

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA COM PROPÓSITOS
SUSTENTÁVEIS-CASO DE ESTUDO

Luis Filipe Silva Pereira

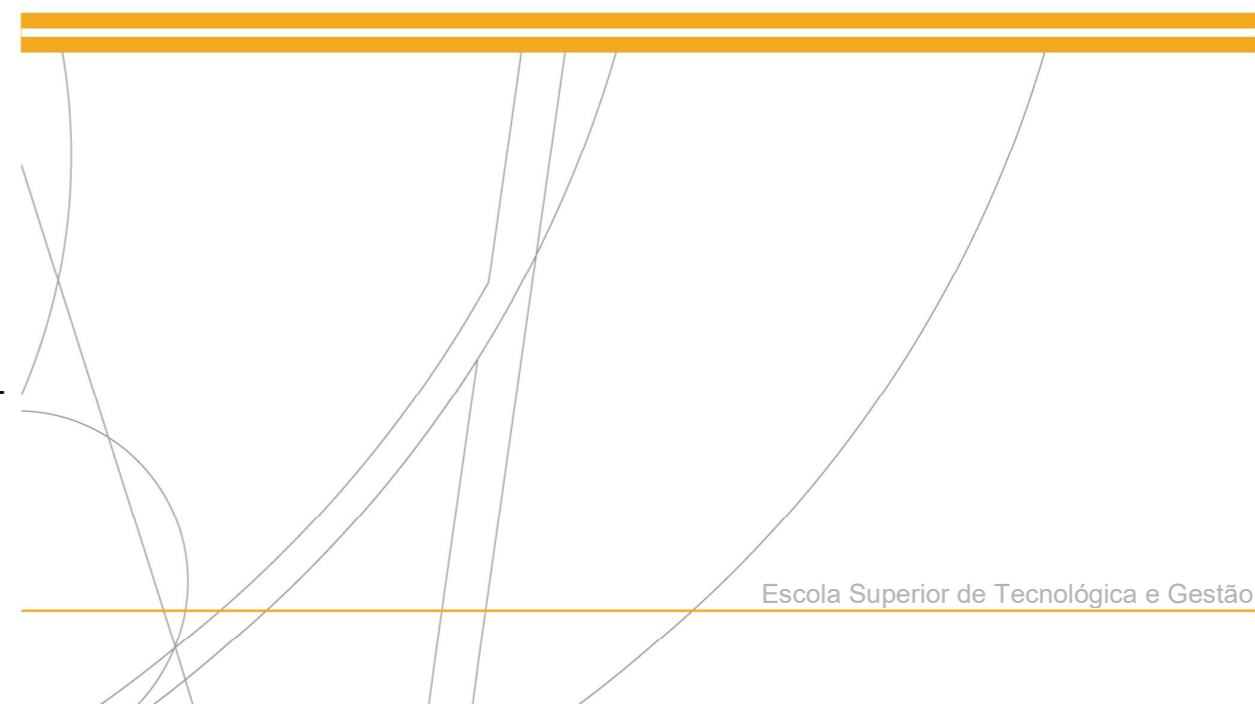
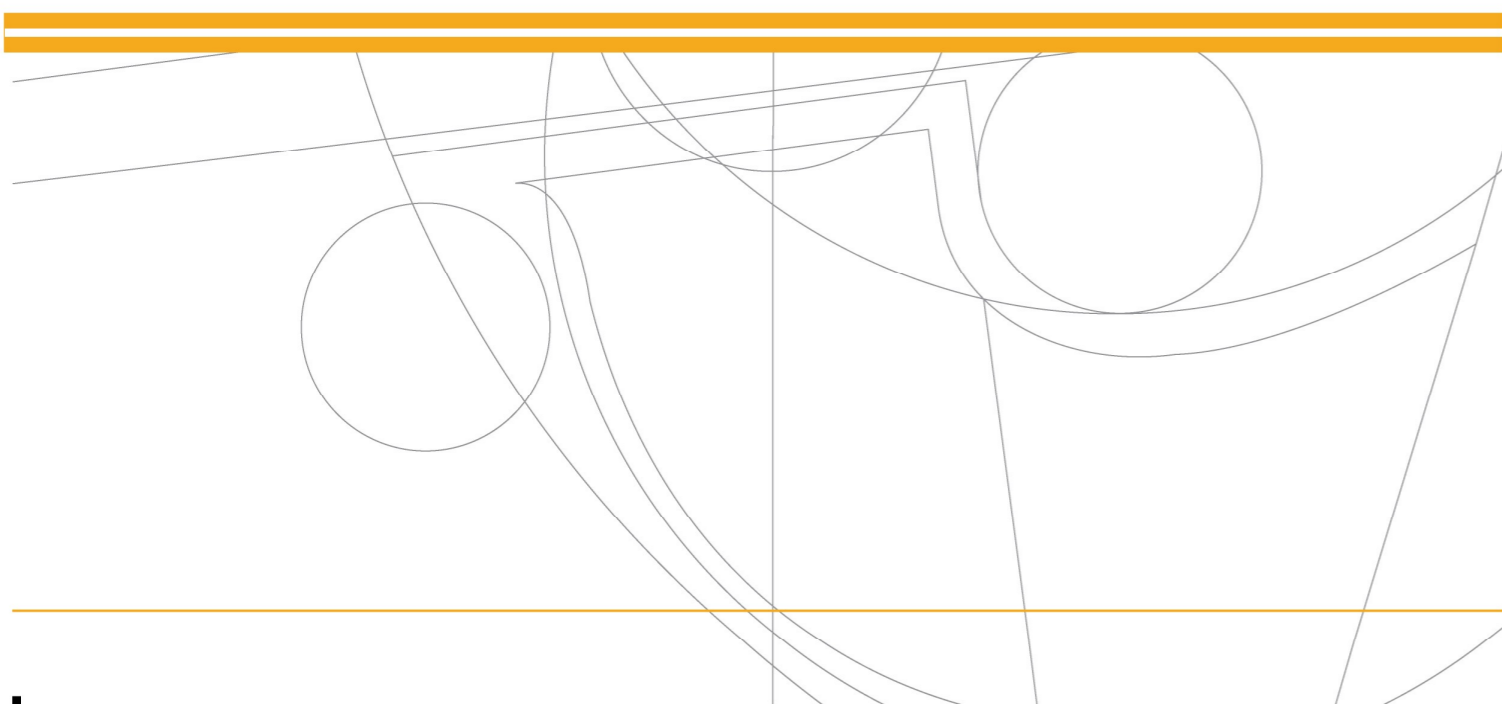
2019



Construção PRÉ-FABRICADA
COM PROPÓSITOS SUSTENTÁVEIS-CASO DE ESTUDO

Luis Filipe Silva Pereira

Escola Superior de Tecnológica e Gestão





INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Luis Filipe Silva Pereira

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA
COM PROPÓSITOS SUSTENTÁVEIS-CASO DE ESTUDO

Nome do Curso de Mestrado
Engenharia Civil e do ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António Curado

julho de 2019

MEMBROS DE JURI NOMEADOS

Presidente do júri: Professor Doutor Pedro Delgado

Arguente: Professor Doutor Domingos Ribas

Orientador: Professor Doutor António Curado

Coorientador: Professor Doutor Pedro Delgado

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que tornaram possível esta dissertação em especial á instituição IPVC, seus professores e alunos de engenharia civil e do ambiente que me ajudaram a adquirir os conhecimentos necessários para concluir a dissertação apresentada.

Agora que todo o trabalho chegou ao fim...

Agradeço pessoalmente ao orientador Professor Doutor António Curado pelo interesse demonstrado pelo caso de estudo desde o primeiro momento, apoio, disponibilidade e alto nível de exigência exercida nesta orientação que fez com que o resultado final atingisse um desenvolvimento que superasse as expectativas. A sua orientação resultou num estudo exaustivo de todas as variáveis, permitindo resolver problemas de forma e conteúdo que só emergem depois de uma análise rigorosa, profunda e sustentada apenas possível sob a sua orientação.

Agradeço ao coorientador Professor Doutor Pedro Delgado que me apoiou e disponibilizou o seu tempo, preocupando-se apenas em tornar o projeto melhor. A sua colaboração possibilitou depurar e otimizar o desenho, contribuindo para a estandardização dos elementos. A sua colaboração reflete aquilo que melhor sabe fazer, ensinar e fazer evoluir os seus alunos através do seu conhecimento.

Agradeço ao Rafael, Eng. André Telheiro, Sr. Alves, Vasco Pereira que com as suas empresas contribuíram de forma essencial para o evoluir da dissertação e me apoiaram no desenvolvimento da dissertação através do seu conhecimento sem os quais tudo isto não seria possível.

Agradeço por fim aos meus Pais irmão e amigos que me têm de aturar, em especial ao meu pai que fez questão de apoiar e suportar esta aventura que me permitiu desenvolver novas valências e conhecimentos.

RESUMO

A dissertação consiste no desenvolvimento do projeto de um edifício com preocupações ecológicas, transportável, multifuncional, com potencial de reconversão da sua imagem para fins turísticos e alojamento temporário, tanto para iniciativas públicas como privadas.

As suas características permitem criar condições para recriar espaços de diferente natureza, permitindo uma fácil adaptação ao lugar de implantação. A conceção do objeto de estudo visa reforçar a sustentabilidade ambiental do local de implantação através do compromisso ecológico estabelecido entre o objeto construído, os utilizadores e o ambiente natural.

A imagem do projeto assenta na construção prefabricada e produz uma linguagem compatível com os desafios conceptuais definidos á partida. Os referidos desafios visam criar um projeto autossuficiente com capacidade de ser utilizado sem recorrer a infraestruturas exteriores, assim como permitir o agrupamento em novas formas organizacionais e espaciais, sustentando desta forma a conceção arquitetónica. O projeto recorre a materiais e processos sustentáveis, assentando na escolha de elementos potencialmente recicláveis e no aproveitamento das energias renováveis. Em suma, o projeto minimiza a pegada ecológica inerente á sua construção.

O estudo das especialidades de engenharia que suportam o objeto arquitetónico privilegiam a autonomia face ás infraestruturas locais. A escolha dos materiais e dos processos construtivos permite otimizar o tempo de montagem e consequente desmontagem, cumprindo as condicionantes legislativas aplicadas, e contribuindo desta forma para a sustentabilidade.

As condicionantes de natureza económica são essenciais para a viabilização técnica da proposta. Neste sentido procurou-se otimizar o processo construtivo e selecionar soluções reutilizáveis. O estudo desenvolvido traduz-se num projeto de um edifício multifuncional, transportável, de reduzido impacto ambiental, suportado por uma abordagem construtiva simples e sistemática.

Em síntese, procurou-se compatibilizar no objeto de estudo preocupações de carácter funcional, estética, ambiental, garantindo um forte contributo para a sustentabilidade construtiva. Complementarmente houve preocupações de carácter tecnológico, que visou facilitar a gestão do edifício.

ABSTRACT

The dissertation consists of the development of one prototype with ecological concerns, transportable, multifunctional, with a potential of reconversion of its image for tourist purposes and temporary accommodation, for both public and private initiatives.

Its characteristics allow creating the conditions to recreate spaces of different nature, allowing an easy adaptation to the implantation site. The design of the object of study aims to reinforce the environmental sustainability of the place of implantation through the ecological commitment established between the built object, the users and the natural environment.

The project's image is based on prefabricated construction and produces a language compatible with the conceptual challenges predefined. These challenges aim to create a self-sufficient project with the capacity to be used without any connection to external infrastructures, as well as to allow the grouping in new organizational and spatial forms, thus sustaining the architectural design. The project uses sustainable materials and processes, based on the choice of potentially recyclable elements and the use of renewable energies. In short, the project minimizes the ecological footprint inherent to its construction.

The study of the engineering specialties that support the architectural object privilege the autonomy of the local infrastructures. The choice of the materials and the construction processes allows to optimize the time of assembly and consequent disassembly, fulfilling the legislative constraints applied, and contributing to increasing sustainability.

The economic conditions are essential for the technical feasibility of the proposal. In this sense, we tried to optimize the constructive process and select reusable solutions. The study developed is a project of a multifunctional, transportable building of low environmental impact, supported by a simple and systematic constructive approach.

In summary, the building matches functional, aesthetic and environmental concerns, guaranteeing a strong contribution to constructive sustainability. The technological devices applied aimed to facilitate the management of the building.

ÍNDICE

1.	Introdução.....	1
2.	Estado da arte referente à evolução do processo construtivo	4
2.1.	Construção na pré-história.....	4
2.2.	Construção na antiga Mesopotâmia	6
2.3.	Construção no antigo Egito	7
2.4.	Construção na antiga Grécia.....	10
2.5.	Construção na antiga Roma.....	13
2.6.	Resumo histórico até ao século XX.....	17
2.7.	Construção no modernismo-Le Corbusier.....	24
3.	Estudo de soluções de construção prefabricada séc. XXI.....	27
3.1	Construção pré-fabricada em materiais tradicionais.....	27
3.1.1.	Projeto modular CABANON – apresentação	27
3.1.2.	Projeto modular CABANON - análise crítica	31
3.1.3.	Projeto pré-fabricado TAM – apresentação	33
3.1.4.	Projeto pré-fabricado TAM – análise crítica.....	37
3.2.	Construção pré-fabricada em madeira.....	41
3.2.1.	Projeto modular M.A.DI. - Apresentação	41
3.2.2.	Projeto modular M.A.DI. – Análise crítica	45
3.2.3.	Projeto modular Treehouse – Apresentação	51
3.2.4.	Projeto modular Treehouse – Análise crítica	54
3.3.	Construção pré-fabricada em aço	55
3.3.1.	Projeto modular Emob – Apresentação.....	55
3.3.2.	Emob – Análise crítica.....	59
3.3.3.	Projeto pré-fabricado vipp – Apresentação.....	60
3.3.4.	Projeto pré-fabricado vipp – Análise crítica.....	65
3.4.	Construção pré-fabricada em betão.....	67
3.4.1.	Projeto modular KODA – apresentação	67
3.4.2.	Projeto modular KODA – análise crítica	70
3.4.3.	GOMOS – apresentação.....	72
3.4.4.	GOMOS – análise crítica.....	76

3.5. Construção pré-fabricada em materiais inovadores.....	77
3.5.1. WIKKELHOUSE – apresentação	77
3.5.2. WIKKELHOUSE-análise crítica	81
3.5.3. DIOGENE – apresentação	82
3.5.4. DIOGENE – análise crítica	88
4. Construção modular prefabricada sustentável -caso de estudo... 91	91
4.1. Motivação do projeto	91
4.2. Objetivos da conceção	91
4.3. Conceção arquitetónica.....	92
4.3.1. Definição da compartimentação da base	93
4.3.2. Materialização da cintagem da base do edifício	98
4.3.3. Execução da solução do teto	100
4.3.4. Materialização da envolvente	105
4.3.5. Acabamento final da envolvente	110
4.3.6. Conclusão	112
4.4. Conceção técnico-construtiva	113
4.5. Conceção estrutural e construtiva.....	114
4.5.1. Conceção estrutural	114
4.5.2. Conceção construtiva.....	120
4.6. Conceção térmica	123
4.7. Conceção acústica.....	129
4.8. Conceção ao nível da Segurança Contra Incêndios.....	131
4.9. Conceção das redes e instalações prediais.....	133
4.9.1. Conceção da rede predial distribuição de água - Conceção e traçado.....	133
4.9.2. Conceção da rede de drenagem águas pluviais - Conceção e traçado.....	139
4.9.3. Conceção da rede de drenagem de águas residuais domésticas - Conceção e traçado	145
4.9.4. Conceção das Redes e instalações elétricas - Conceção e traçado.....	146
4.9.5. Conceção instalação de gás - Conceção e traçado.....	149
4.10. Implementação de energias renováveis	151
4.10.1. Enquadramento.....	151
4.10.2. Implementação do sistema solar térmico	152
4.10.3. Implementação do sistema fotovoltaico.....	157

4.11.	Integração dos diversos projetos	164
5.	Análise técnico-económica	165
5.1.	Enquadramento.....	165
5.2.	Análise comparativa	165
6.	Conclusão	168
7.	Bibliografia	171
8.	Anexos	178
	Anexo A - Relatórios técnicos	178
	Anexo B – Caderno de encargos e orçamentos.....	194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-representação em planta e perspetiva de um cromeleque do período neolítico	5
Figura 2-Zigurate da civilização mesopotâmia, zigurate de Ur (Nassíria, Iraque).....	7
Figura 3-pirâmide da civilização Egípcia, Pirâmide de Quéops (Gizé, Egito)	9
Figura 4-templo da civilização grega Pártenon (Atenas, Grécia) e a relação com a proporção áurea presente na natureza (concha NAUTILUS).....	11
Figura 5-representação das ordens arquitetónicas da civilização grega	12
Figura 6-representação dos limites do império romano.....	13
Figura 7-representação do sistema viário/comunicação do império romano	16
figura 8-representação do sistema construtivo viário da civilização romana	17
Figura 9-igreja do período Românico,Igreja de São Martinho de Mouros (Resende, Portugal).....	18
Figura 10-catedral do período Gótico, Catedral de Milán (Milão, Itália).....	19
Figura 11-catedral do período Renascentista, Catedral de Santa Maria Del Fiore (Florença, Itália).....	20
Figura 12-edifício do período Barroco, Palácio de Versailles (Versailles, França).....	20
Figura 13-catedral do período Rococó, Igreja de Wies (Baviera, Alemanha)	21
Figura 14-edifício do período Neoclássico , Eduskuntatalo (Helsínquia, Finlândia).....	22
Figura 15-edifício do período da arquitetura do ferro, Torre Eiffel (Paris, França).....	23
figura 16-representação do sistema de proporções do MODULOR	24
figura 17-edifício do modernismo, unidade de habitação de Marselha (Marselha, França)	25
Figura 18-LE CABANON	27
Figura 19-interior da LE CABANON	28
Figura 20-LE CABANON exposto a relação com a envolvente	29
Figura 21-vista da baía proporcionada pelo vão	30
Figura 22-vão de ventilação e das janelas	30
Figura 23-combinação das cores que definem espaços	31
Figura 24-representação da relação métrica do projeto com o corpo humano “MODULOR”	32
Figura 25-representação em planta do módulo base T1-11.60x4.60m	33
Figura 26-representação em planta do módulo base T2-14.50x4.60m	33
figura 27-representação em planta do módulo base T3-16.20x4.60m.....	34
figura 28-representação da versão comercial	34
figura 29-estrutura de suporte assente sobre rodas.....	35
figura 30-apoios em betão	36
figura 31-representação das combinações possíveis dos módulos.....	36
figura 32-sistema construtivo em palha.....	37

figura 33-TAMHAUS	38
figura 34-estrutura dos arranjos exteriores da TAMHAUS	38
figura 35-solução das fundações adotada para situações mais permanentes.....	39
figura 36-montagem do protótipo	39
Figura 37-interior da TAMHAUS	40
figura 38-MA.D.I.....	41
figura 39-representação de combinações possíveis de módulos e aglomerados	42
figura 40-sistema de fundações com ensoleiramento geral.....	43
Figura 41-representação em planta do módulo único - 27 m ²	43
Figura 42-representação em planta do módulo triplo - 70 m ²	44
figura 43-montagem dos dois módulos para habitação.....	44
figura 44-representação em planta do módulo duplo - 56 m ²	45
figura 45-conceito do projeto em destaque	46
figura 46-módulos preparados para o transporte e a execução da montagem com o auxílio de grua	46
figura 47-montagem com o auxílio de quatro operários e maquinaria pesada	48
figura 48-excessiva inclinação dos acessos verticais.....	49
figura 49-dificuldade do aproveitamento do espaço interior	50
figura 50-Treehouse	51
figura 51-representação em planta do modulo base	52
figura 52-módulo compacto a ser implantado	52
figura 53-módulo transportado por um camião.....	53
figura 54-agregação de vários módulos	53
figura 55-necessidade da utilização de maquinaria pesada	54
figura 56-EMOB	56
figura 57-implantação do modulo.....	56
figura 58-representação em planta de várias soluções organizacionais disponíveis ...	57
Figura 59-aplicação do isolamento sobre a estrutura do contentor marítimo	57
figura 60-sistema de apoios dos módulos	58
Figura 61-forma retangular do modulo.....	59
Figura 62-vipp.....	60
Figura 63-módulo a ser implantado.....	61
Figura 64-conceito	62
Figura 65-sistema de apoios do módulo sobre pilares	63
Figura 66-representação em planta da vipp.....	64
Figura 67-pré fabricação executada em fábrica	65
Figura 68-módulo transportado por um camião.....	66
Figura 69-quarto e acesso vertical	67
figura 70-KODA	68
figura 71-implantação do módulo e sistema de apoios.....	69
figura 72-combinações dos módulos em aglomerados	69
figura 73-módulo implantado num vazio da cidade	70
figura 74-revestimento dos painéis de betão em pormenor.....	71
figura 75-módulo a ser transportado por um camião	72
figura 76-representação do conceito da Gomos.....	73

figura 77-Gomos	74
figura 78-ensoleiramento geral para implantar o edifício	74
figura 79-representação em planta de várias soluções organizacionais disponíveis ...	75
figura 80-formas e o conceitoda Gomos	76
figura 81-representação do conceito da Wikkelhuse	78
figura 82-Wikkelhuse	79
figura 83-sistema construtivo por multicamadas de papel	79
figura 84-sistema de fundações assente sobre vigas de betão	80
figura 85-módulo a ser implantado	80
figura 86-anexação dos modulos	81
Figura 87-projeto atual com uma imagem reconhecível Herzog vitrahaus	82
figura 88-Diogene	83
figura 89-representação em axiometria dos elementos do projeto	84
Figura 90-representação em corte da Diogene	85
figura 91-representação em planta da Diogene	85
figura 92-módulo compacto a ser implantado	86
figura 93-representação em axiometria das infraestruturas do projeto	87
figura 94-sistemas renováveis de apoio	88
figura 95-sistema de produção de energia	89
Figura 96-estrutura dos módulos de chão	93
Figura 97-diferentes tipos de módulos de chão	94
Figura 98-posição dos módulos de canto e intermédios	95
Figura 99-módulo interior e o extremo interior	95
Figura 100-posição dos módulos interiores e os extremos	96
Figura 101-estrutura de apoio do edifício	97
Figura 102-estrutura de suporte do acabamento final da envolvente	97
Figura 103-isolamento dos módulos de chão	98
Figura 104-revestimento em chapa dos módulos de chão	99
Figura 105-módulos de chão assemblados com a cintagem	99
Figura 106-camadas que compõem o remate de chão	100
Figura 107-colocação do piso no módulo de chão	100
Figura 108-diferentes tipos de módulos de teto	101
Figura 109-sistema de suspensão do teto	102
Figura 110-teto assemblado	102
Figura 111-fixação da tela da cobertura	103
Figura 112-conceito construtivo utilizado para a solução de teto	104
Figura 113-colocação da solução de teto	104
Figura 114-diferentes tipos de envolvente	105
Figura 115-componentes do módulo envidraçado	106
Figura 116-componentes do módulo opaco	106
Figura 117-diferença entre a estrutura do módulo envidraçado e opaco	107
Figura 118-pormenor de encaixe dos módulos do envolvente "interior"	107
Figura 119-remate de canto dos módulos envidraçados	108
Figura 120-remate de canto dos módulos opacos	108
Figura 121-remate de canto dos módulos de vidro e opaco	109

Figura 122-edifício assembledo	109
Figura 123-dois tipos de acabamento final da envolvente (opaco e vidro)	110
Figura 124-componentes da estrutura de suporte do acabamento final.....	111
Figura 125-edifício acabado.....	111
Figura 126-planta do módulo base do caso de estudo.....	113
Figura 127-software de pré dimensionamento utilizado	115
Figura 128-suportes de fixação do módulo opaco.....	116
Figura 129-áreas de influência dos suportes de fixação	117
Figura 130-suportes de fixação do módulo envidraçado	117
Figura 131-cargas consideradas para o dimensionamento.....	119
Figura 132-conceção construtiva adotada	121
Figura 133-desenho das patas de fixação da envolvente final	122
Figura 134-estrutura da envolvente	123
Figura 135-caracterização da envolvente em corte.....	124
Figura 136-caracterização da laje de cobertura	126
Figura 137-caracterização da envolvente opaca.....	128
Figura 138-caracterização da envolvente envidraçada	129
Figura 139-sistema indireto de abastecimento de água	134
Figura 140-traçado do abastecimento de água na cobertura	135
Figura 141-traçado do abastecimento de água no piso 0.....	136
Figura 142-axonometria do traçado do abastecimento de água respetivos diâmetros	137
Figura 143-axonometria do traçado do abastecimento de água.....	138
Figura 144-acessórios da rede de distribuição de água em polibutileno	139
Figura 145-sistema indireto de aproveitamento águas pluviais	140
Figura 146-sistema de recolha pluvial da cobertura.....	141
Figura 147- axonometrias do traçado das águas pluviais e respetivos diâmetros.....	143
Figura 148-axonometrias do traçado das águas pluviais	144
Figura 149-sistema do ponto de recolha das águas da chuva na cobertura.....	144
Figura 150-traçado da rede das águas residuais	145
Figura 151-traçado da rede das águas residuais com ligação á rede pública	146
Figura 152-traçado do sistema elétrico	148
Figura 153-traçado do sistema elétrico	148
Figura 154-traçado da instalação do gás	149
Figura 155-localização da botija de gás.....	150
Figura 156-axonometria do traçado das águas quentes sanitárias	152
Figura 157-axonometria do traçado das águas quentes sanitárias	153
Figura 158-simulação do coletor padrão.....	154
Figura 159-rendimento energético da solução do caso de estudo	155
Figura 160-rendimento económico da solução do caso de estudo.....	156
Figura 161-rendimento ambiental da solução do caso de estudo	157
Figura 162-sistema fotovoltaico de autoconsumo	158
Figura 163-produção mensal do sistema implementado ao longo do ano.....	161
Figura 164-análise do estado de carga das baterias ao longo do ano	162
Figura 165-sistema construtivo aço leve	166

Figura 166-sistema construtivo em madeira	166
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-características térmicas dos elementos da laje de cobertura	125
Tabela 2-características térmicas dos elementos da envolvente opaca	127
Tabela 3-índice de redução sonora aparente do elemento envidraçado	131
Tabela 4-classe de reação ao fogo dos materiais aplicados no caso de estudo	132
Tabela 5-consumos unitários e anuais por dispositivo ou Utilização	142
Tabela 6-consumos da energia elétrica gastos por estadia	147
Tabela 7-tubagem a adotar em função do caudal de calculo	151
Tabela 8-valores da radiação solar incidente num plano horizontal (Viana do Castelo) ano 2017	160

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	118
Equação 2	118
Equação 3	118
Equação 4	119
Equação 5	120
Equação 6	120
Equação 7	125
Equação 8	125
Equação 9	130
Equação 10	134
Equação 11	142
Equação 12	143
Equação 13	151
Equação 14	159
Equação 15	160
Equação 16	161
Equação 17	163
Equação 18	163
Equação 19	163

LISTA DE ACRÓNIMOS

A -	Amperes
A.C. -	Antes de cristo
AQS -	Água quente sanitária
Ah -	Ampere
CA -	Corrente alterna
CC -	Corrente contínua
C _b -	Capacidade acumuladora das baterias
C.C. -	Corrente continua
CO ₂ -	Dióxido de carbono
°C -	Graus celsius
dB -	Decibel
DGEG -	Direção geral de energia e geologia
e -	Espessura
€ -	Euros
G -	Peso próprio
J -	Joule
Kg -	Kilograma
KW -	Kilo Watt de energia
L -	Litro
LSF -	Aço leve (<i>Light steel frame</i>)
M -	Mega
m -	Metros
m ² -	Metros quadrados
m ³ -	Metros cúbicos
mm -	milímetros

- M_{sd} - Momento atuante
- P - Força aplicada
- P_{VF} - Potencia sistema fotovoltaico
- Q - Sobrecarga
- RESP - Rede elétrica de serviço publico
- R - Resistência térmica
- R_w - Índice de redução sonora
- S235 - Classificação do aço
- T1 - Habitação com um quarto
- T2 - Habitação com dois quartos
- T3 - Habitação com três quartos
- U - Coeficiente de transmissão térmica
- V - Volt
- W - Watt
- % - Percentagem
- \emptyset - Diâmetro
- σ_{sd} - Tensão de calculo
- σ_{rd} - Tensão resistente

1. Introdução

A dissertação em curso pretende estabelecer, numa primeira fase, o estado da arte referente à construção modular com propósitos sustentáveis. Neste contexto, deseja-se estabelecer uma análise que não se remete apenas ao estudo arquitetónico deste tipo de construções, englobando o estudo de engenharia e a respetiva parte construtiva.

O estudo da arquitetura de edifícios de índole prefabricada engloba a organização espacial, o enquadramento no ambiente envolvente, a definição da volumetria e a seleção dos materiais adequados à sua execução. Complementarmente, o objeto em estudo implica uma análise técnica de um ponto de vista das especialidades de engenharia, tendo em vista buscar as melhores soluções que materializem o estudo de arquitetura desenvolvido. A arquitetura e a engenharia necessitam de um estudo construtivo detalhado que permitam materializar a conceção numa obra física com restrições técnicas e económicas.

O estado da arte da construção modular sustentável só é entendido percebendo as mudanças da sociedade atual, que vive um momento de avanço tecnológico e de disseminação de conhecimento, que estão a mudar os paradigmas e modelos quebrando a rigidez das regras.

A globalização é um processo que existe desde a primeira partilha de conhecimento (controlo do fogo), passando pelo contributo dos descobrimentos portugueses até aos dias de hoje, assumindo uma importância enorme na sociedade global em que se vive. A globalização tem desenvolvido a necessidade cada vez maior de individualidade, o indivíduo como ser único numa sociedade marcada pela imagem procura afirmar-se, entender o seu lugar num mundo dinâmico e efémero. O Homem começa a entender que os limites deixaram de ser os das fronteiras terrestres, predomina o momento que se perde num mundo virtual, as raízes não se encontram ligadas à terra de origem, mas caminham connosco na torrente das necessidades criadas pela sociedade onde tudo passa à velocidade de um *click*.

A pressão exercida no planeta pelo aumento demográfico, da mobilidade, da produtividade e maximização do lucro em detrimento de práticas mais sustentáveis estão a levar à alteração de valores na sociedade, criaram uma necessidade urgente em redefinir prioridades. A nossa casa passa a ser onde a necessidade existe, a

mobilidade faz o mundo torna-se o nosso lugar e cria a consciência ecológica e a necessidade de cuidar do que é nosso.

O setor da construção civil responsável económico de grande referência na economia portuguesa e Europeia, representa 28.1% do emprego e 7.5% da produção económica europeia. O setor produz uma pegada ecológica relevante, produzindo 30% de emissões de carbono e retendo 42% da energia produzida nas necessidades do parque edificado. Os dados recolhidos da direção geral de energia e geologia (DGEG) permitem quantificar o gasto energético verificado em Portugal que é cerca de 30%, valor que pode ser reduzido para metade através da implementação de medidas de eficiência energética. A necessidade de mitigação e controlo energético/custos assume hoje um carácter central na elaboração dos projetos, permitindo a criação de novos produtos mais eficientes contrariando a tendência excessiva que o setor da construção apresenta relativamente ao desperdício energético.

Este desenvolvimento entronca na necessidade atual em reduzir significativamente a pegada ecológica existente (produção de CO₂), indo de encontro aos planos estratégicos mundiais e europeus. O *acordo de Paris* é um compromisso realizado por vários países a nível mundial destinado a controlar o aquecimento global num valor inferior a 2°C, estabelecendo contributos com o objetivo de alcançar metas cada vez maiores.

Os planos estratégicos implicam uma nova abordagem ao setor da construção, definindo metas capazes de dotar os edifícios de maior capacidade ecológica reduzindo a quantidade de CO₂ emitida. O plano nacional de ação para a eficiência energética definiu três planos para o contributo da redução do consumo energético na construção residencial e serviços:

- Programa Renove Casa- uso de elementos mais eficientes energeticamente no campo da iluminação, eletrodomésticos, eletrónica de consumo e reabilitação de espaços.
- Sistema de eficiência energética nos edifícios- permite certificar energeticamente os edifícios e definir estratégias de maior rentabilidade energética através do melhoramento dos vãos envidraçados, dos sistemas energéticos, dos isolamentos, etc...
- Programa Renováveis na hora- implementação de sistemas que recorrem a energias limpas que permitem diminuir demanda de energia produzida com custos maiores para o ambiente, tais como os painéis solares, painéis fotovoltaicos, eólicas, etc...

O desenvolvimento de um estado da arte detalhado permite obter referências arquitetônicas, de engenharia e construtivas inspiradas no passado, compatibilizando-as com as exigências funcionais e regulamentares da construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis. O projeto será detalhado não apenas numa perspectiva arquitetônica, mas também ao nível das especialidades e do processo construtivo a ele associado. Será uma dissertação que funde uma abordagem arquitetônica às questões de pré-fabricação com propósitos sustentáveis. As questões técnicas serão tratadas com uma abordagem apenas possível fundamentando-as com o conhecimento de engenharia civil, nas suas diversas especialidades: estrutura, instalações, térmica, acústica, de segurança, tudo a par de um estudo dos materiais, das soluções construtivas envolvidas e respetiva análise económica.

2. Estado da arte referente à evolução do processo construtivo

2.1. Construção na pré-história

No início da evolução humana a necessidade de procura de caça obrigava o Homem pré-histórico a deslocar-se conforme a demanda dos recursos e a aproveitar os elementos naturais para servir de abrigo ao meio ambiente.

A evolução permitiu ao homem fixar-se em pequenas comunidades, melhorando as suas cavernas, construindo abrigos com outras matérias-primas, aproveitar os recursos da natureza de forma mais consciente e eficaz conseguindo-os controlar (domínio do fogo). Começou a utilizar outros materiais construindo as primeiras habitações/tendas feitas de pele de animais, madeira, folhas de árvore e barro. Este período é conhecido pelo paleolítico ou idade da pedra. Período caracterizado pela construção das primeiras habitações e do processo de sedentarização que sucedeu com o desenvolvimento da agricultura e domesticação de animais.

A construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis começou a ser usada de forma empírica sem consciência nas primeiras construções erigidas pelo Homem. A interpretação do meio ambiente permitiu ao Homem ultrapassar as dificuldades ambientais e estabelecer uma vivência entre ele e o meio mais harmoniosa.

Um exemplo construído que chegou aos dias de hoje é o cromeleque *Stonehenge* que pertence ao período do neolítico. Existem hoje diversas teorias da função do monumento, referindo o astrónomo inglês *Fred Hoyle (From Stonehenge to Modern Cosmology)* que defendeu a tese que o monumento é capaz de prever eclipses e outros fenómenos celestiais concluindo que “o conhecimento astronómico desse povo deve ter nascido de muitos séculos de observação”, outras teorias defendidas afirmam que o monumento é um templo religioso. As duas teorias tocam-se na sua existência, pela importância que tinha o meio ambiente associado á falta de conhecimento que explicasse os fenómenos naturais a justificação recaía no sobrenatural.

Após uma análise atenta á representação em planta, como ilustra a figura 1, podemos definir um eixo de simetria vertical introduzindo uma notória modulação na construção. A preocupação de orientação astrológica demonstra capacidades matemáticas e

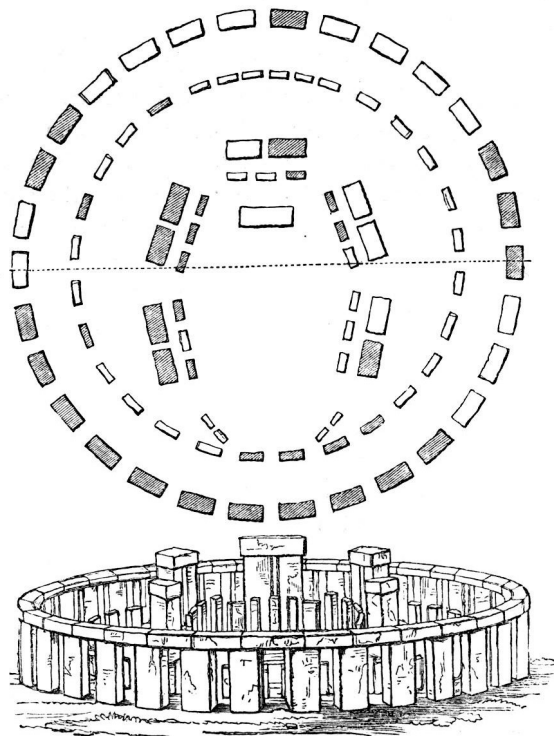


Figura 1-representação em planta e perspectiva de um cromeleque do período neolítico Stonehenge (Ilhas Britânicas, Reino Unido)

conhecimento de engenharia que os primitivos desenvolveram através da observação. Os elementos em pedra de iguais dimensões podem ser considerados como os elementos pré-fabricados que constituem o monumento e poderão ser considerados os elementos com propósito sustentável porque são em pedra natural. A relação da arquitetura com o meio atinge uma simbiose perfeita neste exemplo, a colocação e orientação dos elementos em pedra são criteriosamente escolhidos de forma a evidenciar e marcar pontos importantes na existência humana (solstícios).

2.2. Construção na antiga Mesopotâmia

A evolução humana nos seus primórdios debatia-se com a interpretação e controle do meio ambiente focando os seus avanços de forma a permitir criar condições favoráveis á sua existência. A evolução criou novas formas de estar gerando civilizações com características distintas que ao longo da história vivem períodos de grande prosperidade e decadência.

As primeiras civilizações ocidentais que existiram situavam-se na Mesopotâmia na região formada pelas bacias dos rios Tigre e Eufrates (o atual Iraque). Esta civilização era composta por várias tribos (sumérios, assírios, babilónios, hititas, caldeus, etc...), organizadas em cidades de estado, que criaram a escrita cuneiforme, as primeiras leis escritas da história, sistemas de armazenamento e irrigação complexos etc...

A economia é sustentada na agricultura e comércio, a figura central de um rei/imperador que domina a política com o seu poder teocrático, venerando criaturas antropozoomórficas eram politeístas e cada cidade tinha o seu deus. Época de grandes descobertas científicas, como o calendário, o relógio de sol e o domínio do metal etc.

A construção mais caracterizadora desta época que chegaram aos dias de hoje foram os *ZIGURATE*, como ilustra a figura 2. Orientados de acordo com aos pontos cardeais da rosa dos ventos, com uma forma piramidal com diversos pisos (3 a 6 andares) dotados de escadaria circundante que nos leva a plataformas sobrepostas até ao topo do edifício onde se situava o santuário que servia de morada dos deuses. Construídos em pedra ou tijolos cozidos ao sol em argila e palha misturados, estes edifícios cumpriam principalmente a função religiosa e além disso serviam para observar os astros, o nível de cheias, de celeiro, biblioteca etc..



Figura 2-Zigurate da civilização mesopotâmia, zigurate de Ur (Nassíria, Iraque)

A construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis encontra-se aqui refletida através do uso de materiais sustentáveis da região (argila com palha), do elemento pré-fabricado tijolo de argila “*strawbale*” e das regras/códigos de construção comuns refletindo um método construtivo e uma imagem caracterizadora da época.

A evolução humana reduziu o impacto do meio ambiente na vida quotidiana da população, permitindo libertar o homem das necessidades exclusivamente terrenas, proporcionando regras e códigos de conduta comuns a uma determinada região definindo uma relação próxima e sentido de pertença que conduz ao aparecimento da primeira grande civilização humana.

2.3. Construção no antigo Egito

A civilização egípcia desenvolveu-se no fértil vale do Nilo, com condições favoráveis para o aparecimento de uma nova civilização o homem adaptou-se às suas condições. A necessidade obrigou o Homem a criar circunstâncias que permitiram rentabilizar o cultivo que dependia de cheias anuais para o depositar de sedimentos/nutrientes (húmus).

A fixação de diferentes grupos de pessoas junto ao Rio Nilo formou unidades administrativas independentes *nomos* (Porto editora, 2003-2019) que disputavam o controlo das terras, ajudando a criar dois reinos destintos (baixo e o alto Egito). A unificação dos reinos faz-se através da conquista do Baixo Egito pelo rei *MENES* que é

considerado como o primeiro faraó da história (ano de 3200 A.C.) e uma série de dinastias sucederam-lhe depois deste acontecimento.

O rio Nilo foi explorado, aumentando a sua capacidade produtiva através da construção de diques, barragens e canais de irrigação que alteraram o seu traçado e criaram as condições ideais ao aparecimento da civilização egípcia. A agricultura era a base económica desta civilização que praticava o comércio de mercadorias e artesanato ao longo do rio através da navegação a remo e á vela. Um povo politeísta que se preocupava em cuidar o corpo dos seus mortos num processo de mumificação porque acredita na vida além da morte.

O regime político é considerado uma monarquia teocrática, o faraó é o elemento unificador, com poderes e autoridades sobrenaturais. Era visto como um deus vivo e estendia o seu poder a todos os setores da sociedade (general, juiz, economista, etc.). A sociedade era estratificada por classes de poderes tendo no topo a figura do Faraó, que se seguia da nobreza composta pela família do faraó e sacerdotes. Abaixo da nobreza situava-se a corte formada por escrivas, oficiais, funcionários artesãos que se encontram ao serviço do faraó ou da corte. A sustentar toda esta sociedade encontrava-se a mão de obra trabalhadora (grande parte da população) constituída por camponeses e escravos que não disponham de remuneração e eram obrigados a trabalhar em obras públicas, templos, etc.

As descobertas científicas, foram de tal ordem magníficas que ainda hoje se procura a resposta às formas de construção de algumas edificações da época (pirâmides) e de entre os variados legados para a humanidade destaca-se o calendário de 365 dias e a divisão do dia em 24 horas. O uso de sistemas matemáticos avançados para a construção, a evolução da medicina adquirida através do processo de mumificação, sistemas de irrigação complexos, técnicas agrícolas eficientes etc. A descoberta e uso do papiro permitiu a documentação, o desenvolvimento da escrita (hieroglífica), possibilitando a divulgação de ideias, o controle de impostos, tornando-se elemento chave para o controle da administração do vasto império.

As magnitudes dos feitos alcançados por esta civilização encontram-se refletidos nas obras arquitetónicas realizadas, as pirâmides, como ilustra a figura 3, um túmulo com o designo de albergar o faraó e proporcionar-lhe as condições ideais para uma boa passagem para o mundo dos mortos e conseqüente reencarnação.



Figura 3-pirâmide da civilização Egípcia, Pirâmide de Quéops (Gizé, Egito)

A construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis nesta edificação reflete-se no bloco de pedra de grandes dimensões que é o elemento pré-fabricado de todo o edifício. A pirâmide é construída por cerca de dois milhões de blocos de pedra de com um peso entre as 6 e 9 toneladas cada um que se encaixavam entre si apenas recorrendo às leis da gravidade (sem argamassa de cimento). A colocação de cada pedra obedece a uma ordem específica e estabelece uma relação intrínseca com o todo (relação geométrica, posição, transporte) funcionando como um puzzle onde cada elemento é esculpido e pensado para ser colocado em determinado local. Esta complexidade implica uma sistematização de todas as tarefas e infraestruturas inerentes aos trabalhos exercidos na construção das pirâmides. A mão de obra empregue obrigou a um planeamento cuidadoso para organizar todo o processo construtivo, desde a localização/ deslocação dos trabalhadores para o local da obra, a organização de todo o espaço envolvente de apoio aos trabalhadores e transporte das matérias-primas refletindo as mesmas dificuldades existentes na construção pré-fabricada.

A edificação das pirâmides é ainda hoje motivo de várias teorias, inclusive as conspiratórias que alegam que o conhecimento científico aplicado advém de seres extraterrestres. A evolução humana registou nesta época um avanço considerável no conhecimento científico do meio ambiente, permitindo controlar os elementos libertando o Homem das necessidades básicas da sobrevivência permitindo desprender o pensamento para novos desafios.

2.4. Construção na antiga Grécia

A civilização grega surgiu por volta de 2000 A.C., localizada entre as ilhas dos mares Jónico, Egeus e Mediterrâneo na região Balcânica ao sul do continente europeu. A formação da civilização iniciou-se através do estabelecimento de vários povos nesta região, intensificando a diversidade cultural e a independência entre cidades. A civilização grega era um conjunto de cidades de estado independentes, com os seus próprios deuses, organização social e forma político-administrativa.

A civilização grega explorou a navegação e o comércio marítimo tornando-o a sua principal atividade económica. A comunicação entre povos era complicada devido às características físicas da região constituída por inúmeras ilhas com relevo montanhoso. O solo não tinha as condições essenciais para o desenvolvimento da agricultura privilegiando a navegação como meio de transporte e comunicação entre povos que se encontravam afastados entre si. O elemento de ligação desta vasta região era a cultura que desenvolveram, utilizando a mesma língua e alfabeto.

O regime político definido pelas cidades de estado dividiu-se entre uma oligarquia e a democracia. O rei (nobre) foi substituído por um chefe (tirano) devido á pressão exercida pelo povo contra a nobreza regente. O poder que o povo adquiriu foi reforçado substituindo os tiranos (agarravam o poder de forma irregular) pelos magistrados que os representavam nos locais de poder. A organização variava de cidade para cidade não existindo uma homogeneidade entre elas, podendo ser completamente díspares as formas como eram governadas.

A religião politeísta com forte presença humanista era constituída por deuses que viviam no Olimpo (Zeus, Afrodite, etc..), semideuses que eram filhos de deuses com mortais (Hércules, Aquiles, etc...), proporcionando uma narrativa conhecida como “mitologia” que transmitiam mensagens e ensinamentos importantes com uma moral realçada.

A civilização desde a sua criação até ao declínio foi dividida em quatro períodos (homérico, arcaico, clássico e helenístico). A primeira fase é definida pela migração dos povos do Norte da Europa que procuram novos territórios a sul e constituíram uma sociedade dividida em genos (Porto Editora, 2003-2019) que eram formados por um grupo familiar chefiado por um patriarca que domina os poderes (político, religioso, económico, jurídico). O conceito de propriedade privada surge através das porções maiores que exigiam os membros que tinham maior proximidade familiar com o

patriarca. A união dos genos (Porto Editora, 2003-2019) para proteger os seus interesses originou as fratrias (Porto Editora, 2003-2019) que se uniram entre si criando várias tribos proporcionando o aparecimento da Pólis (Porto Editora, 2003-2019) iniciando as primeiras cidades de estado (Atenas, Esparta, Tebas, Mileto, etc.) caracterizando o segundo período, o Período Arcaico. As Pólis eram compostas por o Pártenon (templo religioso), a ágora (zona pública) e zona habitacional constituída por palácios e habitações.

A expansão do território deriva da necessidade em procurar novas terras e alimentos fora da Grécia ocupando a costa dos mares Mediterrâneo, Egeu e Negro criando colónias. O apogeu da civilização ocorreu no período Clássico, caracterizado por frequentes conflitos entre persas e gregos pela supremacia marítima e controle do comércio. As guerras foram elementos comuns durante a civilização grega que a enfraqueceu, tornando-a um alvo fácil à conquista. O período Helenístico é marcado pela guerra de Peloponeso, que permite aos Macedónios através do filho do rei Filipe II (Alexandre Magno) conquistar o povo grego, assumir o poder e empreender uma política expansionista da cultura grega pelo mundo. A nova cultura conhecida como helenismo pretendeu através da cultura grega unificar os povos conquistados e criar um império universal.

Foi um período de grande criatividade e gosto artístico, o conceito de belo foi definido nesta época e materializado através da criação de ordens arquitetónicas (Dórico, Jónico e Coríntio (Albuquerque, Ordens clássicas, 2017)) e da aplicação da proporção áurea utilizando a razão de ouro (presente na natureza como por exemplo na espiral das conchas que obedece à lei de *Fibonacci* (Cláudia Viegas, 2011) que fortalecia o valor estético dos monumentos e que estava presente nas obras desta cultura como por exemplo o Pártenon, como ilustra a figura 4.

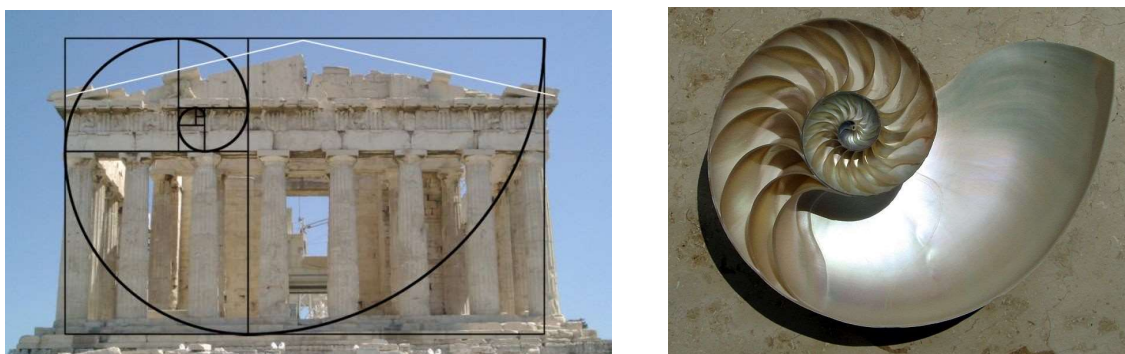


Figura 4-templo da civilização grega Pártenon (Atenas, Grécia) e a relação com a proporção áurea presente na natureza (concha NAUTILUS)

O *Pártenon* que se encontra situado na cidade de Atenas traduz perfeitamente a racionalidade e rigidez matemática do pensamento/ construção da civilização grega.

A construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis nesta civilização para além do uso de materiais da região (pedra, mármore), traduz-se principalmente nas regras de proporção assentes no conhecimento científico (retângulo de ouro (Nunes, 2018)) e no uso de regras e imagem próprias da construção grega que permitiram definir as ordens arquitetónicas Dórica, Jónica e Coríntia, como ilustra a figura 5. A criação do código assente no conceito do belo definido á época, fomentou uma imagem e forma de construção homogenia em toda a extensão do império grego.

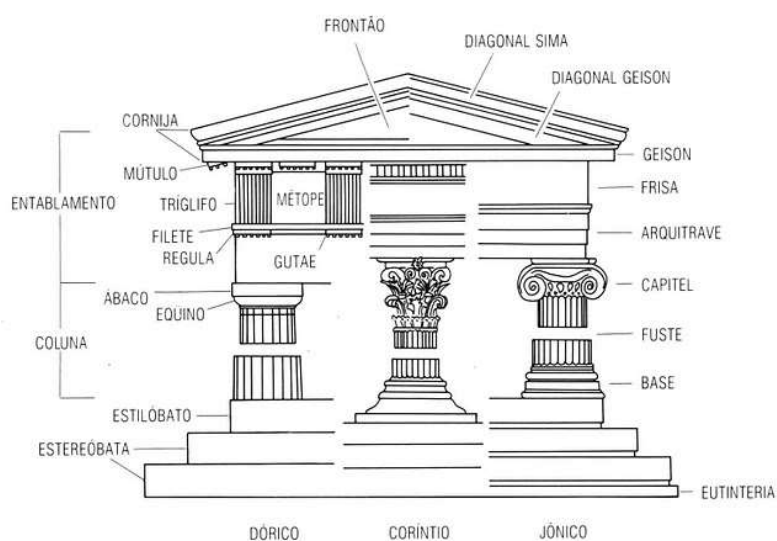


Figura 5-representação das ordens arquitetónicas da civilização grega

A civilização grega construiu os alicerces da cultura ocidental através do desenvolvimento das artes, filosofia, ciência, arquitetura, dramaturgia e letras. A definição e desenvolvimento do belo, do pensamento racional, da democracia, das letras, das artes, só foram possíveis após serem debeladas as dificuldades básicas de sobrevivência do Homem. As bases da democracia foram introduzidas por esta civilização transmitindo elementos preponderantes para a constituição da cultura democrática que presenciámos hoje na Europa.

2.5. Construção na antiga Roma

A civilização romana surgiu na Península Itálica por volta do século VII A.C., situada entre as penínsulas balcânica e ibérica. A sua situação geográfica proporcionou o contacto com povos que integravam o império grego (etruscos). Os etruscos impuseram o seu domínio e adquiriram uma hegemonia em relação ao povo que habitava esta região. A coexistência permitiu criar as condições e conhecimentos capazes de transformar a aldeia romana numa cidade provocando a oportunidade da criação de uma nova civilização regida pelas bases da civilização dominante (Grécia) reinterpretada pelas suas necessidades e vivências (a mitologia romana tem deuses iguais á mitologia grega com nomes diferentes).

A grande diferença civilizacional entre culturas semelhantes verificou-se na capacidade dos Romanos em criar as condições para responder não á cidade independente (microescala), mas, ao império (macro escala), como ilustra figura 6. Desde a arquitetura do edifício ao desenho da cidade, refletem a preocupação de serem pensados numa escala preparada para grandes massas populacionais. A arquitetura assumiu uma nova linguagem através da criação de duas novas formas de construção designadas por ordem Toscana (Dórico romano) e a Compósita (sobreposição da ordem jônica sobre a coríntia) (Albuquerque, Ordens classicas, 2017).

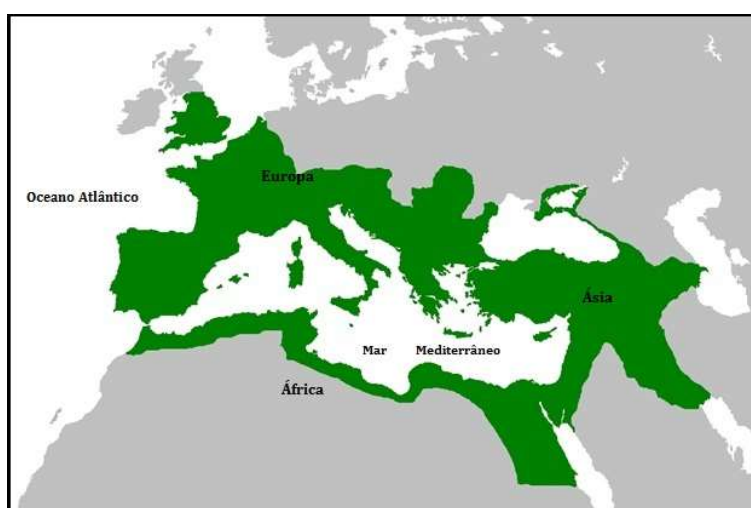


Figura 6-representação dos limites do império romano

O regime de governação romano presenciou três estruturas governativas distintas (monarquia romana, república romana, império romano) diferenciando-se do grego pela

sua capacidade em controlar a vastidão do império e estar organizado para responder às diferenças culturais através de leis e das instituições públicas.

A fase inicial, monarquia romana, assenta no poder do rei que é chefe supremo e grande sacerdote que submetia a fiscalização ao senado (conselho anciãos) constituído por chefes das famílias importantes e á assembleia curial (associações religiosas de patrícios). A sociedade era composta por classes sociais, no topo da hierarquia o rei era o ser supremo, os patrícios aristocráticos e proprietários de terras (*gens* (Porto editora , 2003-2019)) dominavam socialmente, podendo exercer funções públicas nos diferentes poderes (exército, religião, justiça, administração). Os parentes pobres dos patrícios denominados clientes, eram homens livres que prestavam serviços em troca de auxílio económico e proteção social. Os que não pertenciam a um *gens* eram os plebeus, homens livres que não podiam exercer cargos públicos. Constituídos por artesãos, comerciantes, estrangeiros e pequenos proprietários de terras que formavam a maioria da sociedade. Os escravos, na sua maioria prisioneiros de guerra situavam-se na base da pirâmide social e eram considerados bem material do seu senhor.

A república romana foi instaurada através do conselho de anciãos que pretenderam retirar o poder absoluto ao rei (perdido para os reis etruscos), concentrando em si a responsabilidade do poder e evitando a participação da plebe no espaço público. A república romana começou por ser aristocrática, mas com a pressão exercida pela plebe em usufruir de maior participação no poder, tornou-se democrática aproximando-se do modelo ateniense preconizado pela civilização grega. A plebe com pretensões sociais (direito de participar das decisões) cria a assembleia tribal para descentralizar o poder dos patrícios rompendo o monopólio existente até então. O poder exercido não diminui a preponderância dos patrícios nas decisões, mas permitiu a alteração do sistema de governação. Constatou-se com a expansão do seu território que a luta política entre classes não desestabilizou o poder republicano vigente.

O agravamento da crise questionou as instituições tradicionais, a desordem e agitação social começou a surgir nas cidades. A luta pelo poder exercida pelos chefes militares definiu o processo de transição para o império romano. A fase do império surge do impulso expansivo dos séculos III e II AC., as primeiras provas da expansão militar ficaram expostas através do controlo da península itálica. A necessidade de militarização da civilização surge com as batalhas de manutenção de Roma, obrigando o seu exército que era leal aos generais que os comandavam (detrimento da pátria) a

uma grande especialização, suportando uma política imperialista e expansionista que tão bem definiu esta civilização. A fase expansionista caracteriza-se pelas guerras púnicas (Porto editora, 2003-2019) de dominação comercial do mediterrâneo á cidade de Cartago, pretendendo impor a hegemonia comercial e militar na região. Após a eliminação do grande rival Cartago, a civilização romana abriu o caminho para a dominação do mar mediterrâneo expandindo o seu império pelo mundo antigo, implementando o seu império.

O declínio e desintegração do império surgiram no século V, contribuindo para o facto as invasões bárbaras aliadas á degradação política, crise económica e militar que surgiram neste período. Os elevados custos de manutenção da estrutura militar e administrativa, conduziram ao aumento de impostos originando o crescimento do número de miseráveis entre a plebe provocando rebeliões internas e dos povos submetidos. O grande império foi dividido entre império romano do ocidente com a sua sede/capital em Roma e o império romano do oriente com sede em Constantinopla.

O legado político e cultural desta civilização foi colossal para o mundo de hoje, desde a língua, as artes, a arquitetura, o urbanismo, o alfabeto, os números, o direito, a política etc... A civilização romana marcou a história pela sua capacidade bélica e expansiva como ilustra a figura 7. Suportada numa organização social assente no direito (publico/privado), nas instituições públicas e recorrendo a uma capacidade administrativa extraordinária que permitiu gerir as cidades do vasto império criando estratégias de governo eficazes e práticas.

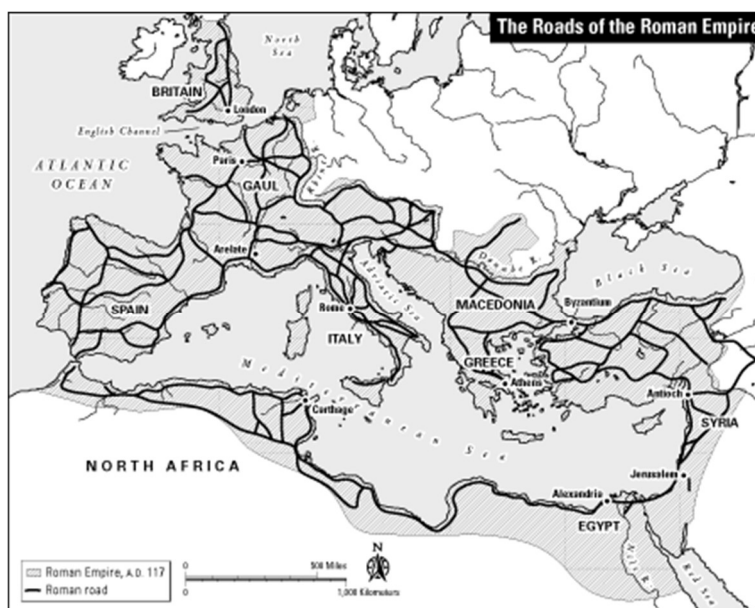


Figura 7-representação do sistema viário/comunicação do império romano

A construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis da civilização romana partilha os mesmos pressupostos da civilização grega, utilizando as mesmas regras e conceitos arquitetônicos. Os espaços construídos diferenciam-se da civilização anterior pela procura exacerbada de funcionalidade e capacidade em receber grandes massas populacionais. De todas as obras extraordinárias que chegaram aos dias de hoje, a obra que melhor reflete a capacidade construtiva desta civilização é o sistema rodoviário que patenteia a capacidade organizativa e funcional do povo Romano.

A técnica de construção utilizada permite definir o método que se aplica em toda a extensão da via tornando a sua construção um processo sistemático, como ilustra a figura 8. A colocação de várias camadas sobrepostas com densidades distintas possibilitou definir um sistema que é utilizado ainda hoje na construção de vias. Analisando o método construtivo podemos admitir que a construção das vias rodoviárias obedece a uma padronização, refletindo os conceitos de construção prefabricada com propósitos sustentáveis que se retratam na escolha de materiais naturais da região (pedra).

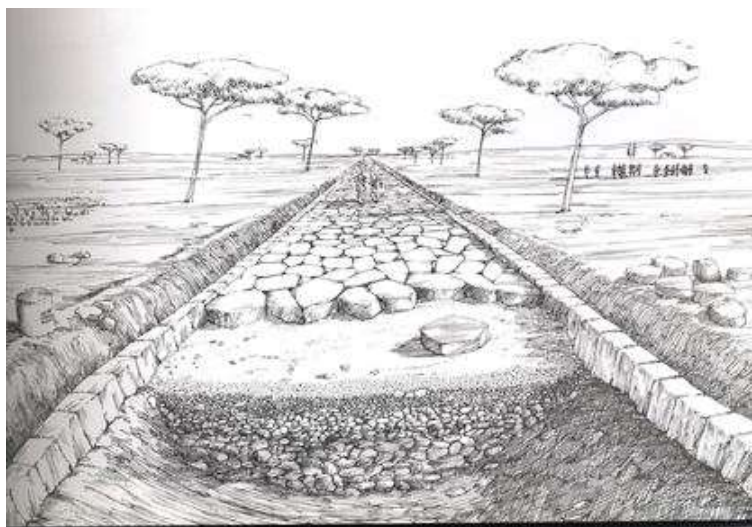


figura 8-representação do sistema construtivo viário da civilização romana

A civilização romana foi a última grande civilização da história da humanidade. A homogeneidade conseguida deve-se ao eficaz sistema de comunicação preconizado, permitindo unificar vários povos com diferentes culturas (vasto império) oferecendo-lhes um sentido de pertença comum a todo o império. As organizações dos diferentes poderes da sociedade romana foram tão eficientes e unificadoras que serviram para definir as bases do mundo moderno ocidental.

2.6. Resumo histórico até ao século XX

O mundo ocidental após a queda do império romano nunca mais conseguiu criar uma civilização que dominasse um território e cria-se uma cultura capaz de fornecer a uma extensa região um sentido de pertença único em todas as áreas da sociedade.

A queda do império permitiu a ascensão do poder religioso que dominou a cultura durante vários séculos. Os saltos civilizacionais deixaram de obedecer a um pensamento único aglutinador que criou as condições ideais para o aparecimento de novas civilizações. As transformações ocorreram a uma escala mais pequena, criando as circunstâncias para o aparecimento de correntes artísticas de pensamento (românico, renascimento, barroco, etc.) que os diferentes povos adquiriam e interpretavam conforme a sua cultura (barroco português- Manuelino). A coexistência entre as divergências culturais e um conceito de cultura europeia que se foi adquirindo alicerçou a homogeneidade cultural do continente Europeu. A heterogeneidade não

impediu a criação de uma corrente de pensamento única que respeita as diferenças e é capaz de definir regras e “*modus operandi*” de uma sociedade sem lhe tolher a sua multiculturalidade/identidade.

A evolução histórica da humanidade implicou mudanças de paradigmas ao longo do tempo, mas a matriz organizacional não variou significativamente em relação aos pressupostos erigidos pelas civilizações clássicas. Após o declínio do império romano, a religião católica afirma a sua estrutura na sociedade. O período histórico é uma época conturbada, cheio de incertezas, dominada pelo poder feudal, assolada pela peste negra, guerras e a doutrina da religião que cultivava o medo (ano 1000 dia do júízo final). A arquitetura desta época é conhecida pelo Românico (Margaret Imbroisi, *Arte Românica*, 2018), caracteriza-se pela imagem austera com poucas aberturas, proporcionando ambientes interiores obscuros e aspeto fortificado, como ilustra a figura 9.



Figura 9-igreja do período Românico,Igreja de São Martinho de Mouros (Resende, Portugal)

Passados os tempos de incerteza e austeridade, a sociedade teocêntrica (Porto editora, 2003-2019) liberta-se da obscuridade com o propósito de evidenciar o poder regente definiram uma nova arquitetura. A arquitetura gótica (Servini, 2016), como ilustra a figura 10, que pretende estabelecer uma relação maior entre o homem e Deus (céu), assume uma relação vertical teológica. Utilizada principalmente na construção de catedrais, esta assume a rutura com a arquitetura românica, abrindo-se á luz divina, criando ambientes luminosos constituídos por vitrais e rosáceas sustentados por

arcobotantes e contrafortes que permitiram eliminar as paredes de sustentação austeras.



Figura 10-catedral do período Gótico, Catedral de Milán (Milão, Itália)

O poder feudal perdeu a sua força na sociedade para uma nova classe comercial capitalista apoiada no humanismo. A próxima fase histórica conhecida pela mudança de paradigma da sociedade evidenciou o poder científico em detrimento do divino e tornou-se uma sociedade antropocêntrica. O período histórico referido é o Renascimento, inspirado nos valores da antiguidade clássica impulsionado pela burguesia mercantil que utilizou as artes para se afirmarem socialmente com destaque os *MEDICIS* (Editors, 2009). Na arquitetura renascentista (Araujo, s.d.) a relação matemática estabelece uma conexão intrínseca com a proporção, estabelecendo dependências entre as partes e o todo. As ordens arquitetônicas clássicas, os arcos de volta perfeita e a desvinculação da escultura e pintura da obra arquitetônica são características da arquitetura renascentista, que resulta da inspiração e utilização dos cânones da antiguidade clássica reinterpretada com o racionalismo humanista da época, como ilustra a figura 11.



Figura 11-catedral do período Renascentista, Catedral de Santa Maria Del Fiore (Florença, Itália)

As riquezas conseguidas através do aumento comercial consequente do avanço civilizacional e o processo encetado pelos portugueses/espanhóis conhecido pelos descobrimentos permitiram a ostentação e extravagância características do barroco (Margaret Imbroisi, Barroco, 2018) . A arte barroca é usada pela igreja para reafirmar valores cristãos que perderam força com a reforma Protestante, mostrando a grandiosidade da religião. O barroco inspira-se na antiguidade clássica, mas abdica das regras do estilo clássico, prescinde da proporção e coerência matemática. Procura criar emoções através da valorização do detalhe, da complexidade das contradições e dualismos que compõem a arte barroca, como ilustra a figura 12.

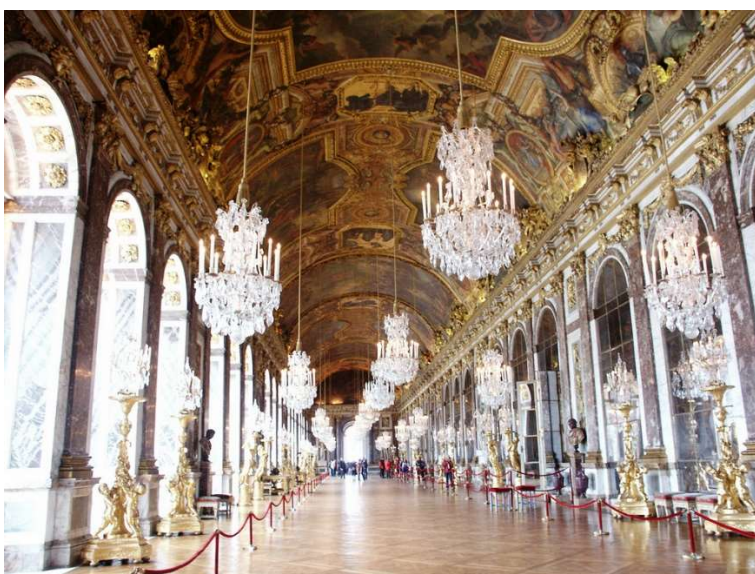


Figura 12-edifício do período Barroco, Palácio de Versailles (Versailles, França)

Os pressupostos da arte barroca foram ensaiados ao extremo conduzindo a uma nova expressão artística denominada de arte rococó (arteweb, 2016). Refletindo os valores da sociedade (apogeu corte francesa), caracterizada pela exuberância e futilidade cheia de decorações ostentativas, o rococó transportou a decoração a uma complexidade e a um nível de detalhe absurdo, como ilustra a figura 13.



Figura 13-catedral do período Rococó, Igreja de Wies (Baviera, Alemanha)

A evolução arquitetónica ao longo dos tempos esteve umbilicalmente ligada à antiguidade clássica. O período que vai desde o império romano ao modernismo do século XIX em termos de evolução arquitetónica não presenciou alterações relevantes. Resultou de novos significados e considerações da arquitetura da antiguidade clássica, propondo novas interpretações aos cânones existentes acompanhando as transformações sociais e tecnológicas.

O século XIX inicia um processo de industrialização na sociedade, com as teorias desenvolvidas por *Frederick Taylor* (Cruz, s.d.) que define uma série de premissas que tornam o trabalho mais eficiente, dissecando à exaustão todas as variáveis, tornando-o num processo que procura a rentabilidade. A arquitetura neoclássica (Wikipedia, 2005), como ilustra a figura 14, assume um papel revivalista, a imaginação estética é substituída pela importância histórica. A arquitetura era entendida como uma ciência, que obedece a regras e cânones clássicos que pertencem ao imaginário coletivo. Apoiada na imaginação técnica, validada pela evidência demonstrativa, a arquitetura perde a força cultural que detinha e foi considerada como uma corrente arquitetónica formalista e decadente.



Figura 14-edifício do período Neoclássico , Eduskuntatalo (Helsínquia, Finlândia)

Os avanços tecnológicos e a standardização de processos inerentes á revolução industrial permitiu num período tardio a criação de uma nova arquitetura que utiliza o ferro para se exprimir. A arquitetura do ferro (Kawana, 2011) tinha um carácter funcionalista, aplicada em pontes, estações ferroviárias, pavilhões de exposições, etc., possibilitou a criação de novas soluções mais flexíveis e criativas, caracterizando-se pela estrutura em ferro, telhados de vidro, simplicidade. A construção modular aparece com os elementos pré-fabricados e standardizados pela primeira vez de forma consciente, incitando a funcionalidade e o aparecimento de novas tipologias construtivas, como ilustra a figura 14.



Figura 15-edifício do período da arquitetura do ferro, Torre Eiffel (Paris, França)

A arquitetura moderna do século XX é caracterizada pela evolução tecnológica, pela quebra de relações físicas com a antiguidade clássica (deixam de recorrer as ordens arquitetónicas clássicas) e estabelece novos conceitos e formas de habitar. As transformações sociais induzidas pela revolução industrial e pelas tecnologias que se desenvolveram proporcionaram um pensamento racional, lógico e disciplinador, que foi transmitido para a arquitetura moderna.

Procurou-se enquadrar a construção prefabricada com propósitos sustentáveis desde a pré-história até hoje, procurando evidenciar vantagens e limitações, relacionando-as com as necessidades funcionais da função habitar em cada tempo tendo como base a análise. A dissertação desenvolvida procura situar-se no contexto histórico apresentado, inspirando-se no estudo da pré-fabricação ao longo das várias fases da história de modo a chegar ao projeto que se pretende desenvolver.

2.7. Construção no modernismo-Le Corbusier

Um dos intervenientes do modernismo que melhor refletiu o pensamento da época foi o *Le Corbusier* que desenvolveu uma teoria assente nas proporções antropométricas e a proporção áurea definindo uma serie de conceitos e leis que definem a arquitetura como uma máquina (revolução industrial).

O arquiteto definiu cinco princípios fundamentais na sua obra (planta livre, fachada livre, janelas livres, terraço jardim, edifício assente em pilotis) e desenvolveu uma teoria de proporções conhecida por “*modulor*”, como ilustra a figura 16. O arquiteto pretendeu construir as bases da arquitetura moderna, transformar a habitação numa máquina de habitar, acentuando o aspeto funcional, procurando a racionalização do desenho e eficácia construindo uma arquitetura que é produto da racionalidade.

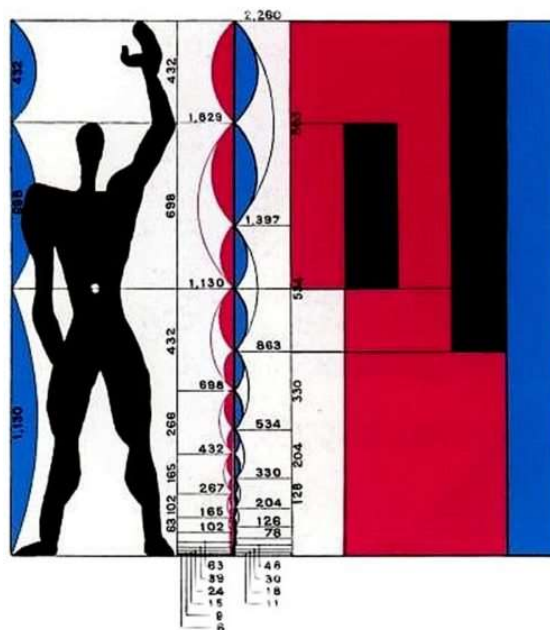


figura 16-representação do sistema de proporções do MODULOR

Le Corbusier depreendeu que a arquitetura, assim como a música, se desenvolve no espaço e no tempo e dependem da medida. Concluiu que as catedrais, templos, Pártenones sempre respeitaram códigos e continham um sistema coerente que transparecia uma unidade essencial. A rede de proporções denominada de “*modulor*” define a proporção áurea como princípio estruturador apoiado na antropometria (medida referencia do Homem), contribuindo para a normalização da construção em série e pré-

fabricada. O projeto arquitetônico respeita um processo sustentado na organização racional, que pretende criar uma regra unificadora para toda a arquitetura.

O exemplo construído que melhor reflete a máquina de habitar desenvolvida por *Le Corbusier* é a “*Unité d’Habitation* – em Marselha”, como ilustra a figura 17,



figura 17-edifício do modernismo, unidade de habitação de Marselha (Marselha, França)

o conceito de construção prefabricada com propósitos sustentáveis encontra nesta obra as diretrizes que a fundamentam. A sua realização tinha por objetivo aumentar o número de habitações destinadas às famílias desalojadas em consequência da segunda guerra mundial. O edifício foi projetado para albergar 1600 pessoas, com 23 variações de tipologia de acordo com o agregado familiar, 337 apartamentos e um sistema de distribuição de bens e serviços que servem de suporte às unidades habitacionais que incluía ginásio, jardim infantil, área para atividades sociais, espaço ajardinado na cobertura, hotel, etc... O edifício apresenta uma natureza autossuficiente em relação ao

exterior, pretende garantir a autonomia operacional do edifício albergando os serviços complementares á habitação. Foi a primeira oportunidade para *Le Corbusier* implementar as teorias desenvolvidas que deu origem ao “*Modulor*”.

A indústria e a estandardização desenvolvida durante esta época permitiu atingirem transformações significativas na construção de edifícios, equipamentos proporcionando novas formas de habitar. A evolução industrial concedeu uma maior liberdade no domínio das técnicas e materiais, atribuindo uma nova linguagem plástica á construção que se libertou dos cânones da antiguidade clássica.

3. Estudo de soluções de construção prefabricada séc. XXI

Nos subcapítulos 3.1 a 3.5, faz-se a apresentação de um conjunto alargado de soluções prefabricadas do século XX. Iniciando pelos materiais tradicionais onde se destaca a CABANON e a TAM com respetiva análise crítica, a construção em madeira, com a MA.D.I. e a TREEHOUSE, a construção em aço onde se aborda a EMOB e a VIPP, a construção em betão com as soluções KODA e GOMOS e por fim a construção em materiais inovadores com a WIKKELHOUSE e a DIOGENE.

3.1 Construção pré-fabricada em materiais tradicionais

3.1.1. Projeto modular CABANON – apresentação

A **CABANON** (*petit cabannon le corbusier*, 2012) é uma unidade habitacional pré-fabricada baseada na célula mínima e projetada de acordo com os princípios modulares desenvolvidos por *Le Corbusier*. A sua criação é sustentada numa abordagem ergonómica e funcional através da utilização do “*Modulor*”. O módulo tem a dimensão em planta de 3.66x3.66m e 2.26m de altura, como ilustra a figura 18. O projeto é feito de peças pré-fabricadas e foi pensado para ser multiplicado e justaposto. É entendido como um organismo vivo onde cada elemento do mobiliário é tratado como fazendo parte de uma relação complexa em termos funcionais e espaciais.



Figura 18-LE CABANON

Foi desenvolvida a partir de um conceito, que deseja aliar a funcionalidade e o prático proporcionando uma célula mínima de habitação. O espaço é constituído por 13m² de área em planta “*open space*” onde tudo é funcional e essencial, otimizando o espaço interior, refletindo o estudo do arquiteto sobre o habitat mínimo e a máquina de habitar. O projeto contempla uma área de estar, uma área de trabalho, uma área de banho, uma pia, como ilustra a imagem 19.

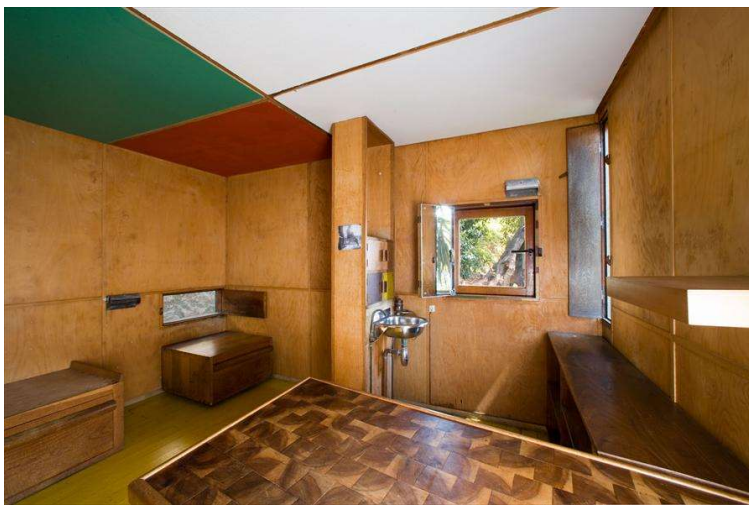


Figura 19-interior da LE CABANON

A solução apresenta uma forma cúbica as paredes exteriores em troncos de madeira com aberturas expõe a aparência vernacular caracterizadora das construções edificadas á época “cabana popular”. A imagem reflete o conceito concebido na costa francesa pela burguesia, que é caracterizado pela autoconstrução sem linguagem/arquitetura reconhecível, sem protagonismo, mas organizada pela ligação ao exterior. A cobertura é em chapa ondulada de fibrocimento com uma inclinação igual á construção que lhe esta contigua, estabelecendo uma relação com a envolvente, como ilustra a figura 20. Os acabamentos exteriores austeros não refletem a modernidade e



Figura 20-LE CABANON expondo a relação com a envolvente

funcionalidade interiores. Os acabamentos interiores em painéis de contraplacado de faia pré-fabricados e montados no local expõem uma imagem cuidada, moderna e racional.

Considerada como célula mínima habitacional, é composta por um quarto com moveis minimalistas e utiliza a abertura dos vãos para criar uma composição harmoniosa com a envolvente. As aberturas foram colocadas estrategicamente para prover vistas panorâmicas (alfarrobeira e baía), como ilustra a figura 21. A ventilação foi salvaguardada com a colocação de duas pequenas aberturas situadas em cantos



Figura 21-vista da baía proporcionada pelo vão

opostos gerando uma circulação de ar aumentando o conforto e qualidade do ar interno, como ilustra a figura 22. Estes elementos são independentes dos vãos e respondem a outro propósito funcional.



Figura 22-vão de ventilação e das janelas

As instalações que compõem a habitação estão pré-instaladas preparadas para serem conectadas a infraestruturas existentes. A estrutura de suporte de betão apoia o edifício prefabricado em madeira que foi produzido e modulado em fábrica não negligenciando nenhum elemento (teto, piso, paredes). Utiliza as paredes como separação, suporte do mobiliário e enquadramento da vista exterior. As cores fazem parte de um jogo de modelação entre elementos definindo zonas distintas e concebendo plasticidade ao espaço, como ilustra a figura 23.



Figura 23-combinação das cores que definem espaços

A **CABANON** é um sistema modular volumétrico pré-fabricado, possibilitando a criação de edifícios que podem ser produzidos em serie. A construção assenta a sua sustentabilidade no processo industrial, na utilização de materiais sustentáveis (madeira), na implementação de medidas passivas de sustentabilidade (sistema de ventilação) e na modulação que reduz o desperdício e tempo de execução do edifício.

3.1.2. Projeto modular CABANON - análise critica

A **CABANON** é um projeto desenvolvido com o propósito de habitação mínima que estava no centro das preocupações dos arquitetos modernos do século XX e alimenta-se do mito da cabana primitiva.

A escolha dos materiais e sistema construtivo permitiu adotar propósitos sustentáveis. A imagem exterior do módulo apresenta uma linguagem arquitetónica

vernacular que assume um papel de anonimato e subjugação perante a envolvente. A intenção de padronizar a produção de uma “unidade de férias” reflete a intenção do autor em criar uma máquina de habitar apoiada nas proporções humanas do “módulo”, como ilustra a figura 24.

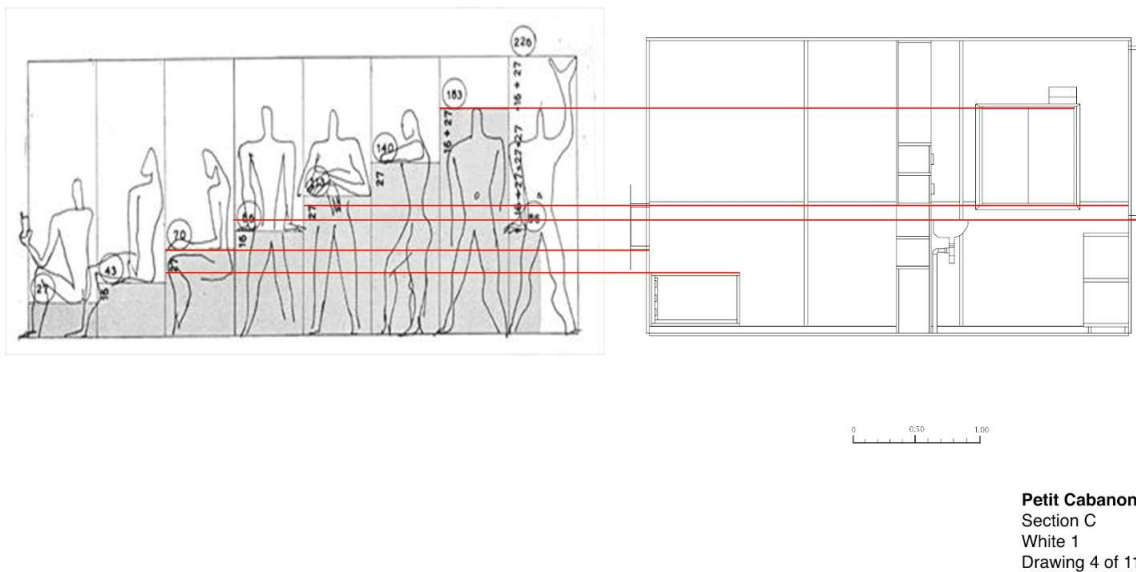


Figura 24-representação da relação métrica do projeto com o corpo humano “MODULOR”

A mobilidade é determinada pela capacidade de o projeto ser transportado e montado em locais distintos devido ao processo de pré-fabricação industrial. A solução das fundações obriga a uma preparação prévia e aplica impacto no terreno natural. Mas em comparação com os projetos desenvolvidos á época esta solução é muito mais ligeira e aplica o conceito temporário inovador. As instalações pré-instaladas de água, saneamento, eletricidade e drenagem não foram estudadas para serem autónomas, mas já foram projetadas para serem integradas na pré-fabricação.

A solução preconizada apesar das evidentes debilidades que apresenta se enquadra com a realidade construída atual, definiu e fundou as diretrizes da arquitetura modular com propósitos sustentáveis tornando-se um caso de estudo. As considerações sobre o habitat mínimo explorado neste edifício, encontram-se refletidos nos projetos contemporâneos de construção modular com propósitos sustentáveis.

3.1.3. Projeto pré-fabricado TAM – apresentação

A **TAMHAUS** (white, s.d.) é uma unidade habitacional pré-fabricada que utiliza um sistema construtivo em madeira, módulos base têm a dimensão em planta de 11.60x4.60m (T1); 14.50x4.60m (T2); 16.20x4.60m (T3) como ilustram as figuras 25, 26 e 27. Foi desenvolvida a partir de um conceito, que deseja aliar flexibilidade, sustentabilidade, mobilidade e capacidade de acompanhar as mudanças do agregado familiar através da possibilidade de combinação de novas unidades. O novo conceito habitacional proporciona novos lugares para as pessoas viverem de forma responsável, respeitando o planeta.

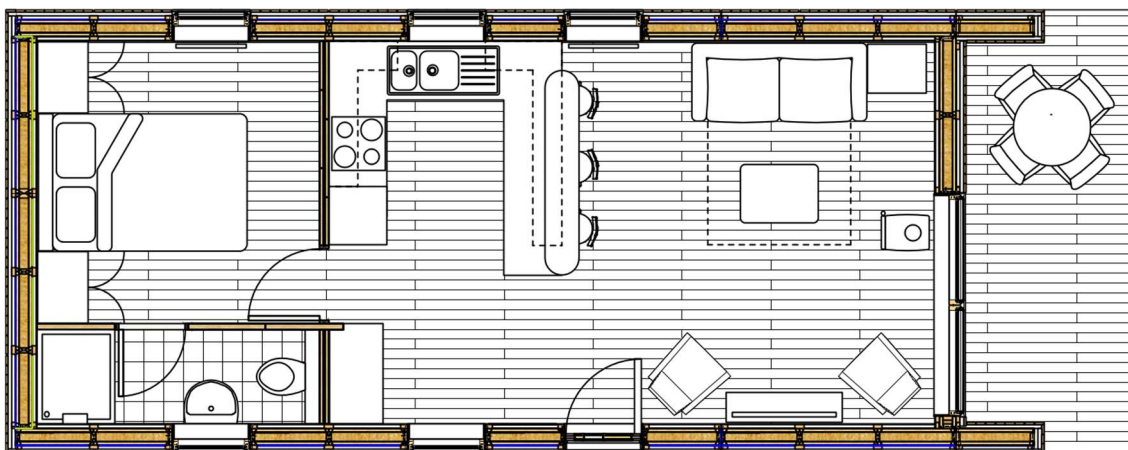


Figura 25-representação em planta do módulo base T1-11.60x4.60m



Figura 26-representação em planta do módulo base T2-14.50x4.60m



figura 27-representação em planta do módulo base T3-16.20x4.60m

Foi desenvolvida para responder às necessidades de habitação, mas com uma capacidade em se adaptar a programas/realidades distintas incluindo *showroom*, comércio, serviços, etc..., como ilustra a figura 28.



figura 28-representação da versão comercial

O projeto procura na estandardização a redução do preço da construção tornando-a competitiva e uma verdadeira concorrente á habitação tradicional permitindo um acesso á habitação mais democrático e com uma pegada ecológica reduzida.

A mobilidade/flexibilidade do projeto assenta na capacidade do edifício se deslocar através das condições criadas idênticas às caravanas como ilustra a figura 29, podendo ser atrelada a uma viatura e deslocada sobre rodas até ao local de implantação.



figura 29-estrutura de suporte assente sobre rodas

O transporte do módulo é feito através de um veículo automóvel e não necessita de equipamentos pesados (grua) para colocar o edifício no terreno.

As fundações variam com o carácter (permanente/temporário) que se pretende conceder ao edifício. Se a intensão do uso é temporária, as rodas servem de apoio e absorvem o peso do edifício transmitindo-o ao solo, funcionando com as condições de caravana. Caso se pretenda implantar o edifício com um carácter mais permanente, é preciso recorrer a fundações previamente pousadas no terreno que suportam o edifício (betão). Os apoios são colocados debaixo da estrutura em aço dotada com rodas que suportam o edifício até ao local de implantação, como ilustra a figura 30.



figura 30-apoios em betão

As instalações que compõem a habitação estão pré-instaladas preparadas para serem conectadas a infraestruturas existentes e/ou funcionar de forma independente (caravana).

A forma paralelepípedica é condicionada pelas dimensões permitidas no transporte automóvel. A competência em crescer as com necessidades do agregado familiar, como ilustra a figura 31, permite criar novas imagens que apresentam uma linguagem comum, estando apreendidas a um conceito. As infinitas conjugações

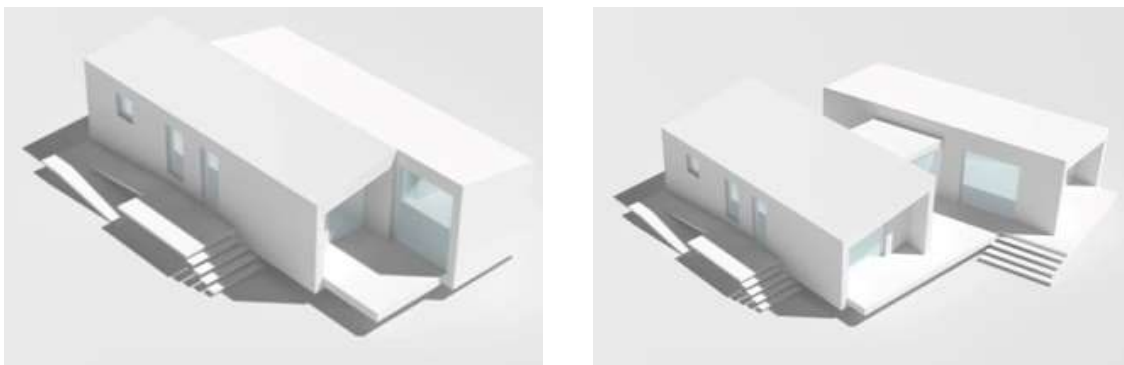


figura 31-representação das combinações possíveis dos módulos

possíveis que a versatilidade da forma e os diferentes materiais permitem estão filadas a uma linguagem arquitetónica identitária.

A sustentabilidade do projeto é determinada pela escolha de materiais com emissão de carbono baixa e pela construção que se enquadra nos critérios rigorosos da *Passive House* (Gavião, 2012). A utilização de padrões de eficiência energética e conforto rígidos permitiu desenvolver um sistema construtivo certificado em palha (*strawbale*), como ilustra a figura 32, que se enquadra nas exigências da *Passive house*.



figura 32-sistema construtivo em palha

A **TAMHAUS** é um sistema modular pré-fabricado que usa a técnica do módulo volumétrico, viabilizando a criação de edifícios com um impacto ambiental minorado que tem a capacidade de ser transportado, alterado e personalizado dependendo das solicitações.

3.1.4. Projeto pré-fabricado TAM – análise crítica

A **TAMHAUS** é um projeto desenvolvido com o propósito de habitação, focado na necessidade em fornecer novos sítios para viver com respeito pelo planeta. A escolha dos materiais e sistema construtivo permitiu uma redução em 90% de emissão de carbono em relação á construção tradicional.

A imagem do módulo apresenta uma linguagem arquitetónica que assume um papel preponderante e identificador, como ilustra a figura 33.



figura 33-TAMHAUS

O conceito proporciona ao projeto uma capacidade identitária acompanhada por uma imagem com um sentido estético apurado, atribuindo-lhe um espaço de destaque no panorama da construção pré-fabricada. O conceito obriga ao desenvolvimento do espaço exterior implicando uma construção mais demorada e com menor capacidade temporária, como ilustra a figura 34.



figura 34-estrutura dos arranjos exteriores da TAMHAUS

A transportabilidade do projeto com o sistema que permite assumir as características de uma caravana, oferece uma capacidade móvel real e permite deslocar o edifício para localizações novas sem que seja necessário executar alterações significativas á construção (montagem/desmontagem). A utilização de viaturas pesadas

e as dimensões do módulo condicionam os locais de implantação, reduzindo significativamente as potencialidades de implantação do projeto. A solução das fundações não obriga a movimento de terras e a um impacto no terreno natural significativo, permitindo o reforço do conceito temporário do projeto, como ilustra a figura 35.



figura 35-solução das fundações adotada para situações mais permanentes

O sistema idêntico ao da caravana só faz sentido caso o edifício seja montado previamente na estrutura de suporte e tenha realmente a capacidade de se deslocar. A construção do protótipo foi executada no local de implantação recorrendo a gruas e maquinaria pesada, como ilustra a figura 36, tornando o sistema apoiado sobre rodas um aspeto irrelevante caso não fosse possível deslocar o edifício devidamente erigido.



figura 36-montagem do protótipo

A possibilidade de funcionar com os pressupostos da caravana permite afirmar que o projeto possui um carácter temporário e uma mobilidade diferenciadora em relação a projetos desenvolvidos com os mesmos pressupostos.

O aspeto formal do módulo (paralelepípedo) admite uma conjugação ilimitada de organizações espaciais e de módulos. O conceito arquitetónico condiciona a versatilidade que o aspeto formal do edifício apresenta, definindo apenas algumas variações possíveis previamente definidas. O balizamento imposto pelo promotor reforça o conceito arquitetónico, que admite um conjunto de soluções limitadas, reduzindo o número de combinações possíveis. O condicionalismo arquitetónico reduz as possibilidades, mas oferece ao projeto uma consistência projetual notável e permite estudar as alternativas reduzindo as debilidades das soluções preconizadas.

O projeto desenvolvido explora novas abordagens de mobilidade através do sistema inovador de suporte do edifício que permite a deslocação de forma independente. O sistema construtivo com o isolamento em palha e os materiais escolhidos potencializam a sustentabilidade, permitindo construir segundo os critérios rigorosos da *Passive House*. A qualidade arquitetónica e o *design* interior, como ilustra a figura 37, assume uma importância maior em detrimento de outras potencialidades que poderiam ser alcançadas.



Figura 37-interior da TAMHAUS

A arquitetura define as premissas do projeto, minorando as possíveis soluções, mas potencializando as soluções desenvolvidas através de uma identidade diferenciadora.

3.2. Construção pré-fabricada em madeira

3.2.1. Projeto modular M.A.D.I. - Apresentação

A **M.A.D.I.** (Vidal, s.d.) *home* é uma unidade habitacional modular pré-fabricada que utiliza um sistema construtivo arrojado de desdobramento de paredes exteriores para ser assentado no local a erigir como ilustra a figura 38. Com capacidade para



figura 38-MA.D.I.

acolher várias funções para além da habitação, foi criada com o propósito de responder a variadas solicitações e assume diferentes funções como por exemplo edifícios de lazer, aldeias temporárias, feiras e instalações de primeiros socorros em caso de catástrofes naturais, etc... O tempo de montagem previsto é de 6/7 horas e precisa de apenas três operários para executar a tarefa.

A solução pretende proporcionar um carácter metamorfofóico á construção, adotando vários programas e combinações de módulos que permitem ao edifício crescer, mudar, mover-se e criar ambientes personalizáveis dependendo das solicitações. As diferentes soluções tipológicas dependem da agregação de múltiplos módulos e/ou uso de diferentes materiais. A capacidade de colocar os módulos lado a lado, tanto lateralmente como em profundidade permitem criar aglomerações díspares como apresenta a figura 39.



figura 39-representação de combinações possíveis de módulos e aglomerados

A solução padrão apresenta as paredes exteriores em madeira de abeto e pode assumir várias soluções de vãos pelo facto de a parede não ser estrutural e permitir maior liberdade de composição dos alçados. Os acabamentos e revestimentos interiores/exteriores admitem ser alterados e personalizados com diferentes materiais dependendo do gosto do cliente (painéis de alumínio ou fibra, ou caniço, etc.). O edifício é completado pelas diferentes instalações pré-instaladas de água, saneamento, eletricidade, ar condicionado e drenagem, assim como as conexões para a cozinha.

A construção deseja reduzir o impacto ambiental através da utilização de materiais sustentáveis (madeira ecológica), redução de consumo energético através de revestimentos capazes e a utilização de painéis solares proporcionando estruturas energeticamente independentes. A relação que o edifício estabelece com o terreno onde será implantado é de impacto mínimo e sem necessidade de fundações ao terreno natural caso este se apresente nivelado. O sistema de fundações é executado através de vigas em madeira que são apoiados no terreno natural e/ou sobre um ensoleiramento geral como mostra a figura 40, permitindo a recuperação total do mesmo.



figura 40-sistema de fundações com ensoleiramento geral

A aptidão de personalização do projeto que varia as dimensões e os materiais permite definir várias configurações de acordo com a capacidade financeira de cada cliente, como ilustram as figuras 41 e 42.



Figura 41-representação em planta do módulo único - 27 m²



Figura 42-representação em planta do módulo triplo - 70 m²

A padronização do processo de produção e a construção permitem ao edifício ser construído em dois dias, reduzindo significativamente o custo, o tempo e consequente a pegada ecológica inerente á construção.

A organização funcional para o edifício de habitação implica a utilização de dois módulos que estão distribuídos em dois pisos, como ilustra a figura 43.



figura 43-montagem dos dois módulos para habitação

O piso térreo destina-se à área social da habitação e inclui uma sala de estar, escada de acesso ao piso superior, cozinha e instalação sanitária. O piso superior é composto por dois quartos capazes de albergar 5/6 pessoas, como ilustra a figura 44.



figura 44-representação em planta do módulo duplo - 56 m²

Não existe um limite de módulos a combinar permitindo realizar inúmeras utilizações que vão desde a unidade habitacional, a instalações públicas, a aldeias turísticas, entre outras possibilidades que o requerente pretenda instalar.

A **M.A.DI. home** é um sistema modular pré-fabricado que usa a técnica do desdobramento, possibilitando a criação de edifícios temporários que não criam impacto no solo onde é implantado. Utiliza materiais sustentáveis e sistemas de apoio que tornam o edifício mais eficiente (painéis solares). Pretende criar um edifício com um impacto ambiental reduzido, que tenha a capacidade de ser transportado, alterado e personalizado.

3.2.2. Projeto modular M.A.DI. – Análise crítica

A **M.A.DI. home** é caracterizada pelas condicionantes do conceito construtivo e arquitetónico que definem a imagem do edifício. A imagem que resulta na combinação destes elementos exprimiou uma forma triangular que se torna de difícil controlo.

O sistema de desdobramento de paredes está na base do desenvolvimento do conceito como ilustra a figura 45, resultando numa imagem facilmente identificável e própria. A imagem deriva das imposições do sistema construtivo que permite transportar e edificar o módulo no local de implantação.



figura 45-conceito do projeto em destaque

O desdobramento permite acondicionar a unidade habitacional modular num espaço reduzido que cumpre com as normas de carga de um camião pesado. A transportabilidade é condicionada pela necessidade em utilizar viaturas pesadas e utilização de gruas para se executar a implantação/construção do edifício como ilustra a figura 46.



figura 46-módulos preparados para o transporte e a execução da montagem com o auxílio de grua

A montagem no local de obra implica uma disponibilidade de meios e infra estruturas pesadas que são um contra senso á versatilidade e mobilidade que se pretende atingir no projeto. O trabalho a executar está dependente da utilização de guias para elevar cargas com pesos significativos, que posteriormente serão colocadas e anexadas á estrutura desdobrável (sem folgas). A precisão e control do processo de construção é um assunto delicado que implica a utilização de técnicos habilitados e ferramentas pesadas. O projeto preve ser colocado em vários locais e a montagem/desmontagem do edificio com o desgaste irá dificultar a anexação dos elementos, perdendo a capacidade em ser temporario.

A solução das fundações permite não deixar vestígios significativos no terreno natural (nivelado), reforçando a premissa sustentavel do projeto reduzindo o impacto da apropriação do espaço. As instalações pré-instaladas de água, saneamento, eletricidade e drenagem não foram consideradas para serem autónomas da envolvente. A implantação do projeto implica sempre a ligação das instalações do projeto a uma rede existente ou a infra estruturas colocadas no local, reduzindo significativamente a capacidade de mobilidade do projeto aumentando o impacto no local de implantação.

O numero de operários definidos previamente (três elementos), assim como o numero de horas (6/7 horas para fechar o modulo) não me parecem ser suficientes para se executar a montagem do edificio no local. Os trabalhos de preparação da base não se encontram definidos no tempo de montagem do edificio e o numero de trabalhadores é sempre superior ao definido como ilustra a figura 47.



figura 47-montagem com o auxílio de quatro operários e maquinaria pesada

O projeto pretende adotar varios programas,soluções tipologicas e combinações de modulos caracterizando o projeto com a capacidade de crescer,mudar e mover-se. As considerações anteriores colidem como aspeto formal do edificio, extremamente vincado e condicionador.A forma triangular resultante apresenta pouca capacidade adaptiva a novas formas de conexão, apenas permite a anexação de modulos em duas posições, condicionando a versatilidade do projeto.

O edificio apresenta problemas significativos nas acessibilidades, condicionada pela falta de espaço para se instalar o acesso vertical que não seja condicionador, como ilustra a figura 48.



figura 48-excessiva inclinação dos acessos verticais

A forma afeta os espaços interiores em planta e em corte, criando áreas de acesso condicionado, espaços perdidos e sem condições de habitabilidade, como ilustra a figura 49 (área situada á esquerda da mulher é área perdida), reduzindo significativamente a área útil interior.



figura 49-dificuldade do aproveitamento do espaço interior

A **M.A.DI. home** enquadra-se na construção pré fabricada com propósitos sustentáveis, apresenta uma imagem conceptual muito vigorosa e um conceito de construção inovador e criativo. A pouca versatilidade da forma não permite revogar o carácter metamórfico que se pretende atingir com as combinações dos módulos, a capacidade em escolher vários tipos de revestimentos vem diluir a falta desta característica. A velocidade e processo de montagem, mesmo que condicione o acesso a áreas onde não seja possível o acesso de veículos pesados, são dois aspetos relevantes do projeto.

A solução encontrada cumpre a maioria dos pressupostos para o qual foi idealizada, condicionada apenas pela rigidez do seu aspeto formal que o torna único e identificável e pela pouca mobilidade que a dependência das instalações.

3.2.3. Projeto modular Treehouse – Apresentação

A **Treehouse** (Jular, s.d.) é uma unidade habitacional modular pré fabricada que utiliza um sistema construtivo em madeira estandardizado em módulos base de 22m². como ilustra a figura 50. Foi desenvolvida a partir de um conceito inovador, que pretende aliar design, modularidade, rapidez e sustentabilidade.



figura 50-Treehouse

Foi criada para ser um refúgio no campo, praia/jardim e pequenos resorts ou alojamento de férias, bares, lojas, etc.. A capacidade multifuncional permite criar as condições para se adaptar a realidades distintas. A versatilidade e simplicidade são elementos caracterizadores do projeto que procura na estandardização a redução do preço da construção tornando-a competitiva.

A organização espacial admite variadas opções devido á forma do módulo base, como ilustra a figura 51. A forma retangular permite organizar o espaço com grande liberdade, admitindo a acoplação de módulos com disposições e orientações distintas.

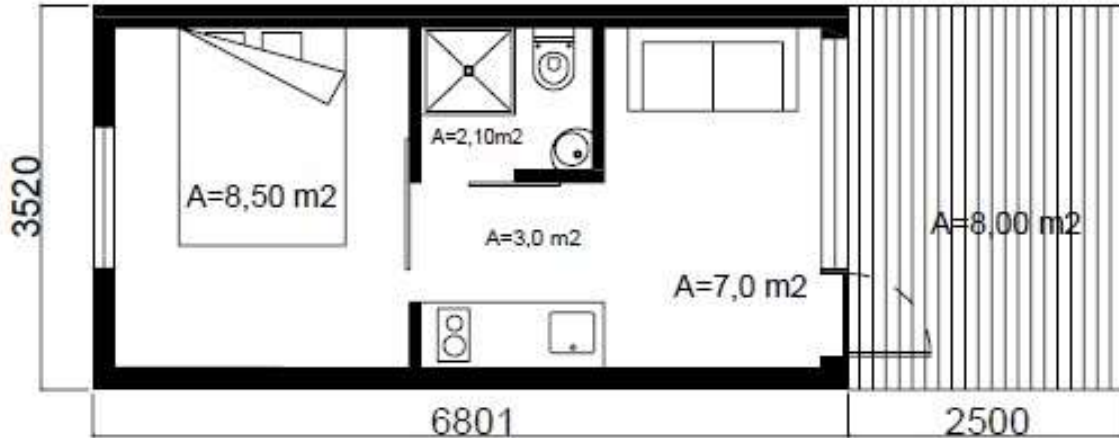


figura 51-representação em planta do modulo base

A mobilidade é um argumento utilizado, possibilitando mudar a implantação do edifício pelo facto de o mesmo ser fornecido completamente montado como ilustra a figura 52.



figura 52-módulo compacto a ser implantado

O transporte do módulo é feito através de camião com a necessidade de utilização de grua para poder ser colocado no local definido, como ilustra a figura 53. Foi pensado para ser instalado sobre qualquer terreno desde que seja garantida a ventilação inferior do módulo. Os sistemas de fixações contemplam a utilização de estacas de madeira, geoparafusos ou outro tipo de pilares dependendo da natureza do terreno. As

instalações que compõem a habitação estão pré instaladas preparadas para serem conectadas a infraestruturas existentes.



figura 53-módulo transportado por um camião

A forma paralelepípedica permite uma infindável conjugação de diferentes soluções, assim como os diversos revestimentos possíveis que permitem modificar a linguagem. A conjugação dos módulos permite o crescimento da construção em extensão e altura possibilitando uma infinita combinação de soluções, como ilustra a imagem 54.



figura 54-agregação de vários módulos

A sustentabilidade do projeto assenta na escolha de madeira proveniente de florestas certificadas, com novas tecnologias aplicada (madeira microlamelada), utilização de materiais ecológicos, um desempenho energético e acústico eficiente. O sistema *multilayer* para as paredes, chão e teto traduz-se numa redução de custos climatização.

A **Treehouse** é um sistema modular pré-fabricado que usa a técnica do módulo volumétrico, possibilitando a criação de edifícios temporários. Pretende criar um edifício com um impacto ambiental reduzido, que tenha a capacidade de ser transportado, alterado e personalizado.

3.2.4. Projeto modular Treehouse – Análise crítica

A **Treehouse** é um projeto que não acrescenta valor significativo ao panorama da construção pré fabricada com propósitos sustentáveis.

A imagem do módulo apresenta uma linguagem contemporânea, o material madeira, assume um papel determinante na construção, assumindo um valor desmesurado nos argumentos de sustentabilidade (não deveria ser o único motivo sustentável) e integração com o espaço natural envolvente (a utilização intensa da madeira proporciona a integração harmoniosa).

A transportabilidade é condicionada pela necessidade em utilizar viaturas pesadas e utilização de guas para se executar a implantação do edifício como ilustra a figura 55, reduzindo a versatilidade do edifício.



figura 55-necessidade da utilização de maquinaria pesada

O projeto prevê ser colocado em vários locais e a montagem/desmontagem do edifício implica um trabalho prévio de preparação das fundações no terreno. A solução encontrada para as fundações carece de uma melhor abordagem de forma a minimizar o impacto do edifício com o terreno a implantar, tornando o carácter temporário do projeto discutível.

As instalações pré-instaladas de água, saneamento, eletricidade e drenagem não foram estudadas para serem autónomas. O espaço entre o terreno e o piso do módulo deveria ser melhor explorado para permitir a criação de uma área técnica para que o projeto não dependesse de infraestruturas exteriores para o seu funcionamento.

O aspeto formal do módulo (paralélipipado) admite uma conjugação ilimitada de organizações espaciais e de módulos viabilizando uma capacidade metamórfica do projeto extraordinária.

A solução preconizada responde às necessidades e desafios que lhe foram impostos de forma superficial, explorando o aspeto comercial em detrimento de outras variáveis com grande potencialidade. Assenta na escolha do material (madeira ecológica) a justificação para propósitos sustentáveis e de integração no meio, negligenciando outras linhas de desenvolvimento.

3.3. Construção pré-fabricada em aço

3.3.1. Projeto modular Emob – Apresentação

A **Emob** (Emob, s.d.) é uma unidade habitacional modular pré fabricada que reutiliza os contentores de transporte mercadorias em aço revestidos com materiais pelo interior/exterior como ilustra a figura 56. Os contentores usados na EMOB têm as dimensões em planta de 2.5x6m e 2.5x12m e podem ser agrupados na horizontal e vertical. A versatilidade permite criar condições para a utilizar o conceito em várias soluções programáticas como a habitação, comércio, serviços e equipamentos. A estrutura é considerada amovível podendo ser transportada para diferentes terrenos porque as dimensões são padronizadas e permitem ser transportadas por camião, navio e avião.



figura 56-EMOB

O tempo de fabrico previsto é de três meses e o de montagem é ligeiro se a infraestrutura de suporte do contentor estiver executada apenas necessita que se pose, como ilustra a figura 57.



figura 57-implantação do modulo

A solução pretende proporcionar um carácter móvel á construção, adotando vários programas e combinações de módulos que permitem ao edifício crescer, mudar, mover-se e criar ambientes personalizáveis dependendo das solicitações. As diferentes soluções tipológicas dependem da agregação de múltiplos módulos e/ou uso de diferentes materiais. A capacidade de colocar os módulos em todas as posições

horizontais e verticais (7 pisos máximo) permitem criar disposições e imagens distintas como apresenta a figura 58.



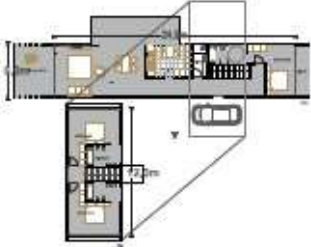
Descrição	emob T2a/T2b	emob T3	emob T3 duplex
Tipologia	T2	T3	T3 duplex
Área de Construção	61,20m ² /109,10m ²	137,20m ²	170,30m ²
Planta			

figura 58-representação em planta de várias soluções organizacionais disponíveis

Os acabamentos e revestimentos interiores/exteriores admitem ser alterados e personalizados com diferentes materiais dependendo do gosto do cliente (madeira, pedra, XPS, tijolo, vegetal, aço, etc.), como ilustra a figura 59. O edifício é completado pelas diferentes instalações de água, saneamento, eletricidade, gás e drenagem que terão que ser ligadas às infraestruturas existentes no local executadas previamente pelo dono do terreno.



Figura 59-aplicação do isolamento sobre a estrutura do contentor marítimo

A construção assenta a sua sustentabilidade na reutilização de contentores que eliminam a necessidade de recorrer a cimentos (diminuição Co2), utiliza materiais naturais com destaque a madeira e redução de consumo energético através da pré-instalação para painéis fotovoltaicos e incorporação de sistema de aproveitamento das águas pluviais. O edifício não necessita de lajes de ensoleiramento ou sistema de estacaria, apenas precisa de seis apoios em pedra, betão ou madeira apresentando grandes vantagens em relação a outros sistemas modulares não reduzindo a área permeável do solo, como mostra a figura 60.



figura 60-sistema de apoios dos módulos

A construção é desenvolvida em processo industrial, num ambiente controlado sem estar sujeito as incertezas climáticas, reduzindo significativamente o custo e o tempo de execução.

A **Emob** é um sistema modular pré-fabricado que usa a técnica do reaproveitamento de contentores de mercadorias, possibilitando a criação de edifícios temporários com propósitos sustentáveis. Utiliza materiais sustentáveis e sistemas de apoio que tornam o edifício mais eficiente (painéis solares). Pretende criar um edifício com um impacto ambiental reduzido, que tenha a capacidade de ser transportado, alterado e personalizado.

3.3.2. Emob – Análise crítica

A **Emob** é caracterizada pelas condicionantes físicas dos contentores de mercadorias que definem a imagem e dimensões do edifício. O edifício base (1 elemento) fica marcado pela forma paralelepípedica dos contentores, como ilustra a figura 61. A versatilidade das conjugações dos módulos permitem oferecer uma panóplia de combinações que facilmente descaracterizam e desmaterializam o aspeto formal do contentor proporcionando ao projeto uma capacidade camaleónica.



Figura 61-forma retangular do modulo

A mobilidade do projeto, determinada pelo uso de veículos pesados é determinante para a escolha da implantação do projeto. A colocação do projeto em determinados locais só é possível caso permitam a utilização de guas e maquinaria pesada delimitando a aptidão do projeto. As fundações compostas por pequenos apoios (seis apoios) permitem ao terreno de implantação do edifício manter as condições naturais do local e a sua permeabilidade. A aplicação do sistema de apoios não envolve uma intervenção destrutiva, permitindo reforçar o conceito sustentável do projeto. As instalações do edifício estão preparadas para se conectarem a sistemas de rede existentes e não têm capacidade de ser autónomas retraindo o carácter temporário ao projeto.

O projeto assente na construção modular com propositos sustentáveis respeita as diretrizes, mas não sugere nenhuma ação relevante no panorama existente deste tipo

de construções. O caso de estudo poderia ser aprofundado e trazer mais valias ao conceito que pretende preconizar, se desenvolve-se mais os seus conceitos. A imagem final reflete a pouca inovação que o projeto apresenta em relação ao panorama edificado. A linguagem/imagem do projecto é pouco distinta das existentes, não tem capacidade em assumir uma identidade própria e confunde-se com outras linguagens existentes no mercado.

3.3.3. Projeto pré-fabricado vipp – Apresentação

A **vipp** (vipp shelter, s.d.) é uma unidade habitacional pré-fabricada em aço inspirada na forma dos submarinos e aviões. O edifício com uma forma retangular elevado do chão através de pilares tem 55.00 m² e não admite qualquer tipo de combinações de módulos, como ilustra a figura 62.



Figura 62-vipp

O projeto foi desenvolvido sem preocupações arquitetônicas, o criador pretendeu conceber um produto. O meio ambiente não foi tido em equação para o desenvolvimento, as opções projectuais não permitem ao projeto ser implantado num ambiente onde o sol tenha uma predominância elevada. O edifício apenas permite uma opção, tudo foi desenhado ao pormenor e não deixa espaço de apropriação aos seus utilizadores. A escolha permitida reside apenas no lugar de implantação, desde a mobília á saboneteira tudo é equipado com produtos **vipp**.

A capacidade do edifício ser transportado por camião e assemblado no local de implantação em três dias, permite defini-lo como transportável. O tempo de fabrico previsto é de seis meses e o de montagem é ligeiro, apenas necessita que se pouce como ilustra a figura 63.



Figura 63-módulo a ser implantado

A solução não foi pensada com um caracter móvel. O tamanho dos vãos envidraçados e a cor negra que reveste o exterior são elementos diferenciadores e identificadores da imagem do produto. A escolha condiciona a versatilidade que nunca foi pretendida pelo projetista e delimita a capacidade em responder a variadas solicitações ambientais. O aspeto formal permite conjugação de módulos/unidades habitacionais definindo imagens distintas, mas o propósito prende-se em criar um produto de alta qualidade com uma imagem única e identificadora, como ilustra a figura 64.



Figura 64-conceito

Os acabamentos e revestimentos interiores/exteriores não admitem ser alterados e personalizados com diferentes materiais. O edifício é completado pelas diferentes instalações de água, saneamento, eletricidade, gás e drenagem que terão que ser ligadas às infraestruturas existentes no local ou executadas previamente pelo dono do terreno.

A construção assenta a sua sustentabilidade no processo industrial, reduzindo significativamente o custo, o desperdício, o tempo de execução e conseqüente a pegada ecológica pertencente à construção.

O edifício não necessita de lajes de ensoleiramento, apenas precisa apoios em aço, apresentando grandes vantagens em relação a outros sistemas modulares não reduzindo a área permeável do solo como mostra a figura 65.



Figura 65-sistema de apoios do módulo sobre pilares

A organização funcional para o edifício divide-se em dois pisos. O piso térreo destina-se à área social e inclui uma sala de estar, cozinha instalação sanitária, lareira e escada de acesso ao piso superior. O piso superior é composto por um quarto e uma chaminé de luz sobre a cozinha, como ilustra a figura 66.

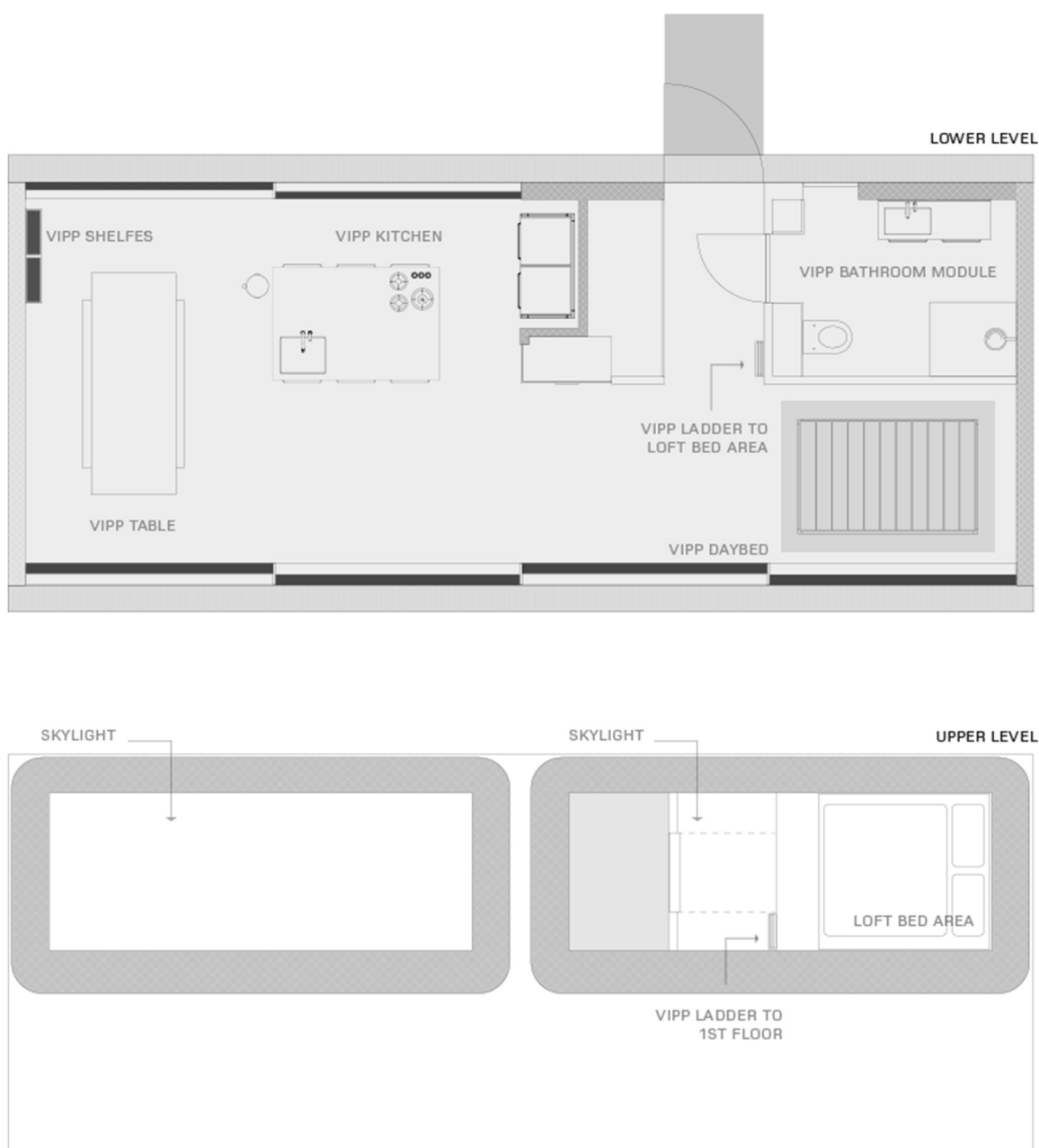


Figura 66-representação em planta da vipp

A **vipp** é um sistema pré-fabricado que usa a industrialização do processo construtivo como valência ambiental, como ilustra a figura 67, possibilitando a criação de edifícios temporários com propósitos sustentáveis. Pretende criar um novo conceito de abrigo, um projeto pré-fabricado de alta qualidade. Distingue-se da realidade edificada através da personalização de todos os elementos, da qualidade do ambiente interior e imagem inconfundível que harmoniza um conceito.



Figura 67-pré fabricação executada em fábrica

3.3.4. Projeto pré-fabricado vipp – Análise crítica

A **vipp** é caracterizada pela imagem e os elementos que a constituem. Todas as opções são da exclusiva responsabilidade do autor do projeto, ao cliente apenas lhe é permitido ocupar o espaço. A personalização, capacidade de novas formas de apropriação do espaço e programas não foram tidos em consideração no desenvolvimento do projeto. A versatilidade é inexistente, condicionada pelo produto final, é preterida em função da imagem e do conceito. O aspeto formal, acabamentos e a utilização de produtos produzidos pela empresa são fundamentos marcantes e definidores do conceito.

A mobilidade do projeto é determinada pelo uso de veículos pesados, como ilustra a figura 68, e pelo método de implantação do edifício sobre pilares com um tempo de execução de três dias. As características referidas dotaram o projeto de capacidade móbil, que não foi desejada pelo autor do projeto. As escolhas projetuais procuram um conceito, os materiais, o aspeto formal, a escolha e o desenho de todos os elementos resultam numa procura de identidade conceptual.



Figura 68-módulo transportado por um camião

A versatilidade e mobilidade foram condicionadas pelas opções do conceito e são características que nunca foram pretendidas. As dimensões e método de implantação comuns aos projetos desenvolvidos com conceitos de mobilidade e versatilidade induziram uma análise errada em vários sites de design, afirmando uma mobilidade e capacidade de instalação tipo *“plug-and-play”*. As instalações do edifício estão preparadas para se conectarem a sistemas de rede existentes e não têm capacidade de ser autónomas retraindo o carácter *“plug-and-play”*. O edifício tem vários raciocínios que não se adaptam á mobilidade e capacidade de ser implantado em qualquer sítio. O projeto e as suas características respondem às solicitações climatéricas com temperatura moderada “Escandinávia”, as opções não estão preparadas para ser implantada em zonas com temperaturas e exposições solares elevadas. As dimensões dos vãos e a opção da escolha de material de revestimento em chapa preta, tornam o edifício inabitável em zonas quentes.

O edifício apresenta problemas nas acessibilidades, condicionada pelo acesso vertical á area de quarto e pela necessidade em se gatinhar até á posição de dormir, como ilustra a figura 69. As dificuldades existentes não foram desconsideradas pelo projetista, tendo a clara noção das complicações de acesso ao piso superior. A organização espacial encontra-se subordinada ao conceito.



Figura 69-quarto e acesso vertical

O projeto assente na construção pré-fabricada com propositos sustentáveis respeita as diretrizes desta construção, mas não foi idealizado para esses propósitos. O caso de estudo poderia ter explorado o conceito mobil e tornar-se apenas em mais um no panorama construído, mas a busca e elevação do conceito fazem este projeto ser notado. A imagem final reflete um conceito e um produto Vip. A linguagem/imagem do projeto é destinta das existentes, tem capacidade em assumir uma identidade própria e destaca-se das outras linguagens existentes no mercado pela sua imagem conceptual.

3.4. Construção pré-fabricada em betão

3.4.1. Projeto modular KODA – apresentação

A **KODA** (Kodasema, s.d.) é um projeto modular pré-fabricado em betão, com as dimensões de 7.22x3.93x3.98m (comprimento, largura, altura) como ilustra a figura 70. A base de desenvolvimento assenta na inovação dos materiais/ produção, sustentabilidade e mobilidade.



figura 70-KODA

O projeto foi desenvolvido com a intenção de poder conter quatro versões programáticas possíveis (habitação, hotel, escritório e escola). A aptidão multifuncional do projeto permite gerar as condições para se adaptar a realidades distintas através de pequenas alterações que não alteram o processo de produção e aspeto formal.

A estandarização do processo de construção permite aumentar a velocidade de produção e a qualidade do resultado através do controlo das condições/métodos de trabalho. A rentabilidade do processo, a aplicação de medidas passivas de melhoramento térmico, a utilização de equipamentos de energia renovável e a possibilidade de no fim de ciclo de vida dos materiais estes serem reciclado/reutilizados reduz significativamente a pegada ecológica do projeto.

A estrutura sólida (volume) permite montar/desmontar várias vezes o edifício, precisando apenas de 7 horas para se implantar. A deslocação do módulo é executada através do transporte de camião e necessita de grua para ser colocado no local. A estrutura compacta permite ao edifício ser assente em vários terrenos sem precisar de trabalhos de fundações como ilustra a figura 71. A implantação implica um terreno nivelado e pontos de ligação para conectar as infraestruturas pré instaladas no edifício (água, luz e esgoto).



figura 71-implantação do módulo e sistema de apoios

A forma paralelepípedica permite uma infindável conjugação de diferentes soluções, o crescimento da construção em extensão e altura é possível até a um piso viabilizando uma infinita combinação de soluções, como ilustra a imagem 72, possibilitando a criação de aglomerados habitacionais.



figura 72-combinações dos módulos em aglomerados

A sustentabilidade do projeto determinada por vários fatores recorre a várias soluções que permitem criar as condições que tornam o edifício energeticamente eficiente. Os painéis fotovoltaicos preconizados para acompanhar o módulo base produzem mais energia do que a que consome. As medidas passivas de controlo térmico preconizam a utilização de palas de sombreamento para as soluções expostas

a maior radiação solar e a utilização de móveis pretos na cozinha para absorver a luz e aproveitar o poder calorífico em zonas onde o sol é diminuto. A ventilação inteligente controla as renovações de ar/ temperatura interior e o uso de materiais naturais não tóxicos são premissas projectuais. O design do edifício foi definido com a intenção de aproveitar e potencializar a eficiência energética, através do design inteligente que reduz o gasto energético.

A **KODA** é um sistema modular pré-fabricado que pretende ser sustentável, completar o ciclo de vida dos materiais através da sua capacidade em se reutilizar/reciclar, ocupar áreas das cidades desocupadas temporariamente, como ilustra a figura 73, permitir a mobilidade, utilizar materiais opções arquitetónicas e sistemas de controlo térmico/qualidade do ar eficazes.



figura 73-módulo implantado num vazio da cidade

3.4.2. Projeto modular KODA – análise crítica

A **KODA** é um projeto que acrescenta valor ao panorama da construção pré fabricada com propósitos sustentáveis, através das medidas preconizadas para o melhoramento das aptidões do edifício em relação ao conforto térmico/ qualidade do ar (ventilação inteligente, mobiliário escuro, palas de sombreamento, etc.).

O aspeto formal do edifício e os seus materiais exteriores de revestimento são elementos identitários. O material de revestimento em painel betão pelas suas características e plasticidade, como ilustra a figura 74, concede ao projecto uma personalidade distintiva das soluções existentes. A capacidade dos painéis em manter

as suas características inalteráveis ao longo do ciclo de vida permite uma redução significativa nos custos de manutenção.



figura 74-revestimento dos painéis de betão em pormenor

O aspeto formal do modulo (paralélipipedo) admite uma conjugação ilimitada de organizações espaciais/modulos viabilizando variadas imagens e dimensoes conforme as necessidades do programa. O projeto ostenta grande capacidade metamórfica que não é explorada na plenitude das suas potencialidades. O conceito arquitectonico impõe a imagem em prejuízo da flexibilidade de combinações.

O projeto prevê ser colocado em vários locais e a montagem/desmontagem do edificio não necessita de grande intervenção prévia de preparação das fundações. A solução das fundações não obriga a movimento de terras e/ou um impacto no terreno natural significativo, permitindo o fortalecimento do conceito amovível do projeto.

A transportabilidade é condicionada pela necessidade em utilizar viaturas pesadas/gruas para se executar a implantação do edificio. As dimensões do edificio implicam um transporte especial pelo facto de o volume exceder a largura do camião como ilustra a figura 75, reduzindo a versatilidade/mobilidade do edificio e implicando uma logistica de transporte com um custo elevado.



figura 75-módulo a ser transportado por um camião

As instalações pré-instaladas de água, saneamento, eletricidade e drenagem não foram estudadas para serem autónomas, necessitam ser conectadas á rede. O espaço entre o terreno e o piso do módulo não permite a criação de uma área técnica para não depender de infra estruturas exteriores, reduzindo significativamente a flexibilidade do projeto.

O projeto desenvolvido explora novas abordagens de conforto através do design inteligente que retira toda a potencialidade do meio ambiente em seu favor. O sistema integrado dos vários elementos de controlo térmico/conforto permite obter resultados melhorados e potencializados pelas escolhas arquitectonicas. Os materiais escolhidos para o revestimento exterior (painel betão) têm como suporte a sustentabilidade/durabilidade permitindo uma redução de custos de manutenção devido á sua capacidade de envelhecer sem perder as suas características originais.

A qualidade arquitectonica e o design interior são elementos diferenciadores e reguladores das opções projectuais. A solução preconizada responde aos pressupostos para o qual foi pensada, potencializando a imagem em detrimento de outras variáveis que tornariam os conceitos da construção modular pré-fabricada com propósitos sustentáveis mais eficazes.

3.4.3. GOMOS – apresentação

A **GOMOS** (Architecture, s.d.) é uma construção modular com propósitos sustentáveis que utiliza um sistema construtivo em betão, com as dimensões em planta

de 5.90x2.35m. Os módulos têm uma forma própria, emparelhados lateralmente permitem o crescimento da construção, como ilustra a figura 76, diferentes usos programáticos e tem um tempo de montagem previsto de três dias.

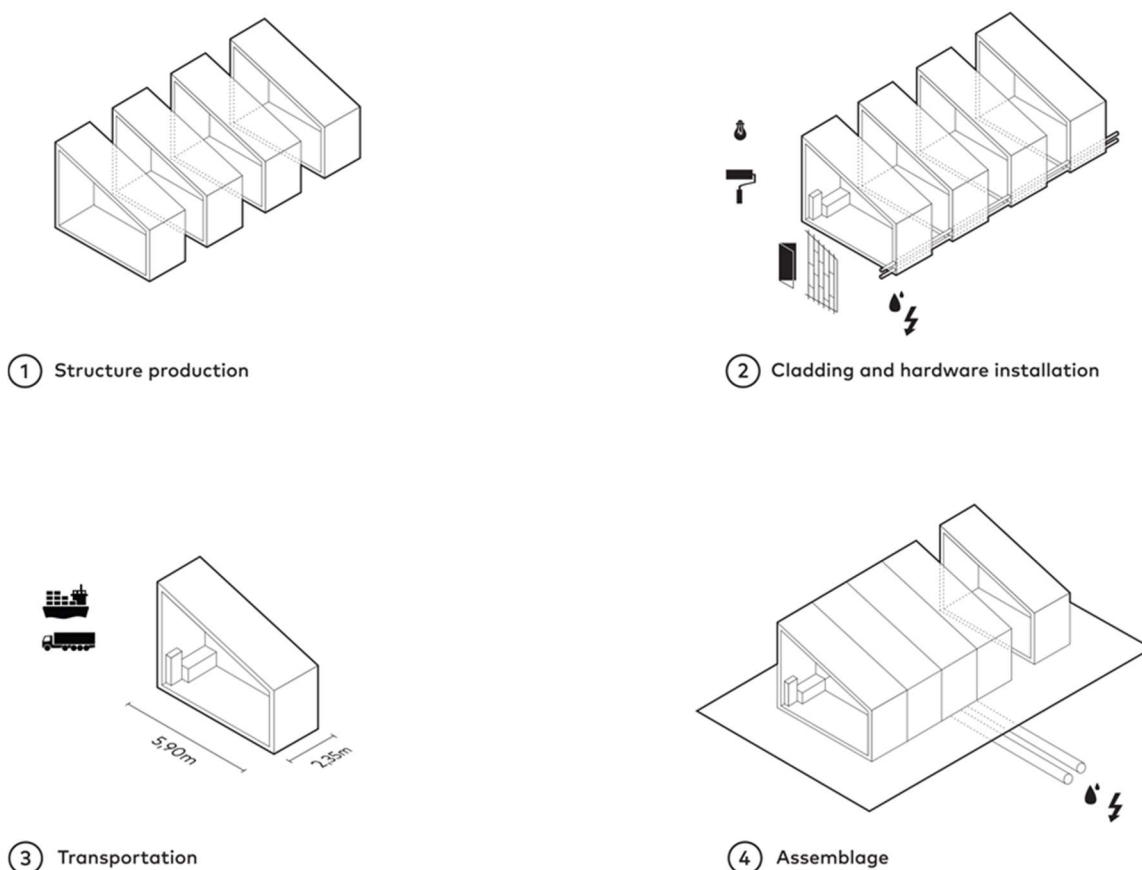


figura 76-representação do conceito da Gomos

O projeto, como ilustra a figura 77, foi desenvolvido a partir de um conceito com quatro pontos essenciais e com a necessidade contemporânea de simplificar e acelerar os processos de construção. A flexibilidade, a facilidade de transporte a eficiência energética e a produção em fábrica. O projeto pretende otimizar o sistema construtivo, proporcionar capacidade adaptativa, permitir as condições para consentir vários programas e combinações. O processo de construção reduz o tempo de execução do projeto, controla os custos e protege-o das condições climáticas.



figura 77-Gomos

A flexibilidade permite ao projeto apropriar vários programas além de habitação e faculta a expansão do projeto através da aplicação de novos módulos. A facilidade de transporte através do estudo otimizado das dimensões do módulo cumpre com a legislação do transporte de mercadorias. A montagem dos módulos no local de implantação é um processo rápido, mas que implica um trabalho prévio de preparação do terreno e maquinaria pesada. A implantação implica um terreno nivelado, laje de ensoleiramento e pontos de ligação para conectar as infraestruturas pré instaladas no edifício (água, luz e esgoto), como ilustra a figura 78.



figura 78-ensoleiramento geral para implantar o edifício

O aspeto formal do edifício procura se destacar através do uso de uma forma facilmente identificável e única. A imagem não resulta das condicionantes da técnica utilizada e do processo de construção, ela procura ser um elemento diferenciador que se distingue da construção modular com propósitos sustentáveis existentes. A forma paralelepipedica permite a conjugação de diferentes soluções, o crescimento da construção em extensão viabilizando várias combinações de soluções e possibilita a criação de diferentes organizações, como ilustra a figura 79.

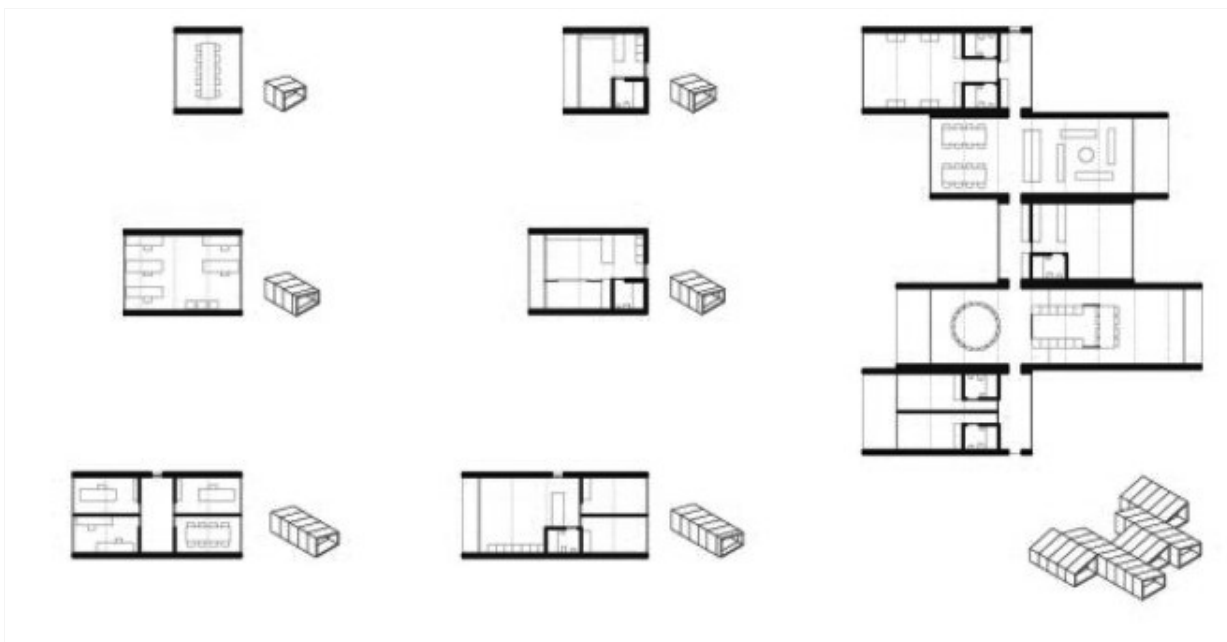


figura 79-representação em planta de várias soluções organizacionais disponíveis

A construção assenta a sua sustentabilidade na otimização do processo de fabrico, na rentabilização dos materiais e na eficiência energética. O recurso a energias alternativas não foi considerado como parte integrante do projeto.

A **GOMOS** usa a técnica do módulo volumétrico, viabilizando a criação de edifícios pré-fabricados, com uma linguagem contemporânea, temporários e amovíveis. Utiliza processos construtivos sustentáveis produzindo um edifício com um impacto ambiental diminuído com a capacidade de ser transportado e personalizado.

3.4.4. GOMOS – análise crítica

A **GOMOS** foi desenvolvida apoiada no processo de fabricação em betão, resultando um produto final que fortalece as opções da construção pré fabricada com propósitos sustentáveis.

O aspeto formal e os materiais definem o projeto, intentam oferecer um lugar de destaque no panorama construído deste tipo de construção. A forma do módulo não advém dos pressupostos construtivos, assume uma fisionomia que pretende o destaque da imagem em detrimento da funcionalidade. O aspeto formal poderia utilizar o módulo quadrado, como ilustra a figura 80, mas o projeto necessitou de tornar a imagem mais apelativa e competitiva. O projeto ostenta grande capacidade mutativa que não é



figura 80-formas e o conceitoda Gomos

explorada na plenitude das suas potencialidades devido á necessidade do conceito arquitectónico apresentar uma imagem forte que prejudica a flexibilidade projectual.

A mobilidade do projeto é condicionada pelo comprometimento do uso de veículos pesados/grua para a implantação dos módulos e a obrigatoriedade de preparar uma laje de ensoleiramento com ligações á rede de infraestruturas existente. As fundações aplicam um impacto elevado e obriga a uma grande intervenção no terreno de implantação. A base de suporte do edifício envolve uma intervenção destrutiva debilitando o conceito sustentável e versátil do projeto.

O método construtivo oferece lugar de destaque ao projeto. Os desafios propostos alcançaram um resultado satisfatório,mas poderiam ser melhorados se o projeto procura-se ser mais inovador e arrojado.

A **GOMOS** enquadra-se na construção pré fabricada com propósitos sustentáveis, com um conceito de construção eficaz e uma imagem diferenciadora. A forma do módulo acorrenta a versatilidade que está presente nas intenções projectuais e resulta de uma necessidade em dotar o projeto de capacidade estética. A possibilidade em escolher diferentes materiais de revestimento, ao contrário das opções escolhidas para as fundações contribuem para a versatilidade e mobilidade do projeto.

A solução preconizada destaca-se pelo seu sistema construtivo mecanizado, sustentável e pelo material utilizado. A necessidade em definir uma imagem identitária condicionou a flexibilidade e reduziu significativamente o contributo que o projeto concede á construção modular com propositos sustentaveis.

3.5. Construção pré-fabricada em materiais inovadores

3.5.1. WIKKELHOUSE – apresentação

A **WIKKELHOUSE** (wikkelsehouse fiction factory, s.d.) é uma construção modular com propósitos sustentáveis que utiliza um sistema construtivo inovador em camadas de cartão. Os módulos têm uma forma peculiar, com uma profundidade de 1.2m, acoplados em segmentos lateralmente permitem o crescimento da construção, como ilustra a figura 81,diferentes usos programáticos e tem um tempo de montagem previsto é de um dia.

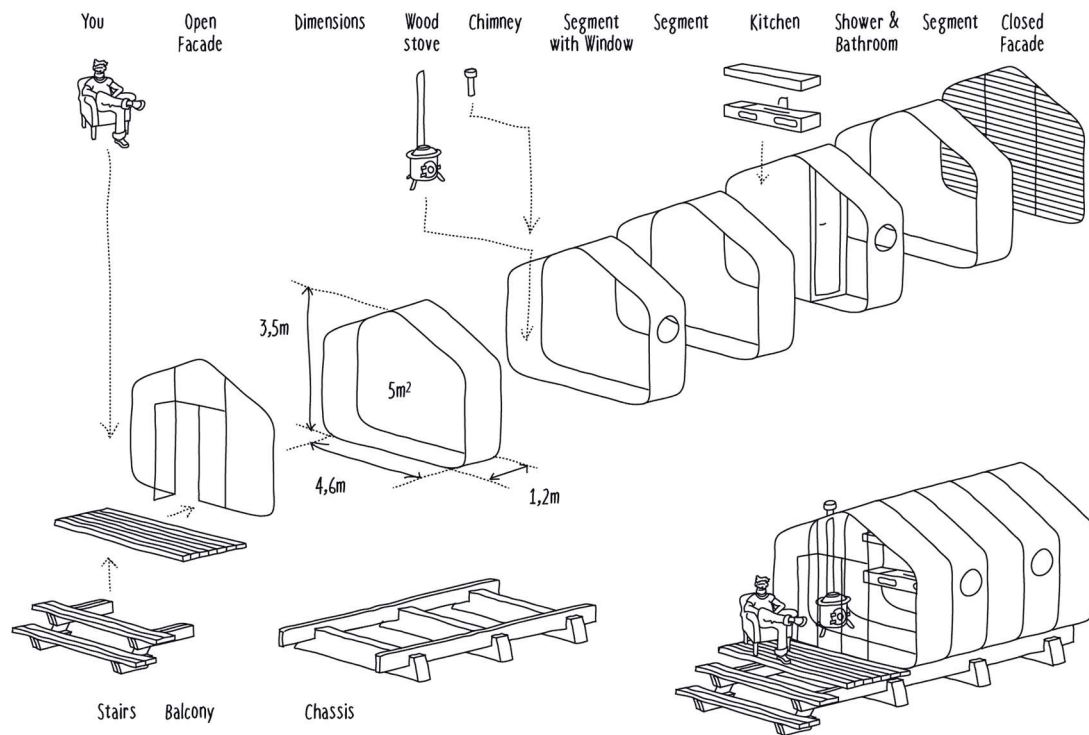


figura 81-representação do conceito da Wickelhouse

O projeto foi desenvolvido a partir de um conceito de mobilidade, na capacidade em crescer com as necessidades, na facilidade de transporte, na sustentabilidade e na aptidão em não precisar de fundações, como ilustra a figura 82. O projeto pretende oferecer capacidade transformativa á construção, permitindo a hipótese em criar condições para aceitar vários programas e combinações de módulos/ materiais de revestimento escolhidos com critérios de durabilidade e sustentabilidade.



figura 82-Wikkelhouse

O processo de produção e a técnica utilizada condicionaram o aspeto formal final do projeto concedendo-lhe uma identidade própria. O processo de construção permite reduzir o tempo de execução do módulo e controla o desperdício de materiais através da implementação de um processo mecanizado. Os materiais escolhidos respeitam os pressupostos ambientais e permitem ser reciclados na totalidade. O elemento em maior quantidade é o cartão que é enrolado por camadas (24 camadas) que funciona como isolamento com boas performances a nível acústico e térmico, como ilustra a figura 83.



figura 83-sistema construtivo por multicamadas de papel

O reduzido peso que cada segmento de módulo tem (500kg), possibilita a colocação do edifício em diferentes terrenos sem precisar de fundações, O sistema utilizado recorre a vigas em betão que são pousadas no terreno natural, suportando o peso do edifício através de vigas em madeira que distribuem a força para os elementos em betão, como ilustra a figura 84.



figura 84-sistema de fundações assente sobre vigas de betão

O edifício está preparado para ser desmontado/montado e transportado para diferentes locais através do uso de veículos pesados. A colocação dos módulos no local de implantação implica a utilização de guias, como ilustra a figura 85. O edifício tem pré instalado as diferentes infra estruturas que compõem uma habitação. As instalações de água, saneamento, eletricidade, gás e drenagem terão que ser ligadas às infraestruturas existentes/criadas no local.



figura 85-módulo a ser implantado

A construção assenta a sua sustentabilidade no processo de fabrico, na reutilização/ reciclagem dos materiais, na utilização de materiais naturais com destaque para o cartão e madeira certificados ambientalmente. O recurso a energias alternativas não foi considerado como parte integrante do projecto.

A **WIKKELHOUSE** usa a técnica do módulo volumétrico, viabilizando a criação de edifícios temporários com propósitos sustentáveis. Utiliza materiais e processo construtivos sustentáveis criando- um edifício com um impacto ambiental reduzido, que tem a capacidade de ser transportado e personalizado.

3.5.2. WIKKELHOUSE-análise crítica

A **WIKKELHOUSE** foi desenvolvida apoiada no processo de fabricação com todas as imposições que o mesmo efetuou no resultado do produto final. O aspeto formal que resulta do método condiciona a capacidade do projeto em se transformar e adotar organizações espaciais que fujam da configuração retangular que caracteriza a planta do projeto. A versatilidade projectual é diminuta devida á incapacidade da forma em se conjugar, só permitindo uma maneira de anexação dos módulos, como ilustra a figura 86.



figura 86-anexação dos módulos

A mobilidade do projeto, condicionada pela implicação do uso de veículos pesados e necessidade de grua para a implantação dos módulos. Os locais de implantação têm que ter capacidade do uso de maquinaria pesada, limitando a permanência do projeto em locais onde não seja possível utilizar os meios adequados. As fundações aplicam

um impacto reduzido, criam as condições necessárias para a implantação do edifício em distintos tipos de solo. A implantação dos apoios não envolve urna intervenção destrutiva reforçando o conceito sustentável que o projeto intenta. A implantação do projeto implica sempre a ligação das instalações do projeto a uma rede existente ou a infra estruturas colocadas no local, reduzindo significativamente a capacidade de mobilidade do projeto aumentando o impacto no local de implantação.

A **WIKKELHOUSE** assente na construção modular com propósitos sustentáveis, responde á maioria dos pressupostos, mas encontra algumas debilidades em alguns pontos importantes na caracterização deste tipo de construção. O método construtivo patenteado oferece uma valência ao projeto que o faz ser notado no panorama da construção. As interferencias negativas do processo são minoradas pela inovação sustentável que o mesmo confere e pela imagem arquitetónica que o projeto apresenta. A imagem do módulo é uma forma bastante utilizada em diversos projetos da atualidade com grande sentido estético, corno ilustra afigura 87, conectando-se com as qualidades dos mesmos.



Figura 87-projeto atual com uma imagem reconhecível Herzog vitrahaus

3.5.3. DIOGENE – apresentação

A **DIOGENE** (garcia, 2013) é uma construção modular com propósitos sustentáveis que utiliza um sistema construtivo inovador integrante. O edifício com um peso de 1.2 toneladas, tem dimensões em planta de 2.4x2.96m e altura de 3.2m.

Apresenta uma imagem compacta que nos reporta á construção tradicional com telhado, como ilustra a figura 88.



figura 88-Diogene

O projeto foi idealizado como abrigo, com o espaço reduzido, mas acompanhado de um estudo projectual e ergonómico profundo tornando-o funcional e confortável. O conceito de mobilidade presente na transportabilidade do edifício atinge uma ascensão enorme pelo facto de ser auto sustentável utilizando apenas as energias naturais. O projeto não pretende crescer, mudar de forma, de figura e de revestimentos. O projeto é pensado e desenvolvido peça por peça estudando as funções e necessidades dos diferentes elementos, como ilustra a figura 89.

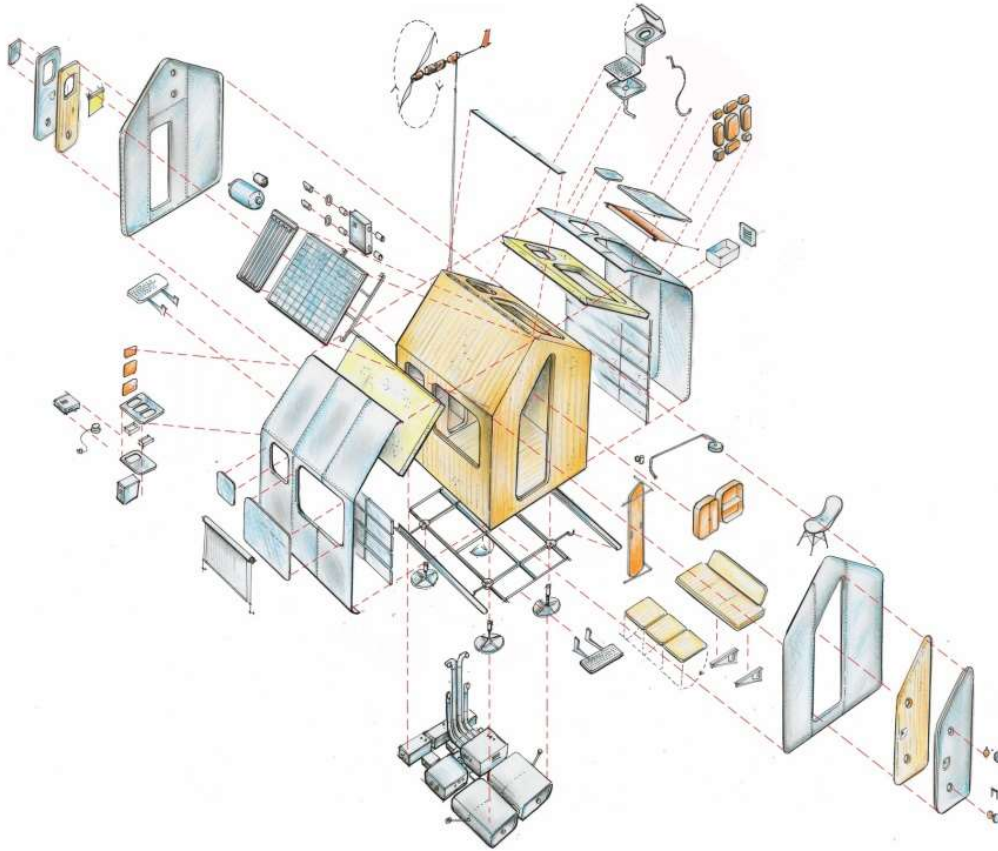


figura 89-representação em axiometria dos elementos do projeto

A organização espacial foi desenvolvida ao pormenor, atribuindo a cada peça uma posição e funcionalidade específica. A área é dividida em dois espaços distintos, a área de estar e a instalação sanitária. Cada componente desde a mobília às instalações foi desenhado para responder às necessidades de uma pequena habitação, como ilustram as figuras 90 e 91.

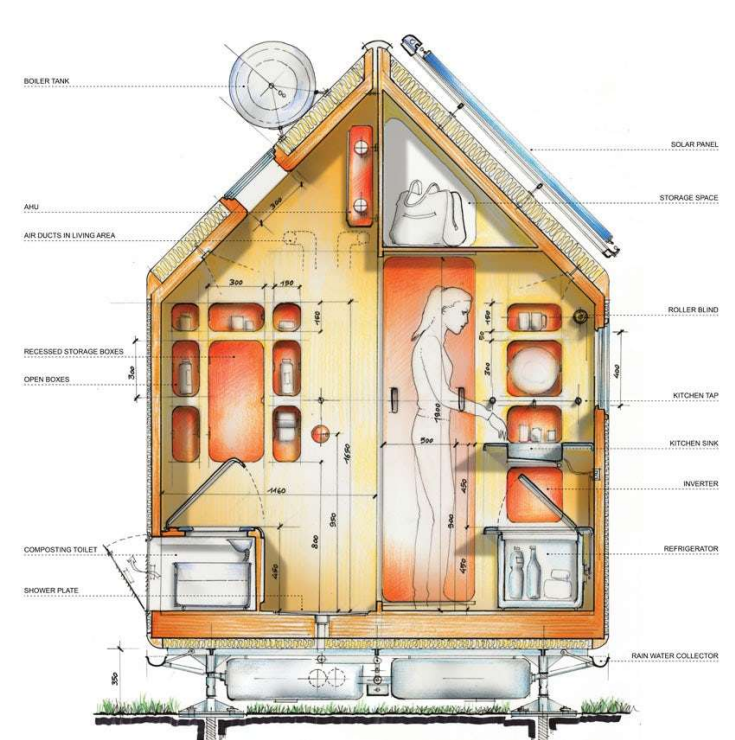


Figura 90-representação em corte da Diogene

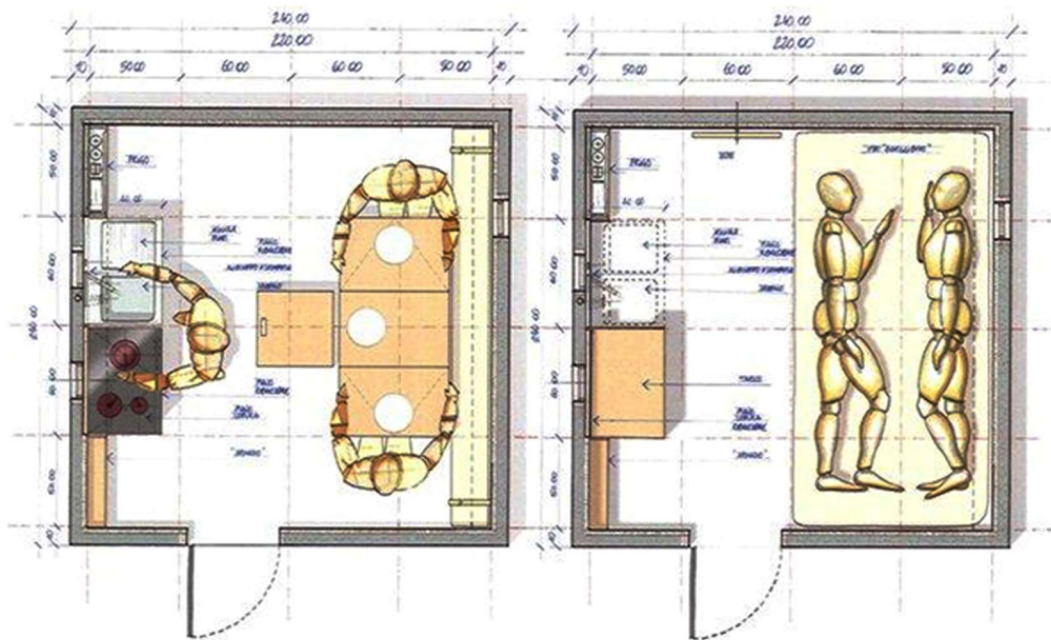


figura 91-representação em planta da Diogene

O processo de construção permite rentabilizar e controlar o desperdício de através da implementação de um processo realizado em fábrica. Os materiais escolhidos baseados no critério da sustentabilidade ambiental, são suscetíveis de ser desmontados e reciclados. O sistema construtivo engloba todas as infraestruturas de uma habitação, integrando-as com todo o processo. O sistema é em painéis de madeira de “ABETO” que revestem todo o interior do edifício, isolado com painéis de vaco e com uma camada exterior em alumínio. A estrutura compacta é composta por vigas em aço que se apoia em bases de betão e pode ser levantada através de barras de aço, como ilustra a figura 92.



figura 92-módulo compacto a ser implantado

A construção assenta a sua sustentabilidade no processo de fabrico, na reciclagem dos materiais, mas sobretudo, nos sistemas de energia alternativos, no sistema de recolha de águas da chuva e na instalação sanitária biológica, como ilustra a figura 93. A conjugação dos diversos elementos permite ao edifício ser autossuficiente e potenciar a mobilidade do projeto possibilitando-o de se implantar em áreas sem acesso a infraestruturas através do recurso a energias alternativas.

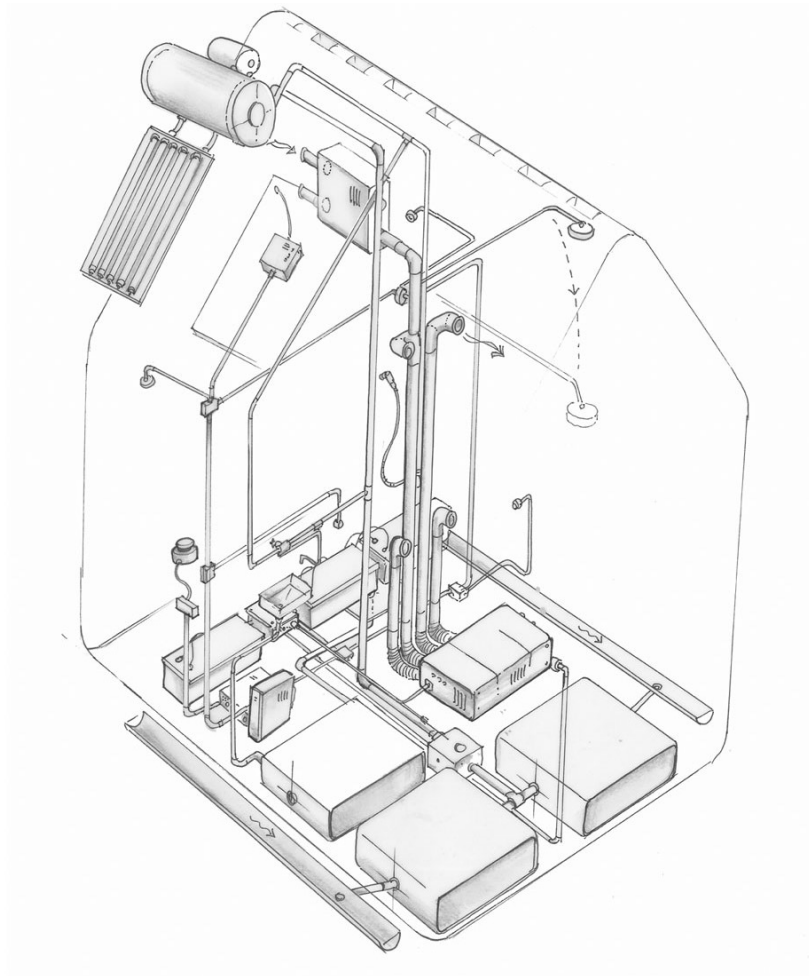


figura 93-representação em axiometria das infraestruturas do projeto

A **DIOGENE** usa a técnica do módulo volumétrico compacto, viabilizando a criação de edifícios temporários com propósitos sustentáveis. Utiliza materiais e processo construtivos sustentáveis criando um edifício com um impacto ambiental reduzido, que tem a capacidade de ser transportado, não necessitar de fontes de energia e de infraestruturas urbanas, como ilustra a figura 94.



figura 94-sistemas renováveis de apoio

3.5.4. DIOGENE – análise crítica

A **DIOGENE** é um projeto que cumpre com as condicionantes da construção modular com propósitos sustentáveis. A solução é um dos melhores exemplos e destaca-se da maioria dos projetos pela capacidade sustentável e independência de infraestruturas.

O conceito arquitetónico e as reduzidas dimensões do edifício tornam o projeto num caso de estudo. Contrariamente ao suposto, a falta de espaço não produz carências, reforça a funcionalidade. Dissecando o conceito de habitação mínima, explorada entre outros, pelo arquiteto *LE CORBUSIER* através da criação do projeto *LE CABANON*, que serviu de inspiração ao arquiteto autor deste projeto *RENZO PIANO*.

aspeto formal conduz o nosso subconsciente ao conceito de casa/ abrigo. Contrariamente aos projetos preconizados em construção modular sustentável, este não tem a presunção de crescer e apenas existe como elemento único e imutável. A particularidade da forma não condiciona a versatilidade porque não precisa de se combinar para gerar novos espaços.

A mobilidade do projeto é determinada pelo comprometimento do uso de veículos pesados e necessidade de grua para a implantação. A implantação dos apoios não envolve urna intervenção destrutiva e intensifica o conceito móvel/sustentável que o projeto tenciona. A permanência do projeto em locais onde não seja possível utilizar os meios adequados fica debilitada.

O único aspecto redutor do conceito de mobilidade dilui-se na soberba capacidade de o edifício ser independente de infraestruturas e autossuficiente. Abre um conjunto de oportunidades e apropriações do espaço que não está ao alcance de muitos projetos produzidos com os mesmos pressupostos. A independência do projeto das instalações de esgotos água e luz é de salientar. A instalação sanitária é constituída por uma sanita com compostagem integrada que não necessita de descarga de água e um chuveiro que tem um controle eficiente de água.

Os sistemas de apoio de recolha de energia, como ilustra a figura 95, e os de aproveitamento de recursos naturais (água da chuva), concedem ao projeto a autonomia e uma simbiose extraordinária com o meio ambiente.



figura 95-sistema de produção de energia

A DIOGENE assente na construção modular com propósitos sustentáveis, é um dos melhores exemplos construídos, que explora o conceito de habitação mínima de uma forma intrínseca. O pensar tudo ao milímetro, permitiu desenvolver uma interdependência de todos os elementos do projeto, obrigando-os a fazerem parte de um todo que não funciona sem o seu contributo. O esmiuçar do pensamento permite criar realmente condições de sustentabilidade, tudo que faz parte de uma habitação é pensado para produzir um consumo de recursos e desperdício mínimos. A instalação sanitária biológica, o sistema de aproveitamento de água da chuva, a capacidade de produção de energia e águas quentes são aspetos diferenciadores integrantes da

imagem e conceito arquitetónico. A autossuficiência do projeto é de assinalar pelo resultado de eficiência e pela capacidade em ser imagem conceptual.

O contributo para a sustentabilidade da solução é notável, a sua capacidade individual torna o projeto um objeto icónico no desenvolvimento da construção com propósitos sustentáveis.

Procurou-se enquadrar a construção modular com propósitos sustentáveis da atualidade, procurando evidenciar vantagens e limitações relacionadas com os projetos desenvolvidos, estabelecendo no final de cada subcapítulo apresentado uma análise crítica das soluções apresentadas. A dissertação procura enquadrar o contexto atual da construção pré-fabricada de modo a permitir estabelecer com maior rigor uma análise crítica ao Projeto cuja conceção é descrita no Capítulo 4 da presente dissertação.

4. Construção modular prefabricada sustentável -caso de estudo

4.1. Motivação do projeto

O projeto a implementar consiste no desenvolvimento de um espaço ecológico auto suficiente, transportável, multifuncional, com capacidade de alterar a sua imagem para fins turísticos ou de apoio a iniciativas publicas/privadas, espaço publicitário, de exposições, educativo entre outras potencialidades. Tem como ponto de partida um conjunto de referências de edifícios pré-fabricados com propósitos sustentáveis já existentes, conforme relativo no Capítulo 3, procurando inovar ao nível da sustentabilidade das soluções concebidas para o efeito, e na busca da autossuficiência em matéria de funcionamento.

A ocupação do espaço concebido obedecerá a regras que assentam em preocupações de carácter ambiental, privilegiando a responsabilidade na utilização do edifício e em última linha visando a sustentabilidade na sua utilização. O edifício concebido obriga a uma utilização consciente por parte do utilizador, que pretende mudar atitudes e consciencializar que a sua presença deixa uma pegada ecológica que pode ser minimizada através de pequenas alterações de fácil implementação. A consciência de sustentabilidade ambiental é um processo que requer aprendizagem, o facto de o retorno das nossas ações não ser sentido de imediato leva-nos a desconsiderar a importância dos nossos atos. Os efeitos nocivos da nossa postura fazem-se sentir em locais onde as características ambientais e económicas são mais extremas, onde a necessidade de habitação condigna é precária ou inexistente.

A realidade dos dias de hoje devido ao aumento demográfico da população mundial implica uma luta cada vez maior entre os espaços naturais e a ocupação humana. A dualidade criada entre as diferentes necessidades de cada interveniente não pode ser eliminada, pode ser minimizada através do respeito e consciência ecológica.

4.2. Objetivos da conceção

O projeto pretende proporcionar uma nova forma de turismo, explorar novas vivências em locais que devido as suas características e qualidade paisagística são delicados e de ocupação restrita.

O projeto foi desenvolvido para ter a capacidade em ser montado/desmontado em 24horas com o apoio de uma viatura e quatro trabalhadores. O projeto quando

desmontado pretende ser transportado através de veículos automóveis e não necessitar de guias para ser assembled. O contacto com o solo é feito através de pilares reguláveis em altura para se ajustar a diferentes solicitações onde se pretende implantar. A área de contacto com o solo foi desenvolvida com o intuito de dispersar as tensões dos pilares e reduzir o impacto refletido no solo.

A estadia pretende-se que seja de curta duração (três dias) por causa da necessidade de recarregar os consumíveis, limpar os detritos e respeitar o ténue equilíbrio entre o homem e o espaço apropriado. A apropriação dos diferentes espaços tem custos ambientais que se pretendem evidenciar, criando um compromisso ecológico do utilizador que se reflete no valor final da fatura a pagar. A utilização anexada a uma taxa de energia permite educar (gastador/pagador), com auxílio a avisos de incorreta utilização que serão proporcionados através de uma “APP” de forma passiva ou ativa dependendo da pretensão do seu utilizador. O valor apurado da taxa ecológica reverte para a proteção do espaço que se implementa o projeto (limpeza, plantação árvores, etc...).

Pretendo criar um projeto autosuficiente sem necessidade de infraestruturas locais com o intuito de trazer para a discussão pública a sustentabilidade. Conseguir transformar um objeto invasor num elemento que quando implantado favorece o local e contribui para o despertar de atitudes e consciências ecológicas.

O objetivo final é criar um edifício de custos controlados, com reduzido impacto ambiental e tecnicamente simples, de modo a poder ser facilmente edificado, transportado e desmontado, podendo contribuir desta forma para o bem estar de populações em regiões desfavorecidas, sem infraestruturas e em locais de poucos recursos naturais. Possibilitando uma vivência digna em situações de catástrofe natural que obriguem a instalações provisórias que assegurem uma dignidade mínima da função habitar.

4.3. Conceção arquitetónica

A conceção arquitetónica do edifício envolve um conjunto de etapas que englobam a metodologia da conceção desenvolvida. Cada uma das etapas enunciadas será descrita tendo em vista em obter uma descrição detalhada do objeto arquitetónico em análise. Para cada etapa enunciada encontra-se associada uma imagem ou conjunto de imagens representativas da solução concebida. As principais etapas da conceção

arquitetónica são as seguintes: definição da compartimentação da base, materialização da cintagem da base do edifício, execução da solução de teto, materialização da envolvente e acabamento final da envolvente.

Cada uma das etapas anunciadas está associada a um subcapítulo no qual se apresenta detalhadamente as soluções e estabelece uma análise crítica ao projeto de arquitetura.

4.3.1. Definição da compartimentação da base

O desenvolvimento arquitetónico do edifício, implicou uma compartimentação da base do projeto em seis módulos pré-fabricados de chão, como ilustra a figura 96, com dimensões 2.50mx1.20mx0.60m e um peso condicionado em função da densidade do material aplicado. A conceção dos módulos de base teve como princípio a possibilidade de mobilização sem recorrer a meios mecanizados.

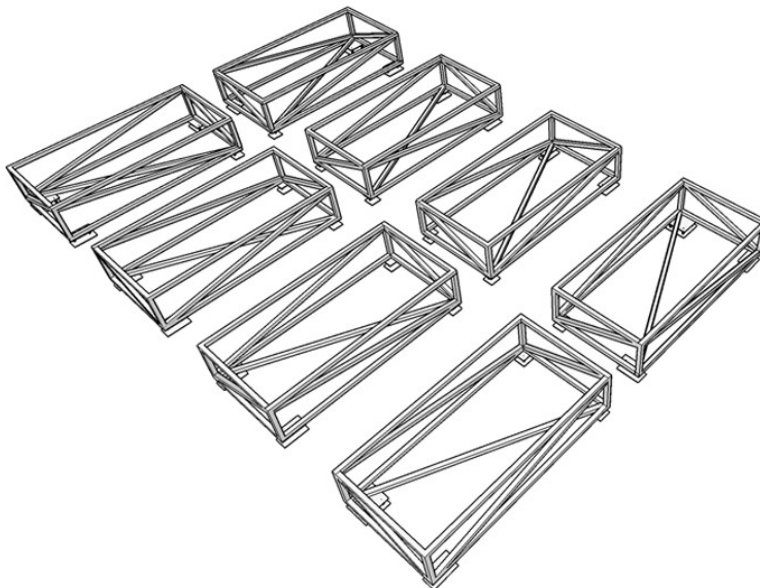


Figura 96-estrutura dos módulos de chão

O estudo de compartimentação envolveu a definição de quatro tipos de elementos distintos, como ilustra a figura 97, com especificidades diferenciadas em função das necessidades de compartimentação de base e da sua localização relativa na planta do edifício apresentando distintos apoios. O referido posicionamento traduz-se na possibilidade de existirem módulos em diferentes posições contemplando a

possibilidade de estar em contacto com duas, uma ou nenhuma face de separação do envolvente exterior, muito embora exista sempre uma face em contacto com o solo.

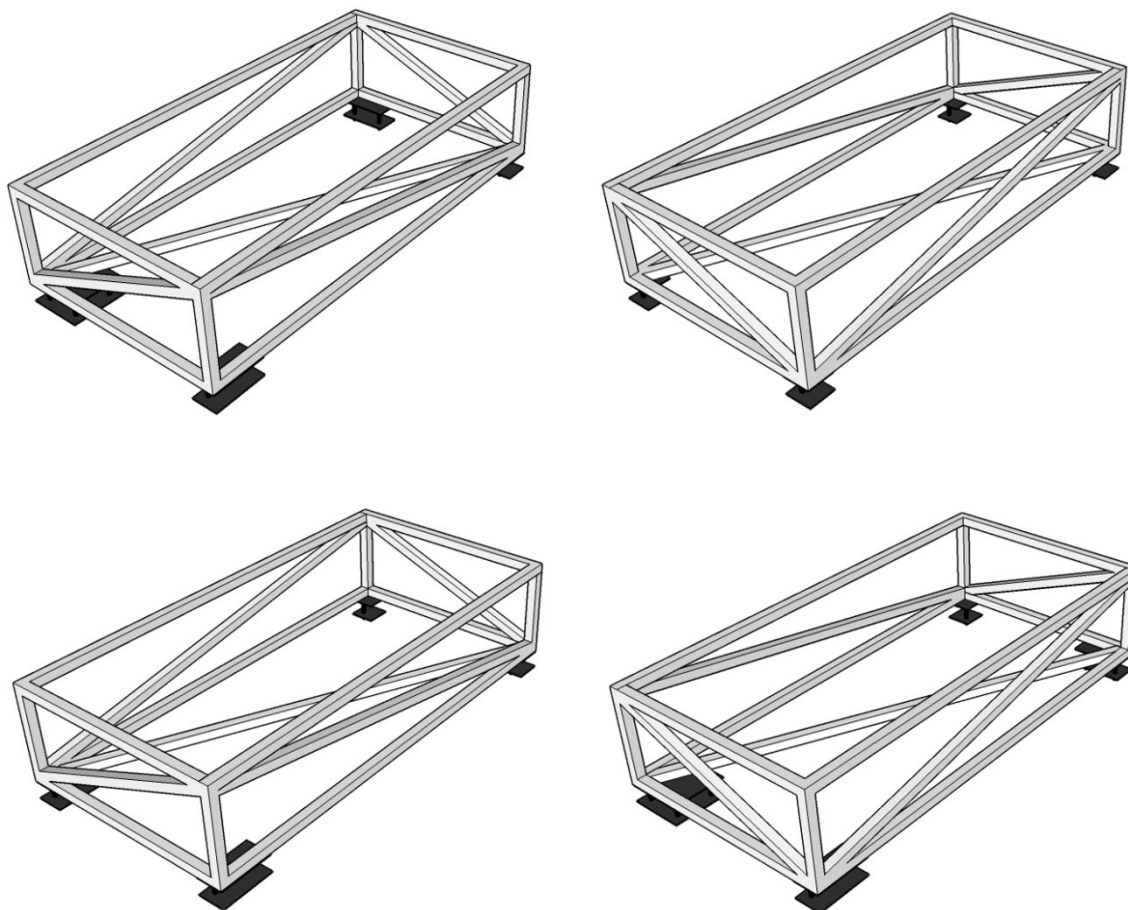


Figura 97-diferentes tipos de módulos de chão

Os quatro módulos serão definidos da seguinte forma: módulo de canto, módulo intermédio, módulo interior e modulo extremo. O projeto contempla quatro módulos de canto e quatro módulos intermédios, como ilustra a figura 98, com uma diferença entre eles apenas nos apoios de forma a resolver a problemática do encaixe (formato do apoio que altera dependendo da sua posição relativa) e na direção das diagonais de reforço estrutural.

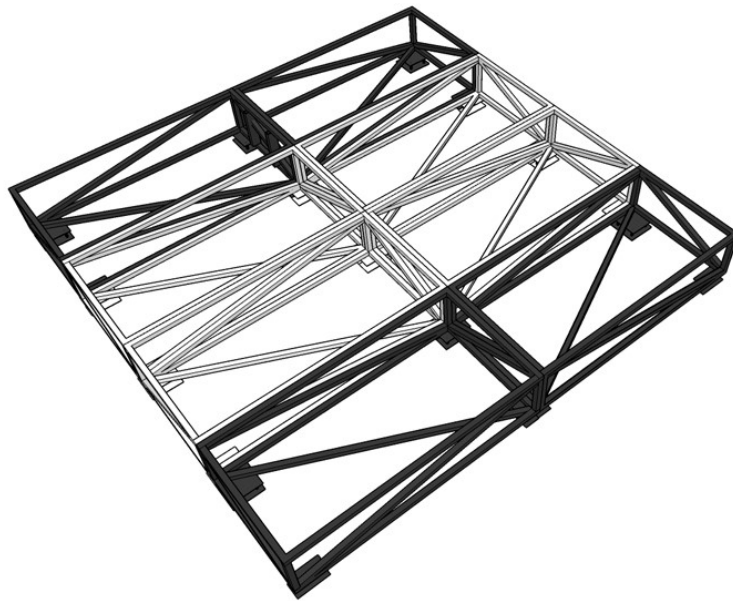


Figura 98-posição dos módulos de canto e intermédios

O módulo interior e o módulo extremo, como ilustra a figura 99, não serão aplicados na solução de base preconizada. A utilização destes elementos será necessária apenas quando as dimensões em planta impliquem a aplicação de um maior número de módulos de chão (número superior a oito módulos) e a diferença entre eles situa-se no formato do apoio devido á sua posição relativa. O módulo interior não terá

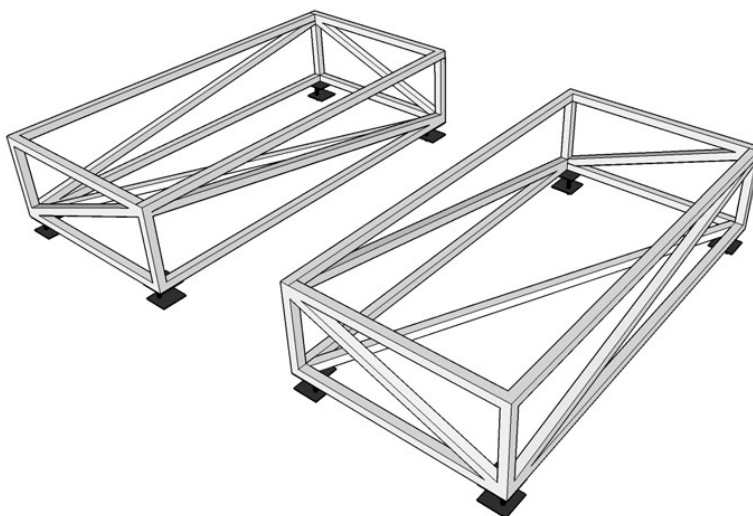


Figura 99-módulo interior e o extremo interior

nenhuma face vertical em contacto com a envolvente exterior e o módulo extremo terá uma face em contacto com o exterior e situa-se entre módulos de canto na sua face de maiores dimensões, com ilustra a figura 100.

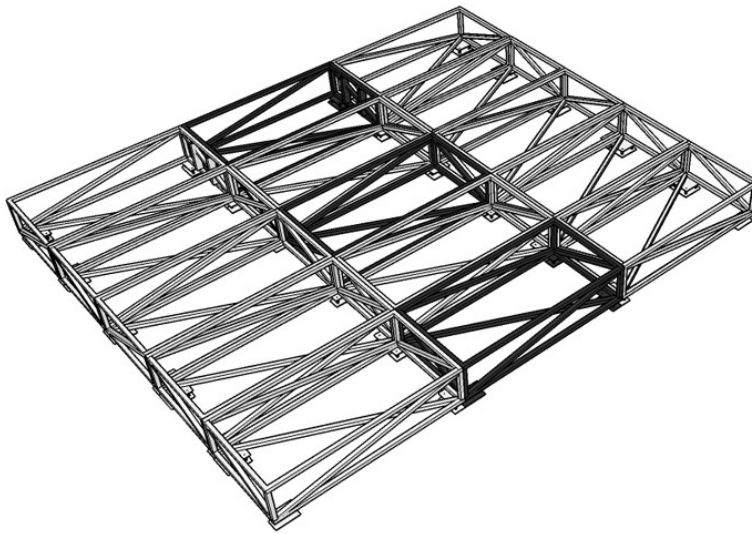


Figura 100-posição dos módulos interiores e os extremos

Os módulos apresentados serão apoiados numa estrutura previamente colocada no terreno natural, devidamente nivelada. Os apoios são em material que absorve as vibrações (elástico) e serão conectados entre si através de uma estrutura em aço que unifica e solidariza a estrutura num só elemento, como ilustra a figura 101.

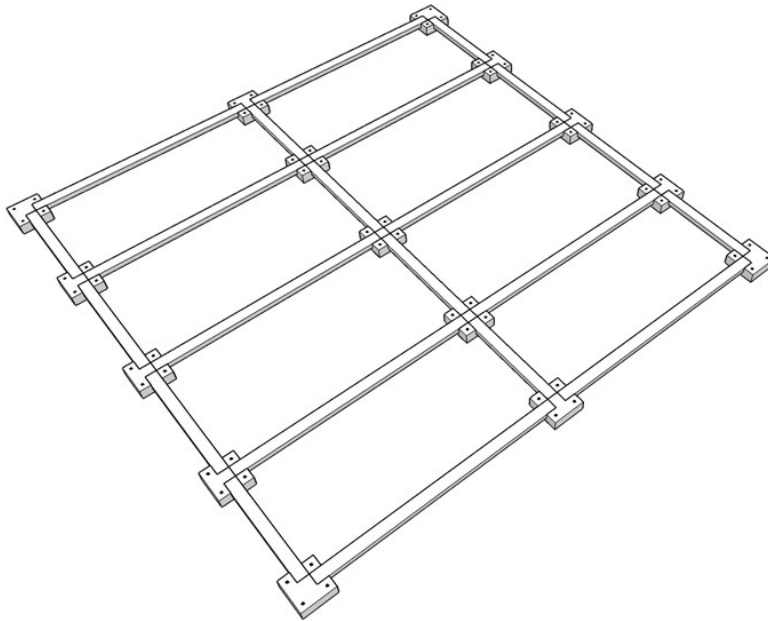


Figura 101-estrutura de apoio do edifício

A estrutura em aço dos módulos será contraventada em todas as faces exceto numa face. Acoplada a esta estrutura tubular foi executada a estrutura que servirá para sustentar o acabamento final da envolvente, como ilustra a figura 102.

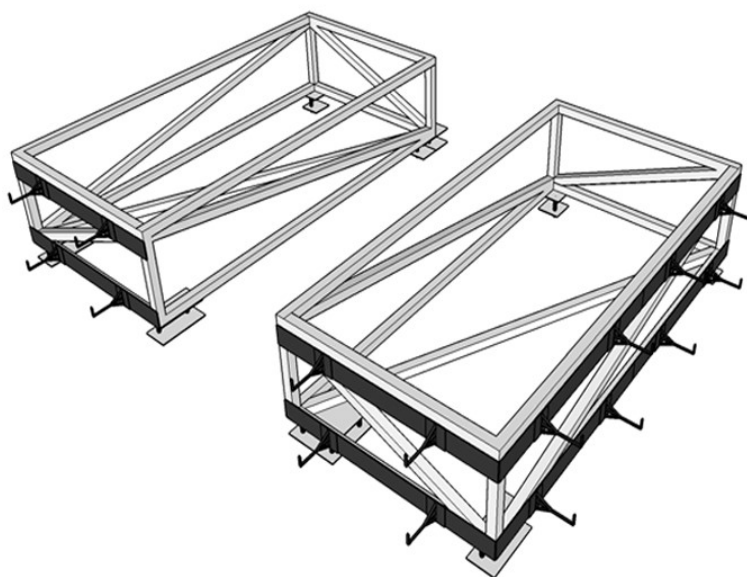


Figura 102-estrutura de suporte do acabamento final da envolvente

Os elementos estruturais apresentados serão revestidos com materiais escolhidos com base na sustentabilidade e que respeitem os pressupostos da reciclagem permitindo materializar o processo de cintagem do edifício. O tratamento dos materiais será desenvolvido no capítulo 4.4.1.

4.3.2. Materialização da cintagem da base do edifício

A necessidade de dotar o projeto de características de conforto e de habitabilidade, minorando os impactos ambientais e fazendo-o cumprir a legislação aplicável, determina a aplicação de materiais com elevadas características de sustentabilidade na interface em contacto com o solo e a sua envolvente. A estrutura que se encontra em contacto com o pavimento do projeto e a envolvente exterior será revestida com uma camada de isolamento, como ilustra a figura 103.

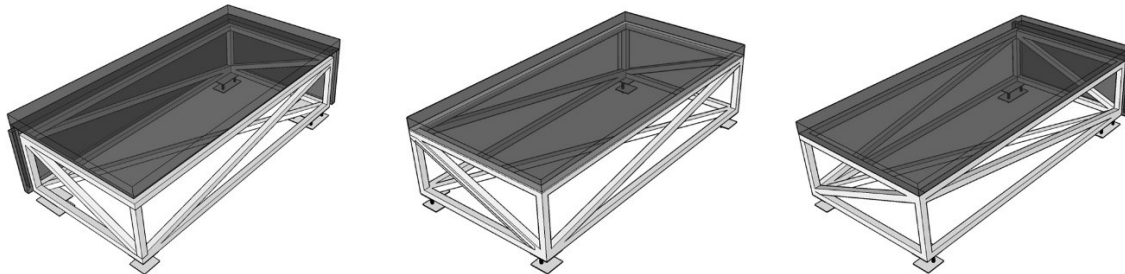


Figura 103-isolamento dos módulos de chão

O isolamento será complementado com uma barreira para vapor para limitar a difusão do vapor e evitar, desta forma, as condensações no interior do elemento construtivo. O isolamento será cintado em toda a sua extensão pelo exterior por uma camada com resistência ao choque em chapa de alumínio tratada de 3mm, lacada a branco, como ilustra a figura 104. A materialização da cintagem do edifício

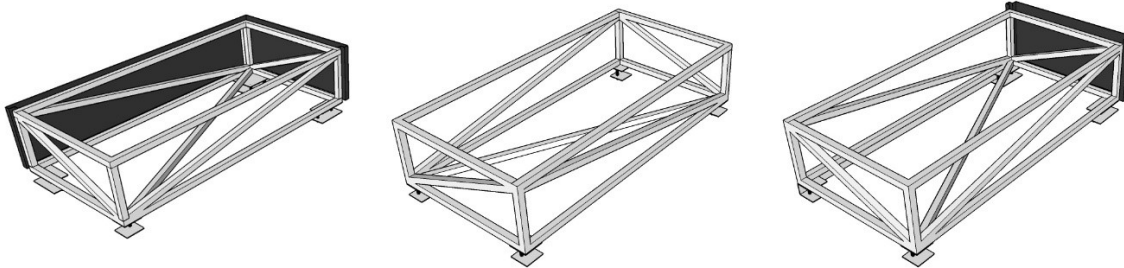


Figura 104-revestimento em chapa dos módulos de chão

é executada em fábrica, vindo os módulos preparados para serem montados e anexados entre si permitindo criar uma estrutura onde se apoia a envolvente exterior do edifício, como ilustra a figura 105.

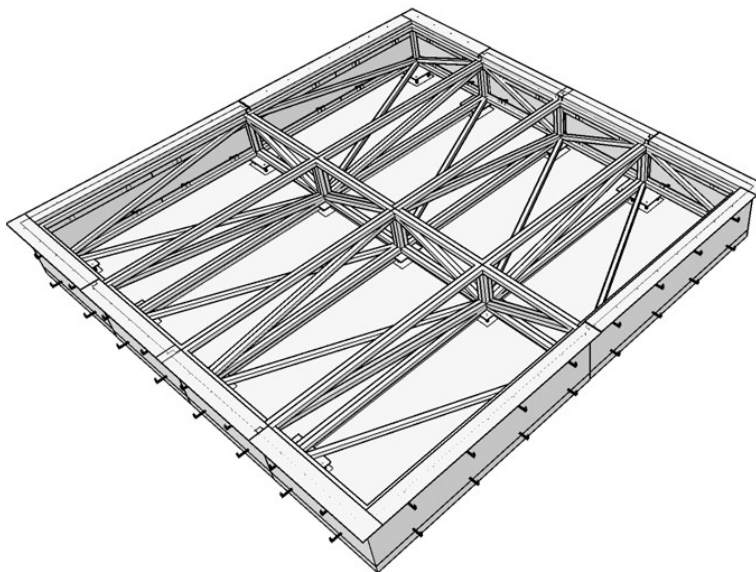


Figura 105-módulos de chão assemblados com a cintagem

A execução do pavimento é a última tarefa a realizar nos módulos de chão, permitindo materializar o pavimento salvaguardando uma área técnica no seu interior. As “tampas” de pavimento serão executadas com uma estrutura em aço idêntica á utilizada na base, revestidas com placas de “OSB” com isolamento que dará suporte para o acabamento final do pavimento, como ilustra a figura 106.

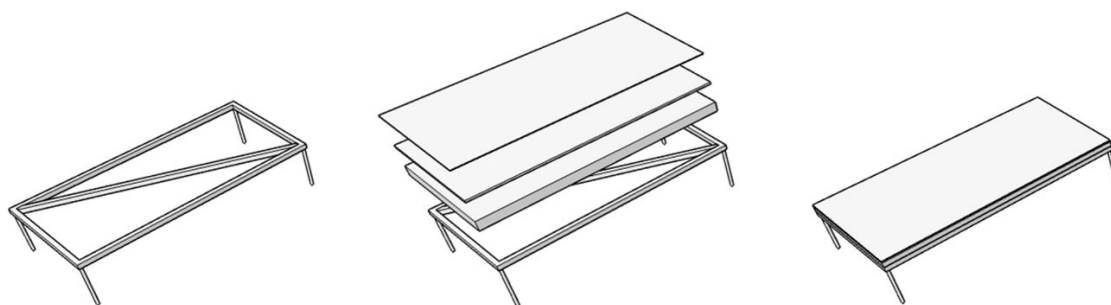


Figura 106-camadas que compõem o remate de chão

O encaixe das “tampas de chão” é executado superiormente em relação aos módulos de chão e encaixa-se nos prumos verticais dos mesmos, como ilustra a figura 107.

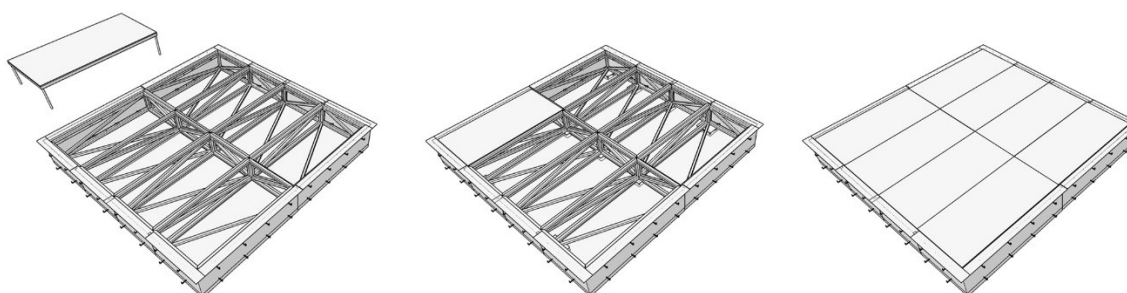


Figura 107-colocação do piso no módulo de chão

A cintagem da base do edifício permite criar um elemento compacto, resistente e isolado termicamente que salvaguarda o conforto e procura a sustentabilidade. Após a concretização do módulo de chão, começa-se a executar o teto que será descrito no capítulo 4.3.3.

4.3.3. Execução da solução do teto

A conceção arquitetónica do edifício e o método construtivo implicaram que a tarefa executada depois do módulo de chão seria a solução de teto que será assemblada sobre a estrutura de chão e será descrita no presente capítulo.

Os módulos de teto em termos de desenho são iguais aos de chão, mas não contemplam os pilares como os módulos de chão, como ilustra a figura 1087. A outra particularidade em relação aos módulos de chão é o facto de o eixo vertical não estar

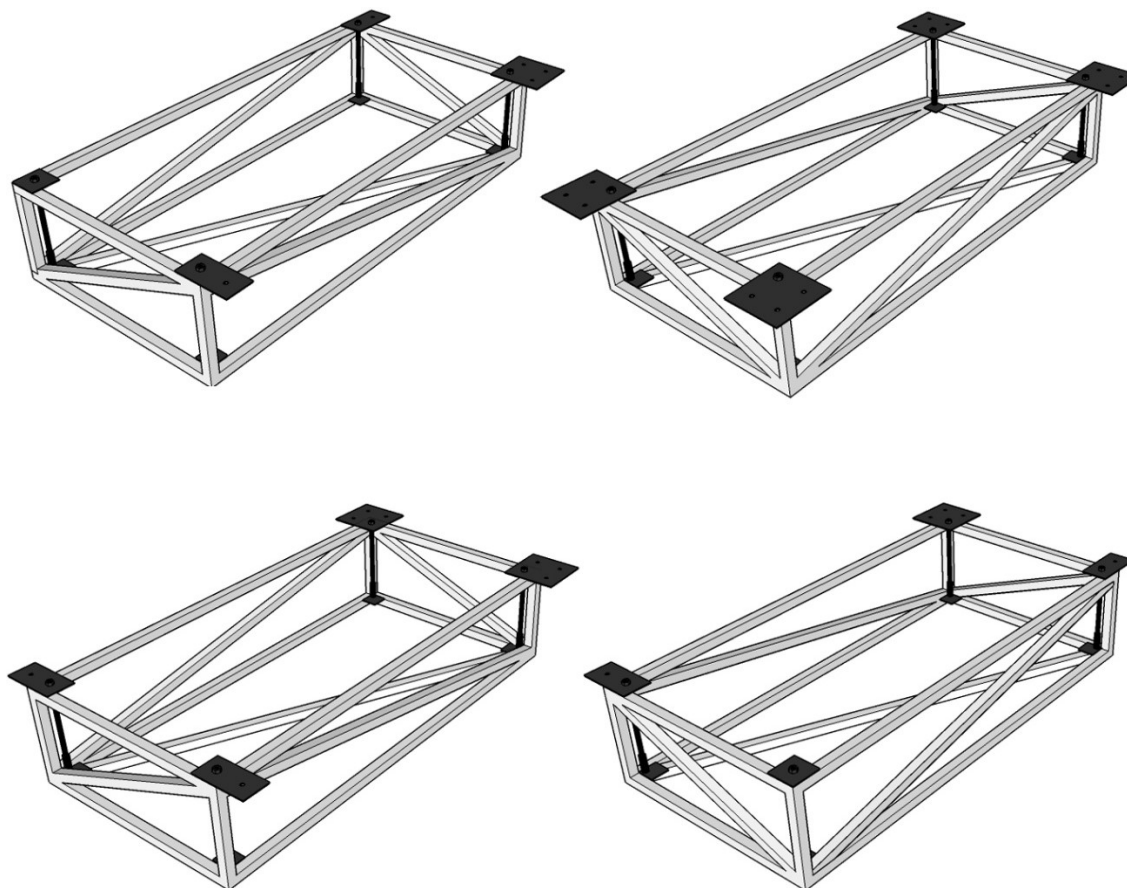


Figura 108-diferentes tipos de módulos de teto

bloqueado como acontecia na solução de chão (contacto com o solo), além do controlo da deslocação horizontal foi necessário impedir a deslocação vertical dos módulos de teto que serão suportados pelas paredes. A montagem da solução de teto respeita o mesmo método que o executado para o chão e usa um método de união de módulos que impedem a deslocação vertical do teto ao longo do eixo Z, como ilustra a figura 109, através da colocação de varões roscados que unem os diferentes módulos e solidarizam todo o teto tornando-o um único elemento.

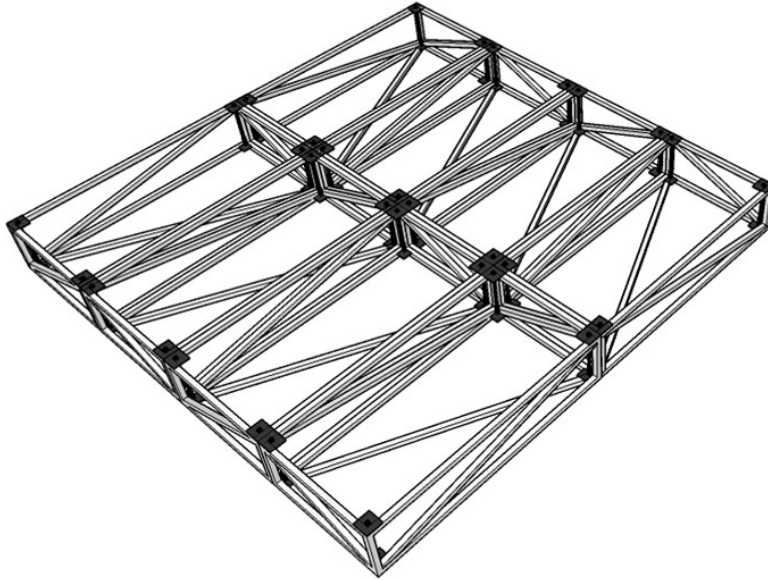


Figura 109-sistema de suspensão do teto

A materialização da cintagem dos módulos de teto é igual á descrita no capítulo 4.3.2, obedece aos mesmos pressupostos e contempla as mesmas soluções, com ilustra a figura 110, exceto nas particularidades expostas no presente capítulo.

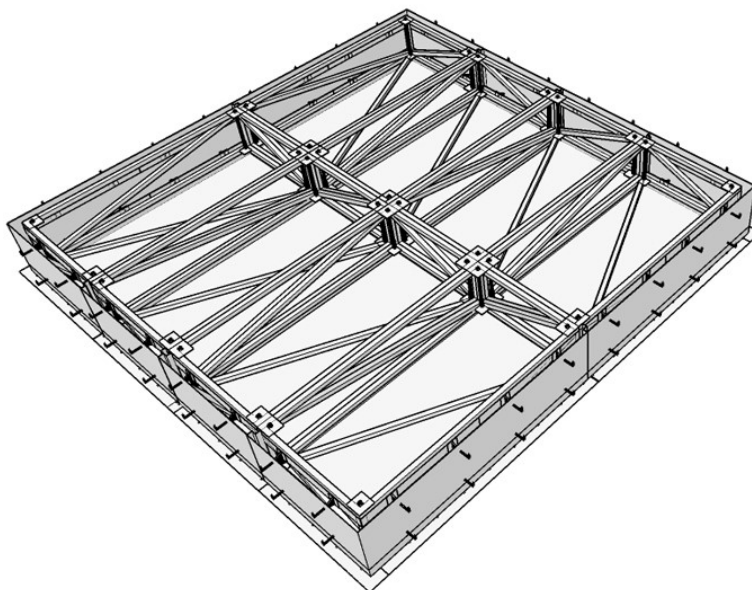


Figura 110-teto assembledo

Os elementos de teto têm uma área destinada á fixação da tela exterior que irá envolver a cobertura do edifício e fixar-se lateralmente aos módulos de teto impermeabilizando a cobertura, como ilustra a figura 111. O único orifício horizontal da tela será para recolher as águas da chuva, as infraestruturas que necessitem de ter contacto com o exterior (condutas de ventilação, chaminé) sairão para o mesmo através do plano vertical abaixo da zona da tela.

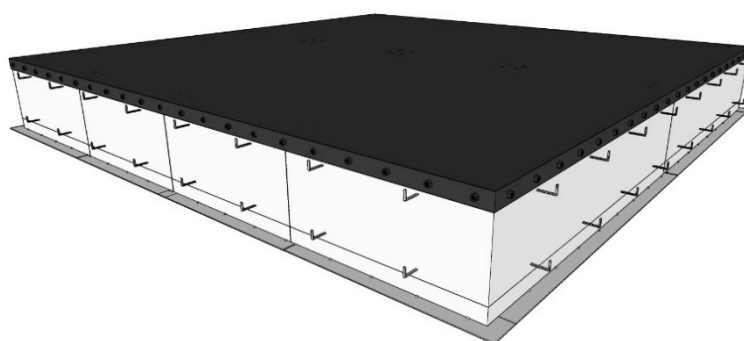


Figura 111-fixação da tela da cobertura

A solução de teto após estar executada necessita de ser elevada para a sua localização através do uso de elementos elevatórios que permitam colocar a envolvente vertical do edifício que sustenta o peso do teto. O conceito construtivo utilizado inspirou-se no do museu de Berlim desenvolvido pelo arquiteto *Mies Van Der Rohe*, como ilustra a figura 112.



**Figura 112-conceito construtivo utilizado para a solução de teto
Museu de Berlim (Berlim, Alemanha)**

Colocada a estrutura do teto na altura pretendida com o apoio de hidráulicos que sejam transportáveis, esta será sustentada pelos pilares de canto, como ilustra a figura 113, de forma a permitir a colocação da envolvente vertical que será explicada no capítulo 4.3.5.

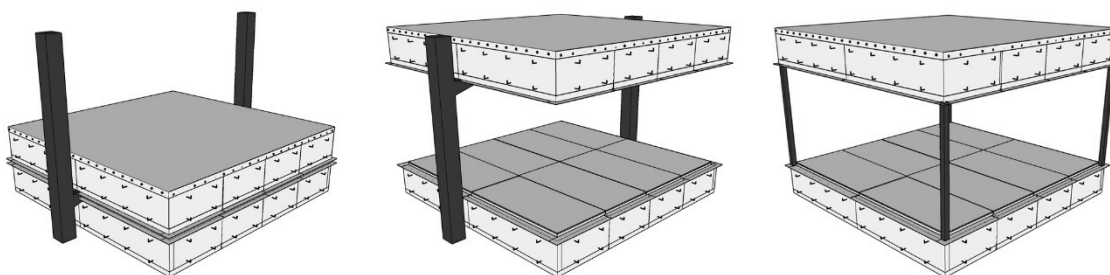


Figura 113-colocação da solução de teto

4.3.4. Materialização da envolvente

A materialização da envolvente implicou uma maior diversidade de pormenores pelo facto de ter em consideração todas as combinações possíveis de união de módulos opacos/envidraçado, como ilustra a figura 114. Os módulos podem ser combinados de variadas formas e definir diferentes combinações entre eles, proporcionando imagens distintas.

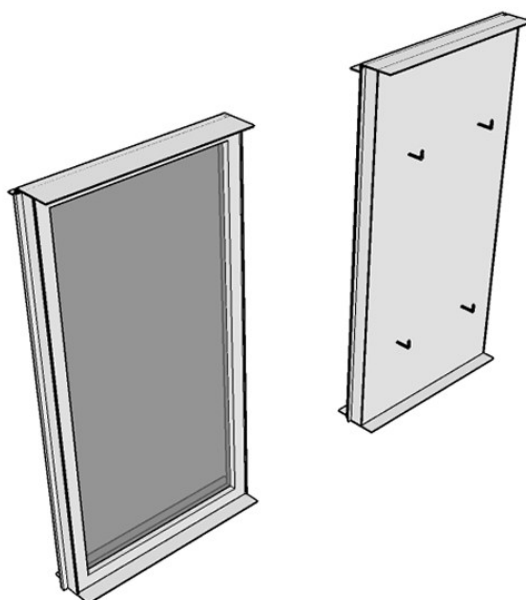


Figura 114-diferentes tipos de envolvente

Os módulos envidraçados são constituídos pela estrutura em aço que contempla os diferentes remates entre módulos e a caixilharia em alumínio com rutura térmica constituído por vidro duplo laminado *guardsun* de 4+1+4mm com caixa de ar de 16mm e vidro incolor 4+4mm, como ilustra a figura 115.

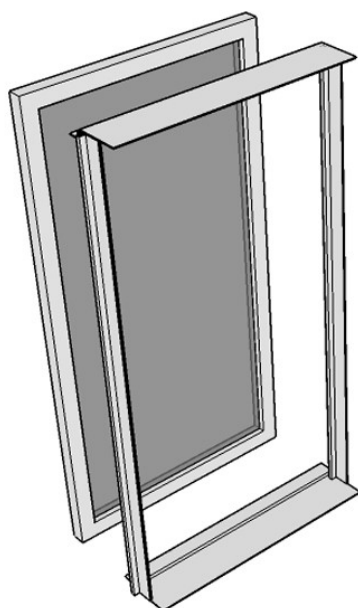


Figura 115-componentes do módulo envidraçado

Os módulos opacos são constituídos por uma armação/estrutura em aço de 6mm de espessura contraventada que suporta a estrutura de sustentação do acabamento final da envolvente, o isolamento natural em lã mineral “ACUSTILAINÉ 70” com espessura de 100mm, a tela para vapor, o revestimento exterior em chapa de alumínio tratada de 3mm, lacada a branco e o interior em gesso cartonado (possibilidade de diferentes revestimentos interiores), como ilustra a figura 116.

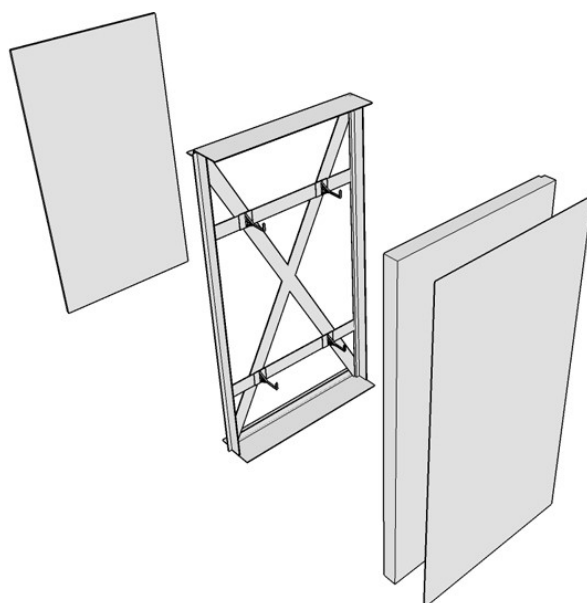


Figura 116-componentes do módulo opaco

Os módulos (opaco/vidro) que não estão em contacto com os pilares de canto têm a estrutura em aço idêntica, com um sistema de encaixe tipo “macho e fêmea” e distinguem-se pelo facto de a base da estrutura do módulo opaco ser dotada de rodapé, como ilustra a figura 117.

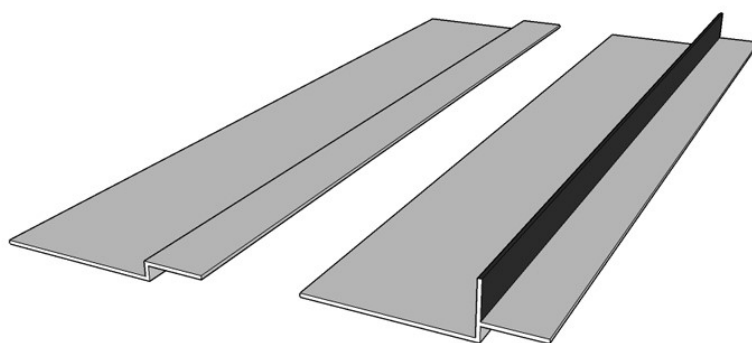


Figura 117-diferença entre a estrutura do módulo envidraçado e opaco

O sistema de encaixe entre módulos, como ilustra a figura 118, salvaguarda a estanquicidade do edifício e permite colocar os módulos em diferentes posições configurando novos *layouts* ao edifício.

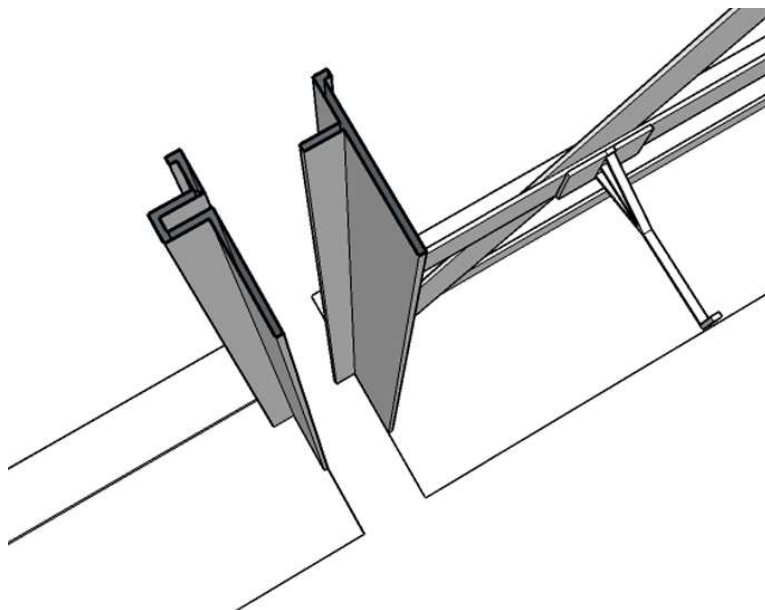


Figura 118-pormenor de encaixe dos módulos do envoltório “interior”

A especificidade dos encaixes entre módulos ocorre nos situados junto aos cantos, pelo facto de dependerem das combinações entre eles (opaco/ opaco; opaco/vidro; vidro/vidro) para definir um remate específico que responda ás condicionantes definidas pela materialização da envolvente.

Em seguida, nas figuras 118, 119 e 120 serão apresentadas discriminadamente todas as soluções de canto possíveis que os módulos da envolvente podem adquirir.

As combinações de canto entre dois elementos envidraçados apresentam um desenho de remate junto ao pilar único, permitindo um encaixe entre a peça e o pilar, como ilustra a figura 119. A diferença situa-se nas particularidades da estrutura da envolvente e as condicionantes de abertura dos vãos envidraçados.

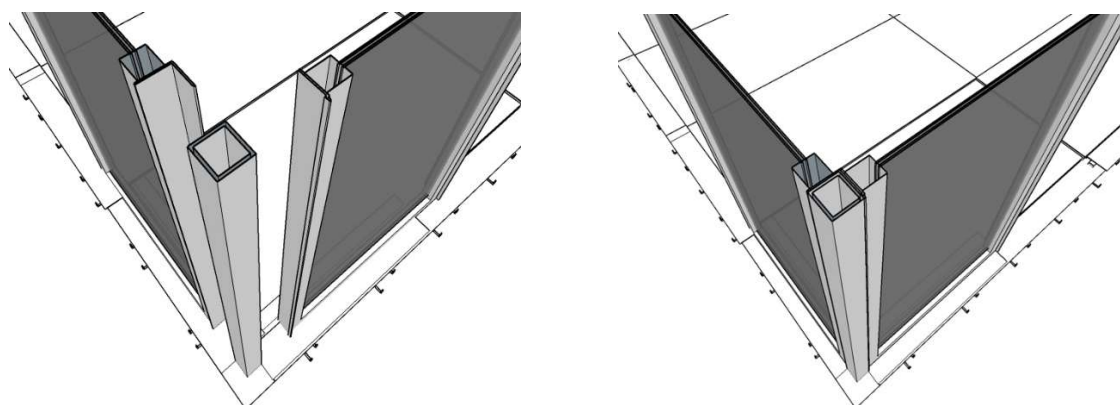


Figura 119-remate de canto dos módulos envidraçados

O remate de canto dos módulos opacos apresenta outra forma de remate, como ilustra a figura 120.

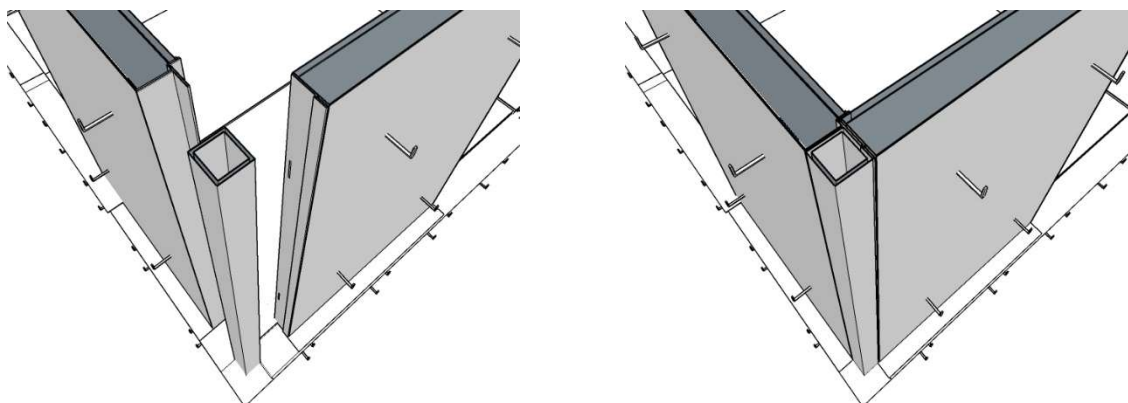


Figura 120-remate de canto dos módulos opacos

O remate de canto do módulo opaco e envidraçado pelo facto de salvaguardar a abertura do vão, apresenta outro desenho, como ilustra a figura 121.

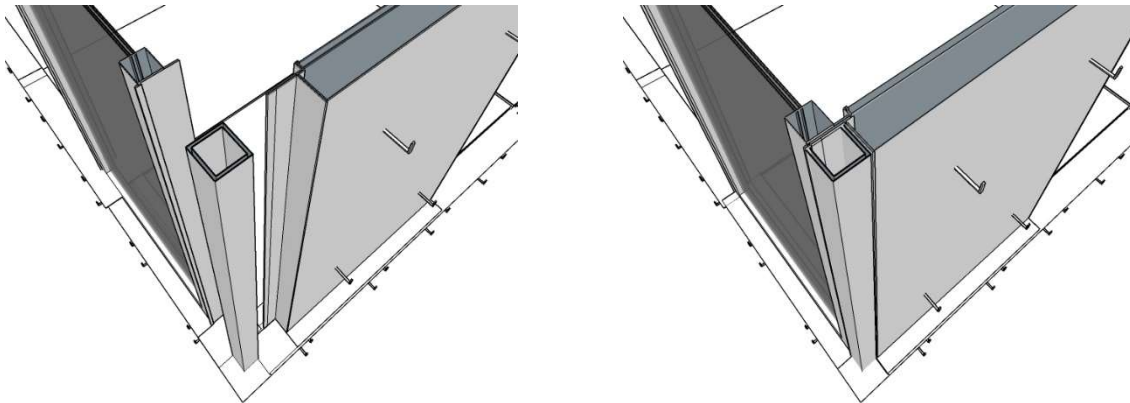


Figura 121-remate de canto dos módulos de vidro e opaco

O desenho dos diferentes elementos resulta da necessidade em considerar todas as soluções possíveis, tornando estes elementos únicos e com uma posição predefinida. O edifício após a conclusão da envolvente encontra-se construído e fechado como ilustra a figura 122, faltando apenas colocação do acabamento final da envolvente que será explicado no capítulo 4.3.6.

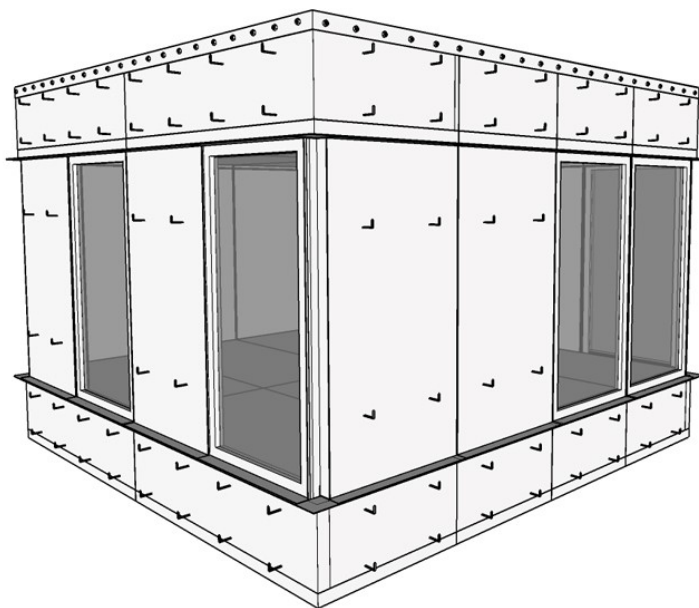


Figura 122-edifício assembled

4.3.5. Acabamento final da envolvente

A última tarefa a executar é a colocação do acabamento final da envolvente que será executado através de uma estrutura amovível com a capacidade em se revestir de diferentes materiais estando condicionada pelo peso máximo de 1 KN por módulo que contempla as áreas técnicas de chão, teto e a envolvente vertical, como ilustra a figura 123.

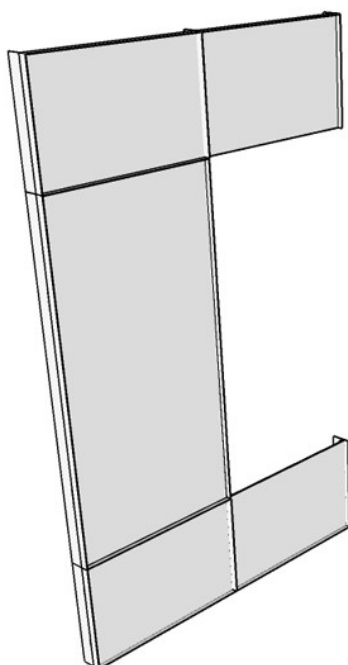


Figura 123-dois tipos de acabamento final da envolvente (opaco e vidro)

Os módulos do acabamento final da envolvente são constituídos por uma armação/estrutura em aço de 3mm de espessura contraventada que se suporta na estrutura de sustentação do acabamento final da envolvente, uma base de suporte para aplicar os revestimentos finais e os materiais de revestimento (possibilidade de diferentes revestimentos), como ilustra a figura 124.

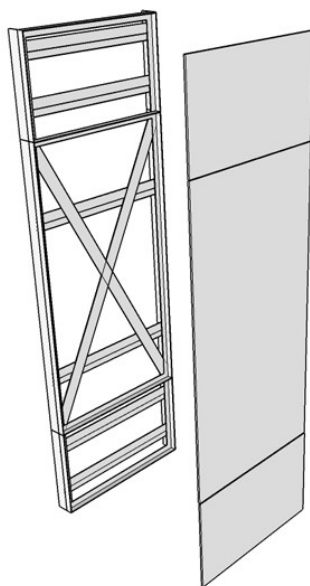


Figura 124-componentes da estrutura de suporte do acabamento final

A colocação do acabamento final da envolvente, como ilustra a figura 125, proporciona ao edifício a imagem final, oferecendo uma capacidade camaleónica e diversidade ao projeto. A imagem final depende das solicitações exteriores ao edifício (envolvente) e/ou da pretensão dos distintos *stackholders* que apropriarão o projeto para os diversos fins (publicidade, exposição, etc.).

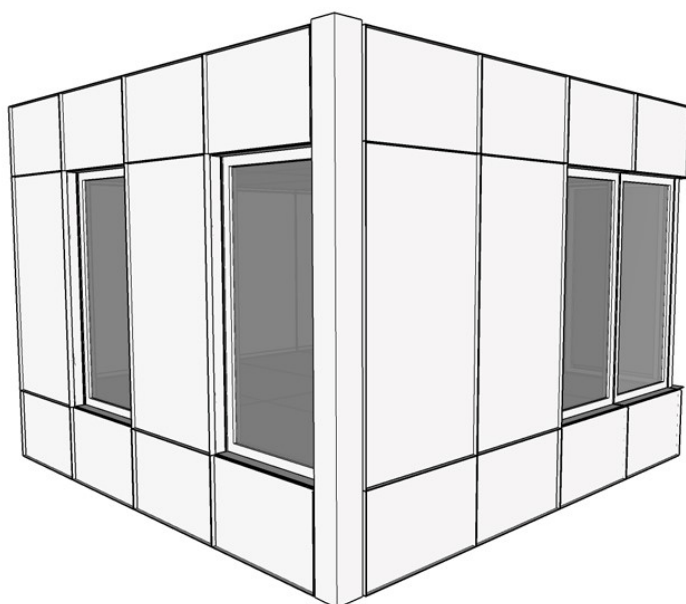


Figura 125-edifício acabado

A rigidez e repetição construtiva do projeto contrasta com a capacidade deste em adquirir diversas imagens quer de revestimentos quer de combinações de opacos/ envidraçado, dotando o projeto de capacidade metamórfica e de apropriação de diferentes cenários.

4.3.6. Conclusão

A imagem do projeto arquitetónico resulta das condicionantes em criar um objeto que seja desmontável em partes modulares que possam ser transportadas por um veículo automóvel e assembledas em diferentes locais. A par deste desafio, procurou-se não haver infraestruturas em contacto com o solo (exceto os apoios) e proporcionar múltiplas combinações de organizações espaciais e funcionais.

Definiu-se dois módulos base preparados para habitação compostos por uma instalação sanitária ecológica com sanita lavatório e duche, uma Kitchenette e um espaço de estar. Com área interior em planta de 5mx6.20m para o módulo preparado para receber pessoas com mobilidade reduzida e outro com 5mx5m, como ilustra a figura126, ambos com uma altura de 3.5m. Estas dimensões base (planta) podem ser alteradas através da acoplamento de novos módulos de chão/teto que permitem definir novas disposições, dimensões e organizações.

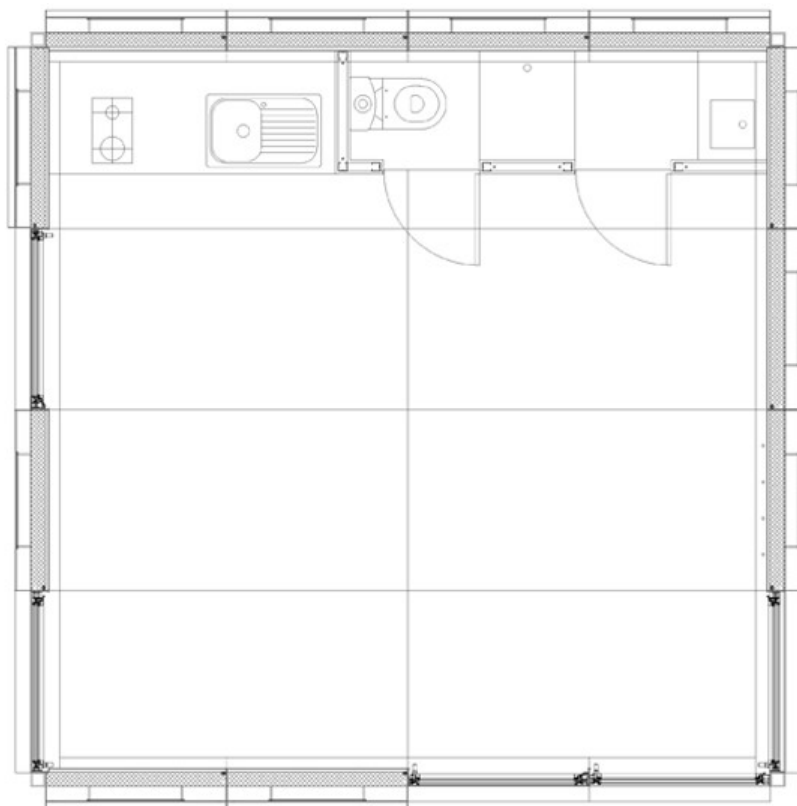


Figura 126-planta do módulo base do caso de estudo

Os materiais, processos construtivos e equipamentos a incorporar neste projeto foram escolhidos com base na sustentabilidade energética promovendo o aproveitamento das energias renováveis, tendo como base a construção modular, a procura da rentabilização do material empregue, recorrendo a materiais que respeitem os pressupostos da reciclagem e que estejam experimentados no mercado.

As condicionantes inerentes ao programa base implicaram uma análise racional, marcada pela repetição que caracteriza a standardização, resultando numa imagem que não se encontra presa a uma linguagem idílica, mas que pretende responder às necessidades dos diferentes intervenientes.

4.4. Conceção técnico-construtiva

Na sequência do estudo de conceção arquitetónica do edifício foi desenvolvido a conceção estrutural e construtiva que suporta a solução de arquitetura desenvolvida. Neste contexto foram desenvolvidos os seguintes níveis de conceção: conceção estrutural e construtiva, térmica, acústica, instalações e implementação energia

renováveis. Cada uma será analisada e estudada de um ponto de vista crítico num subcapítulo específico.

4.5. Conceção estrutural e construtiva

4.5.1. Conceção estrutural

A conceção estrutural e construtiva do edifício envolveu o dimensionamento de uma malha de elementos estruturais em aço, dimensionada para suportar o peso próprio do edifício e as cargas a que o mesmo estará sujeito, em resultado dos revestimentos aplicados, das infraestruturas, dos consumíveis (peso água, resíduos, etc.) e respetivos materiais de acabamento.

Os materiais selecionados para a conceção estrutural e construtiva foram selecionados com o propósito de cumprir os requisitos e que possuam características físicas que permitam assegurar a mobilidade do projeto.

O cálculo do pré-dimensionamento foi efetuado recorrendo ao programa “FTOOL” como ilustra a figura 127, de forma a poder simular as condições de funcionamento da estrutura. O programa utiliza os seguintes parâmetros referentes aos materiais aplicados: módulo de elasticidade, dimensões da secção dos elementos de suporte e as respetivas condições do apoio. A definição das cargas e a introdução dos parâmetros referentes ao dimensionamento, permitem definir os esforços máximos que as secções estão sujeitas para responder às solicitações da estrutura.

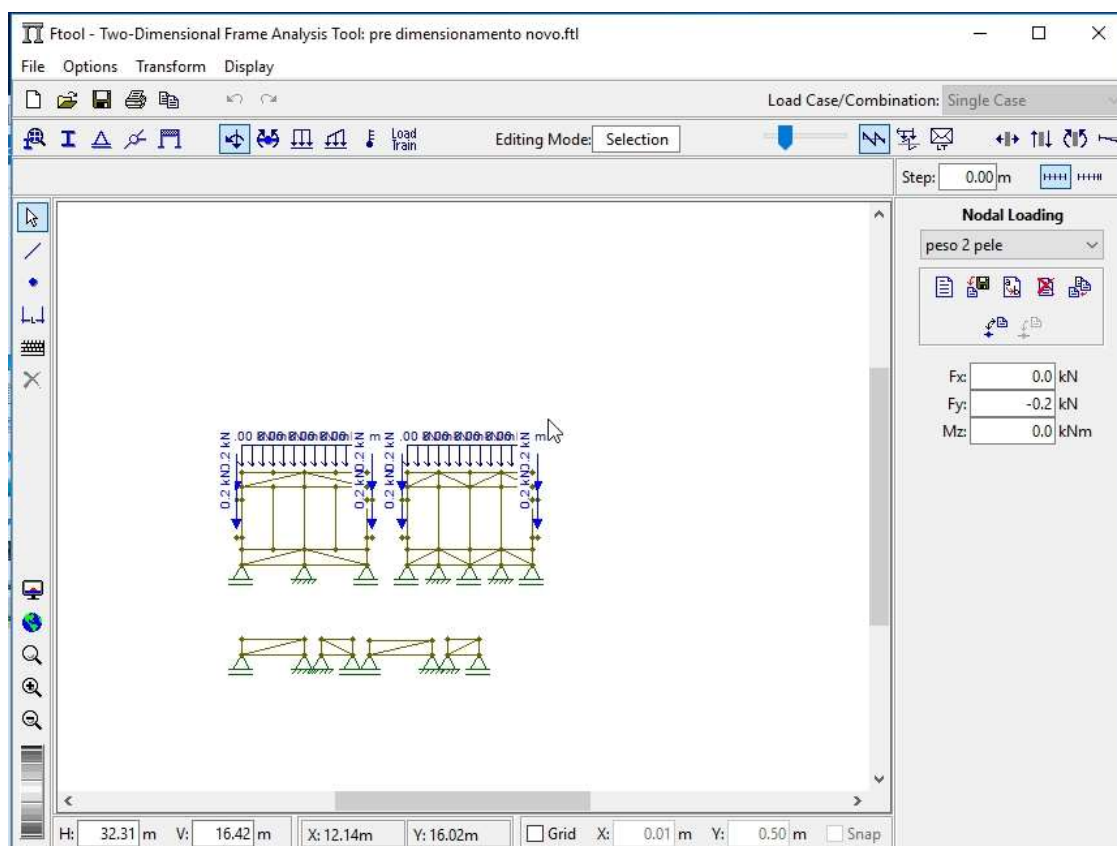


Figura 127- software de pré dimensionamento utilizado

A estrutura principal foi dimensionada com a preocupação de resistir às solicitações internas (peso próprio e sobrecargas) e externas (sismo, neve e vento) existentes. Os elementos da base e cobertura foram desenhados com a consciência que a capacidade resistente às solicitações se encontra bastante sobredimensionada. O desenho emerge da necessidade em criar elementos indeformáveis, resistentes ao transporte, a diferentes disposições contribuindo para a capacidade heterogênea do projeto reforçando a aptidão móvel do caso de estudo. O valor considerado para o peso próprio e sobrecarga do caso de estudo foi de $8,0 \text{ KN/m}^2$, agravando um pouco as cargas aplicadas de forma a recriar situações que extravasem a realidade fazendo uma análise conservativa pelo lado da segurança. Os valores do momento fletor, do esforço axial, e do esforço transverso resultantes da análise encontram-se dentro da capacidade resistente do material utilizado, proporcionando uma margem de segurança capaz de responder a situações diferenciadas.

A abordagem empregue implica um desperdício de material que se justifica pela necessidade em criar um projeto estandardizado sem a necessidade de criar distintos desenhos, homogeneizando o sistema construtivo do projeto.

O acabamento final da envolvente é um elemento condicionador do projeto em termos estruturais, estando subordinado ao peso máximo de 1 KN por módulo instalado, incluindo as áreas técnicas de pavimento, teto e a envolvente vertical exterior, com uma área total de 4.85m^2 para o módulo opaco, e 1.90m^2 para os módulos envidraçados. O módulo opaco é constituído por doze suportes de fixação de apoio ao acabamento final, como ilustra a figura 128. Cada suporte de fixação tem uma área de influência distinta devido á sua localização relativa no alçado do edifício. A área de influência mais desfavorável dos suportes de fixação do acabamento final tem as dimensões de $0.62\text{m} \times 1.18\text{m}$ perfazendo uma área de 0.87m^2 .

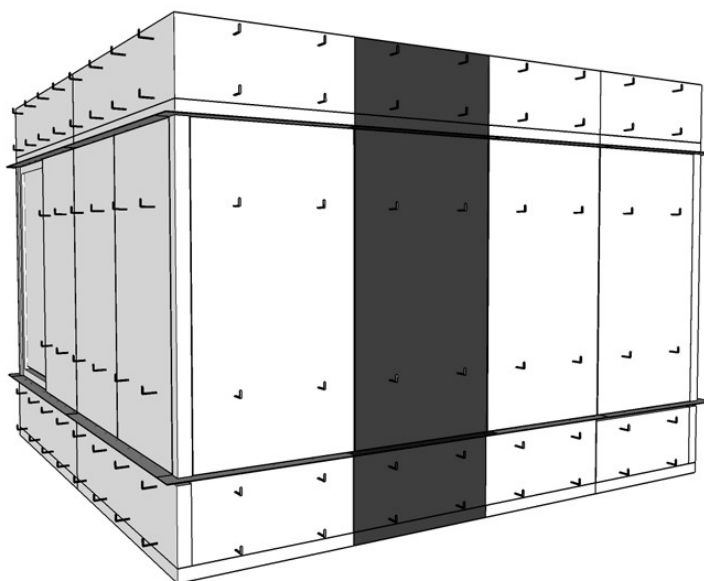


Figura 128-suportes de fixação do módulo opaco

A área de influência de maior dimensão implica um peso próprio superior, como ilustra a figura 129, e para definir as dimensões dos suportes de fixação recorreu-se ao elemento referido, pelo facto de este ser o mais solicitado.

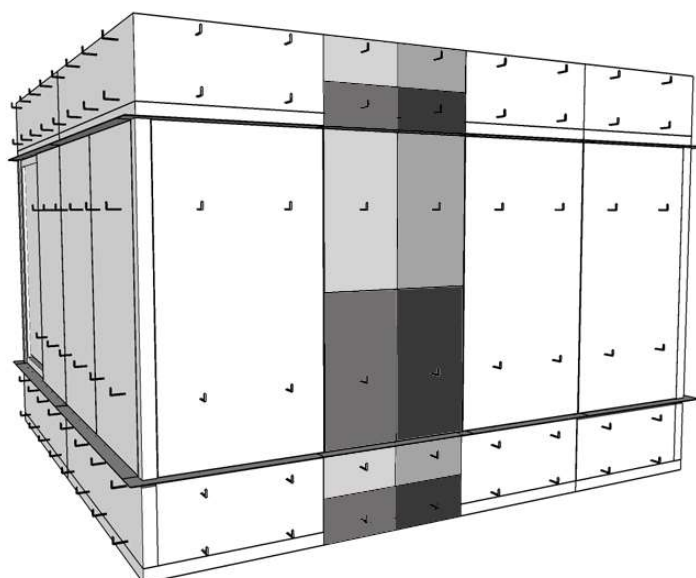


Figura 129-áreas de influência dos suportes de fixação

Os módulos envidraçados serão dotados de acabamento final apenas na área opaca que se situa nos módulos de chão e de teto, como ilustra a figura 130. Contém apenas quatro suportes de fixação. O cálculo nesta área não foi considerado de forma a poder uniformizar os elementos de fixação que terão as mesmas dimensões do elemento sujeito a maior esforço que se encontra no módulo opaco, condicionante do dimensionamento dos restantes elementos.

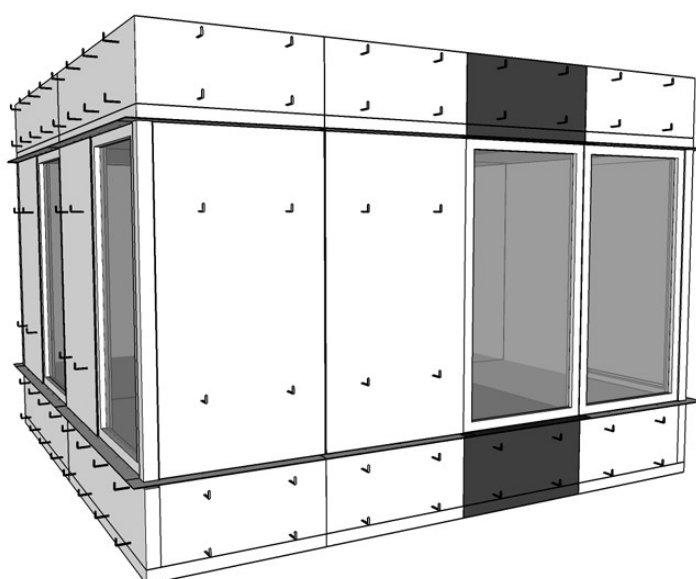


Figura 130-suportes de fixação do módulo envidraçado

O valor da força a aplicar na estrutura de 0.20 KN foi obtido da seguinte forma: o peso máximo do acabamento final da envolvente de 1 KN é composto por três elementos com 4.95m² de área total. O de maior dimensão tem 2.95m² e terá um peso próprio máximo de 0.6 KN, o valor apurado foi definido pela aplicação da regra de três simples, como ilustra a equação 1.

$$\frac{x}{2.95\text{m}^2} = \frac{1\text{KN}}{4.85\text{m}^2} \Leftrightarrow x = 0.60\text{KN} \quad \text{Equação 1}$$

O valor obtido corresponde ao peso próprio (G) máximo que o acabamento final poderá atingir. O valor da sobrecarga (Q) não foi considerado porque o objeto a acoplar nunca irá ter cargas para além do peso próprio. O valor terá que ser dividido pelo número de elementos de suporte de forma a ser obtido o valor de calculo, como ilustra a equação 2.

$$G = \frac{0.6\text{KN}}{4} = 0.15\text{KN} \quad \text{Equação 2}$$

O resultado apurado terá que ser majorado conforme o descrito no Euro código (LENEC, 2010) no valor de 1.35 para o peso próprio e 1.5 para a sobrecarga, como ilustra a equação 3, obtendo o valor final de calculo (P) da força exercida na extremidade do elemento de suporte.

$$P = 1.35xG + 1.5xQ \quad \text{Equação 3}$$

$$P = 1.35x0.15 + 1.5x0 = 0.20\text{KN}$$

O valor de cálculo permite definir os esforços a que a estrutura terá de dar resposta, como ilustra a figura 131.

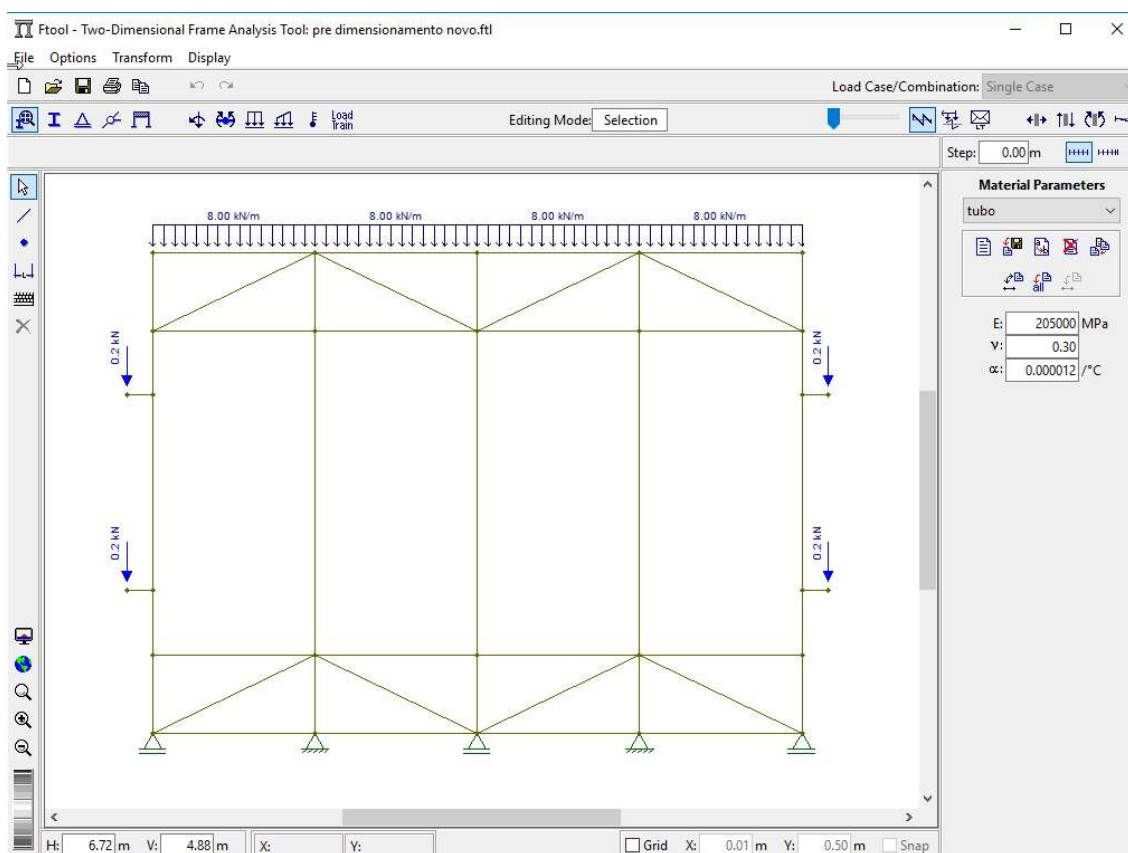


Figura 131-cargas consideradas para o dimensionamento

Através da aplicação da fórmula, como ilustra a equação 4, que é definida de acordo com as características do apoio (encastramento), a força unitária aplicada (P) e o comprimento da estrutura (l) encontrámos o valor máximo do momento de cálculo (M_{sd}).

$$M_{sd} = P \cdot l \quad \text{Equação 4}$$

$$M_{sd} = 0.20 \times 0.20 = 0.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

O momento atuante tem que ser transformado na tensão de cálculo (σ_{sd}), como ilustra a equação 5, e comparado com o valor resistente do material. A tensão de cálculo depende do esforço atuante (M_{sd}), da inércia (I), da secção que determina a distância das fibras mais afastadas ao eixo de inércia (x) do elemento que suportará a estrutura. A inércia obtida corresponde a uma secção circular com uma altura total 0.05m e uma

distância ao eixo de inércia de 0.025m (D) onde se encontram as fibras sujeitas á tensão máxima.

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{I} \times D \quad \text{Equação 5}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{0.04 \times 10^3}{3.0680 \times 10^{-11}} \times 0.025 = 3.25 \text{MPa}$$

O valor da tensão de cálculo tem que ser menor que o valor resistente do material escolhido, como ilustra a equação 6, para que a estrutura tenha capacidade de resistir ao solicitado.

$$\sigma_{sd} \leq \sigma_{rd} \quad \text{Equação 6}$$

$$3.25 \leq 235$$

Os cálculos obtidos confirmam a capacidade resistente da estrutura relativamente ás solicitações aplicadas no caso de estudo. Concluindo-se que a estrutura está sobredimensionada podendo ser submetida a esforços muito maiores sem perder a capacidade resistente permitindo a sua aplicação em locais com características distintas e soluções com infraestruturas capazes de satisfazer necessidades de uma maior ocupação (mais peso).

4.5.2. Conceção construtiva

A conceção construtiva envolve a definição de um conjunto de soluções que permitam responder ás condicionantes arquitetónicas especificada no capítulo 4.3. Os materiais foram escolhidos pelo critério da qualidade técnica do produto, aptidão em serem reutilizados/reciclados, a durabilidade, a capacidade de não alterem as características físicas, químicas e biológicas de forma a não alterar o meio ambiente.

A estrutura dos módulos prefabricados de chão/teto utilizam aço estrutural S235 de 50x50x3mm, as tampas de chão para além da estrutura da tampa ser de 50x50x2mm os prumos que encaixam na estrutura dos módulos será um barão de secção circular com 20mm de diâmetro. O chão usa uma placa de "OSB" hidrófuga com 18mm de

espessura para suporte do acabamento final do pavimento que poderá assumir diferentes materiais, estando a escolha condicionada pela espessura do revestimento. A estrutura em contacto com a envolvente exterior ao edifício será revestida com um isolamento natural em lã mineral “ACUSTILAINÉ 70” com espessura 100mm, uma tela para vapor da *Saint-Gobain “Vario KM Duplex”* pelo interior do elemento e terá um revestimento exterior em chapa de alumínio tratada com 3mm de espessura lacada a branco (contacto com o meio ambiente), como ilustra a figura 132.

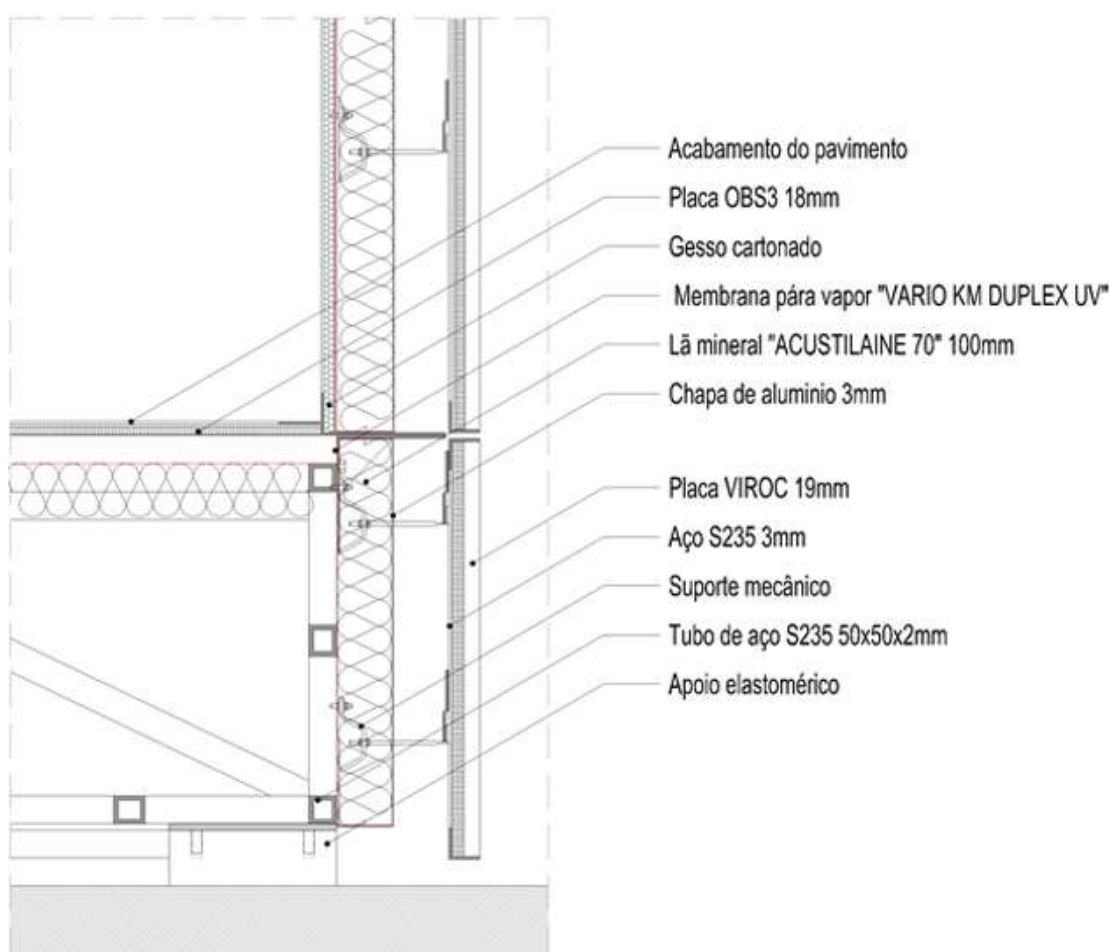


Figura 132-conceção construtiva adotada

Á estrutura dos módulos será soldada uma chapa em aço com 150mm de altura com 6mm de espessura e o comprimento igual ao comprimento horizontal das faces verticais em contacto com o exterior do edifício para suportar os apoios da envolvente final. Os apoios da envolvente final serão em aço S235 com uma secção circular com 5mm, como ilustra a figura 133.

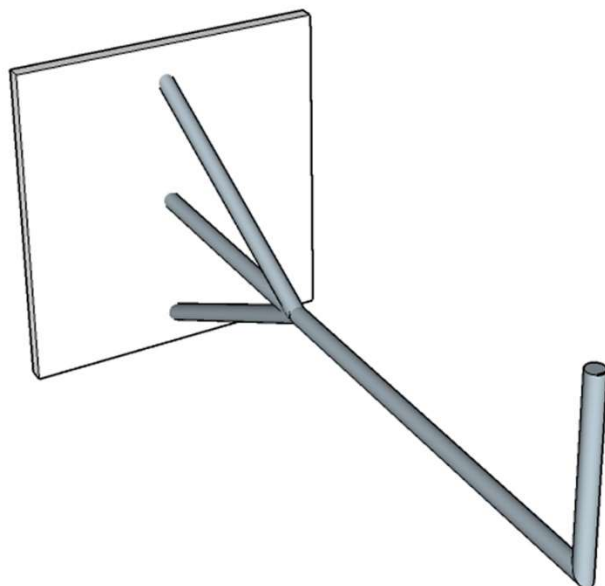


Figura 133-desenho das patas de fixação da envolvente final

A materialização da envolvente é constituída por módulos opacos ou envidraçados que são suportados por uma estrutura em aço S235 com uma espessura de 6mm com um desenho distinto dependendo do elemento em causa, como ilustra a figura 134. Os módulos opacos da envolvente serão materializados com a solução preconizada para os módulos de chão/teto, com um isolamento natural em lã mineral “*ACUSTILAINE 70*” com espessura de 100mm, uma tela para vapor da *Saint-Gobain “Vario KM Duplex”* pelo interior. O acabamento interior é em gesso cartonado de 18mm e pelo exterior será revestido com chapa de alumínio tratada com 3mm de espessura lacada a branco.

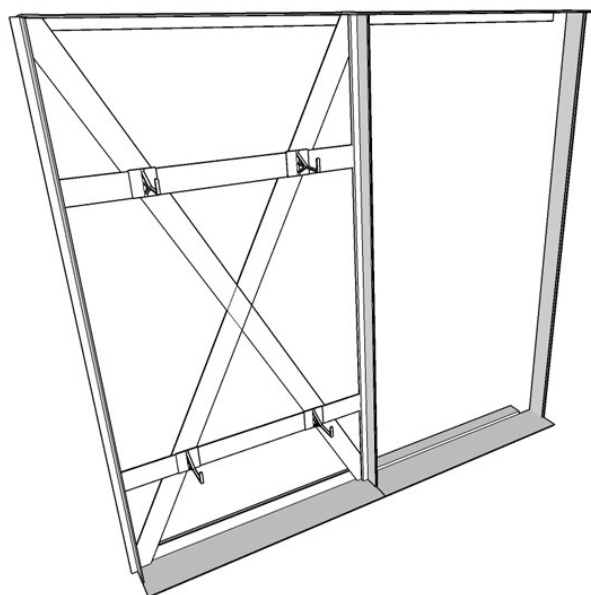


Figura 134-estrutura da envolvente

4.6. Conceção térmica



O estudo da conceção térmica do edifício envolve uma descrição sumária das características térmicas dos elementos da envolvente opaca e envidraçada, dando cumprimento às exigências especificadas no Decreto-Lei n.º 118/2013 (Emprego, 2013), que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/EU (Parlamento Europeu, 2010), do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios

O estudo do desempenho térmico do edifício não engloba a determinação do balanço energético envolvido, mas tão somente a caracterização dos requisitos da envolvente com o objetivo de cumprir os valores de referência preconizados na legislação aplicável de modo a fazer cumprir as exigências mínimas de conforto térmico sem dispêndio excessivo de energia, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento.

O projeto em estudo é caracterizado por uma tipologia T0, assume diversas localizações e combinações de opacos/envidraçados. O projeto prevê a execução de um edifício com quatro frentes com requisitos exteriores e a sua orientação depende do local de implantação e das características climáticas. O estudo da envolvente térmica

envolve o cálculo para uma localização geográfica mais desfavorável de inverno e de verão (zona climática I3, V3) e uma combinação de elementos opacos/ envidraçados. O layout base poderá ser modificado (elementos opacos/envidraçados) e cada solução terá que ser estudada de forma a fazer cumprir o regulamento.

A caracterização da envolvente permite quantificar o valor da capacidade térmica dos diferentes componentes constituintes do projeto (paredes opacas, envidraçadas, cobertura e pontes térmicas) e fazê-los cumprir com os requisitos regulamentares (valores de referência). O caso de estudo é constituído por quatro fachadas caracterizadas por envolvente exterior, a laje cobertura e de pavimento caracterizadas por envolvente de paredes interiores com requisitos de exterior, como ilustra a figura 135.

-  Parede exterior
-  Parede interior com requisitos de exterior

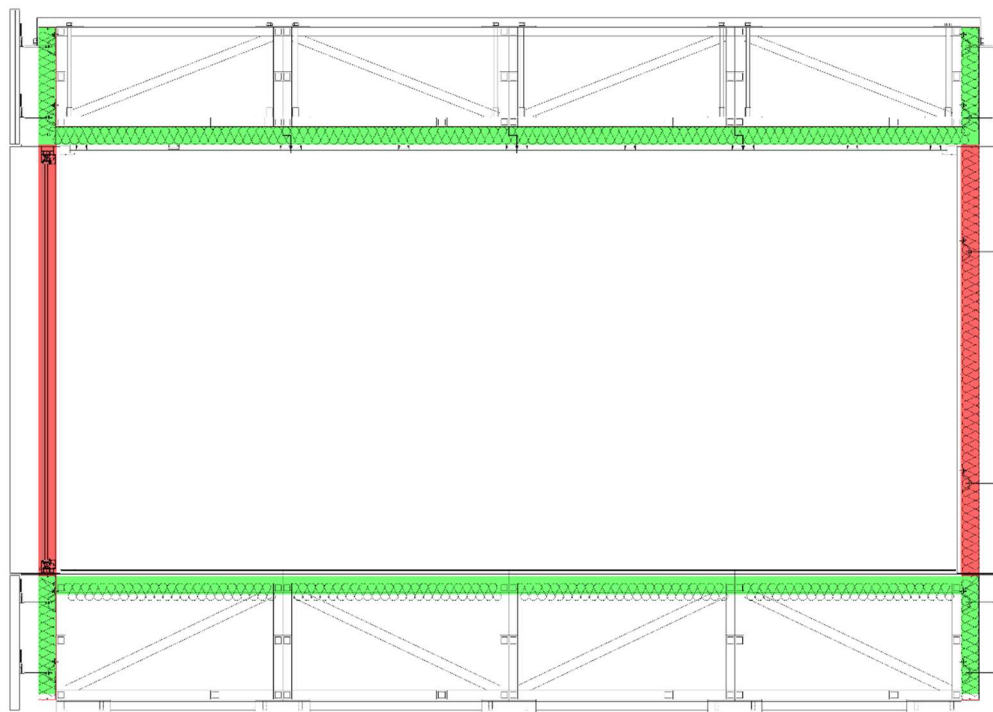


Figura 135-caracterização da envolvente em corte

O coeficiente de transmissão das pontes térmicas no presente caso, não foi considerado. A zona corrente da fachada não tem singularidades como vigas, pilares e caixa de estores não apresentando pontes térmicas planas, apenas existem lineares situadas na transição dos elementos verticais e horizontais do projeto.

As resistências térmicas dos materiais foram enquadradas nas condicionantes regulamentares de Portugal, os valores a seguir apresentados são calculados, como ilustram as equações 7 e 8, considerando os coeficientes de transmissão térmicos (U) e a resistência térmica (R) dos diferentes elementos constituintes da envolvente.

Coeficiente de Transmissão Térmica:

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad \text{Equação 7}$$

Resistência Térmica:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{Equação 8}$$

A tabela 1, ilustra as características térmicas dos materiais que constituem a laje de cobertura.

Tabela 1-características térmicas dos elementos da laje de cobertura

Laje de cobertura				
Constituição	d_j	λ	R_j	Referências
	(m)	(W/m.°C)	(m ² .°C/W)	
Gesso Cartonado (0,018m)	0,018	0,250	0,072	ITE 50, LNEC
Lã de Rocha (0,10 m)	0,100	0,034	2,941	
Revestimento de impermeabilização	0,005	-	desprezável	
caixa de ar	0,600	0,180	3,333	
Tela PVC	-	-	-	
Sentido do fluxo de Calor	Resistência térmica superficial			Referências
	(m ² .°C/W)			
	Interior, R_{si}		Exterior, R_{se}	
Vertical/Ascendente	0,10		0,04	REH, Anexo VII, Quadro VII.1

A laje de cobertura, como ilustra a figura 136, tem um coeficiente de condutividade térmica de $U=0.15 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$, ficando abaixo do valor de referência da zona I3 para elementos horizontais em Portugal continental $U=0.30\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$.

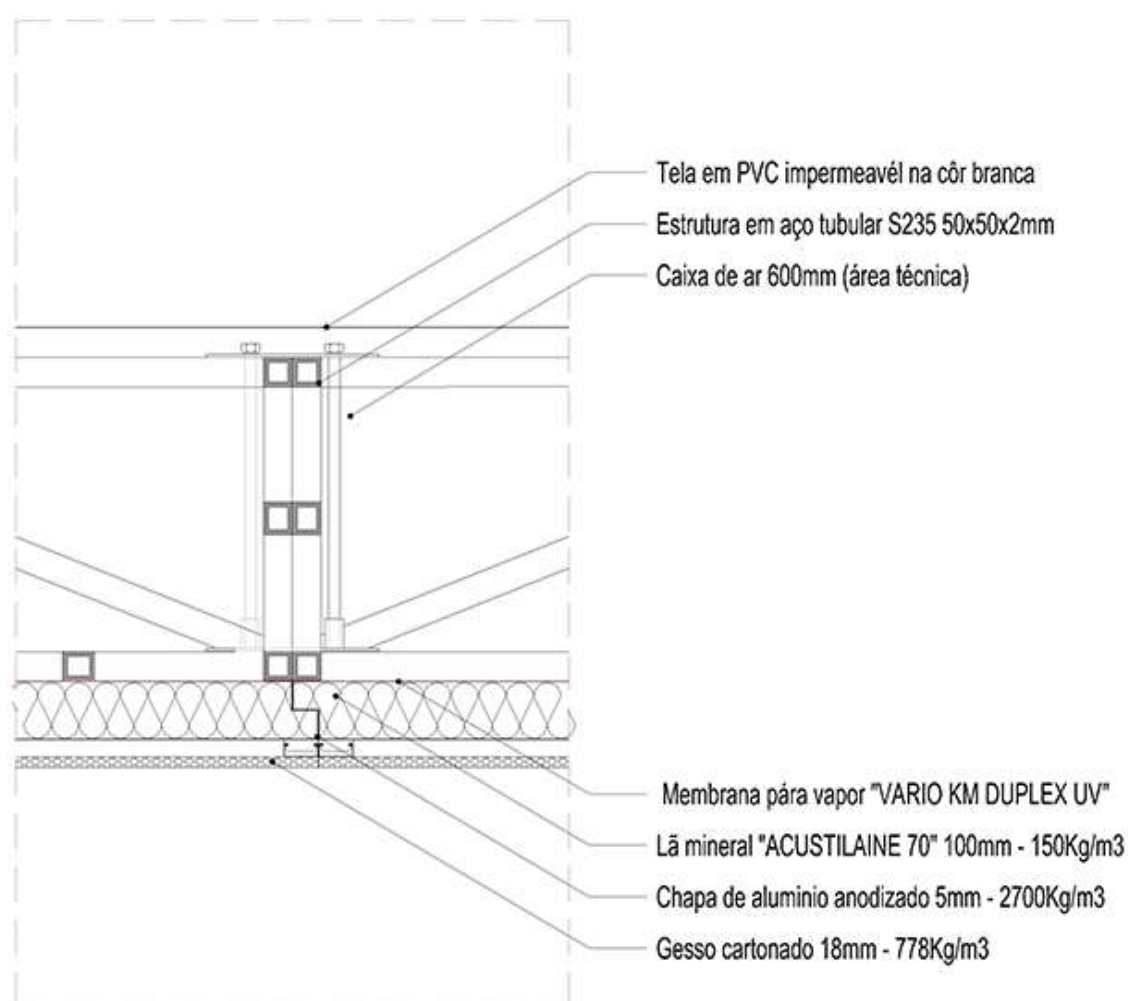


Figura 136-caracterização da laje de cobertura

A tabela 2, ilustra as características térmicas dos materiais que constituem a parede do elemento opaco.

Tabela 2-características térmicas dos elementos da envolvente opaca

Parede exterior opaca				
Constituição	d_j	λ	R_j	Referências
	(m)	(W/m.°C)	(m ² .°C/W)	
Gesso Cartonado (0,018m)	0,018	0,250	0,072	ITE 50, LNEC
Lã de Rocha (0,10 m)	0,100	0,034	2,941	
Revestimento de impermeabilização	0,005	-	desprezável	
caixa de ar	0,100	0,180	0,556	
Placa VIROC (0,019m)	0,019	0,22	0,086	
Sentido do fluxo de Calor	Resistência térmica superficial			Referências
	(m ² .°C/W)			
	Interior, R_{si}		Exterior, R_{se}	
Horizontal	0,13		0,04	REH, Anexo VII, Quadro VII.1

A parede exterior do elemento opaco, como ilustra a figura 137, tem um coeficiente de condutividade térmica de $U=0.27\text{W/m}^2.\text{°C}$, ficando abaixo do valor de referência da zona I3 para elementos verticais em Portugal continental $U=0.35\text{W/m}^2.\text{°C}$

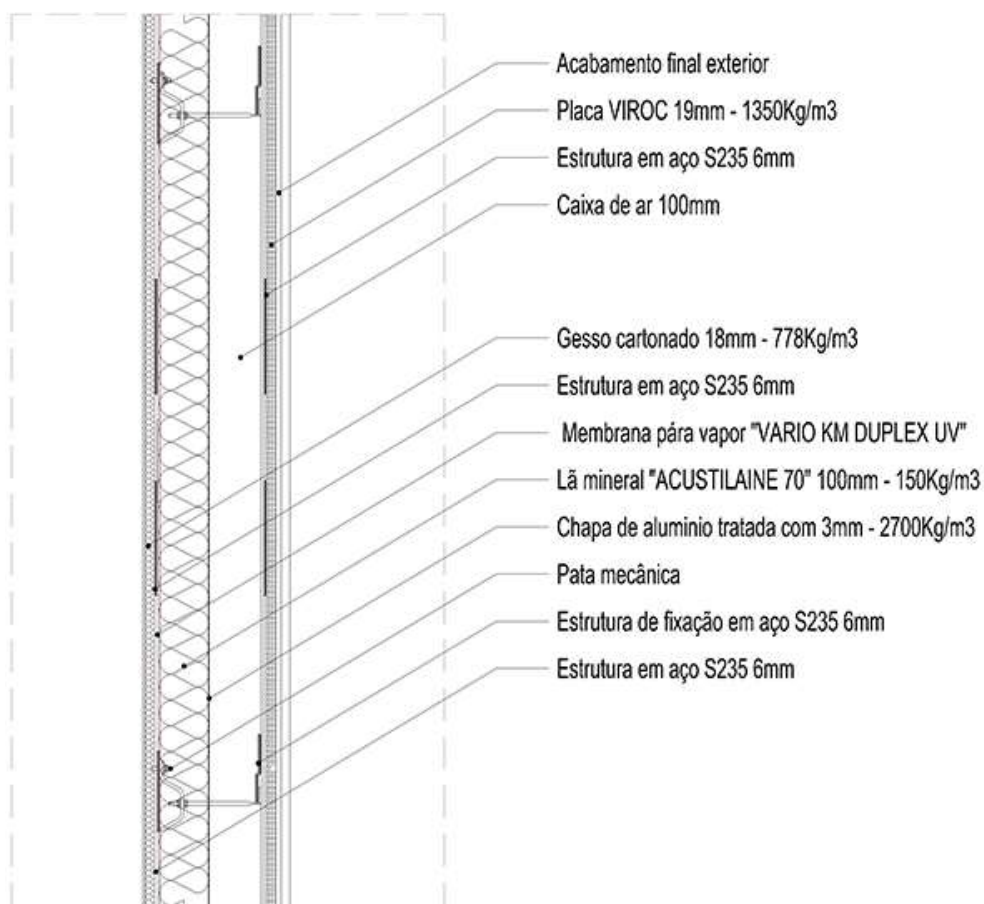


Figura 137-caracterização da envolvente opaca

Os vãos envidraçados, como ilustra a figura138, tem um coeficiente de condutividade térmica de $U=1.0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, definido pelo fabricante, ficando abaixo do valor de referência da zona I3 em Portugal continental $U=2.40\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

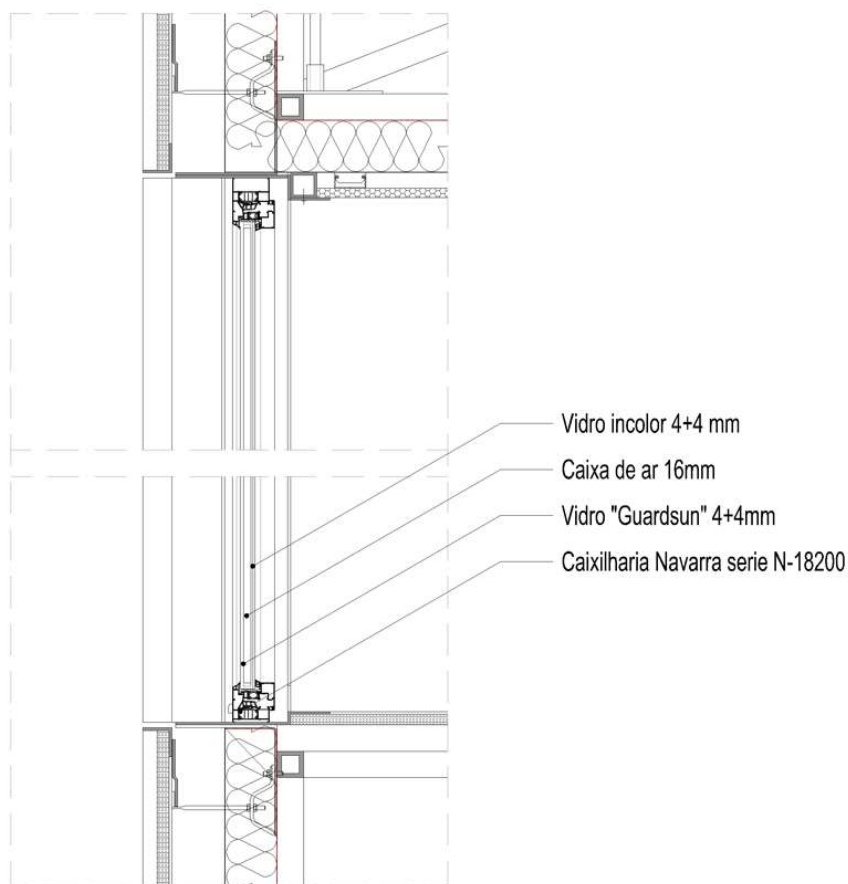


Figura 138-caracterização da envolvente envidraçada

Em edifícios de habitação os requisitos do desempenho energético focam-se no objetivo das exigências de conforto térmico sem dispêndio excessivo de energia, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios e as necessidades de água quente sanitária.

O caso de estudo cumpre com os requisitos regulamentares, pelo facto de os valores da resistência térmica do projeto serem inferiores aos valores de referência definidos no decreto lei.

4.7. Conceção acústica

O estudo da conceção acústica pretende avaliar os requisitos de isolamento acústico das soluções preconizadas face à legislação aplicável (Ministério do Ambiente d. O., 2008), compatibilizando-as com as exigências das diferentes especialidades envolvidas e garantindo os requisitos previsto no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos

Edifícios (RRAE) e no do Regulamento Geral do ruído (RGR) decreto lei n.º 9/2007 de 17 janeiro (Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007).

A regulamentação aplicável impõe requisitos técnico-funcionais que avaliam o isolamento acústico proporcionado pela envolvente física do edifício (paredes, pavimentos, coberturas). A sua aplicação pretende avaliar o isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado, medido a 2m da fachada do edifício ($D_{2m, nT}$), comparando-o com o valor regulamentar exigível para zonas mistas ou sensíveis ($D_{2m, nT} \geq 33\text{dB}$), através da aplicação de cálculos do modelo estatístico, como ilustram as equações 9.

$$D_{2m, nT} = R'w + 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad \text{Equação 9}$$

$R'w$ - índice de redução sonora aparente médio do conjunto (dB)

T - tempo de reverberação do compartimento recetor (s)

T_0 - tempo de reverberação de referência (0,5 s para compartimentos de habitação)

O isolamento acústico depende das características do compartimento, e da caracterização das envolventes físicas, permitindo o cálculo de redução sonora aparente da envolvente opaca e envidraçada (Rw) avaliando a capacidade de os elementos dificultarem a propagação do som.

O caso de estudo devido às suas características não pode utilizar o método da quantificação da massa total dos elementos para calcular a redução sonora. O valor de redução sonora (Rw) dos diferentes elementos do caso de estudo, terá que ser comparado com uma solução tipificada certificada e com características idênticas à solução preconizada. A solução foi comparada ao sistema de painel de fachada com núcleo isolante em lã de rocha (painéis sandwich autoportantes, isolantes, com dupla face metálica) certificada segundo a norma EN 14509. A solução tipificada tem um isolamento sonoro $Rw=34\text{dB}$ para uma espessura de isolamento idêntica à aplicada no caso de estudo. A solução do caso de estudo para além de salvaguardar uma constituição idêntica, tem ainda outros elementos que acrescentam maior capacidade acústica à solução (gesso cartonado, caixa de ar, etc.), oferecendo um maior número de camadas absorventes na sua constituição como podemos observar nas figuras 137 e 138 de caracterização da envolvente apresentadas no presente capítulo.

O valor para os vãos envidraçados é fornecido pelo fabricante, como ilustra a tabela 3.

Tabela 3-índice de redução sonora aparente do elemento envidraçado

Constituição	Rw (dB)	Referências
Vidro duplo	Rw-dB=34dB	Fornecido pelo fabricante

O isolamento acústico entre dois locais, depende sobretudo das características dos elementos de separação entre esses locais, em especial, daquele cuja capacidade de isolamento é menor. Esta exposição visa caracterizar o isolamento acústico através da definição de soluções construtivas que permitam o cumprimento das exigências regulamentares.

O caso de estudo cumpre com os requisitos regulamentares, pelo facto de os valores verificados no projeto serem inferiores aos valores de referência definidos no decreto lei.

4.8. Conceção ao nível da Segurança Contra Incêndios

O projeto contra incêndios define as medidas de proteção e prevenção adotadas para garantir o nível de segurança do caso de estudo, através da aplicação do decreto lei 220/2008 de 12 novembro (Administração, 2008) e a Portaria 1532/2008 de 29 de dezembro (Administração, portaria 1532/08, 2008). As medidas a implementar visam reduzir os riscos de ocorrência de um incendio e limitar a propagação do fogo e fumos.

Os edifícios são classificados, de acordo com a natureza do risco em locais de risco **A a F**, em função do efetivo, da sua finalidade e do acesso, conforme previsto no n.º 1 do artigo 10.º do DL 220/08. A categoria de risco de incendio para as utilizações Tipo VII (hoteleiros e restauração), variam de acordo com o risco de ocorrência de incendio (reduzido, moderado, elevado e muito elevado) e podem ser da 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª categoria de risco. O caso de estudo situa-se na 1ª categoria de risco pelo facto de a altura útil do edifício ser inferior a 9m e verifica simultaneamente um efetivo inferior a 100 pessoas e o efetivo publico que não excede as 50 pessoas. O local de risco considerado foi o de risco A, que não apresenta riscos especiais e verifica simultaneamente as condições referidas.

No presente caso, como ilustra a tabela 4, a categoria de risco depende da reação ao fogo dos materiais escolhidos, da sua resistência e das classificações complementares (de verificação obrigatória) de produção de fumo – s1, s2, s3 e queda de gota ou de partículas inflamadas – d0, d1, d2. O regulamento estabelece uma classe mínima de reação ao fogo dos materiais de construção e diferencia o elemento a analisar (pavimento, isolamento de condutas, envolvente vertical). Os materiais

Tabela 4-classe de reação ao fogo dos materiais aplicados no caso de estudo

Materiais do caso de estudo	Reação ao fogo
Chapa de alumínio anodizado (0,005m)	A1
Lã de Rocha (0,10 m)	A1
Tela para vapor	E
Gesso Cartonado (0,018m)	A2
Placa VIROC (0,019m)	B1
Placa OBS (0,019m)	B2
Aço S235	A1
Pavimento vinílico “exclusive 260”	B1

aplicados encontram-se dentro da categoria mínima de risco exigível, pelo facto de os mesmos terem características superiores ou iguais á classe mínima admitida no decreto lei (classe B).

O cumprimento do projeto contra incêndios implica que os edifícios tenham uma capacidade resistente ao fogo dos elementos estruturais que garanta as funções de suporte de cargas, de isolamento térmico e estanquidade durante as fases do combate ao incêndio. A resistência ao fogo padrão mínima de elementos estruturais de edifícios tem que observar os pressupostos definidos na portaria n.º 1532/08, que define para a 1ª categoria de risco de incêndio e a utilização tipo VII uma capacidade resistente dos elementos de R30 e REI30.

R – Capacidade de suporte de carga

E – Estanquidade a chamas e gases quentes

I – Isolamento térmico

30 – Duração em minutos

O caso de estudo tem uma utilização afeta tipo VII, encontrar-se na 1ª categoria de risco e tem apenas um piso. O projeto não necessita de cumprir com as exigências referidas á resistência ao fogo dos elementos estruturais. Os restantes elementos constituintes que não tenham propriedades de suporte terão que ter uma capacidade de resistência ao fogo EI30.

O projeto de segurança contra incêndios em edifícios, é um estudo preponderante porque não está em causa condições de conforto, mas a importância da vida humana. As condições de fronteira entre o exterior e interior, as respetivas classificações de reação e resistência ao fogo assumem uma particular importância na análise. O caso de estudo cumpre com os requisitos regulamentares, devido aos materiais do projeto cumprirem com valores definidos no decreto lei.

4.9. Conceção das redes e instalações prediais

De forma a poder conceber o “sistema circulatório” do edifício em projeto, serão estudados nos subcapítulos 4.9.1 a 4.9.5, as principais redes e instalações vitais para o seu funcionamento. Nos subcapítulos 4.9.1 a 4.9.3 serão estudadas as instalações hidráulicas, em particular as redes de distribuição de água, de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais. No subcapítulo 4.9.4 será estudada a conceção da rede elétrica e no capítulo 4.9.5 a conceção da rede de gás.

4.9.1. Conceção da rede predial distribuição de água - Conceção e traçado

A conceção da rede de distribuição de água para consumo sanitário segue o estipulado no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto (Ministério das Obras Públicas, 1995), procurando cumprir os requisitos técnicos e funcionais aplicáveis de modo a assegurar o seu adequado funcionamento.

Na conceção da rede de distribuição de água para consumo sanitário procurou-se compatibilizar a rede projetada com a arquitetura do edifício, privilegiando a acessibilidade das tubagens e dispositivos projetados para efeitos de inspeção e futura manutenção.

Os pontos de consumo de água projetados serão alimentados por uma rede de água potável tendo como origem a rede de abastecimento ou um reservatório implantado na cobertura do edifício, devidamente dimensionada para garantir três dias reserva. A distribuição de água aos pontos de consumo será estabelecida de forma gravítica a partir do reservatório devidamente dimensionado para o efeito situado na área técnica da cobertura. O sistema adotado será de um ponto de vista conceptual, um sistema indireto, conforme representado na figura 139.

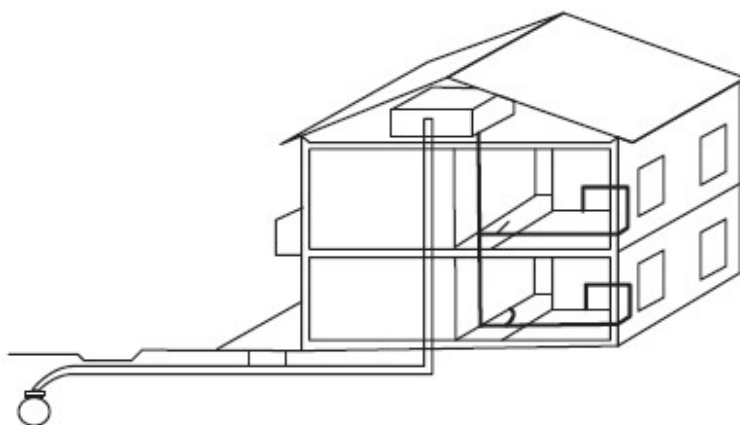


Figura 139-sistema indireto de abastecimento de água

O critério que está na base do dimensionamento do reservatório implantado na cobertura, considerado como ponto de partida da rede predial, teve como base uma capitação diária 50 l/ocupante. A capitação considerada foi estimada considerando um consumo diário, por ocupante, de 10 litros de água potável para utilizações na cozinha e 40 litros de água não potável para utilização na instalação sanitária. A capitação considerada deverá ser estendida ao número máximo de ocupantes (3 ocupantes) ao longo do período previsto de estadia (3 dias), conforme traduzido pela expressão da equação 10:

$$(10+40) \times 3 \times 3 = 450L$$

Equação
10

O volume de reserva calculado de acordo com a equação 10 foi ampliado, tendo em vista poder garantir uma reserva de segurança que previna “picos de consumo”, ou um eventual cenário de sobreocupação.

A produção de água quente sanitária será estabelecida por intermédio de um depósito acumulador instalado na cobertura do edifício, devidamente dimensionado no presente subcapítulo.

O traçado da rede de distribuição de água para consumo sanitário será desenvolvido ao nível da área técnica da cobertura, conforme ilustrado no traçado da figura 140. O fornecimento aos pontos de consumo será estabelecido a partir de um conjunto de prumadas verticais dispostas no alinhamento dos aparelhos sanitários, com aplicação de válvulas de corte nos diversos troços instalados, permitindo operações de corte pontual para manutenção futura.

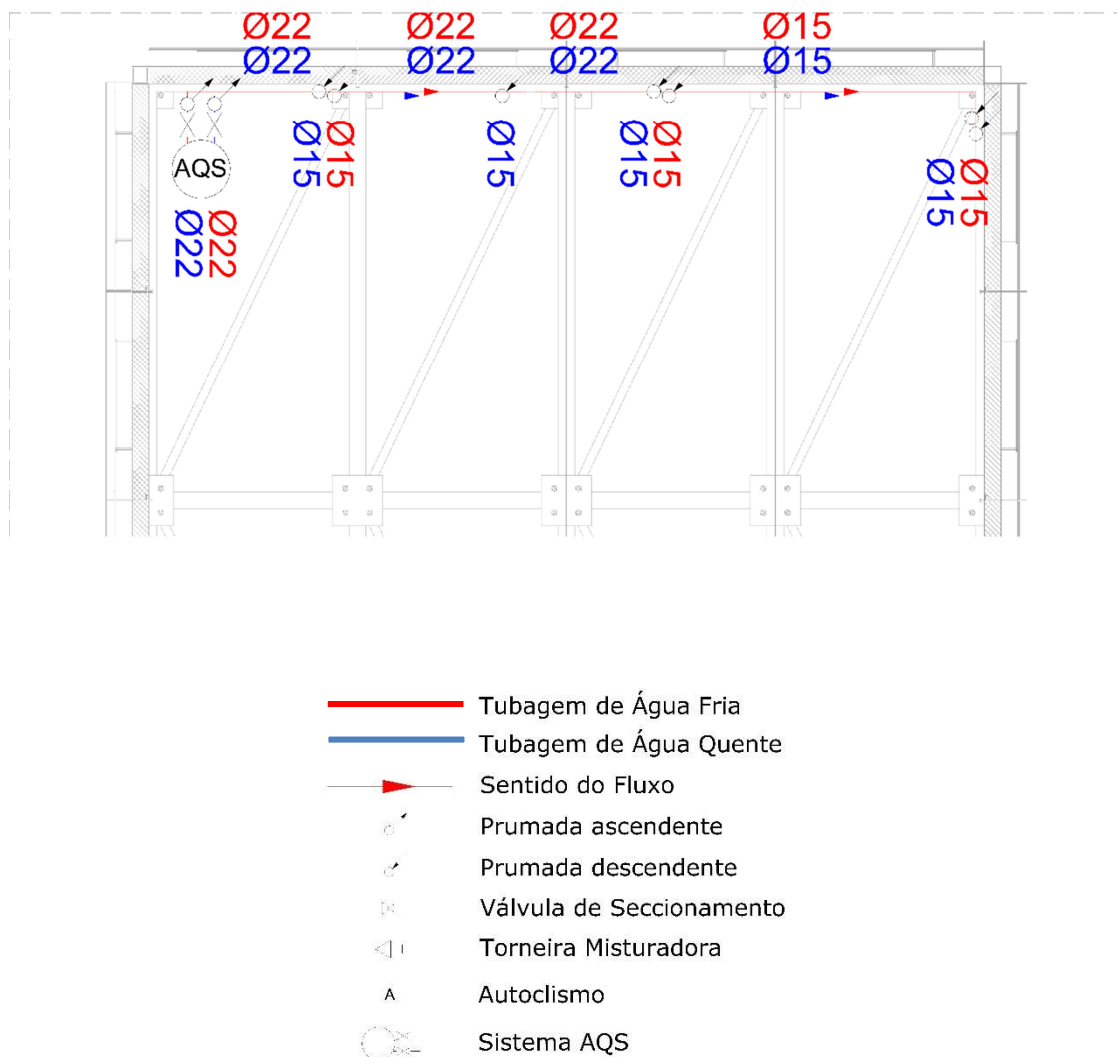


Figura 140-traçado do abastecimento de água na cobertura

O edifício é composto por um conjunto de quatro aparelhos sanitários, que envolvem a distribuição de água a três torneiras misturadoras de água quente e fria na cozinha e instalação sanitária, e a distribuição a um ponto de alimentação do autoclismo da bacia de retrete da instalação sanitária. como ilustra a figura 141. Os ramais de alimentação individual dispõem-se pelo exterior da parede, com montagem à vista, fixados por anilhas e com união roscada entre troços de tubagens que permitam a desmontagem e posterior remontagem das canalizações correspondente às prumadas verticais.

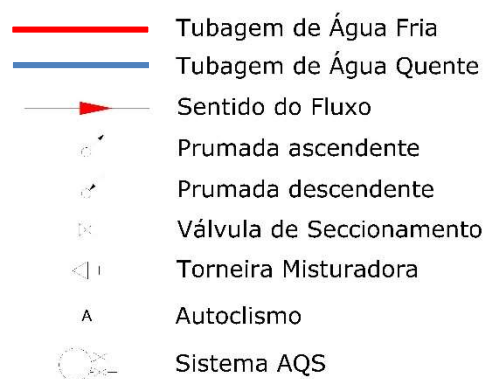
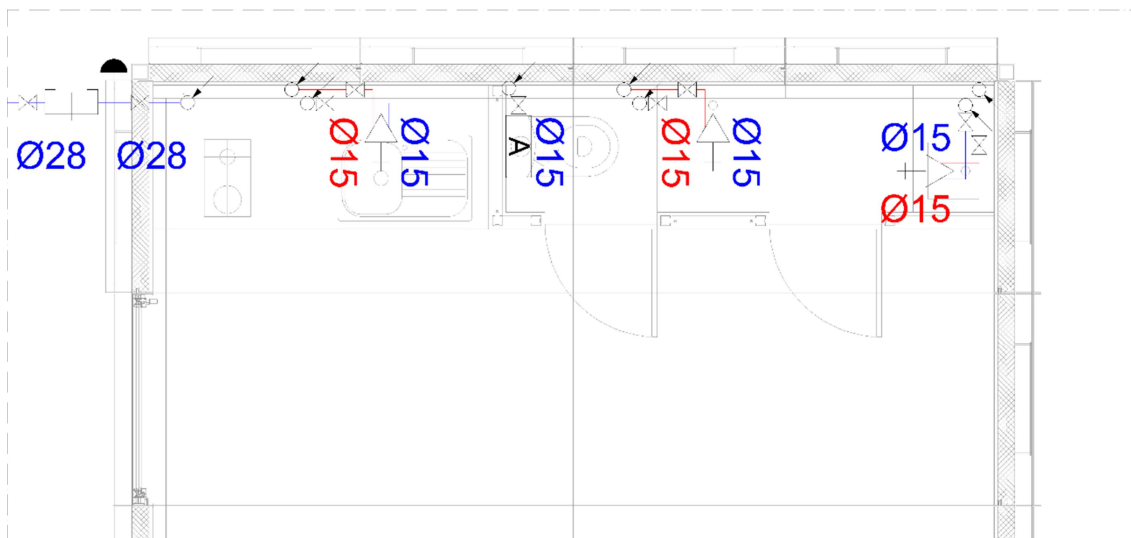


Figura 141-traçado do abastecimento de água no piso 0

A Rede de distribuição de água para consumo sanitário, como ilustram as figuras 142 e 143, fica completo com a colocação do contador (com acesso pelo exterior) que se situa no interior do armário da cozinha que se destina á ligação das infraestruturas , permitindo quantificar o gasto de recursos e ligar-se á rede de abastecimento.

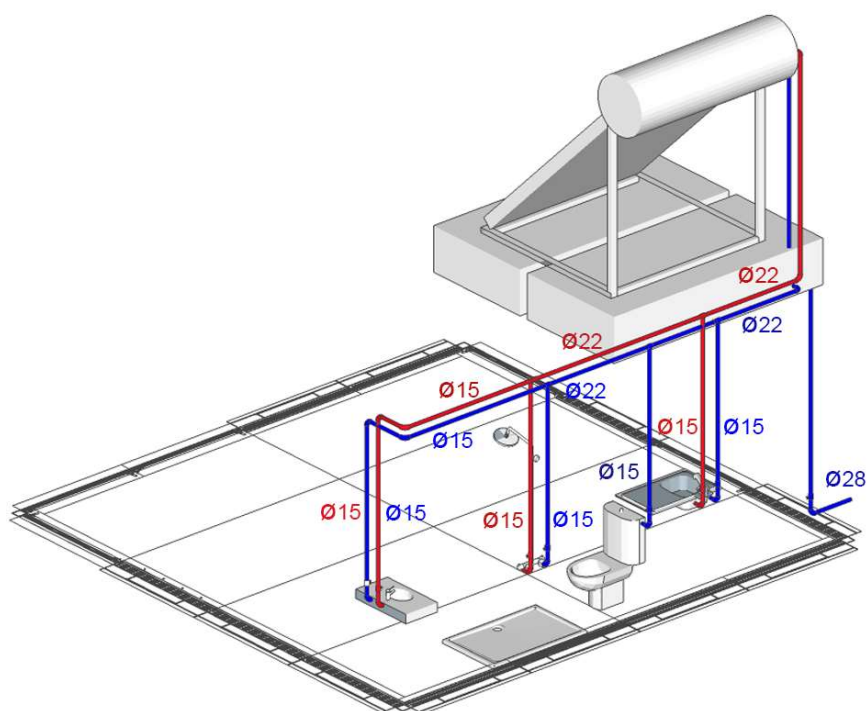


Figura 142-axonometria do traçado do abastecimento de água respetivos diâmetros

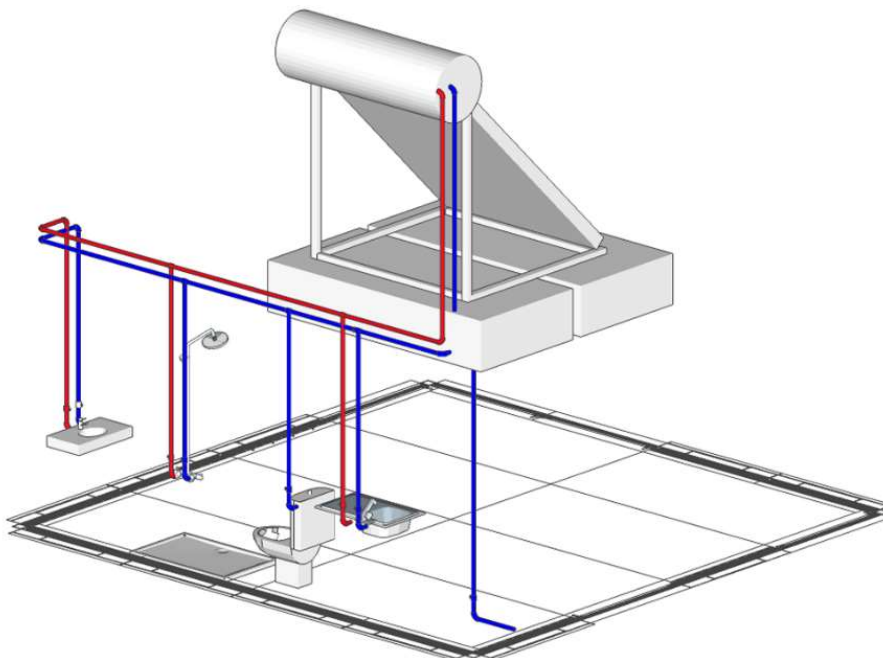


Figura 143-axonometria do traçado do abastecimento de água

Os depósitos de acumulação situam-se na área técnica da cobertura e garantem a fácil inspeção e manutenção. O depósito do sistema de aquecimento de água terá uma capacidade de 200 litros e será dimensionado no subcapítulo 4.10.1. As características técnicas do reservatório basearam-se nas condicionantes do Decreto-Regulamentar n.º 23/95, respeitando as características construtivas exigidas, assim como a utilização de todos os acessórios que façam cumprir as regras gerais de conceção. A capacidade dos depósitos permite acumular 600 litros de água potável excedendo a demanda máxima da utilização do edifício em 150 litros, permitindo uma reserva de 24 horas. A capacidade de acumulação de água do edifício de 600 litros, foi dividida por dois depósitos com 300 litros em fibra de vidro, facilitando o transporte e os condicionamentos arquitetónicos (dimensões da área técnica do edifício 1.15x2.15x0.45m).

O material das tubagens, como ilustra a imagem 144, é o polibutileno tem uma resistência elevada à corrosão e conseqüente baixa contaminação da água de consumo.



Figura 144-acessórios da rede de distribuição de água em polibutileno

O seu baixo peso propicia uma fácil instalação em obra, a ligação entre tubos e acessórios pode ser executada mecanicamente por aperto através da utilização de materiais plástico ou metálicos e a substituição pode ser feita com relativa rapidez. A escolha do material pretende integrar a especialidade em causa com o carácter temporário e móbil do projeto. As suas características permitem aplicar o traçado pelo exterior dos elementos da envolvente. O material tem grande capacidade de resistência á tração e permite expor os componentes a temperaturas extremas sem ser afetado. O método de montagem através de ligações mecânicas torna a assemblagem rápida e simples sem comprometer a estanquidade permitindo uma poupança muito elevada na mão de obra.

O caso de estudo cumpre com os requisitos regulamentares, o dimensionamento das infraestruturas de abastecimento de água ressalva a colocação do caso de estudo em locais onde o acesso á rede pública de infraestruturas não seja possível. O dimensionamento dos depósitos de abastecimento de águas permite utilizar o edifício num período pré-determinado de três dias com uma capacidade extra caso a estadia exceda os valores base do dimensionamento.

4.9.2. Conceção da rede de drenagem águas pluviais - Conceção e traçado

A definição e execução do projeto de recolha das águas pluviais segue o estipulado na especificação técnica- ETA0701 (ANQIP, 2015), que estabelece critérios técnicos para a realização de Sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) em edifícios,

para outros fins que não o consumo humano, procurando cumprir os requisitos técnicos e funcionais aplicáveis de modo a assegurar o seu adequado funcionamento.

A água da chuva é recolhida da cobertura do projeto, passa por um filtro e segue para um depósito de armazenamento de tamanho adequado, instalado na área técnica da cobertura. Através deste reservatório, os aparelhos são alimentados por um sistema de gravidade (sistema indireto), como ilustra a figura 145.



Figura 145-sistema indireto de aproveitamento águas pluviais

Para assegurar o correto funcionamento durante todo o ano, irá ser implementado um sistema de controlo ligado aos depósitos de abastecimento de água referidos no subcapítulo 4.9.1, que será ativado sempre que se verifique um baixo nível de água no reservatório de armazenamento de águas pluviais. Este sistema tem como principal vantagem o facto de serem mais fiáveis e poderem facilmente ser abastecidos pela água disponível nos depósitos ou rede pública (caso se verifique a ligação). No entanto, a pressão pode ser muito baixa para algumas máquinas de lavar e pode demorar um pouco para encher os autoclismos

A água obtida não é considerada potável, pode ser usada nas tarefas domésticas, como por exemplo, nas águas sanitárias, nas máquinas de lavar, na lavagem de pavimentos, na rega, etc. O projeto prevê a captação da água na cobertura, como ilustra a figura 146, através do encaminhamento da mesma por um pendente que

a conduz para o único ponto de recolha (tubo queda) munido com um filtro, para filtração básica das águas a aproveitar e é recomendável que o volume total seja, no mínimo,

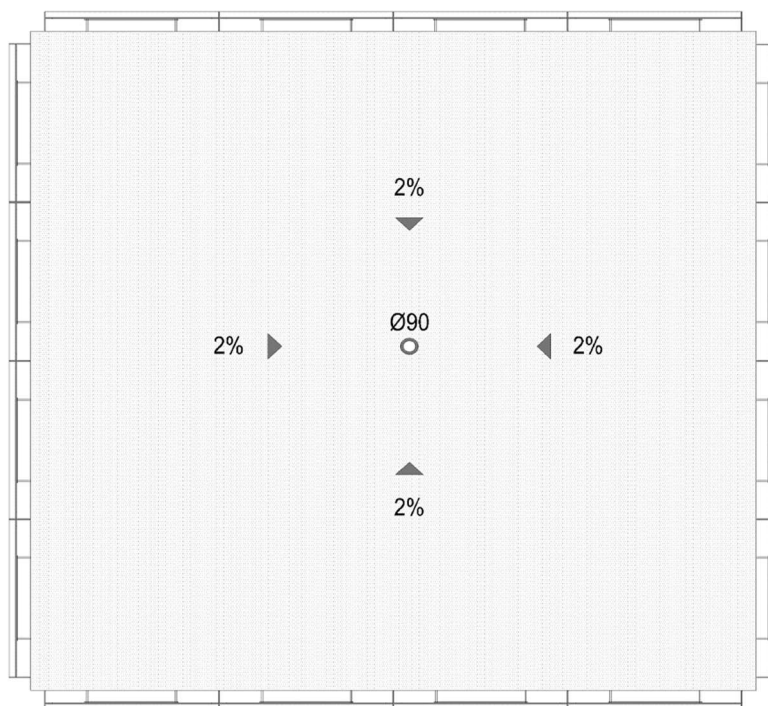


Figura 146-sistema de recolha pluvial da cobertura

superior em 20% ao volume útil. A estrutura de consumos é relativamente uniforme ao longo do tempo, como ilustra a tabela 5.

Tabela 5-consumos unitários e anuais por dispositivo ou Utilização

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual estimado	
Autoclismos (categoria "A") ¹ em residências		24 l/(pessoa.dia)	8800 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios de serviços (escritórios, etc.)		12 l/(pessoa.dia)	4400 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios escolares		6 l/(pessoa.dia)	2200 l/pessoa	
Lavagem de roupa (máquina da categoria "A") ²		10 l/(pessoa.dia)	3700 l/pessoa	
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos	5 l/m ²	1000 l/pessoa ³	
	Lavagem de automóveis (<i>self-service</i>)	50 l/automóvel		
Zonas verdes (valores para anos médios) ⁴	Valores totais (em 6 meses) - Abril a Set. -	Relvados ⁵	450 a 800 l/m ²	
		Jardins ⁶	60 a 400 l/m ²	
		Campos de golfe ^{7,8}	200 a 450 l/m ²	
	Valores máximos (por dia) - no Verão -	Relvados ⁵	5 a 7 l/m ²	-
		Jardins ⁶	1,5 a 5 l/m ²	-
		Campos de golfe ^{7,8}	2 a 4,5 l/m ²	-

O critério de dimensionamento do depósito, apoiou-se na área a drenar em projeção horizontal (área da cobertura) e no decreto lei 23/95 de 23 de agosto para definir a intensidade média máxima de precipitação que ocorre para uma duração 5 minutos e um retorno de 5 anos, como ilustra a equação 11.

$$I = axt^b \quad \text{Equação 11}$$

I – Intensidade da precipitação ($I = 1.75l/m^2$)

a e b – Constante que depende do período de retorno (t mínimo= 5 anos) e da região pluviométrica (A)

t – Duração da precipitação (t máximo= 5min)

t – Constante que depende do período de retorno e da região pluviométrica

Considerou-se a zona pluviométrica A situada a norte (Minho) porque é onde ocorre maior pluviosidade o que implica uma maior retenção. O cálculo considerado para o dimensionamento do depósito recorreu á intensidade de precipitação de (1.75 l/m²), á área da cobertura (25m²) e aos dias de utilização prevista para o caso de estudo (3 dias) permitindo definir a capacidade máxima do depósito, como ilustra a equação 12.

$$Q=1.75 \times 25 \times 3 = 132 \text{ litros}$$

Equação 12

O traçado foi compatibilizado com o de abastecimento, como ilustram as figuras 147 e 148, a lotação do depósito é de 150 litros, cobrindo o valor da chuvada crítica prevista para a zona estudada, prevendo uma lotação extra caso exista uma situação anómala.

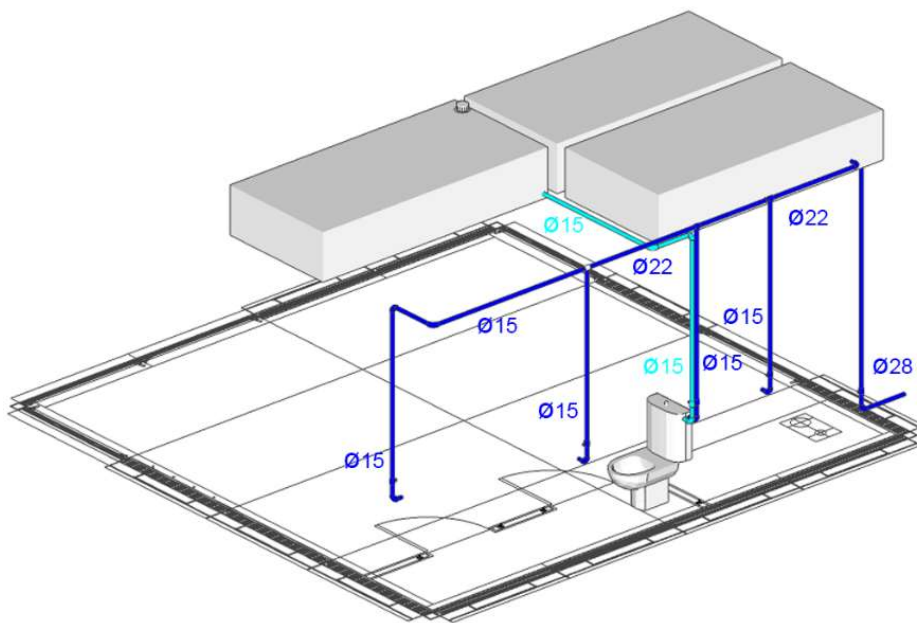


Figura 147- axonometrias do traçado das águas pluviais e respetivos diâmetros

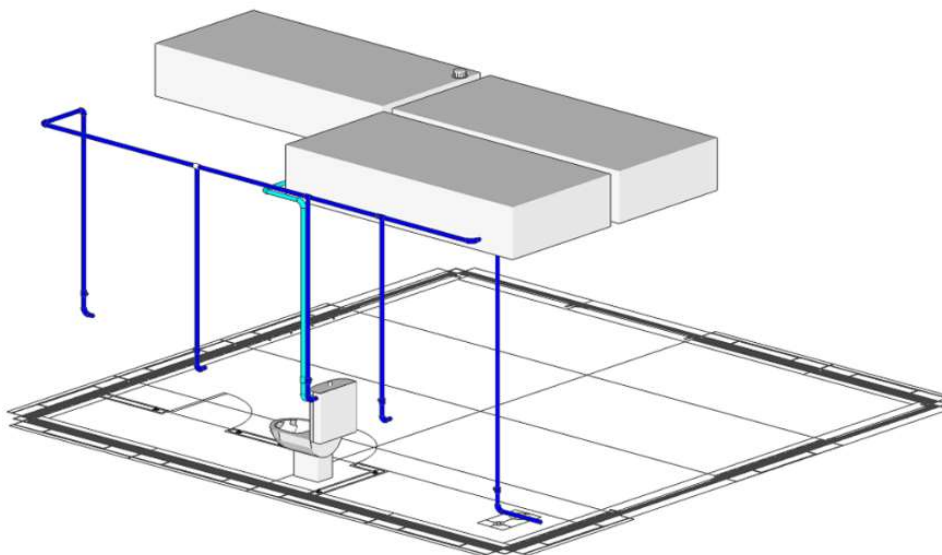


Figura 148-axonometrias do traçado das águas pluviais

O material das tubagens após o depósito de retenção é em polibutileno, assumindo a mesma materialização que o projeto de abastecimento. O ralo de pinha será sifonado da marca “Geberit” (geberit, 2019), como ilustra a imagem 149.



Figura 149-sistema do ponto de recolha das águas da chuva na cobertura

A implementação do sistema de recolha de águas, em termos económicos poderá ser subestimada, devido ao retorno do investimento ser demorado. As atitudes

comportamentais do homem, têm uma tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental e os impactos implicam um consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado que a capacidade do sistema ecológico tem em se renovar.

4.9.3. Conceção da rede de drenagem de águas residuais domésticas - Conceção e traçado

A definição e execução da rede de drenagem de águas residuais respeitarão o estipulado no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto, bem como as demais legislações em vigor.

A rede de drenagem de águas residuais domésticas do edifício em projeto prevê a criação de um depósito das águas negras drenadas pela bacia de retrete, pela pia lava-louça, pelo chuveiro e pelo lavatório. As águas serão encaminhadas para um depósito estanque, visitável pelo exterior do edifício para remoção dos resíduos orgânicos acumulados. A conceção do projeto da rede de drenagem de águas residuais, como ilustra a figura 150, prevê que o traçado seja retilíneo, com uma inclinação de 1% a 4%.

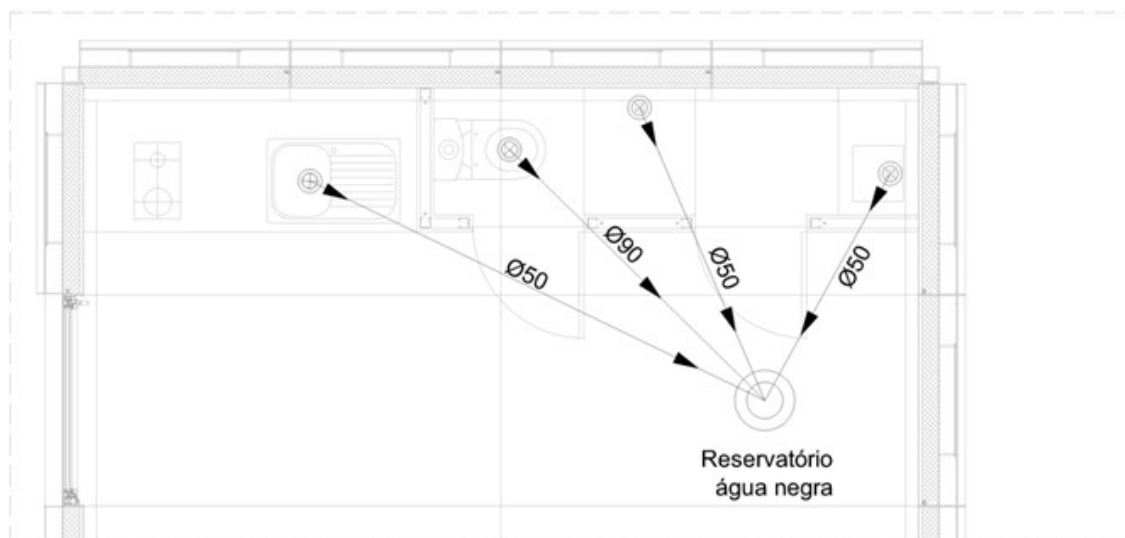


Figura 150-traçado da rede das águas residuais

Os efluentes provenientes da instalação sanitária e cozinha serão drenados por gravidade, encaminhados para o depósito devidamente dimensionado para sustentar o uso do edifício por um período de três dias.

O sistema das águas residuais doméstico foi desenvolvido para funcionar de forma autónoma da rede pública, através da colocação de uma sanita ecológica que incinera os resíduos, reduzindo a quantidade dos mesmos e eliminando os elementos patogénicos existentes. A solução que apresenta capacidade de conexão á rede é constituída por uma sanita com um funcionamento comum e dotada de infraestruturas como ilustra a figura 151, que através de ligações simples e respeitando as condicionantes definidas pelo decreto lei permitem a ligação do Caso de Estudo a redes de infraestruturas existentes.

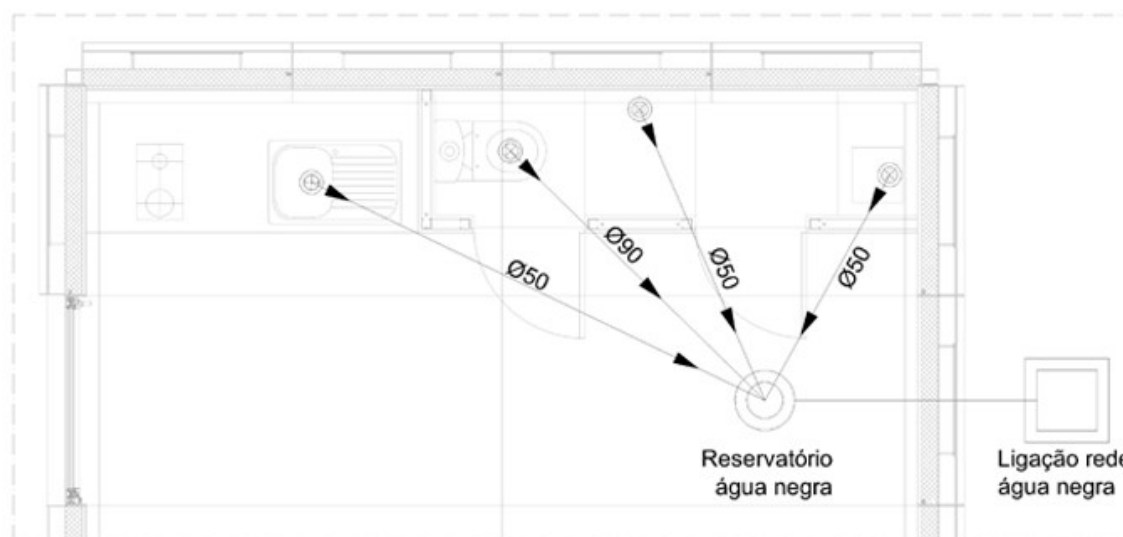


Figura 151-traçado da rede das águas residuais com ligação á rede pública

O caso de estudo cumpre com os requisitos regulamentares, foi pensado para ser colocado em locais sem acesso á rede pública de infraestruturas e viabilizar uma ligação de fácil execução caso existam. O dimensionamento de depósitos de retenção das águas residuais permite acumular os resíduos por um período máximo de três dias sem necessitar de manutenção.

4.9.4. Conceção das Redes e instalações elétricas - Conceção e traçado

A conceção da rede eléctrica obedece ao Decreto Lei n.º 96/2017 de 10 de agosto (Economia, Decreto lei 96/2017, 2017), estabelece as normas e condições do sistema de instalação eléctrico particulares alimentados pela rede eléctrica de serviço publico

(RESP). Os requisitos técnicos e funcionais estabelecidos pelo Decreto serão aplicados, assegurando as condições adequadas de funcionamento do sistema elétrico da proposta desenvolvida.

Na conceção da rede predial distribuição elétrica procurou-se compatibilizar a rede projetada com a arquitetura e as características do edifício, garantindo um sistema construtivo que permita a aplicação e remoção do sistema de forma simples e rápida.

Os pontos de consumo elétrico projetado serão alimentados por um sistema acumulador de energia (baterias), que será dimensionado no subcapítulo 4.10.2, garantindo uma reserva de três dias de funcionamento ao projeto. Quando se verifique o acesso à rede de distribuição de energia elétrica, o projeto prevê a conexão respeitando as condicionantes do Regulamento em vigor.

O sistema elétrico será composto por quatro pontos de luz com os respetivos comutadores, quatro tomadas elétricas, frigorífico, televisão, bombas circuladores e o micro-ondas. O consumo diário, como ilustra a tabela 6, foi estimado através dos consumos individuais dos aparelhos (potencia) e o seu tempo de utilização, pelo facto de o consumo não ser constante.

Tabela 6-consumos da energia elétrica gastos por estadia

Aparelho	Potencia w	Tempo de uso horas/dia	Consumo por dia	Consumo por estadia (3 dias)
Lâmpadas	6 w	5h	360 w	360 w
Frigorifico	60 w	12h	2160 w	2160 w
Televisão	110 w	5h	1650 w	1650 w
Computador	110 w	3h	990 w	990 w
Micro-ondas	800 w	40min	1600w	1600w
Total gasto KW/dia			2.25 KW/dia	
Total gasto KW/estadia				6.76 KW/estadia

O traçado da Rede elétrica permite o acesso á energia elétrica nos diferentes compartimentos projetados. Os pontos de luz e as tomadas elétricas encontram na área comum (2), na instalação sanitária (1) e na banca da cozinha (1). Os comutadores serão colocados na área comum situados em paredes opostas (2), no interior da instalação sanitária (1) e o na parede junto á banca da cozinha (1). Além desta configuração de base, é possível através de ligações tipo macho /fêmea acoplar novos chicotes elétricos com mais pontos de fornecimento elétrico definindo novos layouts e configurações dependendo das solicitações projetuais. A instalação, como ilustram as figuras 152 e 153, será colocada pelo exterior das paredes fixadas com elementos amovíveis. A

ligação ao sistema de acumulação ou ao sistema de distribuição da rede elétrica pública, situa-se no exterior onde se instalam as ligações das diferentes infraestruturas do projeto.

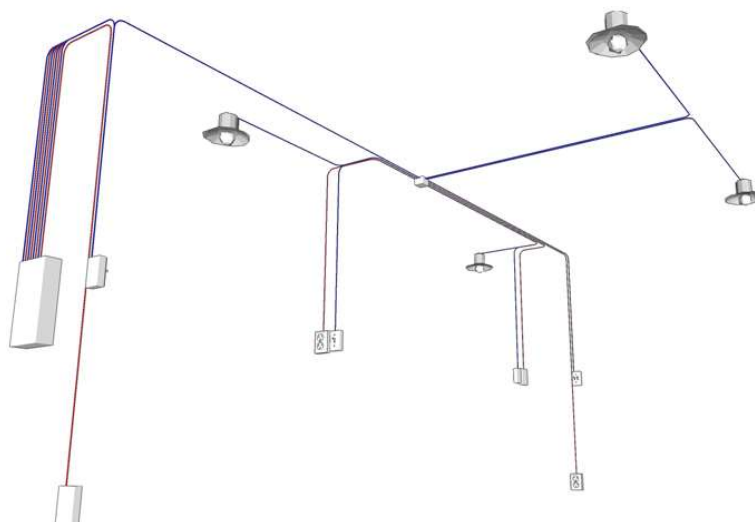


Figura 152-traçado do sistema elétrico

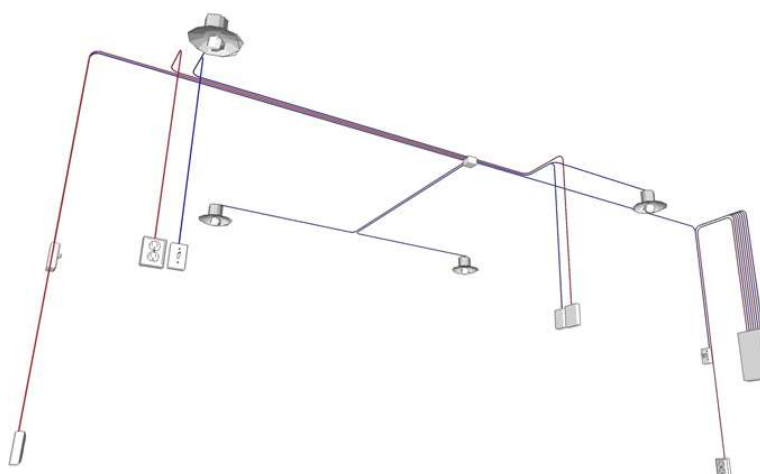


Figura 153-traçado do sistema elétrico

O material que constitui o sistema é composto por um quadro com 12 disjuntores com 20 A, o cabo elétrico isolado evitando acidentes como a deflagração de fogo e descargas elétricas e uma espessura capaz de suportar a potência elétrica dos equipamentos.

O projeto elétrico cumpre com os requisitos regulamentares e ressalva a colocação do caso de estudo em locais onde o acesso á rede pública de infraestruturas não seja possível, através do apoio de um sistema de acumulação de energia elétrica que permite proporcionar ao edifício a autonomia necessária para a sua utilização.

4.9.5. Conceção instalação de gás - Conceção e traçado

A definição e execução da rede de distribuição gás está em conformidade com o Decreto Lei n.º 521/99 de 10 de dezembro (Ministério da Economia, 1999) e estabelece as normas relativas á instalação do gás em imoveis, assim como as demais legislações em vigor.

A conceção da rede de gás compatibiliza-se com os pressupostos temporários da proposta. O traçado da rede de distribuição é composto pelos acessórios de ligação necessários para o seu funcionamento prevê a colocação de um contador no início do ramal situado na parede exterior e que finaliza numa caixa de corte geral com seccionamento (permite o corte geral no edifício). A rede, como ilustra a figura154, é

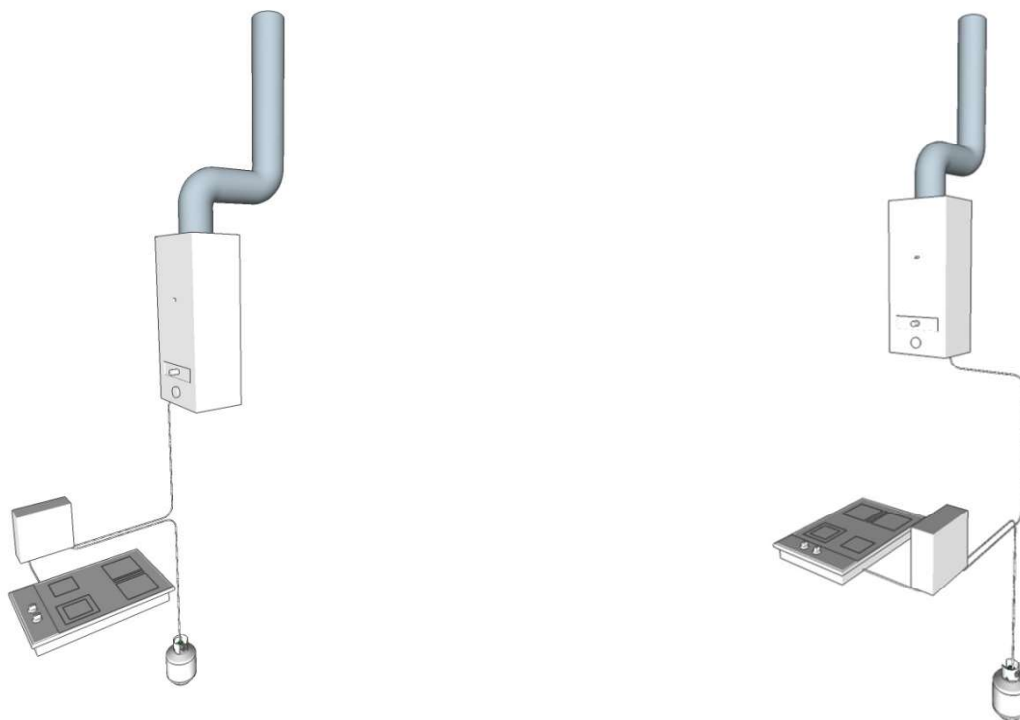


Figura 154-traçado da instalação do gás

composta por uma conduta principal de alimentação, uma rede de distribuição para cada aparelho de consumo que abastece o sistema de produção de água quente através de um esquentador de apoio e o fogão que é alimentado a gás. A ligação dos aparelhos à instalação de gás deve ser feita com tubos metálicos flexíveis. Os aparelhos de queima a montante serão dotados de válvulas de seccionamento visitáveis e facilmente acessíveis, assim como todos os troços individuais do traçado. Os ramais de distribuição serão colocados pelo exterior dos elementos, possibilitando a montagem/desmontagem de forma rápida sem recorrer a trabalhos complexos de instalação. A rede será em tubo de polietileno de média densidade, da série SDR11 com 20 mm de diâmetro, apresentando uma espessura de 3mm sendo da classe de pressão PN 8. O edifício será abastecido através de uma botija de gás butano de 6kg situada na área técnica da base devidamente ventilada de forma a cumprir com as condicionantes dos regulamentos em vigor, como ilustra a figura 155.

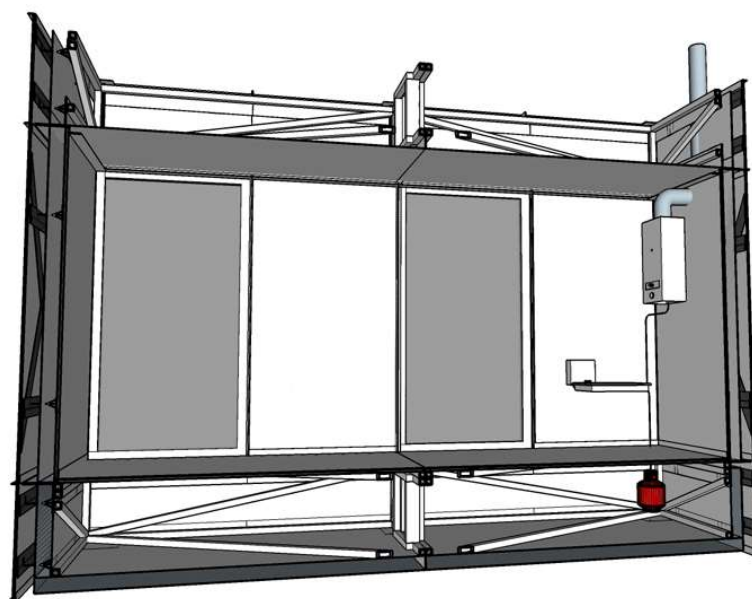


Figura 155-localização da botija de gás

As características dos aparelhos de queima e do gás butano são condicionantes que determinam o caudal máximo e o conseqüente diâmetro das tubagens do sistema. Os aparelhos de queima correspondentes ao fogão e ao esquentador debitam uma potencia máxima de 10.05KW e o poder calorífico do combustível utilizado é de 93.4MJ/m³. O dimensionamento da instalação tem como base a equação para definir o caudal máximo da instalação, como ilustra a equação 13.

$$Q = \frac{P_{(n)} \times 3.6}{PCI} \quad \text{Equação 13}$$

Q – Caudal de gás butano, em m³(n)/h;

P(n) – Potência nominal do aparelho de consumo, em kW;

PCI – Poder calorífico inferior do combustível, em MJ/m³ (n).

$$Q = \frac{10.05 \times 3.6}{93.4} = 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

O caudal máximo da instalação de gás condiciona o diâmetro das tubagens a aplicar, recorrendo aos cálculos obtidos e a documentos de fornecedores é possível definir a tubagem com um diâmetro comercial, como ilustra a tabela 7.

Tabela 7-tubagem a adotar em função do caudal de calculo

Caudal calculado m ³ (n)/h	Diâmetros KW/m ² /dia
Q ≤ 30	PE 20
30 ≤ Q ≤ 65	PE 32
65 ≤ Q ≤ 105	PE 40
105 ≤ Q ≤ 270	PE 63

Para determinação do sistema adequado às necessidades, é indispensável garantir a alimentação de todos os equipamentos durante o período da estadia do projeto e permitir dota-lo de autonomia e capacidade de os mobilizar.

4.10. Implementação de energias renováveis

4.10.1. Enquadramento

A energia solar é proveniente de uma fonte renovável inesgotável que não prejudica o meio ambiente. A implementação de um sistema de aquecimento de águas através da

energia do sol permite reduzir a emissão de dióxido carbono na atmosfera em cerca de 1 tonelada de CO₂ por ano por cada painel solar. O aquecimento de água sanitária é um processo no qual é consumida uma grande quantidade de energia, representando aproximadamente 50% da fatura energética. O aquecimento solar térmico é eficaz mesmo quando a luz solar é difusa, tem uma longa vida útil e tem um baixo custo de manutenção e operação.

4.10.2. Implementação do sistema solar térmico

O sistema implementado no caso de estudo é o sistema de termossifão, que consiste num coletor ligado a um depósito instalado a um nível superior em relação ao coletor evitando o uso de bombas circuladores. A transferência calorífica obriga a circulação da água de forma natural através do processo de convecção. A circulação é induzida pela diferença de densidade entre a água quente (menos densa) e fria (mais densa). O sistema, como ilustram as figuras 156 e 157, ficará colocado na cobertura do edifício e será composto por um painel que ocupa uma área de 2.00m², o depósito com capacidade de 200 litros com uma resistência elétrica de apoio.

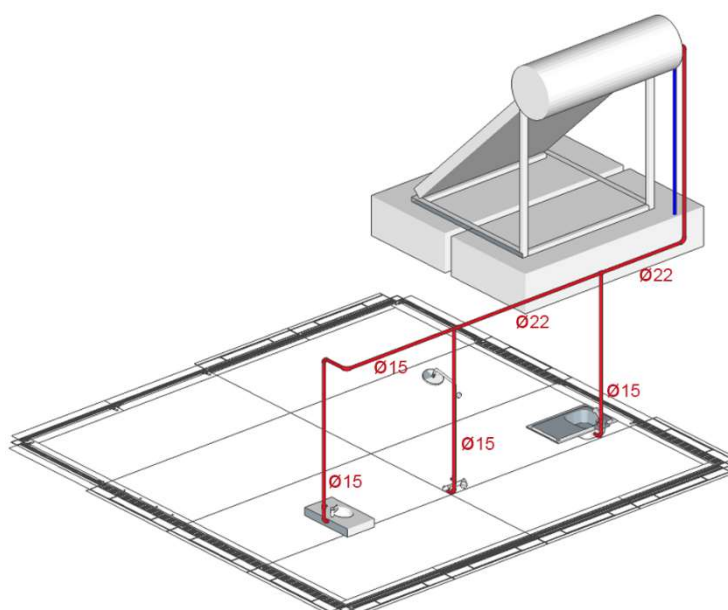


Figura 156-axonometria do traçado das águas quentes sanitárias

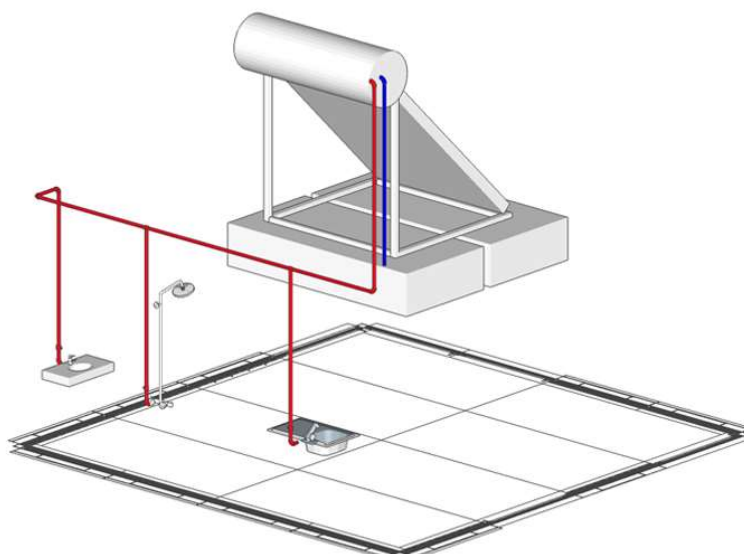


Figura 157-axonometria do traçado das águas quentes sanitárias

Para determinação do sistema adequado às necessidades, recorri ao software “*Solterm*”, que obriga a definir uma localização específica e estudar cada local isoladamente devido aos diferentes fatores solares. O estudo nesta especialidade definiu várias localizações caracterizadoras do clima de Portugal continental, tais como Viana do Castelo, Porto, Lisboa e Faro resultando da análise um relatório por cada região que se encontram no anexo A.

O software “*Solterm*” estabelece uma localização (Viana do Castelo) um sistema padrão com as características impostas pelo REH (Regulamento de edifício habitacionais), como ilustra a imagem 158. Definido o coletor padrão, teremos que definir o tipo de apoio (elétrico) e o tipo de consumo (REH- residencial 4 ocupantes), após estarem definidas todas as variáveis, escolhemos um coletor certificado existente no mercado, com as condições iguais ou superiores ao coletor padrão definido pelo programa.

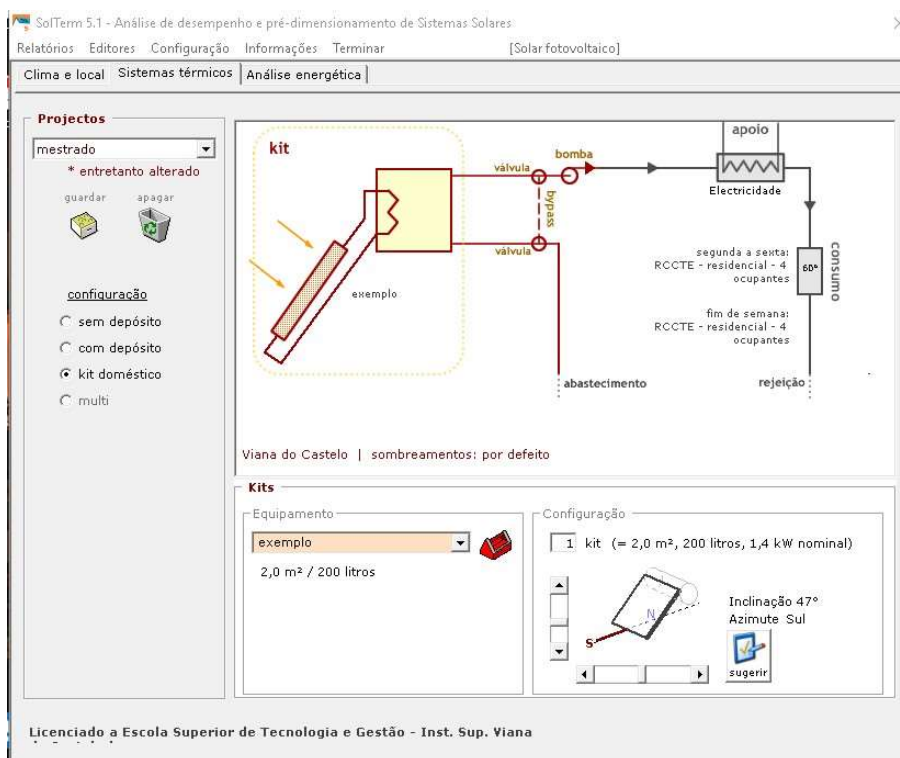


Figura 158-simulação do coletor padrão

O coletor definido foi da marca “Junckers”, com modelo TSS 200 FCC-2. A análise que resulta permite perceber o rendimento energético da solução, como ilustra a figura 159. O rendimento ficou abaixo da expectativa devido à variável de consumo estar sobredimensionada (4 pessoas) e pelo facto de o sistema ser de termosifão que implica que o depósito esteja sujeito às condições climáticas reduzindo a sua eficácia.

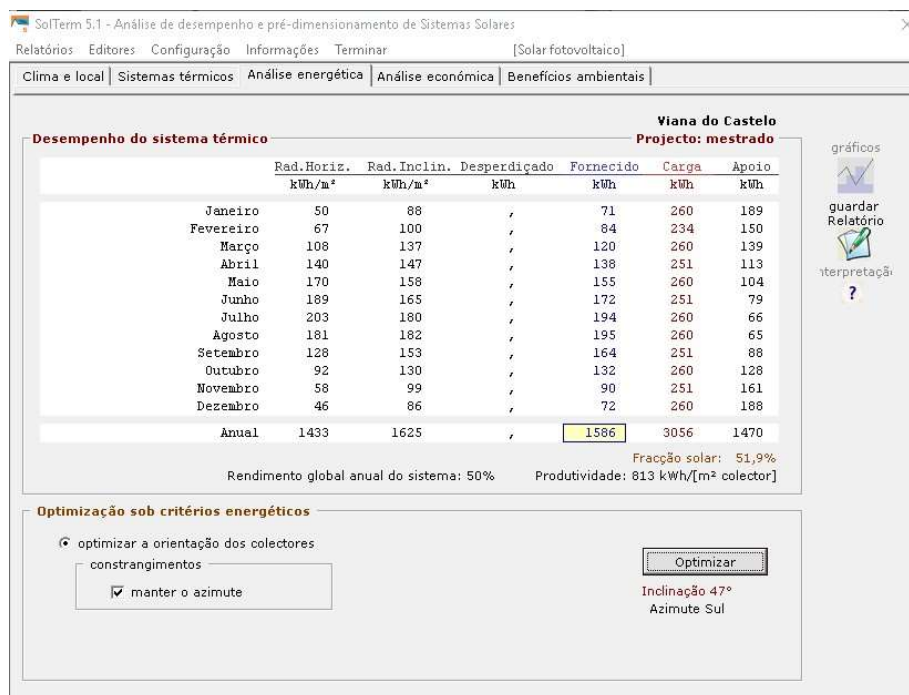


Figura 159-rendimento energético da solução do caso de estudo

A rentabilidade energética traduz-se numa poupança económica, permitindo verificar a quantidade de anos que é necessário para amortizar o investimento incluindo os valores de manutenção e reparação. Para além desta análise o software permite saber o dinheiro poupado ao longo de 20 anos de utilização da vida útil do sistema considerando o valor do custo da energia, como ilustra a figura 160.

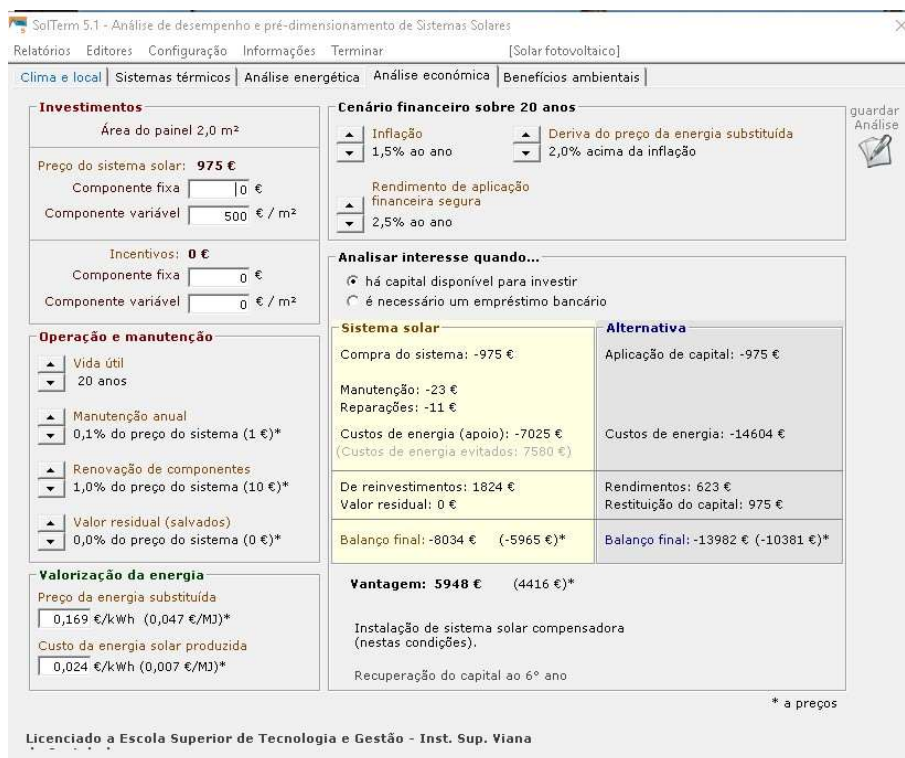


Figura 160-rendimento económico da solução do caso de estudo

A análise económica é a que define a escolha de implementação de sistemas de aquecimento de águas sanitárias e todos os outros sistemas de energia renovável existentes no mercado. A análise ambiental é um elemento dependente dos resultados económicos, mas a conjuntura atual implica uma abordagem mais sustentável aumentando a força desta variável. As emissões de gases com efeito de estufa evitados por ano (587 Kg CO₂ equivalente/ano), permite perceber que a implementação do sistema reduz significativamente o consumo de energia de origem fóssil, como ilustra a figura 161.

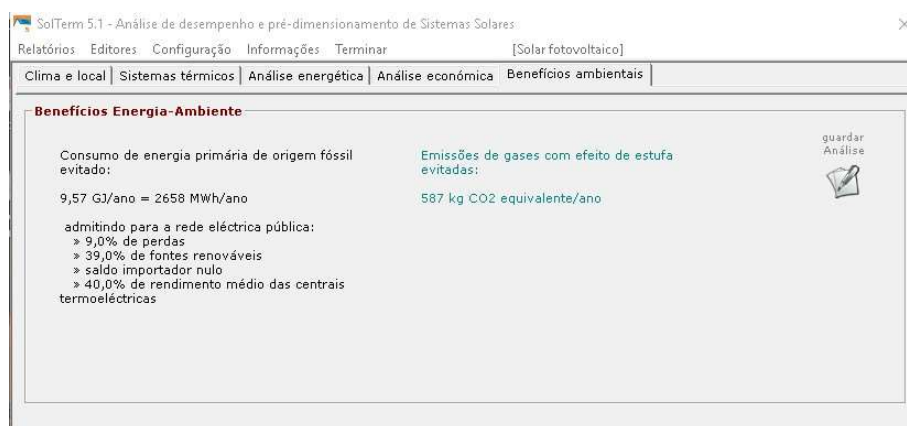


Figura 161-rendimento ambiental da solução do caso de estudo

A adoção desta tecnologia permite sustentar as opções projetuais, gerar menor impacto ambiental e manifestamente menor degradação dos recursos naturais. Estes são aspetos essenciais para melhor qualidade de vida e desenvolvimento sustentável que são premissas do projeto/planeta.

4.10.3. Implementação do sistema fotovoltaico

O projeto preconiza uma solução autónoma para o sistema fotovoltaico, permitindo alimentar o conjunto de aparelhos que funcionam isolados da rede elétrica. O dimensionamento (Carneiro, 2009) é efetuado através do conhecimento prévio da intensidade de radiação solar correspondente ao mês com menor radiação (inverno), pelo facto de no verão a produção aumentar significativamente. A definição e execução do sistema fotovoltaico respeita o estipulado no regulamento, aprovado pelo Decreto Lei n.º 153/14 de 20 de outubro (Ministério do Ambiente O. d., Decreto lei n.º 153/14, 2014) e as portaria nº 14/2015 (Ministério do Ambiente O. d., Portaria n.º 14/15, 2015) e portaria nº 15/2015 (Ministério do Ambiente O. d., portaria nº 15/15, 2015), ambas de 23 de janeiro.

O sistema fotovoltaico de autoconsumo do edifício em projeto prevê a utilização na cobertura de três módulos fotovoltaicos que captam a radiação solar que é convertida em energia elétrica. A energia convertida é armazenada em baterias de lítio situadas na área técnica do pavimento que é gerida por um dispositivo eletrónico que regula a tensão nos painéis e a compatibiliza com a tensão nominal das baterias. O regulador de carga permite assegurar o carregamento das baterias, evitar a sobrecarga e bloquear a

corrente inversa entre as baterias e os painéis prevenindo a descarga profunda. A energia elétrica gerada pelas placas solares é corrente contínua “CC” e os equipamentos existentes nas habitações que funcionam ligados á rede elétrica operam com corrente alternada “AC”. A alteração ocorre através de um inversor autónomo de corrente que possibilita a utilização de todos os aparelhos definidos no projeto, como ilustra a figura162.



Figura 162-sistema fotovoltaico de autoconsumo

O dimensionamento de sistemas autónomos implica o conhecimento prévio do tipo de utilização do projeto, das potências e tempo de funcionamento dos equipamentos. Pelo facto do consumo e a produção de energia elétrica não ser constante, o sistema de baterias acumuladoras deve ser sobredimensionado de forma a satisfazer a demanda máxima possível. A produção energética do sistema deve repor a descarga das baterias em cada ciclo diário. A escolha da bateria é essencial para assegurar o bom funcionamento do sistema e garantir a longevidade porque é o elemento com menor tempo de vida. O tempo de vida útil depende do número de ciclos de carga/descarga que a bateria consegue efetuar, da temperatura de funcionamento e da capacidade que é utilizada antes da necessidade de carregamento da bateria (profundidade da descarga).

Os sistemas autónomos têm perdas energéticas nos diversos componentes, com maior incidência nas baterias. As perdas de carga do sistema autónomo reduzem

significativamente a rentabilidade energética do sistema, devendo ser instalado apenas quando não exista a possibilidade de ligação á rede de energia pública. Os custos de produção energética do sistema autónomo são bastante superiores aos de um sistema ligado á rede, implicando o uso de componentes com uma maior potência para fornecer valores equivalentes de produção energética.

Para determinação do sistema adequado às necessidades, é indispensável garantir a alimentação de todos os equipamentos durante o período da estadia do projeto prevendo a necessidade diária de energia para o correto funcionamento do projeto, como ilustra a equação 14. A determinação do valor de energia consumida (W dia)

$$W_{\text{dia}} = \sum_{i=1}^n P \times t$$

Equação 14

recorre á potência dos aparelhos instalados no projeto e ao seu período de funcionamento. O valor apurado de 6760 KW/estadia corresponde ao somatório das energias parciais consumidas pelos diferentes equipamentos num intervalo de tempo de funcionamento. Definido o tipo de ocupação e conseqüente os gastos energéticos do projeto, é preciso verificar o valor da radiação solar incidente num plano horizontal I (0) de cada localização que se queira analisar. O estudo definiu várias localizações caracterizadoras do clima de Portugal continental, tais como Viana do Castelo, Porto, Lisboa e Faro. Os valores da radiação solar foram retirados de um site que permite retirar o valor da energia produzida através da radiação solar (NASA, 2018), permitindo analisar os dados e desenvolver o sistema fotovoltaico considerando o valor mais baixo de radiação solar da cidade que apresenta o valor mais desfavorável (Viana do Castelo), como ilustra a tabela 8.

Tabela 8-valores da radiação solar incidente num plano horizontal (Viana do Castelo) ano 2017

Mês	Radiação solar KW/m ² /dia	Temperatura média °C
Janeiro	2.03	8.81
Fevereiro	2.68	10.80
Março	3.84	11.72
Abril	6.17	14.48
Maio	5.86	16.75
Junho	7.21	19.58
Julho	7.13	20.50
Agosto	6.55	20.49
Setembro	5.21	17.55
Outubro	3.78	18.11
Novembro	2.37	12.26
dezembro	1.55	10.09

O dimensionamento é efetuado considerando o valor da radiação solar do mês de dezembro, assumindo o risco de sobredimensionamento do sistema fotovoltaico para os meses com maior radiação solar. A estimativa da radiação solar incidente numa superfície com inclinação qualquer não foi tida em consideração, pelo facto de os painéis fotovoltaicos estarem sempre orientados a sul (ângulo azimutal igual a zero).

A determinação da potência do gerador fotovoltaico (P_{FV}), com ilustra a equação 15, tem que garantir o consumo diário da energia (W_D) de 2254w/ dia que consta na tabela 6. O cálculo da potencia recorre ao valor de radiação solar do local de implantação (H_s), no mês mais desfavorável (menor numero de horas de sol-dezembro) á radiação padrão de 1000 w/m² e considera as perdas de rendimento dos elementos do sistema autónomo (K_{reg+i}) relativo á temperatura, cablagens, inversor, sujidade reduzindo a rentabilidade para os 80%. N

$$P_{FV} = \frac{W_D}{K_{reg+inv} \times H_s} \quad \text{Equação 15}$$

$$P_{FV} = \frac{2.25}{0.8 \times 1.55} = 1.81 \text{KW}$$

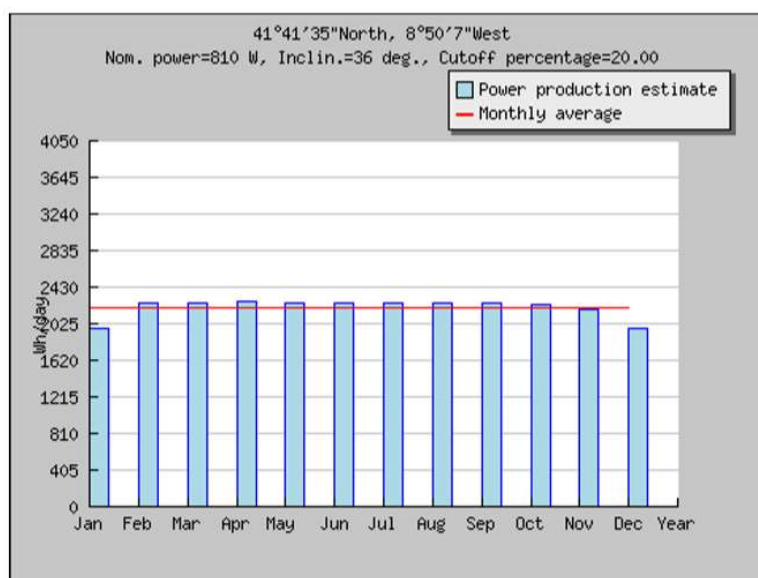
Determinada a potência máxima do sistema, define-se a quantidade de painéis necessários para responder às necessidades do sistema durante todo o ano, como ilustra a equação 16. O gasto energético do projeto obriga a aplicação de 7 painéis

$$\text{Qtd}_{\text{painéis}} = \frac{\text{Potência total}_{\text{painéis}}}{\text{Potência}_{\text{painel}}} \quad \text{Equação 16}$$

$$\text{Qtd}_{\text{painéis}} = \frac{1.81}{0.270} = 6.42 \text{ painéis}$$

de forma a satisfazer a demanda energética na radiação solar mais deficitária. O dimensionamento é efetuado considerando o valor da radiação solar do mês de dezembro.

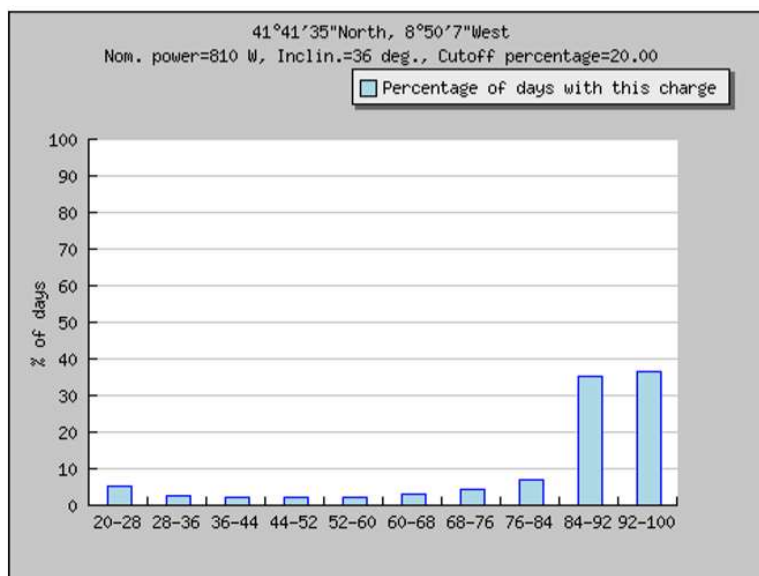
Através da simulação feita na PVGIS (Europeia, 2018) uma calculadora e simuladora on-line da produção de energia fotovoltaica, para sistemas autónomos ou ligados á rede é possível verificar a energia fotovoltaica produzida por dia em Wh/dia para uma inclinação média dos painéis fotovoltaicos de 36° (inclinação otimizada). As características físicas do edifício permitem apenas a colocação no máximo de três painéis fotovoltaicos que cumprem com as necessidades na maioria dos meses do ano, exceto em janeiro, novembro e dezembro, como ilustra a imagem 163. A radiação solar disponível nesta época não produz energia suficiente para restabelecer a quantidade



Monthly energy output from SHS system

Figura 163-produção mensal do sistema implementado ao longo do ano

gasta diariamente no Caso de Estudo. Na maior parte do ano a energia elétrica diária produzida pelos painéis é suficiente para carregar as baterias. Nos meses de janeiro, fevereiro, e dezembro, como a radiação solar é mais escassa, haverão dias em que as baterias não irão carregar totalmente, como ilustra a figura 164. A deficiência apresentada nestes meses será suprimida através da colocação de baterias previamente carregadas com capacidade suficiente para cumprir com as necessidades ocupacionais do edifício durante a estadia.



Probabilities of battery charge state at the end of each hour

Figura 164-análise do estado de carga das baterias ao longo do ano

Concluído o dimensionamento da potência do sistema, é necessário definir o tipo de baterias, de ligação (serie/paralelo) e conseqüente a quantidade a implementar. As baterias a aplicar são de gel devido à sua eficiência e pelo facto de um sistema com baterias de chumbo ser deficitário em questões de eficiência/manutenção e ecologia. A ligação entre baterias adotada é em paralelo, permitindo manter a tensão em 12 V aumentando a amperagem que possibilita a ligação em simultâneo de uma quantidade maior de aparelhos. A determinação da capacidade acumuladora das baterias (C_b), tem que garantir o consumo diário da energia do Caso de Estudo (W_D) de 2254w e transformar o valor numa unidade que possa ser comparada com a capacidade dos acumuladores que utilizam as unidades em amperes hora, como ilustra a equação 17.

$$W_{DAh} = \frac{w/dia}{V} \quad \text{Equação 17}$$

$$W_{DAh} = \frac{2254}{12V} = 187.7Ah/dia$$

O sistema acumulador tem que salvaguardar a acumulação de uma determinada amperagem no conjunto de baterias implementadas, respondendo assim às necessidades energéticas do Caso de Estudo. O cálculo da potência a instalar no sistema acumulador recorre ao consumo energético do Caso de Estudo (por estadia), dividindo o valor obtido pela multiplicação entre o rendimento da bateria 90% (K_{bat}) e da profundidade de descarga 80% (K_{pd}) que influenciam na rentabilidade do sistema, com ilustra a equação 18.

$$C_b = \frac{W_{DAh} \times dias}{K_{bat} \times K_{pd}} \quad \text{Equação 18}$$

$$C_b = \frac{187.7 \times 3}{0.9 \times 0.8} = 782Ah$$

O número de baterias é limitado pelas características da bateria adotada (amperagem/voltagem) e a amperagem/voltagem máxima que o sistema tem que salvaguardar, como ilustra a equação 19. A bateria de gel escolhida, produz uma

$$Qtd_{bateria} = \frac{\text{Potência total}_{baterias}}{\text{Potência}_{bateria}} \quad \text{Equação 19}$$

$$Qtd_{bateria} = \frac{782}{165} = 4.74 \text{ baterias}$$

amperagem de 165 Ah, que implica implementar cinco baterias de forma a conseguir a amperagem necessária para o correto funcionamento do sistema. As cinco baterias acumuladoras respondem às condicionantes energéticas do Caso de Estudo e permitem salvaguardar uma capacidade acumuladora extra caso se verifique um gasto energético maior que o definido.

O sistema fotovoltaico autónomo permite dotar o projeto de autonomia, capacidade móbil e sustentabilidade. A rentabilidade em relação a um sistema ligado á rede publica

é inferior devido às perdas existentes nos componentes do sistema, mas oferece capacidades únicas identitárias da singularidade do projeto desenvolvido.

4.11. Integração dos diversos projetos

A integração dos diversos projetos garante um melhor desempenho e menor custo para atingir os objetivos propostos inicialmente, isto é, uma construção pré-fabricada com propósitos sustentáveis. A integração entre os diversos projetos implica tomadas de decisão coerentes que procuram assegurar a coordenação entre as partes.

A compatibilização entre os diversos projetos implicou o ajuste de dimensões e soluções que permitiram consolidar o desenho final do objeto de estudo, compatibilizando com as necessidades da apropriação e das especificidades de funcionamento das diferentes especialidades. A integração de todas as condicionantes num único objeto, implicou uma abordagem funcional exacerbada em detrimento de outras opções nomeadamente estéticas. O conceito inicial subjugou-se às diferentes necessidades das especialidades, implicando um desenho que teve como ponto de partida a criação de áreas técnicas capazes de cumprir as necessidades físicas e regulamentares das infraestruturas que compõem as diferentes especialidades. A criação de um projeto que integre todas as exigências num único objeto foi o conceito definido para o desenvolvimento do projeto. O benefício técnico e económico foi adquirido através da articulação entre as partes e o todo. Permitiu regular e atenuar as disparidades funcionais e possibilitar a construção de um elemento único que criou interdependências de funcionamento assentes na capacidade funcional do projeto, obrigando uma abordagem coerente e racional do Caso de Estudo.

A integração identificou fatores que são em regra desprezados na conceção, e resolveu problemas de compatibilização das diferentes áreas do conhecimento das especialidades aumentando a eficiência do projeto desenvolvido.

5. Análise técnico-económica

5.1. Enquadramento

A análise de viabilidade económica é um elemento preponderante que permite analisar um determinado investimento, otimizando a relação custo benefício apoiando a tomada de decisões conscientes e criteriosas.

A análise económica não pode ser dissociada do tipo de construção pré-fabricada e do método construtivo que condiciona os custos de fabricação. A técnica baseada em painéis pré-fabricados e de rápida execução torna a construção modular mais competitiva. A potencialidade competitiva depende da redução dos preços da mão de obra e dos componentes que variam com a demanda do mercado, que poderá diluir a diferença de custos quando este tipo de solução crescer e se consolidar. A construção tradicional apresenta custos mais competitivos por m² comparados com a construção pré-fabricada, mas os benefícios da poupança de tempo, da redução de trabalho em estaleiro conseguem diluir o custo dos elementos pré-fabricados e tornar mais competitiva a solução pré-fabricada.

5.2. Análise comparativa

Comparando o sistema construtivo modular em aço leve designado por "*light steel frame*", (LSF) como ilustra a figura 165, e a construção tradicional concluímos que a solução tradicional apresenta valores mais competitivos. A diferença reside no preço dos materiais utilizados e na necessidade de recorrer a mão de obra especializada para preconizar a solução em LSF, honorando a curto prazo a solução. Contudo a solução apresenta uma melhor capacidade térmica diminuindo a longo prazo os gastos energéticos. Apresenta um desperdício de material reduzido permitindo reutilizar/reciclar os mesmos no fim do ciclo de vida afigurando-se uma solução mais económica e ecológica.



Figura 165-sistema construtivo aço leve

O sistema construtivo em madeira designado por “*wood frame*”, como ilustra a figura 166, comparado com o tradicional apresenta as mesmas características expostas previamente entre o LSF e a construção tradicional. A diferença reside na limitação do *layout* devido às características dos materiais (não suporta grandes vãos), na manutenção periódica e delicada da madeira para proteger a construção contra o meio ambiente. O tipo de construção é mais vulnerável a desastres naturais como por exemplo o apodrecimento e implica um compromisso de manutenção maior comparado com outro tipo de construção.



Figura 166-sistema construtivo em madeira

A análise económica dos diferentes processos construtivos permite concluir que a preferência do método construtivo não depende apenas do fator económico, mas prende-se essencialmente com as expectativas e necessidades das escolhas que pretendemos fazer. O aspeto cultural torna a construção tradicional na solução mais popular pelo facto de no nosso imaginário cultural a representação de casa estar conectada com a construção tradicional.

O caso de estudo prevê uma estimativa orçamental com um valor global de 55.314,00 € para a solução ligada á rede publica e o valor de 59.380,00 € para a solução desconectada de infraestruturas. O resultado obtido através do site “gerador de preços” (CYPE Ingenieros, S.A., s.d.) e contacto com as empresas do setor, tem um valor excessivo que torna o caso de estudo pouco competitivo devido ao facto de este ser experimental (criar processo construtivo novo implica gastos elevados de otimização do processo) corroborando a comparação entre destintos métodos construtivos. A competitividade é obtida caso haja uma demanda que implique a construção em serie, otimizando o processo permitindo valores mais competitivos consequentes da redução de desperdício de materiais e da rentabilização do processo construtivo.

6. Conclusão

A dissertação apresentada tem como base de análise um projeto com propósitos sustentáveis, que implicou o desenvolvimento prévio do um estado da arte sobre a história, dando ênfase às especificidades que constituem o projeto ressaltando sempre o compromisso ecológico nas tomadas de decisão e o estado da arte da construção modular com propósitos sustentáveis foi estudado desde a pré-história até aos dias de hoje.

O estado da arte da construção modular com propósitos sustentáveis foi estudado desde a pré-história até aos dias de hoje. O enquadramento histórico pretendeu demonstrar a realidade construída ao longo das diferentes épocas históricas analisadas sob o ponto de vista da construção modular com propósitos sustentáveis, permitindo concluir que este tipo de construção, sempre presente nas edificações, constituem um elemento transversal a todas as civilizações e tempos históricos. A sua utilização surge da necessidade em interpretar e reduzir o impacto do meio na vida do Homem pré-histórico permitindo simplificar e atenuar os fatores negativos favorecendo uma melhor coexistência. Ao longo dos tempos este tipo de construção permitiu resolver os problemas das diferentes épocas, dotando a construção de processos sistematizados, simples de fácil execução recorrendo a materiais e matérias primas sustentáveis aproveitando os recursos naturais e proporcionando melhores condições à existência Humana.

A construção modular com propósitos sustentáveis está em expansão, sendo a imagem associada a esta construção bastante positiva, dadas as vantagens inerentes à sua rapidez de execução e ao seu reduzido impacto ambiental, por outro lado há um marketing que promove este tipo de soluções, como foi demonstrado na análise ao estudo de soluções de construção prefabricada séc. XXI.

A análise abrangeu uma variedade de projetos construídos com diferentes materiais, procurando caracterizar este tipo de construção através de duas análises distintas que permitiram tomar decisões mais acertadas e sustentadas. O capítulo envolveu uma análise crítica aos pressupostos defendidos pelos autores, exibindo pontos críticos das soluções apresentadas e procurando constatar problemáticas que teriam que ser exploradas no objeto de estudo a desenvolver. As análises permitiram constatar que a imagem associada a esta construção é capaz de formar opinião e fornecer aos projetos construídos características que não lhe pertencem. A palavra

mobilidade e sustentável é explorada pelos promotores, recorrendo ao conceito de construção modular com propósitos sustentáveis para apropriar o projeto de características pouco desenvolvidas.

A análise crítica estado da arte permitiu concluir que o Caso de Estudo tem que ser de simples construção, assemblagem e desenho. O desenvolvimento poderia procurar soluções tecnológicas mais avançadas e processos construtivos mais evoluídos, contudo pretendeu-se desenvolver um projeto com um desenho homogeneizado que recorra a materiais e técnicas que não necessitem de uma mão de obra especializada.

O Caso de Estudo apresentado assenta na sustentabilidade ecológica, na mobilidade, na educação ambiental, pretende promover uma linguagem única entre todos os elementos. Os aspetos desenvolvidos assentaram nas necessidades físicas da construção e de todas as especialidades que constituem o funcionamento de um projeto de habitação de carácter temporário que se encontra desconectado da rede.

As preocupações que ainda não foram devidamente desenvolvidas/expostas englobam o nome do projeto, a imagem do logotipo, o desenho do mobiliário incluindo a domótica ecológica e todas as opções tomadas de forma a refletir e contribuir para a solidificação do conceito. O destaque que o projeto possa alcançar no panorama construído deste tipo de soluções, depende do desenvolvimento de áreas complementares ao projeto exposto que permitam reforçar a sua identidade. O conceito encontra-se ainda incompleto, faltando a contribuição essencial de diversos conhecimentos tais como do design e da informática para o projeto apresentado se destacar da realidade construída.

As preocupações ecológicas que se pretende mitigar na construção são evidenciadas e exploradas no projeto apresentado através das atitudes implementadas. O reduzir ao mínimo as dimensões do modulo poderá ser entendido como um aspeto deficitário, mas essa característica, pretende implementar um uso racional que restringe o espaço ao mínimo essencial eliminando o desperdício. Desde a escolha dos materiais incluindo os processos construtivos e todas as opções arquitetónicas e de especialidades, foram assentes na sustentabilidade e na necessidade em alterar atitudes e comportamentos nefastos ao equilíbrio ecológico resultantes da inter-relação Homem/natureza.

Após estabelecida uma análise técnico-económica conclui-se que tem um custo exagerado em relação á construção tradicional, contudo os propósitos sustentáveis geram uma poupança de recursos (energia, água, resíduos) que justifica a prazo a sua

implementação. O aumento da procura determinará a industrialização dos processos e a redução do custo associado.

O projeto enquadra-se na necessidade atual em alterar o paradigma do desperdício ecológico que se tem vindo a agravar desde o processo da revolução industrial. O estudo desenvolvido é um tema atual que ganha uma importância cada vez mais significativa na sociedade. A necessidade de definir um futuro sustentável para preservar a espécie humana e o planeta são variáveis que estão a ser reforçadas pela consciência que tem vindo a ser exaltada pelas exclamações de desespero que os cientistas têm feito nos últimos tempos.

O resultado que a implementação do projeto exerce na sociedade pode não ser significativa em termos práticos, mas busca o despertar de atitudes e sensibilidades que possam manifestar um caminho mais sustentável.

7. Bibliografia

- CYPE Ingenieros, S.A. (s.d.). *geradordeprecos*. Obtido de CYPE Ingenieros:
<http://www.geradordeprecos.info/>
- A Divina Proporção: A Matemática da Natureza*. (12 de abril de 2012). Obtido em 19 de abril de 2018, de A ciencia suprema: <http://acienciasuprema.blogspot.com/>
- Afonso, A. S. (22 de abril de 2015). *Sistemas De Aproveitamento De Águas Pluviais Em Edifícios*. Obtido em 1 de agosto de 2018, de anqip:
<http://www.anqip.com/index.php/pt/comissoes-tecnicas/93-comissao-tecnica-0701>
- Aguiar, R., & Carvalho, M. J. (setembro de 2017). *SOLTERM 5.3*. Obtido de Laboratório Nacional de Energia e Geologia:
<http://www.ineg.pt/iedt/projectos/370/paginas/69>
- Albuquerque, M. (17 de 03 de 2017). *as ordens arquitetónicas*. Obtido de HISTÓRIA DA ARTE E ARQUITETURA:
<https://historiaartearquitetura.com/2017/03/17/ordens-classicas/>
- Albuquerque, M. (17 de Março de 2017). *Ordens classicas*. Obtido de historia da arte e arquitetura: <https://historiaartearquitetura.com/2017/03/17/ordens-classicas/>
- Andrade, A. L. (s.d.). *Guerras Púnicas*. Obtido de info escola:
<https://www.infoescola.com/historia/guerras-punicas/>
- ANQIP. (22 de 04 de 2015). *ETA 0701*. Obtido de Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios:
https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2166/2/ETA_0701.pdf
- Araujo, F. (s.d.). *Arte Renascentista na Itália*. Obtido em 27 de abril de 2018, de infoescola: <https://www.infoescola.com/artes/arte-renascentista-na-italia/>
- Architecture, S. (s.d.). *summary*. Obtido em 30 de março de 2018, de summary:
<https://www.summary.pt/portfolio/gomos-house-with-gomos-system/>
- Arnaud-Goddet, N. (08 de janeiro de 2016). *Inside Le Corbusier's Brutalist Radiant City*. Obtido em 20 de abril de 2018, de skyscities:
<https://skyriscities.com/news/2016/01/inside-le-corbusiers-brutalist-radiant-city>
- ARQUITETURA ROMANA I*. (24 de fevereiro de 2016). Obtido de concreto em curva:
<https://concretoemcurva.com/2016/02/24/arquitetura-romana/>
- arteweb. (22 de setembro de 2016). *Rococó – Características da Pintura, Arquitetura e Esculturas*. Obtido em 29 de setembro de 2018, de historia da arte web:
<http://www.historiadaarteweb.com/idade-moderna/rococo/>

- Bezerra, E. (26 de agosto de 2014). *Zigurate, uma relíquia da Antiguidade*. Obtido em 16 de abril de 2018, de incrível história: <https://incrivelhistoria.com.br/zigurate/>
- BIANCHINI, R. (26 de julho de 2018). *inexhibit*. Obtido em 29 de agosto de 2018, de [inexhibit.com>>mymuseum>>neue-nationalgalerie-berlin-mies-van-der-rohe:](https://www.inexhibit.com/mymuseum/neue-nationalgalerie-berlin-mies-van-der-rohe/) <https://www.inexhibit.com/mymuseum/neue-nationalgalerie-berlin-mies-van-der-rohe/>
- Britto, F. (03 de março de 2012). *VitraHaus / Herzog & de Meuron*. Obtido em 29 de março de 2018, de archdaily: <https://www.archdaily.com.br/br/01-35817/vitrahaus-herzog-e-de-meuron>
- Camarasa, V. (26 de fevereiro de 2017). *CLIENTES Y MECENAZGO EN EL ARTE BARROCO*. Obtido em 25 de abril de 2018, de EL SEÑOR DEL BIOMBO: <https://seordelbiombo.blogspot.com/2017/02/clientes-y-mecenazgo-en-el-arte-barroco.html>
- Captação De água Da Chuva Como Fazer Unique Aproveitamento De água Da Chuva Para Uso Não Potável*. (s.d.). Obtido de Webcomunica: <http://webcomunica.site/captacao-de-agua-da-chuva-como-fazer/captacao-de-agua-da-chuva-como-fazer-unique-aproveitamento-de-agua-da-chuva-para-uso-nao-potavel-2/>
- Carneiro, J. (2009). Dimensionamento De Sistemas Fotovoltaicos (Sistemas Ligados À Rede E Sistemas Autônomos). *Dimensionamento De Sistemas Fotovoltaicos*, p. 37. Obtido em 24 de agosto de 2018
- Carrasco, C. (30 de novembro de 2012). *Império Romano - Cronologia*. Obtido em 20 de abril de 2018, de historiando: <http://histgeo6.blogspot.com/2012/11/imperio-romano-cronologia.html>
- Cláudia Viegas, M. G. (08 de Agosto de 2011). *Fibonacci e as Sequências Matemáticas*. Obtido de notapositiva: http://www.notapositiva.com/old/pt/trbestbs/matematica/11_fibonacci_d.htm
- construindodecor. (s.d.). *Wood Frame – Tecnologia na construção de casas de madeira*. Obtido de [construindodecor](http://construindodecor.com.br/wood-frame-tecnologia-na-construcao-de-casas-de-madeira/): <http://construindodecor.com.br/wood-frame-tecnologia-na-construcao-de-casas-de-madeira/>
- Cruz, J. M. (s.d.). *Taylorismo*. Obtido de info escola: https://www.infoescola.com/administracao_/taylorismo/
- Economia, M. d. (10 de agosto de 2017). Decreto lei 96/2017. *decreto lei das instalações elétricas*, p. 10.
- Economia, M. d. (10 de agosto de 2017). Decreto-Lei n.º 97/2017. *Regime das Instalações de Gases Combustíveis em Edifícios*, p. 10.

- editora, P. (s.d.). *polis*. Obtido de infopédia dicionarios Porto editora:
<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/-polis>
- Editors, H. (09 de Novembro de 2009). *the Medecis family*. Obtido de History:
<https://www.history.com/topics/renaissance/medici-family>
- Emob. (s.d.). *soluções modulares*. Obtido em 23 de março de 2018, de Emob:
<http://www.emobhomes.com/sample-page/>
- Emprego, M. d. (20 de agosto de 2013). Decreto-Lei n.º 118/2013. *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios*, p. 18.
- Europeia, C. (2018). *Photovoltaic Geographical Information System*. Obtido de PVGIS 5:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- Gabriele, C. (11 de outubro de 2016). *How to design an interesting and elegant symmetrical garden*. Obtido em 19 de abril de 2018, de Garden Drum:
<https://gardendrum.com/2016/10/11/how-to-design-interesting-elegant-symmetrical-garden/>
- garcia, c. (14 de junho de 2013). *renzo piano's micro-home 'diogene' installed on vitra campus*. Obtido em 30 de março de 2018, de designboom:
<https://www.designboom.com/architecture/renzo-pianos-micro-home-diogene-installed-on-vitra-campus/>
- geberit. (2019). *Sistema Sifónico De Drenagem De Coberturas*. Obtido em 01 de 08 de 2018, de geberit: <https://www.geberit.pt/produtos/sistemas-de-drenagem/geberit-pluvia/>
- Geologia, D. G. (2016). *Caraterização Energética Nacional*. Obtido de DGEG:
<http://www.dgeg.gov.pt/>
- Gomes, A. C. (30 de julho de 2015). *Sustentabilidade*. Obtido em 2 de agosto de 2018, de technosol: <http://technosol-sustentabilidade.blogspot.com/2015/07/um-sistema-conectado-rede-em-ingles-on.html>
- imagenespedia. (s.d.). *Catedral de Milán*. Obtido em 28 de abril de 2018, de imagenespedia: <http://www.imagenespedia.com/imagen-catedral-de-milan-5-1122.php>
- Interna, M. d. (12 de 11 de 2008). decreto lei 220/08. *Diário da República n.º 220/2008, Série I de 2008-11-12*, pp. 7903-7922.
- Interna, M. d. (29 de 12 de 2008). portaria 1532/08. *Diário da República n.º 250/2008, Série I de 2008-12-29*, pp. 9050-9127.
- Interna, M. d. (9 de 10 de 2015). decreto lei n.º 224/15. *Diário da República n.º 198/2015, Série I de 2015-10-09*, pp. 8740-8774.

- Interna, M. d. (09 de outubro de 2015). Decreto-Lei n.º 224/2015. *Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio*, p. 35.
- Jular. (s.d.). *treehouse*. Obtido em 21 de março de 2018, de treehouse: <https://www.treehouse.pt/>
- Kawana. (14 de junho de 2011). *Arquitetura do Ferro*. Obtido em 20 de abril de 2018, de Arquitetura e Urbanismo: <http://studiomil111.blogspot.com/2011/06/arquitetura-do-ferro.html>
- Knowledge, S. s. (s.d.). *Light Steel Forum Image Gallery*. Obtido de CSI: <https://www.steel-sci.com/light-steel-forum/case-studies/images/>
- Kodasema. (s.d.). *KODA*. Obtido em 27 de março de 2018, de kudasema: <http://www.kudasema.com/koda-village/>
- LENEC. (março de 2010). Eurocodigo 3. *Projeto de Estruturas de Aço*, p. 116.
- Marc Heller, G. R. (5 de fevereiro de 2006). *cabanon*. Obtido em 18 de abril de 2018, de jlgb.net: <http://jlgb.net/blog/?tag=cabanon>
- Margaret Imbroisi, S. M. (21 de 03 de 2018). *Arte Românica*. Obtido de Historia das Artes: <https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-medieval/arte-romantica/>
- Margaret Imbroisi, S. M. (21 de 03 de 2018). *Barroco*. Obtido de História das Artes: <https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-barroca/barroco/>
- Martin, O. (s.d.). *fondation le corbusier*. Obtido em 16 de abril de 2018, de [fondationlecorbusier.fr](http://www.fondationlecorbusier.fr/): http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjecId=4659&sysLanguage=en-en&itemPos=8&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=79&sysParentName=&sysParentId=64
- mechanosite. (2016 de janeiro de 23). *Megastructures: The Pyramids*. Obtido em 17 de abril de 2018, de the mechanosite: <https://www.vix.com/pt/bbr/453/como-as-piramides-do-egito-foram-realmente-construidas>
- Ministério da Economia. (10 de 15 de 1999). decreto lei n.º 521/99. *Diário da República n.º 286/1999, Série I-A de 1999-12-10*, pp. 8700-8704.
- Ministério das Obras Públicas, T. e. (23 de agosto de 1995). Decreto Regulamentar n.º 23/95. *Diário da República n.º 194/1995, Série I-B de 1995-08-23*, pp. 5284-5319.
- Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (17 de 01 de 2007). decreto-lei 9/2007. *Diário da República n.º 12/2007, Série I de 2007-01-17*, pp. 389-398.

- Ministério do Ambiente, d. O. (9 de junho de 2008). Decreto-Lei n.º 96/2008. *Diário da República n.º 110/2008, Série I de 2008-06-09*, p. 14.
- Ministério do Ambiente, O. d. (20 de 10 de 2014). Decreto lei n.º 153/14. *Diário da República n.º 202/2014, Série I de 2014-10-20*, pp. 5298-5311.
- Ministério do Ambiente, O. d. (23 de 1 de 2015). Portaria n.º 14/15. *Diário da República n.º 16/2015, Série I de 2015-01-23*, pp. 524-531.
- Ministério do Ambiente, O. d. (23 de 01 de 2015). portaria nº 15/15. *Diário da República n.º 16/2015, Série I de 2015-01-23*, pp. 531-532.
- modcell straw technology*. (s.d.). Obtido em 29 de março de 2018, de modcell :
<http://www.modcell.com/technical/>
- Montuori, L. (s.d.). *promolegno*. Obtido em 16 de abril de 2018, de promolegno.com:
<http://www.promolegno.com/materialeagno/02/minimum-maximum/>
- NASA. (09 de agosto de 2018). *POWER Data Access Viewer*. Obtido em 22 de novembro de 2018, de Prediction Of Worldwide Energy Resources:
<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nunes, P. (26 de 04 de 2018). *retangulo áureo*. Obtido de Know.net:
<http://know.net/cienciasexactas/matematica/retangulo-aureo/>
- OLaia, K. (22 de setembro de 2012). *O que são as Ordens Gregas?* Obtido em 20 de abril de 2018, de Sobre Arquitetura:
<http://sobrearquitetur.blogspot.com/2012/09/o-que-sao-as-ordens-gregas.html>
- Parlamento Europeu. (2010). diretiva 2010/31/EU. *Jornal Oficial da União Europeia*, 13-35.
- petit cabannon le corbusier*. (9 de dezembro de 2012). Obtido em 18 de abril de 2018, de petitcabannon.blogspot.com:
<http://petitcabannon.blogspot.com/2012/12/application-of-le-modulor.html>
- PINTO, M. C. (29 de julho de 2014). *sustentabilidade*. Obtido de publico:
<https://www.publico.pt/2014/07/29/p3/noticia/passive-house-casas-amigas-do-ambiente-e-de-quem-as-habita-1820669>
- plano nacional de ação para a eficiência energética*. (2018). Obtido de pnaee:
<http://www.pnaee.pt/pnaee>
- Porto editora . (2003-2019). *gens*. Obtido de info pédia dicionarios Porto editora:
[https://www.infopedia.pt/\\$gens](https://www.infopedia.pt/$gens)
- Porto editora. (2003-2019). *fratrias*. Obtido de infopédia dicionario Porto editora:
<https://www.infopedia.pt/dicionarios/termos-medicos/fratria>

- Porto editora. (2003-2019). *geno*. Obtido de infopedia dicionarios Porto editora: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/-geno>
- Porto Editora. (2003-2019). *geno*. Obtido de infopédia dicionario Porto editora: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/geno>
- Porto editora. (2003-2019). *guerras Punicas*. Obtido de infopédia dicionarios Porto editora: [https://www.infopedia.pt/\\$guerras-punicas](https://www.infopedia.pt/$guerras-punicas)
- Porto editora. (2003-2019). *nomos*. Obtido de infopédia dicionarios Porto editora: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/nomos>
- Porto editora. (2003-2019). *Pólis*. Obtido de infopédia dicionario Porto editora: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/p%C3%B3lis>
- Porto editora. (2003-2019). *teocentrismo*. Obtido em 1 de 4 de 2019, de infopédia dicionario Porto editora: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/teocentrismo>
- Produtos*. (s.d.). Obtido em 31 de junho de 2018, de EGB: <http://www.egbgroup.com/pt/produtos>
- Reis, D. (s.d.). *04-Instalação de água Fria e Quente-ok*. Obtido em 30 de julho de 2018, de ebah: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAg-gQAL/04-instalacao-agua-fria-quente-ok?part=2>
- Rodrigues, P. E. (s.d.). *Grécia antiga*. Obtido de info escola navegando e aprendendo: <https://www.infoescola.com/historia/grecia-antiga/>
- Roman Empire Map Worksheet Resourcesforhistoryteachers Key Concept 2 2*. (s.d.). Obtido de anotherview.info: <https://anotherview.info/40-roman-empire-map-worksheet-xn7n/roman-empire-map-worksheet-resourcesforhistoryteachers-key-concept-2-2/>
- rotadoromanico>>GaleriaDigital*. (s.d.). Obtido em 27 de abril de 2018, de rota do romanico: [http://www.rotadoromanico.com/Galeria/Fotografias/Exterior/IgrejaMouros%20\(3\).jpg](http://www.rotadoromanico.com/Galeria/Fotografias/Exterior/IgrejaMouros%20(3).jpg)
- Sabino, R. (23 de abril de 2015). *historia da engenharia-a pré-historia*. Obtido em 16 de abril de 2018, de PET ENGENHARIA CIVIL UFJF: <https://petcivilufjf.wordpress.com/2015/04/23/a-engenharia-na-historia-a-pre-historia/>
- Saint Gobain. (2018). *Características técnicas do vão envidraçado*.
- Savard, S. (20 de setembro de 2017). *Le nombre d'or en architecture*. Obtido em 20 de abril de 2018, de idinterdesign: <https://idinterdesign.ca/le-nombre-dor-en-architecture/>

- Servini, B. N. (23 de 08 de 2016). *Arquitetura Gótica*. Obtido de HISTÓRIA PRIMEIRO ANO A – 2015:
<https://historiaprimeiroanoalasallesp.wordpress.com/2016/08/23/arquitetura-gotica/>
- Soluft. (2013). *Soluft serviços*. Obtido de Soluft: <http://www.soluft.pt/lstf.php>
- Torgal, F. P., & Said, J. (novembro de 2009). A sustentabilidade dos materiais de construção. *A sustentabilidade dos materiais de construção*, p. 462.
- Vidal, R. (s.d.). *M.A:D.I.* Obtido em 20 de março de 2018, de madihome:
<https://www.madihome.com/>
- vipp shelter*. (s.d.). Obtido em 30 de março de 2018, de vipp:
<https://vipp.com/en/hotel/vipp-shelter>
- white, C. (s.d.). *tam*. Obtido em 27 de março de 2018, de tamhaus:
<https://www.tamhaus.com/>
- Wikipedia. (22 de dezembro de 2005). *Arquitetura do neoclassicismo*. Obtido em 27 de abril de 2018, de wikiwand:
http://www.wikiwand.com/pt/Arquitetura_do_neoclassicismo
- wikkelhouse fiction factory*. (s.d.). Obtido em 28 de março de 2018, de wikkellhouse:
<https://www.wikkellhouse.com/>

8. Anexos

Anexo A - Relatórios técnicos

21
22
23
24
diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160

Cargas térmicas: fim-de-semana

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Bar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jula	Ago	Set	Out	Nov.	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Viana do Castelo
Latitude 41,7°N (nominal)
Longitude 8,8°W (nominal)
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt
Inclinação do sistema: 47°
Azimute do sistema: 0°
Obstruções do horizonte: por defeito

 Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	50	88	,	71	260	189
Fevereiro	67	100	,	84	234	150
Março	108	137	,	120	260	139
Abril	140	147	,	138	251	113
Maio	170	158	,	155	260	104
Junho	189	165	,	172	251	79
Julho	203	180	,	194	260	66
Agosto	181	182	,	195	260	65
Setembro	128	153	,	164	251	88
Outubro	92	130	,	132	260	128
Novembro	58	99	,	90	251	161
Dezembro	46	86	,	72	260	188
Anual	1433	1625	,	1586	3056	1470

Fração solar: 51,9%

Rendimento global anual do sistema: 50% Produtividade: 813 kWh/[m² coletor]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Inst. Sup. Viana do Castelo() | 26/07/2018 15:54:16 |

diário 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Cargas térmicas: fim-de-semana

Temperatura nominal de consumo: 50°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Bar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jula	Ago	Set	Out	Nov.	Dez
------	-----	------	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	-----

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt

Inclinação do sistema: 39°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: PIE Viana

Balanço energético mensal e anual

Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
------------	-------------	--------------	-----------	-------	-------

	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	51	56	,	35	151	117
Fevereiro	69	76	,	53	137	84
Março	105	105	,	80	151	72
Abril	144	132	1,	104	147	42
Maio	173	139	3,	115	151	36
Junho	185	145	6,	122	147	24
Julho	205	166	10,	138	151	14
Agosto	184	162	10,	137	151	14
Setembro	129	127	2,	116	147	30
Outubro	95	107	,	97	151	55
Novembro	60	69	,	53	147	93
Dezembro	49	55	,	34	151	117
Anual	1449	1338	32,	1084	1783	699

Fração solar: 60,8%

Rendimento global anual do sistema: 42% Produtividade: 556 kWh/[m² coletor]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Inst. Sup. Viana do Castelo() | 25/03/2019 10:02:22 |

diário 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Cargas térmicas: fim-de-semana

Temperatura nominal de consumo: 50°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Bar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jula	Ago	Set	Out	Nov.	Dez
------	-----	------	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	-----

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

diário 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Lisboa

Latitude 38,7°N (nominal)

Longitude 9,2°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt

Inclinação do sistema: 44°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: PIE Viana

Balanço energético mensal e anual

Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
------------	-------------	--------------	-----------	-------	-------

	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	63	77	,	56	151	96
Fevereiro	81	90	,	69	137	68
Março	118	119	2,	93	151	58
Abril	156	139	2,	114	147	32
Maio	197	156	7,	128	151	24
Junho	207	155	9,	132	147	15
Julho	228	176	12,	148	151	4
Agosto	210	183	14,	148	151	3
Setembro	148	146	7,	130	147	17
Outubro	107	120	1,	110	151	42
Novembro	73	91	,	75	147	71
Dezembro	60	69	,	51	151	100
Anual	1648	1521	55,	1253	1783	529

Fração solar: 70,3%

Rendimento global anual do sistema: 42% Produtividade: 643 kWh/[m² coletor]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Inst. Sup. Viana do Castelo() | 25/03/2019 10:01:29 |

diário 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Cargas térmicas: fim-de-semana

Temperatura nominal de consumo: 50°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Bar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jula	Ago	Set	Out	Nov.	Dez
------	-----	------	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	-----

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Faro

Latitude 37,0°N (nominal)

Longitude 7,9°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt

Inclinação do sistema: 42°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: PIE Viana

Balanço energético mensal e anual

Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
------------	-------------	--------------	-----------	-------	-------

	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	68	85	,	67	151	85
Fevereiro	84	94	,	75	137	61
Março	120	119	1,	98	151	54
Abril	163	146	3,	122	147	25
Maio	208	164	6,	137	151	14
Junho	221	165	10,	138	147	8
Julho	236	183	13,	150	151	2
Agosto	219	191	17,	150	151	1
Setembro	154	149	7,	135	147	11
Outubro	114	129	4,	115	151	36
Novembro	78	96	,	83	147	63
Dezembro	67	85	,	69	151	83
Anual	1731	1605	62,	1340	1783	443

Fração solar: 75,2%

Rendimento global anual do sistema: 43% Produtividade: 687 kWh/[m² coletor]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Inst. Sup. Viana do Castelo() | 25/03/2019 10:03:33 |

Análise da radiação solar incidente num plano otimizado, Viana do Castelo



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Incident global irradiation for the chosen location

Location: 41°41'35" North, 8°50'7" West, Elevation: 12 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	lopt	T24h	NDD
Jan	64	11.7	231
Feb	58	11.1	198
Mar	45	12.5	120
Apr	31	14.2	122
May	17	15.3	41
Jun	8	17.0	5
Jul	12	18.0	1
Aug	23	18.2	3
Sep	40	18.4	24
Oct	53	17.3	82
Nov	63	14.4	206
Dec	67	12.6	229
Year	36	15.1	1262

lopt: Optimal Inclination (deg.)

T24h: 24 hour average of temperature (°C)

NDD: Number of heating degree-days (-)

Análise do desempenho do sistema fotovoltaico, Viana do Castelo



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of solar home system

Location: 41°41'35" North, 8°50'7" West, Elevation: 12 m a.s.l.,

Nominal power of the PV system: 810 W

Inclination of modules: 36 deg.

Battery size : 12 V, 825 Ah

Discharge cutoff limit (%) 20 %

Consumption per day: 2254 Wh

Number of days used for the calculation: 1827

Percentage of days with fully charged battery 65.13%

Average energy not captured due to full battery: 1470.84Wh

Percentage of days the battery became fully discharged: 6%

Average energy missing: 784Wh

Month	Ed	Ff	Fe
Jan	1970.0	19	41
Feb	2260.0	56	3
Mar	2260.0	74	0
Apr	2270.0	82	0
May	2260.0	86	0
Jun	2250.0	88	0
Jul	2250.0	92	0
Aug	2250.0	92	0
Sep	2250.0	88	0
Oct	2230.0	60	0
Nov	2180.0	34	4
Dec	1980.0	6	23

Ed: Average energy production per day (Wh/day)

Ff: Percentage of days when battery became full (%)

Fe: Percentage of days when battery became empty (%)

Cs	Cb
20-28	5
28-36	2
36-44	2
44-52	2
52-60	2
60-68	3
68-76	4
76-84	6
84-92	35
92-100	36

Cs: Charge state at end of each hour (%)

Cb: Percentage of days with this charge state (%)

Anexo B – Caderno de encargos e orçamentos

CADERNO DE ENCARGOS

Construção modular com propósitos sustentáveis

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR
ARQUITECTURA				
1	Caixotes de pavimento			
1.1	Caixote de canto (duas faces em contacto com o exterior)			
1.1.1	Execução de estrutura em tubo de aço de 50x50x2mm, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento, tudo de acordo com as indicações das peças desenhadas.	ml	34,00	473,00 €
1.1.2	Execução dos apoios dos caixotes de pavimento em aço de 5mm de espessura com os respetivos elementos de encaixe em varão de aço, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	m2	0,40	17,40 €
	Varão de aço dos apoios dos caixotes de pavimento com um diâmetro de 20mm, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	ml	1,35	20,07 €
1.1.3	Execução e fixação de estrutura de suporte das patas mecânicas em prancheta 100x6mm de espessura e comprimento variável, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	ml	7,50	127,13 €
	Aplicação e fixação de patas mecânicas de suporte do acabamento final.	un	12,00	342,00 €
1.1.4	Fornecimento e aplicação de painel semirrígido de lã de rocha, com espessura de 100mm, tipo "ACUSTICLAINE 70", nos elementos verticais em contacto com o exterior e no elemento horizontal (pavimento), incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	m2	5,60	99,68 €
	Fornecimento e aplicação de membrana para-vapor, tipo "VARIO KM Duplex UV", nos elementos verticais em contacto com o exterior e no elemento horizontal (pavimento), incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	m2	6,00	20,70 €
1.1.5	Fornecimento e aplicação de chapa de alumínio tratada de 3mm, lacada a branco nos elementos verticais em contacto com o exterior, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	m2	4,70	514,42 €
	Fornecimento e aplicação no elemento horizontal (tampo) de painel OBS3 de 18mm de espessura, com o respetivo acabamento final em vinílico.	m2	3,15	33,74 €
	Fornecimento e assentamento de vinílico de alta resistência tipo "TARKET", de cor a definir, incluindo cortes, selagens, peças especiais de remate e todos os trabalhos complementares, de acordo com as especificações do fabricante.	m2	3,15	90,56 €

ELECTRO PEREIRA, LDA

Praça da Republica nº32
4905-331 BARROSELAS
Contribuinte nº 502478832
Tel.: 258971323 Tlm.: 934422400
cliente@electropereira.com

Orçamento N° 13/ 2019

ORIGINAL

Data: 28.06.2019
Página 1 de 1

Exmo(s) Senhor(es)

LUIS FILIPE SILVA PEREIRA
RUA LAGOA

4905-331 BARROSELAS

E-Mail :

Fax

V/NºContribuinte:	Cliente Nº	Condições de Pagamento	Vendedor	Requisição			
209401591	1327						
Referência	Designação	Marca	Qtd.	P. Unit.	Desc %	Total	Prazo
PRB3A6D70	placa domo	BOSCH	1,0	500,00	0,00 0,00	500,00	
HMT75G451	microondas	BOSCH	1,0	235,00	0,00 0,00	235,00	
TS190020	frigorífico 1 porta	BEKO	1,0	153,65	0,00 0,00	153,65	
TX-32FS300	led 32"	PANASON	1,0	247,11	0,00 0,00	247,11	
	sistema solar térmico, termossifão 150lt		1,0	1 800,00	0,00 0,00	1 800,00	

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0005/AT (20190513)-Este documento não serve de fatura

A Transportar: 2 935,78

Observações:

Resumo IVA

Taxa	Incidência	Valor IVA
0%		
6%		
13%		
23%	2 935,76	675,22

Total Iliquido:	2 935,76
Descontos:	
Base de Incidência:	2 935,76
Total de IVA :	675,22
TOTAL:	3 610,98

Responsável: _____



ORÇAMENTO 20180051/1 Referencia : Comercial:	Luis Pereira Barroselas
Obra:	

Data: 2018.12.05

Ex.mo(s) Senhor(s) Luis Pereira

Conforme solicitado por V. Ex^{as} e de acordo com a vossa consulta, junto enviamos o nosso orçamento para eventual fornecimento e aplicação dos trabalhos descritos em anexo.

Este orçamento foi elaborado em função das dimensões, quantidades e tipologias indicadas pelo mapa de vãos, sendo as verificações destas da vossa inteira responsabilidade..

Em caso de adjudicação todas as medidas serão por nós conferidas em obra.

Condições Gerais:

Condições de Pagamento: 40% Adjudicação + 60% Conclusão de obra

Dados Bancários

IBAN: PT50 0035 0636 00063051 93025

Prazo de entrega: A Combinar

Esta proposta é valida por 30 dias após os quais ficará sujeito às eventuais oscilações do mercado.

Sem mais de momento, ao dispor para qualquer esclarecimento adicional, subscrevemo-nos com elevada estima e consideração.

Atenciosamente,

Rua Divino S. Salvador Navió - 4990-675 Ponte Lima - Portugal

Tlf: +351 258 763 197 - Tim: +351 968 554 744 - Email: josemagalhaes03@gmail.com



Exm^{o(a)}. Sr(a).

Orçamento n^o **126.18**
Data: **18/02/2019**

Assunto: Proposta de fornecimento e montagem de kit fotovoltaico autónomo

Conforme solicitado, vimos desta forma apresentar a nossa proposta de orçamento.

Fazendo uma breve apresentação, a **Pichelaria Telheiro, Lda** é uma empresa com muitos anos de experiência na área, e possui um vasto número de obras na região.

Proposta

KIT FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO:

- 3 PAINÉIS JASOLAR 270W
- 5 BATERIAS GEL 12V/16SAH
- 1 REGULADOR MPPT 12V
- 1 INVERSOR PHOENIX
- 1 INDICADOR DE CARGA
- ESTRUTURA DE FIXAÇÃO PAINÉIS
- Material elétrico, e acessórios
- Instalação

Total c/ IVA incluído (23%) 5060,00 euros

Sem outro assunto de momento e gratos pela consulta, ficamos ao v/ dispor para qualquer esclarecimento adicional que seja necessário.

Com os melhores cumprimentos,
André Telheiro, Eng.