U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

DFMA – DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY – APLICAÇÃO AO PROJETO DO MÓDULO DE APOIO À PRÁTICA NÁUTICA

FILIPE DIOGO SOARES ESTRELA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Orientador: Professora Doutor Bárbara Rangel Carvalho

Coorientador: Professor José Manuel Marques Amorim Faria

JULHO DE 2021

MESTRADO EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ Mprince@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Projeto integrado na Construção de Edifícios - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À Sara e à minha família.

AGRADECIMENTOS

A primeira palavra de agradecimento vai para a Sara Neves pelo auxílio e paciência durante o mestrado, e para a minha família por me apoiarem incansavelmente.

Agradeço aos meus colegas de curso pelo excelente ambiente criado ao longo destes dois anos e a todos os docentes da FEUP, em especial à minha orientadora, a professora Bárbara Rangel, ao coorientador, o Professor José Amorim Faria, e ainda ao professor Jorge Moreira da Costa.

Por fim, agradeço à Gaiurb, representada pela Arquiteta Dina Henriques, pela oportunidade da elaboração de um projeto real.

RESUMO

Esta dissertação parte da desatualização do setor da construção em Portugal face à crescente pressão para o desenvolvimento de soluções mais eficientes, sustentáveis e sofisticadas. Tendo por base os princípios de um Projeto Integrado, propõe-se debater processos de modernização do setor que abracem simultaneamente as questões contextuais de um projeto e a otimização do processo construtivo.

Neste contexto, este trabalho dedica-se ao estudo da metodologia *Design for Manufacture and Assembly (DfMA),* concordando-se com a importância e responsabilidade que é atribuída à fase de desenho. É feita uma leitura crítica das características e vantagens do *DfMA;* debate-se o conceito à luz dos princípios do Ciclo de Vida de um edifício; e, em consequência, desenvolve-se uma proposta mais alargada do conceito*: Design for Maintenance* e o *Design for Disassembly (DfMAMD).* Disserta-se também sobre alguns dos princípios da pré-fabricação e da construção modular, fundacionais do *DfMA* - sistemas modulares, coordenação dimensional modular e tolerância na construção. É ainda abordado o *Building Information Modeling (BIM)* enquanto componente determinante da conceção de um novo paradigma de gestão de processos e equipas multidisciplinares para o setor da construção.

Adicionalmente, reflete-se sobre a metodologia *DfMA* à luz de um caso prático: o desenvolvimento do projeto de um módulo de apoio à prática náutica e balnear, a construir nos Areinhos do Rio Douro em Vila Nova de Gaia. Demonstra-se então o potencial da metodologia *DfMAMD* testando a sua versatilidade face às premissas da encomenda em concreto: um edifício ecológico e pouco invasivo (dado implantar-se em REN.), adaptável (a diferentes areinhos), resistente, montável, desmontável e facilmente deslocável (face à humidade e eventuais cheias), e de baixo custo. Para esse fim, apresentam-se os desenhos técnicos e outros elementos complementares do projeto, enquanto resultado de um processo orientado à eficiência e sustentabilidade da produção, montagem, manutenção e desmontagem do edifício. Assim, tendo os princípios do *DfMAMD* subjacentes, neste trabalho empírico explora-se e reflete-se sobre: como reduzir ao máximo os trabalhos no local de implantação do edifício; como melhorar o processo de articulação das várias especialidades envolvidas na construção de um edifício com recurso a elementos pré-fabricados; como potenciar o papel do desenho na determinação da qualidade, eficiência e sustentabilidade de um edifício a longo prazo.

Em suma, é apresentado um estudo metodológico – explora-se as características da metodologia *DfMA/DfMAMD* (revisão de literatura), testa-se a aplicação da metodologia a um projeto (caso de estudo), e reflete-se sobre o processo de aplicação da teoria à prática – com o objetivo de estimular o debate em torno das competências de coordenação de projetos de edifícios e que formas estas podem ser exploradas para modernizar o setor da construção em Portugal.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto Integrado, Design for Manufacture and Assembly (DfMA), Design for Maintenance, Design for Disassembly, pré-fabricação, construção modular.

ABSTRACT

This dissertation is based on the outdated construction sector in Portugal due to the growing pressure for the development of more efficient, sustainable, and sophisticated solutions. Based on the principles of an Integrated Project, it is proposed to debate modernization processes in the sector that simultaneously embrace the contextual issues of a project and the optimization of the construction process.

In this context, this work is dedicated to the study of the Design for Manufacture and Assembly (DfMA) methodology, agreeing with the importance and responsibility that is attributed to the design phase. A critical reading of the features and advantages of DfMA is made; the concept is debated in light of the Life Cycle Principles of a building; and, as a result, a broader proposal of the concept is developed: Design for Maintenance and Design for Disassembly (DfMAMD). It also discusses some of the prefabrication principles and modular construction, foundations of the DfMA - modular systems, modular dimensional coordination, and construction tolerance. The Building Information Modeling (BIM) is also addressed as a determining component in the design of a new paradigm for managing multidisciplinary processes and teams for the construction sector.

Additionally, it reflects on the DfMA methodology in the light of a practical case: the development of the project for a module to support nautical and bathing practice, to be built in *Areinhos* on the Douro River in Vila Nova de Gaia. The potential of the DfMAMD methodology is then demonstrated, testing its versatility against the premises of this specific order: an ecological and non-evasive building (since it is located in a national ecological reserve), adaptable (to different beaches), resistant, assembled, disassembled, and easily relocated (in view of humidity and possible floods), and low cost. To that end, the technical drawings and other complementary elements of the project are presented, as a result of a process oriented towards the efficiency and sustainability of the production, assembly, maintenance, and disassembly of the building. Thus, having the underlying principles of DfMAMD, this empirical work explores and reflects on how to reduce as much as possible work at the building site; how to improve the articulation process of the various specialties involved in the construction of a building using prefabricated elements; how to enhance the role of design in determining the quality, efficiency, and long-term sustainability of a building.

In conclusion, is presented a methodological study - where (1) the characteristics of the DfMA/DfMAMD methodology are discussed, (2) the application of the methodology to a project is tested (case study), and (3) the process of applying the theory to practice is reflected - that aims to stimulate the debate on which building project coordination skills can be exploited to modernize the construction sector in Portugal.

KEY WORDS: Integrated Project, Design for Manufacture and Assembly (DfMA), Design for Maintenance, Design for Disassembly, prefabrication, modular construction.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS ii
RESUMO iii
ABSTRACT iv
ÍNDICE GERAL v
ÍNDICE DE FIGURAS vii
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS ix

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. CONTEXTO 1
1.1.1. ENQUADRAMENTO TEMÁTICO DA DISSERTAÇÃO 1
1.1.2. ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL DA DISSERTAÇÃO 2
1.1.3. PERTINÊNCIA DA DISSERTAÇÃO 2
1.2. OBJETIVOS 3
1.3. METODOLOGIA 4
1.3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA 4
1.3.2. METODOLOGIA DO CASO DE ESTUDO 5

2. ESTADO DE ARTE 7
2.1. INTRODUÇÃO 7
2.2. TEMAS E CONCEITOS-CHAVE 7
2.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 8
2.3.1. PRÉ-FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO MODULAR 8
2.3.1.1. PRÉ-FABRICAÇÃO 8
2.3.1.2. SISTEMAS MODULARES 11
2.3.1.3. COORDENAÇÃO DIMENSIONAL MODULAR 13
2.3.1.4. TOLERÂNCIA NA CONSTRUÇÃO 14
2.3.2. DFMA – DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY 15
2.3.2.1. DfMA: CONCEITO 15
2.3.2.2. PROCESSO INTEGRADO: DO DFMA AO DFMAMD 16
2.3.2.3. DESIGN FOR MANUFACTURE (DFM) 18
2.3.2.4. DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA) 19

2.3.2.5. DESIGN FOR MAINTENANCE 20
2.3.2.6. DESIGN FOR DISASSEMBLY 20
2.3.3. PROJETO INTEGRADO, MULTIDISCIPLINARIDADE E BIM 22

3. CASO DE ESTUDO 26
3.1. INTRODUÇÃO 26
3.2. ENQUADRAMENTO DO PROJETO 27
3.2.1. FEUP E MPRINCE 27
3.2.2. GAIURB: O CLIENTE 27
3.3. METODOLOGIA E PLANO EXPERIMENTAL 28
3.3. APROXIMAÇÃO AO PROJETO 30
3.3.1. O LUGAR 30
3.3.2. O PROGRAMA 34
3.3.3. OS OBJETIVOS 36
3.3.4 OS DESAFIOS 37
3.4. O PROJETO 38
3.4.1. PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO 38
3.4.2. ACESSIBILIDADES 45
3.4.3. ESTRUTURA 46
3.4.4. INFRAESTRUTURA 49
3.4.5. MATERIALIDADE 57
3.4.6. CONSTRUÇÃO 59
3.5. APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO DFMAMD AO PROJETO 66
3.5.1. Design for Manufacture (DfM) 66
3.5.2. Design for Assembly (DfA) 67
3.5.3. Design for Maintenance (DfM) 69
3.5.4. Design for Disassembly (DfD) 70
3.5.4. Avaliação 71
3.7. CONCLUSÃO 71

4. CONCLUSÃO 73

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75

5. ANEXOS 77

A – PROJETO ARQUITETURA .....

B - FICHAS TÉCNICAS .....

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – As 4 fases do processo de pré-fabricação 10
Fig. 2.2 – Torre de Freitag Lab AG, em Zurique 11
Fig. 2.3 – Residência Universitária da Escola Técnica Superior de Arquitetura de Valles ETSAV 12
Fig. 2.4 – Etapas típicas na aplicação da metodologia DfMA 16
Fig. 2.5 – Modificação do esquema de etapas típicas na aplicação da metodologia DfMA 17
Fig. 2.6 – Comparação de processo de demolição linear e processo de desmontagem circular 21
Fig. 2.7 – DfD regras de projeto 22
Fig. 2.8 – Potenciais benefícios do uso de BIM na Metodologia DfMA 24
Fig. 3.1 – Localização dos Areinhos alvo deste projeto. 28
Fig. 3.2 – Perfil da rua confrontante com o Areinho de Oliveira do Douro - cortina de árvores 31
Fig. 3.3 – Perfil da rua confrontante com o Areinho de Oliveira do Douro 31
Fig. 3.4 – Efeito da cortina de árvores no Areinho. Visita de grupo ao local 32
Fig. 3.5 – Envolvente urbana do Areinho de Oliveira do Douro 32
Fig. 3.6 – Envolvente urbana do Areinho Oliveira do Douro: vista Este - Ponte Freixo 33
Fig. 3.7 – Envolvente urbana do Areinho Oliveira do Douro: vista Oeste - Pontes de São João e Dona Maria 33
Fig. 3.8 – Vista panorâmica do Areinho de Oliveira do Douro para o Porto 34
Fig. 3.9 – Quadro programático 34
Fig. 3.10 – Passadiço ciclo-pedonal e requalificação paisagística-ambiental do Areinho Oliveira do Douro 35
Fig. 3.11 – Passadiço ciclo-pedonal entre Quebrantões e o Areinho de Oliveira do Douro 35
Fig. 3.12 – Esquema concetual-programático do projeto 38
Fig. 3.13 – Planta de implantação do módulo no Areinho de Oliveira do Douro 39
Fig. 3.14 – Esquiço da relação do edifício com a envolvente urbana 39
Fig. 3.15 – Planta diagramática concetual do módulo 40
Fig. 3.16 – Planta e Corte de arquitetura do edifício 41
Fig. 3.17 – Planta e Corte do módulo interior de apoio à prática balnear 42
Fig. 3.18 – Planta e Corte do módulo interior de apoio à prática náutica 43
Fig. 3.19 – Fotomontagem 3D do edifício implantado no areal do Areinho de Oliveira do Douro 44
Fig. 3.20 – Plano de acessibilidades do edifício 45
Fig. 3.21 – Imagem 3D da estrutura do edifício 46
Fig. 3.22 – Planta estrutural do piso 47

Fig. 3.23 – Planta estrutural da cobertura 47
Fig. 3.24 – Corte estrutural do edifício 48
Fig. 3.25 – Planta com traçado da rede de abastecimento de água 49
Fig. 3.26 – Corte do sistema de ligação da rede de abastecimento de água entre os diferentes módulos 50
Fig. 3.27 – Planta cobertura das águas pluviais 51
Fig. 3.28 – Corte do sistema de drenagem diretamente para o areal 51
Fig. 3.29 – Corte do sistema de drenagem de água pluviais em tela PVC extensível 52
Fig. 3.30 – Planta dos módulos das águas residuais 53
Fig. 3.31 – Planta de localização de rede horizontal de coletores prediais e caixas de visita 53
Fig. 3.32 – Planta de cobertura com localização dos painéis solares térmicos 54
Fig. 3.33 – Planta de cobertura com localização dos painéis solares fotovoltaicos 56
Fig. 3.34 – Detalhe construtivo - composição da cobertura dos módulos interiores 59
Fig. 3.35 – Detalhe construtivo - composição do piso dos módulos interiores 60
Fig. 3.36 – Detalhe construtivo - composição do piso dos módulos exteriores 60
Fig. 3.37 – Detalhes construtivos - composição das paredes exteriores (esquerda) e das paredes interiores (direita) 61
Fig. 3.38 – Corte construtivo pela fachada exterior 62
Fig. 3.39 – Corte construtivo pela parede interior 63
Fig. 3.40 – Corte construtivo pela fachada exterior contígua à esplanada e área de arrumação de caiaques 64
Fig. 3.41 – Corte construtivo dos módulos exteriores 65
Fig. 3.42 – O módulo base é 1,25 x 1,25m, os multi-módulos são 0,625 / 2,5 / 5 m, e o módulo do projeto é 5 x 10 m 66
Fig. 3.43 – Esquema do sistema de montagem do módulo interior 67
Fig. 3.44 – Montagem dos módulos no local com grua móvel 68
Fig. 3.45 – Etapas de montagem dos diferentes módulos 69

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

DfMA – Design for Manufacture and Assembly

DfMAMD - Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Disassembly

DfM - Design for Manufacture

DfA - Design for Assembly

DfM - Design for Maintenance

DfD - Design for Disassembly

BIM – Building Information Modeling

RAN – Reserva Agrícola Nacional

REN – Reserva Ecológica Nacional

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

IPD – Integrated Project Delivery

TI – Tecnologias da Informação

ARU – Áreas de Reabilitação Urbana

nZEB – near Zero Energy Building

ISO – International Organization for Standardization

PPR – Polipropileno Copolímero Random

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policlireto de Vinila

AQS – Águas Quentes Sanitárias

OSB – Oriented Strand Board

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

1
INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

1.1.1. ENQUADRAMENTO TEMÁTICO DA DISSERTAÇÃO

Acredita-se que o setor da construção em Portugal carece de um processo de modernização. Não simplesmente a modernização dos processos de execução, mas também e principalmente a modernização dos seus princípios. A crescente e universal procura de soluções mais sustentáveis, eficientes e sofisticadas tem vindo a criar pressão neste setor e a obrigar a repensar as metodologias de desenvolvimento e coordenação dos projetos de arquitetura e engenharia.

A utilização de componentes e processos padronizados tem vindo a aumentar, apresentando-se como uma das principais respostas a esta pressão, mas que resultados temos vindo a observar com base nessa resposta? Considera-se também que a arquitetura, a engenharia e a construção têm uma função sócio-territorial. Cada edifício deve ser entendido como uma singularidade, na medida em que responde e é condicionado por um contexto sócio-espacial específico. Ainda que defendendo a necessidade de modernização do setor da construção é difícil concebê-lo totalmente homogeneizado e escalável.

Que soluções podemos então adotar para criar um equilíbrio entre a padronização e a construção 'à medida'? Assumindo o impacto significativo que as metodologias projetuais têm na qualidade, eficiência, sustentabilidade e custo da construção, que ferramentas podem ser adotadas pelos projetistas para articular harmoniosamente estas duas abordagens à construção?

Na procura de respostas a estas inquietações, a metodologia *Design for Manufacture and Assembly* assumiu-se como tema central desta dissertação. Esta escolha prende-se com o potencial desta metodologia para abraçar simultaneamente as questões contextuais de um projeto e questões de otimização do processo construtivo. O *DfMA* é uma metodologia que assenta nos princípios da pré-fabricação e modulação, mas sobretudo, defende a importância e o potencial do desenho na determinação da qualidade de um projeto. A descoberta desta filosofia base que define o *DfMA* foi a prova inquestionável de que este era o tema de investigação que se queria desenvolver. O *DfMA,* assim, demonstrou ser a resposta que se procurava não só para a dissertação, mas também para o desenvolvimento do percurso profissional futuro.

1.1.2. ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação enquadra-se no Plano de Estudos Oficial do Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O objeto de estudo e objetivos da dissertação seguem a filosofia base do curso. O curso foca-se na aquisição de conhecimento e competências de desenvolvimento multidisciplinar de projetos de construção, assente nos princípios do modelo *IPD Integrated Project Delivery* ou Projeto Integrado. É composto por um conjunto de unidades curriculares teórico-práticas, que incidem sobre diversas áreas específicas deste modelo, e informam complementarmente a unidade curricular Projeto Integrado onde são desenvolvidos projetos reais com desafios colocados por um cliente concreto. A nível teórico esta dissertação foca-se no aprofundamento dos princípios metodológicos fomentados no curso, e a nível prático debruça-se sobre o projeto desenvolvido multidisciplinarmente na unidade curricular Projeto II.

O programa da disciplina Projeto Integrado II, foi definido em parceria com a GAIURB: desenvolver um módulo de apoio à prática náutica a implantar nos areinhos de Vila Nova de Gaia, articulando as várias especialidades envolvidas na construção de um edifício. Este exercício permitiu desenvolver coletivamente os conhecimentos adquiridos nas outras unidades curriculares, como: a otimização e operacionalização de processos multidisciplinares de projeto; a produção, organização e gestão de informação na construção; a gestão do equilíbrio entre a linguagem arquitetónica e a eficiência da utilização do edifício ao longo do seu ciclo de vida; e a articulação das diferentes especialidade e tecnologias no desenvolvimento de um edifício como um sistema único.

Por fim, considera-se que a estreita relação que é estabelecida entre a academia e o mercado profissional neste curso é extremamente profícua. Academicamente porque se considera que aprender-fazendo é a melhor forma de desenvolver a capacidade operacional, lidando diretamente com a complexidade da concretização de um projeto de um edifício. E profissionalmente porque, além das competências adquiridas, esta parceria demonstrou ser uma oportunidade profissional com valor. A opção por desenvolver a dissertação sobre o projeto desenvolvido em Projeto Integrado II, espelha a convicção de que esta parceria académico-profissional eleva a qualidade e pertinência do curso e é uma das suas maiores valias.

1.1.3. PERTINÊNCIA DA DISSERTAÇÃO

Tal como expresso na inquietação inicial, acredita-se que o setor da construção em Portugal carece de um grande processo de modernização, pelo que qualquer trabalho que reflita sobre este tema julga-se pertinente atualmente. Além disso, este não é apenas um problema nacional.

As Nações Unidas preveem um aumento da população mundial em cerca de 33% até 2050. O setor da construção acompanhará certamente esse crescimento, sendo que já é atualmente um dos setores que mais contribui para a escassez dos recursos naturais. É por isso urgente encontrar soluções mais eficientes e sustentáveis no setor da construção, que reduzam a quantidade de recursos usados (Sinclair, 2013). Segundo a comissão europeia o sector da construção representa apenas 9% da economia da União Europeia, apresentando um grande défice de produtividade há décadas: margens baixas, alto risco, falta de mão de obra especializada e projetos inconsistentes têm um grande impacto tanto na indústria como no cliente final (Shilton, Dudley e Handby, 2020).

Nos últimos anos, a indústria da construção iniciou uma lenta transformação no sentido da digitalização dos seus processos. A Covid-19 acelerou este processo – a necessidade de desenvolver os projetos com distanciamento social restringiu o trabalho no local da obra, impulsionando a tendência de automação dos processos de construção e o uso de soluções pré-fabricadas (Morales, Gugel e Navarra, 2020). No

entanto, os edifícios precisam de se adaptar a diferentes geografias, usos e utilizadores, o que tem constituído uma das principais barreiras à proliferação da pré-fabricação no contexto atual da construção.

Num relatório, a KPMG (2016) advertiu: "Offsite manufacturing alone will not overcome these challenges. To do so requires a partnership with an integrated design process, like the Design for Manufacturing Assembly (DfMA)". O *DfMA* permite customizar soluções em massa como o comprova outras indústrias. A RIBA (2013) defende inclusive que a utilização de novas metodologias de projeto de edifícios, baseadas na pré-fabricação e em processos digitais, desencadeará o aparecimento de mais processos e desenhos. Além disso, o *DfMA* pode ter um efeito social positivo, deslocando grande parte dos trabalhos de construção para um ambiente mais controlado e seguro para os trabalhadores, longe dos estaleiros de obras tradicionais. Para além disso, a produção em ambiente fabril potencia o nível de produtividade, aliviando a pressão criada pela falta de mão de obra especializada no sector (Sinclair, 2013).

A abordagem *DfMA*, quando aplicada na área da construção, requer mudanças na relação tradicional entre o projeto e a construção. O desenho deve se concentrar mais nos métodos pelos quais o projeto será executado, deve recorrer a componentes pré-fabricados sempre que possível e planear a logística de montagem dos diferentes componentes no local, para que seja o mais eficiente possível (BCA, 2016). É nesta transição do processo de desenvolvimento do projeto que acreditamos que é urgente investir, e para a qual os arquitetos e engenheiros podem contribuir.

Assim, crê-se que o estudo da aplicação da metodologia *DfMA* em projetos de edifícios, é de extrema pertinência no contexto atual. Ademais, a aplicação desta metodologia a num projeto de pequena dimensão e desenvolvido em contexto académico (como é o caso do projeto abordado nesta dissertação), pela sua simplicidade, pode ter um efeito de demonstração com muito potencial de replicação.

1.2. OBJETIVOS

Estabeleceu-se então que o objetivo central desta dissertação seria: desenvolver competências metodológicas para coordenar projetos de arquitetura, engenharia e construção com recurso a elementos pré-fabricados, de forma eficiente, sustentável e com consideração pelas especificidades do lugar de implantação. Em suma, esta dissertação identifica-se com os objetivos da unidade curricular em que se enquadrou o caso de estudo, nomeadamente: a aquisição de ferramentas de gestão de projeto integrado na construção de edifícios e a otimização do processo construtivo.

Tendo em consideração a amplitude do objetivo geral, considerou-se necessário afinar o objeto de pesquisa. Nesse sentido, escolheu-se a metodologia *DfMA* como tema foco, em representação do objetivo maior pré-definido, considerando que é um tema simultaneamente específico e abrangente, procurando dar resposta a duas questões específicas:

- Questão 1: O que é a metodologia *DfMA* aplicada à construção, quais as suas principais vantagens, implicações e limitações?
- Questão 2: Como aplicar os princípios do *DfMA* ao desenvolvimento do projeto do Módulo de Apoio à Prática Náutica para os Areinhos de Vila Nova de Gaia, e qual o resultado?

A questão 1 foi essencialmente respondida através da revisão de literatura, apresentada no capítulo 2, enquanto a questão 2 foi endereçada no desenvolvimento e reflexão sobre o caso de estudo. Esta divisão não é, no entanto, hermética. A revisão bibliográfica e o caso de estudo influenciaram-se mutuamente.

O caso de estudo permitiu tecer conclusões sobre a questão 1, assim como a revisão de literatura informou a resposta à questão 2.

Em suma, o estudo desenvolvido enquadra-se na categoria "Design" – ou seja, tendo como objetivo final informar e melhorar o processo de desenvolvimento de um projeto de arquitetura, engenharia e construção.

1.3. METODOLOGIA

Esta dissertação é na essência um estudo metodológico: estuda-se as características de uma metodologia, testa-se a aplicação dessa metodologia num projeto real, e por fim reflete-se sobre o processo de aplicação. Distinguem-se assim três momentos metodológicos distintos, onde os dois últimos são entendidos como parte do mesmo processo e, por isso, a metodologia apresentada é dividida em duas componentes:

- A metodologia da pesquisa – que assenta fundamentalmente no processo de revisão de literatura;
- A metodologia do caso de estudo – que resulta do cruzamento dos princípios do modelo *IPD Integrated Project Delivery* com a metodologia *DfMA.*

Estas duas partes não ocorreram segundo um processo linear, mas sim em simultâneo e foram-se influenciando mutuamente.

1.3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA

O caso de estudo desta dissertação foi iniciado antes da pesquisa, por isso teve grande influência na determinação dos objetivos e questões de investigação da dissertação. No entanto, estes foram também influenciados pelas inquietações apresentadas no ponto 1.1.1. deste capítulo. Ou seja, em suma a definição dos objetivos e questões da dissertação ainda que tenha sido um processo estruturado, com base nos critérios e princípios específicos da sua formulação, foi também um processo marcado pela experiência, conhecimento, interesse e motivações do projeto e anteriores.

A reflexão apresentada no ponto 1.1.1. – o *estímulo* para realizar esta pesquisa - é independente da revisão de literatura, no entanto considera-se importante para ajudar a compreender não só a questão central, mas também qual o alcance final (o objetivo maior) que se pretende com este estudo.

A revisão de literatura consistiu na identificação, seleção e análise crítica de estudos relevantes sobre o tema. Este processo foi baseado nas questões de investigação, que concederam um enquadramento à pesquisa (concetual, geográfico e/ou temporal, entre outros).

A seleção da literatura assentou principalmente em expressões de pesquisa. A definição destas expressões implicou de uma pesquisa sobre os conceitos científicos, firmados pela academia, relativos ao tema de estudo. Foi com base nesta pesquisa que concluímos que o principal tema e palavra-chave da dissertação seria Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) (antes deste processo as expressões de pesquisa focaram-se na pré-fabricação). O DfMA compreende dois processos distintos – o Design for Manufacture (DfM) e o Design for Assembly (DfA) – que também foram identificados como palavras-chave isoladamente. Foram agregadas ao leque de expressões 'design for construction' e simplesmente 'construction' para excluir os estudos que se referiam a processo DfMA aplicados ao design industrial e de produto. No decorrer da revisão de literatura foram ainda adicionadas mais duas expressões chave: *Design for Maintenance* e *Design for Disassembly* – conceitos que se mostraram essenciais para o argumento desta dissertação.

A estratégia de pesquisa estabelecida focou-se essencialmente na relação com as fontes. A principal base de dados usada foi o Google Académico, mas foram também consultadas algumas bases de dados eletrónicas indexadas nacionais e internacionais. A nível nacional foi feita uma pesquisa nas Bibliotecas da Universidades de Engenharia em Portugal, mas principalmente a b-on, recorrendo ao seu motor de busca avançado que permite incluir e/ou excluir determinadas palavras. Esta ferramenta foi extremamente útil uma vez que nas primeiras pesquisas realizadas ficou claro que a maioria dos estudos obtidos para *DfMA* eram relativos ao design de produto e/ou industrial. A b-on permitiu incluir o termo 'construction'/ 'construção'/ 'construcción' e excluir o termo 'product' / 'produto' / 'produto' e assim obter os resultados procurados. A b-on permitiu ainda fazer a ponte com as plataformas internacionais relevantes para o tema em foco (principalmente a Taylor&Francis Online e ResearchGate). Este processo foi essencial para iniciar a pesquisa, mas, no decorrer do processo tornou-se evidente que a pesquisa em bases de dados seria completada por uma pesquisa snowball – verificação das listas das referências dos artigos identificados mais relevantes. Este processo em cadeia permitiu três feitos determinantes na revisão de literatura: descobrir alguns artigos que não tinham sido identificados nas bases de dados, não académicos, mas de extrema relevância (como relatórios da KPMG); compreender de que forma as referências se referenciam umas às outras; e perceber que os estudos mais antigos eram um denominador comum, denunciando que seriam fontes primárias.

Esta abordagem estruturalista à revisão bibliográfica, não foi, no entanto, um processo linear estanque. Na primeira fase estabeleceu-se um conjunto de referências sólido e fiável, que tornou o processo de análise das referências posteriores mais flexível e aberto à constante influência e interdependência das referências bibliográficas, recuando, questionando e ajustando constantemente os critérios de pesquisa.

As linhas orientadoras que, enfim, acompanharam todo o processo de pesquisa foram: compreender e caracterizar os conceitos centrais do estudo; analisar metodologias e resultados de pesquisas semelhantes anteriores; e identificar lacunas que possam existir na investigação e ou na aplicação dessa ao mercado. Acima de tudo, durante o processo de revisão da literatura houve uma preocupação com a abrangência da seleção, por forma a responder de forma transparente, clara, integrada, focada e com especificidade, paridade, acessibilidade e alcance (Pittway, 2008) às questões da dissertação.

1.3.2. Metodologia do Caso de Estudo

A metodologia do caso de estudo não será explicada neste capítulo por ser debatida ao longo do capítulo 2 – Projeto.

No entanto, interessa salientar a importância do trabalho multidisciplinar no desenvolvimento do projeto – condição imposta e acompanhada pelos docentes Professora Arquiteta Bárbara Rangel e Professor Engenheiro Jorge Moreira da Costa da disciplina Projeto Integrado II. Neste contexto foi ainda determinante a ferramenta *BIM* que aumentou o potencial da multidisciplinaridade.

A revisão de literatura, apesar de ter sido iniciada após o projeto, deu origem a um processo de revisão deste. O projeto sofreu alguns ajustes, nomeadamente relativamente às dimensões e materialidade. Além disso, a revisão de literatura teve grande relevância na reflexão final, fundamental para as próximas fases de desenvolvimento do projeto a contruir nos areinhos de Vila Nova de Gaia.

Esta dissertação permitiu assim melhorar o projeto assim como aumentar a eficiência do processo construtivo.

2
ESTADO DA ARTE

2.1. INTRODUÇÃO

O presente e segundo capítulo apresenta o Estado da Arte dos temas centrais desta dissertação, com base numa Revisão de Literatura a respeito. Organiza-se em três subcapítulos: 2.1. Introdução; 2.2. Temas e Conceitos-Chave; 2.3. Revisão Bibliográfica. Os dois primeiros contextualizam a pesquisa levada a cabo, sendo que o cerne do Estado da Arte desenvolve-se no subcapítulo 2.3.. Assim os subcapítulos dividem-se em:

- O subcapítulo 2.3.1. debruça-se sobre os princípios da pré-fabricação e da construção modular. Aqui são debatidos conceitos como *Sistemas Modulares, Coordenação Dimensional Modular* e *Tolerância na Construção.* Estes são conceitos base que estruturam e sustentam a análise crítica dos subcapítulos seguintes.
- O ponto 2.3.2. centra-se no tema central desta dissertação: a metodologia *Design for Manufacture and Assembly (DfMA).* Este subcapítulo inicia com a exposição das características e vantagens deste método. De seguida, debate-se o conceito à luz dos princípios do Ciclo de Vida de um edifício. Desta análise crítica resulta a proposta de uma visão mais alargada do processo *DfMA,* sustentada em outras metodologias existentes complementares. Desenvolve-se assim também uma reflexão sobre o *Design for Maintenance* e o *Design for Disassembly.*
- Por fim, debate-se a importância da metodologia de Projeto Integrado e o papel da transdisciplinaridade nestes processos. Neste contexto é abordado o *Building Information Modeling (BIM)* enquanto um novo paradigma de gestão de processos e equipas plurais.

2.2. TEMAS E CONCEITOS-CHAVE

Os temas e conceitos-chave desta dissertação refletem as principais preocupações e desafios do projeto apresentado como caso-de-estudo. Como já foi ressaltado, esta dissertação teve como objetivo suportar e enriquecer o processo de desenvolvimento do conceito de projeto integrado. Por isso, as questões debatidas ao longo desta dissertação, e nomeadamente neste capítulo mais teórico, têm todas uma natureza operacional na aplicação na prática de projeto.

O principal tema desta dissertação é omnipresente, mas talvez seja poucas vezes mencionado diretamente, nomeadamente neste capítulo. Refere-se à metodologia *Projeto Integrado.* Esta *filosofia* é a base do desenvolvimento do projeto explorado nesta dissertação e está também presente em todas as reflexões teóricas tecidas neste capítulo. Funciona como uma espécie de doutrina interiorizada, que filtra

(ora consciente ora inconscientemente) as leituras desenvolvidas ao longo deste trabalho, e ademais, ao longo deste trabalho e do Mestrado em que se integra. A metodologia de Projeto Integrado tem como foco a multidisciplinaridade enquanto ferramenta para potenciar o trabalho colaborativo entre todas as especialidades desde a fase inicial de projeto, permitindo uma maior otimização o processo de trabalho e a eficiência do projeto e da sua construção.

Os temas/conceitos que estruturam, de forma mais direta, este capítulo não se distanciam dessa filosofia de Projeto Integrado. Aliás comprovam a sua pertinência. Estes temas/conceitos-chave são: pré-fabricação, sistemas modulares, *Design for Manufacture and Assembly (DfMA)* e *Building Information Modeling (BIM).*

À exceção do *BIM* todos estes conceitos são aplicáveis a várias disciplinas (particularmente ao design de produto), por isso, foi necessário contextualizá-los disciplinarmente, ao longo de todo o processo de revisão de literatura. Desta forma, acrescentam-se dois temas/conceitos complementares aos anteriores: arquitetura e construção. Um *Projeto Integrado* pressupõe que todos os conceitos-chave enunciados inicialmente sejam vistos de forma pluridisciplinar, no entanto, isso não significa que todos os intervenientes de um projeto tenham um domínio total de todas as disciplinas. Pelo contrário, a metodologia de *Projeto Integrado* pressupõe-se que as diferentes especialidades funcionem de forma complementar, ainda que fortemente interligadas e interdependentes.

O principal conceito-chave que estrutura a revisão de literatura é o *Design for Manufacture and Assembly (DfMA).* A pesquisa foi inicialmente conduzida tendo em vista dar resposta à questão: o que é a metodologia DfMA aplicada à construção, quais as suas principais vantagens e implicações? A escolha deste tema, como mencionado anteriormente, deriva da necessidade do projeto (caso de estudo) ser facilmente montado, desmontado e deslocado do local de implantação, periodicamente, no entanto, rapidamente se concluiu que a pré-fabricação e os sistemas de modulação são conceitos base essenciais à compreensão e operacionalização dos princípios do *DfMA* e de qualquer edifício que pretenda facilmente montável, desmontável e transportável. Por fim o *BIM* surge como o conceito segundo o qual se pode estabelecer uma leitura interligada e atual de todos estes princípios face o contexto sócio-tecnológico contemporâneo.

Assim, propõe-se dissertar sobre as potencialidades da articulação da metodologia Projeto Integrado (PI) com a metodologia Design for Manufacture and Assembly (DfMA), procurando em suma compreender como as ferramentas de operacionalização do trabalho multidisciplinar de PI e as ferramentas da operacionalização da pré-fabricação pressupostas no DfMA se podem articular numa visão mais holística da eficiência no setor da construção. A partir das conclusões tecidas dessa articulação, propõe-se ainda a expansão da metodologia DfMA para DfMAMD (Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Dissembly).

2.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.3.1. PRÉ-FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO MODULAR

2.3.1.1. Pré-fabricação

A pré-fabricação é uma das vias da industrialização da construção (Trigo, 1976). E, apesar de não ser a única via, foi a principal responsável pela revolução da dinâmica tradicional do estaleiro de obra. Progressivamente, estes deixaram de ser os lugares por excelência da experimentação e inovação tecnológica, passando a ser abordados como lugares de execução. Com a pré-fabricação da construção,

a pesquisa, ensaios, testes e descobertas neste sector foram sendo resguardados em fábricas e laboratórios e o estaleiro de obras passou a ser o lugar onde deve imperar a eficácia – processos cada vez mais parametrizados, rápidos e económicos.

> A pré-fabricação é *"um conjunto de técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção fora dos seus locais de implantação definitivos, no estaleiro da obra ou fora dele, os quais são posteriormente ligados e montados em obra."(Trigo, 1976, p. 28).*

Numa visão mais alargada da pré-fabricação incluem-se sistemas como os tijolos de argila - moldados e cozidos em fábrica, transportados, e montados em obra formando uma parede (Cox e Piroozfar, 2011). Ao considerar o limite do termo, hoje em dia, no contexto Ocidental, é praticamente impossível encontrar edifícios que não recorram a elementos pré-fabricados. No entanto, tal como Trigo (1976) defende, não é exatamente neste âmbito que se utiliza o termo pré-fabricação. Este termo refere-se habitualmente aos processos em que todas as componentes, passíveis de serem produzidas fora do local definitivo, são pré-fabricadas. Uma "pré-fabricação total" pressupõe que *"a maioria de operações de construção se fazem em fábrica ou oficinas, sendo o edifício obtido em grande parte pela montagem dos elementos prefabricados"* (Trigo, 1976, p. 28). Em suma, quanto menos desfragmentadas forem as componentes de um sistema pré-fabricado, mais próximo se estará da "pré-fabricação total".

No caso da parede de tijolos, aproximar-se-ia de uma "pré-fabricação total" se uma parede de tijolos fosse encarada como "um sistema pré-fabricado", produzida em fábrica e transportada como uma componente integrada pré-fabricada. Ou seja, a componente montável em estaleiro seria a parede e não o tijolo. No entanto, pelas características do material – nomeadamente a sua resistência ao embate e o seu peso – uma parede de tijolos de argila não é muito adequada ao processo de transporte e montagem em estaleiro. Neste sentido, torna-se relevante fazer a distinção entre pré-fabricação leve e pré-fabricação pesada. O que distingue os dois tipos é o peso associado aos seus componentes. A pré-fabricação pesada está muito associada à produção de elementos pré-fabricados em betão armado e pré-esforçado (porque apesar de pesada é resistente). A pré-fabricação mais leve, está associada a matérias como o aço, alumínio, madeira, derivados de madeira, materiais de isolamento térmico e acústico, vidro em chapa, etc. (Faria, 1993).

Num sistema pré-fabricado, "Cada fabricante deverá assim conceber o seu sistema de uma forma completa e integrada. Deverá pensar em materiais, componentes, dimensões moduladas para os diversos componentes, estudar a diversas soluções de junta ou ligações, especificar as tolerâncias de fabrico e montagem e montar um esquema de controlo de tolerâncias que lhe permita fabricar, montar ou aplicar os seus sistemas sem problemas" (Faria, 1993)

O sector da construção, em comparação com outras indústrias, ainda é confrontado com muitos processos manuais e a pouca utilização de soluções pré-fabricadas. Isto torna os processos mais morosos e menos rentáveis, dada a dificuldade de controle de qualidade da sua execução.

> *"A modernidade e a produção em massa na arquitetura continuaram a encontrar oposição dos conservadores que valorizavam a identidade, a tradição, o artesanato e o profissionalismo do arquiteto - traços que se pensava desaparecer com a construção em série" (Meijs e Knaack, 2012).*

A indústria do automóvel é um bom exemplo – todas as marcas desenvolvem os seus produtos com distintos desenhos, no entanto o processo construtivo de um automóvel recorre sempre à assemblagem de sistemas pré-fabricados. Esta abordagem prova que a sistematização de um processo não implica a homogeneização dos produtos. Corbusier defendia que os componentes das casas deveriam ser como os do automóvel – construídos em fábricas e montados no lugar de implantação (Meijs e Knaack, 2012).

Uma das consequências associadas à pré-fabricação mais controversas é a industrialização da construção: tornando a construção mais eficaz – mais rápida e com menos margem de erro – mas com o custo social da redução de postos de trabalho. Em 1976 Trigo referia que a abundância de mão de obra não favorecia a mecanização. Nos dias de hoje, e com a atual conjuntura socioeconómica em Portugal, vivemos o oposto: por um lado a crescente falta de mão de obra disponível e o gradual desinteresse por essa profissão, dada a exigência física e as condições de trabalho; por outro lado o progressivo aumento dos preços das matérias-primas. Estes fatores, que ademais são transversais a todas as economias ocidentais, representam um aumento significativo do custo das empreitadas e favorecem a utilização de sistemas de construção mais assentes na pré-fabricação.

A forma como se projeta e planeia a construção de um edifício é determinante da sua qualidade e custo de produção. Para Meijs e Knaack (2012), o processo de construção pode ser dividido em quatro fases: planeamento e projeto; produção ou pré-fabricação em estaleiro; logística de entrega no local da obra; e processo de instalação no local. Para que o processo de produção seja bem-sucedido é necessário respeitar o custo e o tempo estimados, assim como os padrões de qualidade propostos (Fig. 2.1).

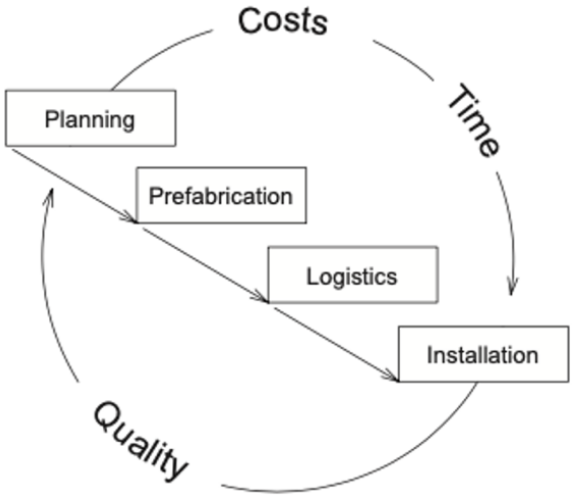


Fig.2.1. – 4 fases do processo de pré-fabricação para a gestão de custos, tempo e qualidade exigidas (Meijs e Knaack, 2012).

As vantagens da pré-fabricação na construção são substanciais. Se considerarmos o estaleiro de obra, sobressai a redução do trabalho e do tempo de construção. Se considerarmos a pré-produção em fábricas, laboratórios ou oficinas, a principal vantagem é o controle sobre as condições de trabalho ao longo do dia e ano (como por exemplo sobre as condições climatéricas a que o lugar de obra está sujeito) e a maior precisão e controle de qualidade dos componentes e sistemas que daí advém. Conclui-se ainda que os custos e limitações associados ao transporte dos componentes superam o custo e horas a mais de trabalho no local (Knaack, Chung-Klatte e Hasselbach, 2012).

> *"Prefabrication is perhaps the most obvious and striking feature of the transformation process we are now witnessing in the building industry. For the building materials and component industry this means that it can, and must, gradually take over more and more from the building industry on the site. This also means that all these new so called "prefab" products must be applicable to a great number of very different buildings, even if some components may be intended mainly for housing, others for schools, etc. For this flexibility in application, modular coordination again comes into the picture as an indispensable tool."(Bergvall, 1977).*

2.3.1.2. Sistemas Modulares

Bergvall (1977) diz-nos que os princípios da coordenação modular são potenciadores da pré-fabricação. Conceber produtos pré-fabricados - como componentes que podem ser aplicáveis num variado leque de contextos e tipos de edifícios, (Bergvall, 1977) - pressupõe que um mesmo componente tenha a capacidade de configurar diferentes formas e espaços. Mas a pré-fabricação também é uma ferramenta extremamente útil à construção modular. Os edifícios baseados em sistemas modulares são geralmente pré-fabricados e quase totalmente montados em fábrica. Para o local da obra reserva-se apenas a montagem, articulação e união dos diferentes módulos pré-fabricados, transformando peças em espaço.

Ou seja, pré-fabricação e modulação podem ser compreendidos como dois conceitos complementares.

Os edifícios modulares são sistemas de construção. Estes sistemas podem enquadrar-se em duas categorias diferentes: os *sistemas de contentor* e os *sistemas de módulo* (Knaack, Chung-Klatte e Hasselbach, 2012). O *sistema de contentores* é fundamentalmente o aplicável à construção corrente e/ou em massa. Neste sistema, diferentes peças/componentes, aplicáveis a diferentes contextos e edifícios, são desenvolvidos com base na logística e nas dimensões dos contentores de transporte – são tidas em consideração as dimensões-padrão utilizadas internacionalmente pelas empresas de transporte (Fig. 2.2).

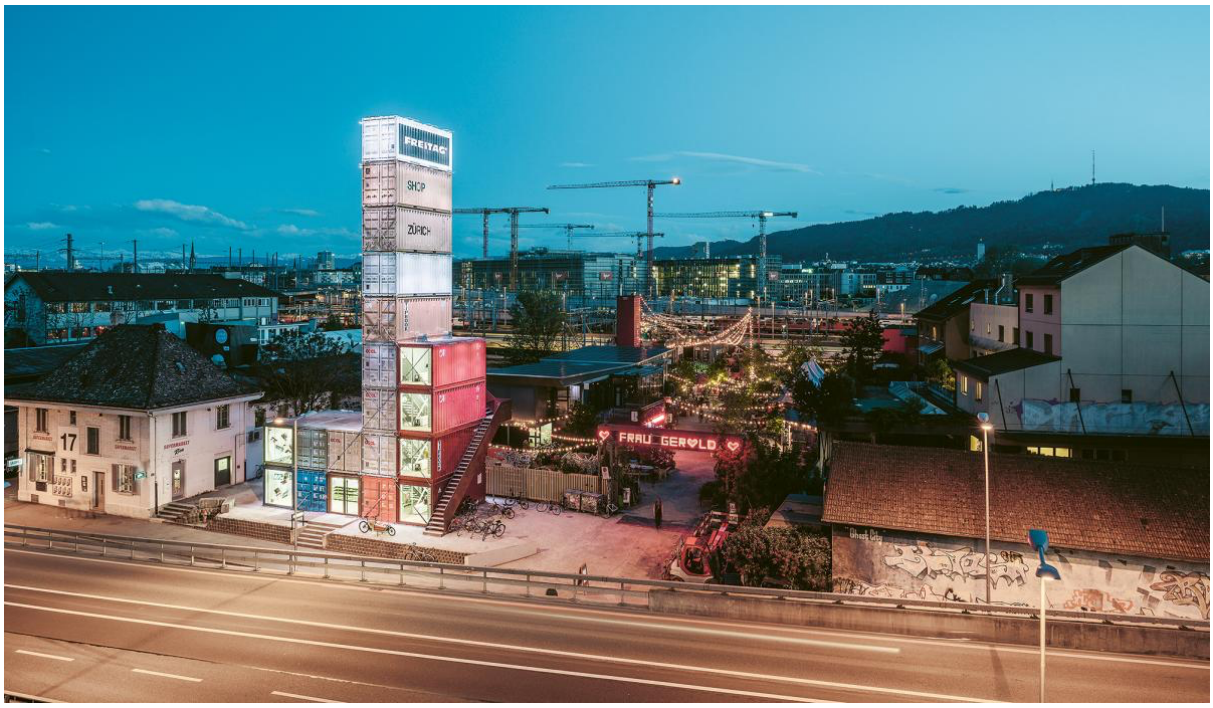


Fig.2.2. – Torre da Freitag lab AG, em Zurique para escritórios e showroom construída a partir de um sistema de contentores reciclados (Spilimann Echsie Arqchitekten, 2006).

Os *sistemas de módulo* também são desenvolvidos com base nas dimensões dos contentores de transporte, pois também necessitam de ser facilmente transportáveis, no entanto contemplam uma maior customização dos módulos (Fig. 2.3). A aplicação do *sistema de módulo* geralmente resulta na produção de edifícios únicos, concebidos para um lugar em específico, mas pré-fabricados e quase-totalmente montados em fábrica. Este sistema é geralmente aplicado a soluções mais permanentes, e pode ser entendido como um passo intermédio do desenvolvimento de sistemas de construção personalizados (Knaack, Chung-Klatte e Hasselbach, 2012).

Fig.2.3. – Residência Universitária da Escola técnica Superior de Arquitetura de Valles ETSAV (HARQUITECTURES + DATAAE, 2010).

Os sistemas modulares pré-fabricados têm o potencial de aumentar a eficiência dos trabalhos de construção no local da obra, bem como aumentar a adaptabilidade das edificações (Isaac, Bock e Stoliar, 2016). A utilização de sistemas modulares pré-fabricados aumenta a previsibilidade do processo de construção e reduz a complexidade do processo de gestão e dependência entre as diferentes atividades/profissionais (subempreiteiros) do processo de construção em obra. Um projeto de construção dependente da interligação entre diferentes subempreiteiros, está sujeito a que o atraso ou falha numa das etapas coloque em risco todo o processo (Isaac, Bock e Stoliar, 2016). Assim, a diminuição do número de componentes a montar no local da obra – através da sua conceção agrupável em módulos, montados em fábrica, e transportáveis – tem um grande conjunto de vantagens. Entre estas, destaca-se a redução no número de empresas envolvidas e a consequente redução do risco de atraso e de falhas derivadas da articulação entre o trabalho e as responsabilidades imputadas às diferentes empreitadas.

Adicionalmente, além de aumentar a eficiência dos processos de construção, a construção modular tem o potencial de aumentar a adaptabilidade de um edifício ao longo do seu ciclo de vida. Os edifícios são em norma construídos para um período de tempo no mínimo de cinquenta anos, estando, portanto, sujeitos à necessidade de alterações que permitam acompanhar os padrões de habitabilidade contemporâneos. A separação sistemática dos componentes de um edifício aumenta a adaptabilidade deste, pela facilidade de manutenção, reparação, alteração ou substituição de componentes que conferem. Assim, não é só relevante o número de módulos. O sistema de interligação dos módulos também deve recorrer ao menor número possível de componentes, para que estes possam ser facilmente removidos e os módulos facilmente desagregados/desmontáveis (Isaac, Bock e Stoliar, 2016).

Esta capacidade de adaptação dos edifícios é progressivamente mais pertinente, tendo em conta a crescente velocidade das mudanças sócio-tecnológicas e as necessidades que delas derivam. O leque de funções imputadas a um edifício muda cada vez mais rápido, pelo que a tendência é que um edifício seja alterado cada vez mais vezes ao longo do seu ciclo de vida.

2.3.1.3. Coordenação dimensional modular

> *"Dimensional coordination, as a concomitant of standardization, normally is considered to be primarily an industrial tool, but I think that it is just as much an architectural tool, and that is important. It is not just a coincidence that all the early pioneers of modular coordination have been architects: Bemis in America, Paquet in France, Neufert in Germany, etc. We simply saw the inevitable approach of industrialization of the building trades with its equally inevitable complement, standardization." (Bergvall, 1977)*

Ernst Neufert, arquiteto, professor, assistente de Walter Gropius e autor do conhecido manual *A Arte de Projetar em Arquitetura,* é considerado o primeiro a ter uma visão clara da importância vital da coordenação modular no futuro da construção (Bergvall, 1977). Neufert desenhou um sistema de coordenação dimensional baseado num sistema de "octâmetro" com um módulo básico de 125 mm. No entanto, foi o módulo de 100 mm que veio a ter a aceitação consensual e que permitiu alcançar um acordo internacional (Bergvall, 1977). Este módulo é adotado pela maioria dos países, o que permite obter uma vasta padronização dimensional dos componentes de construção. Assim, ainda atualmente, a coordenação dimensional modular assenta num sistema métrico de referência, que usa o módulo-base M (10cm) pré-determinado. No entanto, tendo como objetivo a padronização da construção, foi reconhecido desde o início que o módulo básico (100mm) poderia ser demasiado pequeno para determinados casos, porque levaria a muitas variantes. Em resposta a isso, foi criado um múltiplo inteiro do módulo básico, como uma espécie de módulo "superior" que é chamado de multi-módulo (Bergvall, 1977).

Os conceitos fundamentais da coordenação dimensional modular são a normalização geométrica e a normalização dimensional. A normalização geométrica é um processo de conceção de edifícios, que se caracteriza pela sujeição dos seus sistemas construtivos e respetivos componentes a uma grelha geométrica. A grelha geométrica é definida com base nas dimensões de um módulo-base. A normalização dimensional corresponde à utilização de módulos retirados de um conjunto de dimensões, pré-selecionadas e calculadas a partir do módulo-base M (Faria, 1996).

O objetivo principal da coordenação dimensional modular é a racionalização da construção (Faria, 1996). Para Trigo (1976) a racionalização é "*o conjunto de ações tendentes ao aumento de rendimento do sector em conjunto e de cada uma das tarefas a realizar em particular. Racionalizar é aplicar, em matéria de organização, de planificação e de verificação, as técnicas adequadas à melhoria da qualidade e ao acréscimo da produtividade, fazendo o melhor uso dos meios humanos, dos materiais de construção e do equipamento e instalações."* Assim *"a coordenação dimensional modular destina-se a simplificar e tornar mais económico o projeto e a construção de edifícios, normalizando as dimensões utilizadas de tal modo que os componentes pré-fabricados, equipamentos, e/ou diferentes elementos de construção são compatíveis entre si quando montados em obra."* (Faria, 1996). No entanto, Faria (1996) refere que apesar de a coordenação dimensional modular ter como objetivo o aumento do grau de industrialização da construção, deve ser tido em consideração os "valores aceitáveis de liberdade" de conceção arquitetónica nesse processo (Faria, 1996).

> *"The objective of the systematic selection and coordination of preferences is to develop an "open system" in which the selected dimensions serve to coordinate the geometry of a wide variety of building types and their elements, with a wide variety of products and assemblies from different sources of supply." (Berry e Milton, 1978).*

É consensual entre estes autores que a racionalização que advém da coordenação dimensional modular potencia um processo de cooperação entre os vários intervenientes no processo – projetistas, fabricantes de componentes e as empresas de construção – mais salutar e eficiente.

> *"The rules for dimensional coordination, described briefly, should ensure that the dimensions of various components do "nominally" fit to each other and to the building. No component can ever be manufactured or assembled with absolute precision, particularly in the building industry; therefore, dimensional deviations must be foreseen. To ensure that components also fit together in reality on the building site, a system of tolerances has been worked out for manufacture as well as for assembly, based on the experience in this field gained in other branches of industry." (Bergvall, 1977)*

2.3.1.4. Tolerância na construção

> *"Materials and components cannot be exactly dimensioned and positioned as they were designed. Tolerances are defined as the accepted amount of variations of materials and components from nominal values or design specifications." (Talebi* et al.*, 2020).*

Um dos grandes desafios de projetar soluções de construção modular é o controle da variabilidade dimensional e geométrica dos componentes, durante o processo de fabrico destes. Atualmente, com a constante inovação tecnológica da indústria, a precisão da produção é cada vez maior e as tolerâncias de produção mais precisas. Exemplo exímios disso são o corte a laser ou a montagem robótica. No entanto, o ajuste dos componentes no momento de montagem continua a ser frequentemente problemático, devido às discrepâncias entre as tolerâncias de produção e as tolerâncias da construção no local da obra, ou derivado dos efeitos geométricos de transporte e movimentações de carga. (Shahtaheri *et al.*, 2017)

Os problemas associados com a variabilidade dimensional e geométrica estão entre os mais comuns e recorrentes na construção. Estes problemas podem ter um impacto no funcionamento dos edifícios, como por exemplo na estanqueidade, segurança, dificuldade de manutenção, durabilidade, estabilidade estrutural, desempenho energético, questões estéticas ou mesmo na conformidade com os regulamentos (Talebi *et al.*, 2020). Para além disso, estes problemas podem aumentar consideravelmente o custo de construção e de manutenção, causar atrasos e acrescer os desperdícios materiais. Ou seja, aquando da elaboração de um projeto, é fundamental usar proativamente estratégias que minimizem o risco de variabilidade dimensional e geométrica, e que garantam que se ocorrerem variações estas não comprometem o funcionamento do edifício.

As tolerâncias geométricas ou dimensionais, visam dar resposta a este desafio, anulando o possível impacto daquelas variações. Estas tolerâncias têm o propósito de controlar o posicionamento, orientação e geometria dos objetos num processo de montagem, de forma que a montagem no seu todo cumpra os objetivos estipulados. Na construção esses objetivos passam por garantir a integridade estrutural, a capacidade operacional do edifício e a sua manutenção, evitando conflitos entre os diferentes componentes (Shahtaheri *et al.*, 2017).

A questão da tolerância dimensional e geométrica deve ser tida em consideração na elaboração do módulo e não somente na relação entre os módulos. Isto é, ao desenvolver um sistema modular devem ser tidos em conta dois tipos de tolerância: a tolerância associada à fabricação do módulo, e a tolerância associada às obras realizadas no local para implementação dos respetivos módulos.

Faria (1996) esclarece os vários tipos de desvios que podem ocorrer. É corrente dividir os desvios dimensionais em dois tipos: os *desvios inerentes* e os *desvios provocados*. Os *desvios inerentes* estão relacionados com "as variações resultantes de movimentos e modificações das dimensões dos materiais tendo como origem causas físico-químicas intrínsecas dos materiais tais como por exemplo as variações resultantes da temperatura, humidade e ligações mecânicas." (Faria, 1996). Enquanto os *desvios provocados* estão relacionados com a ação humana ou os instrumentos de medição, que causam desvios

de fabricação, implantação ou montagem. Os desvios de fabricação são desvios na dimensão e forma, provocados durante o processo de produção. Os desvios de implantação são desvios de dimensão e posição com origem na medição e implantação da obra no local. Os desvios de montagem são desvios de posição e/ou orientação na colocação dos componentes pré-fabricados em obra em relação às referências da implantação.

2.3.2. *DFMA – DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY*

2.3.2.1. *DfMA*: conceito

O *Design for Manufacture and Assembly* (*DfMA)* é uma metodologia de projeto que visa a eficiência da implementação de sistemas pré-fabricados, e a redução das atividades de construção no local. A filosofia *DfMA* procura, através do desenho, estabelecer processos de fabricação mais simples, e consequentemente facilitar a montagem dos diferentes componentes de um objeto ou edifício. Esta metodologia torna os processos de construção civil mais rápidos, seguros e sustentáveis, tanto economicamente como ambientalmente, permitindo uma gestão de recursos mais eficiente. (Sinclair, 2013).

O *DfMA* começa por ser aplicado à indústria automóvel devido à necessidade de se produzir mais rápido, com muita precisão e qualidade, e em grande escala (Bogue, 2012). Mas rapidamente esta metodologia começou a conquistar também adeptos no sector da construção civil.

Com o aumento da pré-fabricação no sector da construção, o *DfMA* ganha um papel preponderante na elaboração de projetos integrados de arquitetura, engenharia e construção. Esta metodologia permite, numa fase embrionária dos projetos, avaliar o ciclo de vida do edifício e instrumentalizar essa avaliação para a elaboração de um projeto integrado mais eficiente. Tal como referido por Bogue (2012), as ferramentas e os princípios do *DFMA* fornecem uma abordagem estruturada que permite alcançar desenhos simplificados para produtos que podem ser fabricados com mais eficácia; este método permite prever problemas de fabricação e montagem que poderão surgir posteriormente, e identificar oportunidades para soluções inovadoras. Ademais, o *DfMA* não é só determinante na simplificação, no rigor e na redução do tempo do projeto, mas também tem um impacto significativo no custo da construção. "*It is widely recognised that around 70 percent of a product's manufacturing cost is determined by decisions made at the design stage."* (Bogue, 2012, p. 112).

Um exemplo de sucesso da aplicação da metodologia DfMA ao setor da construção é o Leadenhall Building – um edifício com 225 metros de altura e 52 andares, no centro de Londres. Cerca de 85% do edifício foi construído em estaleiro, permitindo reduzir 50% as entregas de matérias primas no local, aumentar a qualidade dos matérias e da sua instalação (Gao, Jin e Lu, 2020).

2.3.2.2. Processo Integrado: do *DfMA* ao *DfMAMD*

A metodologia *DfMA,* ainda que seja entendida como um processo integrado, divide-se em dois sub-processos: o *Design for Manufacture (DfM)* - desenho para produção; e o *Design for Assembly (DfA)* - desenho para montagem. O *DfM* centra-se mais nas questões de fabricação das peças isoladamente, enquanto o *DfA* diz respeito às questões de montagem das variadas peças (Bogue, 2012). No entanto, importa salientar que os princípios do *DfMA* podem ser aplicados de diferentes formas num projeto. Tal como a Riba (2013) refere, a abordagem *DfMA* nem sempre significa a utilização de elementos padrão ou pré-fabricados; pode por exemplo significar simplesmente o aproveitamento, racionalização e otimização de materiais, através de um processo de planeamento baseado nesta metodologia.

Boothroyd (2005) criou um diagrama (Fig. 2.4) com as diferentes etapas a seguir para aplicação da metodologia *DfMA*. Este esquema mostra que o *DfA* deve ser o primeiro passo, logo após o desenvolvimento do esboço concetual do projeto. O *DfA* visa, nessa fase do processo, a afinação da estrutura tendo em vista a sua simplificação, e em última instância a descomplexificação da sua montagem. Segue-se a estimativa orçamental, que orienta a escolha dos processos e materiais, que deve validar ou rever a solução desenvolvida nas etapas anteriores. Destas revisões e sugestões deve resultar uma versão melhorada do projeto concetual. A partir desta versão avança então o processo de *Design for Manufacture (DfA):* procede-se ao desenvolvimento detalhado do projeto – o equivalente a um projeto de execução – que dará origem ao projeto que guiará a produção dos diferentes componentes, sistemas e/ou edifício(s) do projeto. É na fase do *DfM* que o projeto incorpora normas de padronização, por forma a tornar o processo de fabricação e montagem eficiente.

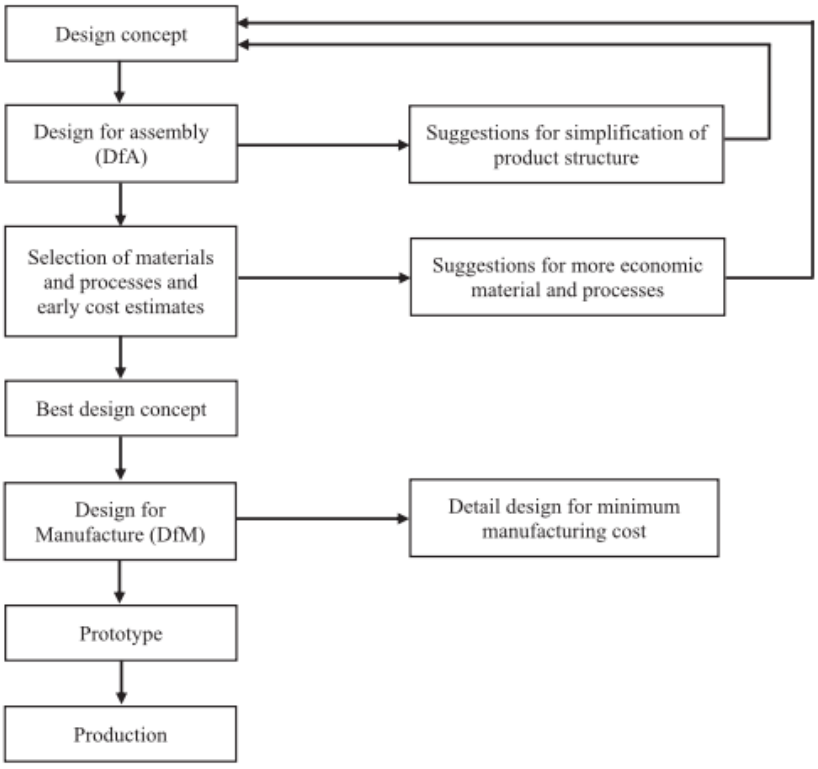


Fig. 2.4 – Etapas típicas na aplicação da metodologia DfMA (Boothroyd, 2005)

Conclui-se, fundamentalmente, que é crucial ter uma visão integrada de todo o processo de construção na fase inicial do projeto – no seu desenho. Projetar um edifício tendo por base o seu ciclo de vida, desde o momento da sua conceção até ao seu desmantelamento, é a única forma de o concebermos mais sustentável, a nível económico (*Life Cycle Cost)*, social (*Social Life Cycle Analysis*) e ambiental (*Life Cycle Assessment*). Tendo isto por base, questiona-se nesta abordagem metodológica do *DfMA* não será relevante considerar também o *Design for Maintenance* e o *Desing for Disassembly*. Ou seja: uma metodologia *DfMAMD - Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Disassembly.*

> *"Although all stages of the lifecycle should be considered to improve the process, maintenance and demolition stages tend to receive less attention" (Wong and Zhou, 2015).*

Na Figura 2.5 apresenta-se um esquema desenvolvido a partir do esquema de Boothroyd (Fig. 2.4). Esta figura é uma visão diagramática alternativa da metodologia *DfMA,* incorporando as etapas *Design for Maintenance* e *Desing for Disassembly*.

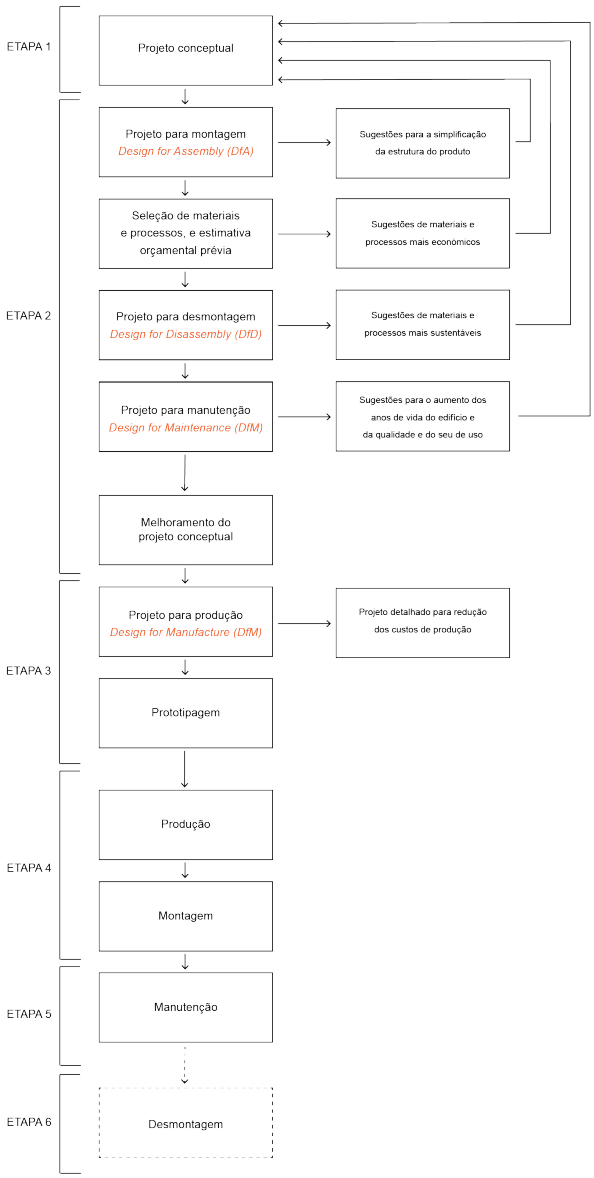


Fig. 2.5 – Modificação do esquema de etapas típicas na aplicação da metodologia DfMA (Boothroyd, 2005)

Considera-se que ambas as etapas propostas (*Design for Maintenance* e *Desing for Disassembly)* devem ser anteriores ao *Design for Manufacture.* DfM faz sentido continuar a ser a última etapa do processo de desenho. O *Design for Disassembly*, deve seguir-se ao *Design for Assembly* e etapa de orçamentação e escolha de processos e materiais, apesar de a desmontagem de um edifício ser a última etapa do ciclo de vida de um edifício. Crê-se inclusivamente que estas três fases devem ocorrer praticamente em simultâneo e devem influenciar-se mutuamente, e nunca serem entendidas como um processo de sobreposição de *layers*. Aliás, como veremos mais à frente nesta dissertação, os materiais são dos elementos mais determinantes de um processo de desmontagem de um edifício fácil e ambientalmente

sustentável. Em suma, nesta etapa considera-se que devem ser feitas sugestões face à sustentabilidade dos processos e materiais escolhidos.

Assim, defende-se que ao O *Design for Maintenance* deverá seguir-se o *Design for Disassembly.* Esta fase pressupõe a introdução de inputs no projeto que aumentem o tempo de vida útil de um edifício, a qualidade desse tempo, assim como os custos do sustento dessa qualidade. Ou seja, nesta etapa devem ser revistas não só a solução construtiva, como também o desenho do sistema infraestrutural e os materiais escolhidos para os acabamentos.

Apesar de esta visão alternativa da metodologia DfMA ser uma conceção nossa, os conceitos de *Design for Maintenance* e *Design for Disassembly* já foram amplamente desenvolvidos pela comunidade científica, inclusivamente pelos autores que originalmente se dedicaram à metodologia DfMA. Ou seja, o que se propõe não é a criação de novos processos, conceitos ou metodologias, mas simplesmente uma outra leitura integrada das várias etapas de um projeto de arquitetura e construção. Em suma, esta é uma leitura fundada nas necessidades e descobertas processuais que o projeto – caso de estudo desta dissertação – suscitou.

2.3.3.3. *Design for Manufacture (DfM)*

O princípio de *desenhar orientado para produção* é um conceito ancestral. Estima-se, no entanto, que a formulação do *Design for Manufacture* remonte a 1788 quando LeBlanc desenvolveu o conceito de "peças intercambiáveis na fabricação" de forma a conseguir economizar tempo e recursos na fabricação e acrescentar qualidade ao produto final (O'Driscoll, 2002).

O *Design for Manufacture (DfM)* é uma metodologia que visa a inclusão dos princípios da pré-fabricação no projeto. O *DfM* é, resumidamente, um método de projetar edifícios tendo por base, e sempre presente, o seu processo de construção. Para isso, tal como O'Driscoll (2002) defende, é essencial ter um conhecimento compreensivo dos processos de construção. Esta é uma condição base para antecipar os problemas que poderão surgir durante esses processos. Adicionalmente, sempre que possível, os potenciais empreiteiros devem ser envolvidos desde o início na conceção do projeto, para evitar a suposição de competências e alterações indesejadas ao projeto em fases posteriores.

As vantagens desta abordagem são várias: permite reduzir o tempo de construção, minimizar o custo geral e garantir uma transição pacífica do projeto para a construção. Para O´Driscoll (2002) o *DfM* é a melhor ferramenta para se alcançar o compromisso entre um produto com preço competitivo e com um alto desempenho. No DfM, apesar de não se menosprezar a qualidade do produto final, esta é concebida como uma consequência da qualidade do processo. No DfM a qualidade e eficiência do processo de produção é foco no desenvolvimento do projeto.

A responsabilidade de implementação e disseminação desta metodologia está nas mãos dos projetistas, uma vez que, tal como o nome da metodologia indica, é essencialmente na fase de desenho que o processo de produção é determinado e controlado. Emerson (1962) reconheceu que a produtividade e a qualidade da produção industrial podem ser melhoradas a partir da reforma das práticas de desenvolvimento dos projetos (Fox, Marsh e Cockerham, 2001). Fox, Marsh, Cockerham (2001) ressaltam que na indústria da construção o projeto de construção é normalmente apenas direcionado às exigências do cliente e às necessidades do local, tornando cada projeto um protótipo. Ou seja, a implementação da metodologia *DfM* no setor da construção está essencialmente dependente das decisões processuais durante o projeto de conceção – para tal é imperativo que o processo construtivo passe a ser uma variável das decisões de projeto, ponderada par a par com as exigências do cliente e do lugar. Um processo tradicional de desenvolvimento de projeto inicia-se com um levantamento do

contexto – lugar – e das necessidades – premissas do cliente. Considera-se aqui imperativo que faça também parte desse diagnóstico inicial as condicionantes e possibilidades do processo de fabrico, face o lugar e recursos onde vai ser executado.

> *"Frequently architects are held responsible for the shortcomings of this haphazard approach. For example, Harding (1999) stated that architects' 'typical lapses' include: specifying inappropriate materials, lack of knowledge of basic construction techniques, and not understanding buildability." (Fox, Marsh e Cockerham, 2001).*

Para esta mudança de paradigma é crucial que os projetistas tenham em conta a complexidade de construção, nomeadamente, aquando da escolha de materiais e de sistemas construtivos, por forma a simplificar as operações de fabrico e torná-lo mais eficiente (Gao, Jin e Lu, 2020). Assim como é necessário projetar por forma a facilitar a subcontratação de empresas especializadas pelos empreiteiros, para a produção dos diferentes componentes do projeto em ambiente de fábrica (Sinclair, 2013).

2.3.3.4. *Design for Assembly (DfA)*

> *"Designing for assembly considers how aspects of the design can be designed in a manner that minimises works on site and, in particular, in a way that avoids 'construction". (Sinclair, 2013)*

O *Design for Assembly (DfA)* foca-se no processo de montagem dos edifícios, procurando minimizar ao máximo os problemas que possam surgir nesse processo. É, também, o *DfA* é um processo chave para a redução, muito significativa, dos custos de produção de um edifício no seu todo. Boothroyd e Dewhurst (1987) foram pioneiros no estudo desta metodologia, tendo conduzido uma série de estudos sobre os constrangimentos de considerar no projeto concetual o processo de montagem de diferentes componentes num edifício (Gao, Jin e Lu, 2020). Boothroyd (1987) conclui que as vantagens desta metodologia decorrem da simplificação dos projetos que é trazida pela análise *DfA,* como defende ser demonstrado por variados exemplos.

Os princípios fundamentais da aplicação da metodologia *DfA* são: 1) produzir um projeto com o menor número de peças possível; e 2) projetar as peças de forma que sejam facilmente montáveis (Boothroyd, 1987). Quanto menor for o número de peças, maior é a probabilidade de todas as peças serem colocadas corretamente (Gao, Jin e Lu, 2020). Assim, no que respeita à operacionalização desta metodologia, Boothroyd (1987) referiu que o procedimento para reduzir o número de peças no projeto assenta em três perguntas simples, que deverão ser colocadas sempre que se adiciona uma nova peça ao projeto:

1) Durante a operação do produto, esta peça move-se em relação a todas as outras já montadas?
2) Existe alguma razão, para esta peça ter uma materialidade diferente das outras peças já montadas?
3) A peça deve ser separada de todas as outras peças já montadas porque, se for de outra forma, a montagem ou desmontagem de outras peças fica comprometida?

Surpreendentemente (ou não), estas perguntas ou critérios, aplicados ao projeto, no desenvolvimento de cada peça para pré-fabricação, podem levar à redução do número peças e consequentemente à simplificação do projeto (Boothroyd, 1987).

Em conclusão, o *DfA* é uma metodologia que permite reduzir o risco de erros, atrasos, e custos adicionais não previstos. Este procedimento, embora se foque no processo de montagem, na verdade, tem implicações muito mais amplas no projeto (Boothroyd, 1987).

2.3.3.5. Design for Maintenance

> *"Today, the process of architectural design involves a much more complex set of variables. Along with the issue of function and shape, there has to be a combination of interests among every stakeholder of architecture, between every functional requirement, and between every building process; in short, there must be a team coordination enabling us to predict the behavior of the building in question during its service life and its maintenance plan.". (Rocha e Rodrigues, 2013, p. 78)*

Design for Maintenance (DfM) pressupõe considerar a manutenção do edifício em serviço numa fase inicial do projeto. A partir de um estudo realizado por Pati el al. (2010), os autores concluíram que as questões relacionadas com a manutenção das instalações são uma variável frequentemente deixada de fora dos processos de decisão durante a fase de projeto (Liu e Issa, 2014). No entanto, a maior parcela do custo de um edifício, ao longo de todo o seu ciclo de vida, é a manutenção – estimando-se que venha a ser cerca de 50% (Foster, 2011).

Quando as questões de manutenção são consideradas na fase inicial do projeto – ou seja quando existe flexibilidade para alterar, uma vez que o custo de alteração do projeto ainda é baixo - as vantagens podem ser profusas: a capacidade de manutenção do edifício pode eliminar o custo da manutenção, melhorar a segurança e reduzir o tempo de inatividade (Fitzgerald, 2001). Além disso, Lui & Issa (2014) afirmam que a maioria dos problemas de manutenção não é atribuída ao processo de construção, mas sim aos defeitos de projeto.

Defende-se, portanto, ser essencial que a problemática da manutenção do edifício em serviço seja levada em conta numa fase inicial do projeto de conceção, por forma a permitir o fácil acesso a todos os componentes que previsivelmente precisem de manutenção ao longo do seu uso. Todos estes componentes devem ser acessíveis, sem que isso implique a demolição parcial do edifício. Ademais porque a manutenção deve ser encarada como um processo contínuo e cíclico tendo por objetivo evitar a degradação do edifício, e não somente como um processo de reparação e/ou substituição de componentes degradados, por vias de um incidente ou pela simples falta de manutenção. Em suma, o *Design for Maintenance* implica prever o comportamento do edifício ao longo do seu ciclo de vida e projetá-lo por forma a acompanhar e prevenir a sua degradação.

2.3.3.6. Design for Disassembly

> *"A more cyclic view of the built environment, and the materials within it, recognises the need to consider, at the design stage of a project, the disassembly process and well as the construction process. Such consideration can be expressed as the need to design for disassembly." (Crowther, 2005)*

O Design for *Disassembly (DfD)* tem como foco a desconstrução do edifício no final do seu ciclo de vida. Os principais objetivos do *DfD* são projetar um edifício que seja facilmente desmantelado, tendo vista a otimização, reutilização, recondicionamento ou reciclagem dos materiais, componentes ou subcomponentes (Bogue, 2007). Este processo vem opor-se veemente aos tradicionais processos de demolição, em que os diferentes componentes do edifício não são separados. (Fig. 2.6)

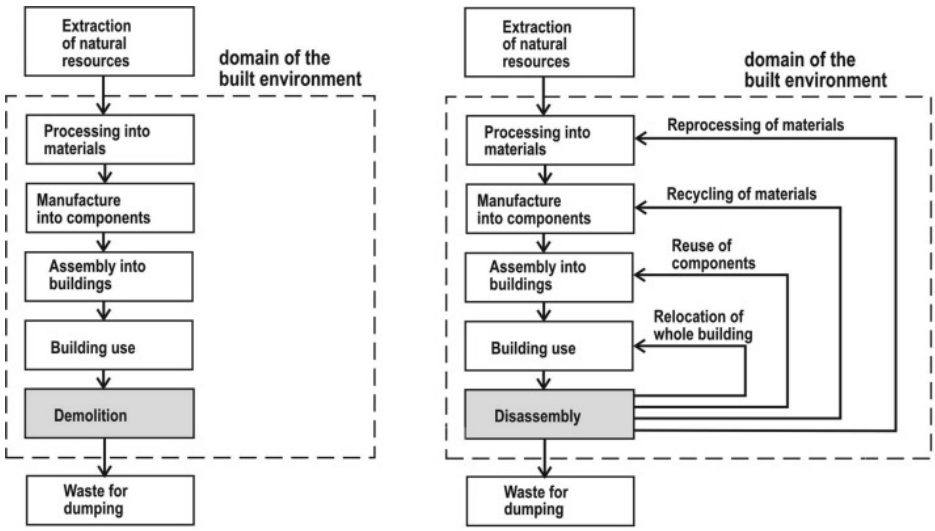


Fig. 2.6 – Comparação de processo de demolição linear e processo de desmontagem circular (Crowther, 2005).

O problema que se coloca no *DfD* é que, atualmente, a desmontagem de edifícios ainda enfrenta inúmeras barreiras técnicas. É extremamente complexo, e por vezes impossível, recuperar e reutilizar com sucesso componentes e materiais de edifícios atualmente em fim de vida. Essas barreiras derivam principalmente da prática de construção atual que encara a montagem de materiais e componentes como um processo unidirecional com o único objetivo final de produzir um edifício (Crowther, 2005).

> *"Designers need to acknowledge that these products will ultimately fail or become redundant and must be recycled rather that disposed of to landfill." (Bogue, 2007)*

Em suma, a metodologia *DfD* implica que os projetos sejam desenhados de raiz, desde a sua fase de conceção, pensando no final da sua vida. Crucial à fácil e sustentável desmontagem de um edifício é a escolher processos de construção e/ou montagem facilmente desagregáveis e principalmente a escolha de materiais o menos compostos possível.

Para Bogue (2007) a aplicação bem-sucedida da metodologia *DfD* depende da inclusão destas preocupações em três etapas críticas: 1) a seleção e uso dos materiais; 2) o desenho dos componentes e a arquitetura; 3) a seleção e uso de juntas, ligações e sistemas de fixação. A seleção dos materiais é uma das fases mais determinantes, uma vez que condicionam todas as restantes – os materiais devem ser recicláveis e não compostos, ou seja, na sua desmontagem deve ser possível desagregar todas as matérias-primas dos diferentes elementos construtivos. A arquitetura deve contribuir para uma fácil desmontagem do edifício com o objetivo de permitir a sua reciclagem no final do seu ciclo de vida. Por fim, o sistema de encaixe e fixação deve ser mecânico por forma a facilitar e reduzir o tempo do processo de desmontagem e separação dos diferentes materiais.

É importante salientar que o *DfD* não é simplesmente o contrário do *DfA*. Um sistema mais fácil de montar e mais económico pode ser difícil de desmontar (Bogue, 2007). Exemplo disso pode ser o uso de um sistema de fixação com colas fortes que permitem uma rápida montagem, mas que na hora de desmontar torna-se quase impossível o seu desagregamento. No entanto, existem naturalmente muitas semelhanças entre as duas metodologias. Isso verifica-se quando comparamos as regras de projeto

definidas por Bogue (2007) para aplicação de *DfD* na Fig. 2.7 com as anteriormente discutidas a propósito do *DfA*.

Fig. 2.7 – DfD regras de projeto (Bogue, 2007)

Factors affecting the disassembly process	Guides to improve disassembly
Product structure	Create a modular design
	Minimise the component count
	Optimise component standardisation
	Minimise product variants
Materials	Minimise the use of different materials
	Use recyclable materials
	Eliminate toxic or hazardous materials
Fasteners, joints and connections	Minimise the number of joints and connections
	Make joints visible and accessible, eliminate hidden joints
	Use joints that are easy to disassemble
	Mark non-obvious joints
	Use fasteners rather than adhesives
Characteristics of components for disassembly	Good accessibility
	Low weight
	Robust, minimise fragile parts
	Non hazardous
	Preferably unpainted
Disassembly conditions	Design for automated disassembly
	Eliminate the need for specialised disassembly procedures
	DFD with simple and standard tools

2.3.5. *PROJETO INTEGRADO, MULTIDISPLINARIEDADE E BIM*

A metodologia de Projeto Integrado (PI) defende a multidisciplinaridade e o trabalho colaborativo integrado como trunfo para a eficiência do setor da arquitetura, engenharia e construção. A falta de rentabilidade dos projetos, o seu elevado custo e a incompatibilidade entres as diferentes especialidades são as principais causas de conflitos e entraves ao desenvolvimento fluído e eficiente dos projetos, provocando uma muitas vezes uma relação tensa entres os diferentes intervenientes. Muitas vezes isto deve-se simplesmente à tentativa de otimização do trabalho por cada interveniente individualmente, gerando conflitos de interesse e empurrando para segundo plano os objetivos gerais do projeto, como um todo (Zhan, He e Zhou, 2013).

O principal fator de mudança da metodologia de Projeto Integrado é o envolvimento de todas as especialidades de num projeto em todas as fases do seu desenvolvimento, do primeiro diagnóstico, ao último detalhe da sua execução. Este processo pressupõe o acompanhamento integral de todo o projeto por todos os intervenientes, mas também a partilha de responsabilidades, o que estimula a participação e o diálogo constante entre todos os envolvidos. Estas vantagens no processo de trabalho, têm consequentemente impacto na qualidade do produto final – permite nomeadamente antecipar incompatibilidades entre as diferentes especialidades, aumentando assim a sua eficiência e rentabilidade.

A chave do sucesso deste processo de integração das diferentes partes do projeto é por fim a sua flexibilidade – ou seja, a capacidade de responder com eficácia e eficiência às mudanças que vão sendo necessárias implementar no projeto (Zhan, He e Zhou, 2013).

Neste contexto, o *Building Information Modeling (BIM)* é uma das ferramentas de apoio com mais impacto no sucesso da operacionalização de um Projeto Integrado.

> *"For effective collaboration among construction project participants, the use of Building Information Model (BIM) has become more common throughout the building life cycle." (Oh* et al.*, 2015)*

A maioria dos projetos complexos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) envolvem um processo de colaboração multidisciplinar. Até recentemente, a colaboração interdisciplinar em AEC ocorria com base na troca de desenhos 2D (Singh, Gu e Wang, 2011). À medida que os projetos de construção se tornaram maiores e mais complexos – principalmente devido à crescente introdução de sistemas tecnológicos também eles progressivamente mais complexos – a quantidade de informação que é necessário coordenar tem vindo a aumentar drasticamente. Atualmente, os elementos trocados entre colaboradores incluem também um vasto conjunto de dados (não gráficos) fundamentais à construção.

Derivado deste novo *modus operandi*, têm surgido vários problemas, nomeadamente a complexificação dos processos de colaboração e de partilha de informação entre os diferentes agentes do processo (Oh *et al.*, 2015).

O *Building Information Modeling (BIM)* surge neste contexto como resposta aos desafios impostos pelo novo paradigma de projetar, gradualmente mais digitalizado. Como a ferramenta necessária à transição processual que o atual contexto sócio-tecnológico impõe. Apresenta-se como uma plataforma colaborativa e agregadora para coordenar o trabalho no sector da construção de forma holística. Por outras palavras, o *BIM* é a base da transformação digital no sector da construção. Foi desenvolvido com base no princípio de armazenamento, e da gestão integrada de diversos dados produzidos ao longo do ciclo de vida de um edifício (Oh *et al.*, 2015).

O *BIM* é cada vez mais considerado uma Tecnologia da Informação (TI), que permite fazer *Projetos Integrados*, modelos 3D, simulações e principalmente a atualização constante dos dados dos edifícios (Singh, Gu e Wang, 2011). Ademais o *BIM* permite a associação de uma série de aplicações complementares que potenciam variadíssimas formas de manipulação das informações inseridas, dando outro significado à análise de projetos, verificações de erros ou gestão do edifício. O princípio de interligação e integração instantânea dos dados é a característica chave do *BIM* - a troca de informações pode circular constantemente entre as diferentes aplicações, sendo instantemente agregada e atualizada no modelo central. Esta característica é o que possibilita e potencia uma colaboração e o desenvolvimento do projeto simultaneamente distribuído e integrado. Sendo uma das características mais determinantes do DfMA a constante revisão e melhoramento do projeto, acrescentando continuamente nova informação, a possibilidade de fazer esses reajustes de forma interligada e partilhada entre todos os projetistas é fundamental para o sucesso da metodologia.

A colaboração multidisciplinar foi uma das potencialidades do *BIM* que começou a atrair cada vez mais atenção, tendo sido desenvolvidos servidores para o propósito. Exemplo disso é o *EDMmodelServerTM* que fornece uma plataforma para integração direta, armazenamento e troca de dados de várias disciplinas (Singh, Gu e Wang, 2011).

O *DFMA*, assim como o *Design for Maintenance* e o *Design for Dissassembly*, auxiliam-se de um amplo espectro de ferramentas e tecnologias. O objetivo básico destas metodologias é recorrer a processos que facilitem uma abordagem interligada ao longo de toda a cadeia de valor, abrangendo equipas de projeto, clientes, empreiteiros, fornecedores e fabricantes (Sinclair, 2013). O *BIM* assume um papel de destaque neste contexto, sendo, por excelência, um instrumento que permite reduzir o risco e o tempo de desenvolvimento dos projetos – princípios fundamentais da metodologia *DfMA*.

Mas Foster (2011) afirma que, apesar de a tecnologia BIM ter vindo a ser usada em diversas fases de projeto e construção, precisa de ser expandida a todo o ciclo de vida do edifício. Um dos grandes benefícios da ferramenta BIM é exatamente poder acompanhar e ser útil ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Facilita a multidisciplinaridade e reduz erros e custos na fase inicial de desenvolvimento do projeto. Mas também tem um excelente potencial como ferramenta de acompanhamento do processo de construção, pela facilidade em consultar, rever ou alterar os projetos de forma sistémica (BCA, 2016). A partir da Fig. 2.8 compreende-se o quão vastos podem ser esses benefícios. O BIM permite gerir o ciclo de vida completo de um edifício, todas as fases do ciclo de vida devem ser consideradas para melhorar o processo, incluindo as fases de manutenção e demolição também, de forma, a fornecer à industria da construção caminhos que melhorem a sustentabilidade ao longo do ciclo de vida (Muller *et al.*, 2019).

Fig. 2.8 – Potenciais benefícios do uso de BIM na Metodologia DfMA (BCA, 2016)

Tal como Yuan et al (2018) afirmam, ainda que empresas de arquitetura e engenharia possam ser uma parte dominante na equipa de projeto, estas devem cooperar com as outras duas partes, ou seja, os técnicos de fabricação e os de montagem (Gao, Jin e Lu, 2020).

> *"Todos as etapas do ciclo produtivo, desde a normalização, a certificação e projeto dos componentes, passando pela matéria-prima utilizada para a sua fabricação, pelos projetos arquitetónicos, estrutural e complementares, até a montagem e manutenção das edificações, ficam envolvidas. Desta forma, todos os intervenientes da cadeia produtiva são responsáveis pela busca do sucesso" (Greven, 2007)*

Apesar dos inquestionáveis benefícios do sistema *BIM,* importa ter sempre presente que o trabalho multidisciplinar não deve resultar numa sobreposição de camadas de especialidades, mas sim num processo comunicativo, de discussão e construção conjunta de soluções, entre pessoas com diferentes competências. Em última instância deve ser um processo que transcenda as diferentes disciplinas e seja reconhecível como um projeto uno: integrado. Apesar de o *BIM* potenciar esta filosofia, a sua concretização depende fundamentalmente da vontade de todos os intervenientes no projeto.

3
CASO DE ESTUDO

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo desenvolve-se a componente experimental da dissertação. O caso de estudo escolhido é um projeto no qual participei enquanto arquiteto e estudante do MPRINCE, inserido numa equipa multidisciplinar. O projeto visa a construção de equipamentos de apoio à prática náutica, nos Areinhos do Rio Douro, em Vila Nova de Gaia, encomendado pela GaiUrb. O projeto foi encarado como uma ferramenta de experimentação das metodologias: Projeto Integrado e DfMAMD.

Assim, o capítulo 3 – Caso de Estudo estrutura-se em seis subcapítulos:

- O presente subcapítulo *3.1 – Introdução*;
- O subcapítulo *3.2 – Enquadramento do Projeto,* onde se descreve o contexto em que o projeto foi desenvolvido, referindo a parceria entre a FEUP/MPRINCE e a GaiUrb;
- O *3.3 – Metodologia e Plano Experimental* onde se explicita como o projeto foi desenvolvido, salientando o processo de organização do trabalho e dos recursos humanos envolvidos.
- O *3.4 – Aproximação ao Projeto* é dedicado à análise da encomenda que define as premissas do projeto, análise essa que se estrutura em quatro pontos: lugar, programa, objetivos e desafios.
- No ponto *3.5 – O Projeto* apresenta-se o projeto (através de vários elementos: texto, desenhos diagramáticos, desenhos técnicos detalhados e imagens) e justifica-se as opções técnicas adotadas;
- No subcapítulo *3.6 – Processo e Metodologia* desenvolve-se uma reflexão sobre o processo de desenvolvimento do projeto. Cruza-se a componente teórica apresentada no Capítulo *2 Estado da Arte* com a metodologia explorada no estudo de caso, dando especial enfoque aos princípios subjacentes ao *DfMAMD.*
- Por fim, no ponto *3.7 – Conclusão* tecem-se as considerações finais.

3.2. ENQUADRAMENTO DO PROJETO

3.2.1. FEUP E MPRINCE

O projeto - caso de estudo desta dissertação - foi desenvolvido no âmbito da disciplina *Projeto Integrado II*. Esta unidade curricular, tal como o nome indica, visa o desenvolvimento de um Projeto Integrado, ou seja, promove a exploração da metodologia homónima através da articulação das várias especialidades envolvidas na construção de um edifício. A metodologia *Projeto Integrado* pressupõe, ademais, o estabelecimento de uma estreita ligação entre o processo de conceção e o processo da sua construção. Neste sentido a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto estabeleceu uma parceria com a GaiUrb por forma a que o desígnio da disciplina se baseasse num projeto real a ser edificado, e não num projeto hipotético. Isto permitiu que os estudantes do Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifício, explorassem a metodologia de Projeto Integrado de forma completa e real.

A turma de *Projeto Integrado II* foi organizada em equipas multidisciplinares: cada equipa incluiu um arquiteto e engenheiros civis. A equipa que integrei era composta por cinco elementos: Adiel Marinho da Silva Fialho (Eng. Civil), Ana Teresa Sousa (Eng. Civil), Igor Cariry Cabral de Melo (Eng. Civil), Luísa Andrade (Eng. Civil) e eu (Arquiteto). Enquanto único elemento do grupo formado em arquitetura, fui responsável pelo projeto de arquitetura e pela coordenação de projeto. Os projetos foram desenvolvidos ao longo do primeiro semestre 2020/21 (3º semestre letivo do MPRINCE), acompanhados pelo corpo docente da disciplina, também este multidisciplinar: a Professora Arquiteta Bárbara Rangel e o Professor Engenheiro Jorge Moreira da Costa. No final do semestre os projetos foram todos apresentados à GAIURB.

Esta disciplina permitiu explorar a metodologia de Projeto Integrado, tendo sido dado especial ênfase pela equipa de projeto à potencialidade do método para articular as diferentes especialidades. Esta abordagem estrutural à multidisciplinaridade – assente na articulação das diferentes disciplinas desde o diagnóstico ao planeamento da construção – permitiu apreender novas táticas para a realização de projetos mais eficientes e a agregação de qualidade ao resultado final.

3.2.2. GAIURB: O CLIENTE

A GAIURB - Urbanismo e Habitação é uma entidade empresarial municipal, constituída por decisão da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, que tem o objetivo de incrementar o sistema de gestão e planeamento territorial do município. Ao abrigo da sua missão de melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes através de uma política urbanística de excelência (GAIURB, 2020), a GAIURB determinou a construção de equipamentos de suporte à atividade náutica, nos areinhos de Vila Nova de Gaia. Esta iniciativa enquadra-se no projeto municipal Encostas do Douro criado em 2010, que visa a "a valorização ambiental e paisagística da frente ribeirinha do Rio Douro e a consequente criação de condições para a fruição pública daquela área de intervenção" (Câmara Municipal de Gaia, 2021). Estre os objetivos específicos do projeto Encostas do Douro estão a "Reabilitação e requalificação ambiental de áreas naturais notáveis" e a "Requalificação paisagística dos núcleos ribeirinhos antigos", onde se enquadram os areinhos.

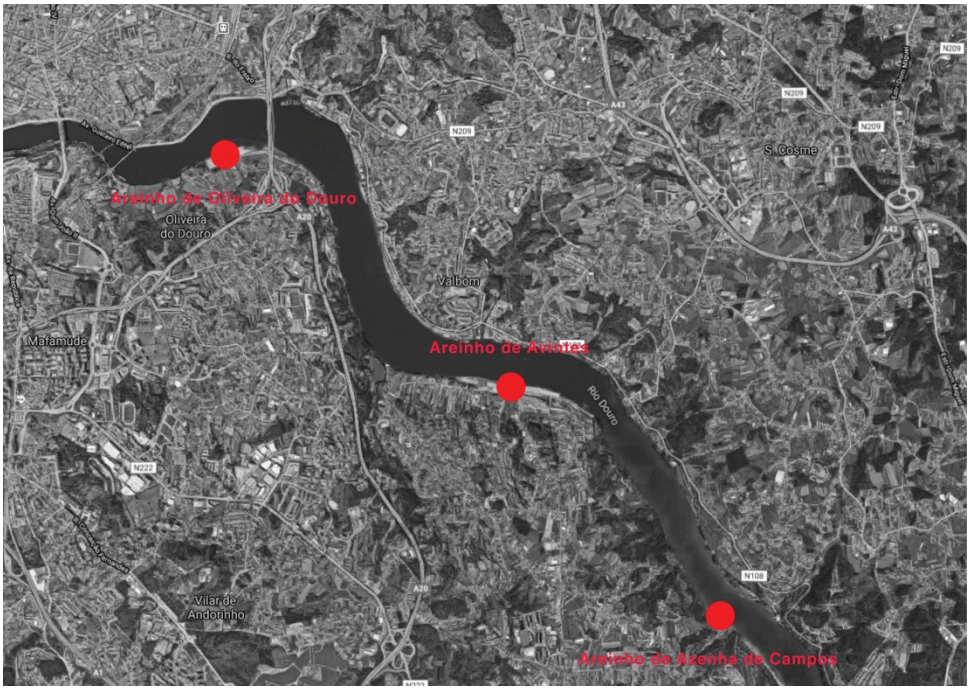


Fig. 3.1 - Localização dos Areinhos alvo deste projeto. (GaiUrb, 2020: 6)

É assim, neste contexto, que surge a parceria entre a FEUP e a GAIURB. Parceria esta que determinou que o projeto para a edificação dos Equipamentos de Apoio à Prática Náutica seria desenvolvido pelos estudantes do Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios.

3.3. METODOLOGIA E PLANO EXPERIMENTAL

Este caso de estudo parte da recusa da adoção de uma visão tradicionalista do desenvolvimento de um projeto de arquitetura, engenharia e construção. Ou seja, contraria-se a conceção de um projeto assente na sobreposição linear de fases de desenvolvimento: levantamento e diagnóstico → estudo prévio → licenciamento arquitetura → licenciamento especialidades → projeto de execução → construção. E, opomo-nos acima de tudo à desarticulação das diferentes especialidades e áreas disciplinares, cujo envolvimento no projeto acompanha a lógica sequencial das fases de desenvolvimento: é sequencial e fraturada.

Assim, este caso de estudo, assume-se como *Plano Experimental* metodológico, testando-se as potencialidades da articulação da metodologia Projeto Integrado (PI) com a metodologia Design for Manufacture and Assembly (DfMA), adaptada nesta dissertação como Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Disassembly (DfMAMD).

A metodologia de Projeto Integrado (PI) privilegia a multidisciplinaridade e o trabalho em equipa. Considera-se que o principal fator de mudança deste método é a incorporação de todas as especialidades envolvidas num projeto em todas as fases do seu desenvolvimento, do primeiro diagnóstico, ao último detalhe da sua execução. Nesta abordagem é dado destaque às vantagens da participação de todos os intervenientes no projeto de conceção, uma vez que permite prever à partida, de forma mais holística, todas as eventuais incompatibilidades entre os projetos das diferentes especialidades e a sua execução. Isto não isenta o papel de coordenador de projeto, antes pelo contrário, a sua importância é ressaltada. No entanto, o tradicional processo de coordenação de especialidades deixa de ser uma tarefa morosa e

conflituosa, passando a ser um processo mais fluido e eficiente. Na metodologia de Projeto Integrado, o coordenador tem a responsabilidade de envolver e estabelecer um diálogo profícuo entre todos os intervenientes do projeto, desde a fase inicial, visando a antecipação de eventuais problemas futuros. A escolha do coordenador deve ser feita em função da sua especialidade, refletindo a natureza e as necessidades específicas de cada projeto. Neste processo de coordenação, o Building Information Modeling (BIM) é a ferramenta que permite a gestão simultânea e a convergência de todas as especialidades. Centraliza constantemente e em simultâneo toda a informação de um projeto, extinguindo a tradicional tarefa de sobreposição em diferentes tempos dos diferentes *layers* das diferentes especialidades, com diferentes representações.

A metodologia de Projeto Integrado permite por isso, não só a otimização do processo de desenvolvimento do projeto, economizando-se tempo em recursos em falsos avanços, mas reduz também a imprevisibilidade do processo, propiciando um controle mais preciso sobre a qualidade do resultado final (a obra). Este caso de estudo serviu de base à experimentação desta metodologia, tendo sido atribuído papel de coordenador à arquitetura dada a natureza do projeto em causa. Deste processo pode-se extrair as vantagens enunciadas, ressaltando-se entre estas a potencialidade de incremento da qualidade do projeto. Defende-se aqui que a qualidade de um projeto está diretamente relacionada com a simplicidade que cumpre todos os seus desígnios, e a metodologia de Projeto Integrado é acima de tudo a ferramenta que o proporciona.

Se a metodologia de Projeto Integrado foi, acima de tudo, explorada durante as aulas que acompanharam o desenvolvimento do projeto, a metodologia Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Disassembly (DfMAMD) assume um papel central nesta dissertação.

Assim, ademais da revisão teórica deste método acima apresentado, neste capítulo é exposta a sua aplicação ao caso de estudo. Explicita-se nomeadamente como o projeto é repensado e desenvolvido em torno do seu ciclo de vida completo – desde a conceção ao seu desmantelamento –, obrigando ao constante questionamento da informação do edifício face à introdução de novos dados. Na aplicação desta metodologia ao caso de estudo destaca-se a circularidade do processo – marcado pelo avanço e recuo constantes - que contraria radicalmente a visão linear tradicional. Circularidade esta que visiona a eficiência do projeto a longo prazo – não só centrada no processo de desenvolvimento e construção do projeto, mas também no processo de utilização e desconstrução do edifício.

Considera-se que este *Plano Experimental* metodológico, em última instância, permitiu-nos explorar o significado da sustentabilidade na construção.

3.4. APROXIMAÇÃO AO PROJETO

3.4.1. O LUGAR

O projeto, alvo deste estudo, implantar-se-á nos areinhos de Vila Nova de Gaia, que surgem na encosta sul do Rio Douro próximos da sua foz. A encomenda destina-se a três localizações distintas: o Areinho de Oliveira do Douro, o Areinho de Avintes (2 módulos) e o Areinho de Azenha de Campos. Integrados na ARU das Encostas do Douro trata-se de:

> *"uma área caracterizada por um elevado valor natural, ecológico e paisagístico, pelo seu património de notável referência, designadamente, as quintas, os seus conjuntos arquitetónicos, o seu património rural constituído por edifícios e património vernacular, os seus núcleos históricos ribeirinhos, alguns já bastante descaracterizados, os seus jardins, matas e florestas, os seus parques espalhados pela área territorial, pelo seu posicionamento geoestratégico no contexto metropolitano e pela proximidade ao rio Douro, como elemento unificador de todo este território." (GAIURB, 2021)*

Todos aqueles areinhos partilham a sua condição espacial - a relação com o rio. Têm, no entanto, algumas particularidades morfológicas que os distinguem, nomeadamente a variação da profundidade do areal, a relação do areal com os acessos e o carácter urbano ou natural da envolvente que o circunda. Esta variação entre semelhantes é uma das condicionantes do projeto à qual foi necessário dar resposta. O módulo encomendado, apesar de cumprir sempre a mesma função nas diferentes localizações, deverá ser adaptável a estas diferenças morfológicas. Ou seja, este é um projeto que se pretende que seja simultaneamente adaptável e contextualizado.

No entanto, foi estabelecido que o lugar protótipo para implantar o primeiro módulo seria o Areinho de Oliveira do Douro. Por isso, foram as particularidades morfológicas específicas deste areinho que serviram de base ao desenvolvimento dos detalhes da implantação do módulo apresentado nesta dissertação.

O Areinho de Oliveira do Douro é, entre todos os referidos, o que se encontra mais perto da foz do rio. Localiza-se entre duas pontes: a ponte ferroviária de São João e a ponte rodoviária do Freixo. Tem um areal amplo e profundo em comparação com os outros areinhos, apesar de estas dimensões serem, obviamente e tal como todos os restantes, suscetíveis à oscilação do nível da água. O areal apresenta um ligeiro desnível inclinado em direção ao rio, no entanto, o ponto de contacto entre o areinho e a via urbana é praticamente complanar. Esta continuidade entre o espaço urbano e o natural que se verifica no Areinho de Oliveira do Douro é uma característica do lugar extremamente positiva para se estabelecer uma dinâmica fluida entre as dinâmicas sociais próprias dos dois espaços. O percurso pedonal nesta margem do Rio Douro pode ser feito de forma fluida e intercalada entre o passeio e o areal, incentivando ao uso do areal não só de forma premeditada e por longos períodos de tempo, mas também mais casual e pontual.

Ademais, o perfil da rua contígua ao Areinho foi alvo de requalificação recente e é muito interessante. A via para circulação rodoviária é ladeada dos dois lados por uma cortina de árvores que a isola dos passeios e da ciclovia. O que está diretamente em contacto com o Areinho é o percurso ciclo-pedonal, e, deste modo, as árvores minimizam o impacto da circulação automóvel na praia. Acresce ainda o facto de a rua ter uma circulação rodoviária baixa. Ou seja, pode observar-se que as condições da envolvente favorecem a prática balnear e outras atividades de lazer.

Fig. 3.2 - Perfil da rua confrontante com o Areinho de Oliveira do Douro - cortina de árvores. (imagem do google maps, consultada em 06-07-2021)

Fig. 3.3 - Perfil da rua confrontante com o Areinho de Oliveira do Douro - zona com árvores recentemente plantadas aquando do projeto de requalificação urbana. (arquivo da equipa do projeto, 2020)

Fig. 3.4 - Efeito da cortina de árvores no Areinho. Visita de grupo ao local - alguns elementos do grupo de trabalho. (arquivo da equipa do projeto, 2020)

A morfologia urbana que enquadra este areinho é de baixa densidade: edificações dispersas e com um a dois andares. E, contrariamente à paisagem mais típica desta encosta, o terreno que envolve este areinho tem um relevo muito pouco acentuado. Características que reforçam a continuidade e confluência entre o espaço urbano e a praia.

Fig. 3.5 - Envolvente urbana do Areinho de Oliveira do Douro. (imagem do google maps, consultada em 06-07-2021)

Esta paisagem envolvente é encerrada pela estrada A44 que deriva da estrada A22 - Ponte do Freixo. Estas vias emolduram e têm uma forte influência na caracterização da paisagem urbana do Areinho de Oliveira do Douro. A oeste as pontes ferroviárias de São João e Dona Maria compõem a paisagem, no entanto o impacto (funcional - sonoro) não é tão determinante como o causado pela Ponte do Freixo.

Fig. 3.6 - Envolvente urbana do Areinho Oliveira do Douro: vista Este - Ponte Freixo. (arquivo da equipa do projeto, 2020)

Fig. 3.7 - Envolvente urbana do Areinho Oliveira do Douro: vista Oeste - Pontes de São João e Dona Maria. (arquivo da equipa do projeto, 2020)

As premissas deste projeto derivam todas, em última instância, do lugar de implantação destes equipamentos. Da mesma forma que o que molda as várias fases de um projeto DfMAMD é, derradeiramente, as especificidades do lugar de implementação de cada projeto.

Fig. 3.8 - Vista panorâmica do Areinho de Oliveira do Douro para o Porto. (arquivo da equipa do projeto, 2020)

3.4.2. O PROGRAMA

Além das premissas do contexto, impõem-se os pressupostos funcionais. A encomenda define que deverá ser construído um (pequeno) equipamento de suporte à prática desportiva náutica. No entanto, adicionalmente, determina que esse mesmo edifício também deverá dar suporte à prática balnear. Ou seja, pede-se um duplo-programa condensado num único e pequeno edifício.

A principal função do edifício é albergar os barcos destinados a desportos fluviais e dar assistência a essas atividades, nomeadamente com a criação de um pequeno balneário e instalações sanitárias. Adicionalmente, prevê-se a existência de uma copa e uma esplanada.

A tabela abaixo descreve detalhadamente o programa a cumprir. O programa deve servir para dimensionar cada espaço, no entanto, o cliente salienta que o edifício deve ser pequeno, com pouco impacto no contexto, e deve respeitar o orçamento previsto: 100.000€ para a execução do protótipo.

LOCAL	ÁREAS MÍNIMAS (m²)	REQUISITOS
Armazém	25	Estantes para canoas, caiaques, padel, e outros
2 Balneários		Separação por género Preparado para pessoa com mobilidade condicionada Espaço para uma turma de 10 a 15 alunos e 5 assistentes • 20 Cacifos • 15 Bancos • 3 Lavatórios • 3 Duches • 1 wc com sanita
Sanitários		Separação por género Preparado para pessoa com mobilidade condicionada Aberto para o exterior
Copa	2,5	Balcão com 4 módulos de 60 superiores e inferiores contendo: • Pia • Frigorifico • Máquina de café • Maquina para sumos • Arrumação • Máquina para lavagem de chávenas
Espaço de esplanada		4 a 6 mesas de 4 pessoas

Fig. 3.9 - Quadro programático. (Moreira da Costa & Rangel, 2020)

Mas, tal como referido no ponto *3.2.2,* este projeto integra um projeto municipal mais amplo. Nomeadamente o Areinho de Oliveira do Douro e a sua envolvente próxima foram alvo de remodelações e requalificação Paisagística e Ambiental, em 2015. O arruamento foi repavimentado, as áreas de lazer foram tratadas e renaturalizadas e interveio-se nas redes públicas - abastecimento de água, drenagem de águas pluviais e residuais domésticas, distribuição de energia elétrica e iluminação, e telecomunicações (GaiUrb, 2020). O módulo de apoio à prática náutica virá assim colmatar estas intervenções e acompanhar nomeadamente a dinamização e atratividade promovidas pelo passadiço ciclo-pedonal entre Quebrantões e o Areinho de Oliveira do Douro, recentemente inaugurado. Assim, depreende-se que o programa deste módulo deve ser interpretado de forma integrada, como parte de uma operação programática maior: uma área com diversas atratividades que se interligam e em conjunto conformam uma área de lazer de excelência. Ou seja, o programa destes equipamentos não deve ser trabalhado isoladamente, apenas ensimesmado apenas na funcionalidade do edifício, mas deve responder também, de forma integrada, ao programa de refuncionalização e dinamização do território em que se inserem.

Fig. 3.10 - Passadiço ciclo-pedonal e requalificação paisagística-ambiental do Areinho Oliveira do Douro. (GaiUrb, 2020: 9

Fig. 3.11 - Passadiço ciclo-pedonal entre Quebrantões e o Areinho de Oliveira do Douro. (GaiUrb, 2020: 12)

3.4.3. Os Objetivos

Indexados aos pressupostos funcionais destes módulos estão os objetivos - ou seja, as razões da sua construção. A primeira e mais direta razão da construção dos módulos é a necessidade de apoiar e desenvolver a prática náutica neste território. No entanto, derivado deste objetivo a GAIURB (2020) destaca outras potencialidades que devem ser exploradas: a promoção do desporto no geral, a promoção da coesão social através do desporto e a promoção e suporte da atividade balnear ao longo de todas as estações. Todos os anteriores levam direta ou indiretamente ao objetivo de valorização do património hídrico e promoção de uma relação territorial, ambiental e social mais profícua com o rio Douro. Adicionalmente são realçadas pela GAIURB duas condições-objetivo: estes equipamentos devem ser espaços de convívio intergeracional e com acessibilidade universal.

Mas, os objetivos da edificação destes módulos não estão somente relacionados com o seu programa funcional. Como já foi referido anteriormente, esta iniciativa integra o projeto municipal *Encostas do Douro* e por isso os módulos a edificar são, em última instância, um dos veículos de operacionalização e materialização dos objetivos mais holísticos deste projeto municipal. O projeto *Encostas do Douro* tem como principal objetivo:

> *"ser um polo de atração da Área Metropolitana do Porto, procurando-se incrementar um modelo de desenvolvimento do território capaz de valorizar as suas potencialidades, aliando-se a natureza singular da sua paisagem, à riquíssima história, património e identidade desta região, procurando-se com isso criar condições para gerar novas oportunidades, novas políticas de competitividade territorial, de integração social, de inovação económica e de animação cultural, fomentando a oferta articulada de funções e valências, as quais poderão servir como âncoras de desenvolvimento em toda esta área territorial." (GAIURB, 2021: 3)*

Para atingir este objetivo a GAIURB estabelece três eixos estratégicos: 1 - Criar condições para tornar esta área um território mais atrativo e dinâmico; 2 - Tornar este território mais ordenado e sustentável; 3 - Território mais acessível, aberto e funcional. Da análise destes três pontos concluímos que os Módulos de Apoio à Prática Náutica é uma ação que incorpora todos os eixos, mas é, acima de tudo, e de forma mais direta, um instrumento de materialização do primeiro eixo estratégico:

> *"Criar condições para tornar esta área um território mais atrativo e dinâmico: A atratividade passará pela recuperação e requalificação dos núcleos urbanos ribeirinhos existentes e a requalificação ambiental e paisagística das áreas naturais existentes, proporcionando condições para a instalação de projetos âncora relacionados com o turismo, o entretenimento e o lazer, orientados para um contacto mais direto com a natureza e seus valores, atraindo um público mais diversificado."(GAIURB, 2021:5)*

Este compromisso entre o projeto dos Módulos e os objetivos da ARU das Encostas do Douro torna-se claro quando esta estipula que: "qualquer intervenção programada nesta área [ARU Encostas do Douro] deverá pressupor a requalificação formal e funcional do espaço público" (GAIURB, 2021: 3). Ou seja, tal como se tem vindo a refletir ao longo deste capítulo, concluímos que um dos principais objetivos deste projeto é desenhar uma estratégia de intervenção integrada que tenha em consideração o território como um todo e não apenas o funcionamento interno do edifício. Enfim, a qualidade do conjunto deverá resultar da diversidade integrada, preservando-se o "caráter unificador paisagístico (...) onde o rio Douro se mantém como elemento estruturante da paisagem" (GAIURB, 2021: 2).

Por fim, importa salientar que, de entre todos estes objetivos, as preocupações com a requalificação paisagística e ambiental têm grande relevância para o desenvolvimento do projeto deste módulo. Essas preocupações são inclusive uma das premissas estabelecidas pelos docentes da Unidade Curricular que enquadrou o desenvolvimento deste projeto. Foi-nos solicitado que o projeto tivesse como referência

um edifício nZEB (near Zero Energy Building), ou seja com um desempenho energético quase nulo. Nesse sentido, um dos principais objetivos deste projeto foi a recolha dos requisitos nZEB a alcançar e o desenvolvimento de uma estratégia de otimização energética de acordo com os requisitos nZEB.

3.3.4. Os Desafios

Os desafios derivam, naturalmente, da dificuldade em implementar os objetivos. De entre estes destacam-se os objetivos relativos à preservação dos valores naturais e ambientais. Os Módulos que se pretende edificar nos Areinhos de Vila Nova de Gaia não são apenas um programa, são também uma infraestrutura. Ou seja, são um objeto materializado com impacto na paisagem e no ambiente - como ademais é qualquer projeto de construção civil. A construção civil é uma das indústrias com mais impacto ambiental, pelo que hoje é imperativo internalizar as suas consequências ambientais nos projetos de arquitetura e/ou engenharia. A esta dificuldade inerente a qualquer projeto, aqui junta-se o facto de esta área ser particularmente sensível. O elevado valor natural, ecológico e paisagístico que caracteriza este território e lhe confere várias potencialidades e oportunidades, é também o que acrescenta dificuldade ao desenvolvimento do projeto. Os areinhos integram a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN), sendo necessário cumprir todas as normas adicionais impostas por estas classificações do solo, e estando o projeto sujeito ao parecer vinculativo da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Assim um dos principais desafios deste projeto é desenvolver um módulo com reduzido impacto no local que garanta nomeadamente a salvaguarda da fauna e flora destas paisagens naturais.

Adicionalmente, evidencia-se o facto de estas zonas serem ameaçadas pelas cheias nas marés de inverno (ou derivadas da abertura de emergência repentinas das barragens a montante no Rio Douro) e serem áreas de máxima infiltração. Isto impõe um grande desafio ao projeto: a possibilidade de se montar e desmontar rapidamente em caso de emergência. Esta condicionante acarreta inúmeros desafios estruturais, infraestruturais.

A nível estrutural impõe-se uma solução que permita a movimentação ágil do edifício para uma cota mais alta ou transporte e armazenamento. O principal desafio aqui é encontrar o balanço entre uma estrutura leve e pequena o suficiente para ser deslocada; e simultaneamente ser resistente e ampla o suficiente para suportar o seu uso a longo-prazo e resistir à humidade constante do lugar, e para aguentar o impacto da água sem sofrer danos que comprometam o funcionamento e segurança do edifício. Ou seja, o repto é o equilíbrio entre dar resposta a episódios extremos hipotéticos e pontuais (as cheias), e dar resposta às condicionantes constantes e permanentes do lugar.

Infraestruturalmente o desafio é semelhante: por um lado as ligações às redes de infraestruturas públicas (eletricidade, águas e saneamento) terão que permitir uma desmontagem rápida, sem comprometer o pleno funcionamento da rede do edifício nem da rede pública; por outro lado as soluções nZEB implicam geralmente infraestruturas de maior dimensão (como por exemplo os painéis solares ou reservatórios para recolha de águas pluviais). Ou seja, a nível infraestrutural é, do mesmo modo, o desafio é encontrar um equilíbrio entre dar resposta à emergência das cheias e desenhar um edifício com um uso quotidiano sustentável a curto e a longo-prazo.

3.5. O PROJETO

3.5.1. PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO

A encomenda da GAIURB estabelecia que o módulo a desenvolver deveria ser um duplo-programa: um (pequeno) equipamento de suporte à prática desportiva náutica e um (pequeno) equipamento de suporte à prática balnear. A articulação destes dois programas, aparentemente perfeitamente compatíveis, demonstrou-se um desafio pela reduzida dimensão pré-estabelecida para o edifício. Deste modo, a harmoniosa coexistência de várias funções numa área extremamente reduzida fixou o conceito programático do edifício: um concentrado plurifuncional.

Este conceito define-se a partir da organização formal-programática: um edifício com um só piso e desenhado "de fora para dentro". Ou seja: nos dois topos opostos desenham-se os espaços operacionais de cada programa e une no centro desenha-se um espaço de fusão desses. No centro, canoas e mesas de esplanada animam em conjunto um espaço exterior, dotando o edifício com uma atmosfera de lazer náutico-balnear (Fig. 3.12).

Este espaço central, além de fundir as duas funções, funde-se ainda com o espaço público envolvente. Funciona como uma espécie de praça (prolongamento do passeio da marginal) que reforça a estreita relação entre o areal e a rua - entre o urbano e o natural. Esta abordagem tem como objetivo convidar quem percorre o espaço público a entrar no edifício. Em última instância, o edifício, em particular esta *praça* exterior, pretende reforçar a estreita relação entre as atividades balneares e náuticas no areinho e as atividades de lazer no espaço urbano envolvente. Intenção esta que, como vimos no capítulo anterior, está já patente do desenho urbano da envolvente, recentemente qualificada.

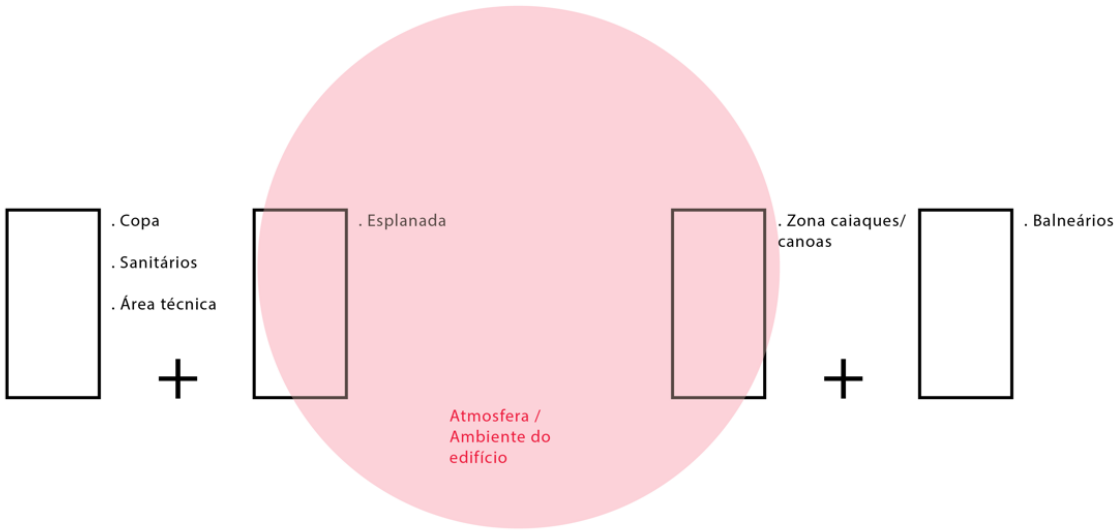


Fig. 3.12 – Esquema concetual-programático do projeto.

A ligação fluida que se procurava entre o espaço público e o edifício definiu naturalmente o local de implantação dos edifícios: sempre próximo e paralelo à rua confrontante com o areinho (Fig. 3.13). Mas ainda que próximo da rua, este módulo implanta-se, assumidamente no areal. A entrada no edifício pretende-se fluída, mas uma vez dentro dele, pretende-se que a atmosfera dominante seja a da prática náutica e balnear. Em suma, o módulo é um volume charneira que tem o objetivo máximo de tornar o diálogo urbano-natural mais intenso e profícuo.

Fig. 3.13 – Planta de implantação do módulo no Areinho de Oliveira do Douro.

Ademais, a implantação destes módulos não é apenas bidimensional, funcional e simbólica. É também tida em consideração a topografia-*tipo,* comum aos vários areinhos alvo deste projeto. Tirando partido do ligeiro desnível (e variável) que existe entre as ruas e o areal, o edifício eleva-se ligeiramente do solo, através de pés com altura regulável (adaptável a diferentes areinhos), permitindo que a cota piso do edifício seja sempre complanar à cota de piso do passeio confrontante. (Fig 3.14)

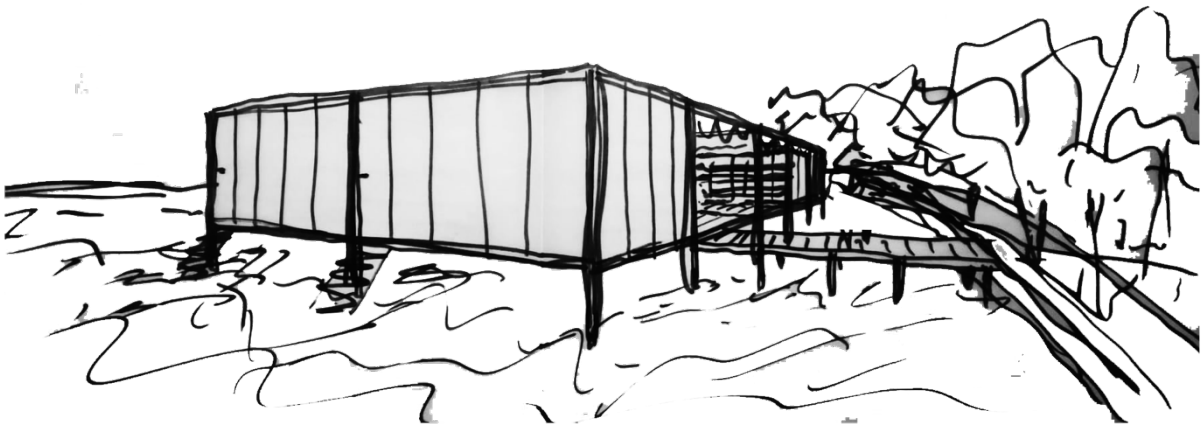


Fig. 3.14 – Esquiço da relação do edifício com a envolvente urbana.

Assim, com base nestas premissas concetual-programáticas, o edifício desenvolve-se segundo uma grelha modular com cinco módulos: dois módulos *operacionais* interiores nos topos, e três módulos exteriores abertos no centro, que configuram a *praça*. (Fig. 3.15)

Os módulos organizam-se segundo uma lógica transversal ao areal (setas azuis). Esta lógica visa cumprir o princípio concetual estabelecido para o edifício: ser o um ponto simultaneamente de transição e de união entre a rua - uma zona de passagem mais formal – e o areal – um espaço de estar mais informal. Ou seja, o espaço de estar - a *praça* - não vira as costas à envolvente urbana, como é habitual neste tipo de equipamentos. Contraria-se uma visão meramente idílica do módulo enquanto lugar de contemplação, em detrimento de uma visão integradora, que convide ao uso dinâmico deste espaço e promova a simbiose do espaço urbano e do natural - característica fundamental destes areinhos.

Paralelamente, os módulos *operacionais* organizam-se numa lógica perpendicular à anterior: abrem-se para o interior, para a *praça.* Esta inversão da lógica visa concentrar neste espaço exterior aberto todas as principais atividades, tornando-o um espaço dinâmico.

Em suma, a lógica organizacional do edifício é transversal em relação à envolvente, e centrípeta em relação ao seu interior, tendo como ponto focal a *praça*.

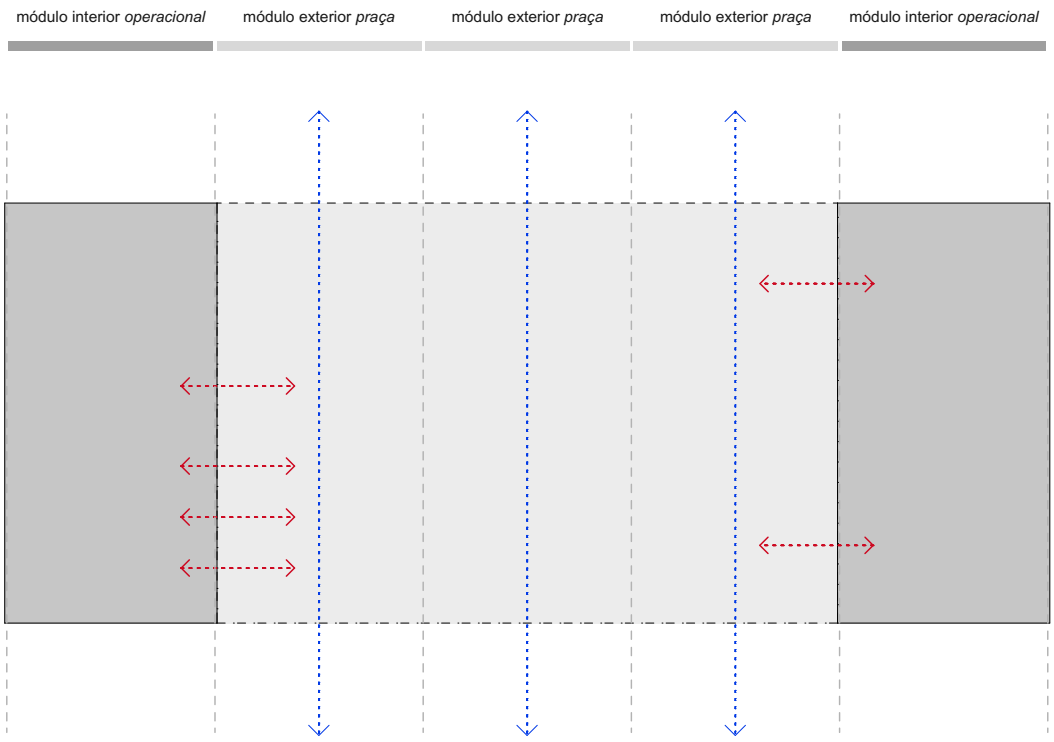


Fig. 3.15 – Planta diagramática concetual do módulo.

Cada módulo tem uma dimensão de 5,1m por 10,20m. Além da distinção entre módulos interiores e módulos exteriores, os módulos também se distinguem programaticamente.

Os módulos *operacionais* destinam-se a acolher os dois programas interiores encomendados: num módulo (à esquerda) a copa, a área técnica e as instalações sanitárias de apoio à prática balnear; no outro (direita) os balneários e as instalações sanitárias de apoio à prática desportiva náutica. Os dois programas fundem-se no centro, numa única zona exterior multifuncional: a *praça.* Aqui desenha-se uma esplanada, uma zona de arrumação de caiaques e outros equipamentos de apoio à prática náutica desportiva, e é também a área de distribuição programática (o *hall de entrada*) onde confluem todos os acessos. (Fig. 3.16)

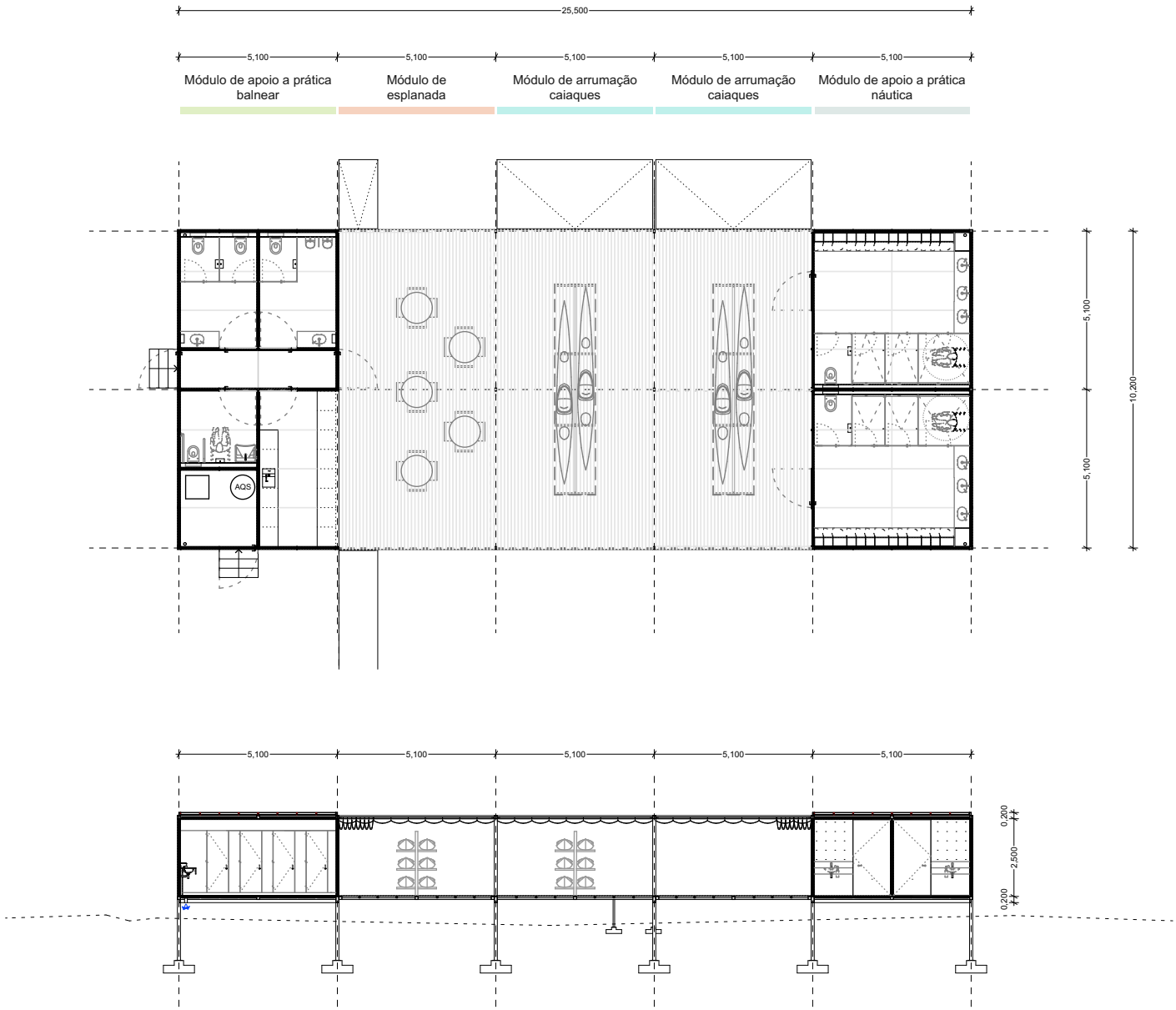


Fig. 3.16 – Planta e Corte de arquitetura do edifício

O **módulo interior de apoio à prática balnear** é composto por uma copa, uma zona de sanitários com separação de género e um sanitário preparado para pessoas de mobilidade condicionada, todos estes articulados por um corredor interior. Adicionalmente, este módulo incorpora uma área técnica, mas esta é apenas acessível pelo exterior.

A copa tem uma área de 12m2, com dois balcões de trabalho distanciados entre si 1,2m. Estes contêm todo o equipamento necessário ao funcionamento de um pequeno bar - pia, frigorífico, máquina de lavar, máquina de café, máquina de sumo e arrumação. A copa abre-se sobre a *praça* estando um dos balcões contínuo à esplanada, permitindo servir os clientes diretamente.

A zona dos sanitários é acessível por um corredor de distribuição com 1,2m de largura. Este corredor contempla duas portas, permitindo o acesso aos sanitários através da zona da esplanada ou diretamente a partir do areal. Os sanitários masculino e feminino têm uma área de 8,7m2 cada um. O feminino contém duas cabines sanitárias e um lavatório, enquanto o masculino tem uma cabine, dois mictórios, e também um lavatório. O sanitário para pessoas com mobilidade condicionada tem 6m2, contendo uma sanita e um lavatório adaptados, e um espaço livre que permite a rotação 360º de uma cadeira de rodas.

A área técnica tem uma área de 6m2, onde é possível manter todo o equipamento necessário para o funcionamento do edifício, nomeadamente tanque de água, bomba de calor, quadro elétrico, sistema de alarme e conversores dos fotovoltaicos.

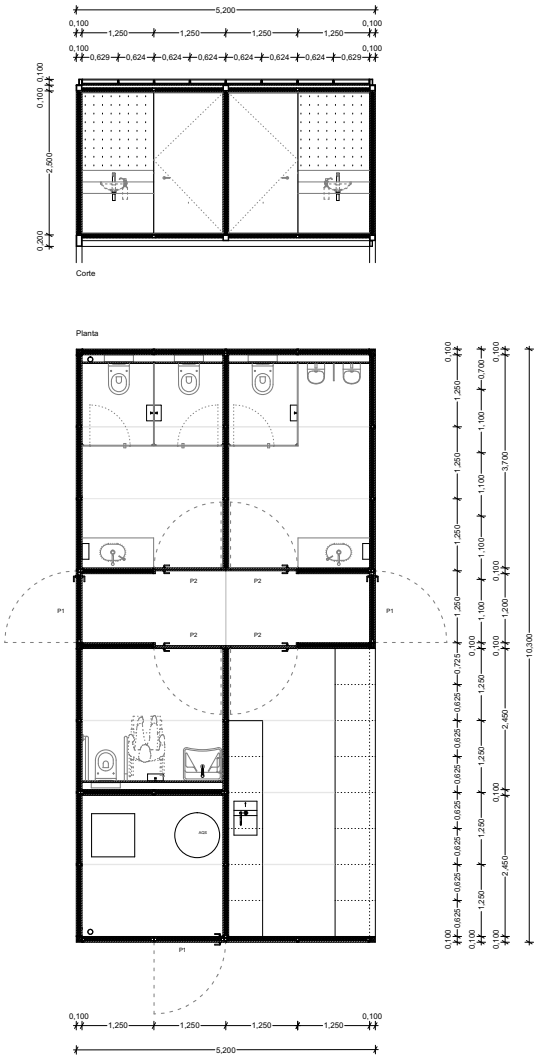


Fig. 3.17 – Planta e Corte do módulo interior de apoio à prática balnear.

O **módulo interior de apoio à prática náutica** é composto por dois balneários iguais: um masculino e outro feminino. Os balneários têm ambos 24m2, cada um contém uma cabine sanitária, duas cabines de chuveiro, uma cabine de chuveiro para pessoas com mobilidade reduzida, três lavatórios e onze cacifos individuais. O acesso a estes espaços é feito diretamente a partir do espaço exterior de arrumação de caiaques.

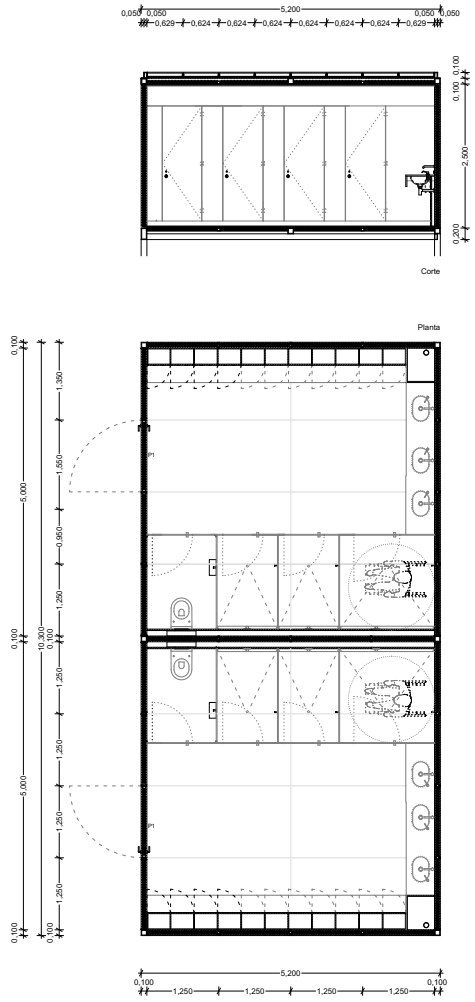


Fig. 3.18 – Planta e Corte do módulo interior de apoio a prática náutica.

O **módulo exterior da esplanada** é um espaço ao ar livre com 52m2 que permite colocar as mesas de esplanada de apoio à pratica balnear. A sua posição junto ao módulo interior de apoio à prática balnear, permite o fácil acesso e circulação entre a esplanada e a copa. Este espaço tem um sistema de sombreamento e de proteção da chuva que permite abrir ou fechar em função da necessidade.

O **módulo exterior de arrumação de caiaques** é o único que se repete. São dois módulos contíguos com a mesma função e em conjunto tem 104m2. Têm o mesmo sistema de sombreamento e proteção da chuva que o módulo da esplanada, mas, adicionalmente, contêm duas estruturas fixas para guardar e fazer a manutenção das canoas.

[Nota: Todas as peças desenhadas apresentadas ao longo deste capítulo – 3.5. Projeto - encontram-se redimensionadas e apresentadas à escala, no anexo A, onde poderão ser lidas com mais detalhe.]

A abordagem concetual do edifício é enfim o reflexo de uma leitura crítica de todos os desígnios da encomenda. É a busca por uma solução programaticamente rigorosa, mas simultaneamente sensível à paisagem a preservar e a potenciar.

> *"A ARU das Encostas do Douro integra disciplinadamente a morfologia da paisagem urbana, física, cultural, arquitetónica espacial como um todo no processo de conhecimento do território, numa simbiose entre continuidade e rutura, tradição e modernidade, entendendo a sua realidade atual como símbolo de diversidade e de transformação ao longo do tempo." (GAIURB, 2021)*

Fig. 3.19 – Fotomontagem 3D do edifício implantado no areal do Areinho de Oliveira do Douro.

Ademais, o conceito apresentado foi concebido tendo em consideração as outras premissas da encomenda, nomeadamente: o reduzido impacto ambiental, a possibilidade de se montar e desmontar rapidamente em caso de emergência, e a limitação orçamental.

Este postulado - um edifício ecológico, resistente, adaptável, amovível e de baixo custo - definiu à partida a estratégia necessária para se intervir nesta paisagem: um projeto compacto e eficiente, com estrutura modular leve, resistente à água e à humidade, e com uma lógica de implantação flexível e pouco invasiva. O se poderá verificar ao longo dos próximos capítulos, onde serão apresentadas e justificadas todas as opções técnicas do projeto.

Poderá concluir-se enfim, que o edifício foi desenhado como um sistema único visando o "equilíbrio entre a linguagem arquitetónica e a eficiência da utilização do edifício em serviço" (FEUP, 2021)

3.5.2. ACESSIBILIDADES

A legislação portuguesa determina que todas as construções novas devem garantir e assegurar os direitos das pessoas com mobilidade reduzida, isto é, de todas as "pessoas em cadeiras de rodas, pessoas incapazes de andar ou que não conseguem percorrer grandes distâncias, pessoas com dificuldades sensoriais, tais como as pessoas cegas ou surdas, e ainda aquelas que, em virtude do seu percurso de vida, se apresentam transitoriamente condicionadas, como as grávidas, as crianças e os idosos". Este direito está determinado no decreto-lei 163/2006 que estabelece o regime de acessibilidades aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, à via pública e a edifícios habitacionais. Assim sendo, a aplicação deste diploma foi também uma premissa contemplada na elaboração do projeto. (Fig. 3.20)

O piso do edifício encontra-se à mesma cota que o passeio de acesso. A ligação entre o edifício e o passeio é feita através de um passadiço plano com 1,2m de largura, permitindo que uma pessoa de cadeira de rodas consiga fazer uma rotação de 180º graus e inverter o sentido. Imediatamente a seguir à entrada/saída no edifício, é desenhado um espaço livre que permite uma manobra completa (360º).

No espaço exterior do projeto – a *praça* - todos os espaços são acessíveis, permitindo a qualquer pessoa de mobilidade reduzida circular e aceder aos diferentes programas. As portas para os diferentes espaços interiores são todas acessíveis a partir deste espaço exterior amplo e cumprem as dimensões mínimas estipuladas: 1,1 m de largura por 2,60 de altura, livres.

A instalação sanitária para pessoas com mobilidade reduzida é acessível a partir de um corredor com 1,2m de largura. O interior da instalação sanitária tem uma dimensão de 2,45m por 2,3m, onde será instalado um lavatório acessível que não interfere com a área de transferência para a sanita, e uma sanita acessível com barras de apoio rebatíveis na vertical. Após a instalação de todos os aparelhos sanitários é possível inscrever uma zona de manobra de 360º, com um raio de 1,50 m.

Os balneários têm um espaço central livre que permite uma manobra de 360º, concedendo também o acesso aos cacifos e às cabines de duche. Será instalada uma cabine de duche maior, com dimensões regulamentares que permite o seu uso por pessoas com mobilidade reduzida.

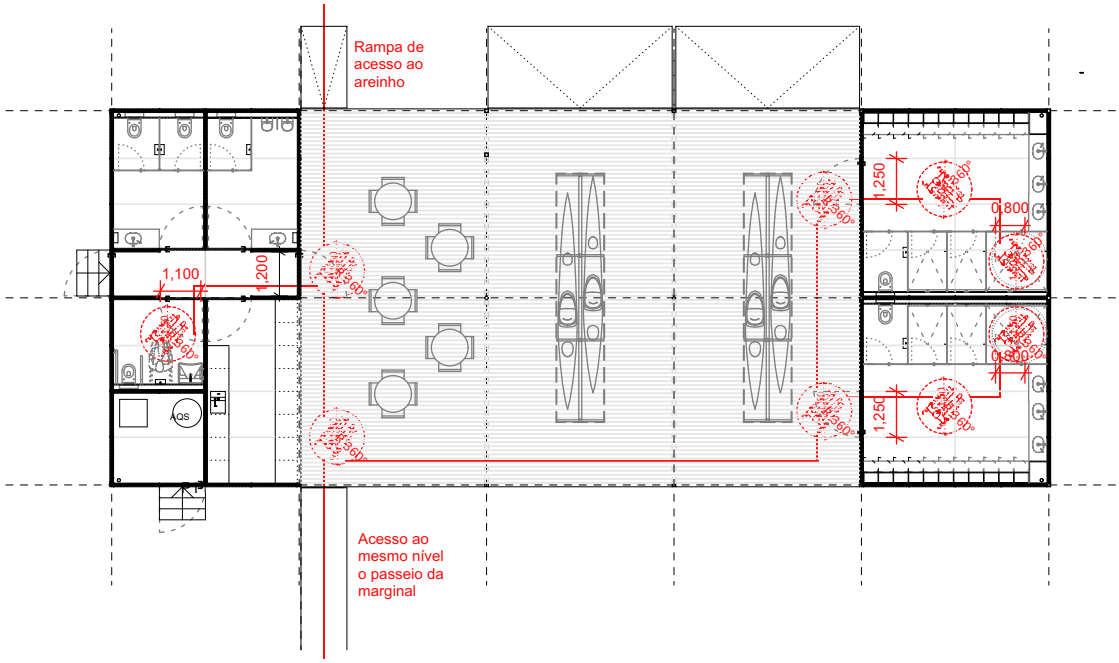


Fig. 3.20 – Plano de acessibilidades do edifício.

Todos os pequenos dispositivos que garantem o pleno funcionamento do edifício – como interruptores e maçanetas – respeitam as medidas acessíveis regulamentares. Adicionalmente as preocupações com a acessibilidade e mobilidade refletiram-se também na escolha dos materiais. O piso é uma superfície firme e estável, e o revestimento é aderente, conforme especificado regulamentarmente.

Em suma, o projeto reúne todas as condições que permitem que qualquer pessoa de mobilidade reduzida consiga aceder e utilizar de forma independente e suave os diferentes espaços do edifício.

3.5.3. ESTRUTURA

A estrutura do projeto também reflete as premissas impostas pela GAIURB. O edifício toca apenas pontualmente o solo, visando a redução do impacto ambiental; e desenhou-se uma estrutura modular que permite a fácil montagem e desmontagem ou a rápida deslocação do edifício em caso de cheias. Para cumprir eficazmente estes pressupostos estruturais concluiu-se que o material mais adequado seria perfis tubulares metálicos normalizados.

Fig. 3.21 – Imagem 3D da estrutura do edifício.

Estabelecidos os princípios, em primeiro lugar focámo-nos em desenhar uma estrutura com o menor número de perfis diferentes possível. O resultado é uma estrutura com apenas 4 tipos de tubo: SHS-100x100x6,3, RHS-200x100x6,3, SHS-50x5 e RHS-100x50x3.

A estrutura principal dos módulos - pilares e vigas - é composta pelos perfis SHS-100x100x6,3. Pontualmente, nas vigas entre módulos, são usados perfis RHS-200x100x6,3. A estrutura secundária - suporte de paredes, pavimentos e tetos - é inteiramente desenhada com perfis SHS50x5. Os perfis RHS 100x50x3 são usados nos módulos interiores dos topos: por baixo do piso, para esconder as infraestruturas, e na cobertura para compor uma platibanda.

Na generalidade as ligações dos perfis são soldadas. São exceção as ligações entre módulos, e entre os módulos e as fundações, que serão aparafusadas para permitir uma fácil montagem e desmontagem.

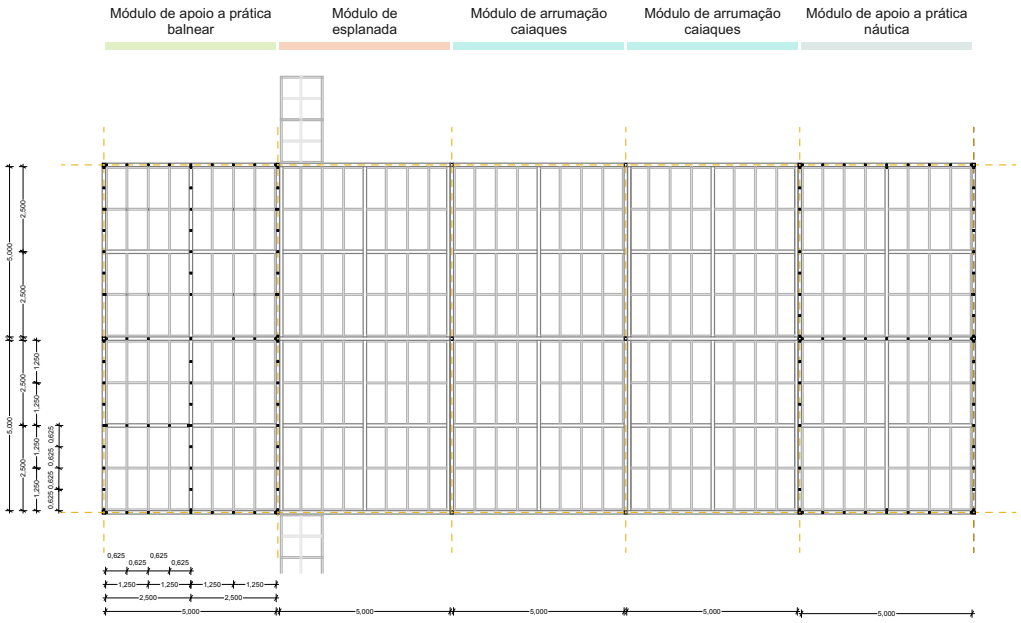


Fig. 3.22 – Planta estrutural do piso.

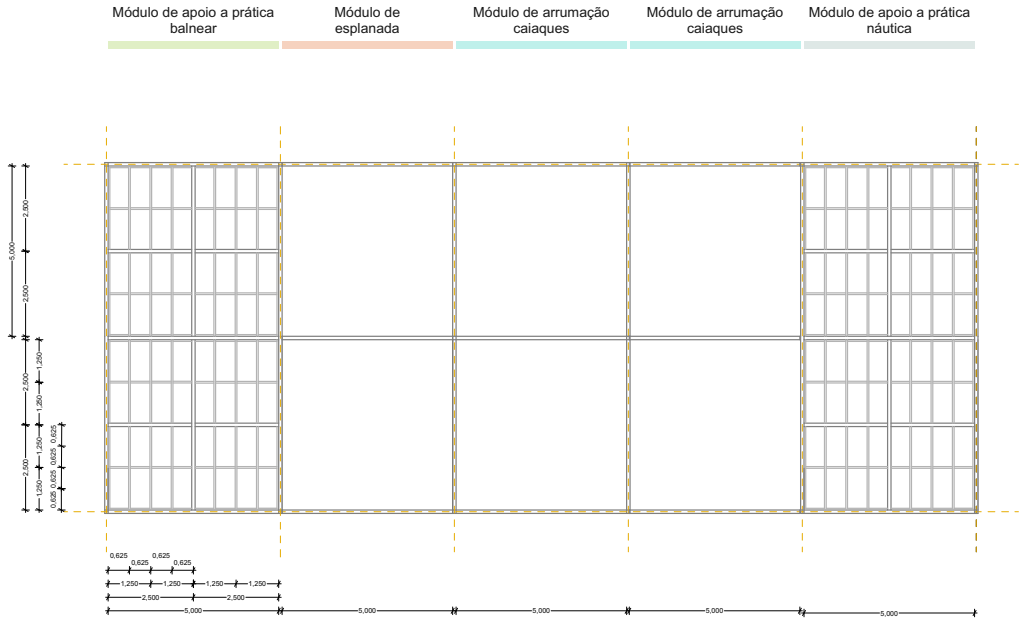


Fig. 3.23 – Planta estrutural da cobertura.

A planta estrutural da cobertura dos dois módulos interiores (Fig. 3.23) replica a mesma solução estrutural da planta estrutural de piso (Fig.3.22), no entanto, a espessura dos perfis diminui para os tornar mais leves e económicos. Os módulos centrais exteriores não têm estrutura de cobertura. Nestes foram contemplados apenas uns cabos de aço, fixados na estrutura de ferro dos módulos, que suportam um sistema de cobertura em lonas de PVC extensíveis, permitindo abrir e fechar em função da necessidade.

As fundações deverão ser feitas no local da obra, sobre microestacas com um diâmetro de 114mm. A cota de superfície das fundações deverá ser comum a todas. Isso permitirá regular a altura dos pés dos módulos em fábrica, com uma medida padrão, e na altura da montagem, apenas será necessário pousar os módulos no local e aparafusá-los à fundação.

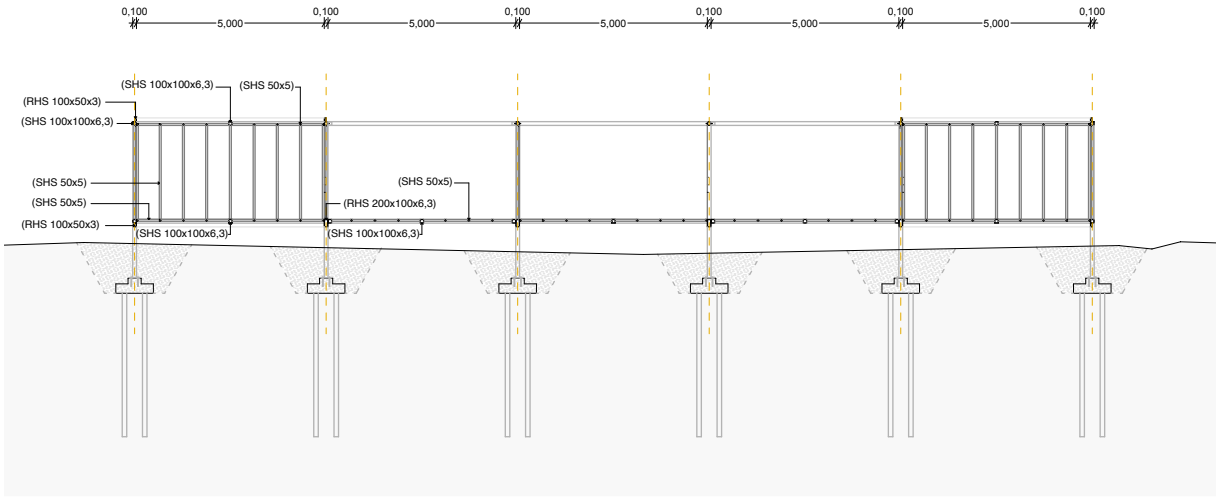


Fig. 3.24 – Corte estrutural do edifício.

Ou seja, à exceção das fundações, a estrutura é totalmente pré-fabrica: os módulos deverão sair de fábrica completamente finalizados, prontos a serem apenas fixados no local.

Ao abrigo da norma NP EN 1990 – que estabelece os valores indicativos para o tempo de vida útil das estruturas – esta estrutura classifica-se como “estruturas de edifícios e outras estruturas semelhantes” o que significa que o seu tempo de vida útil é de 50 anos. A norma NP EN 1990 refere nomeadamente que as estruturas devem ser projetadas de modo que a sua deterioração, ao longo da sua vida útil, não reduza o seu desempenho, tendo em conta o ambiente e o nível de manutenção previstos.

No decorrer da sua vida útil, a estrutura estará prospectivamente inserida num ambiente alternadamente húmido e seco. Por isso, a proteção anticorrosiva da estrutura metálica será assegurada através de uma decapagem mecânica, seguida de uma galvanização por imersão em banho de zinco a quente (ISO 1461) ou por metalização por projeção a quente de zinco (ISO 2063), não sendo permitida furacões posteriores.

Assim, prevê-se que durante o período de utilização do edifício a estrutura não necessite de muitas intervenções de manutenção ou de reparações, para além das inicialmente estipuladas ou definidas em caderno de encargos.

O dimensionamento estrutural foi realizado por Ana Teresa Sousa (Engenheira Civil) e Igor Cariry Cabral de Melo (Engenheiro Civil).

3.5.4. INFRAESTRUTURA

Abastecimento de Água

O abastecimento de água ao edifício será garantido pela Rede Pública de abastecimento de Águas. Ademais é colocado um reservatório na área técnica do edifício para recolher e armazenar água proveniente das águas pluviais. A água da chuva armazenada alimentará os autoclismos das retretes, enquanto todos os restantes pontos de consumo serão abastecidos pela rede pública.

Apenas dois dos cinco módulos do edifício necessitam de abastecimento de água: os dois módulos interiores. No entanto, pelo facto de estes dois módulos estarem nas extremidades opostas do edifício será necessário atravessar infraestruturas de abastecimento de água através de todos os módulos.

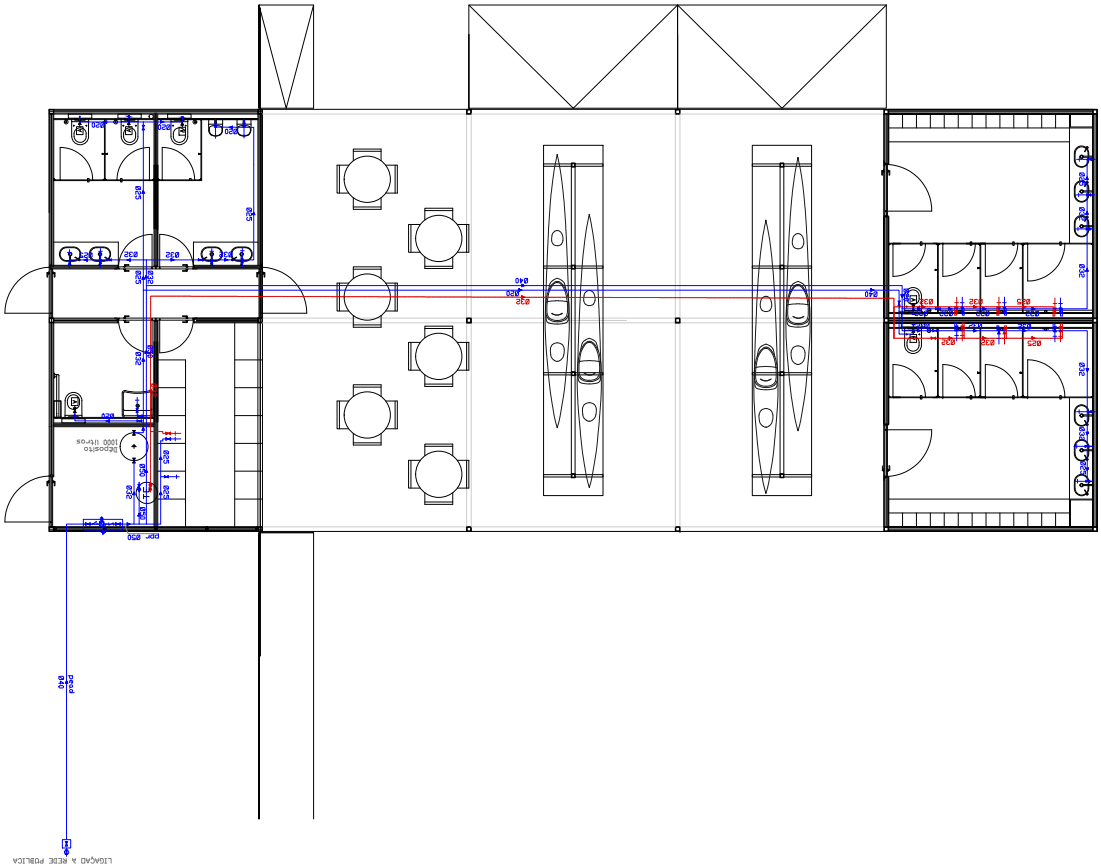


Fig. 3.25 – Planta com traçado da rede de abastecimento de água.

Toda a rede de abastecimento de água será feita com tubagem em polipropileno copolímero random de 20 Kg/cm2 (PPR). Este material é caracterizado pelo seu elevado peso molecular, assegurando uma grande resistência e durabilidade. A ligação da rede do edifício à rede pública será realizada através de tubagem de PEAD de 10 Kg/cm2. Esta tubagem de ligação funcionará como uma mangueira: ficará enterrada na areia, sendo facilmente desmontada e montada em caso de necessidade.

A eventualidade de ser necessário desmontar e montar os diferentes módulos do edifício obrigou a pensar num sistema alternativo de união da rede, uma vez que tradicionalmente os sistemas de abastecimento de água são contínuos e interiorizados na construção dos edifícios. Para isso foi desenhado um traçado de rede suspenso, na parte de baixo da estrutura do piso, que sobe dentro das paredes apenas pontualmente, para ligar aos diferentes pontos de água. Esta solução permite em primeiro lugar o fácil acesso à infraestrutura, o que ademais torna a sua manutenção relativamente simples. Mas, para facilitar a montagem/desmontagem e a separação dos módulos, adicionalmente desenhou-se uma união destacável: a união do sistema de abastecimento de água entre módulos é feito com recurso a uma bicha de malha de aço (fêmea-fêmea) (Fig. 3.26).

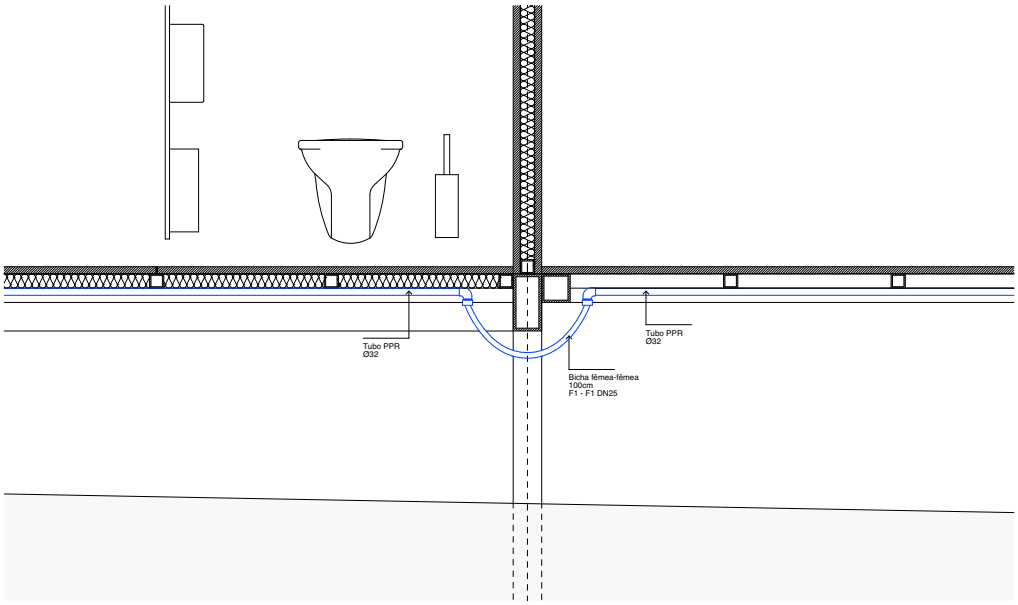


Fig. 3.26 – Corte do sistema de ligação da rede de abastecimento de água entre os diferentes módulos.

Esta solução permite que toda a rede de abastecimento de água venha montada de fábrica nos respetivos módulos, e no local será apenas necessário conectá-la através do aperto de bichas de malha de aço.

As soluções adotadas na elaboração da rede de abastecimento de água estão de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR23/95).

O dimensionamento e traçado da rede foi realizado por Adiel Marinho da Silva Filho (Engenheiro Civil).

Drenagem de Águas Pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais do edifício engloba duas soluções distintas: uma para os módulos interiores e outra para os módulos exteriores.

Nos módulos interiores a cobertura tem uma ligeira inclinação (5%) que permite drenar a água para as caleiras. Cada módulo tem duas caleiras, instaladas no limite dos dois lados menores opostos de cada módulo. Consequentemente, as caleiras encaminham a água para tubos de queda localizados no interior dos módulos. A colocação das caleiras nos limites do módulo é propositada de forma a facilitar a manutenção (limpeza) tanto das caldeiras como dos tubos de queda. (Fig. 3.27)

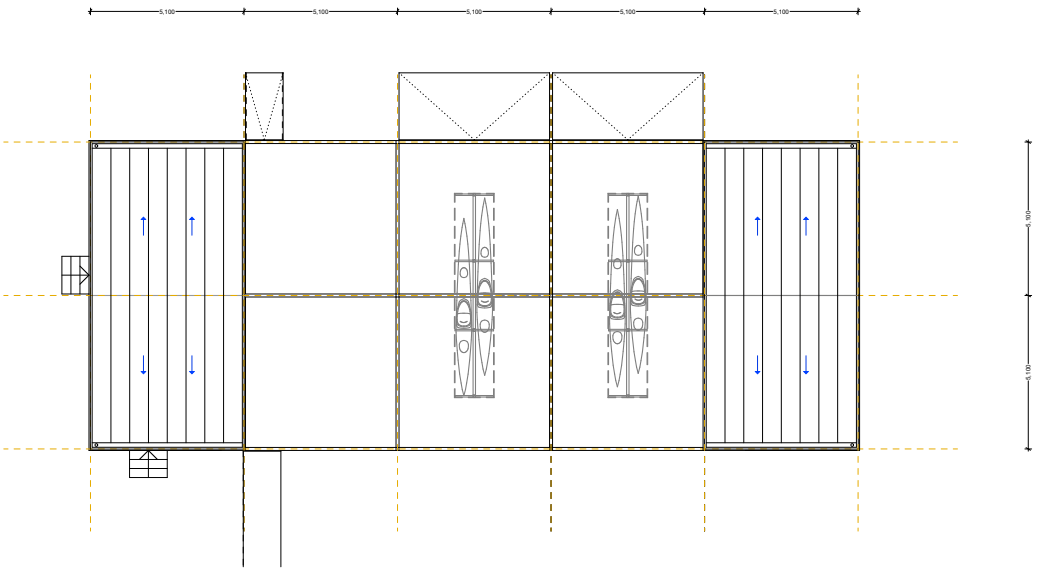


Fig. 3.27 – Planta cobertura das águas pluviais.

Uma parte das águas pluviais será conduzida diretamente para o areal, através do tubo de queda, (Fig. 3.28) e uma outra parte será encaminhada para o reservatório de água colocado na área técnica, para ser usada posteriormente no abastecimento dos autoclismos.

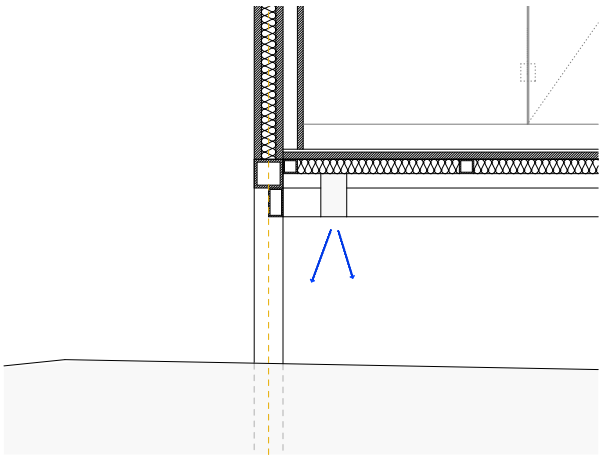


Fig. 3.28 – Corte do sistema de drenagem diretamente para o areal.

Os caleiros serão em chapa de zinco, tal como a restante impermeabilização da cobertura. Os tubos de queda serão em PVC rígido de 4 Kg/cm, bem como todos os acessórios de ligação e acoplagem, utilizando-se o anel de neoprene para garantir a estanquidade das ligações.

Nos módulos exteriores, que acolhem a esplanada e a arrumação do equipamento para a prática desportiva náutica, a drenagem das águas pluviais será feita através do sistema de cobertura em lonas de PVC extensível. (Fig. 3.29) Em caso de chuva o espaço poderá ser coberto com as lonas em PVC e as águas pluviais serão desviadas do interior dos módulos para o seu limite, e projetadas naturalmente para o areal. As telas deverão ter uma pequena inclinação - nunca inferior a 2% - para que o escoamento seja rápido e as águas não exerçam demasiada carga nas lonas e no seu sistema de fixação.

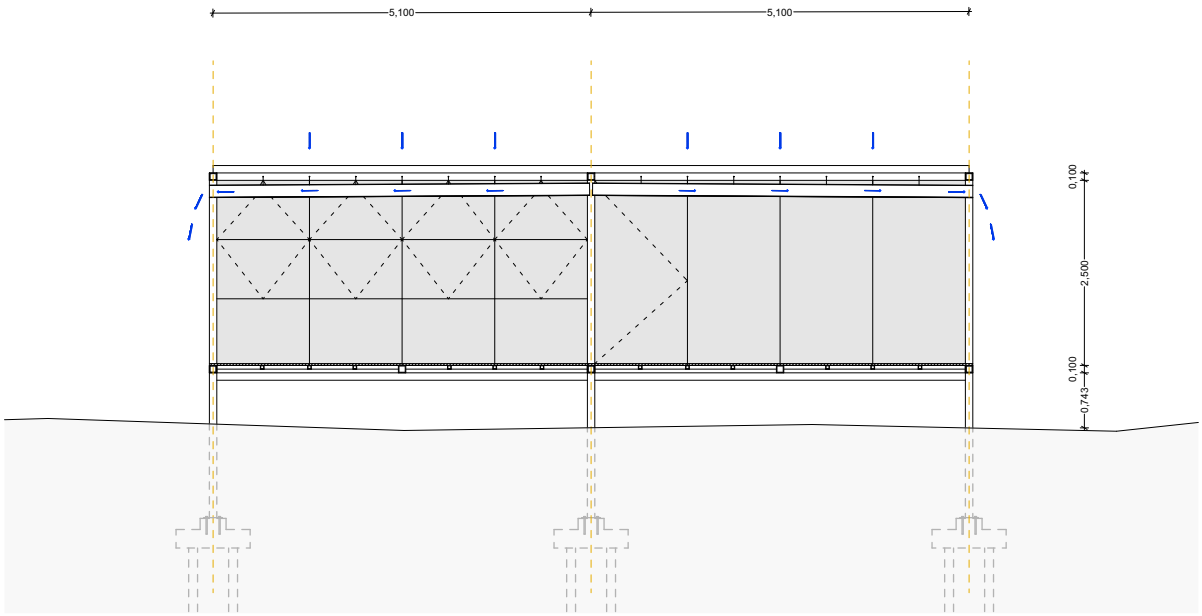


Fig. 3.29 – Corte do sistema de drenagem de água pluviais em tela PVC extensível.

Toda a rede de drenagem de águas pluviais será efetuada por um sistema gravítico.

Ambos as soluções de drenagem de águas pluviais, quer a dos módulos cobertos como a dos módulos descobertos, são feitas com recurso a componentes pré-fabricados. No entanto, a solução dos módulos cobertos deverá ser montada em estaleiro e ser fixada aos módulos, enquanto a solução das lonas em PVC deverá ser fixada no local para não correr o risco de se danificar no transporte e porque a sua montagem é rápida e fácil.

As soluções adotadas estão de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR23/95).

O dimensionamento e traçado da rede foi realizado por Adiel Marinho da Silva Filho (Engenheiro Civil).

Drenagem de Águas Residuais

A drenagem das águas residuais do edifício desenvolve-se apenas nos módulos interiores. A solução adotada para cada um dos dois módulos é muito semelhante.

A rede de drenagem de esgotos será efetuada diretamente a partir de cada aparelho, através de ramais de descarga individuais que são ligados a coletores suspensos através de curvas de concordância. Os efluentes são encaminhados através dos coletores prediais suspensos na estrutura de piso, que se ligam posteriormente a um tubo de queda. Os efluentes serão assim encaminhados para uma rede horizontal - constituída por caixas de visita interligadas por coletores prediais - que tem como destino final a caixa ramal de ligação e posteriormente o coletor público.

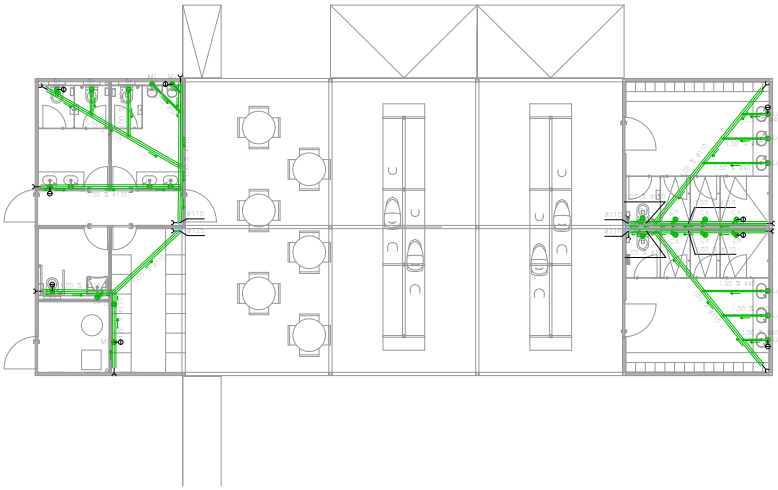


Fig. 3.30 – Planta dos módulos das águas residuais.

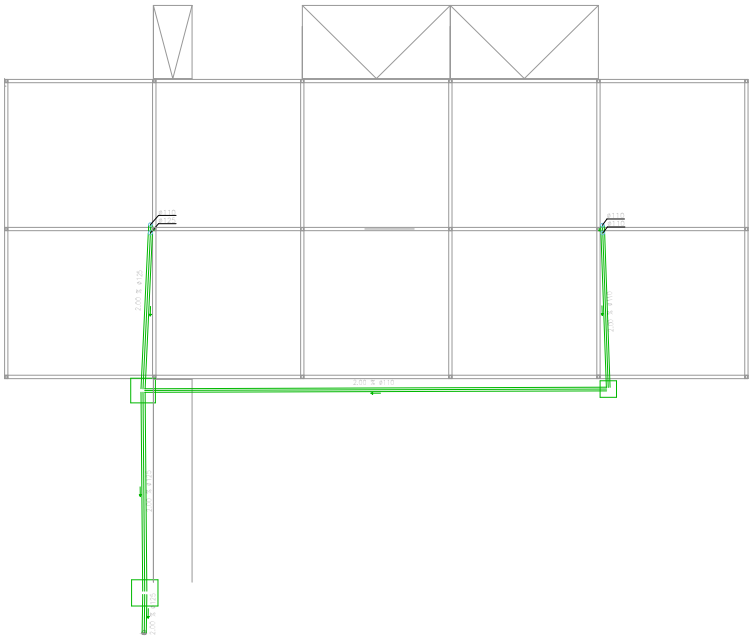


Fig. 3.31 – Planta de localização de rede horizontal de coletores prediais e caixas de visita.

Toda a rede de drenagem de águas residuais será efetuada por um sistema gravítico. Os troços de montante da rede de drenagem de águas residuais preveem a admissão de ar por intermédio de válvulas de admissão de ar. De forma a facilitar a manutenção da rede, foram projetadas bocas de limpeza acessíveis pelo exterior do edifício, que permitem o varejamento dos coletores suspensos. O varejamento dos tubos de queda é efetuado através de bocas de limpeza acessíveis pelo interior do edifício.

Os coletores e tubos de queda de drenagem das águas residuais domésticas serão em PVC PN10 e os ramais coletivos e individuais em PVC PN6.

A solução de drenagem de águas residuais, em ambos os módulos, é feita com recurso a componentes pré-fabricados, ramais individuais, coletores prediais suspensos e rede horizontal. Os ramais individuais e os coletores suspensos dos módulos deverão vir montados de fábrica fixados aos módulos. No entanto, a rede horizontal - constituída por caixa de visita interligada com coletores prediais que ligam a caixa de ramal de ligação e ao coletor público - deverá ser montada no local com recurso a componentes pré-fabricados - como as caixas com fundo de derivação desenvolvidas pela Facimar.

As soluções adotadas na elaboração da rede de drenagem de águas residuais estão de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR23/95).

O dimensionamento e traçado da rede foi realizado por Adiel Marinho da Silva Filho (Eng. Civil).

Sistema de AQS Térmico Solar

O sistema de águas quentes sanitárias (AQS) é composto por uma bomba de calor e depósito, e painéis solares térmicos.

A bomba de calor e depósito será instalada no interior da área técnica, e ligada à rede de abastecimento de águas, permitindo abastecer as instalações sanitárias, balneários e copa com água quente. Os painéis solares térmicos serão instalados na cobertura do módulo interior de apoio à prática balnear, por cima da área técnica. (Fig. 3.31)

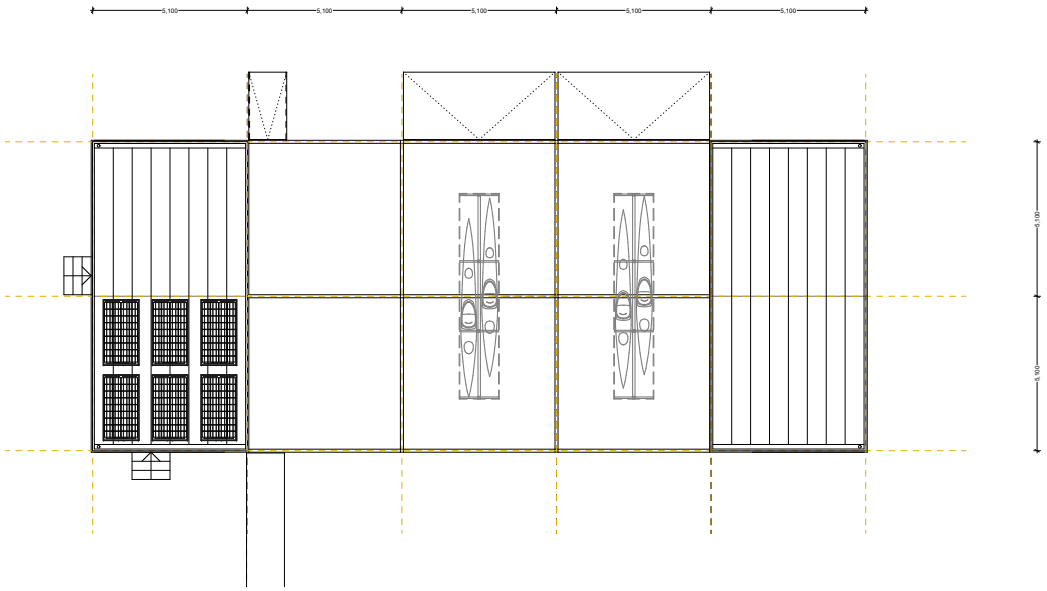


Fig. 3.32 – Planta de cobertura com localização dos painéis solares térmicos.

Os painéis são dispostos em duas filas constituídas por três elementos cada, que fazem um total de seis painéis solares térmicos. As filas de painéis ligam-se entre si em paralelo, com válvulas de corte, na entrada e saída das diferentes filas de painéis e entre os painéis e o depósito, por forma a serem utilizados isoladamente em caso de manutenção ou substituição de algum componente. O sistema de fixação dos painéis deve permitir as dilatações térmicas necessárias, sem transferir cargas que possam afetar a integridade dos painéis.

Tanto a bomba de calor como os painéis solares deverão ser montados no local da obra, depois da montagem do edifício, devido ao seu peso e fragilidade, de forma a não se danificarem no transporte. No entanto, a pré-instalação do sistema deverá vir já montada no módulo de fábrica, de forma que no local seja necessário apenas pousar a bomba de calor e reservatório dentro da área técnica e fixar os painéis a cobertura, através de um sistema de fixação à cobertura previamente montado em fábrica.

A escolha deste sistema contribui para que este edifício seja um *nZEB (near Zero Energy Building)*, ou seja, com um desempenho energético quase nulo. A bomba de calor é apenas complementar, visando garantir o fornecimento contínuo de água quente em caso de escassez de radiação solar ou face a necessidade de obter uma temperatura superior à prevista. Os dois sistemas de produção de energia encontram-se interligados através de um depósito de 500L vertical de acumulação de água quente. Este depósito deverá ser em aço esmaltado e com permutador de dupla serpentina.

Pelo facto de estarmos perante uma zona protegida (Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN)) o impacto visual do edifício na paisagem é especialmente relevante. Assim, para reduzir o impacto visual dos painéis, estes foram colocados paralelos e rentes à cobertura de zinco, ficando escondidos atrás da platibanda do edifício de forma a não serem visíveis à cota do olhar.

A solução escolhida para o sistema de AQS está de acordo com os princípios e metodologias oficiais do Sistema de Certificação Energética, segundo o DL 188/2013, alterado e republicado pelos DL 68-A/2015, 194/2015, 251/2015 e 28/2016, previstas nas Portarias 349-B/2013 (REH – Regulamento de desempenho energético dos Edifícios de Habitação) e Portaria 349-D/2013 (RECS – Regulamento de desempenho energético dos Edifícios de Comércio e Serviços), e concretizadas nos Despachos do Diretor-Geral de Energia e Geologia 15793/2013, 14985/2015 e ainda 3156/2016.

O dimensionamento e traçado da rede foi realizado por Luísa Andrade (Engenheira Civil).

Sistema de Energia Solar Fotovoltaico

O edifício contemplará um sistema de energia solar fotovoltaico para autoconsumo, com o objetivo produzir a energia necessária ao pleno funcionamento do edifício, tornando-o mais autossuficiente. Esta opção prendeu-se também com o objetivo de ter um edifício *nZEB (near Zero Energy Building)*.

Os painéis fotovoltaicos serão colocados na cobertura do módulo interior de apoio à prática náutica - lado oposto do edifício em que serão colocados os painéis solares térmicos. A instalação é composta por um conjunto de oito painéis solares fotovoltaicos de 250W cada um, com potência nominal de 2KW (13m2). O quadro elétrico do edifício será ligado também à rede de energia, como medida de precaução, caso a geração de energia para autoconsumo pelos painéis fotovoltaicos seja insuficiente. (Fig. 3.32)

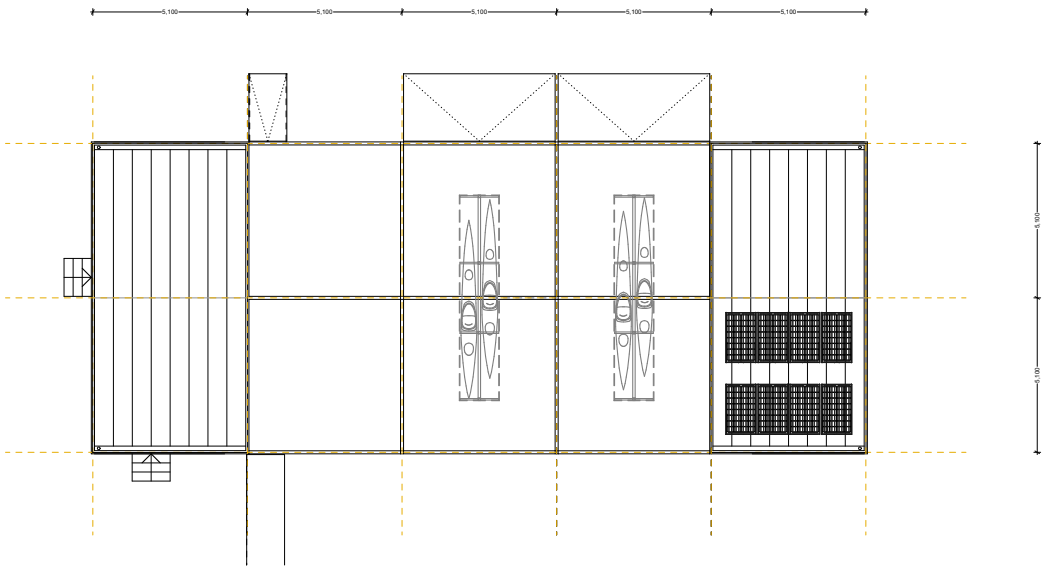


Fig. 3.33 – Planta de cobertura com localização dos painéis solares fotovoltaicos.

Os painéis solares fotovoltaicos são dispostos em duas filas de quatro painéis cada uma. Funcionam ligados entre si em paralelo, ligados a um conversor de energia. O Sistema de fixação dos painéis à cobertura de zinco, tal como nos painéis solares térmicos, deve permitir as dilatações térmicas necessárias, sem transferir cargas que possam afetar a integridade dos painéis. Estes elementos de fixação dos painéis à estrutura não devem projetar sombra sobre outros painéis, para não reduzir a sua eficiência na produção de energia. O conversor de energia ficará localizado na área técnica juntamente com as baterias de lítio para o armazenamento da energia. Este sistema de autoconsumo com baterias permite armazenar e consumir a totalidade da produção energética, aumentando consideravelmente a sua independência em relação à rede elétrica.

Tal como acontece com os painéis solares térmicos, o facto de estarmos perante uma zona protegida (Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN)) foi necessário ter em conta o impacto visual do edifício na paisagem, aquando do desenvolvimento deste sistema. Assim, estes painéis também serão colocados paralelos e rentes à cobertura de zinco, ocultados pela platibanda do edifício, para que não fiquem visíveis.

A solução escolhida para o sistema energia solar fotovoltaico está de acordo com os princípios e metodologias oficiais do Sistema de Certificação Energética, segundo o DL 188/2013, alterado e republicado pelos DL 68-A/2015, 194/2015, 251/2015 e 28/2016, previstas na Portaria 349-D/2013 (RECS – Regulamento de desempenho energético dos Edifícios de Comércio e Serviços) e nas Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (DL 226/2005 e Portaria 949-A/2006) - RTIEBT;

O dimensionamento e traçado da rede foi realizado por Luísa Andrade (Eng. Civil).

3.5.5. MATERIALIDADE

A seleção de matérias foi feita com base em fatores derivados das premissas da encomenda:

- Versatilidade – materiais que possam ser adaptados a diferentes soluções de projeto, com o objetivo de ter o mínimo número possível de materiais diferentes;
- Ciclo de vida – materiais resistentes (nomeadamente à humidade e ao contacto direto com água), com garantias de durabilidade e uma manutenção fácil.

De seguida apresenta-se os materiais escolhidos para cada componente do edifício, justificando cada opção. As fichas técnicas de cada material estão presentes neste trabalho em anexo.

Estrutura

Ferro: Tal como já foi referido anteriormente, a possibilidade de o edifício ser desmontável/montável e removido do local determinou os materiais escolhidos. Assim, a escolha de ferro galvanizado derivou da necessidade de a estrutura ser duradoura, resistente e leve, com pouca manutenção e baixo impacto visual e ambiental. A estrutura dos módulos é inteiramente construída com tubulares normalizados de ferro. O ferro galvanizado é um material reciclável, e com uma vida útil superior aos 50 anos.

OSB/4: O suporte dos revestimentos de pavimento e de cobertura dos módulos será feito com *OSB/4 Ecoboards*. Estes painéis são adequados para construções que exijam materiais com uma grande capacidade de suporte de carga e estabilidade dimensional. O *OBS/4* é recomendado para pisos sujeitos a cargas elevadas e elementos estruturais de telhado, tendo uma grande resistência e durabilidade, sendo ademais hidrófugo. Foram escolhidas placas com 2500 x 1250 mm por 18 mm de espessura, aplicando-se estas dimensões padrão tanto no pavimento como na cobertura. A distância recomendada entre apoios, para placas com 18mm de espessura, de forma a aguentar 300kg/m2, é de 62,5cm, tendo sido a aplicada em projeto. Os painéis *OSB/4* são constituídos por três camadas de aparas longas de madeira. Estas são aglomeradas perpendicularmente umas em relação às outras, com uma resina isenta de formaldeído, curada sob ação de pressão de calor. Estes painéis à base de madeira são biodegradáveis e podem ser reciclados - "a sua vida útil é indefinida (50 anos expectáveis ou mais) se for devidamente aplicado e protegido" (The Engineered Wood Association, 2000).

Acabamentos

Fibrocimento: É utilizado o mesmo material – fibrocimento - para revestir todas as paredes exteriores e interiores de todos os módulos, assim como os tetos interiores. O fibrocimento em painéis é um material versátil, aplicável em várias superfícies, e é rígido e forte, resistindo a temperaturas extremas, à água, assim como a uma grande diversidade de organismos vivos (fungos, bactérias, insetos, vermes, etc.). A dimensão padrão escolhida para os painéis dos tetos é de 2500 x 1250 mm por 8mm de espessura. Para paredes interiores e exteriores foram escolhidos painéis de 2500 x 1250 mm por 12mm de espessura. É um material reciclável e com uma vida útil superior aos 50 anos.

Vinílico: O revestimento do pavimento dos módulos interiores é um vinílico de segurança. É um material que mantém as suas características antiderrapantes ao longo da sua vida útil, e por isso é apropriado para áreas húmidas, e para o uso predominantemente com ´pé descalço´ ainda que seja também adequado para o tráfego de 'pé calçado'. Tem 2mm de espessura e será aplicado sobre as placas de OSB/4 de 18mm. É um material de fácil aplicação e manutenção e 100% reciclável.

Deck: O revestimento do pavimento dos módulos exteriores é deck de madeira natural IPÊ. Esta espécie de madeira é resistente e particularmente indicada para o uso exterior em zonas expostas a grande humidade. Ademais, é um material confortável ao toque. Serão usadas peças com 20 mm de espessura, 100 mm de largura e comprimento variável. As peças serão aplicadas diretamente sobre a subestrutura metálica (sem recurso a placas *OSB/4)* espaçadas de 600 em 600mm. É um material de fácil aplicação e manutenção e 100% reciclável.

Isolamento térmico

Lã de rocha: O isolamento térmico e acústico de todas as paredes exteriores e interiores, piso e cobertura será feito com painéis de lã de rocha. A dimensão padrão das placas é de 1200 x 600 mm e a espessura escolhida é 50 mm. É uma solução de isolamento térmico e acústico de elevada performance. A durabilidade é superior a 50 anos mantendo sempre o seu desempenho e o material é 97% reciclável.

Impermeabilização

Zinco: A impermeabilização da cobertura dos módulos interiores será feita em zinco. O zinco é um material maleável e vivo que permite ser trabalhado facilmente. É um material nobre que melhora com a passagem dos anos, graças à sua oxidação natural que lhe confere uma grande durabilidade e requer uma manutenção extremamente reduzida. A dimensão padrão das bobinas de zinco são 650 mm e a espessura escolhida é de 0,8 mm. A altura das juntas deverá ser no mínimo 25 mm. O zinco é um metal respeitador do ambiente, beneficiando dum balanço energético global muito favorável. Os produtos em zinco, laminado ou trabalhado, são 100% recicláveis e, efetivamente, cerca de 95% são reciclados.

Lonas: A proteção e sombreamento dos módulos exteriores é feita com um toldo horizontal drapeado. Este consiste em lonas de PVC, completamente impermeáveis, adaptáveis a diferentes condições meteorológicas. Protege da chuva e permite controlar a radiação solar, tanto na perspetiva de redução de energia bem como no conforto hermético. É uma solução simples e muito flexível, dada a sua funcionalidade deslizante e removível. É um material 100% reciclável e com manutenção quase nula.

Telas: A impermeabilização das paredes dos módulos interiores será feita através de telas Dupont *tyvek* ou equivalente. As telas *tyvek* são compostas por material não-tecido em poliolefina. São extremamente duradouras, leves e resistentes. São concebidas para proteger o edifício durante a construção e durante toda a sua vida útil. Estanques à água e permeáveis ao vapor, são utilizadas como membranas respirantes sobre os tetos de painéis inclinados e na maior parte das fachadas com estrutura de madeira ou metal. As telas recomendadas para fachadas de junta aberta são as *Tyvek UV facade* e para a cobertura em zinco as *Tyvek Metal*. A dimensão padrão do rolo *Tyvek UV facade* é de 1,5m x 50m, enquanto do *Tyvek Metal* é de 1,1m x 30m. A sua durabilidade é superior a 50 anos mantendo sempre o seu desempenho ao longo desse período. É um material 100% reciclável.

O mapa de acabamentos da arquitetura do projeto encontra-se no anexo A.

3.5.6. CONSTRUÇÃO

Os princípios orientadores do desenho do sistema construtivo foram:

- Aplicação dos componentes com as medidas padrão, sem necessidade de cortes;
- Utilização predominante de fixações mecânicas entre os componentes, garantindo a sua rápida e fácil montagem/desmontagem;
- Fácil acessibilidade a todos os componentes, permitindo a sua manutenção;
- Racionalidade do desenho, por forma a tornar o processo de construção o mais económico e eficiente possível.

Apresenta-se abaixo os detalhes construtivos que demonstram a execução destes princípios no projeto.

Composição da Cobertura módulo (interior)

A cobertura é composta por estrutura, impermeabilização, isolamento térmico e acabamentos.

A estrutura é feita com perfis tubulares normalizados de ferro galvanizado, com um espaçamento entre eixos de 62,5 cm. Sobre a estrutura são colocadas as placas de *OSB/4* que servem de suporte ao acabamento, cumprindo também a função de dupla impermeabilização. A placas *OSB/4* são colocadas com a sua dimensão padrão 2500 x 1250mm e fixas mecanicamente à estrutura tubular de ferro. Por cima das placas *OSB/4* é estendida uma subcobertura - telas *Tyvek Metal* - que protegem a cobertura contra infiltrações de água, e ao mesmo tempo, permite a saída do ar quente e húmido, atribuindo mais conforto térmico ao interior do edifício. A tela tem uma largura de 1,1m e deverá ser colocada com uma sobreposição no mínimo de 10 cm. Sobre as telas é colocado o acabamento exterior: zinco em tabuleiros pré-perfilados. Estes são fixados ao suporte de *OSB/4*, com junta agrafada "double lock" – a solução ideal para superfícies planas e corridas. A aplicação deverá garantir uma pendente de no mínimo 5%.

O isolamento térmico será feito com lã de rocha em painéis semi-rígidos, com 1200 x 600 mm, colocados entre a subestrutura de ferro. O facto de o espaçamento da subestrutura coincidir com a dimensão dos painéis de lã de rocha, faz com que não seja necessário fazer cortes ou remendos no isolamento. A lã rocha é suportada pela subestrutura.

O acabamento interior é feito com placas de fibrocimento, com a sua dimensão padrão de 2500 x 12500 mm, e suportadas através de fixação mecânica a subestrutura.

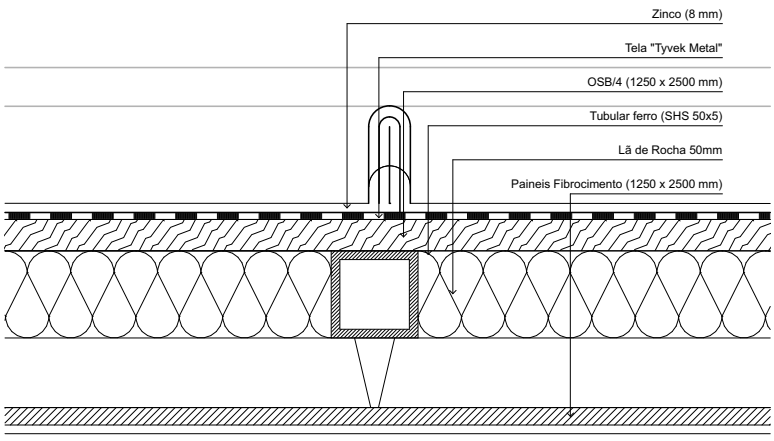


Fig. 3.34 – Detalhe construtivo - composição da cobertura dos módulos interiores.

Composição do Piso módulo (interior)

O piso dos módulos interiores é composto por estrutura, isolamento térmico e acabamento.

Tal como na cobertura, a estrutura do piso é feita com perfis tubulares normalizados de ferro galvanizado. As distâncias são também as mesmas: 2,5m entre eixos (estrutura) e 62,5 m entre eixos (subestrutura). As placas *OSB/4* são colocadas com a sua dimensão padrão 2500 x 1250 mm e fixadas mecanicamente à estrutura/subestrutura tubular de ferro. Sobre o *OSB/4* é colocado o acabamento vinílico, estendido em rolo, com 2mm de espessura.

O isolamento térmico é, tal como na cobertura, em painéis semi-rígidos de lã de rocha, com 1200 x 600 mm, colocados entre a subestrutura de ferro e suportados por esta.

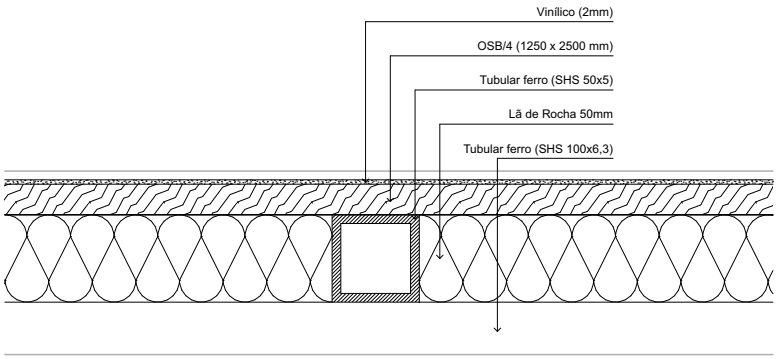


Fig. 3.35 – Detalhe construtivo - composição do piso dos módulos interiores.

Composição do Piso módulo (exterior)

O piso dos módulos exteriores é composto por estrutura e acabamento.

A estrutura é igual à dos módulos interiores. Mas nestes módulos o acabamento é fixado diretamente à estrutura. O acabamento é em Deck Ipê com 100mm de largura, 20mm de espessura, e comprimento variável (ajustado para preencher o cumprimento total dos módulos – 5m). Este é aplicado paralelamente com um afastamento entre réguas 1cm, permitindo o escoamento natural das águas pluviais.

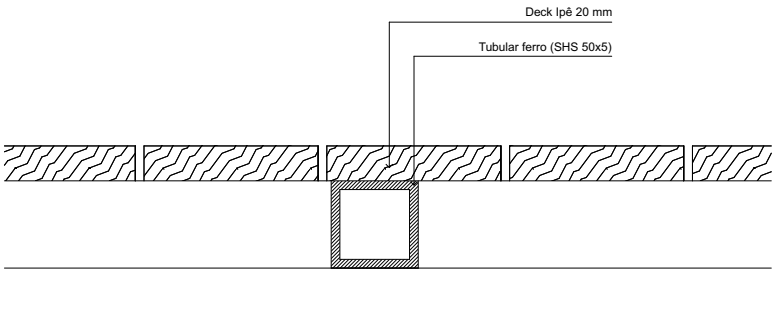


Fig. 3.36 – Detalhe construtivo - composição do piso dos módulos exteriores.

Composição da parede exteriores

As paredes exteriores são compostas por estrutura, isolamento térmico, impermeabilização e acabamento.

A estrutura das paredes exteriores é, como ademais, a de todo o edifício, composta por perfis tubulares normalizados de ferro galvanizado, com uma distância entre eixos de 62,5 cm. O isolamento térmico e acústico das paredes exteriores é feito com painéis semi-rígidos de lã de rocha, colocados entre a estrutura de ferro. Para preencher a totalidade do espaço entre a estrutura vertical de ferro (2400 x 600 mm), nas paredes é necessário colocar dois painéis com 1200 x 600 mm sobrepostos. No entanto, tal como no pavimento e na cobertura, o isolamento não necessita de ser cortado nem remendado.

Na face exterior da parede é colocada uma tela *Tyvek UV Facade,* que garante a impermeabilização das paredes. Esta é fixada mecanicamente à estrutura. A tela *Tyvek UV Facade* é apropriada para paredes exteriores com juntas abertas, no entanto estas nunca devem ser superiores a 1cm. A tela tem uma largura de 1,5m, pelo que, em cada parede, deverão ser colocadas duas telas na vertical sobrepostas 50cm.

O acabamento interior e exterior da parede é feito com placas de fibrocimento, com a sua dimensão padrão de 2500 x 12500 mm. Estas são suportadas através de fixação mecânica à estrutura.

Composição da parede interiores

As paredes interiores são compostas por estrutura, isolamento térmico e acabamento.

A estrutura das paredes interiores é igual à das paredes exteriores. Assim como o sistema de isolamento. O acabamento interior das duas faces da parede é feito com placas de fibrocimento, com a sua dimensão padrão de 2500 x 12500 mm, e suportadas através de fixação mecânica à estrutura.

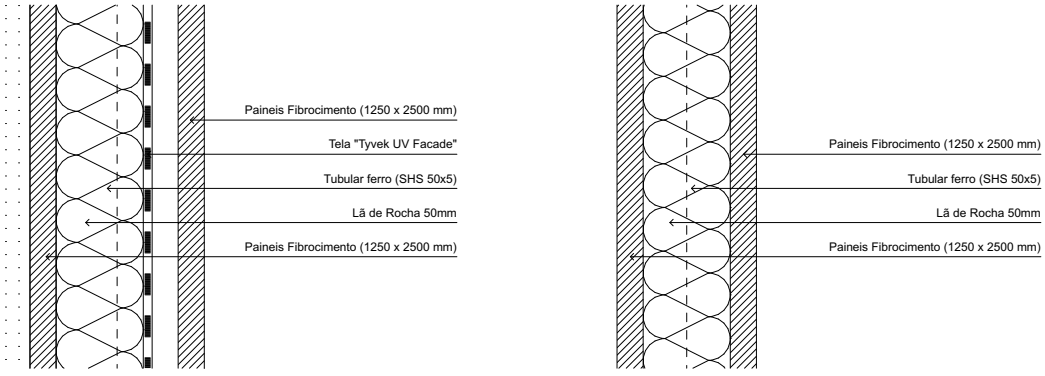


Fig. 3.37 – Detalhes construtivos - composição das paredes exteriores (esquerda) e das paredes interiores (direita).

Pormenores construtivos

Na sequência da apresentação parcial dos detalhes construtivos *tipo*, apresenta-se de seguida os detalhes construtivos completos que permitem compreender o sistema construtivo do edifício de forma holística e, simultaneamente, perceber alguns pormenores específicos não abordados na seção anterior. Neste capítulo defendemos que os desenhos falam por si e não carecem de explicação e justificação adicional.

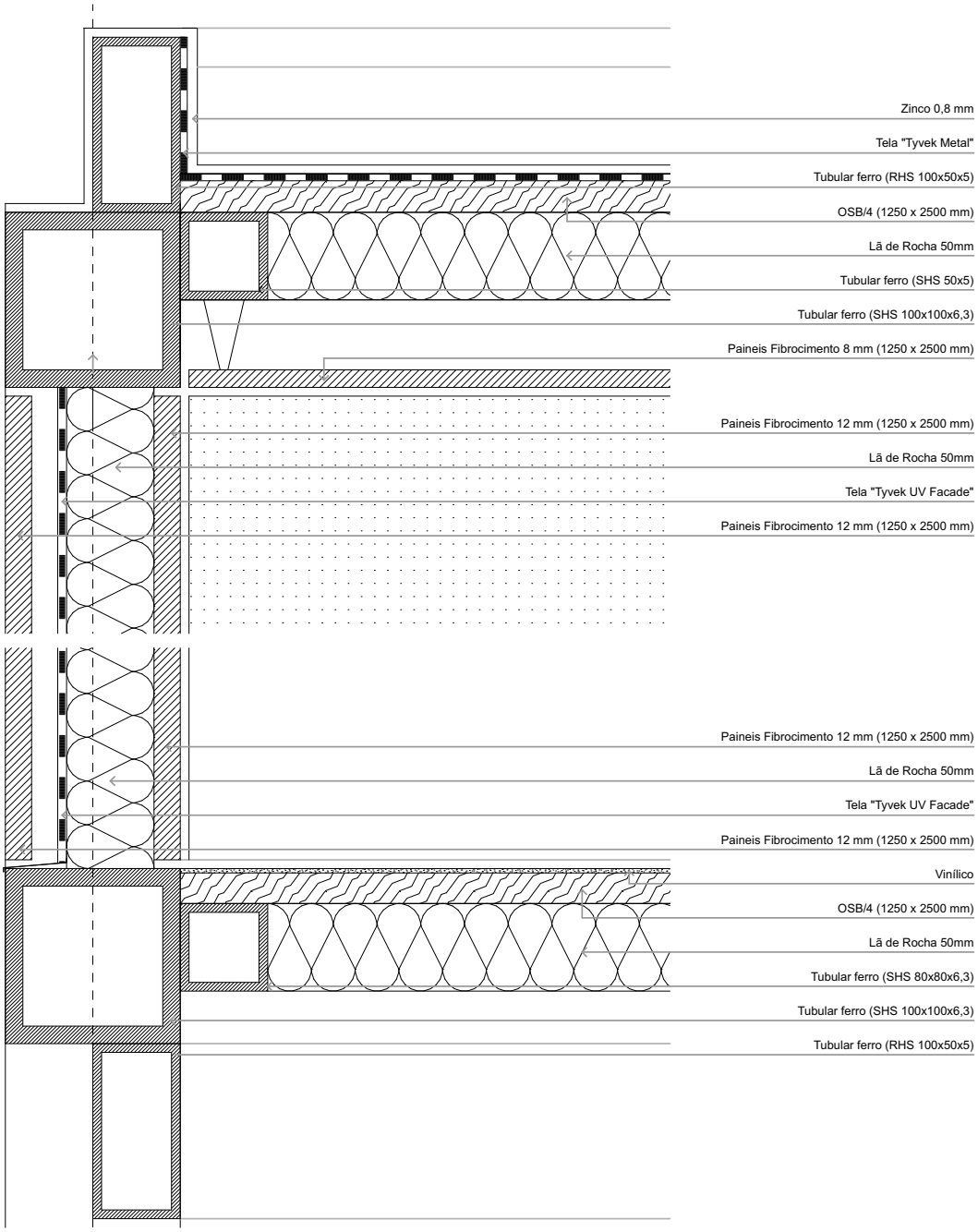


Fig. 3.38 – Corte construtivo pela fachada exterior.

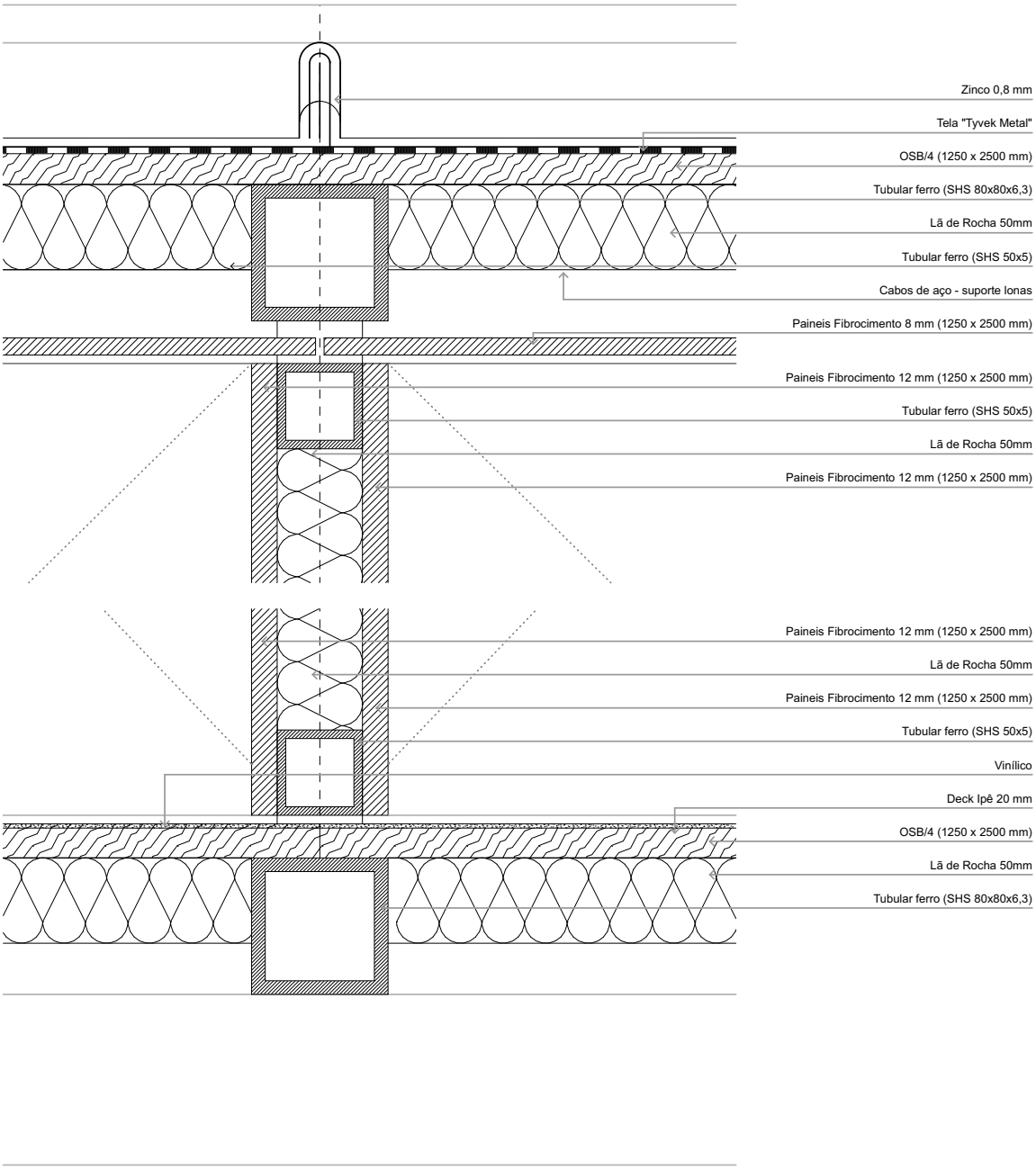


Fig. 3.39 – Corte construtivo pela parede interior.

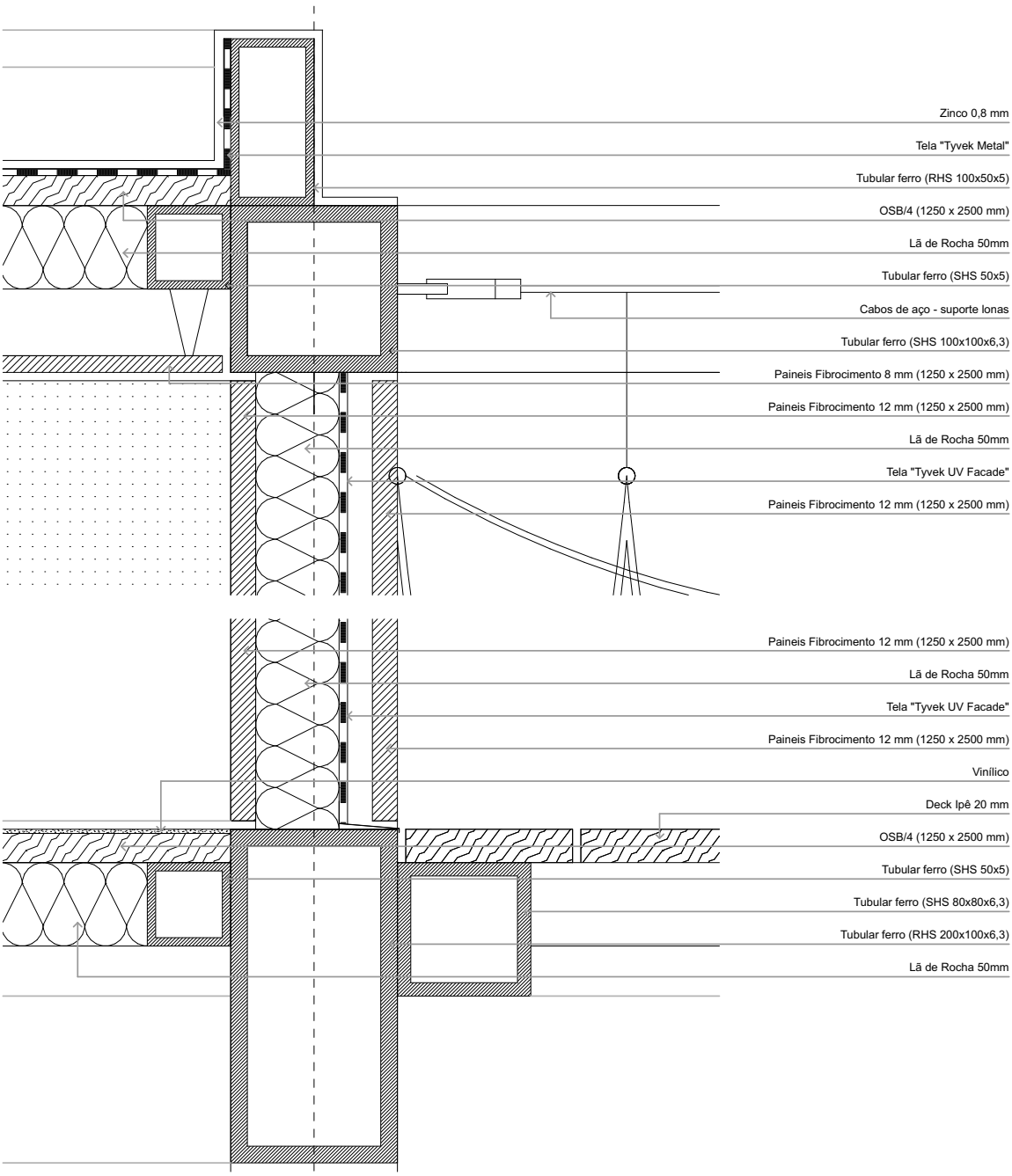


Fig. 3.40 – Corte construtivo pela fachada exterior contígua à esplanada e área de arrumação de caiaques.

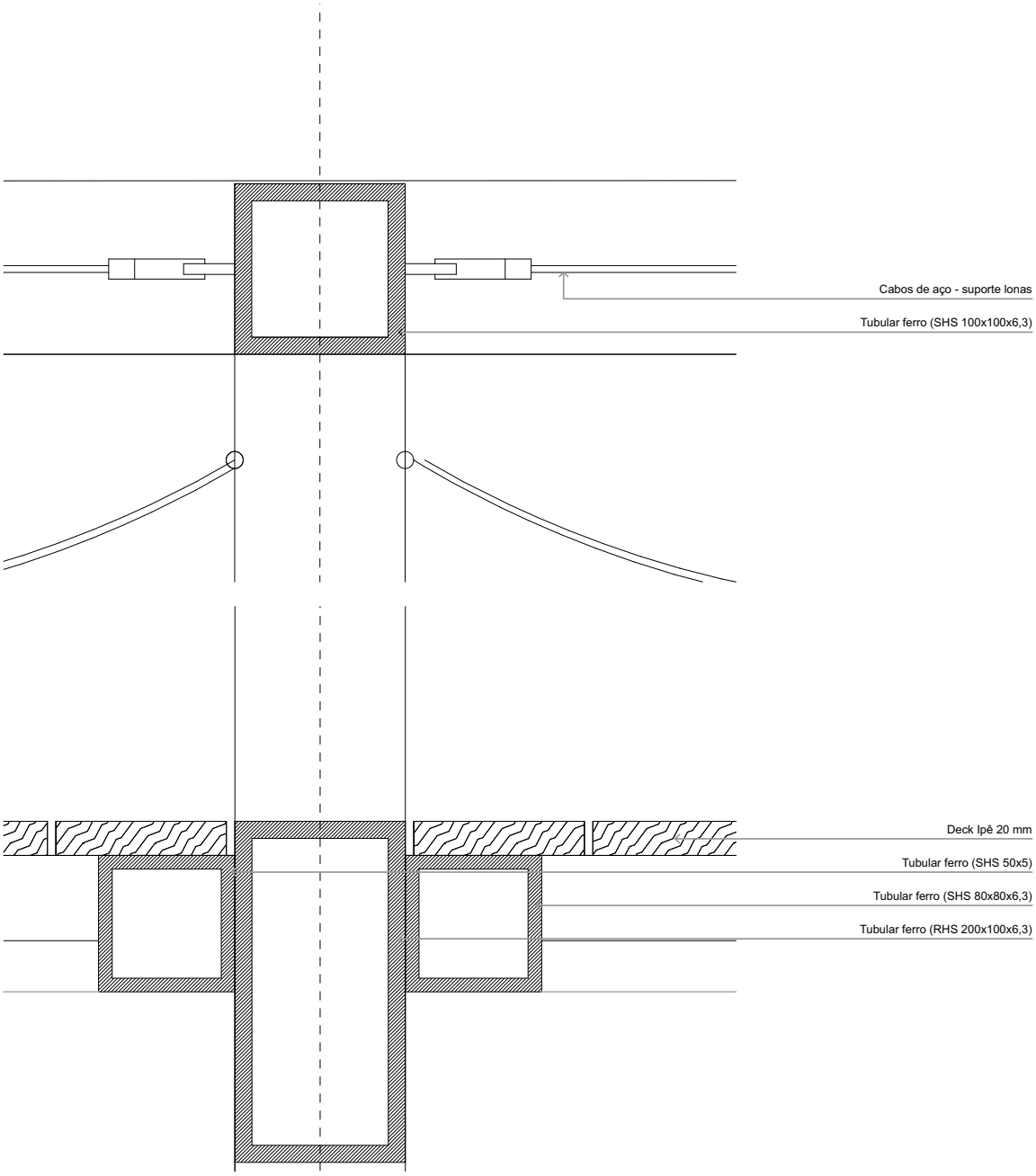


Fig. 3.41 – Corte construtivo dos módulos exteriores.

3.6. APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *DFMAMD* AO PROJETO

O projeto apresentado como caso de estudo nesta dissertação foi, enfim, um excelente campo de exploração da metodologia *Design for Manufacture, Assembly, Maintenence and Disassembly (DfMAMD)*. Isto verificou-se pelas motivações pessoais/coletivas (partilhadas pelos elementos da equipa de desenvolvimento do projeto) em explorar processos pré-fabricados na construção. No entanto, esta escolha foi também muito influenciada pelas características da encomenda, nomeadamente o facto de o edifício poder ser montado/desmontado/transportado de forma fácil e rápida.

Assim, como conclusão deste capítulo dedicado ao projeto, expõe-se, reflexivamente, de que forma os princípios desta metodologia influenciaram o desenvolvimento do projeto - quer a nível das opções técnicas do projeto, quer no processo de desenvolvimento do projeto em equipa.

3.6.1. DESIGN FOR MANUFACTURE (DFM)

Inspirados pelo *DfM,* um dos objetivos que estabelecemos para o desenvolvimento do projeto foi melhorar o processo de fabricação do edifício para reduzir o tempo e o custo da sua produção. Para isso, a principal estratégia adotada foi a criação de um sistema modular para o edifício que tornasse os processos de construção o mais repetitivos possível. Em vista disso, o edifício foi dividido em cinco módulos desagregáveis uns dos outros.

A base modular foi desenhada para responder cumulativamente a um conjunto de fatores: o programa, a funcionalidade dos diferentes espaços, a legislação, as dimensões padrão dos materiais, etc. O processo de definição da base modular caracterizou-se pelo avanço e recuo constante, que foi permitindo articular as diferentes camadas de informação. Deste processo concluiu-se que um módulo base de 1,25m por 1,25m, seria a dimensão ideal para dar resposta a todos objetivos e circunstâncias do processo.

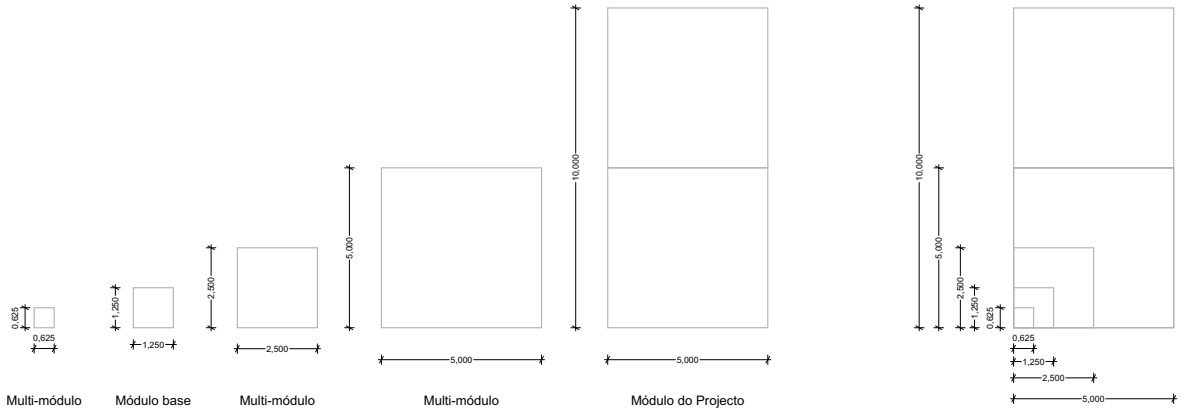


Fig. 3.42 – O módulo base é 1,25 x 1,25m, os multi-módulos são 0,625 / 2,5 / 5 m, e o módulo do projeto é 5 x 10 m.

Adicionalmente, outra estratégia adotada para simplificar o processo de fabricação foi a utilização de materiais com medidas padrão correspondentes com a métrica modular estabelecida. Todos os materiais selecionados têm medidas padrão iguais ou múltiplas do módulo. Os painéis de fibrocimento, por exemplo, têm 2500 x 1250 mm, o que permitiu criar uma lógica de encaixe *tipo legos* sem ser necessário qualquer tipo de corte ou remendo. Outro exemplo é a opção tomada em relação ao isolamento térmico.

Numa primeira fase equacionou-se a colocação de cortiça como isolamento térmico, pela sua performance ambiental, no entanto estas placas têm uma dimensão padrão de 1000 x 500 mm, distinta da dimensão dos espaços que devem ocupar. A opção de colocar painéis de cortiça implicaria cortes e remendos o que complicaria significativamente o processo e teria automaticamente custos (quer económicos quer ambientais) associados. Desta forma optou-se pela utilização de placas de lã de rocha que existem no mercado com a dimensão padrão de 1200 x 600 mm. Estas entram na lógica modular do edifício, reduzindo assim o tempo e os custos do processo de fabricação.

3.6.2. DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA)

O processo de montagem deste edifício foi pensado tendo em conta duas fases distintas. A primeira fase relativa à montagem em fábrica dos diferentes componentes nos (cinco) módulos – ou seja, a montagem dos módulos; e uma segunda fase relativa ao transporte e montagem dos (cinco) módulos no local da obra – ou seja, a montagem do edifício.

Na primeira fase, a grande preocupação foi a operacionalidade do processo de montagem dos módulos em fábrica por forma a reduzir o tempo e os custos associados. Nesse sentido, durante o desenvolvimento do projeto houve uma atenção constante com a redução do número de elementos a montar, e com a quantidade de sistemas diferentes a montar. Quanto mais sistemático e repetitivo for o sistema construtivo, mais rápido será a sua montagem e menos sujeita estará ao erro humano. Adicionalmente, o sistema construtivo foi desenhado com base na possibilidade de separar construtivamente os vários subsistemas que compõem o edifício - paredes, pavimento, cobertura. Estes subsistemas foram desenhados por forma a serem todos montados independentemente e ao mesmo tempo, sem dependerem uns dos outros.

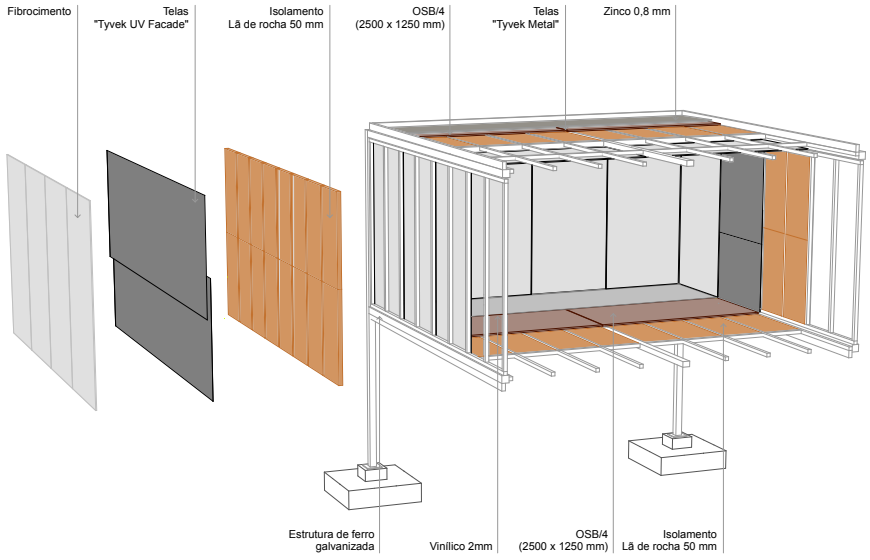


Fig. 3.43 – Esquema do sistema de montagem do módulo interior.

Ou seja, para esta fase também foi crucial desenhar um sistema construtivo que permitisse acomodar os materiais com as suas dimensões padrão de mercado (tal como tinha sido já pensado a propósito da otimização da fabricação - *Design for Manufacture)*. Isto permite reduzir ao mínimo qualquer tipo de trabalho associado com o ajuste do material ao projeto, além da sua fixação.

O transporte dos módulos será feito por via marítima, tendo em conta o difícil acesso viário aos diferentes areinhos. O acesso de um camião de transporte aos areinhos seria bastante complicado devido à reduzida largura de algumas vias de acesso e às várias curvas apertadas que as pontuam. Paralelamente, a utilização da via rodoviária obrigaria a partir cada um dos (cinco) módulos do projeto, de 5 x 10 m, em duas partes com 2,5 x 10m. Isto levaria à duplicação do número de peças a montar/desmontar no local. Por isso, defende-se que o transporte marítimo é a solução mais viável e equilibrada, tendo em conta a proximidade que todos estes edifícios terão ao rio.

Após a chegada dos módulos ao local via marítima, haverá uma grua móvel, que fará a deslocação dos módulos para o respetivo lugar. A grua fará não só o desembarque dos módulos no areal, mas também, de seguida, colocará os módulos no respetivo local de implantação.

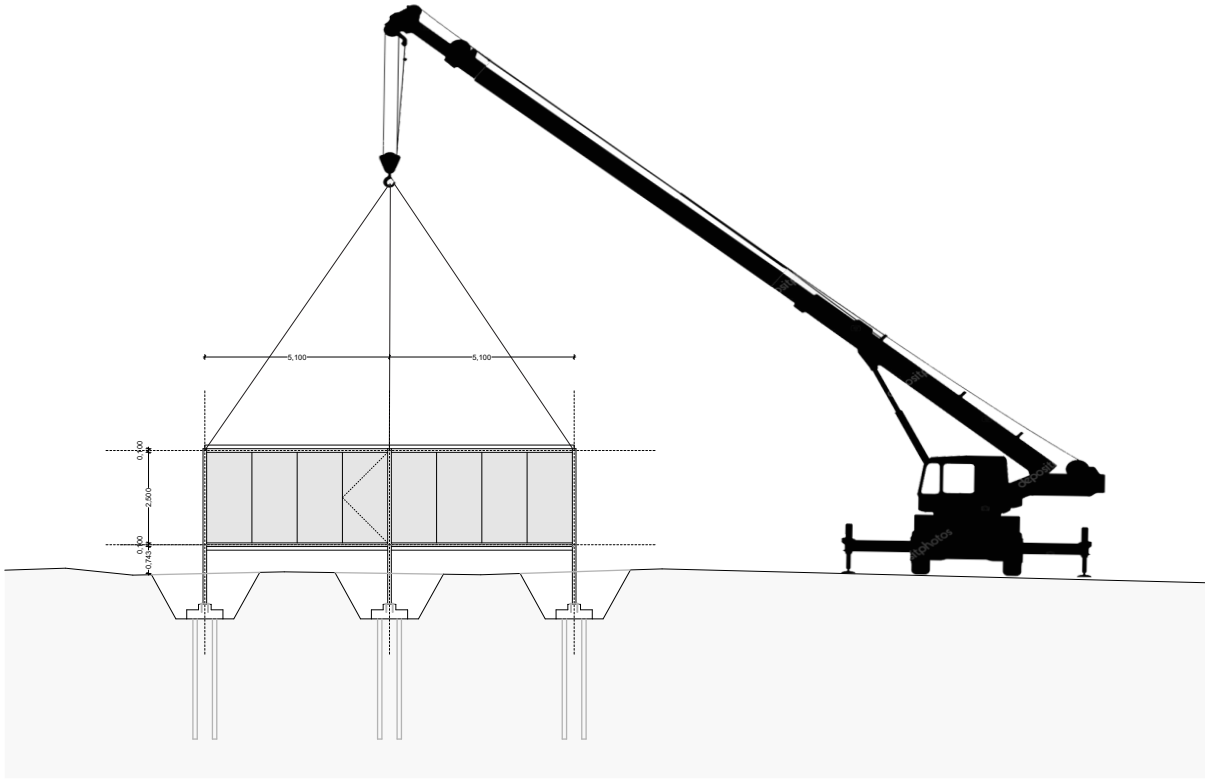


Fig. 3.44 – Montagem dos módulos no local com grua móvel.

O processo de montagem do edifício no local também foi sistematizado, visando a sua máxima simplificação. Esse processo divide-se em 3 (+1) etapas: 3 etapas de montagem e uma pré-etapa (etapa 0) que diz respeito à preparação do lugar de implantação. Enquanto as etapas 1, 2 e 3 poderão ser repetidas quantas vezes se desejar montar/desmontar o edifício, a etapa 0 é executada uma única vez.

Ademais, as etapas 1 a 3 são efetivamente etapas de montagem enquanto a etapa 0 não é executada inteiramente no local de construção, sem recurso à pré-fabricação.

- Pré-etapa (etapa 0): O local de implantação deverá ser preparado previamente, com a colocação de fundações sobre as microestacas, construídas no local da obra. Esta é a única operação de construção feita no local de implantação do edifício. Todas as fundações devem ser colocadas à mesma altura, permitindo que os pés dos módulos venham todos regulados de fábrica com o mesmo tamanho. Deste modo, aquando da montagem dos módulos no local é apenas necessário aparafusá-los às fundações, reduzindo o trabalho e as imprecisões inerentes ao seu ajuste no local.
- 1º etapa – Colocação e aparafusação dos dois módulos (interiores) das extremidades e do módulo (exterior) central às respetivas fundações. Estes três módulos virão completamente finalizados de fábrica.
- 2º etapa - Colocação dos módulos (exteriores) intermédios. Estes dois módulos não têm fundações diretas. São simplesmente aparafusados e apoiados nos restantes três módulos já montados.
- 3º etapa - Montagem de algumas infraestruturas, nomeadamente: ligação das redes infraestruturais do edifício às redes municipais (abastecimento de água, águas residuais e eletricidade); e fixação das infraestruturas pesadas e frágeis (bomba de calor e painéis solares).

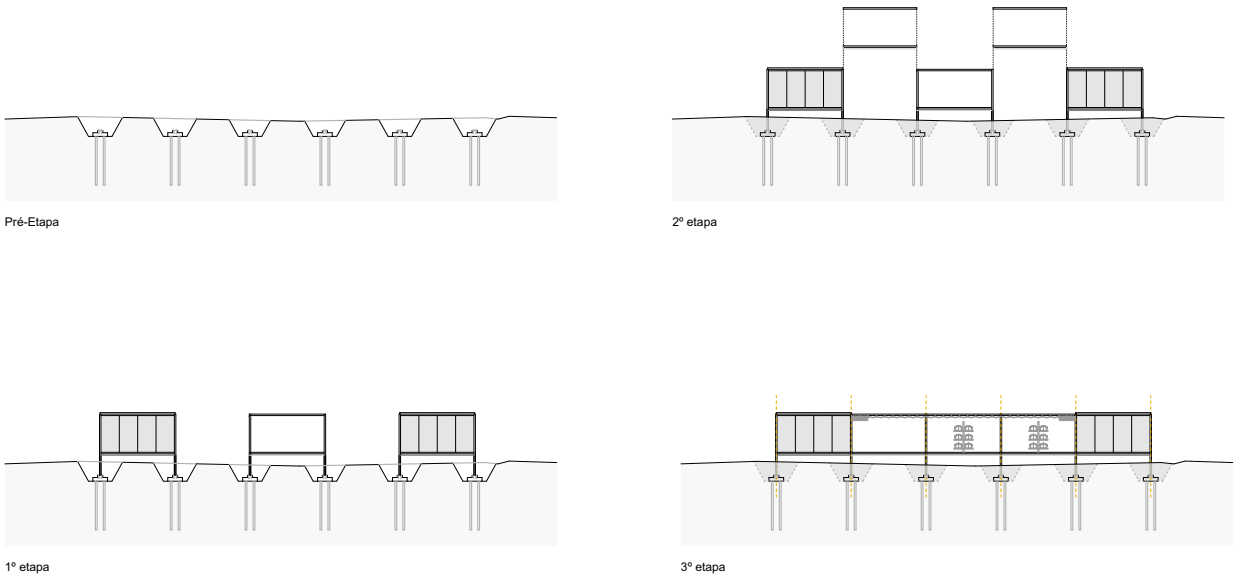


Fig. 3.45 – Etapas de montagem dos diferentes módulos.

3.6.3. DESIGN FOR MAINTENANCE (DFM)

A preocupação com a manutenção do edifício está patente no sistema construtivo proposto e na seleção dos materiais. Elegeram-se materiais com garantia de durabilidade e baixa manutenção, adequados ao uso e versatilidade do edifício. Mas, a forma como estes materiais são articulados construtivamente, é também crucial para consumar essas características potenciais que os materiais detêm.

O projeto previu um fácil acesso aos diferentes componentes do edifício, permitindo a sua fácil manutenção ou substituição. Desta forma, tal como foi referido anteriormente, o facto de o sistema construtivo do edifício contemplar subsistemas que funcionam autonomamente, sem que haja interdependência na sua montagem ou desmontagem, também facilita a manutenção ou a substituição de um determinado componente. Esta característica do sistema construtivo permite ainda reduzir significativamente os custos de eventuais manutenções ao longo da vida útil do edifício.

Também na seleção de materiais teve-se em conta também as questões da manutenção. Para o acabamento das paredes, pavimentos e tetos dos módulos interiores, previu-se inicialmente a utilização de painéis de Viroc para o acabamento tanto das paredes, como do pavimento e dos tetos, de forma a tornar o espaço contínuo e homogéneo. No entanto, após avaliação da ficha técnica deste material entendeu-se que a elevada exposição deste material à água (chuva, humidade dada a proximidade ao rio ou proveniente de cheias, e no interior a água associada à utilização da cozinha e dos balneários) poderia levar à sua rápida degradação; assim como uso mais intensivo do edifício (quer pelo número de pessoas, quer pelo movimento regular de arrastamento das canoas e outros equipamentos pesados de apoio à prática náutica) poderia conduzir ao rápido desgaste do pavimento. Ou seja, a aplicação de painéis de Viroc implicaria uma manutenção regular. Nesse sentido, optou-se por uma estratégica que respondesse tanto ao princípio formal pretendido - um espaço linear e contínuo - mas que simultaneamente fosse resistente e exigisse pouca manutenção. Assim a solução escolhida foi painéis de fibrocimento: um material mais resistente, duradouro, e sem necessidade de manutenção. Esta solução foi a escolhida para aplicar nos tetos e nas paredes tanto interiores como exteriores, no entanto não são recomendados pelos fabricantes a sua aplicação no pavimento. No pavimento, optou-se por usar vinílico aplicado sobre placas de OBS/4, que garantem maior durabilidade com baixa manutenção.

3.6.4. DESIGN FOR DISASSEMBLY (DFD)

Uma outra preocupação que foi tida na conceção do projeto foi o destino dos materiais no fim de vida útil do edifício. Nesse sentido, a redução da diversidade e mistura de materiais foi essencial. O desmantelamento de um edifício é tão mais eficiente (económica e ambientalmente) quanto mais desagregáveis forem os materiais que o compõem. Assim, procurou-se não utilizar sistemas ou materiais compostos, que dificultem a sua desmontagem do edifício no final da sua vida útil, como por exemplo um sistema ETICS. Todos os materiais patentes neste edifício são facilmente recicláveis, permitindo, no final da vida útil do edifício, reaproveitar os resíduos para serem aplicados noutro contexto. O sistema construtivo proposto, uma vez mais devido à sua lógica de subsistemas independente, torna o processo de separação dos diferentes materiais muito simples. O facto de os diferentes componentes estarem montados fundamentalmente através de fixações mecânicas, é também outro fator extremamente vantajoso para o *Design for Disassembly.*

3.6.5. AVALIAÇÃO

Após este processo conclui-se assim que a aplicação da metodologia DfMAMD deriva em duas grandes conquistas:

- Solidificar as soluções de projeto propostas e atribuir-lhes simplicidade – na sua produção, montagem, manutenção e desmontagem. Assumindo a plena funcionalidade do edifício e a sua simplicidade como as características mais determinantes da qualidade de um projeto;
- Consolidar as soluções construtivas e processuais com foco na sustentabilidade do edifício, durante todo o seu ciclo de vida. Assumindo que a sustentabilidade é, nos dias de hoje, uma parte essencial à plena funcionalidade de um edifício.

Projetar um edifício pensando-o como um organismo, é o mote do DfMAMD. Entender que a qualidade de um projeto não se mede apenas nas suas fases de ascensão, mas também nas de declínio. Compreender a importância de planear o envelhecimento de um edifício, porque este processo começa no dia em que a sua construção termina. Em suma, projetar o *envelhecimento com qualidade.*

O DfMADM é a metodologia que estabelece as regras para a introdução desta visão holística da vida de um edifício num processo de desenvolvimento de um projeto. Assumiu-se este projeto como uma plataforma de experimentação dessas regras, e não meramente a sua aplicação. Isto levou a um processo de testagem com constantes recuos, avanços e mudanças de direção no projeto, que foi por fim o que permitiu estabelecer reflexões sobre o processo e adaptá-lo de forma crítica e sustentada em projetos futuros.

3.7. CONCLUSÃO

Por fim, com base neste caso de estudo, e considerando a premissa metodológica desta dissertação, tecem-se três principais conclusões:

- A metodologia de Projeto Integrado deve ser aplicada a qualquer projeto de arquitetura-engenharia-construção, desenvolvido atualmente.
- A metodologia Design for Manufacture and Assembly (DfMA) aplica-se apenas a projetos que pressuponham processos de pré-fabricação, no entanto considera-se que a pré-fabricação ainda que não deva ser encarada como uma solução universal e totalitária, é uma solução cada vez mais pertinente aos desafios económicos, sociais e ambientais que enfrentamos atualmente.
- A extensão da metodologia DfMA proposta nesta dissertação – DfMD Design for Maintenance and Disassembly – é, tal como o Projeto Integrado, aplicável a qualquer projeto, sendo ademais urgente a consciencialização e disseminação na sua adoção na indústria da construção civil.

Apesar do setor da construção em Portugal ainda ser bastante tradicional, como acima mencionámos, e da relutância demonstrada na adoção de metodologias emergentes, como as exploradas nesta dissertação, acreditamos que essa transição se não for natural, será imposta muito em breve. Considera-se que estas metodologias devem ser tidas em consideração, apresentando-se como uma oportunidade para tornar o setor mais eficiente, rentável e sustentável. No entanto, o verdadeiro potencial destas ferramentas só será alcançado quando a sua utilização se tornar sistemática e se construir uma rede interconectada de operabilidade destes sistemas. Nesse momento poderemos falar em construção sustentável.

4
CONCLUSÃO

Esta dissertação assume-se como a conclusão de um ciclo de aprendizagem, e desenvolvimento da capacidade operacional no desenvolvimento integrado de projetos de edifícios. Após este percurso, compreende-se fundamentalmente a importância de estabelecer uma relação mais estreita e cooperante entre as diferentes disciplinas e atores que participam num projeto de um edifício.

Hoje, declara-se como evidente a necessidade de pensar no processo de construção na fase inicial do projeto. Projetar de forma eficiente e racional, evitando processos construtivos complicados e desajustados da realidade, e tendo sempre como premissa facilitar o trabalho e/ou a utilização de quem vier a seguir. Ademais, esta fase inicial de conceção dos projetos deve ser mais participada por todos os intervenientes que conduzem o processo de construção de um edifício. Contrariando a prática comum de elaboração de projetos linear e desintegrada, assente numa lógica de sobreposição de camadas e competência. Os problemas de rentabilidade da indústria da construção são derivados desta desarticulação do processo de conceção e poderão ser ultrapassados através de uma metodologia de trabalho orientada à cooperação. Esta filosofia contribuirá ainda para uma transição digital do setor mais eficiente e socialmente responsável. Neste cenário acredita-se que a pré-fabricação pode desempenhar um papel central. A concentração dos trabalhos de construção em ambiente de fábrica tem um excelente potencial de redução de riscos (humanos, económicos e ambientais), de aumento de produtividade e eficiência dos processos, assim como de redução dos custos e do impacto ambiental.

É também crucial desenvolver uma visão mais integrada dos processos de construção, mas também de todo o ciclo de vida dos edifícios. Temas como a manutenção ou desmantelamento dos edifícios, urgem fazer parte do conjunto de objetivos e premissas que definem a conceção de um edifício. Isto permite antecipar potenciais problemas, riscos e externalidades negativas, e, incorporando-os em projeto, reduzir os custos de utilização e manutenção do edifício, como minimizar o impacto ambiental do seu desmantelamento. Esta abordagem, mais preventiva que curativa, acredita-se que é a filosofia necessária para construir os edifícios de amanhã.

Por fim, os principais resultados desta dissertação são por fim e resumidamente: a compreensão do potencial do *Design for Manufacture and Assembly* neste contexto, propondo-se a expansão da metodologia para que integre também o ciclo de vida do edifício, ou seja a sua manutenção e desmantelamento – *Design for Manufacture, Assembly, Maintenance and Disassembly*; e a consistência que a aplicação desta metodologia trouxe ao projeto apresentado como caso de estudo desta dissertação.

Este exercício representa, enfim, o que se considera poder ser uma versão do lato conceito "construção sustentável": o compromisso a longo prazo entre e eficiência de todas as fases do ciclo de vida de um edifício, sem nunca pôr em causa a sua funcionalidade e o seu propósito sócio-territorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BCA - **BIM for DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) Essential Guide**. [S.l.] : Building and Construction Authority (BCA) Singapore, 2016.

BERGVALL, Lennart - Metric Dimensional Coordination - The Issues and Precedent, 1977.

BERRY, Sandra A.; MILTON, Hans J. - **Metric Dimensional Coordination: The Issues and Precedent: Proceedings of Joint Conference, Washington, DC, June 6, 1977**. [S.l.] : US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1978.

BOGUE, Robert - Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline. **Assembly Automation**. 2007).

BOGUE, Robert - Design for manufacture and assembly: background, capabilities and applications. **Assembly automation**. 2012).

BOOTHROYD, Geoffrey - Design for assembly—the key to design for manufacture. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. 2:3 (1987) 3–11.

BOOTHROYD, Geoffrey - **Assembly automation and product design**. [S.l.] : crc press, 2005. ISBN 1-4200-2735-2.

COX, Andy Guy; PIROOZFAR, Poorang - Prefabrication as a source for co-creation: An investigation into potentials for large scale prefabrication in the UK, 2011.

CROWTHER, Philip - Design for disassembly–Themes and principles. **Environment Design Guide**. 2005) 1–7.

FARIA, J. - Prefabricação leve em edifícios. **Prefabricação–Desenvolvimentos atuais**. 1993) 51–66.

FARIA, José Manuel Marques Amorim De Araújo - Divisórias leves prefabricadas: concepção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados. 1996).

FITZGERALD, A. - Design for maintainability.

FOSTER, Birgitta - BIM for facility management: design for maintenance strategy. **Journal of Building Information Modeling**. 2011:2011) 18–19.

FOX, Stephen; MARSH, Laurence; COCKERHAM, Graham - Design for manufacture: a strategy for successful application to buildings. **Construction Management and Economics**. 19:5 (2001) 493–502.

GAO, Shang; JIN, Ruoyu; LU, Weisheng - Design for manufacture and assembly in construction: a review. **Building Research & Information**. 48:5 (2020) 538–550.

GREVEN, Hélio Adão - INTRodução à CooRdENAção modulAR dA CoNsTRução No BRAsIl. **Porto Alegre: Habitare**. 2007).

ISAAC, Shabtai; BOCK, Thomas; STOLIAR, Yaniv - A methodology for the optimal modularization of building design. **Automation in construction**. 65:2016) 116–124.

KNAACK, Ulrich; CHUNG-KLATTE, Sharon; HASSELBACH, Reinhard - **Prefabricated systems**. [S.l.] : Birkhäuser, 2012. ISBN 3-7643-8747-5.

LIU, Rui; ISSA, Raja RA - Design for maintenance accessibility using BIM tools. **Facilities**. 2014).

MEIJS, Maarten; KNAACK, Ulrich - **Components and connections**. [S.l.] : Birkhäuser, 2012. ISBN 3-7643-8669-X.

MORALES, Daniel Ramos; GUGEL, Luis Gonzalez; NAVARRA, Alejandro López - **Standardization and process automation: Key aspects for cost efficiency in construction**. [S.l.] : Deloitte, 2020.

MULLER, Marina Figueiredo *et al.* - A systematic literature review of interoperability in the green Building Information Modeling lifecycle. **Journal of cleaner production**. 223:2019) 397–412.

O'DRISCOLL, Martin - Design for manufacture. **Journal of materials processing technology**. 122:2–3 (2002) 318–321.

OH, Minho *et al.* - Integrated system for BIM-based collaborative design. **Automation in construction**. 58:2015) 196–206.

PITTWAY, L. - Systematic literature reviews. Em **The SAGE dictionary of qualitative management research**. [S.l.] : SAGE Publications Ltd, 2008.

ROCHA, Patrícia Fernandes; RODRIGUES, Rui Calejo - Methodology for Architectural Design Based on the Perspective of Maintenance: Application and Analysis of External Wall Openings. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**. 18:2 (2013) 78–82.

SHAHTAHERI, Yasaman *et al.* - Managing risk in modular construction using dimensional and geometric tolerance strategies. **Automation in construction**. 83:2017) 303–315.

SHILTON, Nigel; DUDLEY, Scott; HANDBY, Claire - **Predictions – Modern Methods of Construction**. [S.l.] : Deloitte, 2020.

SINCLAIR, Dale - **Guide to Using the RIBA Plan of Work 2013**. [S.l.] : Routledge, 2013. ISBN 1-00-070495-5.

SINGH, Vishal; GU, Ning; WANG, Xiangyu - A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. **Automation in construction**. 20:2 (2011) 134–144.

SOUTHERN, Joshua - **Smart Construction - How offsite manufacturing can transform our industry**. [S.l.] : KPMG, 2016.

TALEBI, Saeed *et al.* - Tolerance management in construction: A conceptual framework. **Sustainability**. 12:3 (2020) 1039.

TRIGO, José A. Teixeira - Industrialização da construção de edifícios. **1as Jornadas de Engenharia Civil**. 1976) 25–33.

ZHANG, Lianying; HE, Jing; ZHOU, Shuguo - Sharing tacit knowledge for integrated project team flexibility: Case study of integrated project delivery. **Journal of Construction Engineering and Management**. 139:7 (2013) 795–804.

ANEXOS

Anexo A – Projeto de Arquitetura

1.1. Planta

1.2. Planta de Cobertura

1.3. Corte Transversal

1.4. Corte Longitudinal

1.5. Alçados

1.6. Corte Construtivo

1.7. Parcial Módulo Apoio a prática balnear

1.8. Parcial Módulo Apoio a prática náutica

1.9. Planta de acessibilidades

1.10. Mapa de acabamentos

Anexo B – Fichas técnicas dos materiais.

1.1. Ficha técnica - Zinco

1.2. Ficha técnica – Deck ipê

1.3. Ficha técnica - Fibrocimento

1.4. Ficha técnica – Lã de rocha

1.5. Ficha técnica – Toldo Horizontal

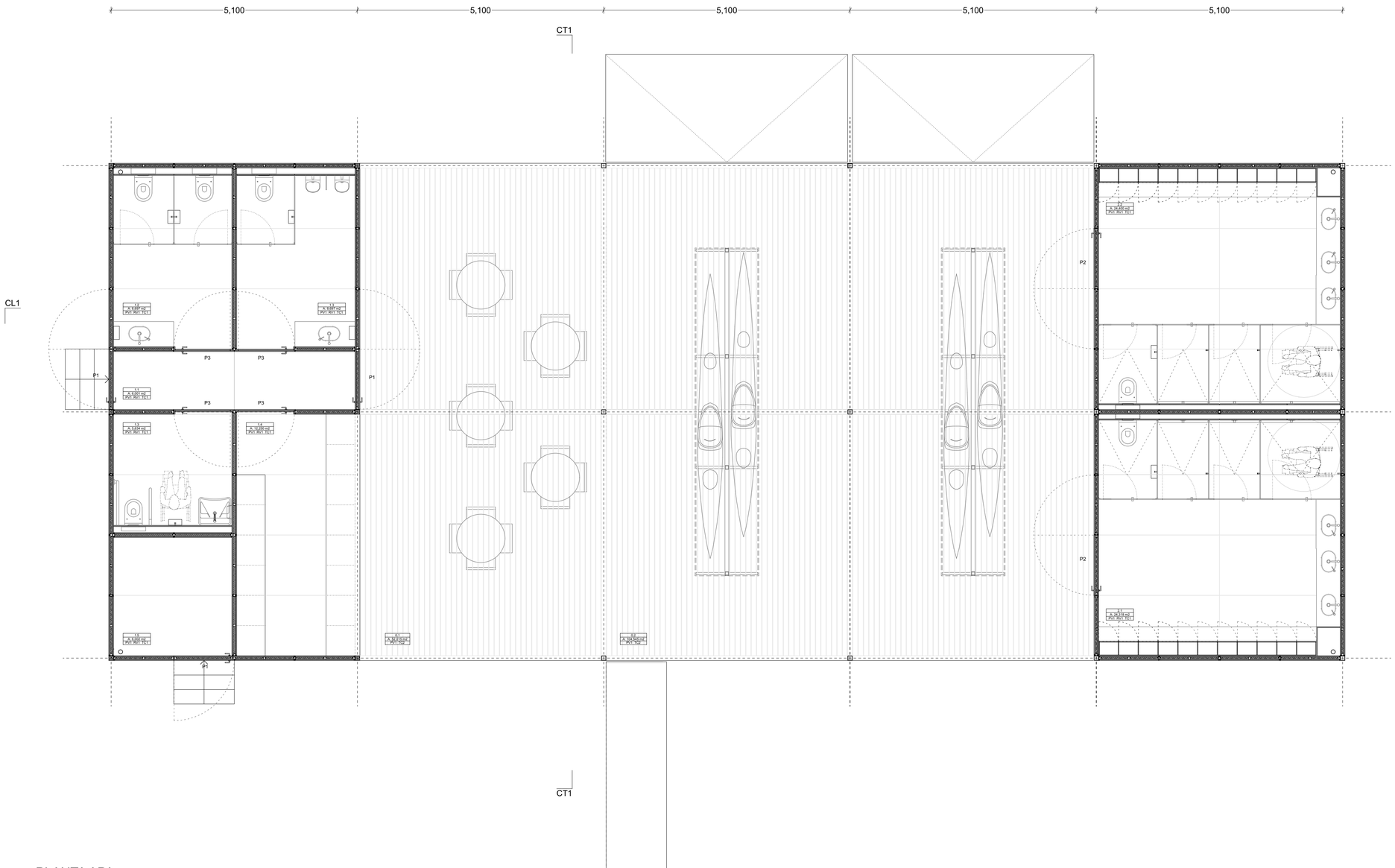
1.6. Ficha técnica – OSB/4

1.7. Ficha técnica – Tyvek Metal

1.8. Ficha técnica – Tyvek UV Facade

1.8. Ficha técnica – Vinílico

ANEXOS A



PLANTA APA

Legenda:

0. Espaço Central
- 0.1. Esplanada
- 0.2. Preparação Pratica Nautica

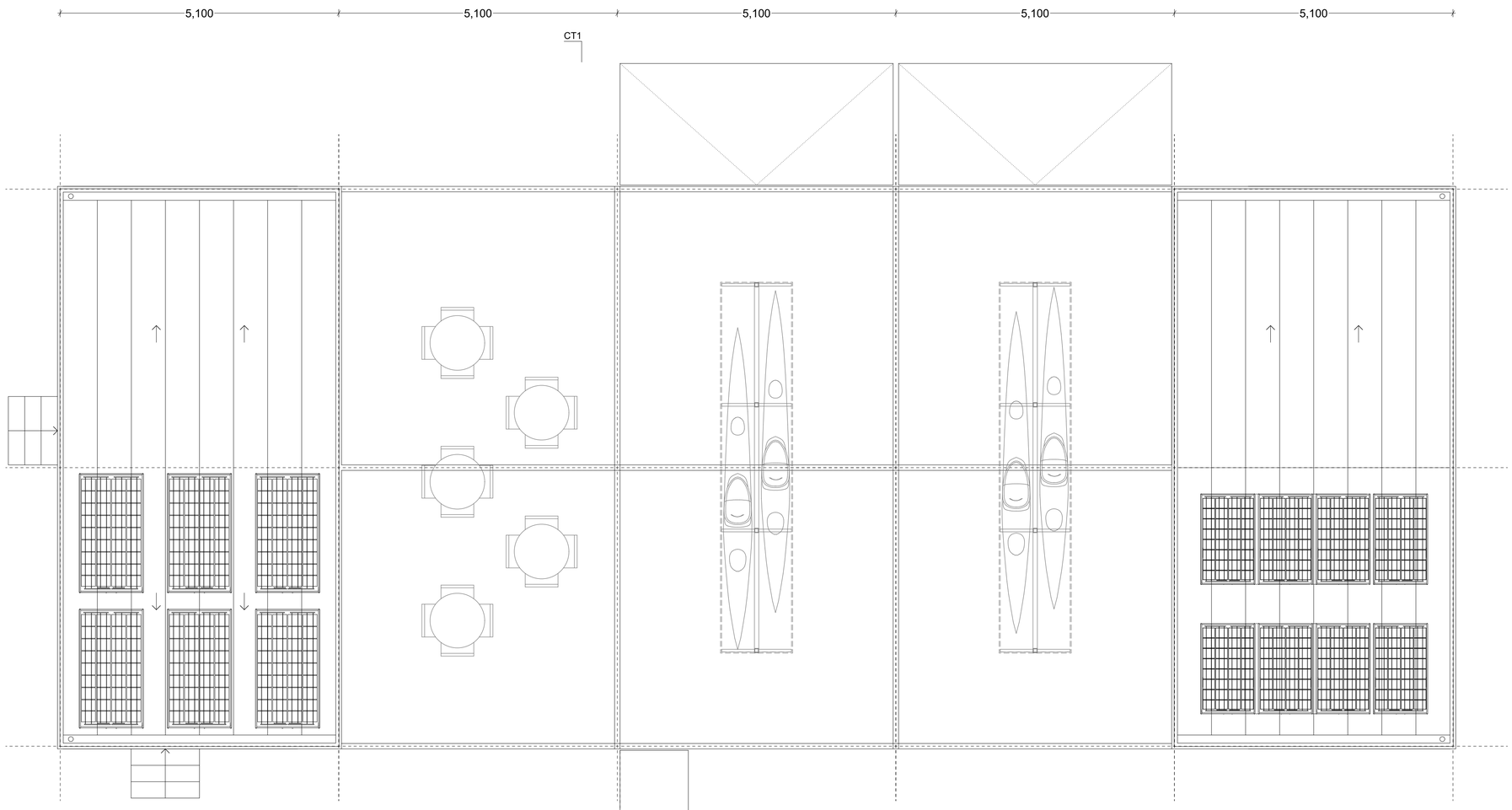
1. Módulo de Apoio Areinho
- 1.1. Corredor
- 1.2. W.C Femenino
- 1.3. W.C Masculino
- 1.4. W.C Mobilidade cond.
- 1.5. Copa

2. Módulo de Apoio Pratica Náutica
- 2.1. Balneários Masculinos
- 2.2. Balneários Femeninos

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Planta	Autor: Filipe Estrela

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

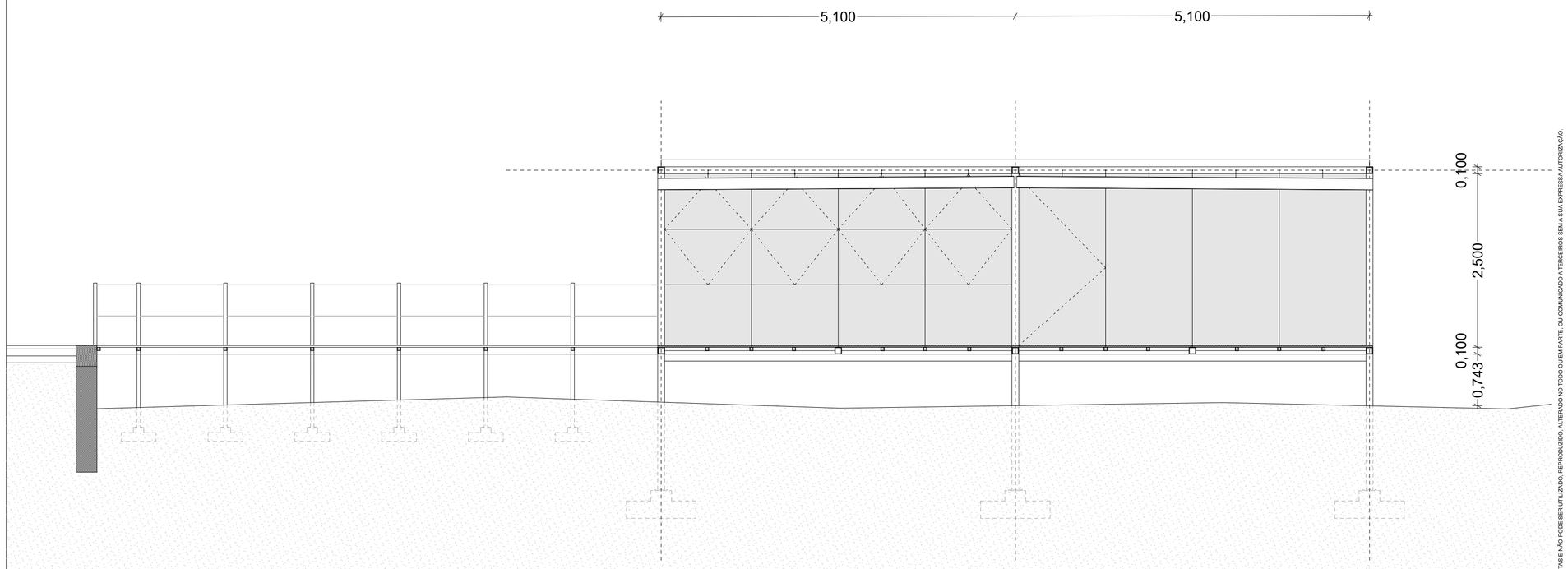


PLANTA DE COBERTURA

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Planta Cobertura	Autor: Filipe Estrela

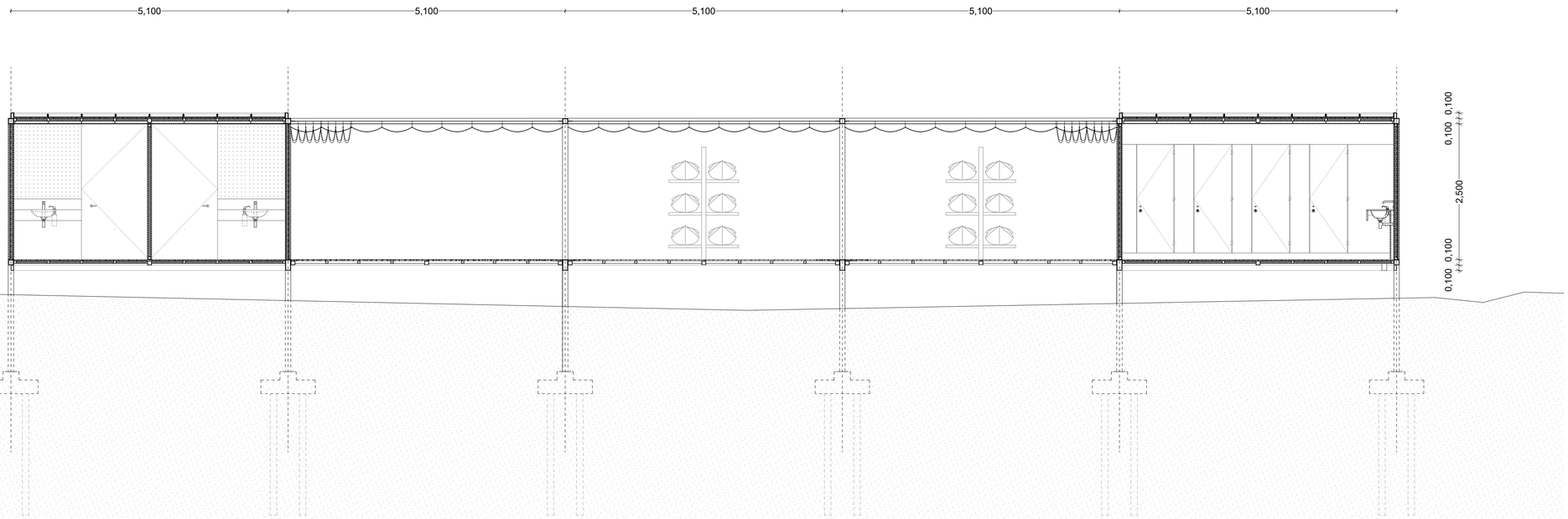


CORTE CT1

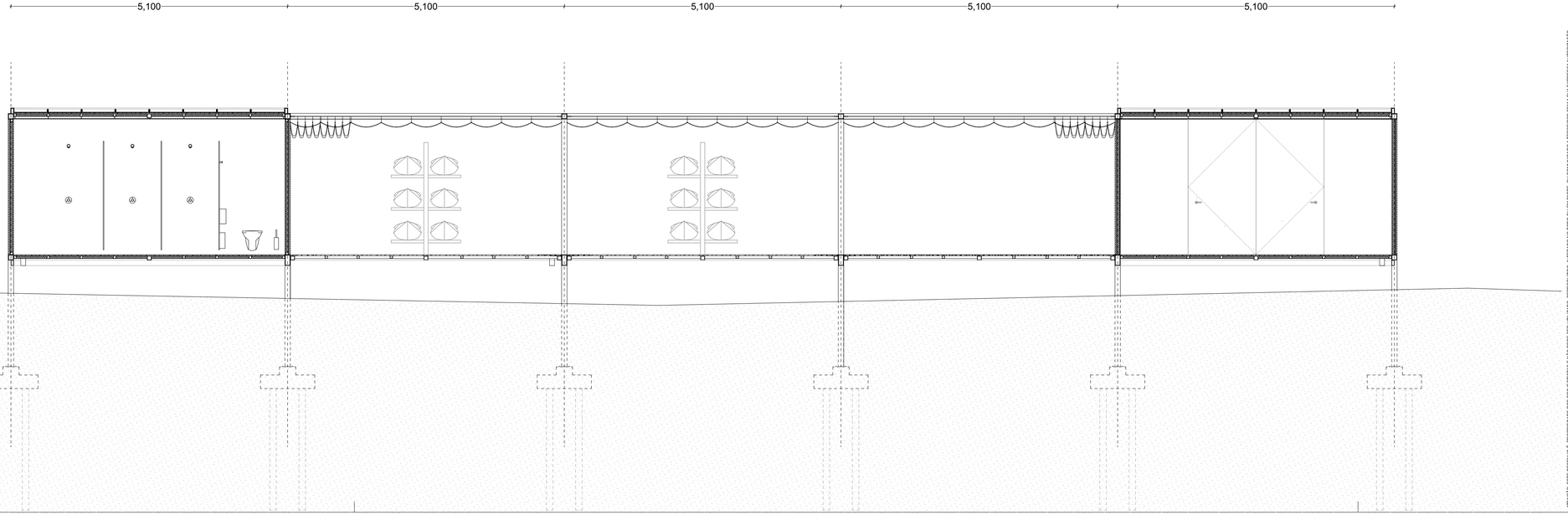
Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Corte Transversal	Autor: Filipe Estrela

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.



CORTE CL1

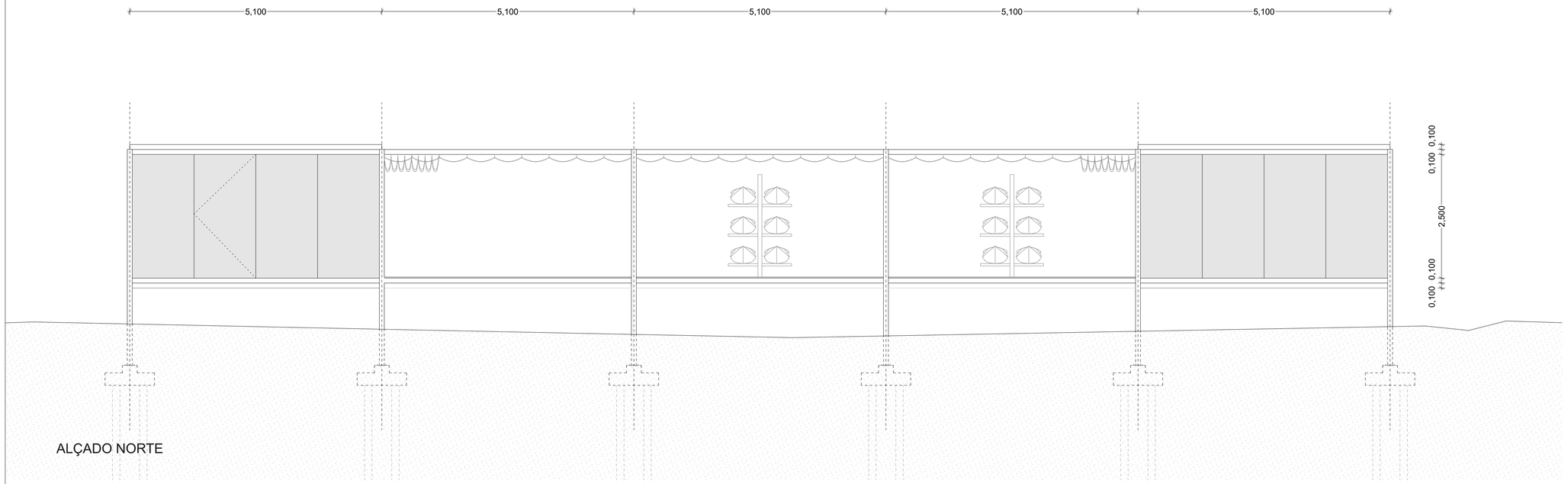


CORTE CL2

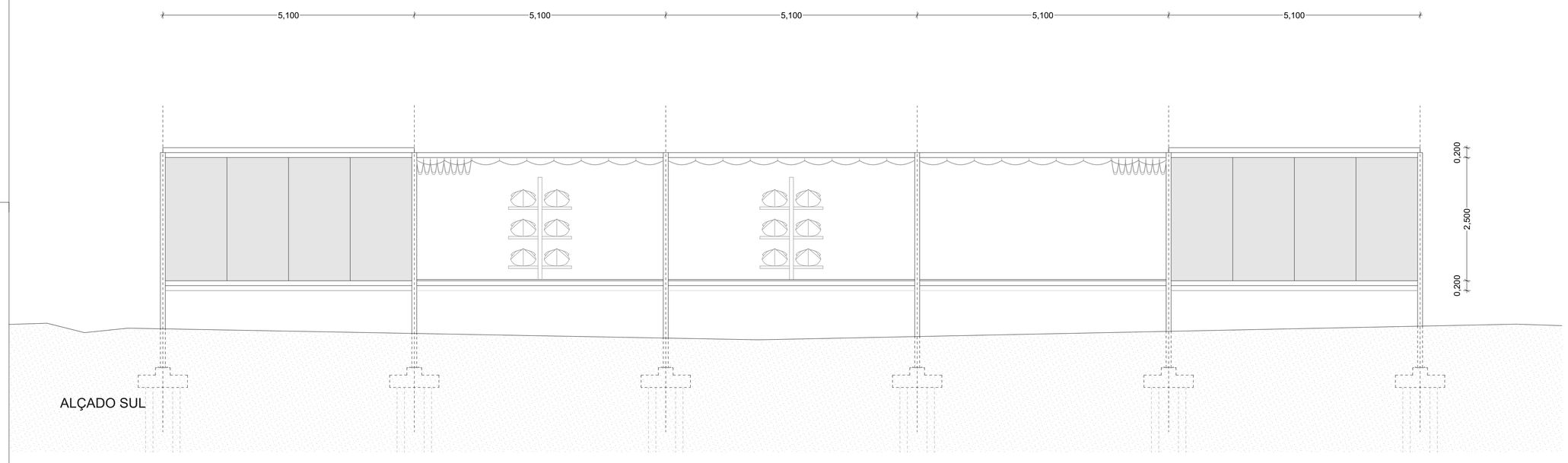
ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

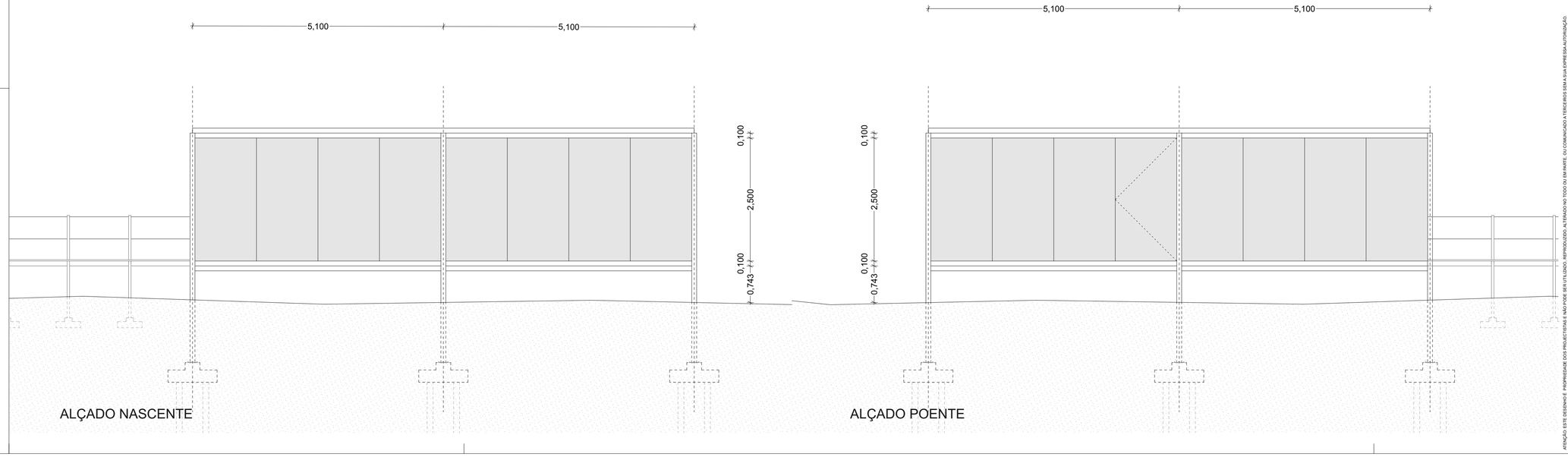
Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Corte Longitudinal	Autor: Filipe Estrela



ALÇADO NORTE



ALÇADO SUL



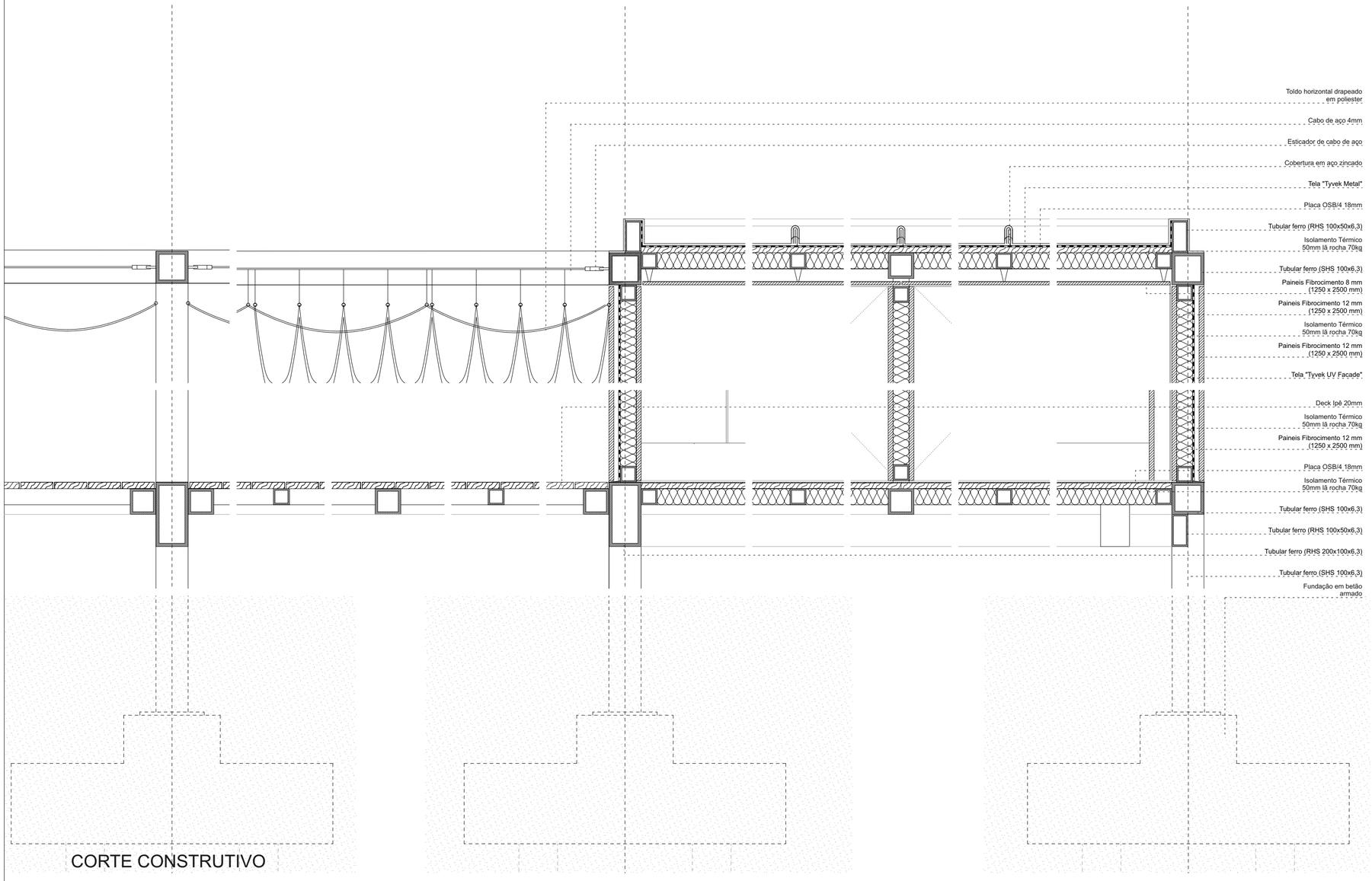
ALÇADO NASCENTE

ALÇADO POENTE

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Alçados	Autor: Filipe Estrela

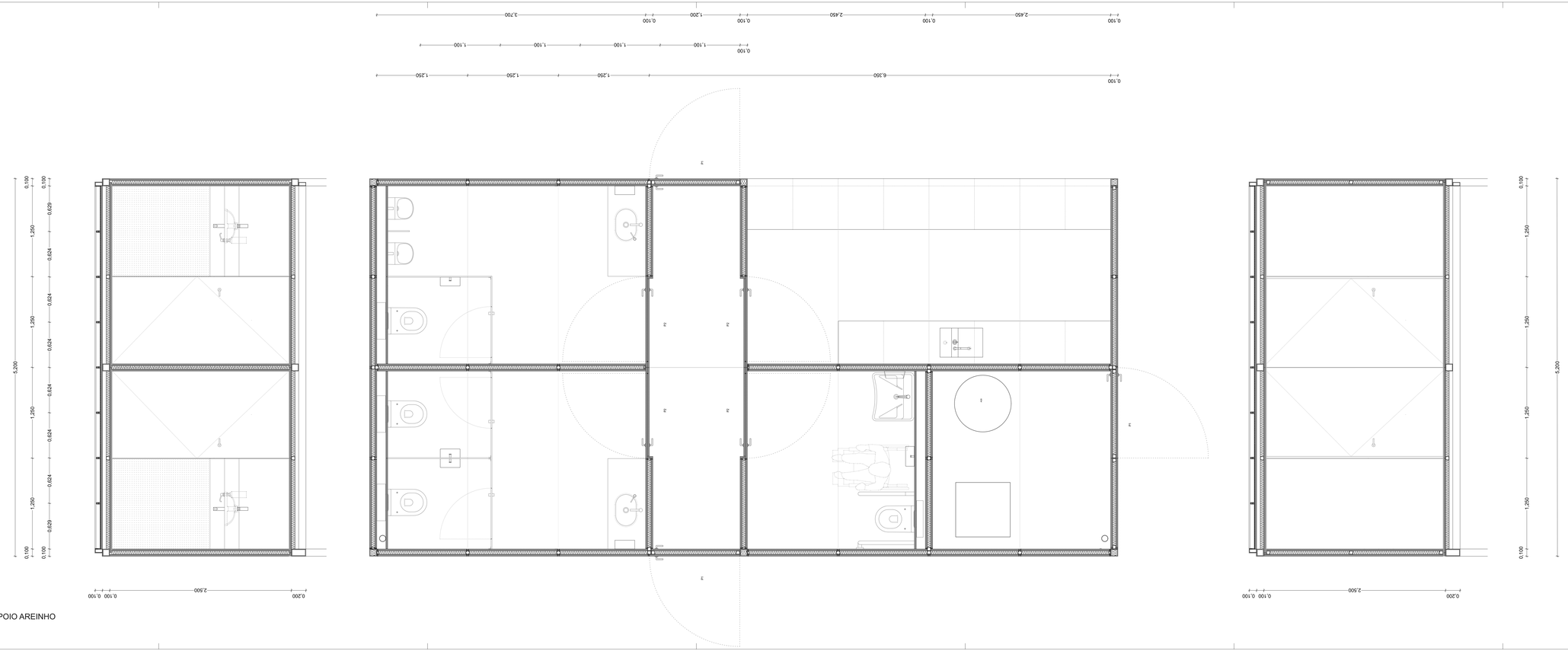


CORTE CONSTRUTIVO

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

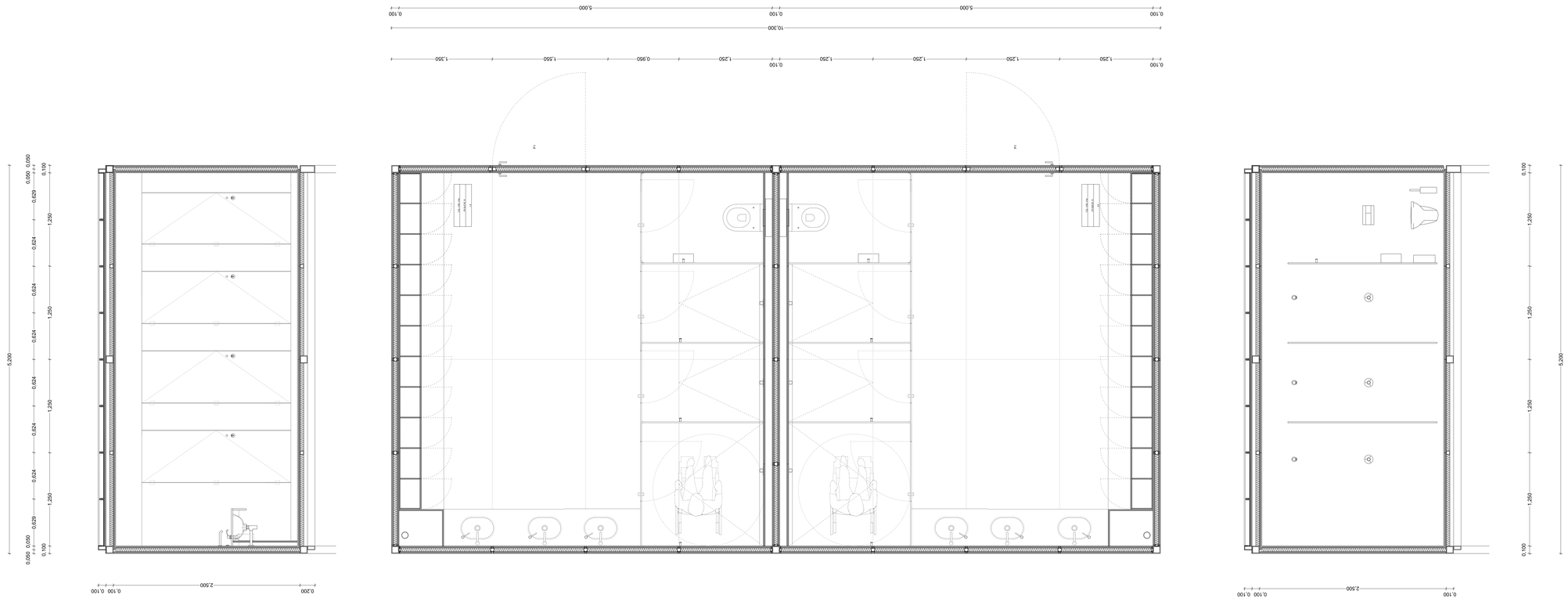
Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:10	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Corte Construtivo	Autor: Filipe Estrela



PARCIAL MODULO APOIO AREINHO

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

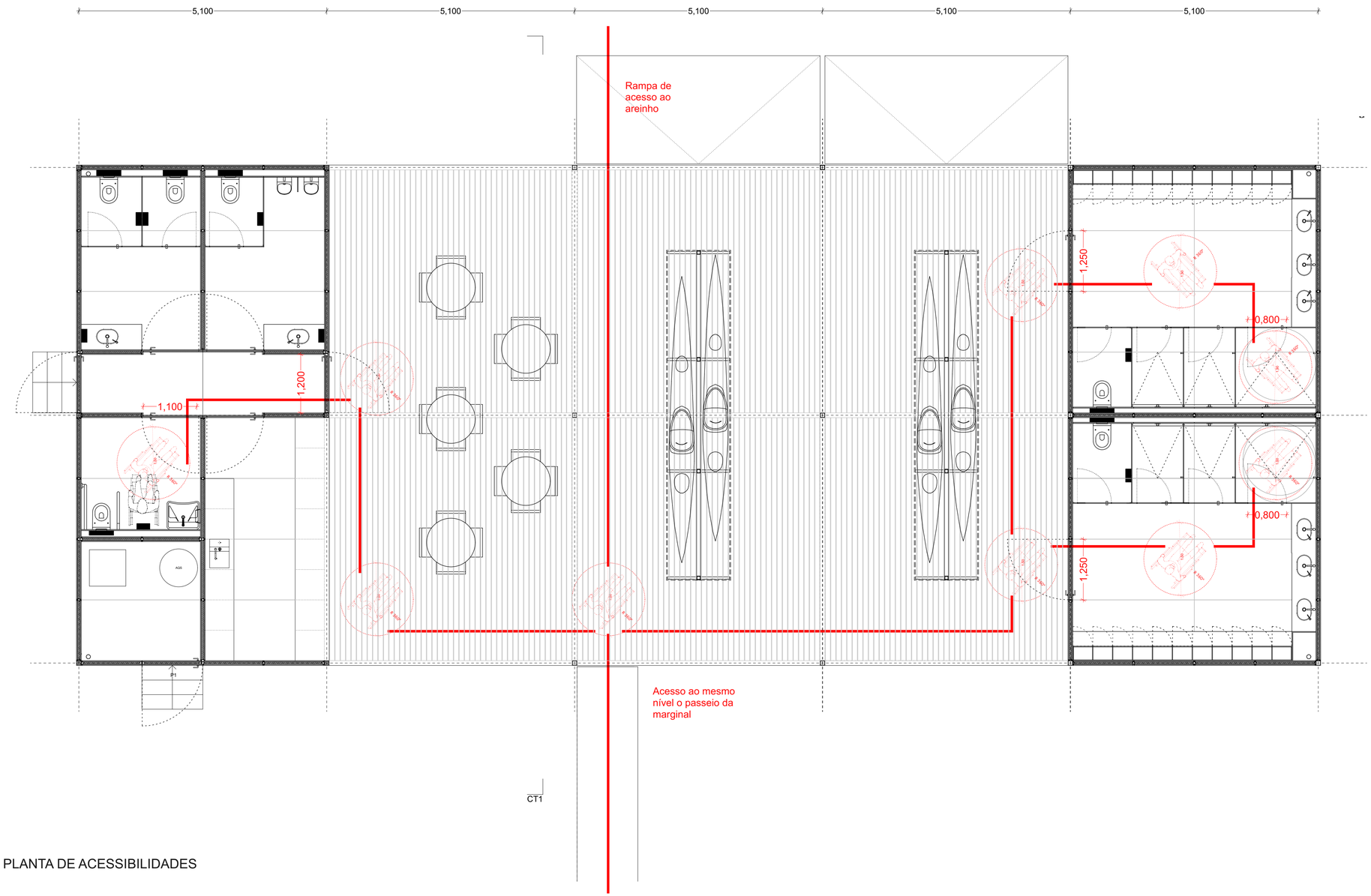
Desenho nº.: 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:20	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Parcial Modulo Apoio Areinho	Autor: Filipe Estrela



PARCIAL MODULO APOIO PRATICA NÁUTICA

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº.: 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Escala: 1:20	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Parcial Modulo Apoio Pratica Náutica	Autor: Filipe Estrela



PLANTA DE ACESSIBILIDADES

LEGENDA DE ACESSIBILIDADES

Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios

Desenho nº. : 01	Obra: Módulo de Apoio à Prática Náutica
Fase: Projeto Base	Promotor: Gaiurb, EM
Data: DEZ/2020	Disciplina: Projeto Integrado
Escala: 1:50	Especialidade: Arquitectura
Descrição: Planta de acessibilidades	Autor: Filipe Estrela

ATENÇÃO: ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DOS PROJECTISTAS E NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO, ALTERADO NO TODO OU EM PARTE, OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

MAPA DE ACABAMENTOS

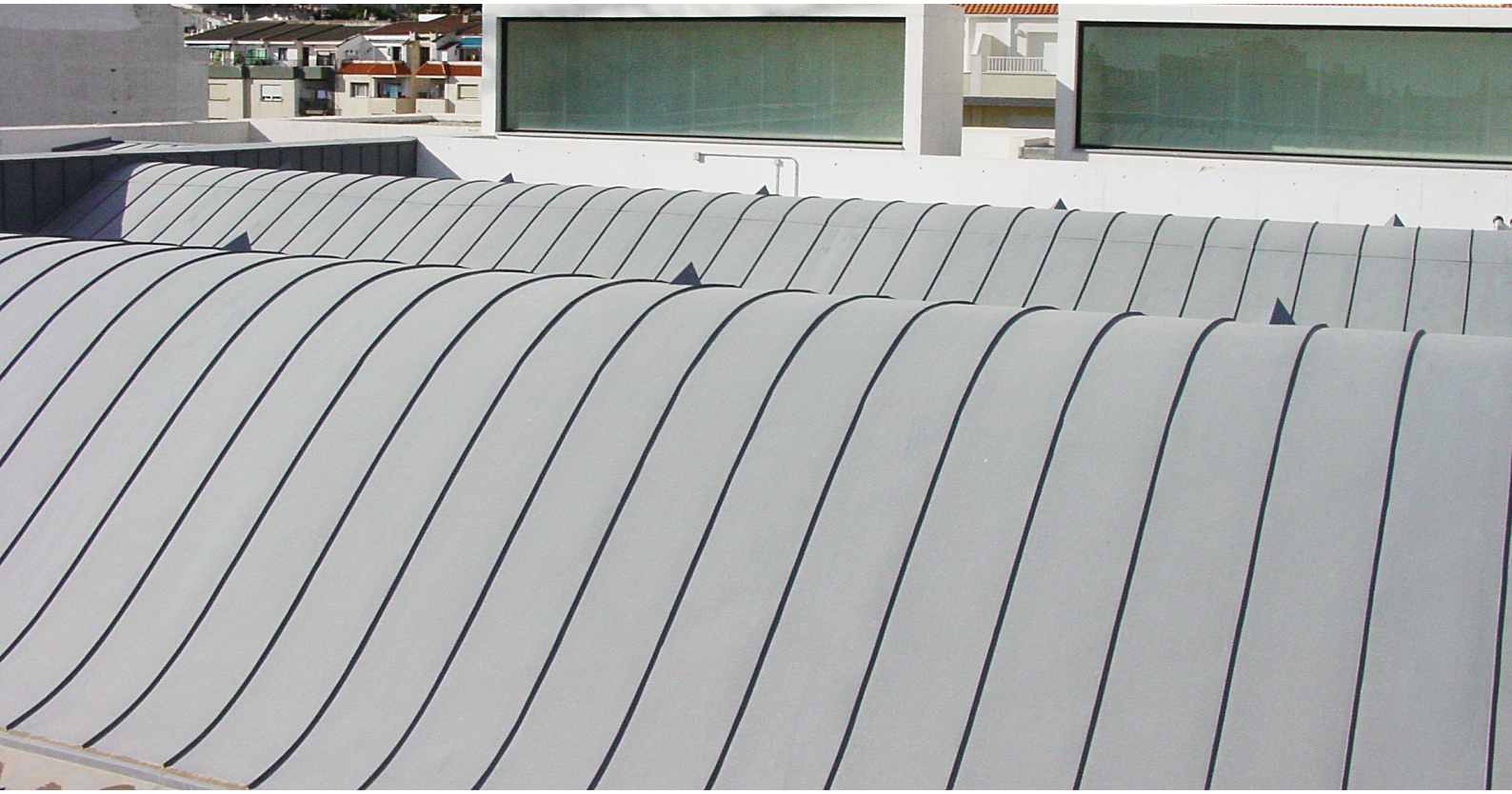
Requerente	**CM.GAIA**
Projecto	**Apoio Pratica Náutico**

			REVESTIMENTOS						LOUÇAS SANITÁRIAS, TORNEIRAS E ACESSÓRIOS																				OBSERVAÇÕES:
			PAVIMENTO		PAREDES EXT.	PAREDES INT.	TECTOS		LOUÇAS SANITÁRIAS				TORNEIRAS			ACESSÓRIOS													
LEGENDA DE ESPAÇOS			**PV1** Vinílico 2mm + placas de OSB/4, espessura 18mm + isolamento lã rocha 50mm 70kg	**PV2** Pavimento em Deck, madeira natural Ipê, espessura 22mm	**RV1** Revestimento em placa de Fibrocimento de 12mm + isolamento lã rocha 50mm 70kg + Tela "Tyvek UV Facade" + placa de Fibrocimento 12mm	**RV2** Revestimento em placa de Fibrocimento de 12mm + isolamento lã rocha 50mm 70kg + placa de Fibrocimento 12mm	**TC1** Tecto em placa de Fibrocimento 8mm + isolamento lã rocha 50mm 70kg + Placa de Osb/4 18mm + Tela "Tyvek Metal" + chapas de aço zincado	**TC2** Cobertura de toldo ondulado em tecido de poliester branco	Lavatório de embutir sob bancada "duravit, Vanity Basin", ref 033643, de cor branca; com estrutura de fixação; válvula click-clack e sifão em latão cromado.	Lavatório suspenso para mobilidade condicionada do tipo Valadares, modelo PMR ref. 78781002, com suporte basculante, válvula click-clack, tampa para overflow e sifão.	Sanita Suspensa "Duravit, Starck 3, ref. 222509; com tampo em termodur; placa de comando de dupla descarga, estrutura de suspensão de encastrar.	Urinol "Duravit- Starck Dry", ref. 281430 em cor branca.	Torneira de lavatório, da OFA, "torneira lavatório, ref. GEE8006N.	Misturadora monocomando duche encastra, da OFA, ref. GKT0106 e chuveiro de duche, do tipo "chuveiro mural mini", da OFA, ref. GKT0155	Torneira monocomando para lavatório de mob. Condicionadado tipo Ofa ou equivalente, modelo hospitalar h2, ref.GVT9820	Dispensador de sabão líquido encastrado, em aço inox AISI 304 do tipo JNF ref. In.60.544.	Secador de mãos automático do tipo "Mediclinics" ref. M174AC	Balde higiénico mural de aço inox "AISI 304", tipo SIMEX ref. 07033.	Porta-rolos em aço inox AISI 304 tipo JNF ou equivalente, modelo Jumbo, ref. IN.60.489	Porta piaçaba de parede em aço inox AISI 304 tipo JNF ref. IN.42.165 ou equivalente	Cabide em aço inox AISI 304 tipo JNF ref. IN.14.505	Barras de apoio basculantes com porta rolo para sanita, do tipo "Sanindusa - Wccare - ref. 42968".	Barras de apoio ângulo 90º do tipo "Sanindusa - Wccare - ref. 42960 (direito) e 42961 (esquerdo)"	Divisão entre urinois em ferólico do tipo "Trespa AtHon"	Sistema de alarme - mobilidade condicionada	Bancadas em Silestone com 20mm de espessura	Espelho não aquecido com 05m de espessura	
0. ESPAÇO CENTRAL																												
	0.1	Esplanada		x				x																				
	0.2	Preparação Pratica Náutica		x				x																				
1. MODULO APOIO AREINHO																												
	1.1	Corredor	x		x	x	x																					
	1.2	W.C Femenino	x		x	x	x		x		x		x			x	x	x	x	x	x			x		1,25 x 0,50 + 1,25 x 0,2 + 1,25 x 0,2cm	1,25 x 1,25	
	1.3	W.C Masculino	x		x	x	x		x		x	x	x			x	x	x	x	x	x			x		1,25 x 0,50 + 1,25 x 0,2 + 1,25 x 0,2cm	1,25 x 1,25	
	1.4	W.C Mobilidade condicionada	x		x	x	x			x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x			
	1.5	Copa	x		x	x	x																					
2. MODULO APOIO PRATICA NAUTICA																												
	2.1	Balneários Masculinos	x		x		x		x		x		x	x		x	x	x	x	x	x			x		2,5 x 0,50 + 2,5 x 0,2 + 2,5 x 0,2cm	2,5 x 1,25	
	2.2	Balneários Femeninos	x		x		x		x		x		x	x		x	x	x	x	x	x			x		2,5 x 0,50 + 2,5 x 0,2 + 2,5 x 0,2cm	2,5 x 1,25	
		TOTAL	100m2	150m2	150m2	53 m2	100m2	150 m2	8 unid	1 unid	6 unid	2 unid	8 unid	6 unid	1 unid	9 unid	5 unid	6 unid	6 unid	6 unid	12 unid	1 unid	1 unid	23,5 m2	1 unid	4 unid	4 unid	

ANEXOS B

VMZ Junta agrafada

Ficha técnica



Vantagens

Para todo tipo de geometrias na cobertura.

Estanquicidade máxima.

Rapidez no tempo de execução.

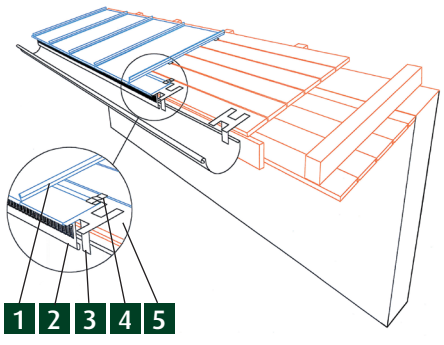
Utilização

Todo tipo de coberturas.

Formas Complexas.

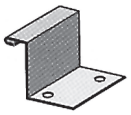
Pequenas, medias e grandes superfícies.

Climas rigorosos.

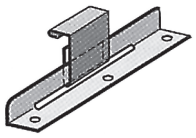


VMZ Junta agrafada 1
VMZ Pingadeira ventilada 2
Presilha de aço inox 3
Presilha de zinco 4
Ripado de madeira de pinho 5

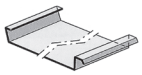
Componentes



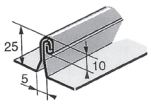
Presilha fixa



Presilha móvel



Chapa VMZ



Cobertura VMZ

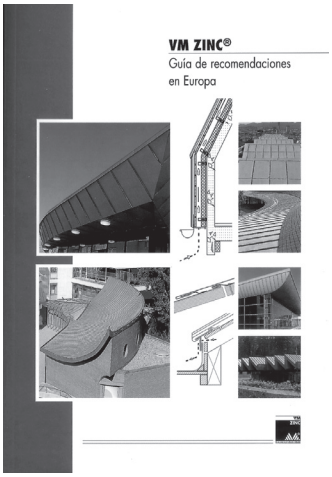
Apresentação	Bobinas para perfilar
Aspectos da superfície	Zinc natural, ANTHRA-ZINC®, QUARTZ-ZINC®, Zinc bilacado e PIGMENTO®
Larguras	500 e 650 mm
Espessuras	0.65, 0.7, 0.8 mm
Distância entre os eixos	430 mm (desenv. 500), 580 mm (desenv. 650)

Fixação Presilhas fixas e móveis, em aço inox, com espessura 0,4 mm (VMZINC), instaladas com 33 cm e encaixadas no perfil das chapas de zinco da cobertura. Recomenda-se o Guia Internacional de Recomendações VMZINC na Europa, capítulo 9 e 11, para condições específicas.

Instalação Perfilado em peças até 15 m, no máximo.
Altura do perfil: 25 mm, espessura 5 mm. Perfilado e fecho mecânico.

Acessórios Gama completa de todo tipo de remates.

Normas e documentos que devem ser consultados



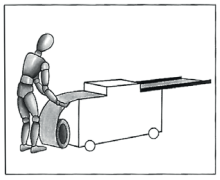
Norma EN 988 Norma europeia de qualidade do zinco cobre titânio laminado:
- UNE-EN 988: 1997
- Zinco e ligações de zinco
- Especificações para produtos laminados planos para a construção

Documentação
- VMZINC. Guia Internacional de Recomendações na Europa
- Recomendações de cada fabricante de madeira ou derivados da madeira.

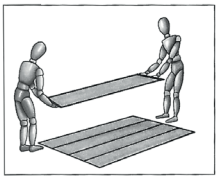
NBE
- Norma Básica da Edificação AE-88. Acções na edificação.

Delta VMZINC
- Guia Técnica de Utilização.

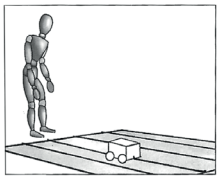
Utilização



1. Perfilar



2. Colocar



3. Encaixar

Suportes autorizados Instalação sobre ripado de madeira maciça (pH>5) ou painéis derivados de madeira compatíveis com zinco (segundo recomendações de cada fabricante).

Pendente Pendente ≥5 % (sob consulta a VM BUILDING SOLUTIONS)

Climas Consultar o Guia Inter*nacional de Recomendações na Europa da VMZINC* para ver as limitações desta técnica.

Tipo de Cobertura Todas as formas de coberturas: Curva, recta, concava, convexa e cúpulas. Cobertura ventilada (ventilação inferior entre a cara interior do zinco e do suporte), cobertura compacta (utilizando VMZ Zinc plus®, ver o Guia de Utilização deste sistema) e cobertura micro ventilada (utilizando Delta VMZINC, ver o Guia de Utilização deste sistema).

VM BUILDING SOLUTIONS Ibérica, S.L.
portugal.vmzinc@vmzinc.com
www.vmzinc.pt

somapil
madeiras do mundo

IPÊ

Nomes

Nomes Científicos	*Tabebula spp.*
Família	*Bignoniaceae*
Origens (mais comuns)	Brasil
Nomes (mais comuns)	Ipê, Pau D'arco
Borne	Branco Amarelado, bem distinto
Cerne	
Cor	Castanho azeitona a castanho escuro, por vezes com veios finos.
Veio/Fio	Contrafio sempre presente, por vezes muito forte.
Grão	Fino a médio
Textura	Muito Fina
Medula	—

Transformação

Acabamento	Bom, com depositos de lapachol que podem fazer com que algumas velaturas e ou vernizes tenham dificuldades em aderir á madeira, é aconselhado o uso de tapa poros.
Aparafusamento	Necessita de pré-furação
Colagem	Delicada
Encurvamento	—
Maquinação	Dificil na presença de contra fio
Pregagem	Necessita de pré-furação
Secagem	Sem riscos importantes, contudo conduzir lentamente, riscos de deformações e fendas ligeiras.
Serragem	Necessita de força, efeito desafiante médio.
Folha	Interessante em corte plano

Aplicações Mais Comuns

Uso Interior	Sim	**Uso Exterior**	Sim

Carpintaria de Interior, Soalhos, Escadas, Carpintaria de Exterior, Deck's, Estruturas, Construção Naval, Obras Hidraulicas, Instrumentos Musicais.

Observações

Formas de Comercialização	Prancha
Durabilidade	Natural Boa
Conservação	Má impregnação, grande resistência a fungos e a térmitas e boa resitência contra os insectos da madeira seca.

Caracteristicas Técnicas

Peso em Verde (Kg/m³)	1.300	**Peso a 12% (Kg/m³)**	1.050
Retracção Linear Tangencial (T%)	6,5	**Retracção Linear Radial (R%)**	5,2
Retracção Volumétrica para 1% de Humidade (V%)	—	**Contracção de Ruptura à Compressão Axial (C12) (N/mm²)**	95
Contracção de Ruptura à Tracção Axial (C12) (N/mm²)	—	**Contracção de Ruptura à Flexão Estática (F12) (N/mm²)**	184
Módulo de Elasticidade em Flexão (E12) (N/mm²)	18.800		

A imagem representada nesta ficha é meramente exemplificativa, podendo não ser totalmente fiel á realidade, a madeira é um produto natural e váriavél no seu aspecto.

Bibliografia: Atlas des Bois Tropicaux d' Amérique Latine (edição OIBT/CIRAD/ATIBT, 1993)

EQUITONE [natura]

Aparência do produto

EQUITONE [natura] é uma placa de base colorida, com acabamento de cor semitransparente sobre a estrutura do material brilhante de fibrocimento. O acabamento do painel é ao mesmo tempo resistente a intempérie e a raios UV. São esperadas irregularidades, diferenças de tons e aparência no processo de fabricação. A parte traseira recebe um revestimento posterior de vedação transparente.

Cor

A tolerância permitida de tom entre os painéis EQUITONE é mínima e esta tabela mostra a medida aritmética das três leituras.

	[natura]
Δ L brilho	± 2.00
Δ a +vermelho -verde	± 2.00
Δ b +amarelo -azul	± 2.00

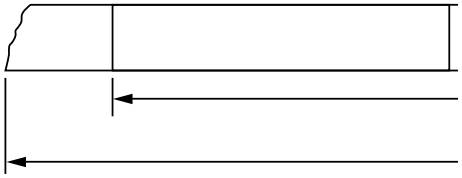
Dimensões

EQUITONE [natura] está disponível nas espessuras de 8 e 12 mm. Os painéis também estão disponíveis em formatos recortados ou sem recortar.

Sem recortar não retificado	3130 x 1280 mm	2530 x 1280 mm
Recortado retificado	3100 x 1250 mm	2500 x 1280 mm

Painéis retificados

Os painéis que saem da cadeia de produção possuem bordas sem recortar (não retificado). Estes painéis estão disponíveis para distribuidores com equipamento adequado que lhes permite cortar e recortar os painéis para qualquer projetos.



A fábrica também oferece um serviço de corte para os clientes que não contam com as instalações necessárias para o corte. É necessário recortar aproximadamente ±15mm do painel sem recortar para assegurar uma perpendicularidade correta. Tem em conta que todas as bordas cortadas necessitam ser tratadas com Luko.

Propriedades técnicas

O revestimento de placas EQUITONE [natural] ajusta-se aos requerimentos de EN 12467:2012 "Folhas planas de fibrocimento – Especificações do produto e métodos de ensaio". Os resultados a continuação são apresentados tal e como define a norma.

Resultados do teste segundo o Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001

Densidade mínima	Seco	EN12467	1.65	kg/m^3
Solidez a flexão paralela	Ambiental	EN12467	24.0	N/mm^2
Solidez a flexão perpendicular	Ambiental	EN12467	18.5	N/mm^2
Módulo de Elasticidade	Ambiental	EN12467	12,000	N/mm^2
Movimento hídrico	0-100%		1.0	mm/m
Absorção de água do painel não recoberto	0-100%		< 20	%
Conteúdo de humidade	Seco ao ar	EN12467	< 8	%

Classificação

Classificação de durabilidade	EN12467	Categoría A
Classificação de solidez	EN12467	Clase 4
Reacção ao fogo	EN13501-1	A2-s1, d0

Testes Extras

Teste de impermeabilidade a água	EN12467	Aprovado	
Teste de água quente	EN12467	Aprovado	
Teste de molhar/secar	EN12467	Aprovado	
Painéis de gelo-degelo para painéis de Categoria A	EN12467	Aprovado	
Teste de Calor/Chuva para Painéis de Categoria A	EN12467	Aprovado	
Tolerância de Dimensiones para Painéis de Nível I	EN12467	Aprovado	
Movimento térmico		0.01	Mm/mK
Condutividade térmica		0.6	W/mK

Peso do painel (seco ao ar)

Painel	Peso	2.530 x 1.280 mm	3.130 x 1.280 mm
8 mm	15.4 kg/m^2	49.9 kg/painel	61.7 kg/painel
12 mm	22.8 kg/m^2	73.8 kg/painel	91.4 kg/painel

Tolerância de acordo com EN 12467Nível I

Retificado	
± 0.6mm	Espesor de Painel 8mm
± 0.9mm	Espesor de Painel 12mm
± 1mm	Longitude de 8 y 12mm
± 1mm	Largura de 8 y12mm
1.5 mm/m	Perpendicularidade 8-12mm

ROCKBAND VN

Painel de lã de rocha semi-rígido revestido por um véu de fibra de vidro negro.

Aplicação

Prestações básicas de isolamento térmico e acústico em paredes verticais de aço para edificios industriais, para fachadas com bandejas metálicas de encaixe direito e simétrico.

Especificações Técnicas

Área	Descrição				Norma
Densidade nominal (kg/m^3)	40				EN 1602
Condutividade térmica W/(m*K)	0,035				EN 12667
Dimensões (mm)	1200 x 600				
Reação ao fogo /Euroclasse	A1				EN 13501.1
Resistência térmica (m^{2}K/W)	Espessura (mm)	Resistência térmica (m^{2}K/W)	Espessura (mm)	Resistência térmica (m^{2}K/W)	
	50	1.40	80	2.25	
	60	1.70	100	2.85	
Tolerância da espessura (mm)	T3				EN 823
Estabilidade dimensional a uma temperatura e umidade específicas	DS (70,90)				EN 1604
Resistividade ao fluxo de ar	AF10		(> 10 KPa · s/m^2)		EN 29053
Resistência à difusão de vapor de água	MU1		(μ = 1)		EN 12086
Absorção de água a curto prazo (kg/m^2)	WS		(< 1,0 kg/m^2)		EN 1609

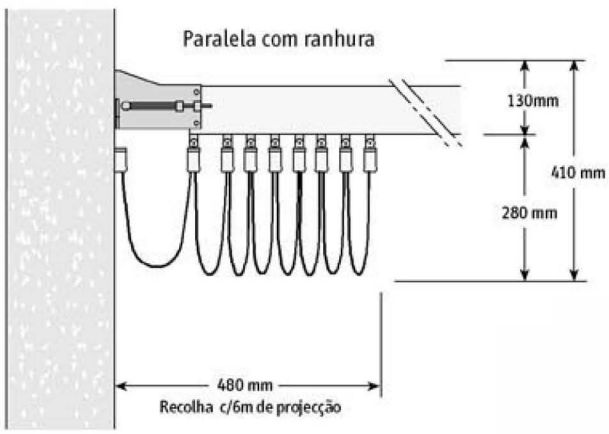
Vantagens

- Melhora de desempenho térmico e acústico da fachada metálica.
- Melhora a absorção acústica dos edificios quando é colocado em badejas metálicas perfuradas.
- Encaixe y acabamento perfeito do produto instalado.
- Acabamento estético do revestimento.
- Facilidade e rapidez de instalação.
- Máxima segurança em caso de incêndio.
- Não hidrófilo nem higroscópico.
- Químicamente inerte.
- Declaração Ambiental do Produto
- Livre de CFC e HCFC, respeitador do meio ambiente.
- Certificado de emissão dos materiais da construção M1

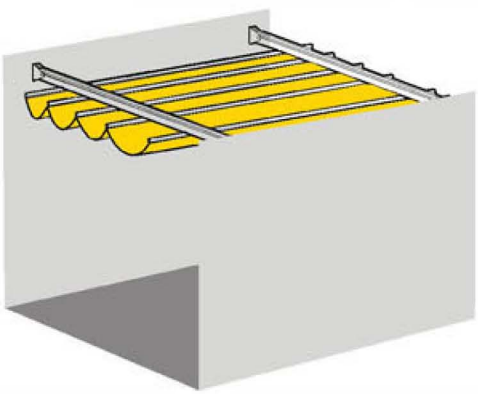
ROCKWOOL Peninsular S.A.U.
Ctra. Zaragoza, Km. 53,5 N121.
31380 Caparroso, Navarra, Spain
T (+34)902 430 430
www.rockwool.es

[Toldo horizontal **drapeado**] Sevilhana

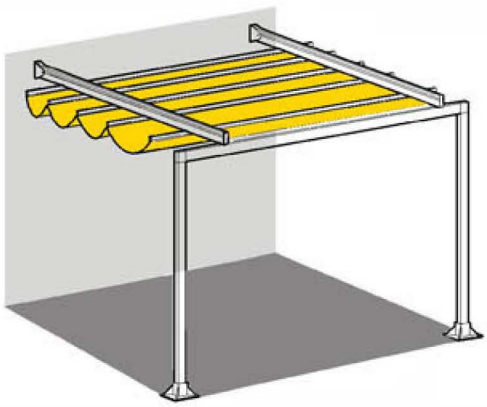
Entre paredes, de dois e quatro pés



Dimensões máximas
Largura máxima 6,00 m
Projecção máxima 6,00 m



Sustentação:
- Entre paredes
- c/ 2 pés
- c/ 4 pés



CONTROSOL®
Controlo Solar e Decoração, Lda.

core&TECHNICAL Products

OSB 4 ECOBOARD

OSB estrutural de elevada prestação para utilização em ambientes húmidos

DESCRIÇÃO

O Sonae Arauco OSB 4 ECOBOARD é um painel para uso em construções que exijam características de excelência em matéria de suporte de carga e estabilidade dimensional. É constituído por três camadas de aparas longas de madeira com orientações a 90º entre elas, aglomeradas com uma resina isenta de formaldeído curada sob ação de pressão e calor. As aparas das camadas externas são orientadas no sentido longitudinal, enquanto as da camada interna são alinhadas no sentido transversal. O produto está disponível em vários formatos com um perfil macho-fêmea nos 4 lados ou com topos planos, com superfície Contiface (tratada não lixada) que oferece proteção contra abrasão e contaminação e atua como repelente a água de curto prazo.

O OSB 4 ECOBOARD proporciona resultados excelentes no setor da construção, podendo ser utilizado como painel multiúsos para finalidades estruturais e para suporte de carga em telhados, coberturas, paredes e pavimentos. Pode utilizar-se como camada hermética ou barreira de vapor numa construção permeável ao vapor, sendo assim desnecessário usar-se uma membrana adicional.

Os painéis OSB 3 ECOBOARD são regidos ao abrigo da legislação da construção com valores característicos conformes à EN 1995-1-1 (Eurocódigo 5), apresentando elevada resistência e estabilidade.

Por favor, verifique a nossa brochura de oferta e serviço para obter informações sobre dimensões e espessuras disponíveis.

PROPRIEDADES

DURABILLIDADE

VERSATILIDADE

BAIXAS EMISSÕES

HIDRÓFUGO

ESTRUTURAL

E05
CONFORME A CHEMVERBOTSV

APPLICAÇÕES

O OSB 4 ECOBOARD é um painel derivado da madeira do tipo OSB/4 conforme as normas EN 300 e EN 13986, adequado para usos estruturais de elevada exigência em ambientes húmidos - classe de serviço 2 (restrições de temperatura e humidade ambiente).

O produto é recomendado para aplicações muito exigentes, como construções de pisos para cargas elevadas, elementos estruturais de paredes e painéis de telhado de grande resistência, construção de embalagens industriais e cofragens de resistência reforçada.

PAVIMENTOS

REVESTIMENTOS

CONSTRUÇÃO

RECOMENDAÇÕES

Os painéis devem ser empilhados numa superfície dura, plana e protegidos do contato direto com a água. A variação dimensional (expansão e contração) em produtos de derivados de madeira está diretamente relacionada com o conteúdo de humidade e deve ser considerada durante o projeto e utilização do produto.

Os painéis à base de madeira são biodegradáveis e podem ser reciclados, siga os regulamentos locais para a eliminação de resíduos.

TAMBÉM DISPONÍVEL

T&G
MACHEADO

core&TECHNICAL Products

OSB 4 ECOBOARD

OSB estrutural de elevada prestação para utilização em ambientes húmidos

CARACTERÍSTICAS GERAIS

PROPRIEDADE	TESTE	UNIDADE	GAMA DE ESPESSURA (mm)			
			6 – 10	> 10 - < 18	18 – 25	> 25 - 32
Tolerância na espessura (não lixado)	EN 324-1	mm	± 0,8	± 0,8	± 0,8	± 0,8
Tolerância no comprimento e largura	EN 324-1	mm	± 3,0	± 3,0	± 3,0	± 3,0
Tolerância na retidão dos bordos	EN 324-2	mm/m	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
Tolerância na esquadria	EN 324-2	mm/m	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Tolerância para a densidade média	EN 323	%	± 15	± 15	± 15	± 15
Teor de humidade	EN 322	%	2 - 12	2 - 12	2 - 12	2 - 12

TECHNICAL INFORMATION

PROPRIEDADE	TESTE	UNIDADE	GAMA DE ESPESSURA (mm)			
			6 – 10	> 10 - < 18	18 – 25	> 25 - 32
Densidade *	EN 323	Kg/m^3	≥ 600	≥ 600	≥ 600	≥ 600
Resistência à flexão longitudinal	EN 310	N/mm^2	≥ 30	≥ 28	≥ 26	≥ 24
Resistência à flexão transversal	EN 310	N/mm^2	≥ 16	≥ 15	≥ 14	≥ 13
Módulo de elasticidade longitudinal	EN 310	N/mm^2	≥ 4800	≥ 4800	≥ 4800	≥ 4800
Módulo de elasticidade transversal	EN 310	N/mm^2	≥ 1900	≥ 1900	≥ 1900	≥ 1900
Resistência à tração	EN 319	N/mm^2	≥ 0,50	≥ 0,45	≥ 0,40	≥ 0,35
Inchamento (24 horas)	EN 317	%	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12
Resistência à tração após ensaio de água fervente	EN 1087-1	N/mm^2	≥ 0,17	≥ 0,15	≥ 0,13	≥ 0,06
Classe de emissão de formaldeído			E1 **			

* Deve ser usado somente como referência

** Em conformidade com o limite da ChemVerbotsV (E05)

Os painéis OSB 4 ECOBOARD cumprem as especificações da norma EN 300, tipo OSB/4, e possuem marcação CE. Para mais informações sobre as propriedades técnicas, por favor consultar a Declaração de Performance do produto (DoP).

CERTIFICAÇÕES

Por favor, preste atenção aos produtos certificados:

FSC www.fsc.org — A marca da gestão florestal responsável — FSC® C104607

PEFC PEFC/14-35-00013 — Promovendo a gestão florestal sustentável — www.pefc.pt

THIRD-PARTY VERIFIED EPD ISO 14025 and EN 15804 — Institut Bauen und Umwelt e.V.

CE

FSC® e PEFC™ - os produtos certificados estão disponíveis a pedido e disponibilidade.

www.sonaearauco.com

TDS.01.03.SA.R02

Todos os nomes de produtos e empresas mencionados nesta ficha técnica são nomes comerciais e/ou marcas registadas pertencentes aos respetivos proprietários. É proibida a reprodução sem a autorização expressa da Sonae Arauco e/ou do respetivo proprietário da marca comercial. A Sonae Arauco não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros contidos neste folheto. Esta ficha técnica reflete as especificações técnicas atualizadas na data de impressão e será substituída por novas edições. Devem observar-se as nossas instruções de utilização detalhadas. Os regulamentos de construção aplicáveis devem ser respeitados. É importante verificar a adequação do material à finalidade a que se destina.

SONAE ARAUCO Taking wood further

OSB 4 ECOBOARD

Heavy duty load-bearing OSB for use in humid conditions

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Propriedade	Unidade	Espessura (mm)	Flexão f_m		Tensão f_t		Compressão f_c		Cisalhamento f_v	Esforço de corte f_v
			|| ou 0	⊥ ou 90	|| ou 0	⊥ ou 90	|| ou 0	⊥ ou 90		
Valores de Resistência	N/mm²	6 – 10	24,5	13,0	11,9	8,5	18,1	14,3	6,9	1,1
		> 10 – 18	23,0	12,2	11,4	8,2	17,6	14,4		
		> 18 – 25	21,0	11,4	10,9	8,0	17,0	13,7		

Propriedade	Unidade	Espessura (mm)	Flexão E_m		Tensão E_t		Compressão E_c		Cisalhamento G_v	Esforço de corte G_v
			|| ou 0	⊥ ou 90	|| ou 0	⊥ ou 90	|| ou 0	⊥ ou 90		
Valores de Rigidez	N/mm²	6 – 25	6780	2680	4300	3200	4300	3200	1090	60

Todos os nomes de produtos e empresas mencionados nesta ficha técnica são nomes comerciais e/ou marcas registadas pertencentes aos respetivos proprietários. É proibida a reprodução sem a autorização expressa da Sonae Arauco e/ou do respetivo proprietário da marca comercial. A Sonae Arauco não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros contidos neste folheto. Esta ficha técnica reflete as especificações técnicas atualizadas na data de impressão e será substituída por novas edições. Devem observar-se as nossas instruções de utilização detalhadas. Os regulamentos de construção aplicáveis devem ser respeitados. É importante verificar a adequação do material à finalidade a que se destina.

DuPont™ Tyvek® Metal

Este material, composto por uma tela respirante e uma estrutura de drenagem, é colocado sob as coberturas de tectos metálicos de junta direita. Permite a evacuação da condensação formada sob os tectos em aço inoxidável, cobre e zinco. A tela deve ser instalada em painéis de madeira resinosa e forro de madeira. É fornecida com uma fita adesiva de justaposição integrada.

- Resistência mecânica até 345 N/50 mm.

Características técnicas:

CE EN 13859-1 Telas flexíveis para impermeabilização
Parte 1: Lâminas auxiliares para coberturas com elementos descontínuos

Referência do produto	**2510B**
Material	Laminado de HD.PE e PP, (com fita adesiva de justaposição integrada)
Dimensões	1,10 m x 30 m, rolo de 12 kg
Massa por unidade de área	350 gr/m²
Transmissão de vapor de água (sd)	0,03 m
Laceração ao prego (Linear/Transverso)	170/170 N
Estanque à água	W1
Resistência à tracção (Linear/Transverso)	345/290 N/50 mm
Alongamento (Linear/Transverso)	14/20 %
Espessura do produto	7,4 mm
Espessura funcional camadas	220 µm
Reacção ao fogo	E (testado em lã mineral e madeira)
Resistência térmica	-40 / +100°C

DuPont™ Tyvek® UV Facade

Tyvek® UV Facade foi concebido para resistir às agressões climáticas e à exposição aos raios UV das fachadas com ripas. A nova protecção contra a chuva de DuPont™ Tyvek® assegura, pois, a conservação da estrutura do edifício bem como a eficácia do seu isolamento ao longo do tempo. Tyvek® UV Facade proporciona:

- Uma altíssima resistência aos raios UV que respeita as regulamentações da construção mais rigorosas neste domínio de aplicação.
- Uma impermeabilidade ao vento e à água, apesar de deixar passar o vapor de água.
- Resistência mecânica até 410 N/50 mm.

Características técnicas:

CE EN 13859-2 Telas flexíveis para impermeabilização
Parte 2: Barreiras flexíveis para paredes

Referência do produto	**2524B**
Material	Laminado de HDPE e PP
Dimensões	1,5 m x 50 m, rolo de 15 kg
Massa por unidade de área	195 g/m²
Transmissão de vapor de água (sd)	0,035 m
Estanque à água	W1
Laceração ao prego (Linear/Transverso)	300/340 N
Resistência à tracção (Linear/Transverso)	410/335 N/50 mm
Alongamento (Linear/Transverso)	14/19 %
Espessura funcional camadas	220 µm
Espessura do produto	600 µm
Reacção ao fogo**	E
Resistência térmica	-40 / +100°C

* Para paredes exteriores com juntas abertas, conforme indicado em EN13859-2, o envelhecimento artificial é obtido por uma exposição aos raios UV de 5000 horas (a exposição standard para telas flexíveis de sub-telha e sub-camadas para paredes é de 336 horas).

** Se o produto for instalado em lã mineral, a classe de resistência ao fogo é Ds1, d2 (KB Hoch 080796).

Especificações técnicas

Step safety vinyl meets the requirements of EN-ISO 10582 & EN 13845

PHTHALATE FREE

COMMITTED TO THE HEALTH OF ONE
WWW.FORBO-FLOORING.COM.PT/CHO

		Surestep Original Surestep Star Surestep Steel	Surestep Material Surestep Wood Surestep DP	Safestep R11	Safestep R12	Safestep Aqua	Surestep Star Barefoot Surestep Laguna
Espessura total	EN - ISO 24346	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
Espessura da camada de desgaste	EN - ISO 24340	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm	0,7 mm
Tráfego Comercial Muito Intenso	EN - ISO 10874	Classe 34	Classe 34	Classe 34	Classe 34	Classe 34	Classe 34
Tráfego Industrial Intenso	EN - ISO 10874	Classe 43	Classe 43	Classe 43	Classe 43	Classe 43	Classe 43
Dimensão da colecção		33 - 9 - 4	11 - 11 - 2	9	9	8	3 - 15
Largura do rolo	EN - ISO 24341	2,00 m	2,00 m	2,00 m	2,00 m	2,00 m	2,00 m
Comprimento do rolo	EN - ISO 24341	20 - 27 m	20 - 27 m	20 - 27 m	20 - 27 m	20 - 27 m	20 - 27 m
Peso	EN - ISO 23997	2,75 kg/m²	2,75 kg/m²	2,75 kg/m²	2,75 kg/m²	2,75 kg/m²	2,75 kg/m²
Estabilidade dimensional (após exposição ao calor)	EN - ISO 23999	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%
Resistência às marcas	EN - ISO 24343-1	≤ 0,05 mm	≤ 0,05 mm	≤ 0,05 mm	≤ 0,05 mm	≤ 0,05 mm	≤ 0,05 mm
Resistência a cadeiras de rodas	EN 425	No effect	No effect	No effect	No effect	No effect	No effect
Utilização em zonas húmidas	EN 13533	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Resistência à luz	EN - ISO 105 B-02	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6
Flexibilidade	EN - ISO 24344	ø 10mm	ø 10mm	ø 10mm	ø 10mm	ø 10mm	ø 10mm
Resistência ao escorregamento	EN 13845 Annex C	ESf	ESf	ESf	ESf	ESb	ESb / ESf
	EN 13845 Anexo D 50.000 ciclos <10% loss	Classe 34/43	Classe 34/43	Classe 34/43	Classe 34/43	Classe 34/43	Classe 34/43
	DIN 51130	R10	R10	R11	R12	R10	R10
	Din 51097					Classe C	Classe B
Resistência aos químicos	EN-ISO 26987	Muito boa	Muito boa	Muito boa	Muito boa	Muito boa	Muito boa
Resistência elétrica	EN 1081 (R1)	> 1,10⁹ Ω	> 1,10⁹ Ω	> 1,10⁹ Ω	> 1,10⁹ Ω	> 1,10⁹ Ω	> 1,10⁹ Ω

EN 14041
CE
0200101-DoP-306

Step safety vinyl preenche os requisitos da norma EN 14041

Resistência ao fogo	EN 13501-1	B_{fl}-s1	B_{fl}-s1	B_{fl}-s1	B_{fl}-s1	B_{fl}-s1	B_{fl}-s1
Cargas electrostáticas	EN 1815	< 2kV	< 2kV	< 2kV	< 2kV	< 2kV	< 2kV
Resistência térmica	EN 12524	0,25 W/m,K	0,25 W/m·K	0,25 W/m·K	0,25 W/m·K	0,25 W/m·K	0,25 W/m·K
Resistência ao escorregamento	EN 13893	DS: ≥0,30	DS: ≥0,30	DS: ≥0,30	DS: ≥0,30	DS: ≥0,30	DS: ≥0,30

Todas as Unidades Comerciais da Forbo Flooring Systems existentes em todo o mundo gozam de certificado de Qualidade do Sistema de Gestão de acordo com a ISO 9001.
Todas as fábricas da Forbo Flooring Systems gozam de certificado de Qualidade do Sistema de Gestão Ambiental em conformidade com ISO 14001.
A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos Forbo Flooring Systems está documentada na declaração ambiental individual do produto (EPD's), disponível em todos os nossos websites.

Encontre-nos em

Portugal
Forbo - Revestimentos S.A.
Zona Industrial da Maia I, Sector VII
Tv. Eng. Nobre da Costa, 87
Apartado 6091
4476-908 Maia
Tel.: +351 22 999 69 00
Fax: +351 22 999 69 09
info.revestimentos@forbo.com
www.forbo-flooring.com.pt

200648/042018

creating better environments

Forbo FLOORING SYSTEMS