha e cortiça ou a redes de fibras vegetais. Em Portugal existem alguns produtores de adobe que estão a investir na sua diversificação, produzindo adobes leves e sistemas construtivos mistos com estrutura em madeira e revestimento em adobe. [1]

O BTC é uma evolução do adobe com estabilização do solo por meios mecânicos, através da prensagem do solo confinado num molde de dimensões regulares. Actualmente existe equipamento de produção de BTC de modo a tornar o seu fabrico mais rápido e fiável, e como tal, estes blocos têm resistências mecânicas e resistência ao contacto com a água superiores ao adobe. [20] A constituição do bloco é feita recorrendo a terra argilosa (de 11% a 25% de argila), sem cascalho e muito arenosa, podendo ainda ter a adição reduzida de ligante para estabilização (6% de cal ou 10% de cimento). [1]



Figura 2.5 - Construção de habitação em BTC (Carrapateira)

Um factor de elevada importância no sucesso da construção aplicando terra é a escolha da matéria-prima, independentemente da técnica a utilizar. Esta escolha depende essencialmente do comportamento da terra face à água e a sua resistência mecânica. A definição da estrutura de terra depende do modo como as partículas se agregam e como a ar e água circulam. Relativamente à matéria mineral, é constituída por saibros e siltes que conferem resistência mecânica e partículas de argila que conferem plasticidade e coesão à terra. Como tal, pode observar-se que o estudo desta estrutura e da composição granulométrica são essenciais. [21]

Relativamente à execução devem respeitar-se alguns pressupostos de modo a garantir a segurança e durabilidade da estrutura:

- Escolha criteriosa do local de implantação e execução correcta da fundação;
- Espessura mínima das paredes deve ser de 40cm e a altura não deve exceder seis vezes a espessura;
- Não devem existir distâncias superiores a 3m entre dois elementos de ligação verticais;
- Uma parede não deve ter um comprimento superior a oito vezes a sua espessura, entre dois elementos de ligação vertical;
- Os contrafortes devem ser colocados de forma simétrica e correctamente fundados;
- As armaduras horizontais devem estar dispostas com espaçamento de cerca de 50cm;
- A área das aberturas não deve exceder 15% a 20% da superfície das paredes e a sua largura é limitada a 35% do comprimento da parede;
- A cobertura deve ser leve e as cargas sobre as paredes devem ser reduzidas a um mínimo. A cobertura deve estar bem ligada às paredes;
- Para minimizar os efeitos das cargas horizontais são utilizados padrões eficazes de aplicação das peças para garantir a correcta relação entre as juntas de fiadas;
- Para edifícios de grande desenvolvimento em planta as paredes são seleccionadas de maneira a formar vários elementos independentes. [21]

A utilização da terra tem um carácter sustentável e ecológico inegável, o que permite a este material constituir uma solução vantajosa em termos de construção de habitação.

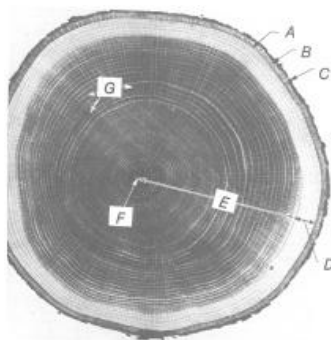
2.2.2.2 Madeira

A madeira é um material de construção muito antigo, existem testemunhos arqueológicos de que no período Neolítico já se utilizava madeira na construção de habitações. Na Escandinávia as casas de troncos de madeira, dispostos na horizontal ou vertical foram mais frequentes a partir do ano 1000 d.C.. Os troncos horizontais eram unidos entre si mediante processos de acoplamento mas esta disposição tornava-se inconveniente devido à dificuldade em vedar os espaços entre eles e evitar a infiltração de águas e vento. Procurava-se melhorar a estanquidade com recurso a telas tecidas, argila ou musgo no entanto estes métodos apenas atenuavam a penetração.

A utilização do vidro, a partir do séc. XVII potencializou as vantagens das estruturas de madeira. As janelas passaram a ser elementos fundamentais na construção, encaixando perfeitamente nas estruturas de madeira, enquanto os painéis passaram a ser elementos decorativos que as rodeavam. Foi durante este período que as estruturas de madeira alcançaram o seu apogeu e as suas principais características evoluíram até aos tempos actuais.

A madeira pode definir-se como um material de origem biológica formado por matéria heterogénea e anisotrópica elaborada por um organismo vivo, que é a árvore. É constituída por elementos celulares, com direcção longitudinal segundo as funções que desempenham.

O crescimento da árvore em diâmetro é devido à adição de novas células produzidas pelo câmbio, o qual produz lenho para o interior, bem como casca e entrecasco para o exterior, enquanto se afasta progressivamente da medula. [21]



- A – câmbio
- B – entrecasco
- C – casca
- D – borne
- E – cerne
- F – medula
- G – raios lenhosos

Figura 2.6 - Secção transversal de um tronco [21]

Existe uma enorme diversidade de espécies florestais e a variação dos circuitos de comercialização da madeira gera alguma confusão no comprador ou utilizador de madeiras. Por essa razão, a especificação de um dada madeira deve conter a designação botânica além do nome comercial e da origem geográfica.

A construção em madeira sofreu um aumento significativo nos últimos anos devido principalmente a vantagens como a sua origem natural, a leveza e adaptabilidade que permite uma vasta gama de soluções construtivas e a capacidade de absorver CO₂ durante o crescimento das árvores. Além disso é um material reciclável, reutilizável, renovável e biodegradável que despende pouca energia na sua transformação. [1]

A madeira apresenta elevada resistência quando comparada com o seu peso diminuto, tem durabilidade e promove o isolamento térmico e acústico. Relativamente ao seu desempenho ao fogo, apesar de ser um material combustível, a sua combustão é lenta e gradual o que permite a evacuação dos ocupantes em segurança. A madeira possui propriedade que a tornam bastante competitiva face a outros materiais tal como o facto de permitir uma poupança energética de pelo menos 30% face a paredes de alvenaria. Por ser um isolante térmico natural, absorve calor ou frio mais lentamente que outros materiais. [23]

Existem dois grandes grupos de tipos de madeiras usadas na construção, que são as madeiras maciças e as madeiras industrializadas.

As madeiras maciças são derivadas dos troncos das árvores, podendo distinguir-se em madeira redonda (toros com diâmetro entre 0,15m e 0,25m) e madeira serrada (em vigas, pranchas e tábuas). O principal problema deste grupo de madeiras é a sua limitação de secção transversal e o comprimento máximo que podem ser usadas.

As madeiras industriais são mais utilizadas uma vez que permitem comprimentos e secções transversais superiores. Os produtos derivados podem dividir-se em dois conjuntos que são usados para fins estruturais e para painéis.



Figura 2.7 - Casa de Madeira na Sertã, Portugal, 2009

Relativamente às secções estruturais de madeira pode usar-se madeira lamelada colada, que é constituída por fibras com direcção paralela e coladas sob pressão e madeira microlamelada colada que é formada por lâminas finas também coladas. [23]

Os painéis apresentam fraca resistência e durabilidade, portanto devem ser usados apenas em revestimento ou mobiliário. Os três principais grupos são os contraplacados, que são formados por colagem de folhas de madeira natural orientadas em diversas direcções e espessura de cerca de 3mm, os aglomerados de partículas que são fabricados de estilha de madeira e resinas e os aglomerados de madeira, constituídos por placas fabricadas com fibras de madeira prensadas com resinas termo-endurecíveis. [24]

Actualmente a madeira pode ser utilizada em diversas formas estruturais na concepção de coberturas, pavimentos, paredes, escadas e pilares. Antes de aplicar a madeira deve estudar-se bem a sua heterogeneidade e anisotropia derivada da sua constituição fibrosa orientada de modo a atingir a melhor resistência da peça.

As casas em madeira dão origem a soluções construtivas que recorrem quase exclusivamente à madeira como material básico usado no edifício tanto a nível estrutural como a nível de acabamentos e divisórias. O aspecto agradável da madeira aliado à tecnologia disponível tem possibilitado o crescimento deste material na área da construção. [25]

2.2.2.3 Betão

O betão e as argamassas são usados como material de construção há milhares de anos, sendo que, antigamente eram produzidos pela mistura de argila, areia, cascalhos e água. Nas antigas civilizações este material era utilizado essencialmente em pavimentos, paredes e fundações. Foram os Romanos quem explorou a possibilidade de também se construir casas, templos, pontos e aquedutos mas posteriormente e até ao século XVIII o betão teve uma utilização reduzida e limitada quase exclusivamente às fundações e ao interior de paredes de alvenaria.

É a partir do século XVIII que ocorre o desenvolvimento e estudo das propriedades do cimento e é aprovada a patente do cimento Portland apresentada por Joseph Aspdin em 1824. Em 1852 inicia-se a realização de pavimentos de betão armado (lajes e vigas) os quais se tornaram na maior aplicação deste material até à actualidade. Em Portugal, a indústria de cimento inicia-se em 1894 com a fábrica de cimento Tejo em Alhandra. [25]

Betão é um material formado pela mistura de cimento, de agregados grossos e finos e água, com ou sem a incorporação de adjuvantes e adições, que desenvolve as suas propriedades por hidratação do cimento. Os materiais constituintes do betão devem ser escolhidos de forma a satisfazer os requisitos especificados para betão fresco e endurecido, incluindo a consistência, massa volúmica, resistência, durabilidade, protecção contra a corrosão do aço embebido, tendo em conta o processo de produção e o método previsto para a execução das obras em betão. [28]

O cimento *Portland* é composto por clínquer e adições que distinguem os diversos tipos existentes, conferindo diferentes propriedades mecânicas e químicas. A acção da temperatura sobre os componentes da matéria-prima promove reacções químicas que levam à formação dos principais componentes do cimento *Portland* que são o silicato tricálcico (45% a 75%), o silicato bicálcico (7% a 35%), o aluminato tricálcico (0% a 13%) e o aluminoferrato tetracálcico (5% a 15%).

O gesso é adicionado em quantidades geralmente inferiores a 3% da massa de clínquer e tem como função aumentar o tempo de presa.

Pode adicionar-se ao cimento *Portland* comum alguns compostos como material pozolânico, escória de alto forno, sílica de fumo, cinza volante, xisto cozido e calcário em diferentes quantidades o que resulta em cimentos com propriedades distintas.

Outro dos constituintes do betão são os componentes como por exemplo as fibras de *nylon* ou polipropileno que evitam fissuras, os pigmentos para dar cor ao betão, as fibras de aço que substituem as armaduras e a sílica activa que aumenta a resistência e diminui a permeabilidade. Estes produtos trazem vantagens a nível ambiental existindo assim alguma economia de energia. [29]

A construção em betão necessita da produção de cimento, o que requer temperaturas muito altas e uma grande quantidade de energia que origina emissões prejudiciais. De entre estas emissões, destaca-se o pó alcalino que se for libertado na água ou ar representa um perigo ambiental. O desempenho ambiental do betão é variável mas de forma geral caracteriza-se pela emissão de CO₂ de 85% na sua produção, não é reciclável e origina cerca de metade de todo o lixo de construção.

As principais vantagens de utilização do betão na construção são a elevada resistência, a possibilidade de pré-fabricação e reutilização dos elementos da construção. Os seus inconvenientes mais relevantes são o facto de a sua produção exigir muita energia e ser muito poluente, a extracção de inertes tem um impacto ambiental elevado, a reciclagem e reutilização são difíceis e dispendiosas pois é constituído por materiais não renováveis. [1]



Figura 2.8 - Exemplo de casa pré-fabricada em betão pelo Arq. A-Cero – Galiza

Na tentativa de reduzir o impacto ambiental pode utilizar-se betão leve que apresenta uma relação mais favorável entre a resistência e o peso, o que significa que, para um determinado desempenho é necessário uma menor quantidade de material.

O betão armado é actualmente o material de construção mais utilizado na construção em Portugal. No entanto, este material, que de início se considerava económico e eterno, revela afinal uma durabilidade limitada e muito dependente de onerosas intervenções de manutenção e reabilitação. Constata-se um aumento significativo do número de casos de deterioração precoce de estruturas de betão armado.

A construção de habitação com betão é geralmente composta por lajes, pilares e vigas deste material, sendo que as paredes são constituídas por tijolo cerâmico e produtos que promovam o isolamento térmico e acústico e uma camada de revestimento.

2.2.2.4 Metal

Existem diversos materiais metálicos que podem ser usados na construção.

A construção em ferro surgiu no final do séc. XVIII e desenvolveu-se principalmente em países industrializados como a Inglaterra, França, Alemanha e Estado Unidos da América. Este modo de construção surgiu para responder à necessidade de reduzir os custos das estruturas, permitir uma elevada rapidez de construção e permitir atingir grandes vãos bem como alturas significativas.

O ferro, como novo material de construção era utilizado sem recobrimento e foi protagonista de grandes obras que ainda hoje se mantém e destacam. Pode dar-se como exemplo o Palácio de Cristal em Londres, a Torre Eiffel em Paris e a Ponte D. Luís no Porto. [32]



Figura 2.9 – Exemplos de Obras realizadas em Ferro

Após a 2ª Guerra Mundial a produção e utilização de alumínio e titânio começa a expandir-se devido à leveza destes metais e a sua resistência à corrosão. O alumínio já tinha sido utilizado na arquitectura mas só após este período ganha importância na indústria da construção náutica e aeroespacial. Devido ao seu elevado custo, o titânio não obteve grande destaque em termos de construção, nesse período.

Na segunda metade do séc. XIX iniciou-se a produção de estruturas metálicas usando perfis laminados. O desenvolvimento da siderurgia iniciada com os processos de Siemens-Martin (1865), Bessemer (1870) e Thomas (1888) tornou possível a industrialização da produção do aço.

A partir de 1890, o aço começa a substituir o ferro forjado como o principal material metálico para a construção de edifícios. Pode definir-se aço como uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variáveis entre 0,008 e 2,11%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%.

A soldadura foi desenvolvida durante as décadas finais do séc. XIX e no início do séc. XX surgiu o oxi-corte e a soldadura com utilização de eléctrodos. Desde então existiu uma enorme evolução no tratamento, manuseamento e produção de estruturas em aço o que tornou mais simples e fiável a sua empregabilidade. [33]

Hoje em dia são utilizados três tipos de elementos estruturais de aço, nomeadamente os perfis laminados a quente, perfis de chapa soldada e perfis de chapa fina enformados a frio, que são os mais utilizados.

O desenvolvimento das tecnologias de enformagem a frio aconteceu aquando a publicação pelo AISI das primeiras disposições regulamentares relativas ao comportamento estrutural deste tipo de elementos em 1946, que tiveram como base o trabalho de investigação desenvolvido pelo Prof. George Winter na Universidade de Cornell, desde 1939.

Os perfis de chapa fina têm sofrido uma crescente utilização na indústria da construção. São obtidos a partir de chapas de pequena espessura, através da dobragem destas por meios mecânicos (quinagem e laminagem a frio) obtendo-se assim a forma desejada, tipicamente definida por dobras principais que definem *almas e banzos*, e dobras intermédias ou de extremidade que

definem reforços que aumentam a rigidez das suas paredes. Este processo utiliza-se quando se pretende atingir grande qualidade de produção e perfis com elevada complexidade. [34]

As ligas metálicas como o aço e alumínio têm um impacto ambiental elevado mas são relevantes para a sustentabilidade ambiental porque permitem melhorar o desempenho ambiental dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida, devido à possibilidade de serem recicláveis, reutilizáveis e adaptáveis às componentes da construção.

O aço é usado em grande escala na construção, sendo normalmente tratado por galvanização ou combinado com níquel e cromo (aço inoxidável) de modo a garantir a sua durabilidade e resistência em ambientes corrosivos.

A construção em estruturas de aço tem aumentado significativamente em alguns países europeus na produção de habitação. Este crescimento deve-se essencialmente ao facto da estrutura em aço favorecer o controlo da qualidade, através da pré-fabricação e permitir maiores velocidades de construção. Além destes factores, pode indicar-se a precisão da construção, as qualidades estéticas e a possibilidade de reciclagem e reutilização, o que potencializa a elevada utilização deste material. Em Portugal, este tipo de estruturas tem sido usada em substituição de perfis laminados a quente correntemente utilizados como madres de sistemas de suporte de coberturas ou fachadas. Pode referir-se que a sua aplicação na construção de moradias residenciais unifamiliares tem aumentado substancialmente nos últimos anos, dado o conjunto de vantagens que apresenta.

Relativamente ao alumínio, apesar de ser uma liga metálica facilmente reciclável, a sua produção acarreta elevados gastos energéticos e o seu tratamento superficial liberta substâncias nocivas. Por isso, a maioria do alumínio utilizado provem de material reciclado o que diminui os gastos em detrimento de se produzir a partir da matéria-prima.

O alumínio é usado na indústria da construção civil para produzir portas, janelas, fachadas, grades, corrimãos, revestimentos, estores, persianas e caldeiras. Também pode ser utilizado tanto no fabrico de mobiliário para indústria, cozinhas e escritórios como na produção de vitrinas, roupeiros, cabinas de duche, escadotes, andaimes, etc.

As principais vantagens da construção em aço prendem-se com a sua predisposição para a reutilização e fácil reciclagem, a possibilidade de pré fabricação e a quantidade de energia incorporada que face a outros materiais é bastante razoável. [1]



Figura 2.10 - Exemplos de aplicação de fachada em alumínio e estrutura em aço leve na construção

Existe uma norma que define os requisitos para a execução de estruturas metálicas, a EN 1090 que no caso específico do aço tem a designação de EN 1090-2. O seu principal objectivo é garantir que todas as obras cumprem determinados requisitos, independentemente do tipo. Como tal, são definidas quatro classes de execução, EXC1, EXC2, EXC3 e EXC4, com níveis de exigência crescente de EXC1 para EXC4.

Actualmente a indústria metálica afirma-se intensamente como a solução que possibilita ao sector da construção fazer a transição de um indústria tradicional e artesanal para uma actividade industrializada, obtendo ganhos importantes em termos de competitividade e qualidade e com a possibilidade de implementar os princípios da Construção Sustentável.

2.2.3 Controlo de Custos

O preço dos materiais é um factor muito importante para a determinação da escolha dos métodos construtivos. É necessário considerar alguns custos directos e indirectos para a produção da estrutura, sem os quais não seria possível a sua construção. Todos os métodos requerem gastos com a produção do material, salário dos trabalhadores envolvidos, custos relacionados com equipamentos, transporte e montagem das soluções.

A construção em terra não acarreta custos elevados uma vez que está disponível em grandes quantidades, existe facilidade de extracção e não requer custos de transporte. O custo do BTC é superior ao do adobe devido aos gastos na sua fabricação. [1]

A construção em madeira possui alguns custos, sendo que estes diferem consoante a forma estrutural a fabricar. No fabrico de uma parede de constituída por madeira maciça de 20cm, lâ de rocha com 5cm e gesso cartonado com 1,25cm é possível auferir o preço de 105€/m². Uma parede de madeira maciça com 16cm de espessura tem um custo de produção de 56€/m². Relativamente aos pavimentos, ao usar piso em madeira de 1,8cm sobre uma viga de madeira com dimensão 14x24cm e por baixo um painel de gesso cartonado de 1,25cm obtém-se um custo de 140€/m². Caso se pretenda esta solução com uma camada de manta de lâ de rocha de espessura 8cm o preço aumenta para 172€/m². Pode portanto concluir-se que as soluções em madeira dependem bastante da estrutura que se pretende e da espessura de cada camada. [25]

Relativamente à construção em betão, a fase mais absorvente em termos de qualidade e custos é a produção do clínquer. Existem alguns custos relacionados com a mão-de-obra necessária, materiais e equipamento mas o valor médio pelo qual se pode construir é de 94,92€/m³. O betão é usado em maior quantidade em lajes, sendo que a constituição das paredes pode ser executada com um pano exterior de alvenaria de tijolo cerâmico de 15cm, caixa-de-ar com cerca de 4cm, isolamento térmico de 3cm, outro pano de alvenaria de tijolo de 11cm e por fim o reboco com cerca de 2cm. Esta solução de parede tem um custo de 46,68€/m². [30]

No cálculo do custo da utilização do material aço na construção é necessário considerar alguns custos, sem os quais seria impossível a produção, transporte e montagem da estrutura.

Considerando como exemplo perfis do tipo IPE 360 pode calcular-se a soma de alguns custos tais como o custo da matéria-prima, custo de fabrico, pintura e montagem. A esta quantia é necessário incrementar o preço do projecto, transporte, acessórios, meios de elevação e ponderar uma percentagem de gastos com encargos bem como o lucro pretendido, obtendo assim um custo de 1,37€/Kg para o perfil indicado. Dentro de cada um destes valores é essencial compreender que o custo de fabrico está dependente do número de horas de produção que a empresa gasta para executar determinada estrutura e também o seu custo por hora de produção, contabilizando não só os custos directos mas também os custos indirectos.

2.2.4 Disponibilidade de recursos

A disponibilidade dos recursos influencia o tipo de obra que se pode construir em cada região, uma vez que, a maioria dos recursos são finitos e não existem na mesma proporção em todos os locais.

A construção em terra permite a utilização de um recurso inesgotável pois a sua base em argila e sedimentos calcários abunda e pode ser recolhida no próprio local das construções. [1]

A madeira é um recurso natural disponível na Europa em quantidade suficiente, de modo a que em determinadas regiões pode vir a ser considerada como a opção dominante para a construção sustentável da habitação. No entanto, esta opção só é viável caso haja a reposição florestal. Em alguns países o abate ilegal de árvores é uma prática generalizada, o que constitui uma ameaça para a floresta. O FSC é a instituição que certifica florestas e garante que estas são geridas de forma sustentável. [1]

O betão é constituído por matéria natural disponível em larga escala. As matérias-primas existem em abundancia em diversas partes do planeta, sendo de 80% a 95% de calcário, 5% a 20% de argila e pequenas quantidades de minério de ferro. [1]

Os metais são extraídos da natureza sob a forma de minério de ferro que estão distribuídos de forma irregular pela crosta do planeta. É bastante raro encontrá-los no seu estado natural, puros. Em geral são encontrados juntos a outros elementos, nos minerais, e com grande quantidade de impurezas. O minério de ferro extraído é depois, passado para o estágio de ferro-gusa, através de processos de transformação e é usado na forma de lingotes. Adicionando-se carbono dá-se origem a várias formas de aço. [33]

2.2.5 Tempo de Execução

O tempo que demora a construção de cada estrutura, com diferentes materiais influencia a sua aplicabilidade. A tendência para a produção e desenvolvimento de soluções mais rápidas faz com que sejam estas as escolhidas em detrimento de outros factores de ordem ambiental e cultural.

As paredes de taipa de uma casa unifamiliar levam pelo menos três semanas a erguer. [1]

Relativamente à construção em madeira, existem dados que indicam que toda a armação pode ser construída em apenas um dia, sendo que depois são instalados o soalho, escadas e todos os acabamentos. Existem algumas variáveis, mas praticamente todos os construtores garantem a entrega

da casa de 3 semanas a 3 meses, sendo que a comparação entre tempo e área se pode indicar como 45dias/100m². [26]

A construção em betão demora algum tempo devido à necessidade de colocar as cofragens, posicionar as armaduras e betonar. Tendo em conta que o betão só adquire a resistência padrão ao fim de 28 dias é necessário aguardar algum tempo para ter os pilares, vigas e lajes erguidos. O assentamento de tijolos também requer algum tempo, bem como a colocação de revestimentos. A fase que demora mais tempo na construção em betão é a fase de acabamentos, instalações hidráulicas e instalações eléctricas.

O aço proporciona a eficiência do progresso de construção, visto que os componentes são produzidos fora do local. O tempo de construção bastante diminuto, o que possibilita redução dos custos de investimento e permite que os encargos financeiros sejam amortizados mais rapidamente. Ao recorrer a estruturas pré-fabricadas é possível reduzir significativamente o tempo de construção.

Assim, é comum conseguir uma redução do tempo de construção para metade, quando comparada com a construção convencional. Nas habitações com estrutura metálica poupa-se na mão-de-obra e investe-se na qualidade dos materiais básicos.

2.2.6 Patologias e Manutenção

As estruturas devem ser projectadas e construídas com o objectivo de satisfazer um conjunto de requisitos funcionais durante um certo período de tempo sem causar custos inesperados de manutenção e reparação.

O principal problema da construção em terra é a rápida degradação do material devido à acção das intempéries. É possível reduzir a acção da água construindo fundações fiáveis, elevando-as até uma altura considerável, protegendo a construção com uma cobertura segura e colocando um revestimento uniforme nas paredes. [21]

Os problemas estruturais são essencialmente devidos a solicitações do material em tracção ou flexão, destruição da resistência do material devido à acção da água, fundações pouco resistentes às cargas transmitidas, terra de fraca qualidade, sistemas construtivos mal executados. Como tal, deve privilegiar-se alguns objectivos relacionados com a construção de uma estrutura apropriada, garantir uma implantação favorável e a boa conservação e manutenção das construções.

Relativamente à construção em madeira os problemas que surgem podem ser consequência de degradação físico-química, degradação biológica ou degradação de origem estrutural.

A degradação físico-química é devida essencialmente aos agentes atmosféricos, à formação da árvore, aos agentes químicos e à acção do fogo. Ao sofrer mudanças súbitas de humidade entre a membrana exterior e interior da madeira criam-se tensões que originam fendas. Os efeitos dos produtos químicos originam alterações na coloração.

Em relação a degradação biológica podem existir organismos cromogéneos que se alimentam de substâncias localizada perto dos raios lenhosos provocando mudanças de cor, decomposição das fibras e fissuras transversais.

A degradação da madeira também pode ser consequência da sua estabilidade e execução em obra, por isso deve ter-se bastante cuidado na escolha do tipo de madeira, na colocação de produtos químicos protectores e nos tratamentos preventivos e curativos a usar em caso de necessidade. [23]

O betão é um material que sofre alguma deterioração das suas estruturas devido essencialmente a deficiências de projecto ou de execução. As causas da degradação de betão na execução resultam em fendilhação, delaminação, corrosão, desagregação do betão, erosão, infiltrações e deformações.

Algumas deficiências de projecto que influenciam a durabilidade do betão são referentes à pormenorização deficiente dos projectos para as obras, especificação inadequada dos materiais, recobrimento insuficiente das armaduras, insuficiente controlo da fendilhação e da deformação e concepção estrutural inadequada.

As causas usuais da degradação do betão, em virtude das situações da obra são os abatimentos localizados das superfícies de betonagem, o deslocamento das cofragens, vibrações, segregação do betão fresco, retracção durante a presa do betão e descofragem prematura. Alguns factores como a absorção de água pelo betão, corrosão das armaduras, reacções químicas e alterações atmosféricas podem influenciar a ocorrência de patologias durante o período de vida da estrutura. [31]

As estruturas metálicas podem ser afectadas por diversas patologias, sendo que, a mais comum é a corrosão. As consequências relacionam-se com a perda de material e a alteração de propriedades mecânicas. A corrosão pode ser evitada com um esquema de pintura adequada, executada para evitar que as restantes fases da obra possam danificá-la. Esta patologia pode ser localizada, causada por deficiente drenagem de águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos ou corrosão generalizada, causada pela ausência de protecção contra o processo de corrosão.

Algumas outras patologias relacionam-se com projectos mal pormenorizados, pintura defeituosa devido a uma deficiente preparação da superfície e deformações excessivas devido a sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projecto original. [35]

2.3 Diferentes Casos Abordagem

Na construção em terra pode destacar-se o “Condomínio de Chabouco”, entre a Ribeira de Odeceixe e Sagres, no Parque Natural da Costa Vicentina, construída em 2009. As habitações foram construídas com a própria terra do local, de um modo ecológico e sustentável, privilegiando um ambiente interior confortável e saudável e sem consumir demasiada energia.



Figura 2.11 - Condomínio de Chabouco

Os blocos possuem de dimensões 295x140x90 mm feitos com o “saibro” triturado com uma mistura de cal hidratada e algum cimento. A estabilização é feita depois da compactação, através de uma cura, primeiro duas semanas tapadas nas paletes, com um plástico próprio, aproveitando a humidade para o cimento actuar. Passadas sete semanas são despachados para arejamento, de modo a curar a cal hidratada. Deste modo os blocos ficam mais resistentes, mesmo depois de colocados nas paredes.

As paredes são fabricadas com blocos de terra compactada com bastante espessura, o que resulta numa inércia térmica elevada e assegura que a temperatura interior medida seja constante.

Relativamente à resistência estrutural, as alvenarias são autoportantes e utilizam um sistema de travamento constante no assentamento dos blocos, sendo também utilizadas vigas de madeira embutidas nas paredes-mestras de modo a proporcionar uma capacidade de resistência aos sismos bastantes elevada.



Figura 2.12 – Processo construtivo das habitações do Condomínio de Chabouco

Este condomínio é constituído por apartamentos T1 com área útil de 70m² e T2 com área útil de 100m² para habitação temporária e um restaurante com uma área total de 600 m². A construção é feita em desníveis e acompanha a topografia do terreno.

Os apartamentos T1 têm três níveis. Ao nível da entrada principal há uma sala de estar com acesso a escada de dois sentidos de modo a dar acesso aos restantes pisos. O piso superior é um “mezzonine” e no piso de baixo encontra-se a instalação sanitária e a cozinha.

A configuração dos apartamentos T2 tem dois níveis, um ao nível da entrada, onde é a “mezzonine” e uma pequena zona mais elevada que serve de roupeiro aberto e o piso inferior. Neste tipo existe um espaço amplo onde a sala se conjuga com a cozinha, dando tanto para o terraço exterior como para o pequeno pátio interior. A sala tem chaminé com instalação de um recuperador de calor e a cozinha está equipada com termoacumulador e placa eléctrica. [36]

Relativamente à construção em madeira pode referir-se o empreendimento em Areia de Mira da empresa *Casema*, um condomínio fechada composto por 12 moradias individuais de luxo, com a primeira fase terminada em 2002. As habitações estão inseridas em lotes com áreas a partir de 1200 m², sendo que sete vivendas têm cerca de 300 m² e as restantes cinco têm cerca de 260 m². O material de construção usado foi uma madeira exótica, da espécie tatajuba (*bagassa guianensis*) que foi aplicada na produção das pranchas de parede.

Todas as moradias têm 8 assoalhadas, com 4 *suites*, biblioteca, salão de jogos, sala de jantar, salão de estar, cozinha ampla com ilha, e 5 instalações sanitárias. As salas possuem áreas bastantes generosas com duplo pé-direito, as cozinhas estão completamente equipadas em termos de electrodomésticos e todas as moradias têm sistema de aspiração central, aquecimento central e sistema de segurança. Os pavimentos são em soalho de madeira exótica maciça nos quartos e em pedra mármore nas instalações sanitárias e cozinha.

No exterior o *Deck* envolve toda a zona da cozinha, sala de jantar e sala de estar e integra uma piscina encastrada que se encontra mesmo em frente à zona da sala de estar. Toda a zona envolvente às moradias está ajardinada, com iluminação exterior e sistema de rega.



Figura 2.13 – Pormenores do interior da habitação do condomínio em Areia de Mira

A vedação é assegurada através de um sistema de encaixes, sem utilização de grampos ou pregos. A segurança e robustez estruturais são garantidas pela espessura das pranchas de madeira maciça com que a empresa compõe as paredes simples com 4,5 cm e as paredes duplas com espessura de 11,5 cm.

Quanto à resistência estrutural, as prumadas têm secção de 12x12cm, com canais de 3cm de profundidade, visando igualmente garantir total estanquicidade. Os pilares que apoiam as varandas são

maciços de secção 13x13cm ou 14x14cm o que contribui para melhorar o aspecto estético do conjunto. As vigotas, de dimensão 4,5x11cm, garantem através da sua robustez um melhor conforto térmico. As janelas são em vidro duplo e, como tal, hermeticamente fechadas, não permitindo a entrada de água ou vento, mesmo com uma velocidade elevada.

As instalações eléctricas são feitas passando os cabos sobre o forro e sobre as paredes, nomeadamente junto às colunas, sendo que neste caso são recobertas com peças especiais de madeira que preservam a estética do conjunto e escondem totalmente os cabos. As instalações hidráulicas são executadas de modo a passar sob o piso. Essa configuração de circuitos permite rápido e fácil acesso para manutenções e reformas. [37]



Figura 2.14 - Pormenores do exterior da habitação do condomínio em Areia de Mira

Na construção de betão pode referir-se a moradia modular em betão pré-fabricado, reforçado com fibra, instalada em Sintra em 2011 pela empresa SIT Modular Solutions. A habitação de piso térreo é composta por 12 módulos e 4 pórticos, num total de 320 m² de área bruta de construção.

Este projecto foi elaborado pelo arquitecto Vítor Costa e encontra-se localizado numa área rodeada por pinhal e que dista apenas dois quilómetros da Praia das Maças.

Os módulos são assentes em bases de betão e portanto não é necessário fundações. De seguida faz-se a execução dos remates interiores e exteriores entre módulos. As ligações exteriores a redes de águas, esgotos e electricidade são feitas posteriormente uma vez que os módulos já vão preparados de fábrica para essas mesmas ligações. O escoamento das águas da cobertura é feito pelo interior de um dos pilares tornando simples a sua captação e aproveitamento.



Figura 2.15 – Pormenores do interior da habitação modular em betão pré-fabricado em Sintra

O modelo usado nesta habitação foi o modelo *AIR* da empresa. As paredes exteriores são pintadas a tinta de água, cor branco mate bem como os portões da garagem seleccionados em chapa de

ação termolacado. Os pórticos em betão são envernizados à cor natural e a caixilharia em alumínio possui sistema de corte térmico, anodizado e polido, com vidros duplos. Os roupeiros são em madeira tendo um acabamento a tinta de esmalte branco acetinado e os móveis da cozinha são em MDF, hidrófugo e também pintado. O pavimento é flutuante de base HDF e superfície decorativa em madeira. Existe ainda um sistema de ensombramento interior com estores de rolo branco e iluminação encastrada.

A produção da habitação foi sujeita a rigorosos padrões de qualidade e segurança, que sublinha as suas vantagens de funcionalidade. [38]



Figura 2.16 - Exterior da habitação modular em betão pré-fabricado em Sintra

Relativamente à construção em aço optou-se por estudar uma morada unifamiliar com 350 m² localizada em Ílhavo, próximo de Aveiro, produzida com recurso a um sistema inovador, o *Light Gauge Steel Framing System*, também denominado por LSF, pela empresa *Gestedi*. Trata-se de uma concepção diferente em termos estruturais uma vez que as edificações são executadas em aço galvanizado leve.

A metodologia usada neste sistema encontra-se em conformidade com o *Prescriptive Method for Cold-Formed Steel of the American Iron and Steel Institute* (Método Prescritivo do Instituto Americano do Ferro).

Este sistema garante a segurança, uma vez que a habitação é sustentada por uma estrutura metálica sólida que distribui as cargas por um elevado número de elementos verticais e que verifica o seu comportamento anti-sísmico. O conforto térmico e acústico é garantido com recurso a camadas de poliestireno extrudido, poliestireno expandido e lã de rocha. Estes materiais são devidamente dimensionados de modo a responder a condições climáticas específicas do local. A longo prazo verifica-se uma economia energética evidente, devido aos reduzidos consumos em aquecimento e refrigeração do interior da habitação.

Devido ao processo de construção, preparação do local da obra e utilização de tecnologia efectiva em todos os elementos construtivos, esta habitação pode ser feita num relativo curto espaço de tempo, cerca de cinco meses.

A evolução construtiva desta moradia efectua-se essencialmente em nove fases, que são:

- Fundação: ancoragem feita sobre laje tradicional em betão, através de buchas químicas de total resistência anti-sísmica

- Montagem: as peças metálicas são cortadas e aparafusadas utilizando máquinas leves. A cada elemento horizontal corresponde um elemento vertical, os quais são devidamente aparafusados. Todos os elementos são colocados com um espaçamento regular e constante entre 0,6 m e 0,4 m. Unem-se as paredes entre si com parafusos galvanizados.
- Instalações Prediais: usando orifícios próprios dos perfis, a canalização e tubagem eléctrica é disposta nas paredes deixando os terminais nos locais escolhidos.
- Revestimento: as paredes, pisos e telhado são revestidos com forro de placas estruturais de OSB que servem de diafragma à estrutura metálica e de apoio ao isolamento e reboco.
- Telhado: possui uma protecção eficaz contra infiltrações, tornando-o estanque à humidade por via das subtelhas. No terraço utiliza-se betão leve para criar as pendentes e revestimentos elásticos de alta estanquicidade. Coloca-se XPS para protecção térmica.
- Sistema ETICS: sobre as placas de OSB são colocadas placas de EPS que minimizam as pontes térmicas. De seguida coloca-se argamassa polimérica reforçada com armadura em fibra o que garante a integridade das fachadas. Como revestimento final, as fachadas são pintadas com tinta impermeável.
- Paredes Interiores: são revestidas com lã de rocha e inserem-se as placas no espaçamento entre vigas ou perfis metálicos. De seguida são aplicadas placas de gesso cartonado, que garantem um ambiente confortavelmente isolado, com um acabamento final de pintura com tinta branca.
- Acabamentos: recepção de carpintarias, mosaicos e mobiliário, colocados segundo um processo normal. A caixilharia possui duplo vidro de modo a tornar a protecção térmica e acústica mais homogénea.
- Arranjos Exteriores: de acordo com as exigências do cliente [39]



Figura 2.17 – Processo construtivo de moradia unifamiliar pelo sistema LSF em Ílhavo

A partir deste exemplo de habitação unifamiliar em LSF pode reforçar-se a ideia que as vantagens inerentes a este sistema são inigualáveis em termos económicos, de sustentabilidade, rapidez de execução, segurança estrutural, durabilidade e conforto tanto térmico como acústico.

2.4 Síntese

Ao analisar a importância da construção de habitação cada vez mais sustentável torna-se compreensível a necessidade de evoluir no sentido de proporcionar soluções que satisfaçam as necessidades da população e estejam voltadas para factores de ordem económica, ambiental e social.

A evolução da sociedade provocou diversas mudanças a nível do crescimento demográfico que aumentou devido sobretudo a melhores condições de segurança, e melhorias nas condições de habitação. O parque habitacional tem aumentado, sendo que o número de alojamentos cresceu cerca de 12% em 2011. Os valores de crescimento comprovam que existe necessidade de construir e reabilitar as estruturas de modo a tornar as habitações cada vez mais dotadas em termos de conforto e segurança.

É portanto essencial agilizar o processo construtivo de modo a privilegiar uma construção rápida, económica, segura e que aproveite os recursos da natureza sem a prejudicar. Ao analisar algumas soluções de construção em terra, madeira, betão e aço podem inferir-se conclusões sobre as vantagens e desvantagens de cada um destes processos.

A construção em terra é sem dúvida a mais económica, possuindo um reduzido impacto ambiental no entanto a construção neste material é um processo bastante moroso e existe a rápida degradação do material devido à acção das intempéries. Como tal, as desvantagens associadas não permitem que este material possa ser empregue de um modo mais frequente e eficiente.

A madeira tem um custo ligeiramente superior à construção tradicional em betão no entanto, em termos ecológicos é um material com bastante potencial uma vez que é possível a sua reciclagem, renovação e reutilização. Apesar de existirem bastantes recursos naturais deste material é necessário assegurar que a sua exploração é feita de modo responsável.

O custo da construção em betão é considerado razoável mas os valores de CO₂ provenientes do seu fabrico e aplicação tornam este material pouco atractivo em termos de sustentabilidade. As suas patologias são essencialmente devidas a um projecto deficiente e anomalias na fase de construção.

O material metálico, nomeadamente o aço galvanizado leve designado por LSF possui vantagens em termos de disponibilidade de recurso uma vez que é possível, através de processos químicos obter esta liga. O seu custo é bastante apelativo e o seu valor divide-se no preço da matéria-prima, fabrico, montagem e outros custos. Ao produzir uma quantidade significativa de perfis metálicos é possível diminuir o custo total uma vez que, devido ao seu reduzido tempo de construção, é possível otimizar o custo de mão-de-obra no fabrico, transporte e montagem. A principal patologia associada ao aço é a corrosão, que pode ser evitada com um esquema de pintura adequada, executada para evitar que as restantes fases da obra possam danificá-la.

É possível concluir que o aço leve apresenta uma série de vantagens relativamente à construção tradicional. Existem melhorias em termos de conforto térmico, acústico, segurança e durabilidade das estruturas, para além do facto de ser possível controlar eficazmente os custos no processo construtivo e a duração de cada fase.

3 ESTRUTURA EM AÇO LEVE

O presente capítulo tem como objectivo esclarecer todos os factores e parâmetros associados à construção no sistema LSF.

Começa-se por definir o conceito do sistema, as origens e história do início da sua utilização bem como o seu processo de construção. É necessário compreender os antecedentes históricos do LSF que permitiram a sua expansão e crescente utilização. Para além disso existem diversos modos possíveis para aplicar este sistema o que incrementa a sua utilização e eficiência uma vez que os perfis de aço são muito leves e de fácil moldagem à peça pretendida.

O tempo de montagem depende principalmente do projecto de estrutura, no entanto o recurso a este sistema provoca uma diminuição drástica no tempo que demoraria a construir a mesma habitação com recurso a betão.

Quanto à análise dos requisitos da solução pretende-se estudar a aplicabilidade da solução tendo em conta as limitações destas estruturas e sua adaptação à legislação vigente. A adaptabilidade à habitação relaciona-se com o tipo de construções que podem ser feitas, o tipo de terreno onde são implantadas, a altura dimensionada e a ligação entre os elementos. Para além disso é essencial compreender a viabilidade económica da solução e quais os custos associados a cada fase.

Após a compreensão das características do sistema LSF pode proceder-se ao estudo da sua fiabilidade e questões relacionadas com segurança e conforto. Consoante o tipo de material utilizado para o isolamento térmico e acústico, revestimentos e acabamentos assim se pode classificar o conforto associado à habitação.

3.1 História e Conceito

A história da utilização de *Light Steel Framing* remonta aos Estados Unidos, no séc. XIX em que, devido ao crescimento exponencial da população, foi necessário recorrer a materiais disponíveis localmente e a métodos céleres e práticos que permitissem aumentar a produtividade na construção.

Ao terminar a Segunda Guerra Mundial, o aço era um recurso existente em abundância e as empresas metalúrgicas começaram a investir na sua utilização a nível da habitação. Começou por ser usado nas divisórias de grandes edifícios e acreditava-se que poderia substituir a estrutura inteira, feita habitualmente em madeira.

As aplicações do aço enformado a frio iniciaram em 1850 tanto nos EUA como na Grã-Bretanha, no entanto só a partir de 1940 é que a legislação norte americana aplicável ao LSF começou a desenvolver-se. As leis de protecção de grandes florestas levaram ao uso de madeira de menor qualidade o que impulsionou a construção em aço.

Em Portugal começa a assistir-se ao aumento da consciência do público para as qualidades inerentes a este sistema, sendo que as primeiras utilizações ocorreram em 1993. A crescente

divulgação do LSF e a qualidade das construções influencia o aumento da sua utilização, sendo importante referir que ainda se encontra muito abaixo do volume de construções em betão e alvenaria.

Na utilização do sistema LSF existem dois conceitos básicos que é necessário compreender, o *Frame* que é o esqueleto estrutural projectado para formar e suportar o edifício composto por elementos leves, e o *Framing* que é o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos. O LSF tem a particularidade de ser formado por elementos estruturais, de isolamento, de acabamento exterior e interior e de instalações que funcionam em conjunto. Este sistema tem sido utilizado intensamente há mais de trinta anos em países como EUA, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá. [40]

Os perfis usados no sistema LSF são peças pré fabricadas a partir de chapa de aço revestida com zinco pelo processo contínuo de galvanização por imersão a quente, adquirindo a sua forma final através de um processo industrial de conformação ou moldagem a frio. Após o corte das bobinas de aço em tiras de pequena largura, a chapa é moldada a frio na forma desejada.

Compreende-se por galvanização o processo de protecção do aço pelo revestimento de zinco através de dois mecanismos: protecção por barreira exercida pela camada de revestimento e protecção galvânica, que ocorre na exposição simultânea do par aço-zinco.

Existem diversos formatos para os perfis laminados a quente sendo alguns dos mais comuns os perfis em U, C, I, H, L, disponíveis em barras comprimentos variáveis. Estes elementos constituem as peças resistentes do esqueleto portante de um edifício.

Os aços fabricados podem ter função estrutural caso possuam propriedades de resistência e ductilidade adequadas para o uso em elementos da construção sujeitos a cargas. Estas propriedades dependem do tipo de liga metálica e espessura dos perfis. Para além disso podem ser aplicados em divisórias de espaços, paredes exteriores, interiores, lajes e coberturas. [41]

As paredes que constituem a estrutura são compostas por uma elevada quantidade de perfis galvanizados muito leves que se denominam por montantes. Estes são colocados verticalmente com espaçamento regular, encastrados em canais e fixos por parafusos podendo ter função estrutural ou não. Estes painéis têm a função de distribuir uniformemente as cargas e encaminhá-las para o solo. Possuem diversas secções o que influencia a espessura da parede, a distância entre os montantes é geralmente de 400mm ou 600mm, determinado pelas solicitações a que cada perfil é submetido. [42]

Os canais com secção em U servem exclusivamente para a ligação das extremidades dos perfis C, o que permite que estes funcionem em conjunto mas não estão dimensionados para receber cargas verticais, a sua função é apenas a transferência de cargas horizontais. Têm usualmente quatro secções básicas designadas consoante a sua espessura em U93, U153, U204 e U255.

As cantoneiras são fabricadas com perfil em L e são usadas essencialmente como elementos de reforço pontual na conexão de diversos componentes. Estas peças possuem apenas uma única aresta e caso tenham um comprimento excessivo pode haver deformações indesejadas. Por isso é habitual estarem disponíveis com um comprimento de seis metros, podendo ser fabricadas com outras dimensões caso se justifique. [43]

3.2 Materiais e Constituição

O processo de construção em aço inicia-se na fase da contratação, pelo dono de obra, de uma empresa de modo a que esta desenvolva o projecto de arquitectura e o projecto estrutural. Nesta fase definem-se as cargas definitivas e temporárias presentes ao longo da vida da estrutura, com todos os cálculos de dimensionamento estrutural, memórias descritivas, pormenores e desenhos técnicos.

Na fase de produção os elementos estruturais são fabricados em série o que permite usufruir em pleno da tecnologia do processo de fabricação, destacando assim a rapidez e fiabilidade do processo.

Posteriormente na fase de montagem, a estrutura é fixada e instalam-se todos os componentes necessários, desde as paredes exteriores e interiores, como a cobertura, instalações sanitárias, rede hidráulica, rede eléctrica e de comunicação bem como todos os revestimentos e acabamentos.

Concluída a montagem, o empreendimento é entregue ao cliente e começa a fase de ocupação e utilização, sendo necessárias algumas acções de manutenção durante a vida útil do edifício.

Um dos processos mais importantes no sistema construtivo em LSF é a escolha dos materiais. Devem seleccionar-se materiais adequados não só para os pavimentos, mobiliário ou pinturas mas também empregar bons materiais de isolamento e impermeabilização.

3.2.1 Estrutura

O sistema LSF faz recurso a perfis fabricados a partir de chapa de aço galvanizada por imersão em zinco quente. Após o corte em tiras pequenas das bobines de aço, a chapa é moldada a frio com a forma pretendida. Os formatos usados em estruturas LSF são obtidos por quinagem ou perfilagem produzindo-se assim formas básicas como o canal de abas simples e o de abas compostas, designados por perfil U e perfil C, nomeadamente.

O aço utilizado é o Fe 280 ou o Fe 360 e consoante o fim a que se destinam, estas peças podem variar na espessura e secção. Para paredes é comum usarem-se espessuras compreendidas entre 0,8 e 1,5 mm e para os pisos e cobertura é usual o emprego de peças até aos 2,5 mm de espessura. O facto de as peças serem galvanizadas permite que a sua durabilidade seja bastante elevada.



Figura 3.1 - Perfis de aço galvanizado

Relativamente à segurança a catástrofes, mesmo que a estrutura sofra danos, o seu baixo peso aumenta significativamente as hipóteses de sobrevivência dos ocupantes. A flexibilidade da estrutura é garantida através do aparafusamento de todos os elementos metálicos entre si.

3.2.2 Fixação

A fixação das paredes às fundações é executada através de buchas de ancoragem providas de porca de aperto. Consoante a condição em que se encontra o suporte em betão, podem ser usadas buchas químicas.

Todas as peças metálicas são interligadas através de parafusos de aço galvanizado, auto-perfurantes e auto-roscantes o que significa que os parafusos abrem o seu próprio orifício e não necessitam de porca. Os materiais de revestimento da estrutura também são fixos através de parafusos. Estes podem diferir em comprimento e espessura, no tamanho da cabeça ou da broca, consoante os locais em que são utilizados.

3.2.3 Paredes Exteriores

As paredes exteriores no sistema LSF são compostas por diversas camadas que desempenham funções distintas, de maneira a satisfazer exigências estruturais, térmicas, acústicas e de segurança.

3.2.3.1 Painéis OSB

O revestimento estrutural exterior pode ser feito recorrendo a painéis OSB. O processo de fabrico destas placas passa pelo abate das árvores e posteriormente os troncos sem ramos e folhas são transportados e descascados. O tronco é submetido à acção de diversas lâminas que arrancam pequenas partículas até 10 cm de comprimento. Estas partículas são secas e misturadas com resinas e cera. De seguida são dispostas em camadas, sendo cada uma delas orientada de forma diferente de modo a maximizar a estabilidade no painel. Após este processo, as camadas unidas são submetidas a condições de pressão e temperaturas muito elevadas e de seguida são cortadas em medidas *standard*, obtendo-se um painel muito resistente, estável e durável. Finalmente ocorre o acondicionamento e as paletes ficam prontas para serem transportadas.

Em obra, as placas OSB revelam-se bastante versáteis, fáceis de cortar, transportar e fixar através de parafusos. Estas placas estão preparadas para resistir às intempéries durante o período de construção. As placas contribuem para excelentes níveis de isolamento térmico do edifício e após a sua colocação, o revestimento serve de base para a fixação dos materiais de acabamento das fachadas. [44]

Como tal, coloca-se de seguida a placa de isolamento térmico, geralmente utiliza-se EPS, com fixação mecânica à base de revestimento. A camada mais exterior é constituída por um reboco impermeabilizante armado com rede metálica ou em fibra de vidro. [45]

3.2.3.2 Lã de Rocha

No espaço entre os perfis é colocada a lã mineral que melhora não só comportamento acústico mas também incrementa as propriedades térmicas da parede.

Este material é fabricado a partir de rochas balsâmicas e outros minerais. As pedras fundem-se quando aquecidas a cerca de 1600°C e, sob um processo de centrifugação, são transformadas em

filamentos. Estas fibras são aglomeradas com resinas orgânicas e óleos impermeabilizantes, resultando numa massa semelhante a lã. Esta pode ser flexível ou rígida, consoante o grau de compactação, e pode apresentar-se em diversas formas como mantas ou painéis.

Podem usar-se outros materiais para o isolamento tal como a lã de vidro ou poliuretano injectado. [44]

3.2.3.3 Gesso Cartonado

O revestimento interior destas paredes é feito com recurso a painéis de gesso cartonado. Este pode ser realizado pela sobreposição de dois ou mais painéis, dependendo da função e características que se pretende atribuir à parede. [45]

O gesso cartonado é fabricado a partir de gesso, água e alguns aditivos. Esta pasta húmida é despejada continuamente sobre papel, recebendo uma nova camada na superfície superior. Deste modo produz-se uma espécie de *sandwich* de papel e gesso que, após secagem é cortada numa variedade de formatos. A espessura é variável e conforme os aditivos que recebe pode destinar-se a locais diferentes da construção, tal como ambientes húmidos ou onde se necessita adicional resistência ao fogo.

As placas de gesso são aparafusadas directamente sobre a estrutura metálica ou coladas á parede através de uma massa própria. O tratamento das juntas faz-se pela aplicação de pasta de acabamento reforçada com uma tira de papel ou rede. Após o endurecimento da pasta, esta é lixada ficando pronta para a pintura final. Sobre as paredes de gesso podem ser colados os mais diversos materiais de revestimento. A resistência deste material permite a fixação de objectos através do uso de buchas expansíveis adequadas para o efeito ou através de perfis metálicos. [44]

3.2.4 Sistema ETICS

Um modo de executar as paredes exteriores é recorrer ao sistema ETICS composto por seis componentes distintos:

- 1- Fixação ao substrato, através de parafusos ou massa adesiva;
- 2- Placas EPS cuja espessura varia consoante a necessidade de protecção térmica;
- 3- Rede em fibra que confere resistência mecânica ao revestimento e cuja espessura varia consoante o nível pretendido de resistência ao impacto;
- 4- Revestimento base que protege o edifício e impede a infiltração de ar;
- 5- Primário regulador de fundo;
- 6- Revestimento final de elevada elasticidade e disponível numa grande variedade de cores e texturas.

A principal vantagem do ETICS reside na eliminação de pontes térmicas porque fornece isolamento do edifício o que impede o ganho ou perda de energia através dos elementos estruturais. Para além disso, este sistema permite o aumento da inércia térmica interior dos edifícios porque a massa das paredes se encontra pelo interior do isolamento térmico. [44]

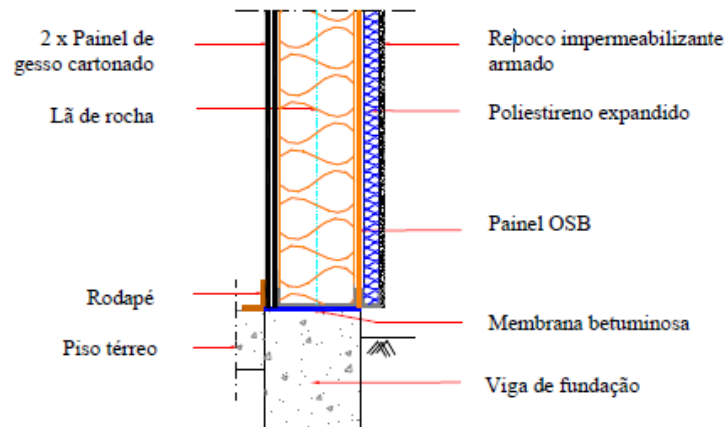
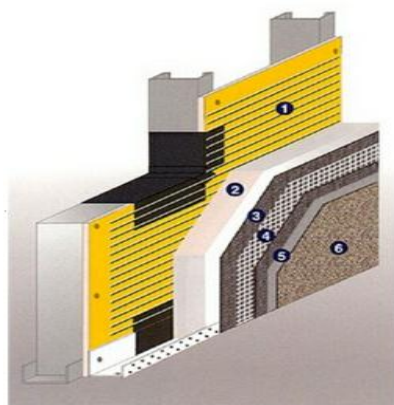


Figura 3.2 – Esquema de parede exterior no sistema LSF [45]

As paredes exteriores desta solução apresentam, do exterior para o interior, uma camada de reboco de argamassa com rede metálica, sobre isolamento contínuo em placas de EPS com 5cm, suportadas por painéis OSB, seguindo-se uma manta de lã mineral com 25cm de espessura e, por fim, o revestimento interior, constituído por duas camadas de painéis de gesso cartonado. [45]



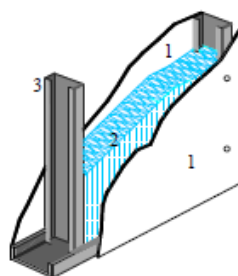
Legenda:

- 1 – Fixação com massa adesiva
- 2 – Placas EPS
- 3 – Rede em fibra
- 4 – Revestimento base
- 5 – Primário
- 6 - Revestimento Final

Figura 3.3 - Configuração de ETICS

3.2.5 Paredes Interiores

As paredes interiores são revestidas com painéis de gesso cartonado nas duas faces, aparafusadas aos perfis de aço, sendo que o espaço entre eles é preenchido por um material que promova o isolamento acústico, nomeadamente a lã de rocha.



Legenda:

- 1 – Painei de gesso cartonado
- 2 – Lã de Rocha
- 3 – Estrutura da parede

Figura 3.4 - Solução construtiva de parede interior [45]

3.2.6 Lajes de Piso

Existem algumas soluções possíveis para a constituição das lajes de pisos que variam no que concerne o revestimento estrutural e o tipo de perfis utilizados. Geralmente o revestimento estrutural é realizado através de painéis OSB, sendo também possível a utilização de painéis de aglomerado de madeira e cimento ou painéis metálicos de cofragem colaborante, com laje em betão armado de pequena espessura. Esta última solução é a pior ao nível de reciclagem dos materiais mas revela vantagens em zonas climáticas de elevada amplitude térmica. O tecto é executado com painéis de gesso cartonado.

O comportamento térmico e sonoro desta laje pode ser melhorado através da interposição de lã mineral entre o tecto e o revestimento estrutural. [45]

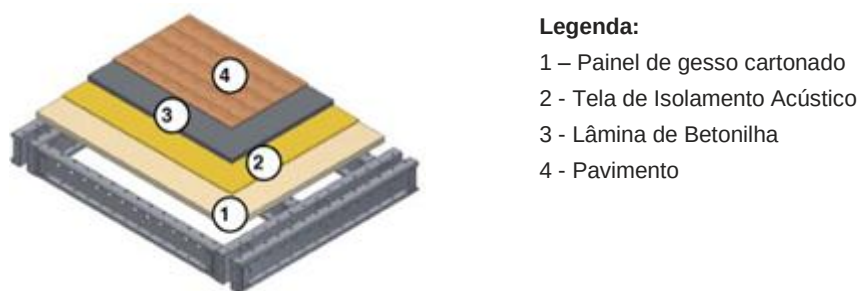


Figura 3.5 - Solução de configuração das lajes com lâmina em betonilha [48]

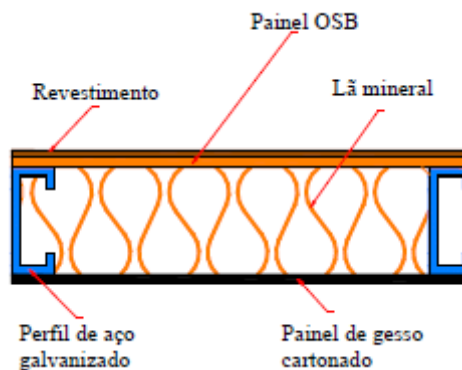


Figura 3.6 - Solução de configuração das lajes com painel OSB [45]

3.2.6.1 Cobertura

A solução da cobertura têm bastantes semelhanças estruturais com a laje de piso, sendo apenas necessário reforçar o isolamento térmico e introduzir uma camada de impermeabilização. Deste modo, sobre os painéis de OSB, aplica-se uma barreira pára-vapor, seguindo-se a placa de isolante térmico e por fim a solução de impermeabilização, geralmente em tela PVC com fixação mecânica.

Esta solução pode ser aplicada em coberturas planas ou inclinadas, sendo que na cobertura inclinada, a estrutura principal é realizada através de asnas sobre as quais se realiza o revestimento estrutural.

No caso da aplicação de telha cerâmica, a impermeabilização deve ser reforçada através da aplicação de uma subtelha.

O tecto é realizado por painéis de gesso cartonado sobre os quais se coloca a camada de isolamento acústico e térmico, geralmente em lã mineral.



Figura 3.7 - Solução de cobertura inclinada com telha cerâmica [48]

3.3 Processo Construtivo

A construção em aço leve com a denominação de LSF tem vindo a sofrer uma enorme evolução e utilização nos últimos anos.

O conceito principal de um projecto segundo o sistema LSF é dividir a estrutura numa elevada quantidade de elementos estruturais, de modo a que cada um resista a uma pequena parcela de carga total aplicada. Aplicando este princípio é possível utilizar perfis mais esbeltos e painéis mais leves. O processo de construção consiste numa série de fases que dão origem à habitação final.

3.3.1 Fundações

Começa por analisar-se a fundação necessária para receber este sistema. A fundação é o elemento de transição que permite a passagem de carga da estrutura ao terreno subjacente. A habitação em LSF beneficia de uma fundação sem sapatas e, visto que todo o peso do edifício é distribuído pelas paredes exteriores, a fundação deve ser contínua. Evidentemente é necessário dimensionar muros de suporte de terras que promovam a impermeabilização e a protecção térmica, tal como na construção convencional. [46]

A estrutura em aço tem um peso reduzido e como tal a fundação pode ter pequena dimensão, sendo importante o estudo topográfico do terreno, tipo de solo, nível do lençol freático e a profundidade de cada camada constituinte do solo. O sistema LSF é geralmente montado sobre uma fundação de laje armada contínua de modo a promover a distribuição contínua de cargas ao longo das paredes. Conforme as circunstâncias também poderá ser aconselhável a colocação de tubos drenantes junto às fundações que conduzam as águas pluviais para os colectores públicos.

Para evitar os deslocamentos horizontais da estrutura, os painéis de aço são fixados à fundação através de chumbadores que são responsáveis por garantir a transferência de cargas do edifício para a fundação. [44]

3.3.2 Estrutura

Imediatamente sobre a fundação coloca-se usualmente uma tela betuminosa isolante, composta de fibras impermeáveis à água. De seguida aplica-se um primeiro canal metálico fixo através de buchas metálicas ou químicas, que irá dar início à estrutura.

No interior deste canal erguem-se na vertical e em intervalos regulares, perfis metálicos que posteriormente são fixos no topo a um novo canal metálico. Após a união das diversas paredes entre si, o esqueleto do edifício aparenta uma enorme caixa de aço aparafusada. As aberturas das portas e janelas são orladas por canal metálico de forma a receberem as aduelas. Garante-se a resistência angular com chapas metálicas aplicadas em algumas paredes.

Depois de concluídas as paredes de um piso, inicia-se a montagem da estrutura da laje do piso superior. As lajes de piso são constituídas por perfis C, de dimensões superiores à dos perfis das paredes. A montagem é feita viga a viga quando o comprimento do vão é elevado ou, quando o comprimento do vão é diminuto, pode fazer-se a ligação dos perfis numa bancada de montagem. [45]



Figura 3.8 - Colocação da estrutura das paredes [45]

Relativamente às paredes interiores, estas são erguidas através de perfis metálicos colocados sobre um canal de base e recebendo outro no topo. Todos os componentes metálicos são fixos com parafusos galvanizados, que garantem a elasticidade da estrutura em caso de sismo.

A estrutura da cobertura é constituída por vigas e asnas. As asnas são montadas na horizontal em fábrica ou no estaleiro e de seguida colocadas em obra com o espaçamento definido em projecto.

Caso o sótão seja não habitável, é usual recorrer-se perfis C90 que permitem construir asnas de cobertura de configuração triangular. Quando o sótão é habitável existe a necessidade de executar uma laje de piso em cujas extremidades se fixarão vigas com perfil C200, espaçadas entre si e unidas com parafusos a uma viga de cumeeira. [44]

3.3.3 Revestimento Estrutural

Durante a construção da estrutura, as peças metálicas são revestidas de modo a conferir maior interligação entre todas as peças. É, portanto, necessário colocar um revestimento que solidarize todos os elementos estruturais, formando assim um diafragma, horizontal ou vertical, que permita a distribuição das cargas.

Como tal, a estrutura pode ser coberta com placas de OSB pelo lado exterior ou com outros materiais de revestimento, como por exemplo painéis de aglomerado de fibras de madeira e cimento. Este material tem a vantagem de ser dotado de elevada versatilidade, excelente comportamento térmico, fácil aplicação e está disponível a um preço competitivo. As placas de OSB estão sujeitas a NP EN 300 que estabelece as características necessárias para a sua selecção e os requisitos mínimos. Com recurso a orifícios próprios nos perfis, coloca-se a canalização e a tubagem eléctrica. [44]



Figura 3.9 - Aplicação do revestimento estrutural [45]

3.3.4 Revestimento Exterior

Inicialmente procede-se ao revestimento de impermeabilização da cobertura de modo a evitar a degradação dos materiais pela acção da água da chuva.

Para o revestimento exterior das paredes é necessário fixar as placas de EPS ao revestimento estrutural. Sobre esta camada de isolante térmico aplica-se o reboco armado. [45]

Caso se escolha proceder ao isolamento térmico com poliuretano é necessário equipamento de alta precisão para injectar o produto, após serem aplicadas as placas interiores e exteriores. Este processo só se justifica caso o edifício se localize numa zona de elevada exigência térmica.

3.3.5 Revestimento Interior

O revestimento do paramento interior das paredes exteriores e das paredes interiores é realizado através de painéis de gesso cartonado. Normalmente, na execução das paredes exteriores utilizam-se duas camadas de painéis enquanto nas paredes interiores usa-se apenas uma camada em cada face.

Antes da colocação dos painéis de gesso cartonado é aplicado o isolamento em todas as paredes utilizando para o efeito lã de rocha cuja aplicação se baseia no preenchimento dos espaços entre os perfis e vigas, sendo de seguida aplicadas as placas de gesso cartonado pelo interior do edifício, que depois do tratamento das juntas, podem ser pintadas ou revestidas com outros materiais.

3.3.6 Equipamentos

A colocação da canalização é feita desde a placa do chão até aos pontos onde serão colocados os terminais de utilização, na cozinha e instalações sanitárias. Os tubos de esgotos também são colocados dentro da placa o que possibilita níveis razoáveis de velocidade de escoamento, sendo a canalização colocada nos espaçamentos dos perfis das paredes e posteriormente conectada á rede pública. A distribuição das redes de electricidade é feita da mesma forma, fixando peças metálicas nos locais onde posteriormente são posicionados os acessórios eléctricos.

Para as portas e janelas devem ser escolhidas caixilharias de bom comportamento térmico, tal como o PVC, o alumínio com corte térmico ou sistemas de dupla caixilharia em alumínio e madeira, sempre providos de vidros duplos.

A configuração dos edifícios em LSF é bastante variável, podem ser construídas paredes curvas ou com efeitos irregulares. Um planeamento cuidado permite ampliar salas, evitar colunas e dar mais área a varandas e terraços bem como aumentar a abertura de vãos. Devido à possibilidade de ocorrência de sismo, numa estrutura com cargas distribuídas, é importante manter áreas significativas de fachadas sem aberturas para que a maioria dos elementos estruturais não sejam cortados.

O processo construtivo aplicado ao sistema LSF tem um carácter perfeccionista, rigoroso e eficiente. Apesar de ser sempre necessário seguir o projecto de arquitectura, existe espaço para diversas conjunções com material isolante, impermeabilização e revestimento.

3.4 Transporte e Montagem

O transporte e montagem de estruturas em aço leve para o local de implantação da obra são dois processos essenciais para o sucesso da construção no sistema LSF, exigindo grande rigor e qualidade.

As operações de transporte encontram-se dependentes da análise do percurso até à obra, do estudo das limitações em termos de peso e dimensões das peças e da disponibilidade de peças prontas na fábrica que possam ser enviadas.

É necessário estudar alguns aspectos relevantes para o planeamento e execução do transporte das peças da estrutura:

- Escolher a modalidade de transporte tendo em conta a distância entre a fábrica e obra;
- Analisar o veículo mais conveniente para o transporte que verifique as limitações dimensionais, capacidade de carga e rendimento pretendido;
- Definir o ritmo de embarque, considerando a disponibilidade de peças prontas e o espaço de armazenagem no local da obra;
- Analisar a ordem de embarque das peças em função da sequência de montagem e do peso dos perfis;
- Analisar a disponibilidade de espaço na fábrica de modo a não comprometer a sua capacidade de armazenamento;

O transporte rodoviário é sem dúvida o meio mais utilizado neste modo de construção, apesar das limitações em termos de dimensões e pesos. Este meio tem como principal vantagem o facto de ser possível o seu carregamento no interior da fábrica e a descarga ser feita exactamente no local da obra, sem necessidade de transbordo.

Na fase de projecto deve planear-se cuidadosamente as dimensões das peças de modo a evitar o transporte em veículos especiais. Caso o elemento estrutural possua um comprimento superior ao do transporte rodoviário, deve dividir-se o perfil, procedendo à união entre as partes no local da obra. [47]

Relativamente ao tipo de camiões utilizados, existem diversas potências e dimensões que podem ser utilizadas, estando definido no Decreto-Lei n.º 99/2005 de 21 de Junho, o regulamento que fixa os pesos e dimensões máximos autorizados para os veículos em circulação.

Quadro 3.1 - Dimensões máximas de veículos rodoviários [49]

Veículo	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Peso (depende do nº de eixos)
Com 2 ou mais eixos	12	2,55	4	2 eixos – 19 ton 3 eixos – 26 ton 4 eixos – 32 ton
Tractor-semi-reboque de 3 eixos	16,5	2,6	4,5	3 eixos – 29 ton 4 eixos – 38 ton 5 eixos – 44 ton
Veículo a motor-reboque	18,75	4	4,5	3 eixos – 29 ton 4 eixos – 37 ton 5 eixos – 44 ton

De acordo com a Portaria 472/2007, que regulamenta as autorizações especiais de trânsito, não é necessário qualquer licença especial, se os veículos automóveis de mercadorias de caixa aberta transportarem as várias peças dentro dos limites da plataforma, ou se transportarem objecto indivisíveis, mas que não excedam as dimensões totais:

- Comprimento: 1m para a frente e ou para a retaguarda; além dos pontos extremos do veículo;
- Largura: 0,30m para cada lado;
- Altura: 4m.

Quando a carga tem largura superior a 3m é necessário a utilização de um carro piloto e quando a largura ultrapassa os 4m são necessários dois carros piloto. O acompanhamento por batedores é obrigatório em comprimentos superiores a 31,50m ou em larguras superiores a 4,5m. [33]

O transporte também pode ser feito através de meios marítimos ou ferroviários mas deve ser sempre feito num veículo que possibilite o correcto acondicionamento da estrutura e que permita o descarregamento rápido e eficiente.

Para a montagem de qualquer estrutura é sempre necessários utilizar equipamentos mecânicos que permitam o deslocamento das peças.

Existem vários meios de elevação utilizados numa obra cuja estrutura seja em aço:

- **Multifunções:** é bastante preciso e tem uma grande capacidade de elevação. É utilizado preferencialmente para a elevação de pilares e travessas. Existem diferentes comprimentos de lança com diferentes capacidades.
- **Plataforma elevatória:** são utilizados na elevação de pessoal humano cuja função é garantir a ligação de pilares a vigas através de parafusos.
- **Auto Grua:** tem grande capacidade de elevação, sendo montada sobre o chassis de veículos que podem circular na rede rodoviária. São dotados de uma lança telescópica que permite diversos movimentos.
- **Grua Torre:** está normalmente fixa mas também se pode deslocar sobre carris lineares. Não possui lança telescópica e a colocação da lança a cotas diferentes é bastante complexa.

Existem outros equipamentos manuais essenciais à montagem de uma estrutura de aço, sujeitos a controlo de qualidade. A norma 1090-2 fornece indicações sobre os cuidados a ter em cada um deles.

O método mais utilizado para executar as ligações é o MCMA (Método do Controlo do Momento de Aperto) que recorre à chave dinamométrica para garantir a introdução do momento de aperto requerido na ligação. No entanto a sua aplicação segundo a norma torna-se morosa e complicada principalmente quando existem ligações com muitos parafusos de diâmetros elevados.

O processo HRH (High Resistance Calibrated) é o mais expedito, em que facilmente se garantem as condições de qualidade. O único requisito necessário é a utilização de chaves e parafusos específicos, que se encontram facilmente no mercado europeu.

Para além destes processos ainda existe o MC (Método Combinado) e o DTI (Direct Tension Indicator). No MC utiliza-se uma chave dinamométrica na primeira fase e de seguida os parafusos são todos marcados e aplica-se uma rotação específica em função da espessura das chapas a unir e o diâmetro do furo, enquanto no DTI se utiliza uma chave de impacto e um “apalpa-folgas”, devendo aplicar um momento de aperto até as saliências começarem a deformar-se e posteriormente medem-se as folgas.

A montagem das estruturas em LSF exige um conjunto de cuidados para que as operações sejam rápidas e sequencias. A optimização das operações consegue-se ao diminuir o tempo de montagem garantindo condições de segurança. Deve entregar-se um caderno de montagem composto por:

- Lista de Elementos/Conjuntos: com os pesos de todas as peças e todo o material existente em obra;
- Desenhos de Montagem: esquemas com vistas isométricas onde se deve indicar os eixos de construção, marcação das peças e número de parafusos por ligação;
- PIE (Plano de Inspeção e Ensaios): indicação dos momentos de aperto, esquemas de pintura, etc;

- PSS (Plano de Segurança e Saúde): deve identificar-se todas as actividades de risco e definir as fichas de segurança;
- Desenhos de Alçado: com a indicação dos níveis para os pisos da estrutura;
- Desenhos de Implantação: com a indicação do sentido das chapas de base e distâncias entre eixos;
- Desenhos de Escoramento: com a indicação do posicionamento e tipo de escoramento.

Antes de começar a montagem deve ser verificado o nivelamento e alinhamento dos “chumbadouros”. Apesar dos chumbadouros serem posicionados com recurso a chapas “gabarit” que garantem as distâncias entre eles, podem ocorrer deslocamentos devido às vibrações das fundações.

A montagem dos conjuntos inicia-se com a montagem dos pilares. Deve começar-se pelo pórtico, onde se situam os contraventamentos. As ligações podem ser encastradas ou rotuladas, sendo que as rotuladas permitem a estabilização do pilar por si só.

Depois da montagem dos pilares, colocam-se as travessas de forma a completar o pórtico. Seguidamente devem unir-se os dois pórticos através dos elementos de contraventamento e a partir desse ponto os pórticos são montados sequencialmente e unidos ao núcleo de rigidez, através de vigas ou madres.

A norma 1090-2, cláusula 12.7 faz referências às tolerâncias de montagem que devem ser respeitadas de modo a evitar momentos flectores adicionais.

A montagem de revestimentos é a última operação sendo necessário garantir a rapidez de montagem e a durabilidade da solução. Existem vários sistemas que podem ser utilizados, refere-se que a montagem de revestimentos com recurso a sistemas pré-fabricados economiza bastante tempo.

Em termos económicos é importante referir que os custos de transporte são bastante variáveis pois dependem da distância entre a fábrica e obra. Seguindo os cuidados indicados anteriormente é possível reduzir alguns destes custos.

Como orientação é possível indicar valores de custos de montagem entre os 0,15€/kg e os 0,45€/kg, dependendo da dificuldade e do tipo de obra. O recurso a soluções mais simples torna o processo mais rápido e economiza custos com mão-de-obra e maquinaria. [33]

3.5 Requisitos da Solução

A escolha do sistema construtivo deve ser feita tendo em consideração os diferentes tipos de estruturas e os aspectos representativos de cada obra. A análise de cada caso deve ser feita com base em características da obra e nas soluções oferecidas em cada sistema. A optimização de uma escolha devidamente estruturada permite que o processo englobe a maior quantidade de vantagens possíveis.

Algumas das principais características das estruturas de aço, que devem ser consideradas para as avaliações que conduzem à escolha deste sistema estrutural, relacionam-se com as fundações, tempo de construção, tipo de ocupação, local da obra e acessos, a possibilidade de adaptações e a compatibilidade com outros sistemas. Para além disso é essencial analisar a necessidade de

manutenção, a altura do edifício, durabilidade, estética, impacto ambiental, desempenho e relação com outras construções.

Nas estruturas de aço existe a influência da redução das cargas devido ao peso diminuto deste material. Como tal, a redução de cargas torna-se vantajosa em solos pouco indicados para a construção podendo viabilizar a sua concepção. As estruturas de aço pesam entre seis a dez vezes menos que as estruturas em betão e por isso pode esperar-se uma redução das cargas verticais e que torna as fundações mais simples de executar e portanto mais económicas.

Quando as fundações têm uma elevada profundidade é vantajoso usar estacas metálicas que minimizam as dificuldades no transporte e montagem e permitem reduzir as vibrações para as edificações vizinhas.

Relativamente ao tempo de construção, as estruturas de aço são favorecidas pela sua rapidez. Um dos factores que contribui é o facto de ser possível executar as fundações enquanto as estruturas estão a ser fabricadas. Os diferentes processos da construção podem ser feitos em simultâneo (lajes, paredes, instalações, etc.) o que permite reduzir o tempo de obra até 40%, quando comparado com os sistemas convencionais.

O tipo de ocupação determina o sistema estrutural a ser utilizado portanto é importante conhecer a localização, arquitectura e utilização prevista. Num edifício para fins comerciais o terreno é normalmente caro, com área de implantação reduzida, grandes vãos, estacionamento nos andares inferiores e instalações de arranjo simples. A rapidez da construção em aço significa o retorno do investimento mais rápido.

Para edifícios residenciais existe uma modulação mais complexa, vãos pequenos, diversas instalações e fachadas mais elaboradas. A rapidez de construção significa possibilidade de venda mais rápida mas pode não ser interessante caso exija em elevado investimento.

Para hospitais existe a necessidade de instalações complexas e equipamentos de peso elevado, amplificações e adaptações constantes sem interferência com as áreas construídas. Para edifícios que se destinam a fins escolares, as datas de entrega são rígidas, existem poucas instalações, fachadas padronizadas, sendo portanto essencial a rapidez de construção.

As estruturas em aço têm características favoráveis para alguns tipos de ocupação devido à sua facilidade de construção, melhor aproveitamento do terreno, maior área útil, execução de diversos pisos em simultâneo, precisão de montagem e fiabilidade da estrutura.

O local da obra é um factor muito importante na escolha do sistema construtivo. As condições de acesso, a distância percorrida, os materiais disponíveis na região e as condições topográficas do terreno permitem que o aço seja muitas vezes o material mais apropriado.

Em edificações industriais são, por vezes, necessárias adaptações ou ampliações na estrutura. Portanto é importante definir um sistema estrutural que permita essas modificações com elevada rapidez e segurança. O facto de as cargas projectadas diferirem das que efectivamente são colocadas,

os equipamentos utilizados com peso e dimensões diferentes e a ligação de elementos estruturais não previstos torna a construção em aço bastante vantajosa nestas situações.

Relativamente aos vãos livres e à altura do edifício pode constatar-se que a tendência é aumentarem, sendo que o sistema mais adequado para vencer grandes vãos e grandes alturas ocupando o menor espaço estrutural é o LSF. As vigas de aço podem ser travadas lateralmente pelo sistema de lajes, trabalhando isoladamente ou como viga mista em conjunto com a própria laje.

A vida útil das estruturas envolve uma análise abrangente de todas as fases do processo construtivo. A necessidade de manutenção em estruturas aço tem um custo baixo, existe a facilidade de identificação dos problemas e aplicar as respectivas soluções. Para o aumento da vida útil também contribui a durabilidade do próprio material, o aço é produzido em fábrica e sujeito a um rigoroso controlo de qualidade portanto torna-se bastante fiável.

A componente estética das estruturas é sempre importante mas em alguns edifícios pode tornar-se algo essencial. A estética das estruturas de aço remete para uma componente moderna e por isso existe a tendência de expor a estrutura como parte principal da arquitectura. É importante referir que, o facto de a construção estar totalmente exposta, acarreta maiores cuidados em termos de protecção e manutenção. Em termos de desempenho, as estruturas de aço tem um comportamento constante, podendo apresentar algumas deformações que, por serem elásticas permitem uma boa resposta face às acções dinâmicas.

O uso de estruturas metálicas em aço permite um conjunto de soluções bastante diversificado, podendo ser aplicado tanto em edifícios de carácter social bem como em habitações de luxo. Para além destes pode ainda referir-se o uso de LSF na construção de hotéis, hospitais, escolas, locais de comércio ou edifícios multifamiliares.

Pode então concluir-se que a construção em aço é um método construtivo rápido e limpo. A racionalidade no uso dos materiais e o facto de existirem poucos desperdícios são características que favorecem o impacto ambiental da construção. Quando termina a vida útil do edifício é possível reciclar e reutilizar as estruturas. [50]

3.6 Vantagens da Solução

A construção utilizando estruturas metálicas leves proporciona um conjunto de vantagens que possibilita a crescente expansão e utilização deste sistema.

Pode destacar-se o conforto em termos de isolamento térmico e acústico bem como a regulação da humidade no ambiente. O isolamento térmico é conseguido através do uso de placas de poliestireno expandido, OSB ou lâ de rocha e gesso cartonado. As características destes materiais permitem que, com uma espessura relativamente pequena, se atinja o isolamento térmico adequado à habitação.

Podem comparar-se alguns materiais de modo a compreender o modo de obter o mesmo isolamento térmico. [44]

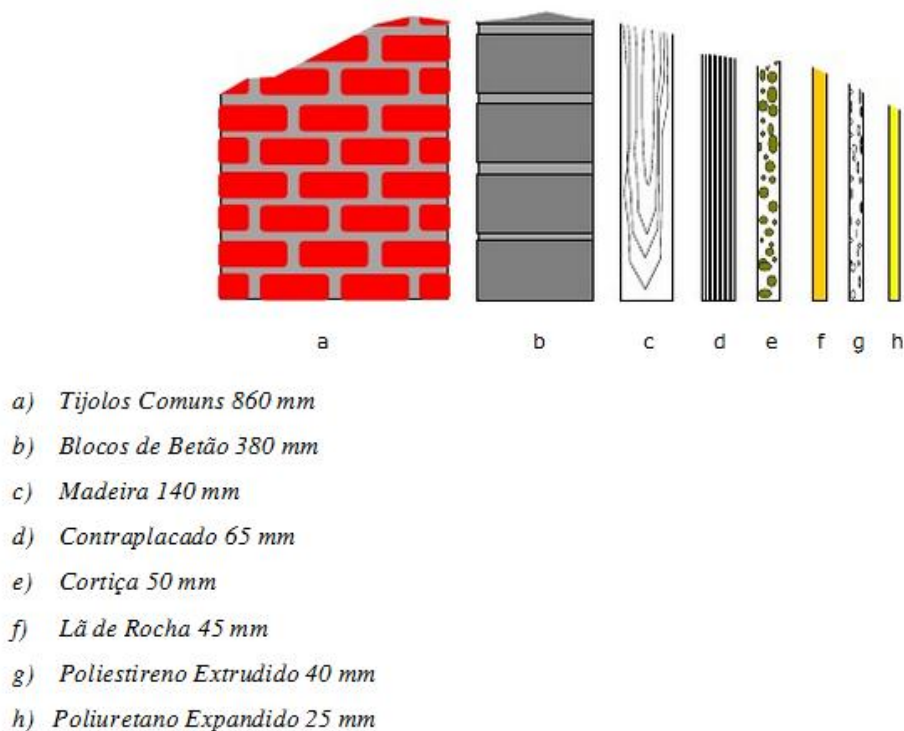


Figura 3.10 - Comparação de vários materiais em termos de isolamento térmico

Ao observar a figura é possível concluir que a utilização de EPS, XPS ou lã de rocha permite otimizar a protecção térmica para valores de espessura bastante reduzidos em comparação com os materiais tradicionais como o tijolo cerâmico e o betão. Relativamente aos vãos das janelas e portas exteriores, estes são providos de vidro duplo de modo a garantir o isolamento térmico pretendido. Deste modo, o interior de uma construção LSF é considerado como um ambiente de clima controlado, o que permite a poupança de energia.

O isolamento acústico é normalmente conseguido por materiais com elevada massa, no entanto estes materiais implicam a redução de área útil da habitação. Como tal, pode recorrer-se a lã de rocha nas paredes interiores que, devido à sua densidade possui um elevado isolamento acústico, podendo ser reforçado recorrendo a poliestireno extrudido. Numa casa com estrutura metálica o som produzido no interior de uma divisão é reflectivo pelas paredes e não absorvido por elas, o que impede uma maior propagação do ruído do que numa parede de tijolo.

Numa habitação existe humidade interior proveniente da respiração dos ocupantes e da utilização de águas quentes. Na construção em LSF são usados materiais isolantes que mantêm o ambiente numa temperatura que evita condensações. A utilização de gesso cartonado possibilita a absorção do excesso de humidade, devido à sua porosidade, e possibilita devolver este vapor ao ambiente quando o ambiente se encontrar mais seco.

Um dos factores mais vantajosos deste sistema é a sua rapidez de execução. Esta redução de tempo face à construção tradicional justifica-se devido ao baixo peso dos materiais, utilização de sistemas de fixação mecânica, aplicação de argamassas de rápida secagem para rebocos exteriores,

facilidade de colocação de tubagens e sistemas eléctricos devido ao facto de não ser necessária a abertura de roços e outras técnicas que são utilizadas nestes edifícios e permitem diminuir a mão-de-obra.

A redução de custos está intrinsecamente ligada à rapidez de execução uma vez que a mão-de-obra utilizada é bastante especializada e possui um rendimento superior aos restantes trabalhadores o que se traduz em reduções drásticas no tempo de construção e no custo final da obra. Uma vez que a construção em aço é uma área em elevada expansão, possibilita uma maior competição no mercado o que diminui o preço de aquisição de matéria-prima.

Existe uma maior poupança quando se produz os mesmos perfis em massa, sendo a estandardização do modelo uma enorme vantagem em termos económicos. Os perfis e vigas são fabricados segundo medidas específicas o que evita desperdícios de material. Para além disso, muitos elementos de revestimento podem ser colocados na estrutura aquando a fase de produção em fábrica o que incrementa a velocidade da construção na obra e possibilita maior protecção dos materiais das condições climáticas.

Em termos de manutenção também existem algumas vantagens neste sistema construtivo. Devido a utilização de rebocos de elevada plasticidade no exterior, que estão colocados sobre placas lisas, não ocorrem fissuras nas paredes. O telhado possui diversas protecções contra infiltrações de modo a ser totalmente estanque à humidade e reduzir drasticamente qualquer intervenção na cobertura. Pelo interior usam-se tubagens de elevada qualidade e, quando é necessário proceder a uma reparação torna-se fácil aceder ao local uma vez que as paredes são em gesso cartonado. O facto de as paredes interiores serem em gesso cartonado e, portanto, não estruturais, a sua localização pode ser alterada durante o período de vida do edifício.

Tal como se referiu, a construção com o sistema LSF é bastante rápida e por isso torna-se uma boa opção para quem pretende construir e posteriormente vender uma vez que o investimento é facilmente recuperável. Para além disso, como as estruturas metálicas não têm fissuras nem são afectadas pela humidade, a habitação mantém um aspecto recente durante muitos anos. Pode portanto concluir-se que em termos de valor imobiliário a opção de construir neste sistema é bastante vantajosa.

A versatilidade é outra vantagem inerente ao sistema devido ao facto deste se adaptar a qualquer tipo de projecto, desde os mais simples até aos que têm arquitectura bastante elaborada. As características de resistência dos perfis em aço permitem que se atinja uma altura correspondente a três pisos acima do solo. Para alturas superiores é necessário complementar o sistema com estrutura metálica em ferro. [44]

A variedade de projectos vai desde os edifícios residenciais a fábricas, hospitais, armazéns, etc. Para além disso, este tipo de estruturas também podem ser usadas em obras de recuperação e remodelação de edifícios antigos.

3.7 Segurança

A segurança das estruturas no sistema LSF é um aspecto de enorme importância para analisar a construção.

A resistência da estrutura é assegurada pelo metal visto que o seu esqueleto estrutural é inteiramente em aço leve. Pelo facto de não serem necessárias vigas ou colunas isoladas de apoio, todas as paredes exteriores podem ser consideradas como estrutura do edifício, onde se reparte too o peso das lajes e andares. Deste modo garante-se uma resistência bastante elevada aos sismos.

A casa torna-se uma estrutura flexível, adaptando-se às mínimas variações do terreno, não abre fissuras nas paredes nem apresenta o risco de quedas de colunas ou placas na eventualidade de uma catástrofe natural. O baixo peso do edifício contribui para a uniformidade na distribuição das cargas, atenuando os pontos de concentração de forças e tensões. [44]

Em Portugal, todos os edifícios necessitam de projecto de engenharia que obedece à legislação em vigor. Neste momento a legislação em vigor é referenciada no Eurocódigos.

No EC3, parte 1.3 encontram-se directrizes para o dimensionamento de estruturas em perfis de aço moldados a frio no que se refere ao tipo de aço adequado à execução de perfis metálicos, as medidas correctas para cada tipo de perfil bem como as suas secções e espessuras.

O EC5, parte 1.1 é referente aos requisitos das placas estruturais em madeira (OSB) que revestem a estrutura- Os valores limite para as propriedades de OSB ou de outras placas estruturais semelhantes são definidos na EN 300 e EN 310. O facto de existirem diversos tipos de placas orientadas de madeira adequadas a diferentes níveis de solicitação e condições ambientais faz com que seja necessário recorrer à ENV 12872 e EN 13986 para determinar a orientação mais favorável em cada caso. Estas placas são dimensionadas de modo a garantir uma durabilidade igual ou superior a 50 anos de vida útil. A norma EN 335-1 define as classes de risco a que a madeira ou derivados pode estar sujeita.

O OSB não é normalmente atacado por insectos da madeira, comuns em climas temperados. Os painéis feitos de choupo ou abeto são mais susceptíveis ao ataque de fungos em condições húmidas prolongadas e excessivas, no entanto, as placas produzidas a partir de madeira de pinho, possuem mais resistência a estes agentes biológicos.

A NP EN 300 estabelece as características necessárias para a selecção das placas estruturais, sendo os requisitos mínimos exigidos:

Quadro 3.2 - Valores mínimos para placas OSB de acordo com a NP EN 300

NP EN 300		
Espessuras	11 a 17 mm	18 a 25 mm
Classe de serviço	3	
Resistência		
Flexão Longitudinal	20 N/mm ²	18 N/mm ²
Flexão Transversal	10 N/mm ²	9 N/mm ²
Tracção perpendicular às faces da placa	0,32 N/mm ²	0,30 N/mm ²
Módulo de Elasticidade		
Longitudinal	3500 N/mm ² 1400 N/mm ² ≤ 15%	
Transversal		
Percentagem de inchamento máximo 24h		

A escolha dos parafusos adequados e outros elementos de fixação é feita recorrendo ao EC3, parte 1.3, que indica ainda as regras básicas de fixação de placas e montagem.

Para além destas normas europeias é importante ter uma noção da legislação norte americana que possui diversos documentos técnicos sobre a temática.

Pode indicar-se o *Prescriptive Method for Residential Cold Formed Steel Framing* (Método Prescritivo para as Estruturas em Aço Enformado a Frio para Edifícios Residenciais) em que existem tabelas estabelecidas para todos os pontos da casa, nomeadamente na largura de portas e janelas, vãos livres, coberturas, etc. de modo a que qualquer construtor possa executar a obra. Estas tabelas definem a quantidade, secção, espessura dos perfis a aplicar e contemplam todo o tipo de rugosidade do terreno, zonas sísmicas e exposição ao vento.

Portanto, este documento, ao facilitar a construção de edifícios com estrutura em aço, aumentou a acessibilidade à habitação promovendo maior competitividade de novos processos e materiais. A padronização dos regulamentos construtivos favoreceu a aceitação do mercado e promoveu a aplicação de processos normalizados nesta indústria.

Para além do dimensionamento e cálculo é também necessário efectuar um desenho técnico pormenorizado para a execução da estrutura. Deste modo evitam-se erros na montagem de peças o que reduz atrasos e torna mais fácil e eficiente o processo de construção uma vez que existe o melhor aproveitamento do aço e a redução de custos. Esta fase consegue-se através da experiência e interligação entre diversas áreas de especialidades.

Relativamente à marcação CE, aconselha-se o uso de perfis de aço galvanizado, placas de revestimento, fixação, isolamento, impermeabilização, electricidade e canalização com esta marcação de modo a garantir a qualidade e durabilidade dos produtos.

Algumas empresas apresentam determinadas configurações de secção ou dimensão de peças metálicas bem como sistemas de aparafusamento e ancoragem patenteadas. Estes produtos, quando aplicados correctamente, são considerados como parte do sistema LSF e podem possuir uma configuração que lhe confira maior resistência mecânica ou reduzir as espessuras de aço.

A desvantagem de usar perfis patenteados prende-se com a dependência do *stock* disponível o que poderá causar atrasos na entrega das peças e com a dificuldade em ajustar as medidas do perfil às necessárias em obra. Para além disso, o uso destes perfis dificulta bastante possíveis alterações na estrutura e, portanto, os erros de medição tornam-se catastróficos nestes casos. [51]

A construção em estruturas de aço reduz os acidentes em trabalho devido ao esforço de consciencialização associado à utilização de equipamentos modernos de protecção individual. Como o processo de construção de estruturas é completamente controlado, desde a fabricação até à montagem final, atingem-se níveis elevados de segurança para os trabalhadores.

3.8 Prevenção de Patologias

As patologias surgem a partir de um conjunto de factores que podem ser classificados de acordo com o processo patológico, sintomas, período de vida da estrutura bem como os seus agentes.

As principais patologias que as estruturas em aço estão sujeitas são a corrosão, deformação excessiva, encurvadura local ou global e rotura. Ao tomar conhecimento das patologias mais prováveis, deve adoptar-se uma postura preventiva ao invés de correctiva.

É necessário garantir a protecção contra a corrosão e a protecção contra incêndio de modo a incrementar a vida útil da construção, sendo portanto essencial um planeamento cuidado e rigoroso de todos os detalhes e especificações.

Existe corrosão quando o oxigénio retirado do minério de ferro durante o processo de produção do ferro e aço, tende a voltar a combinar-se com estes, voltando à forma de óxido de ferro. Esta pode ser de origem química ou electroquímica. A corrosão química ocorre quando uma superfície do metal entra em contacto com outro metal ou gás o que provoca uma reacção entre eles e a formação de um sal ou óxido. A corrosão electroquímica é a mais comum e desenvolve-se necessariamente na presença de água no estado líquido, temperaturas abaixo do ponto de orvalho da água e formação de uma célula de corrosão, com a circulação de electrões na superfície metálica.

A corrosão pode ser prevenida com recurso a pintura metálica, no entanto, a melhor forma de prevenção é um projecto cuidadosamente estudado. Devem prever-se estruturas com furos de drenagem, em quantidade e tamanhos suficientes, para assegurar o escoamento da água. Para além disso, os perfis devem ser dispostos de modo a que a humidade não fique retida e deve prever-se uma forma de escoamento eficiente na ligação com o piso.

A prevenção à corrosão pode ainda ser efectuada ao evitar a sobreposição de metais diferentes ou com a utilização de um isolante entre os metais. As peças não devem ficar enterradas ou submersas.

A galvanização ou zincagem também contribuem para a protecção à corrosão devido ao recobrimento através de uma camada de zinco metálico, que funciona como um revestimento de elevada resistência. A duração desta camada depende da espessura da camada de zinco que deve ser contínua e uniforme. [52]

Relativamente à segurança em caso de incêndio é necessário analisar os riscos de este se iniciar e propagar de modo a criar soluções económicas que respeitam as exigências de protecção. O objectivo dos sistemas de protecção é impedir o colapso estrutural, que ocorre após deformação excessiva ou aumentar o tempo de resistência a altas temperaturas de modo a permitir a completa evacuação do edifício.

Uma vez que as estruturas em aço são constituídas por peças bastante esbeltas, o fogo provoca o aumento rápido da temperatura no centro dos perfis o que provoca a deformação da estrutura. Deve, portanto, usar-se sistemas de protecção que evitem o elevado aquecimento no interior dos perfis, utilizando-se materiais de protecção térmica.

Os materiais mais utilizados para este fim são argamassa projectada, fibra projectada e mantas térmicas. A argamassa projectada é constituída por gesso, cimento e resina acrílica que forma uma massa fluida aplicada por jacto na superfície da peça. A fibra projectada é constituída por agregado, fibras minerais e aglomerantes que também são projectados directamente nas peças. As mantas térmicas são feitas em lã de rocha e a sua aplicação baseia-se no envolvimento das peças com fixação apropriada.

Podem ainda usar-se placas de elementos pré-fabricados, compostos por materiais fibrosos ou gesso e fixos na estrutura ou uma pintura constituída por polímeros com pigmentos intumescentes que reagem na presença de fogo, aumentando o seu volume. [53]

Portanto é necessário atender ao projecto arquitectónico que deve ser concebido e desenvolvido de modo a prevenir patologias no sistema LSF e permite aumentar a vida útil de modo a que a estrutura mantenha a resistência e fiabilidade ao longo do tempo.

3.9 Síntese

Apos terminar o presente capítulo é possível compreender a crescente importância e utilização do sistema LSF na indústria da construção.

O LSF é formado por elementos estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores e interiores e de instalações que funcionam em conjunto.

Portanto, torna-se essencial para o sucesso deste sistema que os materiais escolhidos sejam eficientes nas funções a que se destinam e possam ser empregues de modo a otimizar o processo de construção e manutenção do edifício.

O processo construtivo deste sistema está intimamente ligado à constituição do sistema e aos materiais usados em cada processo. Inicia-se pela execução das fundações em betão armado que, podem ser pouco profundas, no entanto é necessário efectuar o estudo topográfico do terreno, tipo de solo, nível do lençol freático e a profundidade de cada camada constituinte do solo.

De seguida procede-se à colocação de tela betuminosa e à montagem dos perfis que constituem o esqueleto da estrutura, sendo essencial uma correcta ligação entre eles.

Os perfis utilizados são fabricados a partir de chapa de aço galvanizada por imersão em zinco quente, por processos de quinagem ou perfilagem. As placas de revestimento usadas também no incremento da ligação entre perfis podem ser em OSB com uma camada de lã de rocha e utiliza-se o sistema ETICS que garante resultados exemplares em termos de isolamento térmico e acústico. A cobertura é executada através de perfis metálicos próprios sobre os quais se colocam as camadas de OSB, isolamento térmico, impermeabilização e por fim as telhas cerâmicas.

Uma vez que existem diversos materiais e métodos construtivos utilizados neste sistema considerou-se a sua síntese no quadro seguinte.

Quadro 3.3 - Síntese dos constituintes do sistema LSF e materiais usados

Constituintes	Materiais				
	Perfis de Aço	OSB	Lã mineral	Isolante térmico	Gesso cartonado
Estrutura	X				
Parede Exterior		X	X	X	X
Parede Interior			X		X
Laje de Piso		X	X		X
Cobertura		X		X	X

O transporte e montagem de estruturas em LSF são dois processos essenciais para o sucesso da construção. O transporte depende bastante da análise do percurso até à obra em que é necessário o estudo das limitações em termos de peso e dimensões das peças e da disponibilidade de peças prontas na fábrica que possam ser enviadas para a obra.

A montagem é feita utilizando equipamentos mecânicos que permitem o deslocamento das peças. Este processo exige um conjunto de cuidados para que as operações sejam rápidas e sequencias. A optimização obtém-se ao diminuir o tempo de montagem garantindo condições de segurança.

A construção em estrutura de aço leve possui alguns requisitos e características que devem ser consideradas para as avaliações que conduzem à escolha deste sistema estrutural. Pode apontar-se a necessidade de estudar as particularidades associadas às fundações, tempo de construção, tipo de ocupação, local da obra e acessos e a possibilidade de adaptações com outros métodos. Para além disso é essencial analisar a necessidade de manutenção, a altura do edifício, durabilidade, estética, impacto ambiental, desempenho e relação com outras construções.

Pode portanto concluir-se que, ao destacar as características associados ao LSF se obtém um conjunto de enormes vantagens deste sistema face aos métodos construtivos tradicionais. Pode apontar-se como exemplo a rapidez da execução da obra, os baixos custos associadas, a segurança transmitida pela estrutura e o conforto em termos de isolamento térmico e acústico.

Para que se garanta a fiabilidade e durabilidade da estrutura é necessário que o seu projecto e execução obedeça tanto à regulamentação nacional indicada nos Eurocódigos bem como à experiência e bom senso por parte do projectista.

4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO À HABITAÇÃO SOCIAL

O presente capítulo destina-se a aprofundar a temática da construção em aço leve aplicada à construção de habitação de interesse social. Considera-se que existe bastante interesse em introduzir o sistema LSF na construção destas habitações.

De modo a justificar esta necessidade começa-se por estudar a história da construção modular, a influência em diversos países e as evoluções que sofreu ao longo dos anos, tendo em conta os diversos materiais utilizados.

De seguida pretende-se aprofundar as vantagens ligadas a estes modelos de habitação, como podem melhorar a qualidade de vida dos seus ocupantes e adaptar-se às suas necessidades. Como tal, é necessário que exista a articulação com as carências da população de modo a que este modelo torne possível a superação das dificuldades existentes neste género de habitação.

O tempo de execução e os custos associados são dois aspectos que determinam o sucesso do empreendimento, uma vez que idealmente este sistema se traduz numa construção rápida e económica, factores determinantes na aplicação à habitação social.

Os processos associados à manutenção dos módulos é uma condição bastante importante no sistema LSF, tendo em conta que são estruturas com um elevado período de vida útil.

A integração com sistemas de aproveitamento energético que facilitem a reutilização e reciclagem potencializam o carácter ambiental e sustentável do modelo idealizado.

A conjugação de todas as temáticas tem como objectivo a adaptação do sistema LSF à habitação social de modo a estudar a sua eficiência, complexidade e potencialidades.

4.1 História e Conceito da Construção Modular

A palavra módulo vem do latim *modulu*, podendo ser definido como a medida reguladora das proporções de uma obra arquitectónica ou a quantidade que se toma como unidade de qualquer medida. [54]

O conceito de módulo surge na Arquitectura inicialmente pela antiga civilização egípcia onde existe uma relação modular entre as pirâmides e os blocos de pedra utilizados na sua construção.

Na Grécia utilizava-se a proporção dos elementos, nomeadamente o diâmetro das colunas que, multiplicado e dividido, gerava todas as dimensões dos elementos e espaços característicos. Este podia variar em cada edifício pois não era considerado em termos de unidade de medida absoluta mas sim de uma unidade relativa.

O povo romano desenvolveu o conceito ao planear as cidades e projectos dos edifícios que obedeciam a um reticulado modular. Utilizavam apenas dois tipos de tijolos que possuíam dimensões padronizadas e o planeamento da cidade era feito recorrendo a um quadriculado com medidas de base.

Durante a segunda metade da Idade Média, no Japão, implantou-se uma medida utilizada na arquitectura residencial. As dimensões do módulo permitiam uma disposição de espaços rectangulares totalmente livres que podiam seguir modelos lineares ou arbitrários.

Após a revolução industrial, desenvolveram-se novos equipamentos e técnicas de construção o que permitiu uma utilização mais sistemática dos materiais. O desenvolvimento da indústria possibilitou a produção em série de elementos construtivos pré-fabricados de forma mais simples, rápida e eficiente.

Considera-se como primeira aplicação da construção modular, o Palácio de Cristal, projectado por Joseph Paxton em 1851 para a Exposição Universal de Londres. A estrutura foi edificada com recursos a elementos pré-fabricados de aço e vidro, era desmontável e demorou apenas 9 meses. A dimensão dos módulos foi condicionada pelas dimensões das placas de vidro produzidas na época, com cerca de 240 cm². Através de uma rede modular, conseguiu articular uma diversidade de elementos o que só foi possível devido à sua padronização e industrialização.

A difusão de casas pré-fabricadas foi mais notória nos Estados Unidos da América, em que as habitações eram construídas em madeira, com as unidades produzidas em fábricas e disponibilizadas em diferentes modelos. A comercialização era feita em conjuntos com todas as peças necessárias à montagem. A venda era feita através da consulta de catálogos. Estas construções tiveram um enorme sucesso devido ao seu baixo custo, no entanto tinham fraca qualidade de materiais.

Em 1921, o arquitecto Le Corbusier introduziu a ideia de se produzir casas em série, em fábricas, com linhas de montagem e, como tal, criou o sistema “Dom-Ino” que era composto por módulos em betão de dimensões standardizadas. No entanto, a possibilidade de utilizar o módulo para a construção só surgiu em 1936 com o desenvolveu o chamado “método modular cúbico” por Alfred Farwell Bemis.

Durante a Segunda Guerra Mundial e antecipando os problemas de reconstrução, o alemão Ernest Neufert concebeu um sistema de coordenação octamétrica baseado no módulo de 12,5cm. Estes estudos conduziram à produção de mais de metade das habitações do país desde então até 1965.

Em 1957, através de diversos estudos e casos práticos a ISO declarou a adopção da medida de 10cm ou 4 polegadas como módulos base, sendo que na Alemanha ainda coexistem os dois sistemas

Na Inglaterra a adopção do sistema de medida ocorreu em 1972 e devido a isto 30% de todas as unidades residências construídas nesse período tinham dimensões métricas.

Actualmente as normas utilizadas na Europa estão centralizadas nas norma da ISO, com sede na cidade de Genebra, na Suíça. [55]

É possível considerar um elevado número de sistemas construtivos como sistemas de construção modular. Estes são pré-fabricados e a única tarefa em obra é a sua montagem, podendo ser utilizado em diversos edifícios independentemente do seu grau de complexidade uma vez que a modularidade se baseia na divisão em elementos estruturais simples.

Existem diversos sistemas modulares que se podem classificar em função da sua morfologia individual e sistema de montagem. Como tal, temos:

- Sistemas modulares fechados: O espaço interior vem previamente preparado e a sua função não pode ser alterada. Módulos com elevado nível de padronização e pré-fabricação. Podem ser empilháveis, ligados entre si ou suspensos por uma estrutura metálica principal que funciona como esqueleto. A forma é semelhante a contentores de transporte marítimo.
- Sistemas parcialmente abertos: têm aberturas laterais que permitem a sua ligação com outros módulos. Podem ser empilháveis.
- Sistemas abertos: constituída por módulos completamente ou parcialmente abertos, compostos por vigas que suportam os pisos e pilares nos cantos. Estes módulos podem ser agrupados em diferentes direcções permitindo um elevado número de configurações.
- Sistemas construtivos de elementos modulares: elementos estruturais são fabricados com dimensões padrão de modo a que sejam ligados facilmente. Permitem produzir painéis pré-fabricados de pisos e paredes e possibilitam uma maior customização.
- Sistemas mistos: os diversos sistemas misturam-se de modo a compor a estrutura final da habitação. [56]

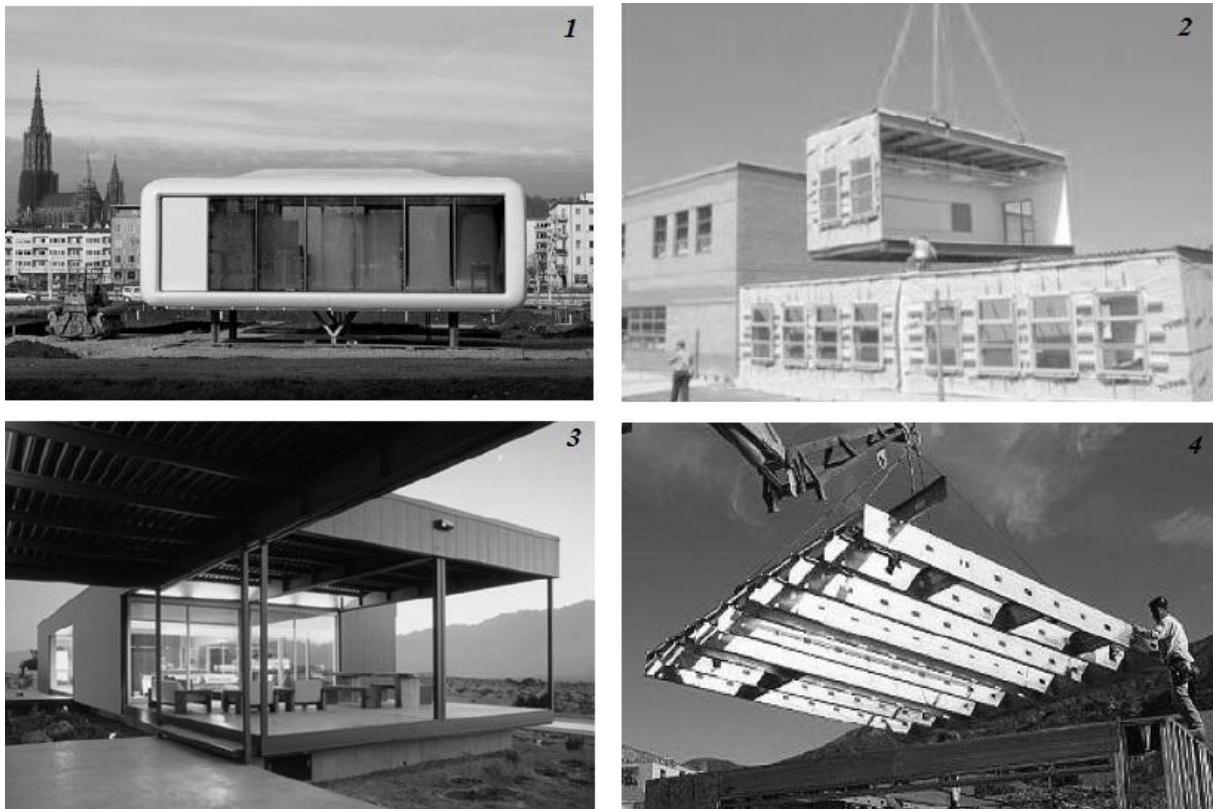


Figura 4.1 - Tipos de sistemas modulares (1-fechado; 2-parcialmente aberto; 3-aberto; 4-elementos modulares)

Ao compreender a importância e crescimento do sistema modular é possível relacionar um conjunto de características associadas que permite a sua crescente utilização e optimização.

4.2 Características da Solução Modular

Os sistemas construtivos modulares são normalmente fabricados com estruturas de aço, o que realça algumas das características mais importantes deste conceito.

Tipicamente, na construção modular é vantajoso a produção de elementos estruturais em série, num ambiente fechado e com qualidade controlada. Para além disso, existe a preparação dos contentores de transporte com todo o equipamento de montagem necessário à implantação da habitação no local da obra. Posteriormente os módulos são transportados até ao local em contentores de 20” ou 40” e a montagem é feita sem recurso a ligações simples aparafusadas.

A excelente relação peso/resistência da estrutura resulta em elementos mais leves mas de elevada resistência que facilitam a montagem no local.

De modo a permitir a liberdade de implantação e personalização da habitação, deve evitar-se a utilização de elementos de contraventamento ou de paredes resistentes. Como tal, o dimensionamento em altura deverá ser limitado de maneira a não criar instabilidade aquando as solicitações horizontais.

Nos sistemas modulares aconselha-se, portanto, uma altura de apenas dois pisos. Esta opção pretende tornar possível um melhor aproveitamento do terreno de implantação.

Em Portugal o mercado da construção de casas modulares tem vindo a crescer, havendo cada vez mais empresas que se dedicam à sua produção e comercialização.

A construção de uma casa modular é bastante mais económica, devido ao facto dos elementos serem normalizados e como tal a estrutura fica pouco sujeita a defeitos e problemas. Este método revela vantagens significativas uma vez que permite um controlo rigoroso e a diminuição de desperdícios. O facto de se produzir os mesmos elementos em grande quantidade permite baixar o custo de aquisição de material o que também se revela benéfico para o comprador final. Outra causa que permite a redução do preço é o facto de o orçamento incluir materiais e construção.

Em termos de tempo de construção esta solução é bastante rápida, sendo que normalmente o prazo de entrega é reduzido uma vez que a montagem dos vários módulos pode ser feita em poucos dias, após a execução das fundações e dependendo da quantidade de trabalhadores da equipa.

A qualidade inerente a estes módulos deve-se ao rigoroso controlo durante todo o processo de fabrico. Deste modo a construção torna-se fácil e eficiente. As condições atmosféricas não interferem na construção uma vez que os materiais estão seguros de estragos devido a condições de tempo adversas.

Uma das vantagens mais importantes associadas a construção modular é a capacidade de adaptabilidade. É possível acrescentar ou diminuir módulos de habitação ao longo da vida útil da estrutura ou simplesmente alterar a sua disposição consoante as necessidades do utilizador.

As casas pré-fabricadas possuem uma grande variedade de opções para revestimentos exteriores, opções de cobertura e comodidades a nível interior. Estas casas possuem um elevado grau

de sustentabilidade e auto eficiência devido às soluções adoptadas para o isolamento e aquecimento natural.

Como desvantagem apresenta-se o facto de os módulos terem dimensões padronizadas e portanto as áreas das divisões estão um pouco limitadas. Existe portanto menos flexibilidade criativa neste género de soluções. Para além disso pode indicar-se o facto de ser uma forma de construção pouco indicada para conjuntos habitacionais com poucas moradias na medida em que se trata de uma estrutura industrial e não se justifica economicamente a encomenda de poucas peças.

Outra das desvantagens neste tipo de sistema é o facto de, como a construção é muito rápida e os prazos são apertados é necessário que o valor total esteja disponível imediatamente. A precisão é um factor fundamental ao sucesso da montagem da estrutura, sendo importante planear cuidadosamente cada fase e assegurar-se que não existem erros nem desvios do projecto inicial. [57]

As características predominantes deste sistema relacionam-se com a sua rapidez, economia e fiabilidade o que se traduz num conjunto de aptidões bastante importantes tendo em conta a conjuntura actual do país. Devido ao facto da construção dos módulos ser independente entre si, significa que esta solução pode ser adaptada para diversas tipologias, sendo os materiais de revestimento e isolamento constantes em todas. Assim, pode construir-se desde a mais luxuosa habitação, à mais modesta utilizando o sistema modular, diferindo apenas a área dos módulos e o número de unidades implantadas.

4.3 Articulação com as Necessidades de Habitação Social

A solução modular permite uma articulação com as exigências da habitação social uma vez que possibilita a adaptação da quantidade de módulos e a sua disposição em conformidade com estas necessidades.

Inicialmente considerou-se que as necessidades dos alojados fossem meramente habitacionais e desvalorizou-se a componente relacional o que dificultou a identificação dos indivíduos com esses espaços. No entanto, a formação de uma identidade colectiva não se desenvolve administrativamente nem se regula geograficamente.

O conceito de bairro na perspectiva de identidade colectiva forma-se quando há uma relação entre o homem e o espaço que diariamente percorre. O próprio conceito de bairro remete para um local identificável e caracterizável pela sociedade e pela separação com outros espaços o que incrementa a sua identidade. A sua arquitectura demarca a fronteira identitária do bairro com outros bairros e edifícios, afirmando-se como um espaço específico quer em termos sociais como arquitectónicos e paisagísticos.

As casas dedicadas a habitação social são frequentemente sujeitas a intervenções e obras dispendiosas. Este investimento deve-se sobretudo à estigmatização dos próprios habitantes que consideram as suas casas diferentes e inferiores. Os materiais de construção utilizados têm uma

qualidade razoável mas muitas vezes, devido a falta de cuidados pelos seus moradores, surgem problemas a nível dos revestimentos. [58]

A construção direccionada a habitação social obedece a critérios e exigências diferentes dos projectos imobiliários convencionais. A rapidez e economia da estrutura são características indispensáveis para viabilizar o projecto, daí a necessidade de evoluir para materiais e técnicas de construção que incrementem estes princípios.

Tal como já se referiu, a construção usando o sistema LSF conduz a um conjunto de particularidades que possibilitam o cumprimento das necessidades associadas à habitação social.

A rapidez na construção das habitações deve-se ao facto de os módulos possuírem todos o mesmo conjunto de perfis, sendo possível a sua repetição e fácil montagem no local da obra por técnicos habilitados ou até pelos próprios moradores, seguindo um manual de montagem e sob a orientação de profissionais experientes. Este princípio permite que os moradores adquiram uma ligação emocional e de confiança com a própria estrutura uma vez que esta advém do produto do seu trabalho e dedicação. Para além disso, permite ainda desenvolver a consciência de grupo ou bairro devido ao trabalho conjunto entre vizinhos na tarefa de erguer a estrutura.

A economia dos módulos resulta exactamente do mesmo princípio. Uma vez que existe uniformidade nos módulos utilizados, é possível fazer a encomenda de uma quantidade elevada à fábrica e negociar preços mais competitivos. Para além disso, podem associar-se sistemas de poupança de energia e armazenamento de água neste género de habitações, o que incrementa o seu carácter sustentável e possibilita uma poupança considerável para os futuros moradores. Relativamente a pavimentos e paredes, pode conseguir-se uma solução relativamente económica privilegiando o isolamento e a autonomia em termos de eficiência energética sem despende muito em acabamentos e pormenores estéticos.

O facto de ser possível a flexibilidade dos espaços permite a adaptação a diversas tipologias e a alteração do número de módulos necessários em cada habitação. Desta forma, a construção no sistema LSF adapta-se à diversidade de agregados familiares e às suas necessidades distintas permitindo crescer módulos conforme o crescimento da família.

Como é possível compreender este sistema possibilita uma série de vantagens que permite aumentar a qualidade de vida em habitações de interesse social e deste modo desenvolver conjuntos habitacionais num curto espaço de tempo e com um nível de investimento razoável por parte das Câmaras Municipais.

Em Portugal ainda não existem exemplos da aplicação da construção em aço leve para a HCC no entanto, no Brasil existem alguns exemplos desta prática uma vez que este país possui um défice habitacional de 6 milhões de habitações e apenas com recurso à construção industrializada pode reduzir e eliminar este problema.

4.3.1 Vila Dignidade

Podemos enunciar o programa *Vila Dignidade* no Brasil, instituído pelo Decreto nº. 54.285, de 29 de Abril de 2009, que pertence a CDHU, destinado a idosos com rendimentos baixos.

O apartamento é constituído por sala/cozinha, quarto, instalação sanitária e jardim. Para além disso existe preocupação com a segurança e acessibilidade, tendo sido colocadas barras de apoio, equipamentos sanitários com altura adequada, portas e corredores bastante largos, interruptores em quantidade e altura adequadas, rampas e pisos antiderrapantes, entre outros.

A obra feita pelo sistema LSF permite demonstrar a rapidez da construção uma vez que o seu prazo de conclusão era de oito meses, no entanto a empresa “Construtora Sequência”, responsável pela obra, teve a capacidade de terminar o empreendimento em apenas três meses. A duração da obra foi de 22 de Setembro a 22 de Dezembro de 2010.

A primeira *Vila Dignidade*, construída no último trimestre de 2010, engloba um condomínio de 22 residências e foi construída em Avaré, estado de São Paulo. Está prevista a construção de mais cinco empreendimentos com o mesmo sistema em Itapeva, São José do Rio Preto, Caraguatatuba, Ribeirão Preto e Ituverava. [59]

Este é um exemplo demonstrativo da rapidez de construção alcançada pelo LSF, da sustentabilidade e qualidade da construção de edificações destinadas aos mais diferentes níveis sociais e culturais.



Figura 4.2 - Vila Dignidade em Avaré, São Paulo, Brasil – 2010

4.4 Tempo de Execução

O tempo de execução depende bastante da solução adoptada, no entanto, pelo sistema LSF é possível a sua redução significativa. Por este sistema podem executar-se diversas tipologias quer em termos de habitação unifamiliar como em conjuntos residenciais com alguns pisos. Como tal, o planeamento da obra depende da facilidade em executar a fundação, número total de unidades pretendido, tipos de perfis empregues, ligação entre eles, entre outros.

Uma vez que o sistema LSF permite a conjugação de diversas fases independentes, é possível fazer-se a ligação de perfis num estaleiro adjacente e de seguida implementa-los no local da obra.

A ordem de trabalhos que deve ser seguida de modo a tornar a construção mais expedita é:

1. Execução das fundações;
2. Montagem dos perfis de LSF;
3. Montagem da cobertura;
4. Execução das paredes exteriores;
5. Execução das instalações eléctricas, telefónicas e hidráulicas;
6. Execução das paredes interiores;
7. Instalação das caixilharias de portas e janelas;
8. Revestimento das paredes e pisos;
9. Instalação dos equipamentos necessários;
10. Pintura interna e externa. [60]

De um modo geral, cada um destes processos exige uma quantidade de tempo para a sua conclusão podendo classificar-se a percentagem utilizada em cada actividade. Tomando como exemplo uma habitação de 38m² e, de acordo com o rendimento dos trabalhadores e as equipas que se podem formar temos:

ATIVIDADE	SERVIÇO		PRODUTIVIDADE		MÃO DE OBRA DIRETA			NÚMERO DE DIAS ÚTEIS DE TRABALHO (8 h/dia)																				
	QUANT.	UNID.	ÍNDICE	UNID.	EQUIPE	Hh EQUIPE	DIAS (8h) EQUIPE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Fundação	50	m²	0,50	Hh/m²	OFICIAIS	2	25,0	3,1	2	2	2																	
					AJUDANTES	1					1	1	1															
Estrutura aço	600	kg	0,04	Hh/kg	OFICIAIS	3	24,0	3,0				3	3	3														
					AJUDANTES	1							1	1	1													
Cobertura	50	m²	0,25	Hh/m²	OFICIAIS	2	12,5	1,6						2	2													
					AJUDANTES	1									1	1												
Parede Ext.	60	m²	0,40	Hh/m²	OFICIAIS	3	24,0	3,0							3	3	3											
					AJUDANTES	1										1	1	1										
Parede Int, piso e isolam.	120	m²	0,20	Hh/m²	OFICIAIS	2	24,0	3,0										2	2	2								
					AJUDANTES	1															1	1	1					
Instalações					OFICIAIS	1	6,0								1	1	1	1								1	1	
					AJUDANTES	1											1	1	1	1								1
Revestimento	180	m²	0,30	Hh/m²	OFICIAIS	1	54,0	6,8												1	1	1	1	1	1	1	1	1
					AJUDANTES	1																1	1	1	1	1	1	1
Equipamentos					OFICIAIS	2	4,0																					
					AJUDANTES	1																						
Acabamentos					OFICIAIS	1	2,0												1			1						
					AJUDANTES	1																1		1				
TOTAL					OFICIAIS			2	2	2	3	3	3	2	2	4	4	4	4	2	3	2	1	1	1	1	2	2
					AJUDANTES			1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	2	2

Figura 4.3 - Exemplo de habitação LSF com 38m² executada em 20 dias [60]

De maneira a explicitar os possíveis planeamentos neste sistema e o tempo que resulta da conjugação de diversas equipas e modos construtivos pode referir-se como exemplo algumas obras já terminadas.

Pode indicar-se o programa Usiteto criado pela empresa USIMINAS, no Brasil, cujo objectivo é construir edifícios de estrutura em aço com cinco a sete pisos e uma área habitacional de 48m².

Segundo o fabricante, estes edifícios podem ser executados com duas soluções, uma semi-industrializada que utiliza estrutura em perfis de aço e lajes maciças e paredes em tijolo cerâmico e tem uma duração de construção de 116 dias e a solução industrializada que também tem a estrutura em aço mas as lajes são do tipo *steel-deck* e as paredes interiores são feitas com painéis em gesso cartonado sendo que as exteriores são em blocos de cimento leve e o tempo de construção são 100 dias.

Compreende-se por *steel-deck* uma laje composta por uma chapa trapezoidal de aço galvanizado e uma camada de betão. A forma da placa de ao serve como armadura e cofragem para o betão.

A empresa também contempla projectos para habitações unifamiliares, fazendo parte do programa destinado à construção de habitação de carácter social em estrutura metálica. Este projecto possibilita ao morador construir a sua própria casa (autoconstrução) após ter formação de como utilizar um dos processos construtivos já referidos. A casa é composta por uma estrutura de perfis de aço resistentes à corrosão, com partes soldadas executas na fábrica. Os pilares servem de guias para a colocação das paredes que, tal como indicado, podem ser de tijolo cerâmico e blocos de cimento.

Estas habitações têm dimensões de 45m² e o kit da casa é fornecido com toda a estrutura metálica, incluindo a cobertura e projecto hidráulico e eléctrico. A montagem da casa pode ser feita num período de aproximadamente quatro horas, dependendo da mão-de-obra disponível. O facto de a casa poder ser executada em módulos possibilita a sua ampliação. O módulo base possui apenas um quarto/sala, cozinha e uma instalação sanitária, sendo que, numa fase posterior se podem acrescentar mais dois quartos.



Figura 4.4 - Exemplo de habitação multifamiliar e unifamiliar da empresa USIMINAS

Estes modelos de habitação permitem uma construção rápida, com segurança e qualidade cujo objectivo é diminuir o défice habitacional na região de Minas Gerais e implementar soluções mais fiáveis e que possibilitem a desintegração de bairros clandestinos.

Pode indicar-se outro exemplo da empresa GERDAU que também possui um sistema de construção de habitação unifamiliar denominado “Casa Fácil” com áreas de 48m² e 36 m². A

residência fica totalmente pronta em 21 dias com a cobertura, paredes e acabamentos o que resulta numa diminuição em 35% do tempo de construção. [61]

Como se pode verificar pelos exemplos de empreendimentos apresentados, o tempo de construção é variável com a área da habitação, número de perfis, mão-de-obra disponível e acabamentos pretendidos mas pode compreender-se os factores que tornam a construção pelo sistema LSF bastante vantajosa em comparação com a construção tradicional.

4.5 Custos

Os custos são um factor muito importante para a escolha da solução construtiva. Existem alguns factores que determinam o seu valor e como tal é necessário compreender a distinção entre custos directos e indirectos numa obra.

Os custos directos são aqueles associados especificamente a um determinado material ou serviço, sendo possível conhecer o seu destino final e são afectados de um modo directo e imediatos na fabricação de outros produtos. Pode dar-se como exemplos os custos da matéria-prima e da mão-de-obra presente no local da obra.

Os custos indirectos são os custos originados por vários produtos ou serviços que não estão directamente associados aquela tarefa mas são importantes para a sua concretização. Como tal, é necessário repartir estes custos de modo a que possa ser imputada uma percentagem a cada obra. Geralmente considera-se como custo indirecto os associados a aprovisionamento (renda, iluminação), os encargos gerais de fabrico (rendas, amortização do edifício e equipamentos, etc.) [62]

A orçamentação em estruturas metálicas é uma etapa essencial e como tal é importante definir metodologias que permitam estimar custos com o rigor necessário. Apresentam-se dois tipos de procedimentos para a orçamentação:

- **Custo por unidade de área de implantação/construção:** engloba o custo da estrutura metálica e dos revestimentos. É necessária a definição do tipo de aplicação (residencial, escritório, comercial, industrial, etc.) bem como a diferenciação geográfica em função do local da obra. O valor estimado para o custo por unidade de área depende da experiência do projectista o que pode conduzir a uma quantificação imprecisa.
- **Custo por unidade de medida:** é necessário o estudo prévio e a definição dos elementos estruturais. Este procedimento é bastante preciso e permite prever todos os custos afectos ao preço de venda e o peso de cada material no custo global. Divide-se o orçamento em duas especialidades:
 1. Estrutura metálica, apresentada em €/Kg;
 2. Revestimentos, apresentados em €/m².

Devido a sua fiabilidade deve usar-se o segundo método descrito sendo o custo final dado pelo somatório do produto das quantidades Q_i e pelo respectivo custo unitário, C_i^{unit} de acordo com a expressão:

$$C_{EM} = \sum(Q_i C_i^{unit}) \quad (4.1)$$

O custo unitário de venda é obtido através da expressão:

$$C^{unit} = C_{mp} + C_f + C_p + C_{mont} + C_{proj} + C_t + C_{acess} + C_{me} + C_g + Enc + Lucro \quad (4.2)$$

Em que:

C_{mp} – Custo unitário da matéria-prima (com desperdício, em €/Kg)

C_f – Custo unitário de fabrico (em €/hora e ton/hora)

C_p – Custo unitário de pintura (em €/m²)

C_{mont} – Custo unitário de montagem (em €/hora)

C_{proj} – Custo unitário de preparação/projecto (em €/hora)

C_t – Custo unitário de transportes (em €/Kg)

C_{acess} – Custo unitário dos acessórios (em €/un)

C_{me} – Custo unitário dos meios de elevação (em €/dia/máquina)

C_g – Custo unitário de garantias (em percentagem)

Enc – Custo unitário dos encargos (em percentagem)

Lucro – Custo unitário de lucro (em percentagem)

Estes valores podem ser divididos em custos unitários directos, C_{dir} e os custos unitários transformados C_{trans} . Estes últimos são calculados através de um valor global para o custo da actividade e posteriormente transformados em custo por kg de aço produzido e apresentados sob a forma de percentagem. O custo da matéria-prima, de fabrico e de pintura são considerados custos directos e o custo de montagem e restantes são considerados custos transformados.

O custo da matéria-prima é corrigido através da adição do custo dos desperdícios e do custo das chapas de ligação, deste modo integra-se este acessório no custo total da matéria-prima. O custo dos desperdícios é estimado em 5%.

O custo de fabrico depende do número de horas de produção das estruturas (h/ton) e também do custo por hora contabilizando não só os custos directos (salários e consumíveis) bem como os indirectos (aluguer da fábrica, amortizações, etc.) apresentado em €/h. Como referencia, em Portugal, em estruturas porticadas gasta-se, em média, 16,5€/h despendendo-se 14h/ton.

O custo da pintura é apresentado por área e depende do esquema de pintura a aplicar na estrutura, sendo apresentado em €/kg pintado, sendo que o custo associado é de cerca de 8€/m².

O custo de montagem depende do número de dias e de trabalhadores necessários para montar a estrutura. Tomando como exemplo uma equipa com um serralheiro chefe e três ajudantes considera-se um custo por hora de 22€/hora para o chefe da equipa e 11€/h para os serralheiros ajudantes.

O custo de projecto e pormenorização para o fabrico é calculado estimando o número de dias que são necessários para o desenvolvimento de todos os cálculos e detalhes. Admite-se que um engenheiro tenha uma produtividade na ordem das 30 a 50ton/semana para este tipo de obras.

O custo do transporte relacionasse com o número de viagens necessárias e com a distância da fábrica à obra. Devido ao aumento do custo dos combustíveis este valor tem sofrido grandes variações.

O custo dos acessórios obtém-se pela medição de chumbadouros, parafusos, tirantes e esticadores. Este valor é bastante influenciado pela protecção anticorrosiva, necessária neste género de obras.

Os custos dos meios de elevação dependem directamente da complexidade dos elementos a montar e do tempo necessário. Deste modo, tal como já foi referido, pode usar-se um equipamento “multifunções” para posicionar os elementos estruturais e uma plataforma elevatória para aplicar os acessórios. Para além do custo do aluguer dos equipamentos por dia é necessário adicionar o custo da sua mobilização e desmobilização, operação que conta com o auxílio de um veículo pesado com reboque.

O custo das garantias bancárias é calculado tendo por base a percentagem que o cliente refere ser necessária para salvaguardar depois da obra executada e o número de anos da garantia. O valor de referência é 5% do valor da obra durante 5anos. O seu custo é aproximadamente 1% do valor a garantir, adicionado do imposto de selo (0,6%) e as comissões de abertura (cerca de 50€).

Os encargos caracterizam-se por um valor estimado que contempla o espaço temporal entre o pagamento aos fornecedores e o valor recebido do cliente.

Para além destes custos é necessário referir os encargos com o estaleiro, transporte de contentores, geradores, custo de soldadores em obra, engenheiros que devem ser adicionados utilizando o princípio referido da diluição destes valores num custo por kg.

Relativamente à distribuição dos custos é possível constatar que o custo da matéria-prima representa em média 46%, aumentando consoante o comprimento do vão, a pintura tem um peso médio de 18%, tanto o fabrico como a montagem têm associado um custo aproximado de 15% do valor total e o valor do transporte representa cerca de 6%.

Pode agrupar-se a totalidade dos custos em quatro grandes grupos, tais como:

- **Custo da Matéria-Prima:** inclui perfis, chapas, elementos de revestimento, parafusos;
- **Custo de Fabrico:** associados a corte, armação, soldadura, pintura e transporte dos elementos que vão ser montados na obra;
- **Custo de Montagem:** inclui meios de elevação, custos com pessoal associado a montagem e custos do estaleiro;
- **Outros Custos:** relativo a custos de projecto, detalhe, garantia bancária, encargos e lucro. [33]

Ao longo dos anos realizaram-se alguns estudos de modo a demonstrar a variação destes custos. É necessário reter que o custo da estrutura é extremamente influenciado não só pelo tipo de perfis, como pela fábrica que os produz. A variação destes custos nos últimos anos demonstra-se na figura:

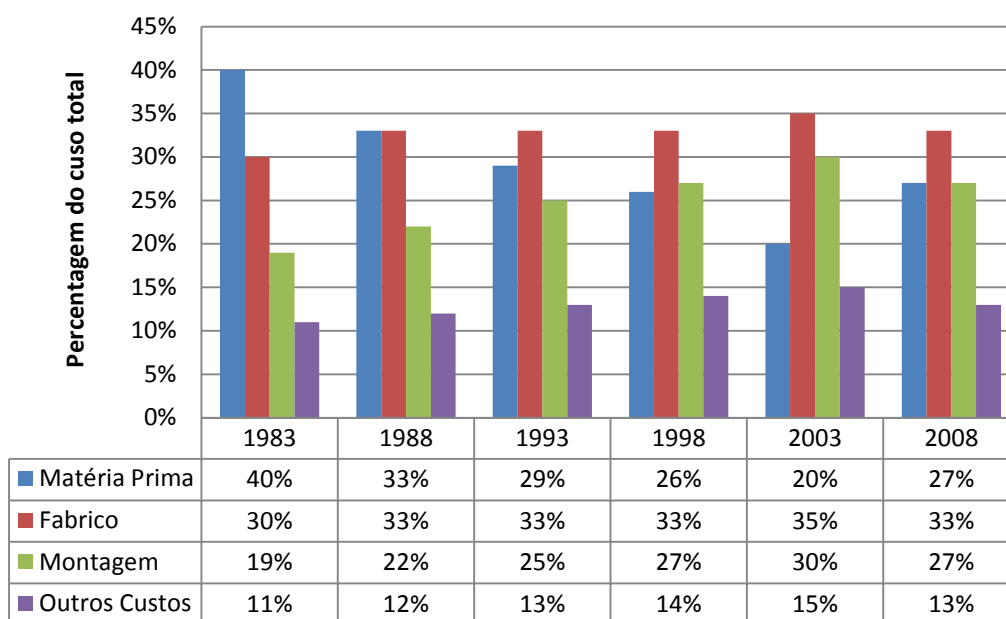


Figura 4.5 - Variação dos custos de construção metálica [63]

As conclusões que se podem tirar do gráfico são relativas ao decréscimo do custo da matéria-prima, o que se justifica pelo aumento da concorrência e eficácia na produção dos perfis e chapas. Nos últimos anos tem existido um aumento gradual no custo da matéria-prima que se justifica pelo aumento do custo da energia. Para além disso pode observar-se que o custo de fabrico tem subido ligeiramente por influência do aumento do custo por hora de transformação.

Os custos de montagem têm aumentado significativamente devido ao aumento dos níveis de segurança e à obrigatoriedade de especialização. O grupo “Outros Custos” tem aumentado devido às garantias bancárias e à necessidade de despendar mais tempo na execução de soluções integradas de projecto e detalhe. [33]

Outra característica típica dos sistemas industrializados de construção civil, em especial o LSF, é a distribuição entre os custos dos materiais que é de aproximadamente 75% e o valor da mão-de-obra avaliado em cerca de 25%, enquanto na construção tradicional estes valores tendem a ser mais equilibrados. Deste modo demonstra-se uma menor dependência de mão-de-obra neste género de soluções.

Para além destes factores, pode referir-se que existe uma diminuição dos custos directos quando se considera a geminação das habitações. Neste caso, o custo por m² pode ser reduzido significativamente. [60]

Pode compreender-se a distribuição dos custos consoante as especialidades e consoante as fases do processo de construção de modo a ser possível um controlo rigoroso sobre o preço de venda final.

4.6 Manutenção e Reutilização

Pode definir-se manutenção como a acção de acompanhamento e controle do estado de conservação e das condições de utilização, de modo a garantir que determinado bem esteja apto a ser utilizado nas condições para as quais foi projectado.

No ramo da construção ainda não é comum a elaboração de manuais de uso, conservação e manutenção dos edifícios. Existe ainda a predominância de fazer uma manutenção correctiva em vez de uma manutenção preventiva, o que afecta bastante a imagem de modernidade e fiabilidade das estruturas em aço uma vez que se descora a prevenção e apenas existe uma intervenção quando ocorre um problema estrutural com alguma relevância.

O facto de não se elaborarem manuais de utilização das habitações faz com que, por vezes, os moradores provoquem danos na própria estrutura o que pode acelerar a degradação e comprometer a sua segurança.

A manutenção não deve ser encarada apenas como uma ferramenta de resolução de problemas mas sim como um conjunto de actividades cujo objectivo é melhorar o desempenho das habitações e responder às necessidades dos seus habitantes.

A durabilidade de uma estrutura está intimamente ligada à escolha e correcta aplicação de um sistema de protecção eficiente. O projectista deve reconhecer a classe de exposição em que se localiza a obra e a partir daí escolher a solução de protecção mais adequada. Deve ainda proporcionar-se uma correcta acessibilidade de modo a facilitar as operações de inspecção e manutenção. [64]

As patologias podem ocorrer durante a fase de produção, neste caso o material deve ter a marcação de não-conforme e ser avaliado numa perspectiva de recuperação ou eliminação face ao problema detectado. Estas falhas comprometem a segurança, desempenho e durabilidade da estrutura e devem ser tratadas de modo a que todos os perfis enviados para obra estejam em conformidade com o estabelecido no projecto. A principal causa deve-se à acção humana por uso indevido, erros conceptuais, de projecto ou de montagem para além da omissão ou execução defeituosa de manutenção.

A forma mais utilizada para proteger a estrutura é a pintura que deve ser aplicada consoante a classe de exposição. O custo da tinta corresponde a cerca de 10% do custo total da operação de pintura, incluído o pré-tratamento e a aplicação.

Dependendo do estado do suporte, do esquema de pintura que se pretende aplicar, da exposição e durabilidade e das limitações económicas e ambientais, pode optar-se por diferentes tipos de preparação de superfície. Para além disso deve considerar-se se existe presença de ferrugem ou contaminantes e a forma do perfil da superfície.

Alguns dos métodos mais habituais para suportes de aço carbono com ou sem revestimento, aço galvanizado, alumínio e ligas leves são a decapagem com jacto abrasivo seco, limpeza com

ferramentas mecânicas ou manuais, decapagem com jacto de água a alta pressão (hidrodecapagem) e desengorduramento.

A norma ISO 8501 serve como método de avaliação da limpeza de superfícies e é utilizada para estabelecer esquemas de pintura. A norma divide-se em quatro partes:

- EN ISO 8501-1:2007 – Graus de oxidação e de preparação de substratos de aço não pintados e de substratos de aço depois de totalmente decapados de revestimentos anteriores.
- EN ISO 8501-2:2001 – Graus de preparação de substratos de aço previamente pintados, após a eliminação localizada de revestimentos anteriores.
- EN ISO 8501-3:2007 – Classes de preparação de soldaduras, cantos e outras zonas com imperfeições de superfície.
- EN ISO 8501-4:2006 – Condições iniciais da superfície, graus de preparação de superfície e graus de “flash rust” quando são preparadas por jacto de água a alta pressão (“high-pressure water jetting”).

A norma indica os limites inferiores de temperatura para aplicação da tinta, o tempo recomendado para aplicar a camada seguinte e a categoria de exposição ambiental a que os tipos de tinta são adequados. Deve ainda consultar-se as recomendações dos fabricantes quanto ao modo de aplicar e à utilização mais vantajosa.

Durante a montagem da estrutura deve observar-se uma série de cuidados e procedimentos de modo a evitar a degradação precoce da estrutura, tais como:

- As formas dos elementos estruturais e os métodos utilizados devem promover uma união e tratamento consequente que não promova a corrosão;
- O projecto deve ser simples e feito de modo a que os perfis metálicos não estejam imersos ou em contacto com materiais corrosivos;
- As aberturas devem ser de tamanho suficiente para garantir o acesso seguro aos operadores e equipamento;
- Devem evitar-se espaços estreitos entre elementos de modo a que seja possível a manutenção desses perfis;
- Todas as superfícies pintadas devem ser visíveis e acessíveis através de meios seguros;
- A manutenção da pintura deve ser executada rapidamente, de modo a minimizar as interferências e ser espaçada no tempo;
- O projecto deve contemplar o valor mínimo definido para o custo e do grau de dificuldade da manutenção, incluindo a montagem e desmontagem de componentes estruturais, equipamentos e limpeza.

- Caso haja estruturas colocadas em local propício a uma degradação mais célere, estas devem ser colocados em locais com elevada acessibilidade de modo a facilitar a sua eventual remoção;
- Devem evitar-se configurações de geometria que proporcionem a acumulação de água;
- Geometrias que facilitem a retenção de líquidos ou gases devem ser evitadas;
- A sobreposição de juntas permite a acumulação de sujidade e portanto tornam-se potenciais locais de ataque corrosivo, pode utilizar-se um material selante para preencher o espaço;
- Devem criar-se condições compatíveis para o contacto entre vários materiais a fim de evitar incompatibilizações entre eles, por isso deve atender-se à selecção dos materiais consoante as suas ligas e exposição climática.
- O aparafusamento deve ser feito com materiais mais nobres de modo a não ser afectado corrosivamente pelos perfis;
- A soldagem deve feita com qualidade, de modo a facilitar a pintura e a permitir a acessibilidade, por isso deve ser feita em fábrica que constitui um ambiente controlado.
- Caso seja necessário recorrer a soldagem em obra deve limpar-se convenientemente a superfície, nivelar com equipamento próprio mas sem proceder ao polimento e limpar os desperdícios;
- Devem privilegiar-se contornos arredondados por permitem a uniformidade do sistema de protecção.

Como se pode compreender, a durabilidade de uma estrutura depende bastante da protecção estrutural, tanto pela aplicação correcta da pintura metálica como pela pormenorização durante a fase de projecto e a sua execução rigorosa em fábrica e obra.

Para que a manutenção preventiva seja correctamente efectuada é necessário que se proceda a inspecções periodicamente. Estas inspecções visuais são executadas no local da obra, preenchendo-se posteriormente um relatório de vistoria de modo identificar a origem das falhas, a extensão dos danos e os riscos inerentes. De seguida é necessário elaborar um plano de intervenção e executá-lo no espaço de tempo definido.

Em relação à resolução dos problemas patológicos pode compreender-se que quanto mais cedo forem executadas as intervenções, mais duráveis, efectivas, fáceis de executar e menos dispendiosas se tornam. A relação entre os custos da manutenção e a frequência das inspecções pode estudar-se através da figura:



Figura 4.6- Relação entre custos da manutenção e frequência das inspeções [65]

Para alcançar um nível mínimo de qualidade, é necessário que a indústria da construção tenha consciência que é responsável pela qualidade dos seus produtos e pela relação com o cliente durante a utilização das estruturas projectadas e montadas.

No entanto continua a existir uma mentalidade em que a manutenção correctiva é um hábito consolidado na nossa cultura, e muitas vezes este factor deve-se à falta de instrução e respeito pelo empreendimento.

Com as ferramentas disponíveis actualmente é possível afirmar que a maioria das falhas na construção civil é evitável. É imprescindível existir um controlo rígido nas fases de projecto e montagem por parte das empresas projectistas e pelos fabricantes. O adequado acompanhamento e manutenção na fase de utilização por parte dos proprietários, com a devida assistência das empresas permite que a vida útil da estrutura seja bastante incrementada. [65]

De acordo com a APA a produção de estruturas metálicas tem vindo a registar um aumento progressivo, sendo que, em 2010 o valor é de 5839,291ton e o consumo da matéria-prima foi referenciado em 6335,332ton. Com quantidades tão elevadas de material produzido é necessário que se desenvolva em esquema de reciclagem e aproveitamento de desperdícios.

Uma proposta de gestão sustentável de resíduos deve priorizar a reciclagem ou a reutilização dos materiais. Para que o ciclo de reciclagem se estabeleça é fundamental que a empresa construtora tenha consciência do seu papel.

No sentido de tornar o aço num material mais sustentável e ecológico, as grandes siderurgias mundiais têm vindo a implementar medidas no sentido de incrementar a protecção ambiental. Os aspectos mais relevantes são a diminuição do consumo de energia e a redução da emissão de gases com efeito de estufa, nomeadamente o CO₂.

Deste modo, o IISI definiu um conjunto de indicadores de sustentabilidade que podem ser utilizados para medir o desempenho da indústria de aço a nível económico, ambiental e social. Os que

se relacionam com aspectos ambientais são: emissão de gases com efeito de estufa, eficiência dos materiais, intensidade energética, reciclagem do aço e sistemas de gestão ambiental.

Nas fábricas produtoras de aço a elevada emissão de dióxido de carbono é o factor mais preocupante, sendo a média 1,6ton de CO₂ por cada tonelada de aço produzida. Esta indústria tem a preocupação de reduzir a emissão destes gases e tornar os processos de produção mais eficientes. Desta forma, existem alguns programas cujo objectivo é o desenvolvimento de novas formas de produção com formatos mais ecológicos e a reutilização de perfis de aço.

Uma vez que o aço é um material 100% reciclável, a maioria das indústrias aproveitam a sua reutilização para produzir novos perfis. De acordo com as estatísticas do IISI, globalmente cerca de 68% de toda a produção de aço é reciclada tornando potencial lixo num novo produto de aço com elevada qualidade. A reutilização dos subprodutos do aço é uma excelente maneira de reduzir o desperdício e economizar energia, tanto na produção de aço como em outras indústrias. A eficiência destes materiais tem sido constante desde 2007 com cerca de 98% de material convertido em produtos e sub-produtos.

Como tal, pode afirmar-se que aço é um material que permite uma reciclagem completa, num número ilimitado de vezes sem que exista perda de qualidades ou das suas propriedades. Com a crescente utilização de perfis metálicos na indústria da construção obtém-se uma grande oferta de sucata que possibilita a reutilização do material. Deste modo é possível diminuir o consumo de minério de ferro na linha de produção do aço, reduzindo assim os custos e fomentando o aproveitamento energético. [66]

Como se pode verificar, a manutenção do aço implica alguns cuidados e exigências de maneira a que o material tenha um elevado período de vida útil na plenitude da sua capacidade. Deve privilegiar-se uma manutenção preventiva de modo a que os perfis se mantenham o máximo de tempo o mais próximo possível das condições em que saíram da fábrica.

A reciclagem e reaproveitamento dos perfis é bastante usual para estes materiais e possui vantagens tanto a nível económico, uma vez que é menos dispendioso utilizar materiais já utilizados, como a nível ambiental, uma vez que a energia incorporada no próprio material pode ser aproveitada.

4.7 Sistemas de Poupança de Energia

Num contexto de habitação é essencial implementar sistemas de poupança de energia que permitam obter ganho significativos com o menos investimento possível. Como tal, deve estudar-se métodos que possibilitem a autoconstrução com materiais de fácil acesso e rápida construção.

A escassez de água e o acesso a água potável é um problema que afecta milhões de pessoas em todo o mundo. A água potável deve ser reciclada e reutilizada bem como a água da chuva, que cai nas coberturas dos edifícios, deve ser recolhida em depósitos e após o devido tratamento, ser reutilizada.

A resolução desta questão deve privilegiar um sistema de aproveitamento de água, o seu tratamento e redes de abastecimento funcionais. Algumas das medidas essenciais são a incrementação de equipamentos sanitários apropriados, uma rede colectora e rede de tratamento de águas residuais e esgotos.

Em locais com recursos naturais escassos e uma população com poucas condições financeiras é necessário implementar um sistema que permita a recolha e retenção da água das chuvas, sendo essencial o seu adequado tratamento de modo a criar um método de poupança eficiente e de confiança. Pode usar-se um sistema para a recolha das águas das chuvas, que consiste numa cisterna equipada com um filtro, de modo a tornar a água potável, que recolhe e conserva água das chuvas canalizada da cobertura da habitação.

Algumas localidades possuem lençóis aquíferos subterrâneos que podem ser usados no abastecimento através de cisternas. Um recurso com elevado potencial para zonas de grande altitude é o da captação de água através da condensação de nuvens. Este sistema consiste na instalação de superfícies de redes montadas na vertical de maneira a provocar a condensação pelo impacto das nuvens. A água é recolhida por um canal montado em toda a extensão da rede e canalizada para um cisterna, após passar por um filtro.

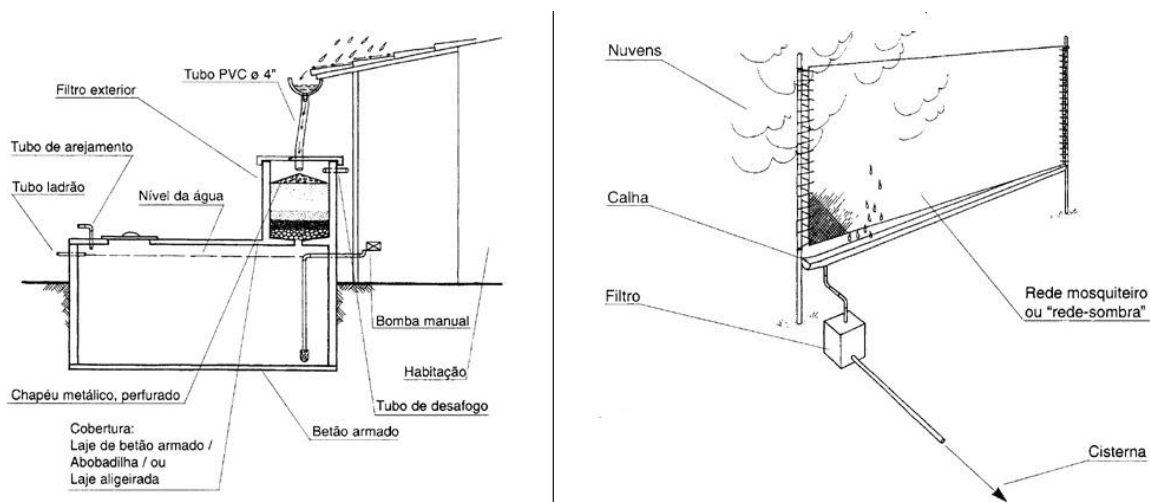


Figura 4.7 - Sistema de recolha de águas com cisterna equipada com filtro e através de redes [67]

É essencial filtrar a água de modo a eliminar as bactérias e garantir a sua potabilização. Um sistema de um filtro de areia e cascalho de construção simples num reservatório pode ser uma boa solução para habitação de custos controlados.

A ebulição é o melhor método para destruir os microorganismos patogénicos que estão presentes na água. Este método é apenas efectivo caso se ferva a água.

Existem alguns métodos químicos para o tratamento da água, sendo que o cloro é o elemento mais utilizado para a desinfecção da água. Deve filtrar-se a água previamente antes de adicionar o desinfectante químico e deixar em repouso alguns minutos antes de ser consumida.

Ao utilizar o princípio da distribuição de águas com recurso a reservatório é necessário dimensionar as tubagens de modo a que a água seja distribuída directamente por gravidade, sendo importante a utilização de uma bomba de modo a garantir um eficiente abastecimento. A recolha de águas pluviais é feita com a presença de um sistema de evacuação de águas negras.

Tendo em consideração o impacto negativo da utilização de combustíveis fósseis no meio ambiente e a crescente diminuição das reservas a nível global, é necessário tanto a promoção de energias renováveis como a racionalização do consumo energético.

O primeiro passo é desenvolver uma consciencialização a nível dos utilizadores, da importância da poupança de energia com pequenos gestos quotidianos, que não afectam o seu conforto. A utilização racional dos electrodomésticos de modo não desperdiçar energia é um dos factores essenciais para a economia energética. Pode dar-se como exemplo a utilização da máquina de lavar roupa no máximo da sua capacidade, manter a porta do frigorífico fechada, apagar as luzes dos compartimentos desocupados, seleccionar lâmpadas de baixo consumo e escolher electrodomésticos com classe de eficiência A, A+ ou A++, entre outras medidas.

Os painéis solares térmicos aproveitam a energia solar para aquecimento da água. Os custos desta tecnologia são irrisórios comparativamente ao gasto eléctrico para o aquecimento de água. Para que a poupança seja eficaz é necessário que os colectores de aquecimento solar sejam instalados na cobertura dos edifícios orientados a Sul e com 30° de inclinação. A sua instalação está dependente da localização do depósito de água fria.

O sistema com depósito para aquecimento da água pode ser feito manualmente pelos próprios utilizadores, seguindo em processo de autoconstrução com meios acessíveis. Para rentabilizar o sistema e aumentar a quantidade de água podem instalar-se vários tanques ligados entre si, em vez de apenas um. Os elementos necessários são:

- 1- Um depósito de 40 ou 60 litros pintado de preto para absorver a maior quantidade de calor;
- 2- Uma caixa isoladora pintada de branco e com tampo de vidro para isolar o ar quente;
- 3- Uma tampa isoladora e reflectora pintada de branco para melhorar a incidência do sol. À noite serve para cobrir a caixa e conservar o calor ganho durante o dia;
- 4- Um depósito de água fria.

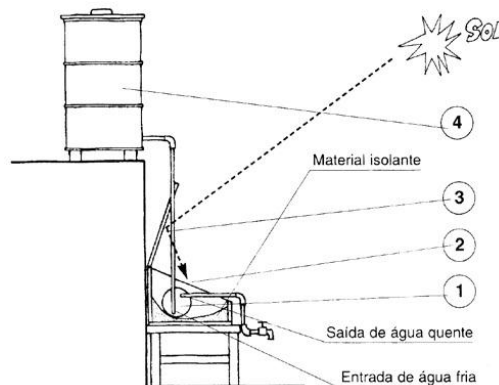


Figura 4.8 - Sistema com depósito para aquecimento de água [67]

Pode ainda usar-se um método de autoconstrução de um colector solar através de um depósito de gasolina que pode ser ligado à rede de água ou abastecido por um depósito. O colector deve estar orientado a Sul, para melhorar a captação de radiações, com cerca de 30° de inclinação e próximo do tanque de água. A tampa reflectora e isoladora deve funcionar com dobradiças e ter um dispositivo que permita tapar a caixa à distância. O fecho deve ser eficaz de modo a evitar que se perca calor durante a noite. O colector pode estar ligado à rede de água ou ser abastecido por um depósito. [67]

A energia eólica provém do vento, sendo utilizada para mover geradores e produzir energia. Pode ser considerada como uma fonte de energia inesgotável, limpa e com potencial para substituir fontes de combustíveis fósseis. Em 2009 a capacidade mundial de geração de energia através desta fonte foi de cerca de 238Gw, sendo que a tendência é este valor aumentar exponencialmente de acordo com as soluções adoptadas tanto a nível industrial como residencial.

A energia eólica pode ser aproveitada para a bombagem de água e a produção de electricidade. A energia obtida através dos geradores pode ser conectada a uma rede de distribuição e utilizada posteriormente, em alturas com ausência de vento. [68]

É possível construir um gerador de capacidade de produção até 750watts com a reciclagem de materiais. Os elementos necessários são um alternador de automóvel, desperdícios de madeira ou fibra de vidro para fazer as pás e tubos.

No processo de produção de energia eólica, a energia é fornecida pelo aeródinamo (alternador) e acumulada em baterias a partir das quais se faz a distribuição. Entre o alternador e as baterias é necessário instalar um regulador de tensão e um disjuntor para evitar picos de energia. Portanto são necessárias baterias de reserva que guardam uma elevada quantidade de energia para os dias em que não se regista a produção suficiente para o consumo dos habitantes.

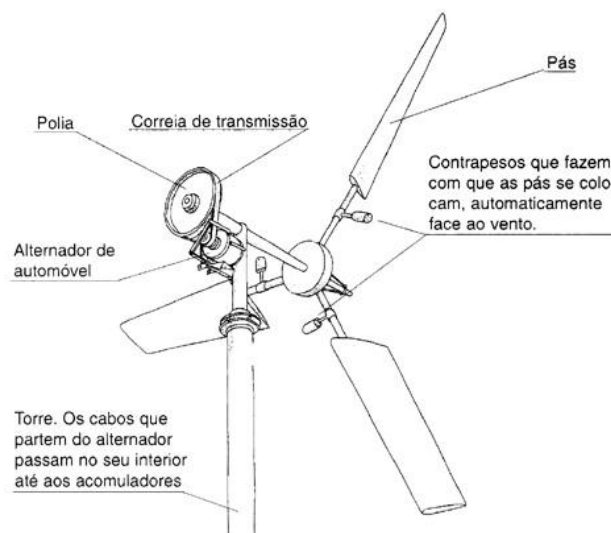


Figura 4.9 - Elementos para a autoconstrução de um aerogerador [67]

A energia fotovoltaica consiste na conversão de radiação solar em energia eléctrica, utilizando células solares. A tecnologia fotovoltaica permite que uma habitação seja auto-suficiente em termos de

produção de energia eléctrica. Os painéis são colocados na cobertura do edifício ou nas fachadas, mas também existem telhas com células fotovoltaicas incorporadas. Os painéis contribuem para uma imagem moderna do edifício.

Este sistema funciona com base no painel solar, um regulador de tensão, um disjuntor, a bateria que permite a acumulação de energia, um conversor para 220v e por fim, a ligação à lâmpada.

Outra forma de produzir energia é através de gases tóxicos, como por exemplo o metano, que podem ser aproveitados através da eliminação da sua toxicidade. Este gás resulta da fermentação anaeróbica de resíduos orgânicos, com ausência de oxigénio, para provocar o apodrecimento de matéria orgânica. O biogás não é tóxico e as lamas resultantes do processo de produção podem ser utilizadas como adubo.

Existem alguns métodos simples para a construção de uma pequena unidade de produção de biogás, podendo utilizar-se apenas um tanque, utilizado para a fermentação e recolha de gás. Os sistemas mais elaborados usam dois tanques, um para o digestor e outro para a recolha de gás. Em ambos os casos, os disjuntores quando não são subterrâneos exigem um isolamento térmico, de modo a que a temperatura dos resíduos no seu interior seja constante em 35°C. Os resíduos devem ser misturados com água, antes de serem vazados para o tanque. A mistura pode ter 50% de água e 50% de resíduos. [67]

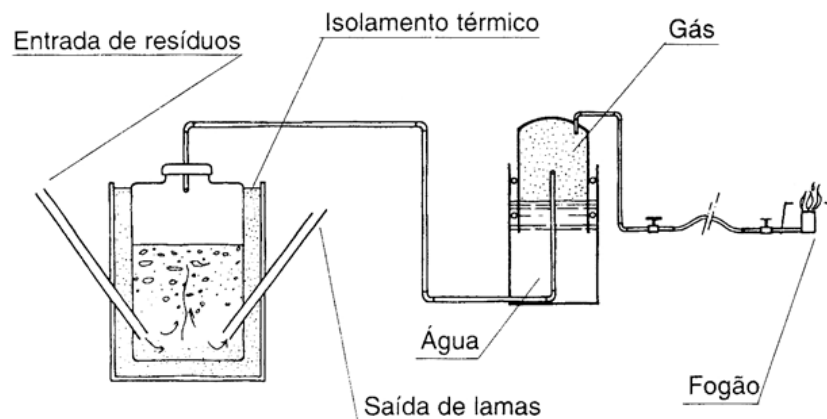


Figura 4.10 - Elementos para a construção de unidade de produção de biogás [67]

Como se pode verificar existem diversos métodos de poupança e aproveitamento de energia que possibilitam uma economia financeira e uma redução do impacto ambiental. Estes métodos são bastante vantajosos quando integrados com a construção em LSF e dentro do contexto de habitação social.

4.8 Síntese

Após a conclusão do presente capítulo é possível compreender que existem diversos sistemas de construção modular. As estruturas são pré-fabricados e montadas posteriormente na obra, podendo ser utilizadas em diversos edifícios independentemente do seu grau de complexidade.

Na construção modular, a produção de elementos estruturais em série é bastante vantajosa devido ao seu controlo num ambiente fechado. Os contentores de transporte devem ser preparados com todo o equipamento de montagem necessário à implantação da habitação no local da obra.

Relativamente à articulação com as exigências da habitação social, a construção modular revela vantagens uma vez que possibilita a adaptação da quantidade de módulos e da sua disposição bem como uma rapidez, economia e facilidade de manutenção excepcionais.

Por este sistema podem executar-se diversas tipologias quer em termos de habitação unifamiliar como em conjuntos residenciais com alguns pisos. Como tal, o planeamento da obra depende da facilidade em executar a fundação, número total de unidades pretendido, tipos de perfis empregues, ligação entre eles, entre outros.

Relativamente à distribuição dos custos é possível constatar que o custo da matéria-prima representa em média 46%, seguido da pintura que tem um peso médio de 18%. O fabrico e a montagem representam, cada um, o custo aproximado de 15% e o valor do transporte é determinado em cerca de 6%. Para além disso é possível afirmar que, no sistema LSF, os materiais representam um custo de aproximadamente 75% sendo o valor da mão-de-obra avaliado em cerca de 25%.

A durabilidade da estrutura relaciona-se com a escolha e correcta aplicação de um sistema de protecção eficiente. Para tal, é essencial reconhecer a classe de exposição em que se localiza a obra e a de modo a escolher a solução de protecção mais adequada. Deve ainda prever-se modos de acessibilidade para facilitar operações de inspecção e manutenção.

A produção de estruturas metálicas tem vindo a registar um aumento significativo e portanto é importante desenvolver esquemas de reciclagem e aproveitamento de desperdícios. O aspecto mais relevante prende-se com a diminuição do consumo de energia e a redução da emissão CO₂.

Para além disso deve fomentar-se sistemas de aproveitamento energético através da recolha das águas das chuvas de modo a conservar e utilizar esta água e canaliza-la da cobertura para a habitação. Um recurso com elevado potencial para zonas de grande altitude é o da captação de água através da condensação de nuvens, sendo essencial filtrar a água de modo a eliminar as bactérias.

Podem usar-se painéis solares térmicos para aproveitar a energia solar para aquecimento da água. A energia eólica pode ser aproveitada para a bombagem de água e a produção de electricidade, sendo possível a sua retenção para utilizar em alturas com ausência de vento.

Como se pode compreender a interacção entre a construção de habitação social pelo sistema LSF permite melhorar significativamente a qualidade de vida dos moradores, sendo necessário alguns cuidados de manutenção e possibilita o aproveitamento de energia de um modo rápido e económico.

5 CASO DE ESTUDO

Todo o modelo teórico carece de uma aplicação prática e como tal é necessário o estudo de um caso prático que permita a adequação do sistema à realidade.

Pretende-se estudar o projecto de arquitectura tendo em consideração as condicionantes a nível do terreno, plano director municipal, infra-estruturas existentes e facilidade de aprovação de crédito junto a instituições bancárias. Os procedimentos relativos à construção estão direccionados para o estudo dos materiais utilizados e as suas características, o método construtivo utilizado e a fiscalização. A utilização projectada é importante para a definição da vida útil da estrutura e a interacção com os moradores, enquanto a manutenção permite a definição de um plano de acções preventivas e correctivas, caso seja necessário.

Em relação à obra é necessário o estudo do aprovisionamento, direccionado para a interacção com a fábrica, procedimentos de transporte e montagem. A mão-de-obra especializada é definida pelas profissões habilitadas à construção em aço leve e por acções de formação periódicas. Deve planear-se o tempo de execução e estudar os factores que podem influenciar o seu cumprimento.

Relativamente aos custos, pretende-se estudar o valor do montante estimado e a comparação com o que é efectivamente utilizada aquando a entrega da obra.

O factor sustentabilidade é considerado estudando o comportamento térmico e acústico bem como a ventilação e o sombreamento de acordo com a legislação em vigor e os parâmetros definidos.

A durabilidade da estrutura pode ser comprovada através do estudo da sua utilização ao inquirir um morador sobre a satisfação relativa ao sistema e os seus hábitos de interacção com a habitação. A manutenção ao longo da vida útil considera a possibilidade de problemas estruturais e a prevenção e correcção de patologias.

Relativamente à desconstrução, pode estimar-se os procedimentos necessários, custos da operação e a possibilidade de reutilização dos materiais.

Por fim, pretende comparar-se este sistema com as soluções correntes de modo a perceber as vantagens inerentes ao aço leve e as suas principais características. Deste modo é perceptível a relação entre a construção com recurso a LSF e as possibilidades inerentes à habitação de carácter social.

Na selecção de uma aplicação prática, não foi possível analisar uma habitação de carácter social que possuía estrutura em aço leve uma vez que o sistema em estudo é recente e nunca foi aplicado em Portugal para construção deste género de habitação.

No entanto, a partir do caso de estudo de uma moradia em LSF é possível identificar os factores mais relevantes e estudar a possibilidade de melhorias e mudanças. O projecto estudado é referente a uma moradia unifamiliar situada na Rua 1º de Maio, lote 5 em Pinhal da Areia que pertence à cidade da Moita. A moradia tem uma área bruta de 128m² distribuída por dois pisos e garagem com 24m². Esta moradia foi construída com recurso ao sistema LSF em 2005. [69]

5.1 Projecto

O projecto de um edifício em LSF não tem de ser desenhado especificamente para este sistema construtivo. É comum que a maioria dos projectos sejam iniciados com a solução tradicional em mente e mais tarde, possam ser alterados para a execução em aço leve. Por vezes o cliente entre em contacto com o gabinete de arquitectura sem ter um projecto completamente definido, sendo então encaminhado para profissionais competentes que permitem a melhor adequação ao sistema construtivo.

O projecto de engenharia deve ser feito especificamente para o sistema em causa uma vez que inclui o cálculo de estabilidade da estrutura metálica, fundações, caves e muros de suporte em betão armado. Para além disso, é necessário integrar o projecto de arquitectura com o de águas, electricidade, esgotos e gás.

No sistema LSF não existem limitações em termos de adequação com o tipo de solo, classe de exposição, edifícios adjacentes e estruturas executadas noutro método construtivo e, que por alguma razão, seja necessário a intervenção do sistema em aço leve.

O projecto da moradia em Pinhal de Areia pela empresa *Globalaço* integra-se no caso em que uma construção metálica pode ser executada entre outras com estruturas mais convencionais.

Esta moradia é constituída por dois pisos, com uma área bruta de 64m² em cada um. O primeiro piso é constituído por uma sala comum, cozinha despensa, instalação sanitária, hall e um quarto. A garagem tem 24m² e encontra-se adjacente à moradia. O segundo piso, com a mesma área bruta é constituído por instalação sanitária, escritório, três quartos de áreas distintas e hall. Para além disso existem duas varandas com uma área total de 18,14m². [70]

É essencial definir o caderno de encargos com todos os procedimentos necessários em cada fase da construção e devidos responsáveis, bem como os materiais utilizados e o tempo necessário para o término da obra. Tal definição depende das condicionantes do local, procedimentos de construção, utilização e manutenção da habitação.

5.1.1 Condicionantes

Tal como referido, a habitação localiza-se na Rua 1º de Maio na cidade da Moita e, de acordo com o PDM que entrou em vigor a 27 de Maio de 2010 está num terreno identificado como solo urbano, na categoria de solos urbanizados, espaços habitacionais existentes, constituindo o seu todo os perímetros urbanos delimitados na planta geral de ordenamento. De acordo com o Plano Director Municipal da Moita, os solos urbanizados integram os terrenos dos aglomerados urbanos que constituem o sistema urbano do concelho definido no modelo territorial e estabelecem a continuidade do tecido urbano, sendo que a moradia em causa está localizada em terreno abrangido por alvarás de loteamento em vigor.

A classe de exposição não é um factor demasiado relevante quando se constrói com aço leve uma vez que este material tem protecção contra a corrosão e os revestimentos aplicados são adequados ao local. O betão é utilizado apenas na execução da fundação e portanto é necessário classificar a severidade da exposição em relação à durabilidade do betão, de acordo com a norma NP ENV 206. Uma vez que a moradia se localiza num ambiente sem risco de corrosão ou ataque a classe mínima de resistência é C12/15.

No caso do OSB, este pode expandir ou contrair ligeiramente quando exposto a condições ambientais extremas. O OSB utilizado na obra possui cerca de 6% de humidade para minimizar os efeitos de mudanças excessivas no teor de humidade. Relativamente à classe de risco deste material, de acordo com a norma EN 335-1 pode concluir-se que, uma vez que o elemento está revestido e protegido das intempéries e não exposto à humidade, pode ser considerado de classe de risco 1. Tal classificação remete para um conteúdo de humidade inferior a 20%, usualmente originada por condições atmosféricas equivalentes a 20°C e 65% de humidade relativa.

A influência da zona climática na fachada ETICS depende da localização geográfica. O concelho da Moita classifica-se na zona I1-V2, em que a influência marítima suaviza o clima. O número de graus-dias de aquecimento nesta região é de 1130. No Verão, devido à preponderância da influência estabilizadora marítima verificam-se menores amplitudes térmicas diárias. O período de tempo em que ocorrem condensações é reduzido.

A questão da aprovação crédito não constitui problema porque a habitação não é desmontável nem transportável. O esqueleto do edifício possui milhares de ligações aparafusadas e a sua demolição traduz-se num processo tão complexo quanto na construção tradicional. A moradia em LSF é considerada imóvel e assim deve ser classificada pelos serviços municipais ou pelas instituições bancárias.

5.1.2 Procedimentos

Existem alguns procedimentos que são necessários atender quando se constrói em aço leve. Estes podem ser classificados de acordo com o processo construtivo remetendo para os materiais utilizado, a sua correcta aplicação e fiscalização. Relativamente à utilização é necessário o estudo da vida útil de cada material, os cuidados a ter na sua colocação e interacção entre camadas. A manutenção pode ser planeada de modo a prevenir patologias durante a fase de construção que possam desencadear acções correctivas ao longo da vida da habitação.

5.1.2.1 Construção

A construção da moradia em análise no caso de estudo dividiu-se em várias fases, de acordo com as condições técnicas especiais definidas pelo projecto para a obra.

Relativamente às escavações e aterros pode destacar-se as características dos materiais a escavar, nomeadamente na parte relativa à geologia do local de trabalhos. É necessário proceder à

eficiente drenagem do local, limpeza e desmatização, remoção dos produtos sobrantes das escavações e executar correctamente entivações e escoramentos.

Uma vez que o terreno é constituído por terra e rocha solta de fácil remoção, a escavação é feita recorrendo apenas a uma retroescavadora de modo a modelar o terreno de acordo com as cotas de projecto. A execução dos aterros só pode ser iniciada após a Fiscalização ter procedido à inspecção e aprovação dos materiais de aterro e todos os trabalhos referentes a esta fase. O enchimento é executado em camadas horizontais de espessura uniforme inferior a 0,20m bem compactadas, depois de regularizadas e conduzidas ao teor de humidade adequado de modo a obter a compactação relativa especificada. É da responsabilidade do Empreiteiro a execução correcta destes trabalhos.

As fundações utilizam um betão magro de 150Kg de cimento por m³, aplicado na base das sapatas de betão armado, com 0,05m de espessura para protecção e garantir que as armaduras ficam bem isoladas da humidade do terreno. Deve ser executado com gravilha de 1 a 1,5 cm, devido à espessura diminuta que se dispõe no local. As sapatas e vigas de fundação são executadas com aço A400 NR e betão C20/25. Durante o decurso da obra são realizados ensaios de controlo da qualidade do betão com a periodicidade definida pela Fiscalização.

O massame de betão com malhasol sobre o enrocamento tem 0,20m de altura na zona do anexo e 0,10m na zona dos passeios exteriores. O trabalho começa com a abertura e compactação da caixa, colocação de uma camada de enrocamento de pedra que deve perfazer a espessura de 0,15m, sob a qual se coloca uma manta de poliestireno. A armadura de Ø8/0.15 deve ser colocada na face inferior e superior do massame de acordo com as indicações do projecto. A laje de fundo deve ser betonada com o betão indicado e colocadas as armaduras. O poliestireno expandido é fornecido em placas com a espessura de 20 mm e a sua fixação à superfície é feita por colagem.

A betonilha de regularização é constituída essencialmente por argamassa de cimento e areia com aditivos endurecedores, hidrófugos, incorporada com gravilha com uma relação de 1:3.

O material que constitui a estrutura metálica são elementos moldados a frio a partir de chapa de aço galvanizado, sendo usado na constituição de paredes, piso, laje da cobertura e respectivas asnas. Os parafusos usados na montagem da estrutura devem cumprir a ISO 3269:1998, ter resistências conhecidas e documentadas bem como as características exigidas no projecto de execução.

Relativamente à execução, as paredes são constituídas por perfis metálicos em aço galvanizado com afastamento de 60cm entre si e aparafusadas a dois canais do mesmo material na base e topo. As paredes são montadas na horizontal, elevando-se depois de concluídas sendo ancoradas à fundação através de buchas metálicas expansivas HSA-K M12x150 afastadas entre si a uma distância máxima de 1,20m conforme indicado no projecto.

As placas estruturais OSB utilizadas na obra são de grau F2. As placas devem ser fixas com os bordos compridos em ângulos de 90° aos suportes e com a alternância das juntas dos bordos curtos. Consoante a sua aplicação devem respeitar-se alguns parâmetros definidos em projecto, tal como a espessura, dimensões máximas, pontos de pregação e o peso.

Quadro 5.1 - Dimensões e pontos de pregação das placas de OSB

	Pavimentos		Tectos Horizontais		Tectos Inclinaados	Forro Exterior/ Interior
Espessura (mm)	15	18	11	18	11	11
Dimensões Max (mm)	450	600	400		600	610
Ponto pregação (bordo) (mm)	300	300	150	150	150	150
Ponto pregação (intermediário) (mm)	300	300	300	300	300	300
Peso (Kg/m ²)	9,6	11,7	7,3	11,7	3,5	3,5

Na cobertura e paredes exteriores usam-se placas de OSB 4 com 2400x1200x11 mm sobre estrutura metálica. Para os pavimentos as dimensões mantêm-se excepto a espessura que é de 18 mm.

As placas de gesso cartonado utilizadas são do tipo BA15 e WA15 para interiores com espessura de 15mm, fabricadas de acordo com a UNE – 102.023 com o documento comprovativo da sua origem verificado pela Fiscalização. Nos locais onde possa existir humidade, como a cozinha e instalações sanitárias deve aplicar-se gesso cartonado hidrófugo. As placas utilizadas para tectos suspensos são do tipo BA13 para interiores com 13mm de espessura.

Aquando a colocação das placas, as fachadas e coberturas devem estar totalmente terminadas e impermeabilizadas, assim como as caixilharias exteriores. As caixas das persianas devem estar colocadas. Todas as tubagens ascendentes e canalizações devem estar na sua posição definitiva bem como os ramais de alimentação de pontos de luz e material sanitário instalado nos seus percursos horizontais e a aguardar o seu respectivo ponto de aplicação. É necessário coordenação entre os trabalhos especializados de modo a que não se verifiquem interferências entre as diversas tarefas.

A impermeabilização com tela asfáltica é feita com tela do tipo “Texself 1,5” da TEXSA aplicada nos canais estruturais que ancoram à laje do piso térreo, bem como nos beirados, guarda-fogos e platibandas.

A impermeabilização com borracha acrílica é executada recorrendo a uma dispersão aquosa baseada em resinas acrílicas puras, isenta de plastificantes e alquifenóis etoxilados, tipo “Seltex” da MONUQUÍMICA e aplica-se nos terraços e varandas do 1º andar.

Relativamente ao isolamento térmico e acústico, usa-se poliestireno extrudido tipo ROOFMATE SL com espessura de 30mm e lã mineral em painel semirígido com 30Kg/m³ e espessura 40mm ou 60mm. Os isolamentos são aplicados em conformidade com as peças desenhadas e em todos os locais assinalados no projecto de execução, tais como:

- **Cobertura:** XPS do tipo ROOFMATE SL colocado sobre as placas de OSB, sem necessidade de material de união;
- **Paredes Exteriores:** lã mineral em painel duplo rígido com 30kg/m³, espessura 120mm colocado no interior destas paredes;
- **Paredes Interiores:** lã mineral em painel duplo rígido com 30kg/m³, espessura 80mm colocado no interior destas paredes;

- **Tectos Interiores:** lã mineral em painel rígido com 30kg/m^3 , espessura 60mm colocado entre as vigas metálicas.

As telhas cerâmicas de aba e canudo usadas na cobertura são do tipo Lusa e devem respeitar as normas de apreciação qualitativa para este género de material. Para garantir a ventilação as telhas devem ter densidade mínima de 3 por cada 10 m^2 , em função da permeabilidade ao ar do telhado resultante do tipo de encaixe da telha aplicada. Para vertentes inferiores a 10 m^2 , devem colocar-se igualmente três telhas de ventilação, duas na parte inferior e uma na parte superior.

O Revestimento exterior das paredes é feito com a aplicação do sistema de isolamento térmico “CAPPOTTO” da Viero. O material necessário para a montagem desse sistema é:

- Perfis de arranque em forma de U em alumínio perfurado;
- Placas de poliestireno expandido com densidade 20Kg/m^3 ;
- Massa para colagem ADESAM CPS-B;
- Rede de fibra de vidro RETE 150 K8;
- Primário de base para garantir a aderência do acabamento final VIEROQUARTZ;
- Acabamento a VISOLPLAST.

A aplicação é feita segundo os procedimentos recomendados pelo fabricante.

Os revestimentos em azulejo são aplicados nas paredes da cozinha e tecto das instalações sanitárias. O assentamento só é iniciado quando todas as tubagens estão terminadas ou quaisquer trabalhos que possam interferir com este processo. Deve usar-se uma pasta adesiva de alta prestação, tipo “Fermax 2” da WEBER e seguir as recomendações técnicas do fabricante.

Os mosaicos de pedra e outros mosaicos cerâmicos são assentes conforme indicações especiais do projecto, nomeadamente pelo desenho de pavimentos nele contido ou do plano submetido previamente à Fiscalização.

Relativamente às madeiras, as peças são cuidadosamente executadas, segundo as indicações técnicas. As ligações das peças são feitas por intermédio de sambladuras, bem embebidas e travadas em todos os sentidos. São usadas na colocação de portas e rodapés.

Todas as serralharias são executadas de forma a garantir a necessária rigidez dos conjuntos e o funcionamento das partes móveis. As superfícies de aço macio devem ser limpas a jacto abrasivo, metalizadas a zinco e pintadas de acordo com a especificação que lhes corresponde nos mapas de quantidades e mapa de vãos a que se referem.

As pinturas são executadas de acordo com as condições técnicas e as especificações respeitantes ao tipo de pintura a executar. A superfície a pintar deve estar limpa e sem humidade. A segunda demão só deve ser aplicada após a secagem da primeira. A aplicação deve ser feita de modo uniforme e procurar-se um acabamento homogéneo. A espessura final a obter para o conjunto de todas as camadas de tinta aplicadas sobre cada superfície é definida conforme o sistema de pintura a utilizar.

A rede de esgotos do edifício é executada de acordo com os respectivos desenhos e traçados do projecto e de acordo com a legislação aplicável em rigor. A tubagem deve ser os diâmetros indicados no projecto com o material PVC rígido, de fabrico homologado pelo LNEC com uma espessura de paredes para a classe nominal de 4Kg/cm^2 , sendo as juntas de vedação em anéis de borracha flexível, à base de neoprene. A tubagem está embebida nas paredes e pavimentos e antes do fechamento das tubagens, estas devem ser submetidas à aprovação da Fiscalização.

Relativamente à instalação da rede predial de águas, o contador é colocado no limite da propriedade, junto à zona de entrada contígua com a via pública, sendo instalada dentro de uma caixa com as dimensões necessárias. As canalizações das redes de água fria e quente passam no interior das paredes entre as placas de revestimento da estrutura metálica e atravessam os perfis através de orifícios pré-existentes, respeitando o que está regulamentado na lei quanto a afastamentos e cruzamentos com outras instalações. Os materiais utilizados cumprem as características regulamentares e satisfazem as normas aprovadas em vigor. Os aparelhos sanitários a colocar são indicados no projecto, da ROCA.

A montagem das instalações eléctricas e telefónicas deve ser executada de acordo com as normas e regulamentos em vigor e dentro das boas regras de modo a que, após concluídas sejam adequadas aos fins pretendidos. Antes de iniciar a montagem, o empreiteiro procede à implantação e demarcação das aparelhagens, quadros e restantes trabalhos que deve ser verificado e aprovado pela Fiscalização caso esteja conforme o projecto.

Os muros exteriores são executados em alvenarias de blocos de betão que são assentes sobre uma argamassa de cimento e areia ao traço 1:5, estendida em camadas espessas e com os blocos dispostos segundo os comprimentos mas sempre com as juntas desencontradas de modo a conseguir-se um bom travamento. Nas alvenarias emergentes ao solo deve aplicar-se uma camada de impermeabilização entre a primeira fiada e a parte superior da alvenaria. A camada de impermeabilização é constituída por argamassa de cimento e areia ao traço 1:4 com a adição de uma substância impermeabilizante do tipo “Febproof” aplicada conforme indicações do fornecedor.

A Fiscalização tem o direito de proceder a qualquer altura a quaisquer testes de controlo de qualidade, dimensão, entre outros. [71]

5.1.2.2 Utilização

Existem alguns factores que influenciam o tipo de utilização que um edifício pode ter, nomeadamente a vida útil para o qual é dimensionado, os cuidados necessários de modo a garantir a máxima durabilidade e fiabilidade da estrutura bem como os procedimentos que favorecem uma boa utilização dos materiais de construção aquando a fase de projecto.

A utilização do edifício em causa é do tipo habitacional, portanto é necessário que este seja projectado de forma a garantir um adequado período de vida útil. Este período corresponde ao tempo durante o qual as construções respondem às exigências de funcionamento para as quais foram construídas e, no caso do edifício em estudo são 50 anos.

Relativamente aos materiais utilizados na construção da moradia são necessários alguns cuidados para a aplicação do poliestireno expandido. Sobre as superfícies já executadas, que se devem encontrar limpas, sem rebarbas significativas, são colocadas as placas de EPS. Durante as operações de colocação de armadura e betonagem deverá ter-se extremo cuidado, por forma a não deteriorar as placas e, assim garantir a independência entre os elementos estruturais.

A betonilha deve ser executada por camadas sucessivas, que são fortemente apertadas e comprimidas. As camadas sucessivas são aplicadas antes das precedentes terem terminado a presa e intercaladas com armaduras de elasticidade. A composição da betonilha deve garantir o máximo de compacidade, portanto, à argamassa de cimento e areia que constitui fundamentalmente a betonilha, são agregados aditivos endurecedores, hidrófugos e incorporada gravilha caso se destine a superfície de desgaste.

É necessário manter as betonilhas húmidas nos primeiros 10 dias subsequentes à sua execução. O acabamento das superfícies deve apresentar-se desempenado e de aspecto uniforme com uma tolerância de 3mm de flecha, observada com uma régua de 2 metros de comprimento colocada em qualquer direcção. Salvo indicações especiais, devem ser consideradas juntas de 3 em 3 metros com largura não inferior a 5mm. Quando a betonilha se destinar ao assentamento do mosaico cerâmico e liso ou mosaicos vinílicos o acabamento da superfície é rugoso.

Relativamente às placas de OSB é necessário atender a alguns aspectos no seu armazenamento. As placas devem ser armazenadas num espaço interior bem ventilado e seco, piso plano e empilhadas sobre suficientes apoios ou calços para impedir o empenamento das placas. É essencial manobrar as placas com especial cuidado para evitar danos nos seus bordos.

Aquando a sua aplicação deve-se atender-se à possibilidade de expansão e, para tal, é importante deixar um espaço de 3mm entre os bordos. As placas Macho e Fêmea do OSB já incluem espaço nas juntas para expansão. Para painéis com cantos quadrados ou de tipo Macho e Fêmea deve manter-se um espaço de dilatação no perímetro de pelo menos 10 mm ou um de 15 mm por metro quadrado na ligação dos painéis.

O aparafusamento dos painéis de OSB, utilizados em lajes, é executado sobre o suporte de madeira, em que o comprimento do parafuso deve ser 2,5 vezes superior à espessura do painel. É necessário abrir um furo no painel de diâmetro igual ao diâmetro total do parafuso, de forma a permitir uma boa fixação deste ao suporte. São utilizados parafusos autoroscantes com comprimento suficiente para que a zona roscada ultrapasse em cerca de 5 mm a face inferior do suporte, sendo necessário prever uma distância igual a 3 vezes o diâmetro do parafuso (mínimo de 10 mm) entre o eixo de fixação e o bordo do painel.

Consoante o tipo de revestimento a aplicar sobre a placa de OSB, assim varia o procedimento de aplicação. No caso da tijoleira cerâmica, a superfície de assentamento deve estar desempenada e talochada, de modo a dispensar a aplicação de camadas adicionais de regularização. O assentamento é

feito por intermédio de uma camada de cimento e areia ao traço 1:3, com espessura de cerca de 1 cm, sobre a qual se devem dispor as peças antes que se dê a presa da argamassa.

O tardo dos mosaicos deve ser convenientemente limpo de poeiras, gorduras e outras substâncias cuja presença pode ser prejudicial. Para evitar perda de aderência resultante da presença de bolsas de ar entre o tardo das peças e a argamassa, devem aquelas ser batidas nas suas posições, mas sem se deteriorarem e o excesso de argamassa que reflui através das juntas, deve ser retirado. Após o fechamento das juntas aplica-se um oleorepelente do tipo Hydrep.

No caso do pavimento flutuante estratificado, pode nivelar-se a base com um painel de aglomerado. Deve aparafusar-se o painel à base, com parafusos de cabeça perdida e estes devem ficar a uma distância de 10 a 15 cm do bordo do painel. Em cima dessa base intermédia deve colocar-se uma camada isoladora para parquet, nomeadamente um tapete de 3 mm. Para a colocação das régulas de parquet usa-se uma cola de madeira resistente à água. É necessário aguardar um período de 12 horas antes de caminhar sobre o pavimento.

No caso das paredes exteriores, o sistema “CAPPOTTO” é aplicado começando pela colocação de perfis de arranque na base do sistema com a largura correspondente à espessura das placas de EPS. De seguida aplicam-se tiras de rede com massa de barramento constituída por uma mistura de igual quantidade de ADESAN CPS-B e cimento Portland para a posterior colocação das placas de poliestireno. Deve preencher-se todos os vazios entre as placas com pedaços de poliestireno.

Seguidamente é necessário lixar toda a superfície de modo a uniformizar a fachada e eliminar desnível entre as placas. As arestas são definidas com a colocação de cantoneiras de ângulo em alumínio perfurado, coladas com massa de barramento.

Deve aplicar-se a rede em fibra de vidro em toda a fachada com a massa de barramento, com sobreposição entre tiras de cerca de 10 mm e recobrir tudo com uma segunda demão, muito fina, areada com cerca de 25% de areia fina, apenas para regularizar a superfície. É necessário lixar o suporte afim de retirar possíveis excessos de massa e assim criar a uniformização definitiva para o acabamento.

Por fim, aplica-se o primário de base VIEROQUARTZ á cor aproximada do acabamento final, diluída com cerca de 25% de água em toda a área e de seguida coloca-se o revestimento final do tipo VISOPLAST com textura própria, à talocha.

O assentamento das placas de gesso cartonado é feito após a correcta marcação da posição das guias, colocando-se de seguida os perfis metálicos, que são fixos com espaçamento de 60 cm, sendo que nas aberturas de vãos de portas deve ser feita uma fixação em cada extremidade. De seguida colocam-se os perfis verticais, obedecendo às recomendações para fixação dos guias, bem como os perfis fixos à laje superior e colocam-se os montantes nas guias, sendo o seu afastamento entre 40 a 60 cm. A preparação da abertura de portas é feita na parte superior da porta, onde deve ser colocada uma guia de aproximadamente 20 cm a mais de cada lado, que é dobrada, remontada e fixada sobre os montantes laterais. Nas aberturas das portas deve ser feito um reforço, utilizando montantes duplos.

As placas de gesso cartonado são instaladas verticalmente, com altura do pé direito menos 1 cm, que deve ser deixado como folga no piso. As chapas são fixadas na estrutura recorrendo a parafusos próprios para esse fim. Nas aberturas de vãos de portas, as chapas devem ultrapassar a abertura e são depois cortadas. O tratamento das juntas é feito com uma massa própria e de seguida coloca-se uma fita de papel microperfurado sobre o eixo da junta. As restantes demãos de massa são aplicadas com auxílio a uma desempenadeira, de modo a resultar num acabamento uniforme.

Relativamente aos tectos, procede-se da mesma forma à marcação das guias e à sua fixação, de seguida colocam-se os suportes niveladores e encaixam-se os perfis no suporte. As chapas de gesso cartonado são fixadas através de parafusos e o tratamento das juntas faz-se do modo previamente indicado para as paredes.

É necessário alguns cuidados na utilização das placas de lã mineral e, como tal, deve usar-se sempre luvas e máscara. Estas placas são colocadas no interior dos perfis metálicos e caso a espessura da lã seja menor que a espessura do perfil, devem utilizar-se ganchos ou massa para a sua fixação.

As placas de poliestireno expandido são aplicadas após a limpeza do suporte existente, de seguida aplica-se a camada de cola e fixam-se as placas de poliestireno expandido. Consoante o local de aplicação do EPS, existem diferentes princípios que devem ser seguidos de modo a assegurar todo o potencial do material.

A vida útil de cada material depende bastante do seu correcto método de armazenamento e aplicação em obra. Os materiais devem ser utilizados consoante a indicação dos fabricantes, portanto, deste modo, é possível garantir a sua fiabilidade e durabilidade. [71]

5.1.2.3 Manutenção

Relativamente à manutenção, esta solução construtiva requer a uma série de cuidados indicados pelo fornecedor do sistema onde surge um plano de manutenção que cada material necessita de modo a garantir um desempenho o máximo para o qual foi projectado.

De modo a que cada material atinja o nível de vida útil adequado é essencial que se executem alguns procedimentos, especialmente nos materiais que ficam expostos às condições ambientais ou sejam alvo de elevada interacção com os moradores.

No interior é necessário uma boa manutenção ao nível dos pavimentos flutuantes. A limpeza deve ser feita usando um pano húmido, mas não demasiado molhado, uma vez que o excesso de humidade provoca deterioração no pavimento. É aconselhável aspirar regularmente com uma escova para que a areia e outra sujidade não danifiquem a camada de verniz. Deve usar-se um tapete anti-derrapante nas portas e colocar sempre calços de feltro por baixo dos móveis. Se ao fim de algum tempo forem visíveis alguns sinais de desgaste, pode-se afagar ligeiramente o parquet e aplicar um verniz que protege a madeira contra a penetração da humidade e da sujidade.

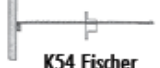
Caso seja necessário proceder a uma reparação de emergência neste pavimento pode fazer-se um corte com uma serra circular, com a profundidade do corte bem regulada no meio da régua

danificada. É possível partir e remover essa parte com a mão. Depois de remover a lingueta da régua pode aplicar-se o kit de montagem no lado inferior da nova régua e ajustá-la ao seu lugar.

Quanto á tijoleira, os cuidados são bastante similares. É necessário manter as superfícies limpas e evitar a queda de objectos que provoque o desgaste ou quebra do material. De modo a prolongar o brilho deve-se diluir cera líquida de acabamento em água e passar com pano ou esfregona sobre o pavimento. Deixar secar caso se pretenda puxar lustro com pano de lã ou máquina própria.

Relativamente ao gesso cartonado é necessário alguns cuidados em termos de cargas máximas, locais de fixação e tipo de parafuso usado. Em paredes divisórias é possível colocar objectos até cerca de 20Kg directamente nas placas, a partir desse valor é conveniente que exista um reforço metálico.

Quadro 5.2 - Fixação de cargas em paredes divisórias e tectos [72]

Fixação de carga	Ação em forro	Exemplo de elemento	Carga máxima	Tipo de fixador	
Em 1 chapa de drywall	Arrancamento	spots e pequenas luminárias		Buchas basculantes  K54 Fischer  Toggler Bolt Hilti	
Fixação de carga	Ação na parede a ser fixado	Distância de elemento de fixação	Exemplo de elemento	Carga máxima fixador	Tipo
Em 1 ou 2 chapas de drywall	esforço de cisalhamento	rente à parede	quadros e espelhos leves	 5 kg	 Outras marcas  GK Fischer
			quadros e espelhos pesados	 15 kg	buchas de expansão*  Kwik Tog Hilti  HDF Fischer
	esforço de momento	7,5 cm	toalheiro e suporte para extintor de incêndio	 30 kg	Buchas basculantes  K54 Fischer  Toggler Bolt Hilti
		30 cm	prateleira, suporte de vaso para flores e armário pequeno	 20 kg	
Em reforço metálico	esforço de momento	30 cm	armário de cozinha e tanque com coluna	 50 kg	 Toggler Bolt Hilti
Em reforço de madeira tratada ou suporte metálico especial		60 cm	suporte de TV, armário grande e bancada de cozinha ou de banheiro	 50 kg	

É possível colocar objectos mais pesados fixando directamente nos perfis metálicos, afastados em 60 cm entre si, que podem ser facilmente detectados com um íman.

A tinta plástica aplicada no interior da habitação, em paredes e tectos, exige alguns cuidados a nível da repintura, sendo que, a superfície a pintar deve estar seca e perfeitamente limpa, livre de poeiras, gorduras ou restos de argamassa. Se a superfície a pintar estiver contaminada, deve começar-se por lavar com uma solução a 5% em hipoclorito de sódio, passar várias vezes com água limpa para remover todo o hipoclorito e deixar secar. Seguidamente pode aplicar-se desinfectante aquoso e deixar actuar cerca de 24 horas antes de proceder à operação de pintura. O procedimento é similar a uma pintura de raiz. Apesar da tinta aplicada em instalações sanitárias e cozinha ser diferente da aplicada nas restantes divisões da habitação, os procedimentos de manutenção são iguais.

Nas paredes exteriores é aplicado um revestimento antifissuras à base de resinas fotoreticuláveis que tem a particularidade de possuir um sistema de reticulação interna por acção dos raios UV e permite diminuir a captação de poeiras. Possui uma elevada impermeabilidade o que permite a protecção do reboco contra a penetração de água. Devido a sua elevada elasticidade e resistência à tracção permite o acompanhamento de pequenas deformações sem causar fissura. A sua manutenção faz-se com a repintura e eventual reparação da superfície. Deve remover-se toda a tinta mal aderente, efectuar uma lavagem geral e após a completa secagem, aplicar uma demão de primário. De seguida pode proceder-se como no caso de paredes novas.

Relativamente à aplicação de telha cerâmica na cobertura, os trabalhos de manutenção envolvem alguns riscos e, portanto torna-se necessário adoptar medidas de prevenção contra quedas. As medidas a adoptar devem ter carácter colectivo e individual sendo que a sua implantação deve ser feita antes do início dos trabalhos.

Os trabalhos de manutenção preventiva da cobertura devem ser feitos uma vez por ano, preferencialmente antes das primeiras chuvas, de modo a desobstruir os pontos de ventilação, inspecionar os sistemas de evacuação de águas e eliminar os sedimentos que possam comprometer o seu escoamento. É essencial limpar os algerozes e caleiras e verificar o estado dos elementos de isolamento, sobretudo no redor de chaminés, caleiras e larós.

De três em três anos, deve também proceder-se à limpeza e lavagem completa dos telhados eliminando detritos, vegetação e musgos susceptíveis de provocar degradação das peças cerâmicas e verificar se existem peças partidas ou danificadas, substituindo-as, se necessário.

Em caso de quebra de telhas ou outros elementos, a manutenção correctiva deve ser executada por um profissional. Quando existe cedência ou deformação de alguma das águas, deve-se levantar a zona afectada e analisar a causa do problema. Se for necessário substituir algum elemento (telhas, acessórios ou outros) danificado deve colocar-se um elemento igual ao original. Não se podem fazer aplicações na cobertura que a perfurem, dificultem o escoamento das águas ou causem o seu carregamento excessivo.

Para além disso não se podem mudar as características funcionais, estruturais ou a forma das vertentes da cobertura, como sejam caleiras, linhas de cumeeira e não se devem aplicar produtos químicos na cobertura. [71]

Como é possível observar, existem diversos procedimentos de manutenção que permitem prolongar a duração da qualidade dos materiais. É necessário que exista a consciencialização dos moradores para que executem os procedimentos de prevenção de acordo com o plano de manutenção indicado por cada fornecedor.

5.2 Obra

A fase de obra conjuga uma série de tarefas, equipamentos, trabalhadores e materiais no local de implantação da moradia.

Durante esta fase é necessário alguma logística relativamente ao aprovisionamento dos materiais uma vez que a sua utilização em obra é faseada e não é vantajoso ter um grande volume de armazenamento.

A mão-de-obra necessária em cada fase difere, sendo importante relacionar o rendimento de cada trabalhador com a conjugação de trabalhos que podem ser executados em simultâneo de modo a definir qual o caminho crítico.

Relativamente ao tempo de execução é necessário prever algum atraso devido à influência da meteorologia ou incumprimento dos prazos por parte dos fornecedores. Existe uma ordem pela qual a execução dos trabalhos se torna mais eficiente devido ao máximo aproveitamento dos recursos humanos e dos equipamentos. As tarefas que podem ser executadas em simultâneo potencializam o avanço da obra e a sua entrega num curto espaço de tempo.

5.2.1 Aprovisionamento

Não foi possível obter informação relativa à empresa fornecedora dos perfis de aço, no entanto, para que os elementos possam ser utilizados em obra é necessário que possuam algumas características físicas e mecânicas.

O aço usado na estrutura possui galvanização de Z275, o aço é moldado em máquinas perfilhadores com orifícios a espaçamentos regulares de forma a permitirem a passagem de canalizações e tubagem. Para além disso, é essencial que as dimensões dos perfis e vigas tenham um comprimento adequado a sua finalidade, respeitando o projecto de execução. O aço utilizado deverá ser conforme o European Standard e Internacional Standard.

O transporte é feito em contentores através de transporte rodoviário ou ferroviário, sendo da responsabilidade da fábrica garantir o correcto armazenamento e a colocação das peças de modo a evitar deformações ou problemas estruturais.

A arrumação em obra é feita dividindo os perfis de acordo com os respectivos painéis indicados no projecto de execução e a partir desse momento pode iniciar-se a montagem da estrutura.

5.2.2 Mão-de-Obra especializada

Em relação aos trabalhadores presentes na construção da moradia, a solução permite o fácil estudo das profissões necessárias para cada tarefa garantindo o cálculo do rendimento dos trabalhadores e a sua influência na duração e custo total da obra. Existe sempre um responsável por cada tipo de trabalhos de modo a coordenar as tarefas, dar formação directa e auxiliar no processo de distribuição de actividades e pessoas.

Existem algumas tarefas principais que podem ser analisadas de modo a compreender como a eficiência dos trabalhadores se relaciona com a evolução da obra.

Relativamente à montagem de estrutura de aço leve galvanizado em paredes interiores com perfil C90 e afastamento de 0,60 m, utilizando uma equipa de um montador e servente obtém-se um rendimento de 0,1076h para a duração da colocação de cada parede, o que representa que em apenas 6,5min se obtém a estrutura da parede interior.

O fornecimento e aplicação de placas OSB de 11mm em paredes, sobre estrutura metálica em aço com 1,5mm de espessura são realizados por apenas um servente com um rendimento de 0,2350h, o que significa que este processo demora cerca de 14min a estar concluído.

Em relação à montagem de estrutura de aço leve galvanizado com perfil C200 e afastamento de 0,60 m em pisos até 4,0m de comprimento, sem aberturas, com reforço intermédio e nas extremidades, executado por uma equipa de um montador e o respectivo servente, pode inferir-se um rendimento de 0,280h. Deste modo, é possível constatar que a colocação das vigas, montante, canal, cantoneira e parafusos que constituem a estrutura pode ser executada por apenas dois trabalhadores experientes em aproximadamente 17min.

Relativamente a outros trabalhos, pode indicar-se que a aplicação de betão C20/25 em sapatas e vigas de fundação recorre à mão-de-obra de um cofrageiro oficial e um ajudante, com o rendimento de 0,80h. A montagem e desmontagem dos andaimes executa-se com uma equipa de dois trabalhadores, um montador oficial e um ajudante com um rendimento de 0,43h.

O assentamento da telha cerâmica aba e canudo executa-se com uma equipa de dois trabalhadores, com um rendimento de 0,45h o que significa que se aplica 1m² de telhas na cobertura em apenas 27min e sendo que a quantidade necessária é de 102,6 m² pode facilmente concluir-se que a tarefa exclusiva de colocação de telhas tem uma duração de cerca de 5dias, sabendo que o horário de trabalho é 8h diárias.

A pintura de paredes interiores em gesso cartonado com duas demãos de tinta plástica é feita com recurso a um pintor oficial e o seu servente, com um rendimento de 0,24h, logo é possível compreender que uma área de 305,01 m² fica terminada em 10dias úteis de trabalho.

Outra das profissões necessárias à execução da obra é o ladrilhador e o seu ajudante, que realizam o assentamento de tijoleira cerâmica nas divisões necessárias, tendo como rendimento 1,03h.

Para além disso, é essencial a presença de técnicos habilitados à montagem do gesso cartonado, sendo a equipa constituída por um montador e o seu ajudante, com o rendimento médio para as actividades de montagem da estrutura, assentamento das placas e barramento de juntas de 1,01h para tectos e 1,35h para as paredes divisórias. [73]

As diversas profissões presentes em obra devem desempenhar o seu trabalho nas melhores condições de modo a garantir a perfeição das tarefas e a prevenção de erros ou patologias. Como tal, é imprescindível que os oficiais de cada actividade dediquem algum tempo à constante formação dos seus ajudantes e cumpram as indicações estipuladas em projecto.

5.2.3 Tempo de Execução

O tempo de execução da moradia depende da ordem pela qual as tarefas são executadas e a quantidade de trabalhadores disponíveis para cada uma.

A construção da moradia iniciou-se no dia 6 de Abril de 2005 e foi concluída a 18 de Agosto de 2005, perfazendo um total de 134 dias de trabalho.

Relativamente à ordem pela qual as tarefas foram executadas, a construção começou com o movimento de terras que compreende a escavação até à cota de implantação e demorou dois dias, seguida da escavação de caboucos que ficou concluída em três dias. Em paralelo, iniciou-se a colocação de pavimento relativo aos arranjos exteriores.

As fundações começaram a ser executadas após a primeira fase de escavações, no dia 8 de Abril, sendo colocadas as armaduras de sapatas e vigas de fundação o que demorou dez dias. Em simultâneo foi executada a cofragem em sapatas e vigas de fundação já armadas o que também demorou dez dias. Neste mesmo dia, 13 de Abril, também se procedeu à colocação da caixa de visita e tubagem referente à rede de esgotos domésticos e pluviais, bem como a caixa de colectores e respectiva tubagem. Para além disso procedeu-se à instalação da tubagem para o ramal, referente às instalações eléctricas e telefónicas bem como a tubagem referente à rede de gás. A colocação do betão C20/25 foi executada em dois dias. Seguidamente procedeu-se à colocação do massame de betão com malhasol, tarefa com a duração de cinco dias e por fim houve a execução de betonilha de regularização durante dois dias. Este processo demorou no total vinte e dois dias e terminou a 9 de Maio.

A execução da estrutura metálica iniciou-se com o fornecimento e montagem dos perfis em aço leve galvanizado na constituição das paredes do primeiro piso, o que foi executado em apenas três dias. No dia 13 de Maio iniciaram-se algumas tarefas em simultâneo. Procedeu-se à montagem das vigas destinadas à constituição do piso o que demorou cinco dias e colocou-se a estrutura em aço leve que constitui as asas da cobertura e demorou três dias. Para além disso, iniciou-se o revestimento das paredes do 1º piso com OSB e como tal foi necessário proceder-se à instalação e montagem dos andaimes.

De seguida é possível colocar a tubagem relativa à rede de esgotos doméstico e pluvial, rede de águas, instalações eléctricas e telefónicas bem como rede de gás, sendo este o processo mais demorado cuja duração é de sete dias. Para além disso é necessário colocar as instalações para telefones.

A escada autoportante em madeira de carvalho foi montada em três dias e, em simultâneo iniciou-se a montagem das paredes do segundo piso o que ficou concluído em três dias. É possível nesse mesmo dia montar o revestimento dos pisos em OSB. Tal como anteriormente, pode iniciar-se a colocação do revestimento em OSB nestas paredes, processo terminado em dois dias, bem como o revestimento das escadas com o mesmo material o que ficou concluído em apenas um dia e a colocação da estrutura metálica da esteira em três dias.

Inicia-se a colocação da estrutura metálica correspondente à cobertura no dia 30 de Maio sendo que esta tarefa demora 9 dias e posteriormente pode iniciar-se o seu revestimento em OSB o que fica concluído em apenas um dia. De seguida procede-se à colocação de poliestireno expandido na cobertura de modo a garantir o seu isolamento térmico. O fornecimento e fixação de telhas metálicas aba e canudo tipo Lusa, sobre as placas de poliestireno, incluindo a subtelha asfáltica e telhas especiais, bem como o ripado em PVC e todos os acessórios necessários são executados em 9 dias. Os rufos em zinco no remate do telhado com a chaminé, guarda-fogos e platibandas ocorrem no mesmo período de tempo. Seguidamente pode colocar-se a placa de gesso nos tectos interiores de ambos os pisos e as placas de lâ mineral na zona dos tectos o que demora um total de 13 dias sendo que a colocação do isolamento acústico se processa em apenas um dia.

Durante este tempo é possível proceder aos ensaios relativos à rede de esgotos e rede de gás. No dia 21 de Junho iniciam-se alguns processos relativos às instalações eléctricas e telefónicas, nomeadamente a colocação do quadro geral, tomadas, iluminação sendo que a tarefa mais morosa tem uma duração de 8 dias e só então se procede aos ensaios nesta área.

Para além disso, a execução das paredes exteriores com o reboco em EIFS é iniciada tendo uma duração de 20 dias, sendo depois retirados os andaimes. A colocação das placas de gesso cartonado nas paredes interiores inicia-se em simultâneo nos dois pisos e demora cerca de 8 dias a terminar e a colocação de lâ mineral dentro da estrutura metálica correspondente às paredes demora 2 dias. Procede-se então ao revestimento dos pavimentos com a colocação do soalho de madeira e as placas cerâmicas que demoram ambos 10 dias e enquanto este processo decorre é possível iniciar as cantarias com a montagem das soleiras das portas e peitoris das janelas em pedra de mármore tendo as actividades uma duração de 2 dias.

No dia 15 de Julho procede-se ao começo da colocação de portas e janelas pelo exterior da habitação, sendo que a actividade demora 5 dias a estar concluída.

Após a colocação do gesso cartonado no interior da habitação pode iniciar-se o processo de pintura dessas paredes com duas demãos de tinta plástica na cor branco bem como a pintura dos tectos na mesma cor, o que perfaz um total de 10 dias. A última demão é feita 8 dias depois de modo a que a tinta seque e se assegure a melhor textura e acabamento possível.

A aplicação dos materiais necessários para a execução dos rodapés inicia-se no dia 27 de Julho bem como a conclusão das escadas com a aplicação dos acabamentos e demoram 5 dias a ficar concluídos. A colocação de portas no interior da habitação é iniciada no mesmo dia e tem a mesma duração das actividades anteriores. Após a sua colocação procede-se aos ensaios e afinações das mesmas o que fica concluído no próprio dia.

Relativamente aos arranjos exteriores é possível a execução de reboco nos muros em argamassa de cimento e areia ao traço 1:4 o que demora 10 dias. A colocação dos portões exteriores é iniciada na mesma altura, sendo a sua aplicação terminada em apenas um dia.

No dia 10 de Agosto colocam-se as aparelhagens relativas às instalações eléctricas e no mesmo dia inicia-se a montagem do mobiliário de cozinha, instalações sanitárias e roupeiros sendo que o processo mais moroso demora 5 dias. Dentro das tarefas relacionadas com torneiras e louças sanitárias, a sua colocação e ensaios decorrem durante 3 dias.

A limpeza que ocorre imediatamente antes da entrega da obra demora 2 dias e portanto, a moradia está concluída no dia 18 de Agosto de 2005.

O tempo planeado para a construção da moradia foi cumprido sem atrasos uma vez que o fornecimento e montagem dos materiais decorreram sem incidentes ou distúrbios por factores meteorológicos. [74]

5.3 Custos

5.3.1 Projectados

Tal como foi previamente indicado, a construção em aço leve está sujeito a um elevado controlo de material e como tal não é comum que existam desvios nos custos projectados face aos reais. O material é encomendado de acordo com o projecto de execução, sendo comum solicitar alguns perfis em excesso caso seja necessário substituir algum que se danifique durante a fase de transporte ou de montagem. Relativamente aos materiais isolantes, paredes interiores, sistemas hidráulicos, e eléctricos a estimativa de custo é bastante precisa uma vez que neste sistema de construção tudo é cuidadosamente planeado.

De acordo com o fornecedor dos materiais, o preço do produto sofre algumas variações mas é em consenso com o cliente que se executa o caderno de encargos e o plano de orçamentação e portanto a definição dos preços é feita de acordo com as suas indicações, sendo sempre obrigatório que todos os fornecedores tenham o material habilitado com a marcação CE.

Como tal, pode comprovar-se que uma das vantagens da construção em LSF é precisamente o rigoroso planeamento dos custos e a diminuta probabilidade de derrapagem orçamental. O custo final varia apenas em função da escolha de materiais pelo cliente de acordo com as suas preferências em termos estéticos, revestimentos, mobiliário, loiças sanitárias, entre outros, que podem incrementar bastante o seu valor.

5.3.2 Reais

Os custos reais que a construção desta moradia implica relacionam-se com algumas áreas, nomeadamente o custo dos materiais, equipamento e salários dos trabalhadores.

Tendo em conta que o valor do orçamento entregue ao cliente é composto pelos custos suportados pela empresa e uma percentagem de lucro pode observar-se que existem algumas actividades principais que absorvem uma elevada quantidade destes montantes. Divide-se os custos nos valores que afectam directamente a construção da habitação e os custos necessários aos arranjos exteriores.

Pode apontar-se a constituição da estrutura metálica como a secção que implica maiores custos, sendo que o preço é de 18302,95€ divididos em algumas actividades como fornecimento e montagem dos perfis que constituem as paredes, o que tem o custo de 9663,83€, as vigas de aço leve para constituição do piso com o valor de 4261,58€ e a estrutura que compõe o piso e asnas da cobertura com 4377,55€.

O revestimento das paredes exteriores tem um custo de 13077,12€ sendo que as placas de OSB absorvem 3297,22€ do valor total e o restante é utilizado na execução das paredes em ETIC.

As fundações da moradia têm um orçamento de 7868,09€ o que engloba o valor dos varões de aço A400, cofragens, betão C20/25, massame de betão com malhasol e execução da betonilha de regularização.

Para a execução da cobertura é necessária a aplicação de OSB, telhas cerâmica sob placas de EPS, subtelha, ripado em PVC e acessórios, bem como rufos em zinco o que perfaz o valor de 7103,37€.

Em termos de carpintarias, serralharias e caixilharias, o valor do orçamento é bastante similar e na ordem dos 6900€, sendo que nas carpintarias o maior montante refere-se à montagem da escada autoportante em madeira de carvalho. Nas serralharias, a tarefa que absorve mais custos é a montagem da caixilharia de PVC reforçado com perfis em aço, vidros duplos e bloco com estore térmico.

O revestimento das paredes interiores composto pela aplicação das placas de gesso cartonado nas duas faces e azulejo na zona da cozinha e instalações sanitárias é executado com recurso a 5430,39€, sendo que o maior valor é utilizado para a compra e aplicação das placas de gesso. O revestimento de pavimentos e rodapés tem um custo menor, ficando apenas por 4163,52€ enquanto o revestimento dos tectos interiores é executado com recurso a apenas 1708,35€. A pintura de todas as paredes e tectos com duas demãos de tinta plástica fica por 2170,38€.

O projecto de licenciamento de todas as especialidades e o projecto de execução de estrutura bem como a fiscalização da estrutura metálica tem um custo de 4390€ o que corresponde a apenas 4,5% do orçamento para a construção da moradia.

Em termos de instalações prediais, a rede de eléctrica é a que absorve um maior valor e corresponde a 4500€. A rede de esgotos tem um custo de 2745,00€ sendo que a rede de águas com

canalizações em polipropileno tem o valor de 1475,00€. Os custos associados às restantes instalações são mais reduzidos, a rede de gás é montada com recuso a apenas 750€ e a tubagem relativa rede de ventilação fica por 500€.

Alguns trabalhos mais específicos como a colocação do equipamento sanitário e de cozinha, em que é necessário a compra de electrodomésticos, mobílias e equipamento próprios têm o custo total de 4088,37€.

A execução de impermeabilizações e isolamentos de toda a moradia tem o valor de 2533,95€ que abrange o assentamento de primário betuminoso e tela isolante tipo asfáltica, painel duplos de lã mineral, placas de EPS e aplicação de argamassa polimérica armada com rede de fibra de vidro nos locais designados em projecto.

Por fim, os trabalhos que remetem a um menor investimento em termos financeiros estão relacionados com o movimento de terras, o que se faz com recurso a 419,21€, a execução das cantarias com a montagem de soleiras de portas e peitoris de janelas em pedra mármore por apenas 410€ e os restantes trabalhos necessários como o assentamento de tijolo de vidro e a pré-instalação do ar condicionado o que e traduz em 370€ de orçamento.

Como tal, pode concluir-se que os trabalhos designados apenas para a construção da moradia perfazem o valor de 95850,18€. Relativamente aos arranjos exteriores pode referir-se que o valor orçamentado para a sua execução é de 23951,45€. Aplicando o valor de 21% de IVA, em vigor à data da construção da moradia, pode concluir-se que no total, o orçamento é de 142563,90€.

Este valor é referente a todos os trabalhos com a inclusão de salários dos trabalhadores, aluguer de maquinaria, custos directos dos materiais e custos indirectos bem como à percentagem de lucro que a empresa construtora usufrui.

De modo a compreender a importância do salário auferido pelos trabalhadores pode relacionar-se este valor directamente com o rendimento da sua produção. No entanto, existem alguns valores base indicados para cada uma das actividades previamente indicadas. Para o montador de aço leve o valor indicado para o pagamento é de 16€/h, sendo que o servente que o acompanha recebe o valor de 13€/h.

Algumas das profissões necessárias para a construção da moradia auferem o mesmo valor, devido à polivalência com que podem desempenhar os trabalhos necessários e á diminuta necessidade de formação especializada. O montador de andaimes, o cofrageiro, o montador de telha, o pintor, o ladrilhador, o montador de gesso cartonado recebem todos 8,20€ por hora enquanto o trabalho dos seus serventes é pago com 5,90€/h. Existem outras profissões presentes em obra e escritório mas de modo a simplificar optou-se por apenas referenciar o custo da tarefa englobando todos os trabalhos e profissões que esta implica. [75]

Todos os trabalhos exigem um elevado grau de responsabilidade e competência sendo que o valor do salário de cada funcionário está relacionado com a quantidade de horas que trabalha bem como o seu rendimento.

5.4 Durabilidade

5.4.1 Utilização e Conforto

Factores como a utilização do edifício e conforto sentido pelos seus moradores influenciam a tendência de crescimento da construção em LSF. A moradia em questão possui, neste momento, sete anos de existência. Infelizmente não foi possível contactar os seus moradores, no entanto obteve-se um importante depoimento do Engenheiro Francisco Vilhena, sócio gerente da empresa DOSMONTES cujo portfólio engloba construção de habitação em LSF e principalmente por ele mesmo ser morador de uma moradia executada neste sistema.

Durante a entrevista foi referido que em termos de conforto térmico, protecção passiva com sistemas de sombreamento e segurança estrutural existe uma elevada satisfação por parte do morador. O isolamento acústico e protecção contra incêndios cumprem os requisitos de habitabilidade necessários enquanto a protecção contra intrusos é o aspecto que menos satisfaz o inquirido. As razões para o isolamento acústico não ser perfeito relacionam-se com a diminuta massa das paredes exteriores mas o principal factor de descontentamento prende-se com a existência de apenas uma camada de gesso cartonado em cada face do perfil que dá origem às paredes interiores e, como tal, existe alguma propagação do ruído no interior da habitação.

A habitação do morador inquirido localiza-se em Vale do Guiso, Alcácer do Sal, tem tipologia T6 e foi executada em oito meses. As principais vantagens apresentadas pelo morador relativamente à habitação relacionam-se com a segurança estrutural, conforto térmico e construção seca, no contexto em que possui alguma protecção contra o aparecimento de humidade.

Para comprovar a informação foi preenchido um questionário que se encontra no Anexo 1.

O conforto na habitação relaciona-se directamente com as condições de isolamento térmico e acústico, iluminação do local e ventilação.

A localização da moradia numa zona climática do tipo I1-V2 com um clima suave e amplitudes térmicas pouco significativa permite que se obtenha uma boa eficiência em termos de isolamento térmico. Tal como já se referiu, a envolvente exterior da casa, com paredes ETICS revestida com EPS bem como a estrutura da cobertura permite que se atinja um nível de isolamento térmico bastante satisfatório. Para além disso, a existência de vidro duplos permite melhorar este parâmetro uma vez que permitem diminuir as transferências térmicas por radiação. A caixilharia em PVC permite reduzir as pontes térmicas e melhora o isolamento da janela, reduzindo os riscos de aparecimento de condensação.

Em termos de isolamento acústico pode referir-se que o principal material que permite a satisfação deste parâmetro é a lã de rocha, colocada no interior dos perfis, com elevada espessura. Este material adapta-se perfeitamente aos elementos estruturais e proporciona elevada absorção acústica bem como excelente comportamento térmico.

Em relação ao sombreamento e iluminação passiva pode referir-se que a moradia possui uma área considerável de vão envidraçados na fachada poente e nascente. Esta orientação, em conjunção com um bom sistema de sombreamento de modo a proteger do sol directo permite que se aproveite em pleno a iluminação passiva sem comprometer o isolamento térmico.

Decorrentes das actividades no interior das habitações resultam substâncias poluentes cuja remoção é necessária para a existência de um ambiente adequado à permanência dos ocupantes. Estes subprodutos podem afectar directamente o bem-estar dos ocupantes não só pelo seu nível de toxicidade, mas também pelo desconforto gerado por odores e humidades, que podem provocar condensações superficiais.

Todas estas consequências advêm de um sistema de ventilação deficiente ou nulo, visto que para que o ambiente interior da habitação seja adequado à permanência ou realização das diversas actividades pelos seus ocupantes é necessário proceder-se à exaustão dos poluentes e à admissão de ar limpo do exterior. Sempre que possível, deve garantir-se um sistema equilibrado de ventilação em permanência, totalmente natural, que prescindia de gastos energéticos. Usualmente, a diferença de pressão gerada por acção do vento entre as fachadas dos edifícios e a alteração da densidade do ar por acção da temperatura, em conjunto com um plano de Ventilação Natural eficiente, são suficientes para promover a adequada renovação do ar nas habitações.

A ventilação deve também ser controlada para que não seja possível a existência de correntes de ar desagradáveis para os seus ocupantes e não aumentar desnecessariamente as perdas energéticas nos meses em que por razões de conforto térmico, é necessário proceder ao aquecimento das habitações.

Não é possível assegurar, recorrendo exclusivamente a processos de ventilação natural, que a renovação de ar determinada no projecto é cumprida num determinado instante. Para o bom desempenho da ventilação natural há que prever aberturas, através da envolvente do edifício, providas de dispositivos de regulação e limitar ao máximo a existência de juntas ou fendas que possam produzir infiltrações ou fugas difíceis de controlar.

A implementação de disposições construtivas conducentes a uma ventilação adequada pode ser inviabilizada pelo facto de outros projectos de especialidade do edifício não entrarem em linha de conta com essas disposições. Deve ser assegurada a coordenação entre os projectistas das diferentes especialidades

A utilização de painéis solares fotovoltaicos permite converter a energia solar em eléctrica, enquanto os colectores solares têm a vantagem de usá-la para aquecer água. A instalação destes sistemas leva à redução do consumo de energia eléctrica, no entanto na moradia em estudo estes sistemas não foram instalados.

É possível constatar que a satisfação sentida pelo morador da habitação em Alcácer do Sal, inquirido sobre estes parâmetros, se comprava facilmente de acordo com os materiais utilizados, as técnicas construtivas aplicadas e os cuidados em termos de sombreamento e ventilação.

5.4.2 Manutenção

Em termos de manutenção a solução construtivo utilizada na moradia não é muito exigente. Os perfis metálicos encontram-se protegidos, portanto os materiais usados no revestimento e decoração podem ser os mesmos da construção tradicional.

A durabilidade aço galvanizado é bastante elevada, podendo alcançar perto de mil anos, deste modo a manutenção é muito reduzida ou mesmo desnecessária. O risco de condensações na cavidade das paredes é bastante diminuto, portanto existe pouca probabilidade de danos provocados pela presença de fungos e bolores, tanto nos materiais dos edifícios, como no mobiliário e na saúde dos ocupantes.

A utilização de rebocos de elevada elasticidade permite que não ocorram fissuras nas paredes. O telhado é provido de diversas protecções contra infiltrações tornando-o totalmente estanque à humidade e eliminando praticamente por completo qualquer intervenção na cobertura.

Relativamente às pontes térmicas nesta moradia, o facto de ser revestida com placas OSB, cuja matéria-prima é a madeira conhecida por ser uma mau condutor térmico bem como a aplicação de ETICS composto por placas de EPS com 4cm de espessura dificulta a transferência de calor. As coberturas também se encontram isoladas termicamente através da aplicação de XPS sendo reforçado este aspecto com a adição da placa de lã de rocha com 6cm. Deste modo é possível constatar que todas as pontes térmicas são praticamente eliminadas.

As tubagens hidráulicas e eléctricas aplicadas na obra garantem uma utilização frequente durante décadas, no entanto, em caso de necessidade de substituição ou reparação, basta cortar a porção a extrair de gesso cartonado com uma simples faca retráctil, executar os trabalhos necessários e repor nova placa no local fixando-a através de parafusos. Seguidamente bastaria betumar e pintar para se obter uma parede com um aspecto completamente uniforme.

A limpeza da moradia é semelhante ao de qualquer outra construção. A aspiração dos pavimentos pode tornar-se bastante mais fácil nesta habitação uma vez que possui um sistema de aspiração central. O pó é acumulado no aspirador central colocado em local conveniente, facilitando o trabalho de despejo do depósito.

Não foi possível obter informação dos proprietários da moradia no entanto as medidas utilizadas para a manutenção da habitação são similares às da construção tradicional.

5.5 Desconstrução

A construção em aço em Portugal já existe à alguns anos, no entanto ainda não foi executada nenhuma desconstrução. No projecto da moradia em análise não foi incluído um manual relativo aos procedimentos necessários para mais tarde se executar a reciclagem e aproveitamento dos materiais.

Tal como já foi referido, a construção em aço leve possui a vantagem de permitir uma fácil desmontagem dos perfis, tem uma elevada taxa de reaproveitamento e permite a reciclagem total dos seus constituintes sem perda de qualidade. A indústria do aço leve tem uma excelente performance ambiental e permite a utilização maioritária de energia primária e a diminuição do desperdício.

A reciclagem de aço é relativamente simples, existem máquinas que trituram os resíduos, sendo esta sucata derretida e refinada novamente em bobines que podem ser enviadas para os fabricantes de perfis.

Relativamente ao gesso cartonado, é possível observar que é um material com pouca possibilidade de reaproveitamento e que, caso seja mal armazenado após a desmontagem, pode originar problemas contaminação de solo e meio aquático. Existem algumas aplicações ao gesso cartonado após a desconstrução como a sua utilização como carga mineral adicionada ao plástico. Deste modo pode obter-se um material com resistência mecânica melhorada, utilizado no fabrico de materiais rígidos com a finalidade de substituir a madeira ou outros materiais estruturais.

Também as telhas cerâmicas são um material com um baixo potencial de reciclagem, no entanto podem ser aproveitadas como agentes pozolânicos em argamassas alternativas como cais pozolânicas. O aumento da área específica desses materiais, devido a moagem, confere às argamassas um aumento das suas propriedades mecânicas, assumindo um papel importante na reutilização destes materiais.

Verifica-se que, para executar a desconstrução de estruturas LSF, bastaria um manual de desmontagem de modo a retirar com segurança todos os materiais e proceder à sua correcta armazenagem e transporte até à fábrica que executaria o processo de reciclagem.

5.6 Análise comparativa (solução LSF e soluções correntes)

Existem diversos factores comparativos entre a construção com uma estrutura LSF e o modo tradicional. De modo a compreender qual a solução que possibilita o maior conjunto de vantagens e, a partir de que valor se torna rentável a sua aplicação, torna-se necessário o estudo de alguns parâmetros.

O conforto térmico dos habitantes pode ser analisado a partir do estudo do coeficiente de transmissão térmica (U) que traduz a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa, ou seja, caracteriza a facilidade de transferência de calor. Como tal, é possível compreender que quanto menor for o valor deste coeficiente maior será a sua capacidade de isolamento térmico. O cálculo da resistência térmica (R) de uma camada do elemento da envolvente resulta do quociente da espessura dessa camada e do coeficiente de condutibilidade térmica (λ).

Como tal pode indicar-se que a fórmula de cálculo do coeficiente de transmissão térmica é:

$$U = 1/Rt \quad (5.1)$$

A resistência térmica é calculada por:

$$Rt = \sum \frac{e}{\lambda} + Rsi + Rse \quad (5.2)$$

Sendo:

U – Coeficiente de transmissão térmica ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$)

R_t – Resistência térmica total ($\text{m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$)

e – Espessura do material (m)

λ – Condutibilidade térmica ($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$)

R_{si} – Resistência térmica superfície interior ($\text{m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$)

R_{se} – Resistência térmica superfície exterior ($\text{m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$)

Pode analisar-se a o coeficiente de transmissão térmico da cobertura comparando a solução adoptada com a solução tradicional de modo a compreender as vantagens inerentes ao sistema utilizado. Na moradia utilizou-se a seguinte solução para a cobertura:

Quadro 5.3 - Análise do coeficiente de transmissão térmico numa cobertura pelo sistema LSF

Cobertura LSF			
Material	e (m)	λ ($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$)	R ($\text{m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$)
Placa de gesso cartonado	0,013	0,250	0,052
Lã de rocha	0,060	0,040	1,500
Caixa-de-ar	0,300	---	0,180
Placa de OSB	0,011	0,130	0,085
Placa de Poliestireno Extrudido	0,030	0,037	0,811
Telha cerâmica	0,015	0,770	0,019
R			2,647

Cobertura - Inverno	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	2,787
Coeficiente de transmissão térmica	0,359

Cobertura - Verão	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	2,857
Coeficiente de transmissão térmica	0,350

O corte do pormenor construtivo relativo ao tipo de vãos encontra-se no Anexo 2.

Para a vertente de Inverno obtém-se um coeficiente de transmissão térmica superior ao de Verão uma vez que para o sentido vertical ascendente se tem o valor de $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$ e $R_{si}=0,10 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$ e para o descendente o $R_{si}=0,17 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$. Como tal, é possível compreender que para o mesmo valor de resistência térmica, o valor do coeficiente de transmissão térmica é superior na situação de Inverno o que significa que para a mesma solução é mais fácil manter a temperatura no Verão.

Analisando o mesmo coeficiente para uma solução tradicional de cobertura, constituída por vigotas e blocos cerâmicos, betão, poliestireno expandido e telha cerâmica obtém-se o resultado:

Quadro 5.4 - Análise do coeficiente de transmissão térmico numa cobertura tradicional

Cobertura tradicional			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Vigotas e blocos cerâmicos	0,120	0,570	0,211
Complemento de betonagem	0,040	1,650	0,024
Poliestireno Expandido	0,040	0,035	1,143
Telha cerâmica	0,015	0,770	0,019
R			1,335

Cobertura - Inverno	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	1,537
Coeficiente de transmissão térmica	0,678

Cobertura - Verão	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	1,607
Coeficiente de transmissão térmica	0,647

O corte do pormenor construtivo relativo ao tipo de vãos encontra-se no Anexo 3.

Para a simulação da mesma cobertura pela solução tradicional é possível concluir que o valor do coeficiente de transmissão térmica é superior e portanto compreende-se que a capacidade de isolamento térmico é inferior à anteriormente apresentada.

Relativamente às paredes é possível comparar a solução utilizada na moradia constituída por um revestimento exterior aderente, isolante térmico, placas de OSB, isolante acústico, estrutura metálica e placa de gesso cartonado com a solução tradicional composta por revestimento exterior corrente, pano de alvenaria de tijolo, caixa-de-ar, isolante térmico, pano interior de alvenaria e revestimento interior.

Para a parede tradicional existem diversas opções relativamente ao tipo de tijolo cerâmico a utilizar bem como a espessura do material isolante. O esquema da parede é o seguinte:

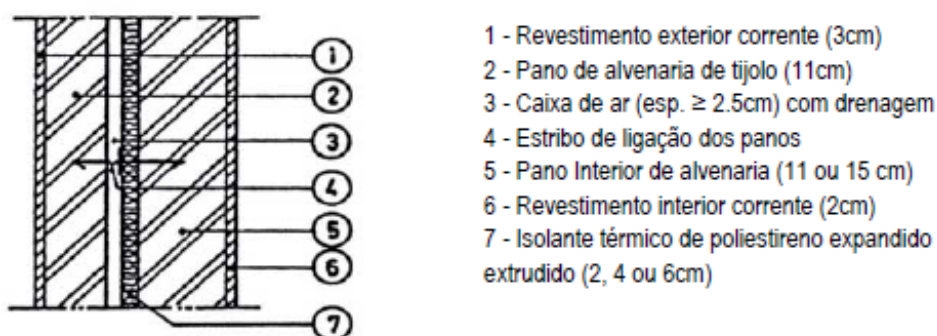


Figura 5.1 - Parede exterior, dupla com isolamento

Como tal, o valor do coeficiente de transmissão térmico para a parede indicada, considerando o fluxo de calor na horizontal com o valor de $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$ e $R_{si}=0,13 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$, é:

Quadro 5.5- Coeficiente de transmissão térmica para parede exterior tradicional

Parede Tradicional			
Material	e (m)	λ (W/m. $^\circ\text{C}$)	R (m $^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$)
Reboco exterior	0,030	1,300	0,023
Tijolo 11 cm	0,110	---	0,270
Caixa-de-ar	0,025	---	0,170
Poliestireno Expandido	0,040	0,037	1,081
Tijolo 15 cm	0,150	---	0,390
Reboco interior	0,020	1,300	0,015
R			1,950

Parede Exterior	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	1,579
Coeficiente de transmissão térmica	0,472

Considerando diferentes soluções de espessura de isolante térmico e tijolo cerâmico obtém-se os seguintes valores de coeficiente de transmissão térmica:

Quadro 5.6 - Coeficiente de transmissão térmica em parede dupla com diferentes espessuras de isolante

Esp. de isolante (cm)	Esp. de tijolo (cm)	U (W/m $^2\cdot^\circ\text{C}$)
2,0	11,0+11,0	0,685
4,0	11,0+11,0	0,500
6,0	11,0+11,0	0,394
2,0	15,0+11,0	0,633
4,0	15,0+11,0	0,472
6,0	15,0+11,0	0,376

De acordo com os valores obtidos considera-se que a solução tem um bom desempenho térmico com espessuras de poliestireno expandido igual ou superior a 4 cm, sendo que quanto maior a massa da parede mais será o seu isolamento. Esta massa pode ser aumentada recorrendo a fachadas constituídas por tijolo 15 no exterior e tijolo 11 no interior o que proporciona alguns ganhos em termos de isolamento térmico mas acaba por desfavorecer a solução devido à diminuição da área útil da habitação.

Em relação à solução adoptada para a moradia compreende-se que a maior massa é dada pela lâ de rocha, colocada entre os perfis metálicos e o isolante térmico, sendo o revestimento exterior aderente insignificante para a determinação do seu comportamento térmico. Usando o esquema:

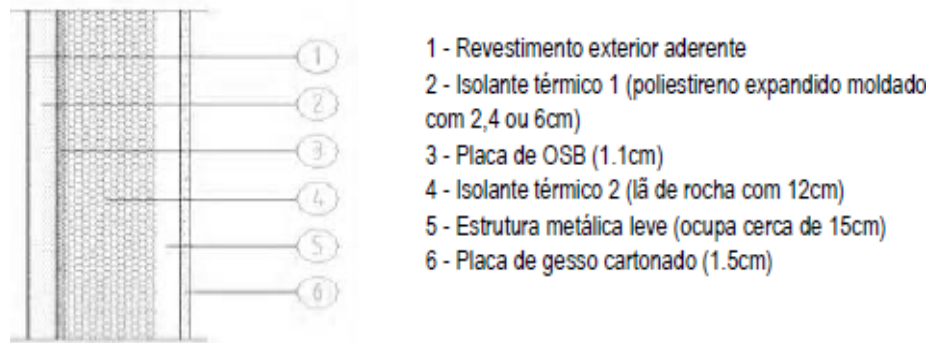


Figura 5.2- Parede exterior com isolamento pelo exterior no sistema LSF

Pode analisar-se o coeficiente de transmissão térmica da estrutura indicada de modo a compreender a influência das diversas camadas no seu valor total. Considera-se que o sentido do fluxo de valor é horizontal e portanto os valores da resistência térmica superficial são os previamente apresentados para a solução tradicional. Obtém-se o seguinte quadro:

Quadro 5.7 - Coeficiente de transmissão térmica para parede exterior LSF

Parede LSF			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Poliestireno Expandido	0,040	0,037	1,081
Placa de OSB	0,011	0,130	0,085
Lã de Rocha	0,120	0,040	3,000
Estrutura metálica leve	0,030	17,000	0,002
Gesso cartonado	0,015	0,250	0,060
R			4,227

Parede Exterior	
$R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$	4,397
Coeficiente de transmissão térmica	0,227

Como tal pode referir-se que o valor da espessura do material isolante exterior, constituído por poliestireno expandido e o material isolante interior constituído por lã de rocha influenciam de supremacia o valor final do coeficiente de transmissão térmico. Obtém-se os valores:

Quadro 5.8 - Valores de coeficiente de transmissão térmica em parede ETIC e LSF

Esp. de isolante (cm)	Esp. de lã rocha (cm)	U (W/m ² .°C)
2,0	---	1,167
4,0	---	0,716
6,0	---	0,516
2,0	12,0	0,259
4,0	12,0	0,227
6,0	12,0	0,203

Tal como seria de esperar, os materiais que proporcionam maior isolamento térmico são o poliestireno expandido com espessura igual ou superior a 4cm e a lã de rocha com 12 cm de espessura.

Podem destacar-se algumas vantagens desta solução em termos térmicos, como a diminuição das pontes térmicas das paredes, protecção térmica da estrutura resistente e aproveitamento da capacidade térmica da parede exterior em benefício da inércia térmica dos locais interiores. Para além disso é importante referir a manutenção da área útil da moradia e a inexistência de infiltrações ou humidade.

Em termos de acústica, a solução tradicional recorre a materiais com diminuto poder isolante, como é o caso do tijolo e cimento. Para otimizar este parâmetro é necessário aumentar a massa volumica e, como tal, aumentar da largura das paredes, no entanto, esta solução possui a desvantagem de condicionar a área útil da habitação.

A lã de rocha é um material bastante eficaz na resolução deste problema devido à sua elevada densidade e composição específica. Os restantes materiais utilizados na solução da estrutura com aço leve também possuem algumas características de isolamento acústico, podendo referir-se especialmente o OSB e o poliestireno expandido. No interior da habitação utiliza-se gesso cartonado e lã de rocha que constitui uma boa solução face à propagação de som entre divisões.

Relativamente aos sons de precursão no piso, a lã mineral colocada entre as vigas do piso, com relativa espessura, contribui para o aumento do isolamento acústico. Existe, ainda, a opção de colocar uma placa de lã mineral de alta densidade, ou outro material adequado, directamente sobre o OSB que reveste a estrutura e por fim aplicar o pavimento final.

Em termos de ventilação, tanto a solução estudada como a solução tradicional podem obter valores aceitáveis de ventilação natural caso sejam dotados de equipamentos adequados e aberturas bem dimensionadas de acordo com a área da divisão e a sua função.

Já se referiram os preços inerente à construção da habitação com estrutura de aço leve e aos restantes materiais necessários, no entanto não foi possível obter uma orçamentação detalhada caso o mesmo projecto fosse executado com betão armado e paredes em alvenaria cerâmica.

Como é possível compreender existem alguns parâmetros a partir dos quais se pode inferir as características adjacentes a ambos os sistemas de construção, sendo necessário a ponderação entre estes factores no sentido de decidir qual a solução mais vantajosa em cada situação.

6 CONCLUSÕES

6.1 Conclusão

A industrialização da construção impulsionou uma metamorfose face ao modo como o homem perspectivava a sua habitação e o modo de habitar.

A construção adquiriu uma componente cada vez mais sustentável, evoluindo no sentido de proporcionar soluções que satisfaçam, de modo sustentável, as necessidades da população em termos económicos, ambientais e sociais.

Como tal, procedeu-se à comparação algumas soluções para a construção, nomeadamente na utilização da terra, madeira, betão e aço de modo a inferir o sobre as características de cada um destes materiais e sistemas.

Após análise dos diferentes materiais de construção indicados, é possível concluir que o aço galvanizado leve designado por LSF possui diversas vantagens que o tornam particularmente atractivo. A principal patologia associada ao aço é a corrosão, a qual pode ser evitada com um esquema de pintura adequada e protecção dos elementos com outros materiais de modo a que não fique sujeito à acção das intempéries, aumentando a sua longevidade e deste modo a da construção em si.

Devido à situação económica no país e à necessidade de habitações que satisfaçam parâmetros de conforto térmico, acústico, regulação de ventilação e segurança estrutural, pode concluir-se que a construção em aço leve pode revolucionar a evolução da construção em Portugal pela sua maior versatilidade e economia.

O processo construtivo deste sistema está intimamente ligada à constituição do sistema e aos materiais usados em cada fase. A ordem de desenvolvimento dos trabalhos é bastante similar à construção tradicional, sendo que as principais diferenças são relativas à rapidez de construção do “esqueleto” do edifício bem como à solução adoptada para as paredes exteriores, interiores e lajes que garante o máximo de fiabilidade

O transporte e montagem de estruturas em LSF são dois processos essenciais para o sucesso da construção. O sucesso do transporte está associado à análise do percurso e ao estudo das limitações em termos de peso e dimensões das peças. Já a montagem é feita utilizando equipamentos mecânicos que permitem o deslocamento das peças, o que exige um conjunto de cuidados para que as operações sejam rápidas e seguras.

A fiabilidade e durabilidade da estrutura são garantidas pelo cumprimento rigoroso do projecto de execução, que deve obedecer à regulamentação nacional indicada nos Eurocódigos.

A integração deste sistema construtivo, apresenta uma elevada potencialidade para a conjunção modular e pode ser associado a habitação de custos controlados. Desta solução resultam diversas vantagens uma vez que se possibilita a adaptação da quantidade de módulos e da sua disposição bem como uma rapidez, economia e facilidade de manutenção excepcionais.

Através deste sistema é possível executar diferentes tipologias, tendo o planeamento da obra um papel de destaque uma vez que depende da facilidade em executar a fundação, número total de unidades pretendido, tipos de perfis empregues, ligação entre eles, entre outros.

Relativamente à distribuição dos custos da solução é possível constatar que o custo da matéria-prima representa a maior fatia, seguido da pintura. O fabrico e a montagem possuem um custo menor, sendo o valor associado ao transporte o mais reduzido.

Podem integrar-se sistemas de aproveitamento energético com a habitação modular de carácter social, e como tal, usarem-se painéis solares térmicos para aproveitar a energia solar para aquecimento da água. A energia eólica pode ser aproveitada para a bombagem de água e a produção de electricidade, sendo possível a sua retenção para utilizar em alturas com ausência de vento.

É necessário atender a alguns cuidados de modo a garantir a durabilidade da estrutura. Para tal, é essencial reconhecer a classe de exposição em que a obra se localiza, de modo a escolher a solução de protecção mais adequada.

A produção de estruturas metálicas tem vindo a registar um aumento significativo e portanto é importante desenvolver esquemas de reciclagem e aproveitamento de desperdícios. O aspecto mais relevante prende-se com a diminuição do consumo de energia e a redução da emissão CO₂.

Em relação ao estudo do caso prático, não foi possível analisar uma habitação de carácter social com estrutura em aço leve uma vez que o sistema em estudo é recente e nunca foi aplicado em Portugal para construção deste género de habitação.

Foi possível concluir com base no estudo desenvolvido que é viável e bastante vantajoso a aplicação destas estruturas de aço leve à habitação social, uma vez que, tal como demonstrado pelo exemplo prático, em termos económicos e de rapidez de construção existem vantagens inerentes ao sistema apresentado.

As condicionantes relativas ao tipo de terreno, condições atmosféricas, exigências do plano director municipal são as indicadas. No caso da habitação social é necessário atender aos requisitos já estudados de modo a cumprir as exigências legais. Os procedimentos em termos de construção, utilização e manutenção indicados para o caso de estudo podem ser aplicados à construção de um conjunto habitacional de carácter social, uma vez que a principal diferença se prende com a tipologia da habitação, o que não influencia estes parâmetros.

Em termos de processo de construção, a solução para uma componente social seria bastante similar à apresentada. As fases podem decorrer dentro da mesma ordem, sendo possível, no caso da construção de diversas moradias unifamiliares, a sincronização de actividades de modo a otimizar os recursos pessoais e materiais.

Relativamente aos custos, existem algumas poupanças que se podem implementar no caso de habitação social, especialmente nos custos relacionados com acabamentos, escolha dos revestimentos, mobiliário e equipamentos sanitários. A estrutura da habitação seria rigorosamente a mesma. O facto da produção de habitações ser em série permitiria uma elevada poupança no preço da matéria-prima.

A análise à utilização e conforto dos moradores permite concluir que o sistema implementa uma construção de elevada qualidade e satisfação. Independentemente de factores financeiros, a solução assume-se como bastante vantajosa para diferentes tipologias de habitação.

6.2 Desenvolvimentos futuros

No âmbito deste trabalho procurou-se estudar e compreender a sustentabilidade associada à construção em aço leve aplicada à habitação social. Ficou, no entanto, claro que existem diversos aspectos que não foi possível aprofundar e analisar convenientemente no prazo de um semestre lectivo definido para o desenvolvimento do trabalho.

Deste modo, considera-se vantajoso o desenvolvimento de um projecto de urbanização, constituído por habitações de tipologia diferente, contemplando o estudo aprofundado do dimensionamento estrutural, mapa de quantidades, caderno de encargos, projecto de execução e projecto das especialidades de cada moradia.

A possibilidade de uma estrutura ser desmontável e transportável representa uma vantagem importante, pois possibilita a sua utilização e reutilização sob qualquer forma de condicionamento legal, bem como uma solução adequada para situações possíveis de deslocalização a que estão sujeitos bastantes agregados familiares contemporâneos.

A elaboração de um manual prático de apoio à montagem seria vantajoso para a difusão do sistema uma vez que tornaria possível a sua disseminação alargada e a formação de profissionais capazes de compreender e transmitir conhecimentos e assim formar equipas de montagem para as habitações.

O desenvolvimento de um manual de desconstrução permitiria a desmontagem da habitação e deste modo potencializa-se o aproveitamento e reciclagem das peças metálicas bem como dos restantes constituintes de um modo ecológico e economicamente vantajoso.

São esses os principais desenvolvimentos futuros que se podem antever para este sistema o que se pensa possa vir a ser feito com o apoio de empresas do sector actualmente instaladas no mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PEDRO, J. B. e MOURÃO J. F. — *Sustentabilidade Ambiental da Habitação e Áreas Habitacionais*, LNEC, 2005.
- [2] AMADO, M. P. — *Planeamento Urbano Sustentável*. Casal de Cambra, Caleidoscópio, 2005
- [3] KIBERT, C. — *Sustainable Construction: Green building design and delivery*, second edition | ISBN-10: 0471661139 Wiley, 2008.
- [4] PINHEIRO, M. — *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora, Instituto do Ambiente, 2006.
- [5] BRAGANÇA, L. e MATEUS, R. — *Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção*. Porto , Edições Ecopy, 2006.
- [6] CENTRE ON HOUSING RIGHTS AND EVICTIONS – *Legal Resources for Housing Rights: International and National Standards*, Switzerland, 2000, p. 18
- [7] ABIKO, A. K. — *Introdução á gestão habitacional*, São Paulo, EPUSP, 1995.
- [8] PEDRO, J. B. — *Definição e avaliação da qualidade arquitectónica habitacional*, LNEC, 2000.
- [9] Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes, Portaria n.º 580/83 de 17 de Maio.
- [10] GEARY, D. — *Working-Class Identities in Europe, 1850s-1930s*. Australian Journal of Politics & History; Mar1999, Vol. 45 Issue 1, p20, 15p. Departments of Government & History of Queensland & Blackwell Publishers 1999.
- [11] TEIXEIRA, M. C. — *Análise Social, Vol XXVII*, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitectura, 1992 (1.º).
- [12] Portaria nº 193/2005 de 17-02-2005, ANEXO - Disposições legais aplicáveis ao projecto e à execução de obras, CAPÍTULO XVII – Habitação, SECÇÃO III - Habitação social.
- [13] Recomendações Técnicas de Habitação Social, Imprensa Nacional – Casa da Moeda , Lisboa, 1994.
- [14] Portal da Habitação “Habitação a custos controlados”
<http://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/habitacao/programasapoio/custoscontrolados.html>
(acedido em Março 2012)
- [15] Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Art. 67.º
- [16] DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-B N.º 166 — 21-7-1997.
- [17] REARDON, C. e DOWNTON, P. — *Construction systems, Design for lifestyle and the future. Technical Manual*, Australian Government, Austrália, 2009.
- [18] MARTINS, R. — *Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*, Escola de Engenharia do Minho, 2004.

- [19] TORGAL, F. P. e JALALI, S. — *O renascimento da Construção com alvenarias de terra*, Universidade do Minho, 2011.
- [20] TORGAL, F. P., EIRES, R. e JALALI, S. — *A Construção em Terra*, Guimarães, TecMinho, 2009.
- [21] LOURENÇO P., BRITO J. e BRANCO F. — *Novas Tecnologias na Aplicação de Terra Crua na Construção*, Revista Companhia de Arquitectura e Design, 2009
- [22] CRUZ, H e NUNES, L. — *Madeira*. In Materiais de Construção, Guia de Utilização. Coordenação: M B Gonçalves, F C Margarido e R C Colaço, Loja da Imagem / Arquitectura e Vida / Engenharia e Vida, Lisboa, 2005.
- [23] OLIVEIRA, R. — *Construções Antigas de Madeira: Experiência de Obra e Reforço Estrutural*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2004.
- [24] SARMENTO, A. — *Estruturas de Madeira*. FEUP, 2004.
- [25] MARQUES, L. — *O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção* Mestrado Integrado em Engenharia Civil -2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008
- [26] VAZ, S. — *Avaliação Técnica e Económica de Casas Pré-fabricadas em Madeira Maciça*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil -2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008
- [27] APPLETON, J. — *Construções em Betão – Nota histórica sobre a sua evolução*, IST, 2005.
- [28] NP EN 206-1 – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade, IPQ, 2005.
- [29] NP EN 197-1 Cimentos, Quadro Os 27 produtos da família de cimentos correntes, IPQ, 2001.
- [30] Orçamentos e orçamentação na construção civil “Ficha Rendimento Betão C30/37 <http://orcamentos.eu/c3037-b37/> (acedido em Março 2012).
- [31] CASTRO, J. e MARTINS J.G. — *Patologias do Betão Reparação e Reforços de Estruturas*, Porto, 1ª Edição, 2005.
- [32] TOSTÕES A. — *Construção moderna: as grandes mudanças do século XX*, IST, 2004.
- [33] SANTOS, F. SILVA, S. S. — *Manual de Execução e Estruturas Metálicas*, CMM, Coimbra, 2011.
- [34] Engenharia Civil “Dimensionamento EC3 de estruturas de aço leve” <http://www.engenhariacivil.com> (acedido em Março 2011).
- [35] NETO, P. e FERREIRA, C. *Patologia em Construções Mistas de Concreto e Aço*, São Paulo, Brasil, 2004.
- [36] Terra Crua “Blocos de Terra Compactada – Produção e Construção” <http://www.terracrua.com/> (acedido em Março 2012)

- [37] CASEMA “Casas Especiais em Madeira”
<http://www.casema.pt/> (acedido em Março 2012)
- [38] SIT Modular Solutions “Modular Homes”
<http://www.siturbandesign.com/modular/> (acedido em Março 2012)
- [39] GESTEDI “Soluções de Alta Tecnologia em Construção”
<http://www.gestedi.pt/> (acedido em Março 2011)
- [40] RODRIGUES, F. — *Steel Framing: Engenharia*, Instituto Brasileiro de Siderurgia/ Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2006.
- [41] Especificações técnicas do sistema construtivo Light steel framing — *Edifícios com estrutura em aço galvanizado*, STEEL – Sociedade Técnica de Edificação de Estruturas Leves, Lda, 2009
- [42] FREITAS, A. e CRASTO R. — *Steel Framing: Arquitectura*, Instituto Brasileiro de Siderurgia/ Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2006.
- [43] KUMAR, S.R. e KUMAR, A.R. — *Types of column sections*, Department of Civil Engineering , IIT Madras, 2010.
- [44] BELGAS, L. — *Light Gauge Steel Framing*, Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Tomar, 2006
- [45] BRAGANÇA, L. e Mateus, R. — *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*, Universidade do Minho, 2004.
- [46] PINHO, F. e PENNA F. — *Viabilidade Económica*, Instituto Brasileiro de Siderurgia/ Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2008.
- [47] PINHO. M. — *Transporte e Montagem*, Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2005.
- [48] TEKETO “Processo Construtivo”
<http://www.teketo.pt/MenuHorizontal/Constru%C3%A7%C3%A3oemA%C3%A7o/ProcessoConstrutivo/tabid/434/language/pt-PT/Default.aspx> (acedido em Abril 2012)
- [49] Decreto-Lei n.º 133/2010 de 22 de Dezembro, Diário da República, 1.ª série — N.º 246 — 22 de Dezembro de 2010
- [50] PINHO, F. — *Quando Construir em Aço? Roteiro para escolha do sistema estrutural mais adequado*, Perfis Gerdau Açominas, 2006.
- [51] FUTURENG “Legislação Aplicável”
<http://www.futureng.pt/engenharia-legislacao-aplicavel> (acedido em Abril 2012)
- [52] PANNONI, F. — *Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em situação de corrosão e incêndio*, Coletânea do Uso do Aço – Vol. 2, São Paulo, 2002.

- [53] VARGAS, R. e SILVA, P. — *Manual da Construção em aço: Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço*, Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço Rio de Janeiro, 2003.
- [54] FERREIRA, A. B. H. — *Novo Aurélio século XX: o dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro, 1999.
- [55] GREVEN H. e BALDAUF A. — *Introdução à coordenação modular da construção no brasil: Uma abordagem actualizada*, Coleção HABITARE/FINEP, Porto Alegre, 2007.
- [56] LAWSON, M. — *Technical: Building using modules, New Steel Construction*, Outubro 2007 (Vol. 10 n.º 5), New Steel Construction, 2007.
- [57] PATINHA, S. — *Construção Modular – desenvolvimento da ideia: casa numa caixa*, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro, 2011.
- [58] AUGUSTO N. — *Habitação social – da intenção de inserção à ampliação da exclusão*, IV Congresso Português de Sociologia, Universidade de Coimbra, 2000.
- [59] CDHU “Vila Dignidade”
http://www.cdhu.sp.gov.br/programas_habitacionais/provisao_de_moradias/vila-dignidade.asp
(acedido em Maio 2012)
- [60] PENNA, F. — *Análise da viabilidade econômica do sistema light steel framing na execução de habitações de interesse social: uma abordagem pragmática*, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- [61] BATISTA, E. e GHAVAMI K. — *Development of Brazilian steel construction*. Journal of Constructional Steel Research 1009-1024, ELSEVIER, 2005.
- [62] ABRANTES, L. e MARQUES, D. — *Contabilidade Analítica em Empresas de Construção Civil*, Instituto de Contabilidade e Administração do Porto, Porto, 2009.
- [63] CARTER C.J. e SCHLAFLY T.J. — *Save more Money*, Modern Steel Construction, 2008.
- [64] ROSA, G. e PRAVIA Z. — *Planos de Manutenção para Empreendimentos em Estruturas de Aço*, Revista Construção Metálica - Ed. 103, 2011.
- [65] PANNONI, F. — *Projecto e Durabilidade*, Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2009.
- [66] International Iron and Steel Institute — *The measure of our sustainability*, Report of the world steel industry 2010”, 2010.
- [67] GUEDES, M. ET ALL — *Arquitectura Sustentável em Cabo Verde*, Comunidade dos Países de Língua Portuguesa, 2011.
- [68] Global Wind Report – Anual market update 2011.
http://www.gwec.net/fileadmin/images/newsletter/Full_country_table.jpg (acedido em junho 2012)
- [69] Fotos da evolução da construção da moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005

- [70] Projecto de Arquitectura de moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005
- [71] Caderno de encargos do Projecto de construção de moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005
- [72] Manual de Instalação Sistemas Knauf drywall, Knauf, 2010.
- [73] Fichas de Rendimentos do Projecto de construção de moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005
- [74] Planeamento do Projecto de construção de moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005
- [75] Orçamentação do Projecto de construção de moradia unifamiliar, da empresa Futureng, Lisboa, 2005

ANEXOS

ANEXO 1 – Inquérito de satisfação de um morador de habitação no sistema LSF

Inquérito de Satisfação relativo à Habitação em LSF

1. Nome: Francisco Vithena
 2. Idade: 53
 3. Localidade de residência: Alcacer do Sal
 4. Relativamente à Habitação em LSF:

	Muito Bom	Bom	Satisfaz	Não Satisfaz	NS/NR
Como avalia globalmente a habitação?	x				
Como considera o isolamento térmico?	x				
Como considera o isolamento acústico?		x			
Como avalia a habitação em termos de sombreamento?	x				
Como avalia o projecto arquitectónico do edifício?		x			
Como avalia a integração com sistema hidráulico e eléctrico?	x				
Como avalia a segurança estrutural do edifício?	x				
Como avalia a protecção contra incêndios?		x			
Como considera a protecção a sismos ou catástrofes?	x				
Como avalia a protecção contra intrusos?			x		

5. Quanto tempo demorou a executar o projecto de arquitectura?

3-4 meses

6. Quanto tempo demorou a construção da habitação?

8 meses

7. O orçamento projectado para a obra excedeu o real? Não

Se sim, em quanto? _____

8. A habitação necessita de alguns cuidados em termos de manutenção? Sim

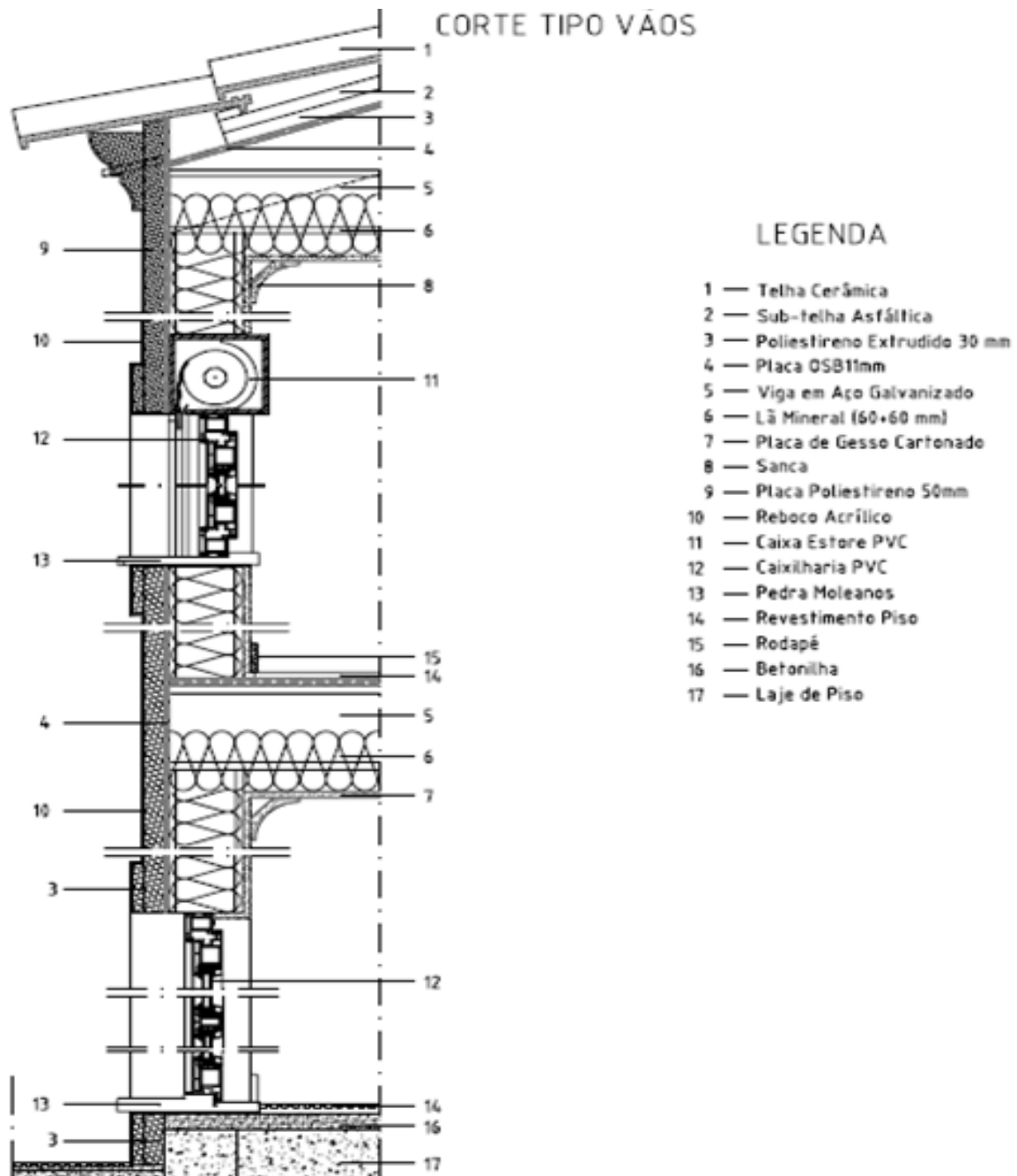
Se sim, quais? ventilação natural diária, às horas adequadas

9. Quais as principais vantagens e desvantagens que considera numa habitação em LSF?

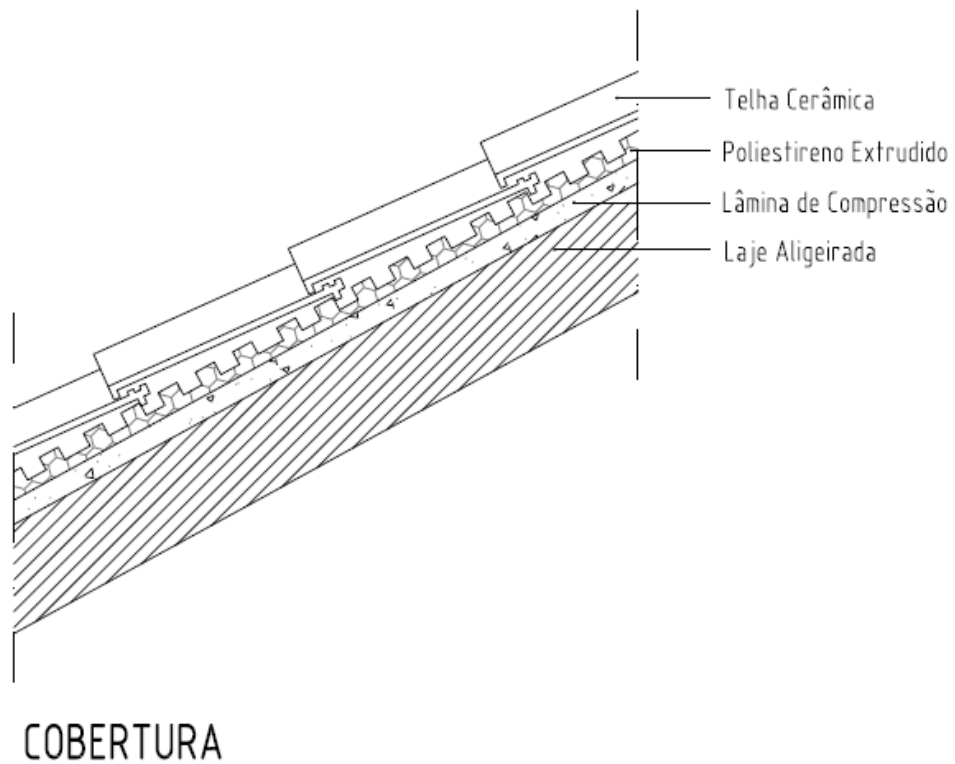
Segurança estrutural, conforto térmico, salubridade (construção seca)

Obrigado pela sua colaboração

ANEXO 2 – Pormenor construtiva de cobertura, piso e parede exterior em LSF



ANEXO 3 – Pormenor construtivo de cobertura no sistema tradicional



ANEXO 4 – Fotos da evolução da construção da moradia unifamiliar



Figura 1 – Estrutura metálica da habitação



Figura 2 – Estrutura metálica da cobertura



Figura 3 – Colocação de OSB



Figura 4 – Colocação de sistema ETICS



Figura 5 – Moradia concluída



Figura 6 – Moradia concluída