U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

O IMPACTO DO PROJETO ARQUITETÓNICO NA MANUTENIBILIDADE DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS E HÍBRIDOS

Estudos de caso aplicados às casas de banho (*pods*)

FERNANDA GUERRA ABREU

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JULHO 2026

MESTRADO EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS 2025/2026

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E GEORRECURSOS

Tel. +351-22-508 1901

✉ 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

✉ 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 - 2025/2026 - Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2026*.

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.

A meus pais

Conhecimento é Poder

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio incondicional e por terem sido o meu pilar nesta mudança de país para a realização deste mestrado. Esse momento não seria possível sem a vossa ajuda.

À Blufab, pela parceria fundamental e pela abertura das suas instalações e do seu processo. A colaboração com a vossa equipa permitiu que esta investigação académica ganhasse a profundidade técnica e o rigor prático essenciais para a concretização dos estudos de caso aqui apresentados.

Ao Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues, pela orientação, disponibilidade e por partilhar o seu conhecimento sobre a gestão de edifícios em serviço, elementos que foram determinantes para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A construção industrializada representa uma abordagem estratégica e evolutiva no setor da engenharia civil, que prioriza a transição dos processos convencionais para modelos de produção *off-site* em ambientes controlados, visando o aumento da produtividade, da qualidade e do desempenho global. Neste cenário de modernização, as áreas técnicas e repetitivas dos edifícios tornam-se o foco principal através da utilização de módulos volumétricos tridimensionais, compactos e autônomos, designados por *pods*.

Embora estas soluções de sistemas industrializados e híbridos ofereçam rapidez na execução e otimização dos materiais em fase de obra, a sua adoção crescente introduz novos desafios no âmbito da manutenibilidade e do ciclo de vida das edificações. A fase operacional e de manutenção representa um período crítico que concentra a maior parte dos custos totais do edifício e que pode gerar impactos ambientais severos. Adicionalmente, as redes MEP destas unidades são elementos historicamente propensos a patologias e falhas precoces, cuja reparação é frequentemente agravada pela falta de planeamento da acessibilidade física e por quebras no fluxo de dados técnicos no pós-obra.

A presente dissertação tem como objetivo geral desenvolver recomendações de manutenção para soluções construtivas industrializadas com sistemas híbridos, com foco no impacto da fase de projeto arquitetónico, que visa mitigar falhas estruturais e funcionais, estender o ciclo de vida e aprimorar a manutenibilidade predial. Metodologicamente, a investigação é sustentada por uma revisão bibliométrica e bibliográfica sistemática, além de incorporar a análise prática de estudos de caso de casas de banho industrializadas realizadas pela empresa portuguesa *Blufab*, do Grupo Casais, a fim de estabelecer a ligação direta entre os preceitos teóricos de *Design for Maintainability* (DfM) e a realidade logística industrial.

Portanto, o trabalho estrutura uma matriz de resultados e recomendações técnicas para fundamentar a transição de operações reativas de emergência para estratégias preventivas coordenadas por um Sistema Integrado de Manutenção (SIM). Assim, visa assegurar a aptidão funcional a longo prazo dos sistemas construtivos industrializados.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenibilidade, Ciclo de vida das edificações, Construção industrializada, Projeto arquitetónico, *Design for Maintainability*.

ABSTRACT

Industrialized construction represents a strategic and evolutionary approach within the engineering sector, prioritizing the transition from conventional processes to *off-site* production models in controlled environments, aimed at increasing productivity, quality, and overall performance. In this modernization scenario, repetitive technical areas of buildings become the primary focus through the use of three-dimensional, compact, and autonomous volumetric modules, designated as pods.

Although these industrialized and hybrid system solutions offer execution speed and material optimization during the construction phase, their increasing adoption introduces new challenges regarding maintainability and the building's life cycle. The operational and maintenance phase represents a critical period, concentrating the majority of the building's total costs and potentially generating severe environmental impacts. Additionally, the MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing) networks of these units are historically prone to pathologies and premature failures, the repair of which is frequently exacerbated by a lack of planning regarding physical accessibility and breaks in technical data flow during the post-construction phase.

This dissertation aims to develop maintenance recommendations for industrialized construction solutions with hybrid systems, focusing on the impact of the architectural design phase, aiming to mitigate structural and functional failures, extend the life cycle, and enhance building maintainability. Methodologically, the research is supported by a systematic bibliometric and bibliographic review, incorporating the practical analysis of case studies of industrialized bathrooms carried out by the Portuguese company Blufab (Casais Group), promoting a direct link between the theoretical precepts of *Design for Maintainability* (DfM) and industrial logistical reality.

Therefore, this work structures a matrix of results and technical recommendations to support the transition from reactive emergency operations to preventive strategies coordinated by an Integrated Maintenance System (SIM), ensuring the long-term functional aptitude of industrialized construction systems.

KEYWORDS: Maintainability, Building life cycle, Industrialized construction, Architectural design, *Design for Maintainability*.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I

RESUMO III

ABSTRACT V

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 CONTEXTO 1

1.1.1 Enquadramento Temático da Dissertação 1

1.1.2 Problemática de Investigação 3

1.2 OBJETIVOS 4

1.3 METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO 4

1.4 RESULTADOS ESPERADOS 6

2 ESTADO DA ARTE 7

2.1 INTRODUÇÃO 7

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE 7

2.3 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E BIBLIOGRÁFICA 9

2.4 MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS 16

2.4.1 Introdução 16

2.4.2 Conceituação 17

2.4.3 Gestão do ciclo de vida das edificações 18

2.4.4 Estratégias de manutenção 20

2.4.5 Sistema integrado de manutenção (SIM) 22

2.4.6 *Design for Maintainability* (DfM) 23

2.4.7 Elementos Fonte de Manutenção (EFM) 26

2.4.7.1 Metodologias de Manutenção Aplicadas aos EFM 27

2.4.8 Manuais de Serviço: Manuais de Utilização x Manutenção 29

2.5 CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA 30

2.5.1 Introdução 30
2.5.2 Conceituação 31
2.5.3 Construção Modular 34
2.5.4 Módulos Volumétricos Tridimensionais (*pods*): O Processo Fabril 38
2.5.5 Mercado em Portugal de Edifícios Industrializados 41
2.5.6 Vantagens e Desafios 44

3 ESTUDOS DE CASO 47

3.1 INTRODUÇÃO 47

3.2 CASO DE ESTUDO A | *POD BASELINE* 48

3.2.1 Descrição Geral e Arquitetónica 48
3.2.2 Sistemas Construtivo e Envolvente 50
3.2.3 Integração de Redes MEP 51
3.2.4 Identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) 52
3.2.5 Análise das Soluções de Manutenibilidade Aplicadas (DfM) 56

3.3 CASO DE ESTUDO B | SUPERPOD ORIGAMI 59

3.3.1 Descrição Geral e Arquitetónica 59
3.3.2 Sistemas Construtivo e Envolvente 61
3.2.3 Integração de Redes MEP 62
3.3.4 Identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) 65
3.3.5 Análise das Soluções de Manutenibilidade Aplicadas (DfM) 66

4 MATRIZ DE RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS 71

4.1 INTRODUÇÃO 71

4.2 O GESTOR DE MANUTENÇÃO: PLANO DE MANUTENÇÃO 71

4.3 O UTENTE: MANUAL DE UTILIZAÇÃO 73

4.4 O ARQUITETO: DIRETRIZES DE *DESIGN FOR MAINTAINABILITY* (DFM) ... 73

5 CONCLUSÕES 77

5.1 CONCLUSÕES GERAIS 77

5.2 LIMITAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....81

ANEXOS 85

A.1 FICHAS CADASTRAIS E DE MANUTENÇÃO *POD BASELINE*..... 1

A.2 FICHAS CADASTRAIS E DE MANUTENÇÃO ADICIONAIS *SUPERPOD ORIGAMI* 1

A.3 MANUAIS DE SERVIÇO: PLANOS DE MANUTENÇÃO E MANUAL DE UTILIZAÇÃO..... 1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Rede de coocorrência de palavras-chave obtida através do software VOSviewer. Autor (2026) 8
Figura 2 - Distribuição quantitativa de documentos científicos identificados por base de dados em função das *strings* de pesquisa aplicadas. Autor (2026) 10
Figura 3 - Tipologia de documentos recuperados na base *Scopus.* Autor (2026) 11
Figura 4 - Componentes de módulos 3D industrializados de casas de banho em madeira. (R. Alves et al., 2026)..... 15
Figura 5 - Gráfico: Manutenção x Reabilitação. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)..... 17
Figura 6 - Gestão de edifícios: Processos e procedimentos associados. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025) 19
Figura 7 - Tipos de estratégias de manutenção. Adaptado pela autora de (Dzulkifli et al., 2021)..... 20
Figura 8 - Fluxograma do Sistema Integrado de Manutenção (SIM). Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025) 22
Figura 9 - Síntese dos aspectos de projeto orientados para manutenção. Autor (2026) 24
Figura 10 – Questionário a autores de projeto em Portugal: fatores considerados x queixas em projeto. Adaptado pela autora de (Rodrigues & Rocha, 2013) 25
Figura 11 - Pré-fabricados convencionais. TeA (s.d.)..... 32
Figura 12 - Sistemas industrializados modernos. Blufab (2026) 32
Figura 13 – Escadas em betão pré-fabricadas. Verdasca Group (s.d.)..... 34
Figura 14 – Instalação em obra de painéis de fachada em betão pré-fabricado, pilares em madeira e esquadrias instaladas *off*-site. Grupo Casais (2024) 35
Figura 15 - Instalação de módulos 3D de casas de banho. Grupo Casais (2024)..... 35
Figura 16 - Tipologías construtivas industrializadas. Adaptado pela autora de TopBIM (2023)..... 36
Figura 17 - Solução construtiva: painel x módulo. TopBIM (2023)..... 36
Figura 18 – Visão geral dos MMC (sistemas panelizados, híbridos e volumétricos) face à construção convencional. TopBIM (2023)..... 37
Figura 19 - Processo de Produção Casa de Banho Blufab. Autor/Blufab (2026) 39
Figura 20 - Aplicação do sistema madeira-betão *CREE Buildings* em Portugal pelo Grupo Casais. Grupo Casais (2024) 42
Figura 21 - Evolução dos fatores condicionantes da atividade de construção em Portugal. Adaptado pela autora de AICCOPN (2025) 43
Figura 22 - Vantagens da construção *Off-site*. Blufab (2026) 44
Figura 23 – Planta baixa e corte longitudinal de arquitetura do *Pod BaseLine*. Autor/Blufab (2026)... 48
Figura 24 - Decomposição em painéis do *Pod BaseLine.* Autor/Blufab (2026) 49
Figura 25 - Base estrutural e detalhe de rodapé. Autor/Blufab (2026) 50

Figura 26 - Modelação 3D da estrutura Light Steel Framing (LSF) e perspectiva final *Pod BaseLine.* Autor/Blufab (2026).....51
Figura 27 - Modelo 3D das tubagens do *Pod BaseLine.* Autor/Blufab (2026).....52
Figura 28 - Anomalia em zona húmida: proliferação de fungos em junta de silicone. Autor (2026).....55
Figura 29 - Aplicação de tratamento biológico na rede de drenagem. PECOL (2022).....58
Figura 30 - Planta baixa de arquitetura do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026).....59
Figura 31 - Perspectiva isométrica da integração arquitetónica do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026).....60
Figura 32 – Vista 3D esquemática de redes MEP do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026).....61
Figura 33 - Diagrama de decomposição dos 3 módulos do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026)..62
Figura 34 - Protótipo rack técnico. Autor/Blufab (2026).....63
Figura 35 - Vista interior do rack técnico no protótipo Origami. Autor/Blufab (2026).....64
Figura 36 - Racks técnicos em fábrica. Autor/Blufab (2026).....65
Figura 37 - Gráfico comparativo de custos de intervenção: Construção Tradicional x SuperPod Origami. (Autor, 2026) com base nos dados (CYPE, s.d.).....68
Figura 38 - Gráfico comparativo de tempos de reparação: Construção Tradicional x SuperPod Origami. (Autor, 2026) com base nos dados (CYPE, s.d.).....69
Figura 39 – Gráfico síntese de custos de manutenção anuais acumulados. (Autor,2026).....72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Palavras-chave, keywords e *strings* de pesquisa. Autor (2026) 9
Tabela 2 - Síntese de 9 artigos selecionados. Autor (2026) 12
Tabela 3 - EFM: categorização e estrutura base. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025) 27
Tabela 4 - Estrutura modelo para fichas cadastrais de cada EFM. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025) 28
Tabela 5 - Síntese terminológica utilizada na industrialização. Adaptado pela autora de (Boafo et al., 2016) 33
Tabela 6 - Matriz de Diretrizes Técnicas para Modulação e Otimização. Autor/Blufab (2026) 40
Tabela 7 - Matriz de vantagens e desafios associados à construção industrializada. Adaptado pela autora de (Hu et al., 2018 e Chew, 2005) 46
Tabela 8 - Identificação EFM: Pod BaseLine. Autor/Blufab (2026) 53
Tabela 9 - Ficha Cadastral e de Manutenção EFM: Juntas. Autor (2026) 55
Tabela 10 - Identificação de EFM adicionais: SuperPod Origami. Autor (2026) 66

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AQS: Águas Quentes Sanitárias

BIM: *Building Information Modeling*

BOM: *Bill of Materials*

DfM: *Design for Maintainability*

DfMA: *Design for Manufacturing and Assembly*

DOP: Direção de Produção

DT: Direção Técnica

EFM: Elementos Fonte de Manutenção

IS: Instalações Sanitárias

LSF: *Light Steel Framing*

MEP: *Mechanical, Electrical, and Plumbing* (Redes de águas, eletricidade e ventilação)

MMC: *Modern Methods of Construction*

OSM: *Off-site Manufacturing*

PVC: Policloreto de Vinila

PPR: Polipropileno Copolímero Random

RCD: *Residual Current Device* (Disjuntor diferencial)

SIM: Sistema Integrado de Manutenção

XPS: Poliestireno Extrudido

1
INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

1.1.1 Enquadramento Temático da Dissertação

A construção industrializada é uma estratégia no setor da arquitetura e engenharia que promove a transição de processos tradicionais para modelos baseados na produção em ambiente controlado. Os edifícios incorporam componentes ou módulos fabricados em unidades industriais *off-site* que posteriormente são transportados e montados no local definitivo. Embora a pré-fabricação exista na construção há décadas em diversos elementos, como paredes, painéis, vigas e coberturas (Gunawardena & Mendis, 2022), Sabbatini (1989) estabelece uma distinção clara entre estes conceitos ao afirmar que a industrialização não se limita a uma técnica construtiva, mas corresponde a uma abordagem mais abrangente.

Assim, Sabbatini (1989) define a industrialização da construção como "um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planeamento e controlo, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva". Neste contexto, os sistemas construtivos industrializados podem assumir formas como módulos volumétricos, painéis ou soluções híbridas, destacando-se esta última na utilização em unidades tridimensionais que combinam ambas as abordagens e a interação entre os diversos sistemas que as compõem.

As áreas técnicas e repetitivas do edifício, como instalações sanitárias e cozinhas, tornam-se foco da crescente industrialização por meio do uso de módulos tridimensionais, compactos e autônomos, designados por *pods*. Em países como Singapura, a utilização de casas de banho produzidas *off-site* é obrigatória em projetos de habitação pública desde 2014 (Othman & Kamal, 2023).

O elevado nível de qualidade destas soluções resulta da sua produção em ambiente controlado, o que permite a integração dos diversos sistemas necessários ao seu funcionamento e a entrega de unidades prontas para instalação. Este processo exige uma colaboração antecipada entre fornecedores e equipa de projeto. Neste contexto, os *pods* destacam-se face às soluções tradicionais pela menor incidência de falhas, maior eficiência executiva e, sobretudo, maior manutenibilidade devido ao seu desenvolvimento orientado para a manutenção e à disponibilidade de documentação técnica que facilita futuras intervenções (Othman & Kamal, 2023).

Todavia, a adoção crescente de sistemas industrializados levanta novos desafios, principalmente em relação ao desempenho ao longo do ciclo de vida das edificações. A complexidade das ligações entre sistemas e a concentração de infraestruturas técnicas exigem uma abordagem mais rigorosa desde a fase de projeto. De acordo com Rodrigues & Rocha (2013), "A execução dos procedimentos de manutenção requer uma correta identificação das necessidades de desempenho dos vários elementos e componentes do edifício. O autor(es) do projecto deve garantir na fase de conceção uma correta coordenação entre todas as especialidades e intervenientes envolvidos, que deve ser desenvolvida em conjunto com todos estes."

A presente dissertação insere-se neste contexto, em que o crescimento das soluções industrializadas *off-site* evidencia a necessidade de integrar as preocupações com a manutenção desde a fase de projeto arquitetónico. Assim, este estudo analisa os desafios associados à adoção de sistemas construtivos industrializados e híbridos, com especial enfoque nos *pods* enquanto elementos críticos, e procura compreender as problemáticas que estas soluções impõem à manutenção e manutenibilidade dos seus componentes.

1.1.2 Problemática de Investigação

Em virtude do enquadramento temático apresentado, identificam-se domínios de conhecimento relevantes: manutenibilidade, gestão do ciclo de vida das edificações, sistemas construtivos industrializados, sistemas híbridos e o impacto do projeto arquitetónico na fase de conceção. Assim, a presente dissertação busca responder às seguintes questões de investigação:

1) Quais são as preocupações de manutenção existentes em sistemas construtivos industrializados e híbridos?
2) Quais são os princípios e estratégias de projeto arquitetónico que contribuem para a melhoria da manutenibilidade nesses sistemas construtivos?
3) Como o projeto arquitetónico orientado para a manutenção influencia o ciclo de vida de edificações com soluções industrializadas e híbridas, em comparação com soluções tradicionais?

Em síntese, esta investigação procura esclarecer as problemáticas decorrentes das questões de investigação previamente definidas. O objetivo é evidenciar os desafios e explicitar as especificidades associadas à manutenibilidade de edifícios com sistemas construtivos industrializados e híbridos, com especial enfoque nas casas de banho.

Os resultados obtidos visam apoiar as tomadas de decisão, no sentido de fornecer diretrizes para a integração de estratégias de manutenção desde as fases iniciais do projeto arquitetônico. Além disso, o trabalho pretende contribuir para a compreensão das exigências de manutenção associadas a diferentes soluções construtivas, em particular na comparação entre abordagens industrializadas e tradicionais.

Com base na organização e análise crítica da informação recolhida, desenvolve-se uma matriz de resultados com recomendações de manutenção. Esta é elaborada com o intuito de mitigar falhas tanto na fase de projeto como na fase de utilização dos edifícios, com consideração pelo papel do projeto arquitetónico ao longo de todo o ciclo de vida.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos dividem-se em duas vertentes: objetivo geral e objetivos específicos. O primeiro define o propósito central da investigação e estabelece a direção global do estudo e os resultados pretendidos. Os objetivos específicos desdobram este propósito em etapas concretas para orientar o desenvolvimento da investigação e permitir uma estruturação sistemática da análise e da obtenção de resultados.

1) Objetivo Geral
    - Desenvolver recomendações de manutenção para soluções construtivas industrializadas com sistemas híbridos, com foco na fase de projeto arquitetónico, para a melhoria da manutenibilidade e prolongamento do ciclo de vida, com ênfase em estudos de caso de casas de banho industrializadas (*pods*).
2) Objetivos Específicos
    - Revisar a literatura existente sobre conceitos de manutenção, gestão do ciclo de vida das edificações e construção industrializada com sistemas híbridos, para a identificação de boas práticas e lacunas na integração da manutenção no projeto arquitetónico destes sistemas.
    - Estudar soluções industrializadas, com foco em módulos tridimensionais, compactos e autônomos de casas de banho, para identificar os principais desafios e Elementos Fonte de Manutenção (EFM) associados.
    - Desenvolver uma matriz de resultados que sintetize as melhores práticas de manutenção, para propor recomendações gerais aplicáveis à construção industrializada, que serão articuladas com a análise dos estudos de caso e contribuirão para a resposta às questões da investigação.

1.3 METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO

Os métodos de investigação aplicados nesta dissertação seguem uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, para avaliar o impacto do projeto arquitetónico na manutenibilidade de edifícios industrializados com sistemas híbridos, ao longo do seu ciclo de vida. Assim, fundamentam-se as recomendações de manutenção integráveis na fase de projeto, com enfoque em soluções de módulos tridimensionais industrializados, como as casas de banho (*pods*).

A investigação baseia-se numa revisão sistemática e crítica da literatura, o que permite a identificação de contributos relevantes, lacunas existentes e fundamentos teórico-práticos relacionados com os domínios da manutenibilidade, gestão do ciclo de vida, construção industrializada e sistemas híbridos. Esta abordagem possibilita a construção de um enquadramento sólido que sustenta o desenvolvimento da dissertação.

Para a condução da pesquisa bibliográfica, foram utilizadas bases de dados de reconhecida relevância científica e acadêmica, tais como *Scopus, ScienceDirect, Google Scholar* e repositórios universitários. A pesquisa foi orientada por um conjunto de palavras-chave, em português e inglês, relacionadas com os principais temas da investigação: manutenibilidade, manutenção preventiva, ciclo de vida das edificações, projeto arquitetónico, sistemas industrializados, sistemas híbridos, *Design for Maintainability* (DfM) e casas de banho industrializadas (*pods*).

O processo metodológico inicia-se com a definição das questões de investigação e dos domínios de conhecimento relevantes. Posteriormente, foi estabelecido um protocolo de revisão, com a seleção de publicações com base em títulos e resumos, critérios de inclusão e exclusão, revisão integral dos trabalhos selecionados e extração dos dados mais relevantes. As referências selecionadas foram organizadas com o software *Mendeley*, através da categorização em eixos temáticos, gestão e síntese das informações relevantes.

A análise de dados tem como objetivo a identificação de conceitos-chave e padrões relacionados com a construção industrializada, a manutenção de edifícios e as práticas de projeto arquitetónico orientadas para a manutenção. Adicionalmente, a metodologia integra a análise de estudos de caso, com foco nas soluções industrializadas realizadas pela empresa *Blufab*. Esta abordagem permite a aproximação entre a componente teórica e a aplicação prática, o que contribui para a validação e aprofundamento das conclusões obtidas na revisão da literatura.

Como resultado direto da abordagem metodológica qualitativa e da análise dos estudos de caso, a investigação resultará em uma matriz de resultados e recomendações técnicas. A articulação entre a fundamentação teórica de *Facility Management* e a realidade fabril fornecerá a base para a criação de três entregáveis práticos essenciais para o ciclo de vida das soluções industrializadas.

1) Planos de Manutenção programados para um ciclo de 20 anos, destinado ao gestor de edifícios para orientar e estruturas rotinas de manutenção preventivas.
2) Manual de Utilização, direcionado ao utente final, contendo as boas práticas necessárias para a preservação dos sistemas.
3) Diretrizes operacionais de *Design for Maintainability* (DfM) destinadas a guiar arquitetos na mitigação de falhas e na melhoria da acessibilidade, para a realização de procedimentos de manutenção, desde a fase inicial do projeto.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

A presente investigação visa produzir um conjunto de resultados que contribuam para a compreensão crítica do impacto do projeto arquitetónico na manutenibilidade e no ciclo de vida das soluções construtivas industrializadas com sistemas híbridos. Pretende-se, assim, a identificação de desafios e lacunas existentes, bem como a proposta de orientações práticas que apoiem a integração da manutenção desde as fases iniciais de conceção, através do enfoque nos estudos de caso das casas de banho industrializadas (*pods)*.

1) Identificação das principais fragilidades e desafios que as soluções industrializadas com sistemas híbridos apresentam face às questões de manutenção.
2) Elaboração de um conjunto de diretrizes que orientem as decisões do projeto arquitetónico, de modo que sejam incorporados os princípios de melhoria da manutenibilidade ao longo do ciclo de vida dos edifícios.
3) Identificação das especificidades de manutenção associadas aos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) em soluções industrializadas, com enfoque nos *pods.*

O trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos principais. O primeiro capítulo corresponde à introdução e ao enquadramento temático da investigação. O segundo capítulo desenvolve uma revisão bibliográfica do estado da arte, que contempla a conceituação da manutenção e da gestão do ciclo de vida dos edifícios, bem como a análise da construção industrializada, com enfoque em sistemas híbridos, e o papel do projeto arquitetónico na articulação entre esses domínios. O terceiro capítulo apresenta os estudos de caso e a respectiva aplicação prática em projetos de casas de banho industrializadas (*pods*). O quarto capítulo propõe uma matriz de resultados, acompanhada de recomendações de manutenção. Por fim, o quinto capítulo reúne as conclusões decorrentes da investigação realizada.

2
ESTADO DA ARTE

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o estado da arte relativo à manutenção de soluções construtivas industrializadas aplicadas a casas de banho, com foco nas principais abordagens teóricas e metodológicas discutidas na literatura científica. Para isso, serão definidas as palavras-chave que orientaram a pesquisa bibliográfica, bem como será realizada uma revisão bibliométrica e bibliográfica para compreender a evolução dos estudos nesta área e identificar as contribuições mais relevantes para o desenvolvimento da presente dissertação.

Com base na análise dos trabalhos selecionados, serão abordados sequencialmente os principais conceitos relacionados com a manutenção de edifícios em serviço e as especificidades associadas às soluções industrializadas de módulos tridimensionais (*pods*), assim como os diferentes sistemas e componentes que os integram. Neste contexto, procura-se ainda compreender as relações entre a manutenção, a manutenibilidade e o projeto arquitetônico em sistemas construtivos industrializados.

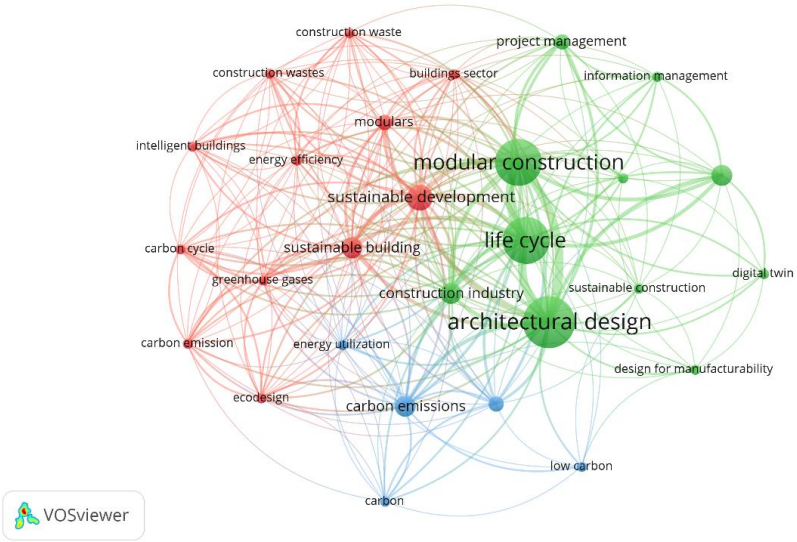
2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE

A pesquisa bibliográfica foi orientada por um conjunto de palavras-chave representativas do universo temático da presente dissertação. A estratégia metodológica adotada consistiu numa pesquisa inicial ampla nas bases de dados científicas, seguida de um processo progressivo de refinamento dos termos utilizados à medida que foram identificadas relações mais específicas entre os domínios da manutenção, da manutenibilidade e dos sistemas construtivos industrializados.

A análise bibliométrica das palavras-chave foi realizada inicialmente a partir da extração de uma base de dados da plataforma *Scopus*. Considerando que esta apresenta predominância de indexações em inglês, foram utilizados os seguintes termos de pesquisa: "("design for maintainability" OR "architectural design") AND ("life cycle" OR maintainability OR "facility management") AND ("industrialized building systems" OR "modular construction")", que resultaram em 52 documentos encontrados.

Posteriormente, os dados obtidos foram analisados através do software *VOSviewer*, permitindo a elaboração de mapas de coocorrência de palavras-chave e a identificação das principais relações temáticas presentes na literatura científica. O mapa gerado representa graficamente a frequência e a proximidade entre os temas analisados, evidenciando grupos temáticos (*clusters*) associados à indústria da construção e ao processo do projeto arquitetônico orientado para a manutenção.

Figura 1 - Rede de coocorrência de palavras-chave obtida através do software VOSviewer. Autor (2026)



A análise da Figura 1 evidencia a centralidade e conexão dos termos "*architectural design*", "*modular construction*" e "*life cycle*", o que comprova que a literatura científica associa diretamente a conceção do projeto arquitetônico à gestão do ciclo de vida na construção industrializada. Além disso, associam-se aos eixos centrais os domínios "*project management*", "*information management*", *"sustainable development"* e *"design for maintainability"*, que indicam a importância de sistemas construtivos industrializados, orientados para a manutenibilidade, nas discussões sobre a modernização e sustentabilidade da construção.

2.3 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E BIBLIOGRÁFICA

Para garantir a fundamentação das áreas de estudo e o rigor científico desta dissertação, realizou-se uma revisão bibliométrica e bibliográfica sistemática. Com o objetivo de mapear o panorama global das publicações científicas que interligam a manutenibilidade de edifícios ao universo da construção industrializada e híbrida, foi efetuada a recolha de dados em plataformas como *Scopus, ScienceDirect, Google Scholar* e repositórios universitários.

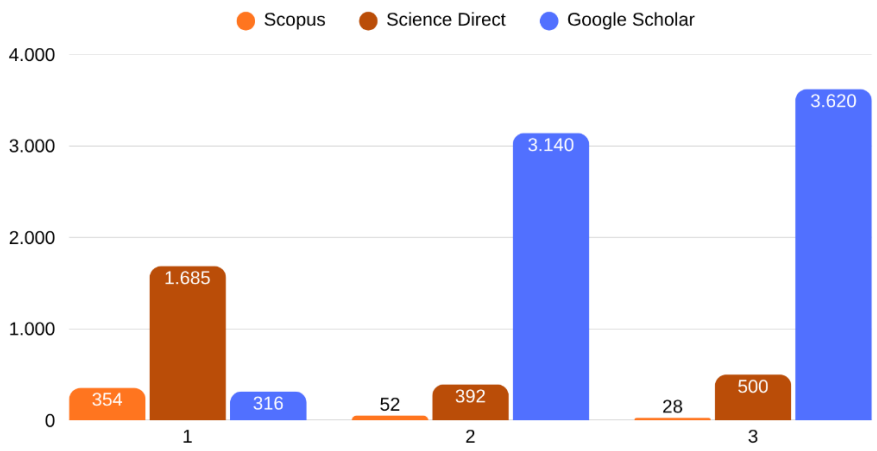
Como protocolo de pesquisa, foram listadas as palavras-chave consideradas mais relevantes e com maior coocorrência no mapeamento bibliométrico. Adicionalmente, integraram-se termos específicos associados ao núcleo prático de estudo, tais como módulos tridimensionais, casas de banho e *pods*. Dado que as principais bases de dados indexam predominantemente produções científicas em inglês, foi necessária a tradução dos termos para esse idioma. Este procedimento, aliado à combinação estratégica dos termos, permitiu a estruturação das *strings* de pesquisa necessárias para maximizar o alcance e a relevância dos estudos obtidos.

Tabela 1 - Palavras-chave, keywords e *strings* de pesquisa. Autor (2026)

Palavras - chave	**Keywords**	**Combinações de termos | *Strings* de pesquisa**
Manutenibilidade	Maintainability	(prefabricat* OR "off-site construction" OR "industrialized building systems" OR "modular construction") AND "building maintenance."
Gestão de edifícios; Manutenção preventiva	Building maintenance; Facility management	
Ciclo de vida das edificações	Life cycle	("design for maintainability" OR "architectural design") AND ("life cycle" OR maintainability OR “facility management”) AND ("industrialized building systems" OR "modular construction")
Sistemas de construção industrializados; Pré-fabricação	Industrialized building systems; Off-site construction; Prefabrication	
Construção modular	Modular construction	
Casas de banho industrializadas	Bathroom pods; pods	("bathroom pods" OR pods) AND ("architectural design" OR "design for maintainability")
Projeto arquitetônico	Architectural design*;* Design for Maintainability (DfM)	

Dessa forma, foram estruturados três níveis de combinação lógica, detalhados na Tabela 1. A primeira *string* assume um caráter abrangente, associando o universo dos sistemas industrializados com a construção e manutenção de edifícios. O segundo nível atua de forma intermédia, interligando a gestão do ciclo de vida e a manutenibilidade diretamente aos sistemas construtivos modulares e ao projeto arquitetônico associado. Por fim, a terceira *string* delimita o escopo específico da investigação, direcionando a busca para a interseção entre o projeto arquitetónico, o *Design for Maintainability* (DfM) e os módulos tridimensionais (*pods*), objeto dos estudos de caso.

Figura 2 - Distribuição quantitativa de documentos científicos identificados por base de dados em função das *strings* de pesquisa aplicadas. Autor (2026)



Nota: Os números 1, 2 e 3 no eixo horizontal correspondem às seguintes *strings* de pesquisa utilizadas:

1: (prefabricat* OR "off-site construction" OR "industrialized building systems" OR "modular construction") AND "building maintenance."

2: ("design for maintainability" OR "architectural design") AND ("life cycle" OR maintainability OR "facility management") AND ("industrialized building systems" OR "modular construction")

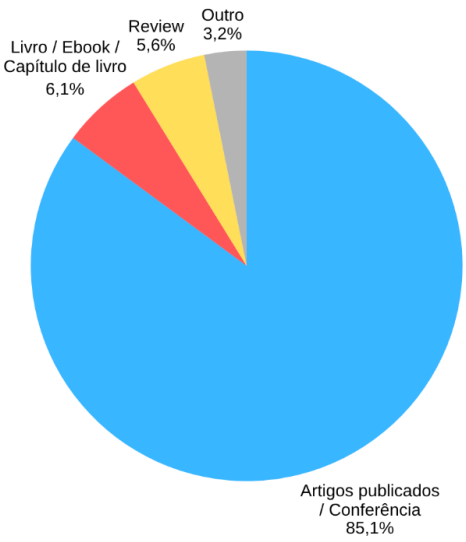
3: ("bathroom pods" OR pods) AND ("architectural design" OR "design for maintainability")

[1] A pesquisa foi realizada em maio de 2026. Foram aplicados filtros para *Scopus* e *ScienceDirect* baseados nos campos *Article Title*, *Abstract* e *Keywords*, delimitando o escopo às áreas de Engenharia (*Engineering*), Ciência dos Materiais (*Materials Science*), Ciência Ambiental (*Environmental Science*) e Energia (*Energy*). Para o *Google Scholar*, os termos foram pesquisados no corpo global dos documentos devido às restrições nativas de filtragem da plataforma.

O gráfico apresentado na Figura 2 ilustra o volume de documentos recuperados nas três bases de dados selecionadas em função do afunilamento operado pelas *strings* de pesquisa predefinidas. Observa-se que, enquanto a *Scopus* e o *ScienceDirect* apresentam um decréscimo progressivo esperado à medida que o nível de especificidade aumenta, o *Google Scholar* registra volumes significativamente mais elevados nas *strings* 2 e 3. Este comportamento justifica-se por esta última plataforma indexar a totalidade do texto dos documentos e abranger repositórios institucionais e documentos não publicados. Em contrapartida, as duas primeiras bases foram submetidas a filtros mais rigorosos e restritos.

A Figura 3 apresenta a caracterização da tipologia dos documentos científicos recuperados na base de dados *Scopus*. A opção pela utilização dessa base de dados para a análise estrutural justifica-se por ser uma das plataformas globais mais rigorosas e amplamente reconhecidas no meio acadêmico para revisões bibliométricas, assegurando a indexação de publicações com elevado fator de impacto. Esta decisão metodológica baseia-se na premissa de que a investigação de elevada relevância desenvolvida para teses de mestrado e doutoramento tende a ser sintetizada e posteriormente publicada sob a forma de artigos científicos.

Figura 3 - Tipologia de documentos recuperados na base *Scopus.* Autor (2026)



Nota: A pesquisa foi realizada em maio de 2026. Os dados apresentados refletem a consolidação agregada das pesquisas realizadas com as três *strings* de busca na plataforma *Scopus*.

Devido ao volume inicialmente identificado de documentos, recorreu-se à plataforma de Inteligência Artificial Ai2 ASTA para otimizar e conferir maior rigor ao processo de triagem secundária. A ferramenta permitiu analisar e classificar os títulos e resumos dos documentos importados da base de dados *Scopus*. Este procedimento automatizado estabeleceu uma ordem de prioridade para a revisão, assegurando que a leitura minuciosa e a inclusão final se concentrassem nos artigos com maior convergência científica com o objeto de estudo desta investigação.

Tabela 2 - Síntese de 9 artigos selecionados. Autor (2026)

Nº	**Autores e Anos**	**Revista e tipo de documento**	**Título**	**Síntese e principais tópicos**
1	Gunawardena & Mendis (2022)	Encyclopedia MDPI (Artigo de enciclopédia científica)	Prefabricated Building Systems—Design and Construction	**Metodologia e foco:** Artigo de enciclopédia sobre a classificação e evolução técnica da pré-fabricação. **Resultados e contributos:** Classificação, organização e nomeação para componentes industrializados e exigenciais Fundamentação conceitual de introdução à construção industrializada.
2	Boafo et al. (2016)	*Sustainability (Switzerland)* (Artigo de revisão)	Performance of modular prefabricated architecture: Case study-based review and future pathways	**Metodologias e foco:** Revisão e estudos de caso de edifícios modulares e pré-fabricados. **Resultados e contributos:** Relação da construção industrializada com a sustentabilidade e a gestão do ciclo de vida. Apresentação e caracterização dos níveis de industrialização e benefícios ambientais que módulos tridimensionais podem englobar.
3	Dzulkifli et al. (2021)	*Journal of Building Engineering* (Artigo de revisão)	Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices	**Metodologias e foco:** Revisão da literatura sobre mapeamento global de patologias prediais. **Resultados e contributos:** Categorização de falhas recorrentes (infiltrações, redes prediais). Prova de que a maioria das patologias tem origem em erros e omissões na fase de projeto.

4	Rodrigues & Rocha (2013)	*Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono* (Artigo de conferência)	Maintenance in the process of building design: A decision supporting system model	**Metodologias e foco:** Questionário a projetistas portugueses sobre manutenção na fase de conceção. **Resultados e contributos:** A inserção da manutenção no projeto inicial é severamente negligenciada em Portugal. Esta lacuna resulta em patologias precoces e reclamações constantes dos utentes.
5	Othman & Kamal (2023)	*Organization, Technology and Management in Construction*. (Artigo de revista)	Enhancing building maintainability through early supplier involvement in the design process	**Metodologias e foco:** Questionários e entrevistas sobre o envolvimento precoce de fornecedores (*Early Supplier Involvement* – ESI) aplicados no Egito. Apresentação de caso de estudo de casas de banho industrializadas em edifícios de Singapura. **Resultados e contributos:** Falta de comunicação inicial gera erros de conceção e inviabiliza o acesso a componentes. Envolvimento precoce otimiza materiais e eleva a manutenibilidade na fase de utilização.
6	R. Alves et al. (2026)	*Construction, Energy, Environment and Sustainability Proceedings of CEES 2025 (Volume 1: Construction Materials and Technologies)* (Artigo técnico / conferência)	Combining Architectural Adaptability and Space Efficiency in the Design of Prefabricated Timber Wet Units	**Metodologia e foco:** Projeto de unidades 3D de casas de banho industrializadas em madeira. Sistema modular flexível e adaptável para múltiplas configurações. Módulos tridimensionais compostos por painéis 2D. **Resultados e contributos:** Integração de vazios técnicos (coretes) na estrutura do módulos, otimizando espaço. Autonomia das redes de infraestruturas instaladas *off-site* e facilidade de acesso para manutenção.
7	Hauashdh et al. (2022)	*Journal of Building Engineering* (Artigo de revista)	Strategic approaches towards achieving sustainable and effective building maintenance practices in maintenance-managed buildings: A combination of expert interviews and a literature review	**Metodologia e foco:** Revisão sistemática e 20 entrevistas com gestores de *facilities* na Malásia. Barreiras organizacionais, técnicas e financeiras na manutenção. **Resultados e contributos:** Manutenibilidade depende de critérios de acessibilidade na fase de projeto.

				Fundamentação de que o Design for Maintainability (DfM) reduz custos e pegada de carbono.
8	Hu et al. (2018)	*Advances in Engineering Software* (Artigo de revista)	BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase	**Metodologia e foco:** Abordagem estatística e análise de dados sobre falhas e patologias em redes MEP de edifícios habitacionais. **Resultados e contributos:** Identificação das infiltrações e falhas ocultas em juntas de tubagens nas áreas molhadas como as patologias de maior custo do ciclo de vida. Falta de espaço e fraca acessibilidade em projeto impedem as reparações preventivas corretas.
9	Chew (2005)	*Construction and Building Materials* (Artigo de revista)	Defect analysis in wet areas of buildings	**Metodologia e foco:** Desenvolvimento de uma matriz quantitativa de pontuação para o Design for Maintainability (DfM). Foco na criação de checklists de projeto para instalações sanitárias. **Resultados e contributos:** Estabelece regras rígidas de desenho predial: dimensões mínimas para acesso técnico, localização de portas de inspeção e posicionamento de válvulas. Prova que a inclusão de critérios de acessibilidade física na fase de desenho reduz em larga escala os custos de manutenção corretiva.

A partir da análise comparativa apresentada na Tabela 2 é possível classificar a contextualização desta seleção em três vertentes essenciais: a caracterização dos sistemas modulares tridimensionais (*pods*), o mapeamento das patologias e falhas prediais mais recorrentes em áreas técnicas e húmidas de construções convencionais, e os modelos de apoio à decisão focados em manutenibilidade. Com essa articulação, fundamentam-se não só os benefícios ambientais e econômicos ao longo do ciclo de vida das edificações, mas também as diretrizes e regras práticas de projeto que garantam a acessibilidade dos locais onde se requer manutenção, como as redes MEP embutidas, simplificando futuras intervenções técnicas.

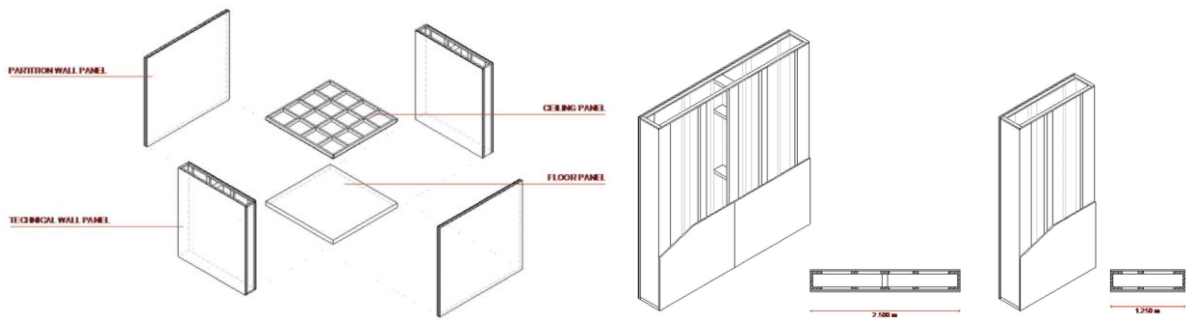
Dentre as referências selecionadas, o estudo desenvolvido por R. Alves et al. (2026) assume um papel importante nesta investigação, uma vez que interliga diretamente os conceitos de construção industrializada e gestão de edifícios em serviço ao objeto de estudo específico desta dissertação, as casas de banho industrializadas. A seguir, foi realizada uma análise mais aprofundada desse artigo:

- R. Alves, F. Sousa, A. Fontes, J. M. Branco, & D. Leitão. (2026). Combining Architectural Adaptability and Space Efficiency in the Design of Prefabricated Timber Wet Units. *Construction, Energy, Environment and Sustainability Proceedings of CEES 2025 (Volume 1: Construction Materials and Technologies)*

Inicialmente, foram verificados a relevância e o enquadramento científico da publicação, constatando-se que o artigo se encontra inserido no Volume 1 da conferência internacional CEES 2025, uma publicação da Springer indexada integralmente na base de dados *Scopus*. Devido ao caráter recente da publicação, as métricas de impacto desta base de dados ainda não registram citações formais. No entanto, a relevância do estudo é validada pela chancela institucional e científica de investigadores de referência da Universidade de Lisboa e da Universidade do Minho, representando esta última o coautor do artigo em análise.

No âmbito da análise das metodologias construtivas, o artigo apresenta o processo de industrialização, com foco na transição da construção convencional para processos automatizados baseados nos princípios de *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA), utilizando a madeira como material de base. Além disso, expõe o desenho dos componentes, validação de regras métricas padronizadas e restrições logísticas e de transporte que condicionam a modulação tanto dos painéis 2D como dos módulos tridimensionais (*pods*) produzidos *off-site*.

Figura 4 - Componentes de módulos 3D industrializados de casas de banho em madeira. (R. Alves et al., 2026)



O artigo aborda também a integração de redes MEP e a respectiva manutenibilidade, identificando um painel técnico como componente do módulo que centraliza e consolida todas as redes (água, esgotos, eletricidade e ventilação) em um único plano vertical. Os principais pontos evidenciados neste método compreendem a autonomia técnica do *pod*, a otimização de espaços técnicos (coretes) e a garantia de qualidade conferida pelo ambiente controlado de fábrica.

Em relação à manutenção, a investigação evidencia a acessibilidade simplificada proporcionada pela centralização das infraestruturas, um fator que otimiza e facilita a condução de inspeções periódicas. Além disso, a solução proposta oferece elevado grau de adaptabilidade e flexibilidade ao sistema por permitir alteração de layout interno e eventual reaproveitamento de componentes, o que proporciona o aumento do ciclo de vida do módulo. A montagem em obra é igualmente simplificada, uma vez que requer apenas a execução das ligações verticais de abastecimento e drenagem, o que se traduz em um processo rápido e na drástica redução de desperdícios.

Portanto, o artigo em questão funciona como um dos suportes científicos diretos para legitimar a seleção de casas de banho industrializadas (*pods*) como objeto de estudo da presente dissertação. Por se tratar de um artigo de conferência atual e documentar a industrialização volumétrica como uma tendência internacional de relevância na engenharia civil, o estudo oferece uma base sólida para a validação da solução construtiva proposta, associada ao tópico de manutenibilidade.

2.4 MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.4.1 Introdução

O presente capítulo consiste na fundamentação dos principais conceitos de manutenção e gestão de edifícios em serviço. Inicialmente, estabelece-se a conceituação da manutenção no panorama da engenharia civil, vinculando-a à gestão do ciclo de vida das edificações. Nesta fase operacional, os custos globais tendem a superar significativamente os investimentos iniciais de construção, além disso, estima-se que aproximadamente 75% a 80% dos custos totais do ciclo de vida de uma edificação surjam durante a fase de operação e manutenção, considerando uma vida útil de 50 anos, sendo este crescimento inflacionado pela escassez de práticas eficientes (Hauashdh et al., 2022).

Na sequência , são descritas as diferentes estratégias de manutenção e discute-se a importância da sua articulação operacional por meio de um sistema integrado de manutenção (SIM). Estes sistemas com "*BIM-based facility intelligent management system*", são capazes de centralizar dados técnicos através de ferramentas digitais e padronização de procedimentos, diminuindo falhas e tempo nas operações de gestão de ativos (Hu et al., 2018).

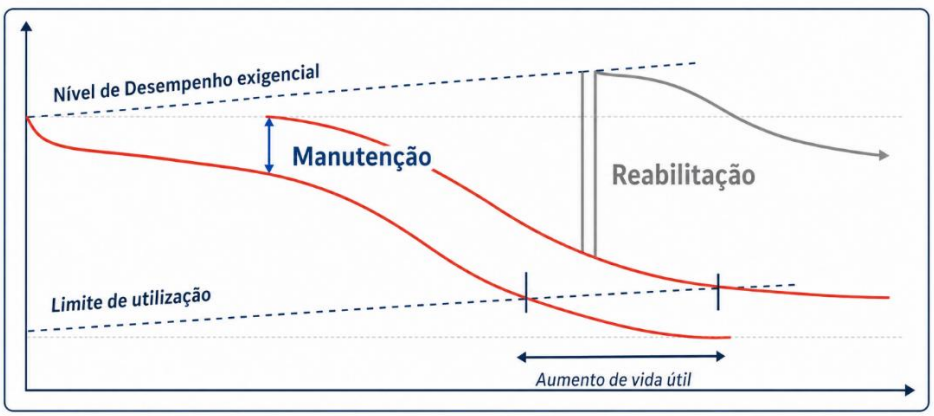
Com isso, a discussão transita da ótica apenas operacional para a fase conceitual a partir da introdução dos princípios de *Design for Maintainability* (DfM), ou projeto orientado para manutenibilidade. Sob este enfoque preventivo, destaca-se a estruturação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) que correspondem aos componentes prediais mais propensos a falhas e patologias.

2.4.2 Conceituação

As atividades destinadas a preservar ou readequar edificações em serviço exigem uma clara distinção terminológica e funcional entre dois conceitos: Manutenção e Reabilitação. Ambos apresentam premissas, objetivos e perfis profissionais distintos conforme estipulado pela norma internacional ISO 6707-1:2020 (ISO, 2020), que estabelece o vocabulário oficial para edifícios e obras de engenharia civil, tais como as definições abaixo:

- **Manutenção:** é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, ao longo do ciclo de vida de um edifício, destinadas a garantir que este continue a desempenhar as funções para as quais foi originalmente projetado.
- **Reabilitação:** define intervenções profundas destinadas a incrementar, atualizar ou modernizar o patamar de desempenho de um ativo por meio de ações de inovação, renovação e beneficiação, respondendo a novas exigências funcionais ou normativas.

Figura 5 - Gráfico: Manutenção x Reabilitação. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)



A Figura 5 esquematiza a dinâmica do comportamento das construções ao longo do seu ciclo de vida em serviço, delimitada pelo patamar superior do nível de desempenho exigencial e pelo patamar inferior do limite de utilização. A curva natural em vermelho reflete o impacto contínuo dos erros acumulados, agentes de degradação e obsolescência. Assim, o gráfico estabelece uma distinção clara entre os dois mecanismos de defesa: a manutenção (seta azul) atua de forma preventiva e contínua desde as fases iniciais para restaurar o desempenho original e adiar o fim da vida útil do componente; já a reabilitação (setas cinzentas) intervém numa fase avançada de deteorização e reposiciona o ativo num ciclo de desempenho de novas exigências, o que estende drasticamente a sua durabilidade em serviço.

O comportamento de um edifício em serviço está sujeito a uma tendência natural de degradação, provocada por um espectro diverso de condicionantes. Estes fatores e a perda de desempenho dividem-se em três grandes grupos, conforme explicitado por Rodrigues (2025):

- **Erros acumulados:** falhas geradas na fase de conceção, projeto, fabrico de materiais, construção ou, posteriormente, por uma incorreta utilização do imóvel;
- **Agentes físicos, químicos e biológicos:** Ações contínuas por fatores naturais e atmosféricos e por solicitações mecânicas decorrentes do uso diário.
- **Obsolência:** Perda de aptidão funcional, tecnológica ou econômica em relação à evolução dos padrões de mercado e exigências dos utilizadores.

Assim, as atividades necessárias para responder a estes estímulos patológicos e controlar o desempenho dos componentes não serão operadas individualmente por elementos isolados, mas sim pela interação conjunta de parcelas integradas na cadeia de causa e efeito. É a partir da organização dos processos e procedimentos que se torna possível definir ações e operações preventivas capazes de dar uma resposta às exigências do ciclo de vida das edificações.

2.4.3 Gestão do ciclo de vida das edificações

A gestão de edifícios tem o seu "objetivo centrado na otimização do binómio desempenho/valor"(Rodrigues, 2025). A eficiência energética contínua e benefícios ambientais acumulados pela edificação também são objetivos importantes da gestão. De acordo com Rodrigues (2025), as edificações consomem cerca de 40% da energia total utilizada e são responsáveis por 30% das emissões globais de CO2; a fase de operação é a que apresenta o impacto ambiental mais significativo, sendo responsável pela maior parcela de emissões de carbono incorporado no setor da construção, atingindo aproximadamente 68%.

Em virtude dessas preocupações, a gestão do ciclo de vida das edificações abrange três vertentes fundamentais: a atividade técnica, a econômica e a funcional:

- **Atividade técnica:** centra-se na integridade física e na extensão da vida útil dos sistemas construtivos. Compreende as rotinas de inspeção, a monitorização, a presença de patologias e a promoção de ações de manutenção corretiva e preventiva. Esta atividade visa sustentar a curva de degradação natural provocada pelos agentes anteriormente descritos (Rodrigues, 2025).
- **Atividade econômica:** foca-se na gestão de recursos financeiros, otimização de recursos energéticos , análise de custos operacionais e orçamentos para intervenções. O seu propósito principal é garantir a viabilidade financeira do ativo ao longo dos anos, minimizando custos agregados através de ferramentas digitais (Hauashdh et al., 2022; Rodrigues, 2025)
- **Atividade funcional:** destina-se a assegurar a aptidão do edifício em relação às necessidades dos utilizadores e ao cumprimento legal e regulamentar. Envolve a gestão de espaços e atribuições, a garantia de segurança e economia na utilização e a resposta à obsolescência funcional e tecnológica do imóvel em serviço (Rodrigues, 2025).

Figura 6 - Gestão de edifícios: Processos e procedimentos associados. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)

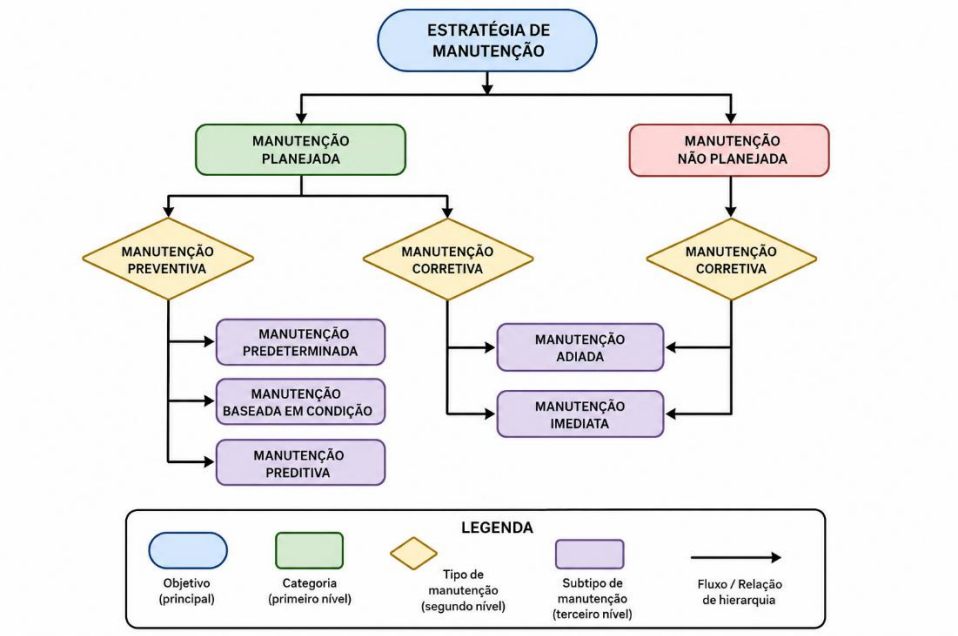


Para que estas três atividades operem de forma sinérgica e eficiente, tornam-se indispensáveis a alimentação contínua de base de dados técnicos e o desenvolvimento de um cadastro predial organizado. No entanto, a transição entre as fases de construção e a fase de operação e manutenção é historicamente marcada por quebras de fluxo de informação. Como documentado por Hu et al. (2018), a entrega de documentação incompleta ou não estruturada no pós-obra, aliada à falta da utilização de ferramentas digitais compatíveis com a operação, são obstáculos ao desenvolvimento dos sistemas interligados de manutenção (SIM), afetando diretamente a eficiência dessa.

2.4.4 Estratégias de manutenção

A norma britânica BS 3811 (BSI, 1993) define a manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo ações de supervisão, destinadas a manter ou a repor um elemento para que ele possa desempenhar a função requerida. Para isso, é necessária a operacionalização da gestão de edifícios através de estratégias de manutenção que englobam os seguintes tópicos:

Figura 7 - Tipos de estratégias de manutenção. Adaptado pela autora de (Dzulkifli et al., 2021)



Conforme ilustrado, as estratégias subdividem-se, num primeiro nível de categoria, em dois grandes eixos: a manutenção planejada e a manutenção não planejada. A diferenciação entre elas reside na capacidade do gestor de ativos de antecipar as necessidades do edifício. No domínio da manutenção planejada, as intervenções subdividem-se em dois tipos:

- **Manutenção Preventiva:** Constitui um programa de intervenção que visa diminuir a probabilidade de mau funcionamento ou de deterioração dos elementos funcionais de uma edificação. Esta abordagem assume um caráter sistemático já que os componentes e sistemas são inspecionados e intervencionados de forma programada, mesmo que não apresentem quaisquer sinais visíveis de anomalia (Othman & Kamal, 2023). Além disso, identificam-se três subtipos inseridos no contexto da manutenção preventiva:
    1. Manutenção Predeterminada: Executada de forma sistemática, com base em intervalos de tempo ou número de utilizações predefinidos, independentemente do estado real de degradação (Dzulkifli et al., 2021; Othman & Kamal, 2023).
    2. Manutenção Baseada em Condição: Desencadeada a partir do diagnóstico de parâmetros operacionais obtidos por rotinas de inspeção visual ou ensaios diretos. Previne falhas e colapsos reconhecendo de forma precoce os indicadores de degradação. (Dzulkifli et al., 2021; Othman & Kamal, 2023).
    3. Manutenção Preditiva: Abordagem avançada em que as medidas preventivas se baseiam na monitorização contínua da degradação dos componentes, permitindo a execução das atividades técnicas de conservação antes do momento estimado para a falha (Dzulkifli et al., 2021; Othman & Kamal, 2023).
- **Manutenção Corretiva (Planejada):** Executada após a ocorrência de falhas nos componentes, tendo como propósito o restauro do nível de desempenho original do sistema. Esta estratégia é feita tanto no âmbito da manutenção planejada quanto não planejada; os componentes podem operar continuamente até à ocorrência da falha, sendo que, na planejada, a sua reparação pode ser integrada a uma programação técnica sem prejuízos imediatos. Já na não planejada, a avaria é imprevisível e resulta, muitas vezes, numa reparação de emergência (Othman & Kamal, 2023). Este tipo de manutenção é categorizado em duas vertentes:
    1. Manutenção Adiada: Define as intervenções que são postergadas sem um cronograma rigidamente definido devido às restrições operacionais como: limitações de custos, mão de obra ou materiais (Dzulkifli et al., 2021)
    2. Manutenção Imediata: Executada de forma instantânea imediatamente após a identificação da falha, com o objetivo de mitigar a propagação de anomalias e evitar danos severos. (Dzulkifli et al., 2021)

2.4.5 Sistema integrado de manutenção (SIM)

Para um plano de manutenção ser eficaz, é necessário incorporar um Sistema Integrado de Manutenção (SIM). De acordo com Rodrigues (2025) esse sistema pretende: identificar e disponibilizar interlocutores e decisores capacitados; tipificar a situação facilitando a análise e resposta, se possível automatizando-a; padronizar procedimentos de contratação e intervenção; unificar as ações de registro alimentando com um único ato as bases de dados contabilísticas, tecnológicas e funcionais; recolher informações finais e realimentar o sistema.

O sistema opera com base em quatro macroblocos interligados: Identificação, Cadastro, Plano de Manutenção e Intervenção, conforme figura e descrição abaixo:

Figura 8 - Fluxograma do Sistema Integrado de Manutenção (SIM). Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)



1. **Entrada de dados e triagem:** o fluxo inicia-se no bloco da identificação, que funciona como a etapa inicial para solicitações devido a anomalias em serviço, reclamações formais de utentes e acidentes técnicos. Essa é submetida a um processo de decisão operado pelo gestor de ativos, onde se determina se a ocorrência tem enquadramento nos programas em vigor. Caso a solicitação seja descartada ou resolvida por vias externas, é reencaminhada para o arquivo. Se for validada, ativa os mecanismos de planejamento ou ação imediata.

2. **Alimentação e Consulta do Cadastro Pessoal:** em paralelo, o bloco do cadastro serve como a base do sistema. Ele contém as três vertentes essenciais de gestão discutidas anteriormente: técnico, econômico e funcional.
3. **Processamento no Plano de Manutenção:** uma vez validada a necessidade de intervenção, a solicitação é processada pelo bloco do Plano de Manutenção, que organiza as linhas de ação em três vertentes distintas: manutenção preventiva condicionada, gestão de vida útil sistemática e manutenção corretiva reativa.
4. **Intervenção, Recursos e Ciclo de Realimentação:** o bloco final da intervenção materializa a operação em obra. A execução assume três tipologias: atuação padrão, emergência e reabilitação. Para viabilizar esta execução, o sistema mobiliza matriz de recursos, dividida entre equipes com prestadores de serviço já listados.

Assim, concluída a intervenção física, o ciclo se fecha através do mecanismo de registro de dados operacionais e de custos. Este passo alimenta os canais administrativos e financeiros, além de submeter o resultado a uma avaliação de desempenho técnico. Se a intervenção for validada com sucesso, a informação realimenta o arquivo e calibra o Plano de Manutenção com os históricos de intervenção.

2.4.6 *Design for Maintainability* (DfM)

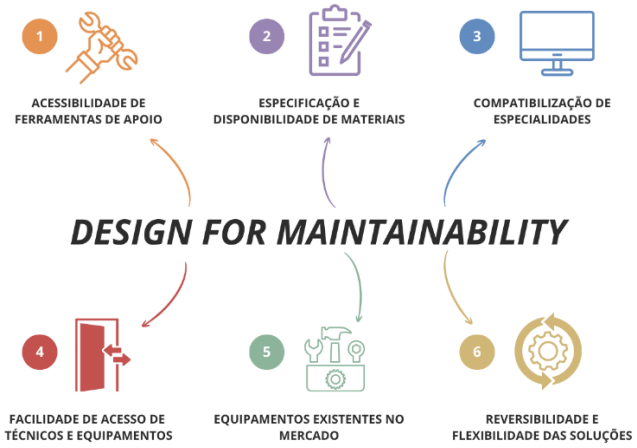
A transição de uma gestão predial reativa para um modelo como descrito anteriormente exige que as decisões de desenho técnico incorporem preocupações de operação e manutenção na fase de conceção. Com isso, o *Design for Maintainability* (DfM) foca-se no desenvolvimento de modelos de apoio à decisão capazes de aprimorar a manutenibilidade; esse conceito é associado à facilidade de acesso aos elementos que requerem manutenção e é diretamente relacionado com o processo de projeto arquitetônico.

De acordo com Rodrigues & Rocha (2013), o objetivo do processo de concepção arquitetônica é conseguir que a obra de arquitetura permeie no tempo conseguindo garantir o seu desempenho em serviço, no seu período de tempo de vida útil. Com isso, independentemente dos fatores externos que interferem na edificação, algumas decisões de projeto poderão ser potenciadoras de uma degradação mais rápida e acelerada. Tais como:

- **Acessibilidade somente na ótica do utente-utilizador:** O projeto deve garantir a acessibilidade de ferramentas de apoio à manutenção, a partir da otimização e facilidade de acesso. Ex.: equipamentos para facilitar a limpeza e para o alcance dos elementos.

- **Inadequada seleção do material e acabamento como resposta ao mercado na eventualidade de uma futura reparação/substituição:** O projeto deve garantir a correta especificação técnica do material e acabamento. É necessária a identificação de características de durabilidade, sustentabilidade, stock futuro, período de existência no mercado, exemplos de aplicação em obras já concluídas e facilidade de reparação/substituição.
- **Insuficiência nos pormenores de execução ou existência de algumas incompatibilidades na sua execução:** O projeto deve garantir uma correta coordenação entre todas as especialidades e intervenientes envolvidos. A compatibilidade entre todos os projetos das várias especialidades e o projeto de execução deve ser devidamente verificada.
- **Não considerar o devido dimensionamento para execução ou saída de equipamentos para manutenção:** O projeto deve garantir a acessibilidade dos técnicos e equipamentos de manutenção aos seus vários elementos e a funcionalidade na execução de procedimentos de manutenção.
- **Não ter em consideração os equipamentos e dispositivos de manutenção existentes disponíveis:** O projeto deve garantir que equipamentos e dispositivos de manutenção existentes no mercado atendam às necessidades das soluções projetadas.
- **Não considerar o caráter de reversibilidade e flexibilidade das soluções arquitetônicas:** O projeto deve considerar a reversibilidade de uma solução construtiva e dos materiais e evitar fixações permanentes dos seus elementos que necessitem de uma manutenção contínua.

Figura 9 - Síntese dos aspectos de projeto orientados para manutenção. Autor (2026)



A necessidade de integração de critérios de manutenibilidade na fase de conceção em Portugal é evidenciada pelos resultados do estudo estatístico conduzido por Rodrigues & Rocha (2013). Através de um questionário direcionado a autores de projeto nacionais, os investigadores mapearam as principais queixas e reclamações que estes profissionais recebem por parte dos utentes e clientes na fase de serviço das edificações.

Figura 10 – Questionário a autores de projeto em Portugal: fatores considerados x queixas em projeto. Adaptado pela autora de (Rodrigues & Rocha, 2013)



PRINCIPAIS FATORES CONSIDERADOS PELO AUTOR DO PROJETO

factores	categorias
1º - sistemas de construção	segurança
2º - condicionantes estruturais	segurança
3º - segurança	segurança
4º - circulação do ar	conforto
5º - iluminação	conforto
6º - escolha dos materiais e distribuição dos espaços	qualidade
7º - controlo da humidade	conforto
8º - proteção ao incêndio	segurança
9º - qualidade do ar interior	conforto
10º- circulação	conforto

PRINCIPAIS QUEIXAS QUE O AUTOR DO PROJETO RECEBE POR PARTE DO UTENTE/CLIENTE

factores	categorias
1º –acesso para limpeza	manutenção
1º – escolha dos materiais	qualidade
2º - controlo da humidade	conforto
2º –limpeza	manutenção
2º - reparação/substituição	manutenção
3º - escolha dos equipamentos	qualidade
4º - segurança	segurança
4º - sistemas de construção	segurança
5º - qualidade do ar interior	conforto
5º- águas residuais	serviços

Entre as principais reclamações reportadas pelos utilizadores destacam-se a dificuldade de acesso à limpeza, a escolha inadequada de materiais e as falhas no controle de humidade. Esses tópicos são de extrema importância para a durabilidade das soluções construtivas e influenciam diretamente a qualidade da manutenção. Além disso, é possível perceber a diferença entre os principais fatores considerados pelo autor do projeto e o feedback dos utilizadores, sendo que o primeiro não considera fatores associados à manutenção em suas prioridades.

Em virtude deste feedback dos utentes, é importante ressaltar que a interação favorável e proativa dos ocupantes em relação à manutenção é um fator crítico para o sucesso de todo o sistema de gestão (Hauashdh et al., 2022). Portanto, dificultar acesso para inspeção e limpeza, especificar materiais de difícil conservação, reparação ou substituição, ou não prever ventilação adequada nas soluções construtivas que contribuem para a proliferação de agentes biológicos e humidade são omissões que partem do projeto arquitetônico. Estas falhas de conceção afastam o utente de aplicar as corretas condições de utilização na edificação e prejudicam o funcionamento da gestão como um todo.

2.4.7 Elementos Fonte de Manutenção (EFM)

Na ótica da manutenção, "encara-se um edifício como um conjunto de sistemas ou "parcelas" que são os Elementos Fonte de Manutenção (EFM) com mecanismos de degradação e formas de desempenho próprias e em geral independentes" (Rodrigues, 2025). Dessa forma, para a gestão e o planejamento das ações de conservação de um edifício em serviço, é necessário ultrapassar a visão tradicional de um elemento único e monolítico.

Um EFM constitui a unidade analítica resultante da decomposição do edifício, o que permite ao gestor de ativos monitorizar individualmente o comportamento, a velocidade de deterioração e as exigências específicas de cada componente construtivo ou funcional. A relevância de mapear e classificar rigorosamente os EFM é evidenciada pela distribuição de patologias, em que a maioria das falhas graves não ocorre de forma aleatória, mas concentra-se em subsistemas específicos e previsíveis.

De acordo com Dzulkifli et al. (2021), as maiores taxas de sinistralidade e reclamações prediais estão historicamente associadas a falhas em redes de distribuição e infiltrações. Tal fato confirma que a identificação precoce dos EFM mais vulneráveis é um fator crítico de sucesso para a eficiência das políticas de manutenção. Quando isso não acontece, pequenos defeitos locais podem gerar um efeito em cascata, culminando em reparações de emergência de alto custo.

De forma a operacionalizar a decomposição analítica do edifício em frações independentes e orientar as rotinas de inspeção, Rodrigues (2025) propõe uma matriz que organiza os Elementos Fonte de Manutenção com base na sua função e natureza tecnológica dentro da infraestrutura. Esta base serve como o esqueleto para a alimentação do Cadastro e Plano de Manutenção Integrado (SIM). A Tabela 3 apresenta essa categorização e a estrutura base para edifícios em serviço que poderá ser utilizada na análise dos sistemas construtivos industrializados:

Tabela 3 - EFM: categorização e estrutura base. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)

ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO – EFM

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
1 - El. Edificados	1.1 - Estrutura	1.1.1 - Fundações
		1.1.2 - El. Verticais
		1.1.3 - El. Horizontais
	1.2 - Panos de parede	1.2.1 - Exteriores
		1.2.2 - Interiores
	1.3 - Cobertura	1.3.1 - Acessível
		1.3.2 - Não acessível

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
2 - Acabamentos	2.1 - Revestimentos	2.1.1 - Tectos
		2.1.2 - Pavimentos
		2.1.3 - Exteriores
		2.1.4 - Interiores
	2.2 - Vãos Exteriores	2.2.1 - Portas
		2.2.2 - Janelas
	2.3 - Vãos Interiores	2.3.1 - Portas

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
3 - Instalações	3.1 - Abastecimento de águas	3.1.1 - Rede
		3.1.2 - Louças e Comandos
	3.2 - Esgotos	3.2.1 - Rede
	3.3 - Eletricidade	3.3.1 - Rede
		3.3.2 - Aparelhos

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
4 - Outros	4.1 - Outros	4.1.1 - Ventilação
		4.1.2 - Equipamentos
		4.1.3 - Juntas
		4.1.4 - Outros

TOTAL DE EFM | 1 NÍVEL 1 4 elementos | 2 NÍVEL 2 9 elementos | 3 NÍVEL 3 23 elementos

2.4.7.1 Metodologias de Manutenção Aplicadas aos EFM

A decomposição do edifício em Elementos Fonte de Manutenção (EFM) só atinge eficácia prática quando associada a metodologias de manutenção rigorosas, as quais estabelecem os procedimentos e as frequências de atuação para cada componente. De cordo com Rodrigues (2025), a operacionalização de cada EFM exige a criação de fichas de inspeção e ensaio específicas. Estas fichas contêm os indicadores de estado, os parâmetros de degradação aceitáveis e os ensaios necessários para avaliar o nível de desempenho em serviço.

Deste modo, a cada código EFM é indexado um programa cronológico que define as ações de inspeção, limpeza, pro-ação, correção, substituição e condições de utilização. Associadas a cada uma destas ações, torna-se necessário definir:

- **O quê:** Quais as atividades a realizar, onde intervir e que aspectos técnicos devem ser tidos em atenção para praticar os procedimentos;
- **Como:** Que meios, ferramentas e técnicas deverão ser mobilizados para a execução dos procedimentos referidos em "o quê".
- **Quem:** Profissional ou entidade que irá executar a tarefa. Dividindo-se tipicamente entre o utente, um técnico especializado ou uma empresa externa sob contrato;
- **Quando:** A frequência da atividade, estabelecida através de intervalos temporais fixos (anualmente, a cada cinco anos, etc.), hora de uso ou com base em uma data fixa predeterminada;
- **Custo:** O valor expresso em euros associado à ação, estimado com base em custos anuais de mercado;
- **Observações:** Quaisquer anotações adicionais, restrições regulamentares ou advertências importantes a considerar durante a operação.

Tabela 4 - Estrutura modelo para fichas cadastrais de cada EFM. Adaptado pela autora de (Rodrigues, 2025)

EFM

AÇÕES	O QUÊ	COMO	QUEM	QUANDO	CUSTO	OBS.
INSPEÇÃO						
LIMPEZA						
PRO-AÇÃO						
CORREÇÃO						
SUBSTITUIÇÃO						
CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO						

2.4.8 Manuais de Serviço: Manuais de Utilização x Manutenção

No âmbito dos procedimentos do Sistema Integrado de Manutenção (SIM), a compilação documental que orienta a fase de operação subdivide-se em dois instrumentos autónomos, cujos destinatários, conteúdos e objetivos são distintos: os Manuais de Utilização e os Manuais de Manutenção. Conforme descrito por Rodrigues (2025), os Manuais de Utilização destinam-se aos utentes e proprietários do edifício. O seu propósito é disponibilizar as informações necessárias para uma adequada operação, reduzindo os "erros acumulados" por uso indevido. Esse documento deve conter:

- As características relevantes e o modo de funcionamento dos principais sistemas e equipamentos instalados;
- As recomendações, regras e cuidados a respeitar na utilização diária;
- A listagem de materiais aplicados com as referências comerciais, facilitando eventuais substituições diretas por parte do morador;
- As listagens de "peças" e contatos de emergência em caso de sinistro doméstico.

Já os Manuais de Manutenção configuram um documento estritamente técnico, destinado exclusivamente ao gestor de edifícios e às equipes operacionais. Este manual estabelece as diretrizes para a execução física das atividades em serviço e deve organizar-se em torno dos seguintes tópicos:

- **Planos de Inspeção:** Protocolos detalhados para monitoramento do estado dos EFM;
- **Limpeza:** Definição de produtos, métodos e frequências para a higiene e proteção de superfícies;
- **Intervenções Planejadas:** Ações sistemáticas de manutenção preventiva e predeterminada;
- **Intervenções Não Planejadas:** Procedimentos a adotar em relação a falhas que exijam manutenção corretiva imediata ou adiada;
- **Emergências:** Planos de contingência para conter danos catastróficos e salvaguardar a segurança de ocupação;
- **Informação de Retorno:** Mecanismos de registro e realimentação de dados para calibrar as atualizações do cadastro e do plano de manutenção.

2.5 CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

2.5.1 Introdução

O setor da construção civil apresenta constante demanda de reestruturação dos seus modelos operacionais tradicionais, motivada por exigências globais de incremento da produtividade, controle rigoroso de qualidade e diminuição dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida das edificações. Como defendido por Boafo et al. (2016), a construção convencional tem demonstrado fragilidades no cumprimento de prazos e orçamentos, além de apresentar elevados índices de desperdício de materiais.

Em virtude desse panorama, a transição para modelos baseados na industrialização surge como uma resposta a essas demandas do mercado. Uma vez que a adoção de componentes manufaturados em fábrica e montados no local definitivo promove o desenvolvimento de infraestruturas mais sustentáveis, eficientes e com prazos de execução reduzidos conforme detalhado por Gunawardena & Mendis (2022).

Neste capítulo, serão abordados os conceitos fundamentais e diferenciações terminológicas que envolvem a construção industrializada, estabelecendo fronteiras entre a pré-fabricação convencional e os modernos métodos de construção baseados na manufatura *off-site* (Gunawardena & Mendis, 2022). Adicionalmente, examinam-se os princípios e as características que regem a construção modular, os diferentes tipos de sistemas construtivos industrializados utilizados pelo setor e o panorama de crescimento do mercado em Portugal de edifícios industrializados.

Além disso, serão analisados com maior detalhe os módulos volumétricos tridimensionais (pods) que representam o estudo específico desta dissertação. Desta forma, fundamenta-se o enquadramento necessário para compreender as vantagens e desafios que moldam o binómio desempenho/valor destas soluções inovadoras sob a perspectiva da manutenibilidade.

2.5.2 Conceituação

A evolução tecnológica na engenharia civil exige o esclarecimento de conceitos associados à produção fabril. Gunawardena & Mendis (2022) esclarecem que as unidades pré-fabricadas contemporâneas são produzidas em massa através de manufatura *off-site* recorrendo a mão de obra qualificada e processos de automação e robótica avançada. Este ecossistema industrializado transforma radicalmente a abordagem tradicional da construção civil, caracterizada por processos artesanais e intensivos em estaleiro de obra.

Como explicitado por Gunawardena & Mendis (2022), a pré-fabricação convencional constitui um conceito que existe na indústria há várias décadas, caracterizada pela produção isolada e dispersa de componentes específicos fora do seu local definitivo (como vigas pré-esforçadas), com o objetivo principal de responder à alta procura habitacional. Esta abordagem tradicional, embora desloque parte da produção para fora do estaleiro, funciona como um adiantamento logístico, mas mantém a fragmentação e necessidades de ajustes da construção convencional.

Entretanto, os sistemas industrializados modernos, associados aos conceitos *Modern Methods of Construction* (MMC)[1] e *Off-site Manufacturing* (OSM)[2], representam uma evolução integrada. Gunawardena & Mendis (2022) enfatizam que a industrialização não se limita à mera transferência de tarefas para a indústria; ela exige a unificação de múltiplas disciplinas (arquitetura, estruturas e redes MEP) por meio de plataformas de modelação, como o *Building Information Modeling* (BIM), operadas sob a metodologia de *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA)[3].

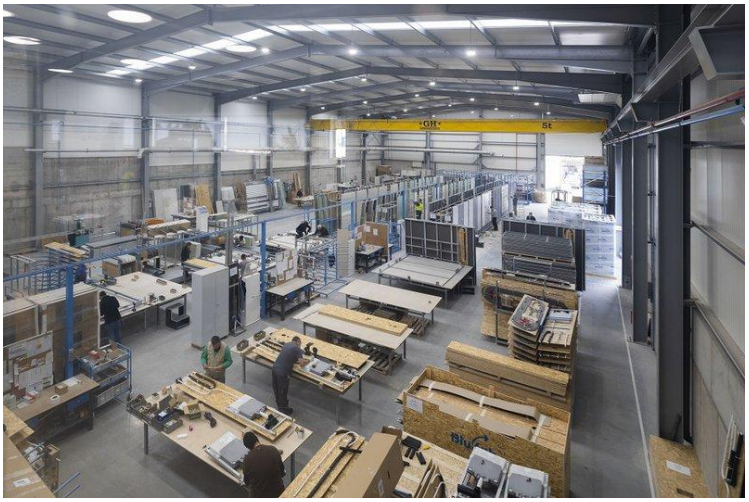
Na visão de Boafo et al. (2016) e Gunawardena & Mendis (2022), a principal diferença reside no nível de integração, automação e na filosofia de design utilizada. A Figura 11 e a Figura 12 demonstram esta clara diferença conceitual ao contrastar o uso de vigas pré-fabricadas produzidas *off-site* e uma fábrica de sistemas industrializados, na qual a solução compatibilizada é expedida totalmente concluída.

[1] *Modern Methods of Construction* (MMC): engloba todas as estratégias construtivas inovadoras concebidas para substituir a construção tradicional em alvenaria ou em betão *in situ* (Gunawardena & Mendis, 2022).
[2] *Off-site Manufacturing* (OSM): processo físico e logístico de deslocar as atividades de construção do estaleiro de obra definitivo para o ambiente controlado de uma fábrica (Gunawardena & Mendis, 2022).
[3] O *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA): abordagem integrada de engenharia que orienta a conceção de um elemento pensando, desde a fase inicial de projeto, na eficiência do seu fabrico industrial e na facilidade de montagem das ligações físicas no estaleiro (Gunawardena & Mendis, 2022).

Figura 11 - Pré-fabricados convencionais. TeA (s.d.)



Figura 12 - Sistemas industrializados modernos. Blufab (2026)





Dada a multiplicidade de designações frequentemente empregadas, é importante estruturar os conceitos em categorias. A Tabela 5 sintetiza as terminologias e divide as expressões correntes em suas respectivas aplicações: designações genéricas, tipos de estruturação geométrica e níveis de incorporação da industrialização.

Tabela 5 - Síntese terminológica utilizada na industrialização. Adaptado pela autora de (Boafo et al., 2016)

CATEGORIA ANALÍTICA	TERMOS E DESIGNAÇÕES	DESCRIÇÃO/ENQUADRAMENTO DO CONCEITO
Designações Genéricas	Pré-fabricados (*Prefab)*	Termos gerais utilizados como sinónimos na literatura técnica para descrever a transferência de processos do estaleiro convencional para um ambiente fabril controlado.
	Fora do local *(Off-site/OSM)*	
	Métodos Modernos de Construção (MMC)	
	Construção industrializada (CI)	
	Pré-montagem/Pré-moldado	
Tipo de Estruturação	Por Elementos ou Componentes	Classificação geométrica que define a natureza e o formato físico das unidades que saem da linha de produção industrial para obra
	Por Painéis (2D)	
	Por Módulos (3D)	
Nível de Industrialização	Edifícios Inteiros	Indicador do grau de acabamento e complexidade funcional da solução expedida, variando desde simples elementos a volumes totalmente equipados.
	Partes do edifício (ex.: *pods*, quartos)	
	Componentes (ex.: paredes, escadas)	

Ao afunilar os conceitos vistos acima, percebe-se que as estruturas volumétricas tridimensionais (3D) representam o patamar mais elevado da integração fabril, transferindo a complexidade executiva e o controle de qualidade para um ambiente controlado. É neste espectro da máxima incorporação industrial que se posicionam os estudos de caso dessa dissertação, uma vez que o processo fabril impacta diretamente a manutenibilidade e a redução de patologias em serviço. Abandonando as generalidades da industrialização, a seguir serão aprofundados as características técnicas, os critérios de projeto e as especificidades da construção modular.

2.5.3 Construção Modular

A construção modular representa a vertente de maior maturidade tecnológica e inovação no âmbito dos Modernos Métodos de Construção (MMC), distinguindo-se pela capacidade de reconfigurar a organização do estaleiro por meio de uma lógica de montagem industrializada e tridimensional. Para entender o posicionamento deste sistema, é necessário analisar a variação em função da geometria e do nível de incorporação da industrialização nessas soluções. Pode-se dividir em três grandes categorias de estruturação:

1. **Estruturação por Elementos ou Componentes:** Produção isolada fora do local definitivo de unidades, tais como vigas pré-esforçadas, pilares metálicos ou escadas em betão. Embora confira elevada flexibilidade ao desenho arquitetônico, gera grande quantidade de conexões e montagens em estaleiro de obra.

   De acordo com Hu et al. (2018), em virtude da manutenibilidade, essa solução eleva o risco de desalinhamentos e infiltrações devido à quantidade de juntas *on-site,* o que exige planos de inspeção mais frequentes em fase de serviço.

Figura 13 – Escadas em betão pré-fabricadas. Verdasca Group (s.d.)



2. **Estruturação por Painéis (2D):** Produção de elementos planos estruturais ou de vedação como painéis *sandwich*, fachadas cortina ou lajes alveolares. Acelera significativamente o fecho da envolvente do edifício, contudo, as ligações e redes de instalação MEP ainda exigem acabamentos significativos *on-site*. A sua durabilidade operacional ainda depende da qualidade de execução em obra.

Figura 14 – Instalação em obra de painéis de fachada em betão pré-fabricado, pilares em madeira e esquadrias instaladas *off*-site. Grupo Casais (2024)



3. **Estruturação por Módulos (3D):** Fundamenta a construção modular. Como documentado por Boafo et al. (2016), os módulos volumétricos saem da linha de produção com cerca de 80% a 95% dos seus acabamentos interiores e exteriores totalmente executados, incluindo isolamentos, revestimentos e todas as redes MEP embutidas de forma definitiva.

Figura 15 - Instalação de módulos 3D de casas de banho. Grupo Casais (2024)



A Figura 16 ilustra a progressão e as diferenças entre essas três tipologias de estruturação geométrica no processo construtivo. Já a Figura 17 enfatiza a diferença da instalação de painéis para módulos, evidenciando como a abordagem volumétrica altera a dinâmica do estaleiro. Enquanto a primeira exige uma sequência linear de fixação, selagem de juntas e posterior passagem de infraestruturas em obra, os módulos reduzem a quantidade de peças, as ligações e o tempo de instalação.

Figura 16 - Tipologías construtivas industrializadas. Adaptado pela autora de TopBIM (2023)

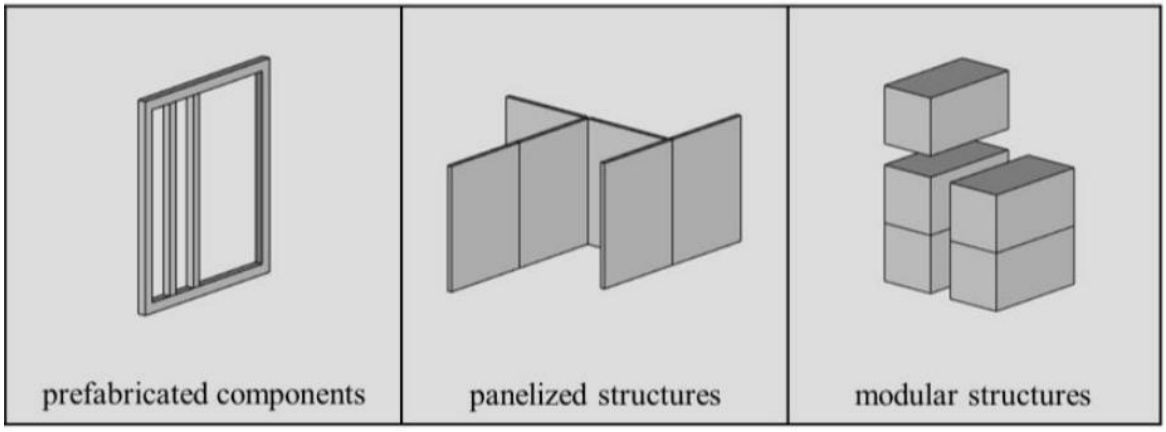
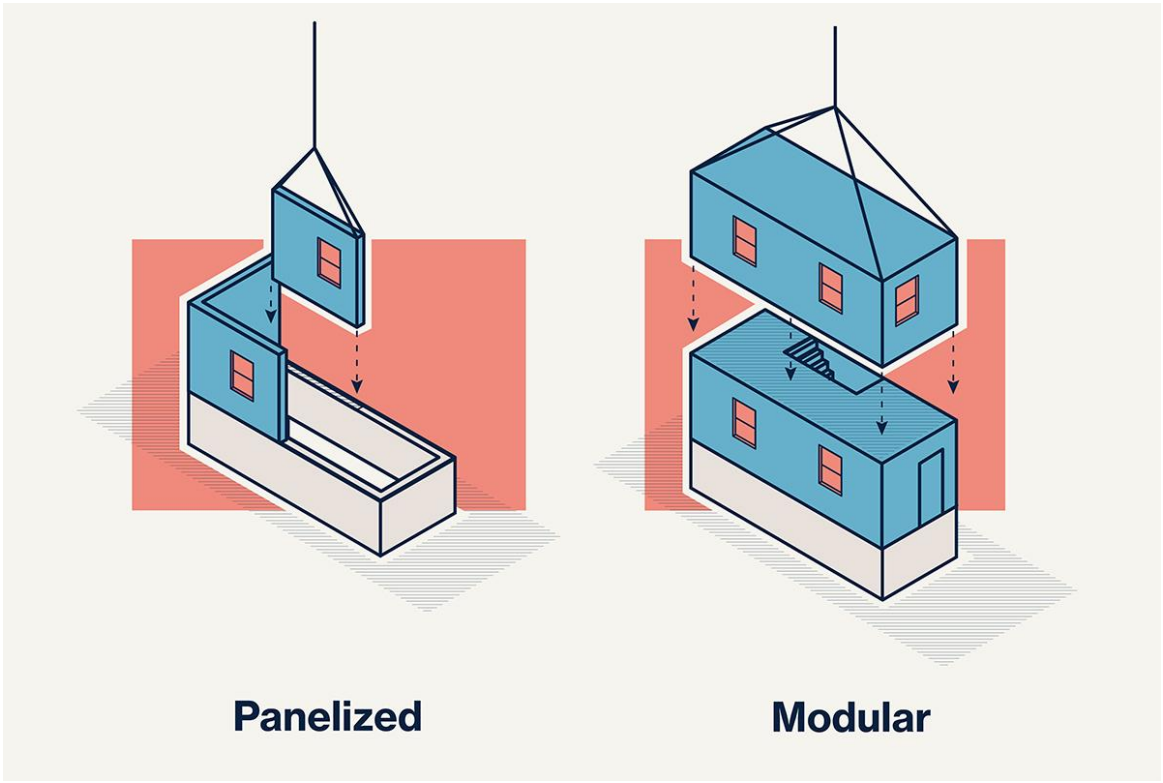


Figura 17 - Solução construtiva: painel x módulo. TopBIM (2023)

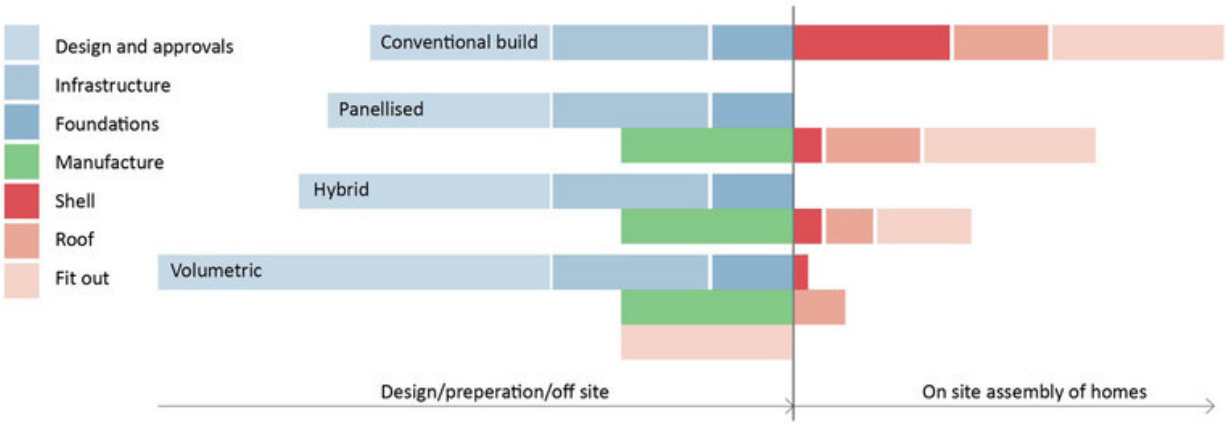


Adicionalmente, a indústria adota sistemas híbridos, os quais fundem os benefícios logísticos dos painéis 2D com a alta tecnologia dos módulos 3D. Nesta abordagem, as áreas altamente servidas por instalações e historicamente propensas a falhas de manutenção, como as casas de banho, são realizadas em módulos volumétricos, enquanto os espaços amplos como salas e quartos são estruturados através de painéis planos, otimizando economicamente o empreendimento.

A reconfiguração da dinâmica de construção introduzida pelos sistemas industrializados é evidenciada na análise comparativa de cronogramas apresentada na Figura 18. Observa-se que, ao progredir na escala da industrialização até atingir o nível volumétrico, ocorre um fenômeno em que as fases de conceção, compatibilização e aprovação de projeto exigem um período significativamente mais extenso e antecipado.

Em contrapartida, o gráfico demonstra que a manufatura fabril ocorre em paralelo com a execução das fundações no terreno. Esta sobreposição de atividades reduz partes críticas em estaleiro e elimina quase na totalidade as fases húmidas e a sequência de acabamento em obra, as quais passam a ser incorporadas de forma controlada no ambiente industrial.

Figura 18 – Visão geral dos MMC (sistemas panelizados, híbridos e volumétricos) face à construção convencional. TopBIM (2023)



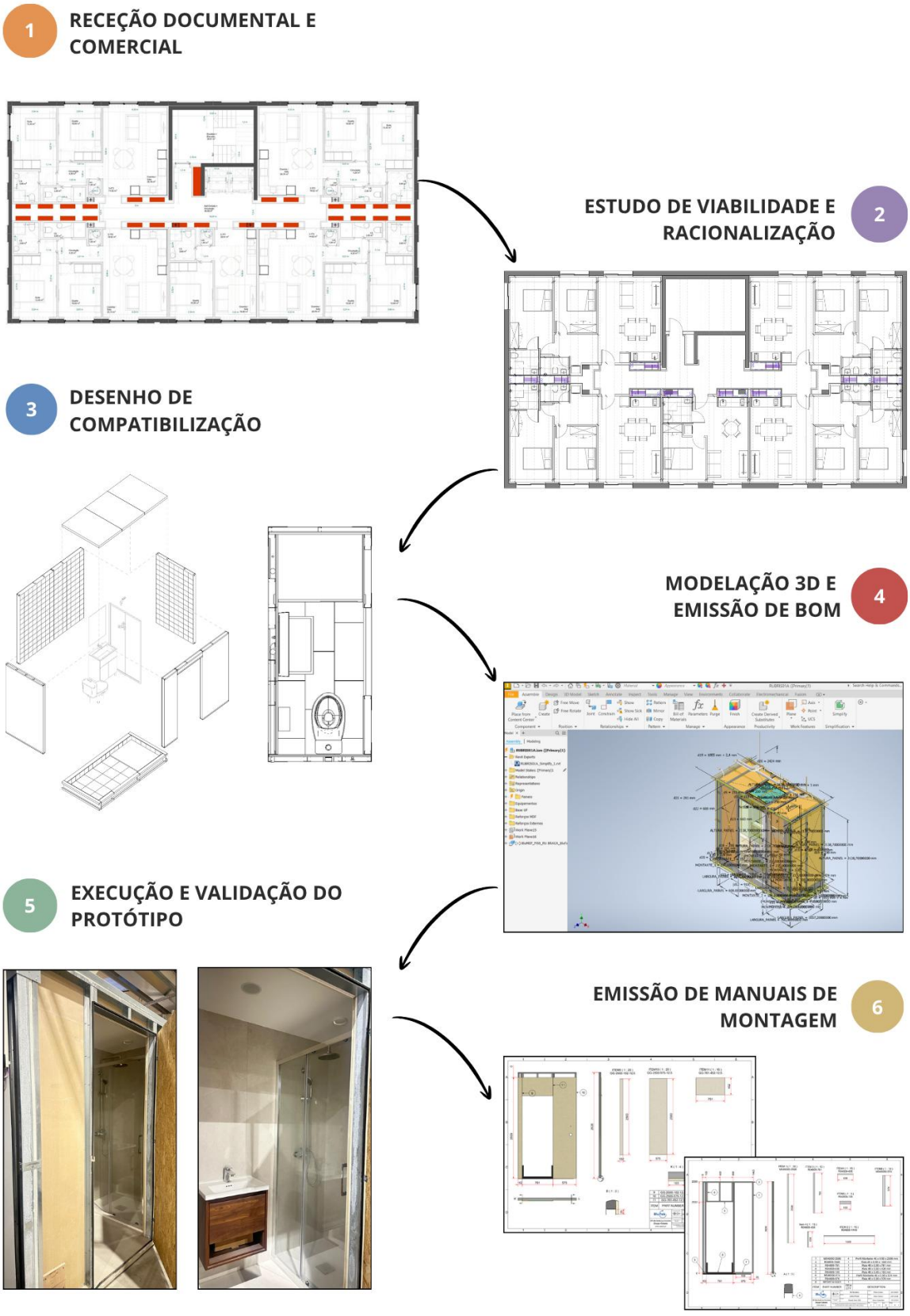
2.5.4 Módulos Volumétricos Tridimensionais (*pods*): O Processo Fabril

A transferência das áreas técnicas e húmidas para o ambiente de manufatura *off-site* altera por completo a lógica de gestão do ciclo de vida das edificações. No contexto português da produção de sistemas construtivos industrializados, a empresa Blufab opera como referência na aplicação dos conceitos *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA). A eficiência deste sistema baseia-se num protocolo rigoroso de engenharia e numa matriz de regras de desenho destinadas a compatibilizar a arquitetura original com as exigências da linha de produção.

O ciclo de desenvolvimento e transformação de uma unidade de instalação sanitária convencional para o sistema modular da Blufab segue um fluxo técnico de validação:

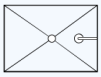
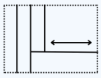
1. **Receção Documental e Comercial:** O cliente/arquiteto solicita o projeto e envia as peças desenhadas e escritas originais (plantas, alçados, cadernos de encargos e mapas de acabamentos) onde estão inicialmente definidos materiais e equipamentos;
2. **Estudo de Viabilidade e Racionalização:** A direção comercial e técnica realiza um estudo de viabilidade focado em contabilizar as tipologias de IS e avaliar a hipótese de reduzir e unificar o número de variantes para maximizar a repetição de painéis em fábrica;
3. **Desenho de Compatibilização:** O processo é transferido para a Direção Técnica (DT) e para a Direção de Produção (DOP). A DT desenvolve o primeiro estudo geométrico detalhado à escala 1:20, compatibilizando-o com as especialidades de redes MEP do edifício à escala 1:100, submetendo-o à validação do cliente;
4. **Modelação 3D e Emissão de BOM:** Após a aprovação do layout, a DT executa a modelação 3D detalhada dos painéis e emite a listagem quantitativa de componentes (*Bill of Materials* – BOM) para aquisição de matérias-primas pela DOP;
5. **Execução e Validação do Protótipo:** A fábrica constrói um protótipo físico à escala real, o qual é visitado e inspecionado pelo cliente para a validação final antes da produção em massa;
6. **Emissão de Manuais de Montagem:** A DT emite os manuais técnicos de montagem e o projeto segue para a linha de produção.

Figura 19 - Processo de Produção Casa de Banho Blufab. Autor/Blufab (2026)



A industrialização dos pods exige a aplicação de regras rígidas de desenho geométrico e construtivo, as quais garantem a otimização da execução, menor produção de resíduos e funcionamento ideal durante a operação. A Tabela 6 sintetiza os principais princípios de modulação e otimização, critérios de aplicação e benefícios para a construção e manutenção, tendo em vista os conceitos de manutenção vistos no capítulo anterior.

Tabela 6 - Matriz de Diretrizes Técnicas para Modulação e Otimização. Autor/Blufab (2026)

DIRETRIZ TÉCNICA	PRINCÍPIOS DE MODULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO	CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO	BENEFÍCIOS PARA A CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO
1 **MODULAÇÃO VINCULADA À ESTEREOTOMIA CERÂMICA** 	A modulação dos painéis de gesso é definida pela paginação dos revestimentos cerâmicos, coincidindo com as juntas de assentamento.	Utilização das dimensões reais de fabrico dos revestimentos (ex.: 295 x 592 mm) acrescidas de **junta 2mm**.	Redução de desperdícios
			Eliminação de cortes frágeis
		Ajustes do início da paginação para evitar cortes residuais inferiores a dimensões aceitáveis.	Melhoria da qualidade estética
			Simplificação da montagem
		As otimizações não podem reduzir mais de **3%** da área útil da instalação sanitária.	Facilidade de substituição futura dos revestimentos
2 **SISTEMÁTICA DA ZONA DE DUCHE** 	A área do duche constitui o ponto de partida para o estudo da modulação.	Para paredes de duche com comprimento igual ou inferior a **1,20m** aplica-se um painel único e contínuo, sem juntas.	Redução do risco de infiltrações
			Aumento da durabilidade
		Utilização de painéis impermeabilizados específicos, com geometria **"L" ou "U"** conforme a configuração.	Repetibilidade industrial
			Simplificação produtiva
		Incentiva-se a normalização das bases de duche entre tipologias distintas.	Diminuição da variedade dos componentes
3 **HIERARQUIA DE NÓS, CANTOS E ALTURAS** 	Os encontros entre painéis seguem uma hierarquia geométrica que privilegia os elementos mais compridos.	Em cantos, prolonga-se preferencialmente o painel menos, reduzindo o peso e a dimensão do painel principal.	Maior ergonomia de montagem
			Redução de desperdício
		Evitam-se cortes residuais na última fiada cerâmica através do ajuste da altura do módulo, respeitando o pé-direito mínimo regulamentar de **2,20m.**	Melhoria do acabamento final
			Simplificação dos processos construtivos
4 **EIXOS DE EQUIPAMENTOS E RESTRIÇÕES DA PLACAGEM** 	A modulação deve respeitar os eixos de instalações dos equipamentos sanitários e os requisitos estruturais dos sistemas construtivos.	As juntas entre os painéis não podem coincidir com os eixos de fixação das louças.	Maior fiabilidade da instalação
		Para sanitas suspensas deve garantir-se uma largura mínima estrutural de **290mm** para cada lado do eixo central.	Redução de patologias futuras
		O gesso estrutural prologa-se até o limite do perfil metálico.	Compatibilização entre os sistemas
		Cumprimento dos requisitos cústicos, térmicos e corte-fogo definido pelo projeto e fabricante.	Facilidade de manutenção e substituição dos equipamentos
5 **VÃOS, INTERFACES E ACESSIBILIDADE** 	A modulação privilegia soluções padronizadas e compatíveis com requisitos de utilização e manutenção.	Evita-se a execução de painéis com vãos para janelas.	Melhoria de segurança e usabilidade
		Instalação de toalheiros na parede oposta à misturadora da duche.	Simplificação construtiva
		Verificação do cumprimento da legislação portuguesa de acessibilidade, garantindo áreas mínimas de manobra e equipamentos aplicáveis.	Compatibilização entre equipamentos
			Conformidade regulamentar

Sob a perspectiva do *Design for Maintainability* (DfM), esta sistematização fabril responde diretamente às lacunas identificadas por Rodrigues & Rocha (2013) no mercado nacional. Ao transferir a montagem das redes MEP para um ambiente industrial e balizar o projeto através de boletins de aprovação, eliminam-se os erros acumulados por mão de obra não qualificada no estaleiro. O planeamento das juntas e a centralização das infraestruturas garantem que o utente e o gestor do Sistema Integrado de Manutenção (SIM) disponham de componentes perfeitamente acessíveis para futuras ações preventivas ao longo do ciclo de vida em serviço.

2.5.5 Mercado em Portugal de Edifícios Industrializados

O mercado de construção civil em Portugal atravessa uma transformação estrutural, caracterizada pela transição progressiva dos métodos tradicionais e artesanais (*in situ*) para ecossistemas de manufatura *off-site* e construções híbridas. Historicamente resiliente à mudança devido à tradição cultural do uso de betão armado e alvenarias, o setor construtivo nacional enfrenta atualmente um cenário de estrangulamento operacional. Conforme documentado pela Associação de Indústrias da Construção Civil e Obras Públicas (AICCOPN, 2025), a escassez de mão de obra qualificada, o envelhecimento demográfico dos operários de estaleiro e a volatilidade dos preços das matérias-primas operam como principais forças promotoras para a industrialização.

Devido a este panorama de necessidade e urgência, Rodrigues & Rocha (2013) demonstram que a negligência das preocupações de manutenção e a fraca coordenação de especialidades na fase de conceção resultam numa elevada taxa de reclamações no pós-obra por parte dos utentes. Em uma realidade onde os prazos de execução são cada vez mais apertados, inflacionados pelas metas de entrega de projetos financiados pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR)[4], o estaleiro convencional tornou-se um ambiente propício a erros e patologias precoces.

Como resposta a esse desafio, as empresas portuguesas do setor de construção civil têm assistido ao surgimento e consolidação de unidades fabris pioneiras e parcerias estratégicas de base tecnológica:

[4] Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) é um programa de fundos comunitários atribuídos pela União Europeia a Portugal com metas de execução rígidas até o final de 2026. O financiamento de grandes volumes de habitação pública e residências universitárias, combinado com a escassez de mão de obra em estaleiro, funcionou como um "acelerador forçado" para a adoção de sistemas industrializados e modulares, de forma a garantir o cumprimento dos prazos impostos. Disponível em: https://recuperarportugal.gov.pt/.

- **Industrialização de módulos de casas de banho (*pods*):** Empresas como a Blufab (2026), fixaram-se como referência de mercado ao industrializar módulos de elevada densidade técnica. É absorvida para dentro de uma linha de montagem controlada à mão de obra especializada (canalizadores, eletricistas, ladrilhadores), o que resolve a dispersão de subempreiteiros em obra e garante o cumprimento rigoroso de tolerâncias milimétricas.
- **Sistemas Híbridos Madeira-Betão:** O grupo Casais, através da introdução modular *Cree Buildings*, edificou em Portugal as primeiras estruturas multifamiliares e hoteleiras industrializadas de matriz sustentável, como o Hotel B&B em Guimarães e residências universitárias em Valença. Este modelo combina painéis 2D e pilares de madeira engenheirada com lajes de betão, otimizando o balanço de carbono incorporado e reduzindo o tempo em estaleiro em cerca de 50%. (Grupo Casais, 2024)

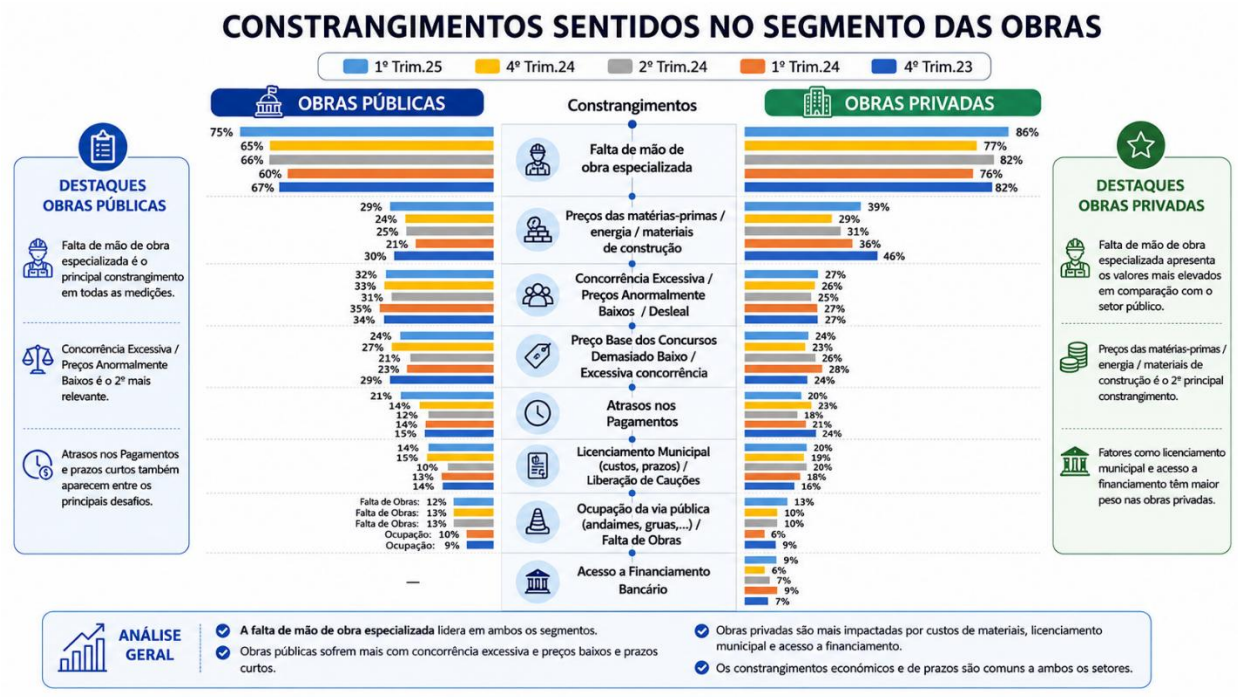
Figura 20 - Aplicação do sistema madeira-betão *CREE Buildings* em Portugal pelo Grupo Casais. Grupo Casais (2024)



- **Investigação de Componentes em Madeira:** Alinhado a esta tendência de sustentabilidade material, o trabalho recente de R. Alves et al. (2026), desenvolvido em conjunto com investigadores da Universidade de Lisboa e da Universidade do Minho, foca-se no desenho de unidades 3D pré-fabricadas de madeira. O estudo demonstra que o mercado português começa a validar cientificamente soluções que aliam a eficiência espacial à manutenibilidade, através de painéis técnicos verticais que simplificam o acesso às infraestruturas MEP.

Apesar do crescimento acentuado e do interesse de fundos de investimento imobiliário, o mercado português ainda enfrenta barreiras significativas à ampliação dos Modernos Métodos de Construção (MMC). A primeira é de ordem regulamentar e jurídica; as ordens profissionais de arquitetos e engenheiros e os relatórios da AICCOPN (2025) apontam que, embora a construção modular consiga produzir um edifício em fábrica em poucas semanas, os regulamentos nacionais continuam projetados para a fiscalização por etapas tradicionais. A desarticulação legal e burocrática faz com que um projeto industrializado fique retido nas câmaras municipais à espera de aprovação, anulando a vantagem competitiva da rapidez fabril.

Figura 21 - Evolução dos fatores condicionantes da atividade de construção em Portugal. Adaptado pela autora de AICCOPN (2025)

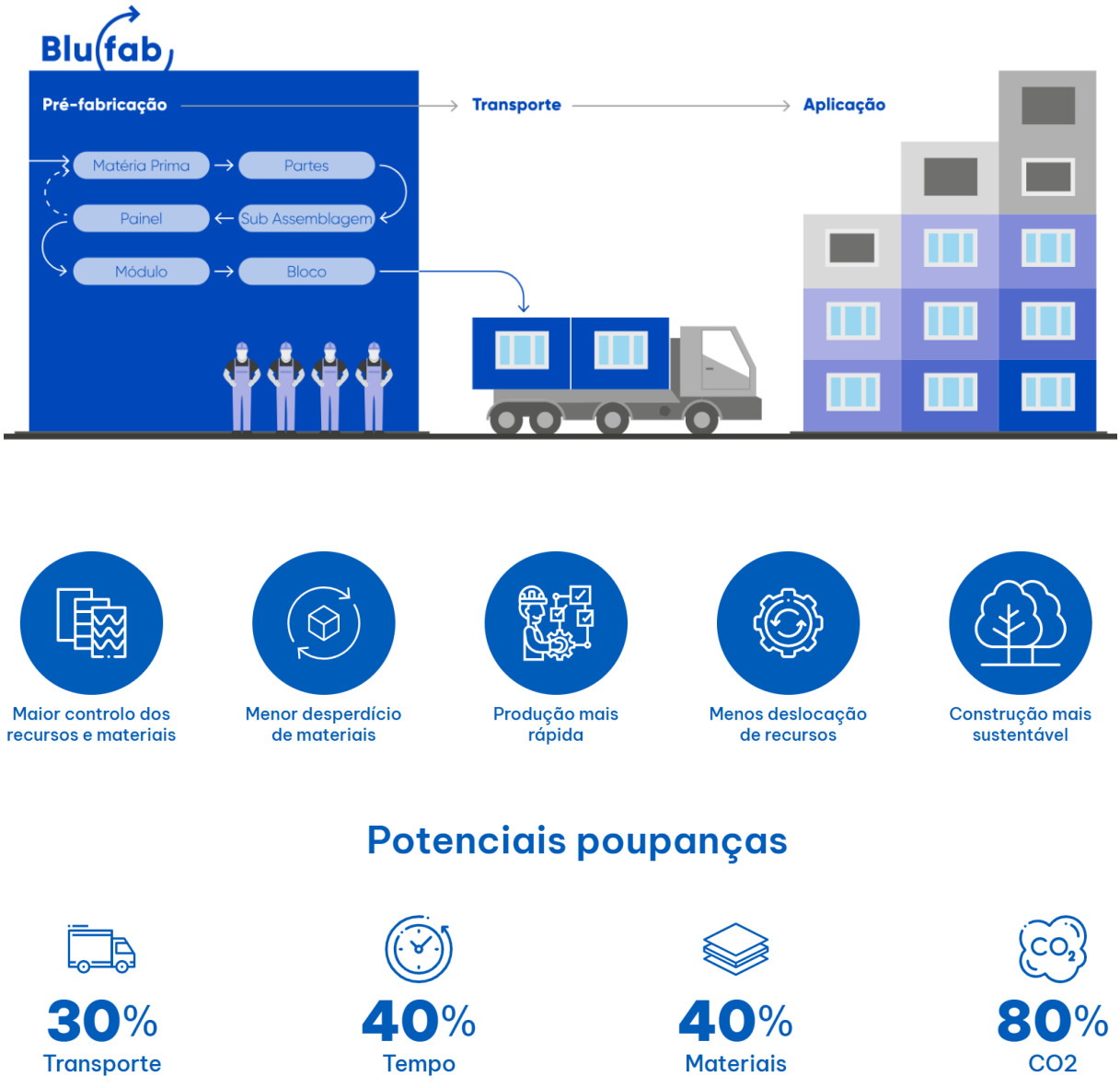


A segunda barreira prende-se com a mentalidade dos projetistas e a fragmentação dos contratos. Como destacado por Othman & Kamal (2023), o sucesso da manutenibilidade depende do envolvimento precoce dos fornecedores na fase inicial do desenho arquitetônico. Em Portugal, a prática comum de contratar a arquitetura isoladamente, avançando para o concurso de empreitadas apenas com o projeto de execução concluído, inviabiliza a modulação de fábrica, forçando alterações de layout tardias que descaracterizam o potencial do sistema modular.

2.5.6 Vantagens e Desafios

A adoção de sistemas construtivos industrializados e híbridos não se resume a uma mera alteração logística; ela reconfigura os riscos, os benefícios e as exigências técnicas ao longo de todo o ciclo de vida das edificações. Embora a literatura científica e as práticas de mercado em Portugal comprovem ganhos na fase de execução, a adoção destes sistemas introduz também novos desafios. A Figura 22 divulgada pela Blufab evidencia algumas das vantagens da utilização das casas de banho industrializadas e a associa à construção mais sustentável.

Figura 22 - Vantagens da construção *Off-site*. Blufab (2026)



Sob a perspectiva econômica do ciclo de vida, Hu et al. (2018) esclarecem que os sistemas de instalação MEP assumem um papel crítico, podendo concentrar até 50% do investimento total em grandes empreendimentos. Porém, na construção convencional a informação técnica para a gestão dessas redes provém historicamente de ficheiros não estruturados e muitas vezes físicos de papel entregues no pós-obra. Assim, a quebra no fluxo de dados prejudica respostas a emergências técnicas e operacionais além de inflacionar custos de manutenção.

Esta vulnerabilidade das redes técnicas é fortemente agravada quando o local de intervenção corresponde a uma zona húmida. O estudo patológico de Chew (2005) em edifícios em serviço demonstrou que, entre as anomalias mais recorrentes e severas, as infiltrações pelas juntas e vedações ocupam o primeiro lugar em frequência (53%), seguidas pela corrosão de tubagens (50%) e pela degradação do betão armado (47%). O autor identificou que a manifestação destas patologias está diretamente associada a deficiências na construção e execução física de obra (43%) e falhas na especificação ou desempenho dos materiais (37%).

Consequentemente, estes dados legitimam a necessidade de industrialização volumétrica principalmente de casas de banho que se configuram como zonas críticas devido à quantidade de infraestruturas. Ao transferir a montagem e a selagem das redes MEP para um ambiente fabril automatizado, mitiga-se a parcela de erros humanos associados ao estaleiro de obra.

De forma a sintetizar os contributos teóricos e práticos analisados ao longo deste capítulo, a Tabela 7 reúne as principais vantagens operacionais e os desafios remanescentes associados à construção industrializada, estabelecendo a sua correlação com a manutenibilidade.

Tabela 7 - Matriz de vantagens e desafios associados à construção industrializada. Adaptado pela autora de (Hu et al., 2018 e Chew, 2005)

DIMENSÃO ANALÍTICA	VANTAGENS DA INDUSTRIALIZAÇÃO	DESAFIOS E BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO
TEMPO E CRONOGRAMA	Redução de até **50%** nos prazos de estaleiro devido à simultaneidade de processos (fundações *on-site* e a manufatura *off-site*). Imunidade a fatores climáticos.	Exigência de um longo período de planeamento inicial. Impossibilidade de realizar alterações de layout tardias após o congelamento do design de fábrica.
QUALIDADE E DESEMPENHO	Produção sob tolerâncias milimétricas. Controle de qualidade e teste imediato de estanqueidade das redes MEP em fábrica, mitigando a taxa de **43%** de erros de execução artesanal.	Dependência extrema da precisão das fundações e interfaces em obra. Desalinhamentos milimétricos no terreno podem comprometer o encaixe dos módulos 3D
SUSTENTABILIDADE E RESÍDUOS	Redução drástica do desperdício de matérias-primas na fábrica.	Elevada pegada ecológica e exigência logística associadas ao transporte rodoviário e às operações de içamento de componentes volumétricos pesados.
CUSTOS DO CICLO DE VIDA	Mitigação de patologias ocultas de alto custo em zonas húmidas, como infiltrações **(53%)** e corrosão **(50%)**, através da montagem assistida em ambiente controlado.	Elevado custo de investimento inicial em tecnologia, moldes e plataformas digitais. Necessidade de garantir uma escala mínima de repetição para viabilizar a fábrica.
MANUTENIBILIDADE (DfM)	Centralização de infraestruturas em painéis técnicos e coretes planeados. Redução do tempo de diagnóstico de avarias e facilidade de vistorias para o SIM.	Risco de obsolescência e quebra de dados técnicos. A falta de entrega de modelos As-Built digitais (BIM) estruturados impede a gestão inteligente das redes MEP.
FATORES SOCIOECONÓMICOS	Absorção da mão de obra especializada para uma linha de montagem segura e ergonómica, contornando a escassez de operários nos estaleiros.	Modelos de contratação tradicionais baseados no menor preço e nas barreiras regulamentares (RJUE), cujos licenciamentos municipais são lentos e sequenciais.

Em virtude da análise apresentada, percebe-se que a eficiência e a durabilidade dos sistemas industrializados não dependem apenas da tecnologia de fabrico em si, mas sim do rigor com que o projeto de arquitetura absorve as regras de *Design for Maintainability* (DfM) e garante a entrega de dados digitais para a fase de operação. Se o desenho inicial assegurar a acessibilidade e a rastreabilidade das redes MEP e demais equipamentos, as vantagens econômicas da industrialização conseguem se estender pelos custos que moldam a fase de serviço da edificação.

Concluída a revisão do estado da arte, observa-se que a mitigação das patologias e a otimização dos custos de ciclo de vida das soluções industrializadas dependem criticamente das decisões de projeto arquitetônico. De modo a avaliar a aplicabilidade prática desses preceitos teóricos no mercado nacional, o capítulo seguinte dedica-se à análise detalhada de estudos de caso reais de casas de banho industrializadas (*pods*) desenvolvidas pela empresa Blufab, sob a ótica do *Design for Maintainability* (DfM) e da padronização de componentes.

3
ESTUDOS DE CASO

3.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar, analisar e discutir os estudos de caso práticos que sustentam esta dissertação, materializando os conceitos teóricos de Design for Maintainability (DfM) e de gestão do ciclo de vida das edificações abordados anteriormente. Conforme discutido, os módulos volumétricos que concentram áreas técnicas de maior complexidade e maior propensão a patologias, como as casas de banho (pods), necessitam de atenção redobrada na fase de conceção. Deste modo, a investigação centra-se na atividade industrial da empresa Blufab, que atua desde a fase do projeto arquitetônico até à realidade logística e executiva *off-site* em Portugal.

Com o objetivo de dotar o estudo de uma visão abrangente e representativa das exigências de mercado, foram selecionadas duas configurações distintas de casas de banho industrializadas desenvolvidas pela empresa parceira. A seleção destas duas unidades baseou-se em critérios de diversidade geométrica, complexidade técnica e perfil de utilização, o que permite testar a flexibilidade dos princípios de modulação e manutenibilidade sob diferentes cenários de exigência:

- **Caso de Estudo A | Pod BaseLine:** Caracteriza-se por um modelo de casa de banho de tipologia padrão, dimensionado de acordo com as medidas mínimas regulamentares. O desenho arquitetônico prioriza o aproveitamento máximo das cerâmicas, reduzindo cortes e desperdícios em fábrica, a especificação de equipamentos de custo controlado e a otimização para transporte rodoviário.

- **Caso de Estudo B | SuperPod Origami:** Caracteriza-se pela integração de uma casa de banho, uma cozinha e um rack técnico de instalações, podendo também assumir diferentes configurações, como duas casas de banho partilhando o mesmo rack. Este elemento atua como núcleo do sistema construtivo, concentrando equipamentos críticos, como a bomba de calor e o quadro elétrico, além de unificar a passagem de todas as infraestruturas MEP .

Através da decomposição destas duas unidades, serão mapeados os seus componentes, as respectivas ligações e os acessos, procedendo-se à identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM). Esta abordagem prática servirá de base metodológica para a estruturação da matriz de diretrizes técnicas, com especial foco na melhoria da manutenibilidade.

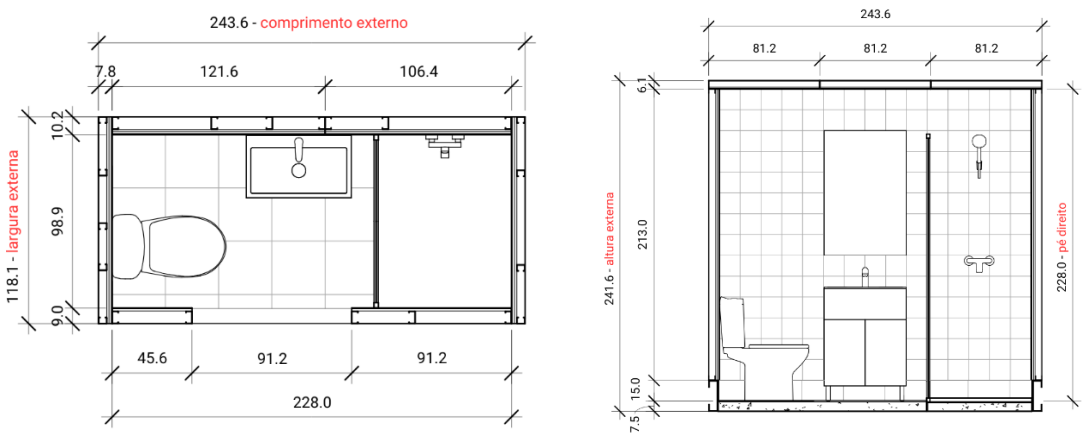
3.2 Caso de Estudo A | *Pod BaseLine*

3.2.1 Descrição Geral e Arquitetónica

O *Pod BaseLine* consiste num módulo de instalação sanitária concebido sob premissas de máxima eficiência espacial, controle de custos e otimização logística. Arquitetonicamente, o módulo apresenta uma configuração retangular com dimensões externas de 2,43 m de comprimento, 1,18 m de largura e 2,41 m de altura. Internamente, o espaço útil é delimitado a 2,28 m de comprimento por 1 m de largura e com pé-direito de 2,28 m.

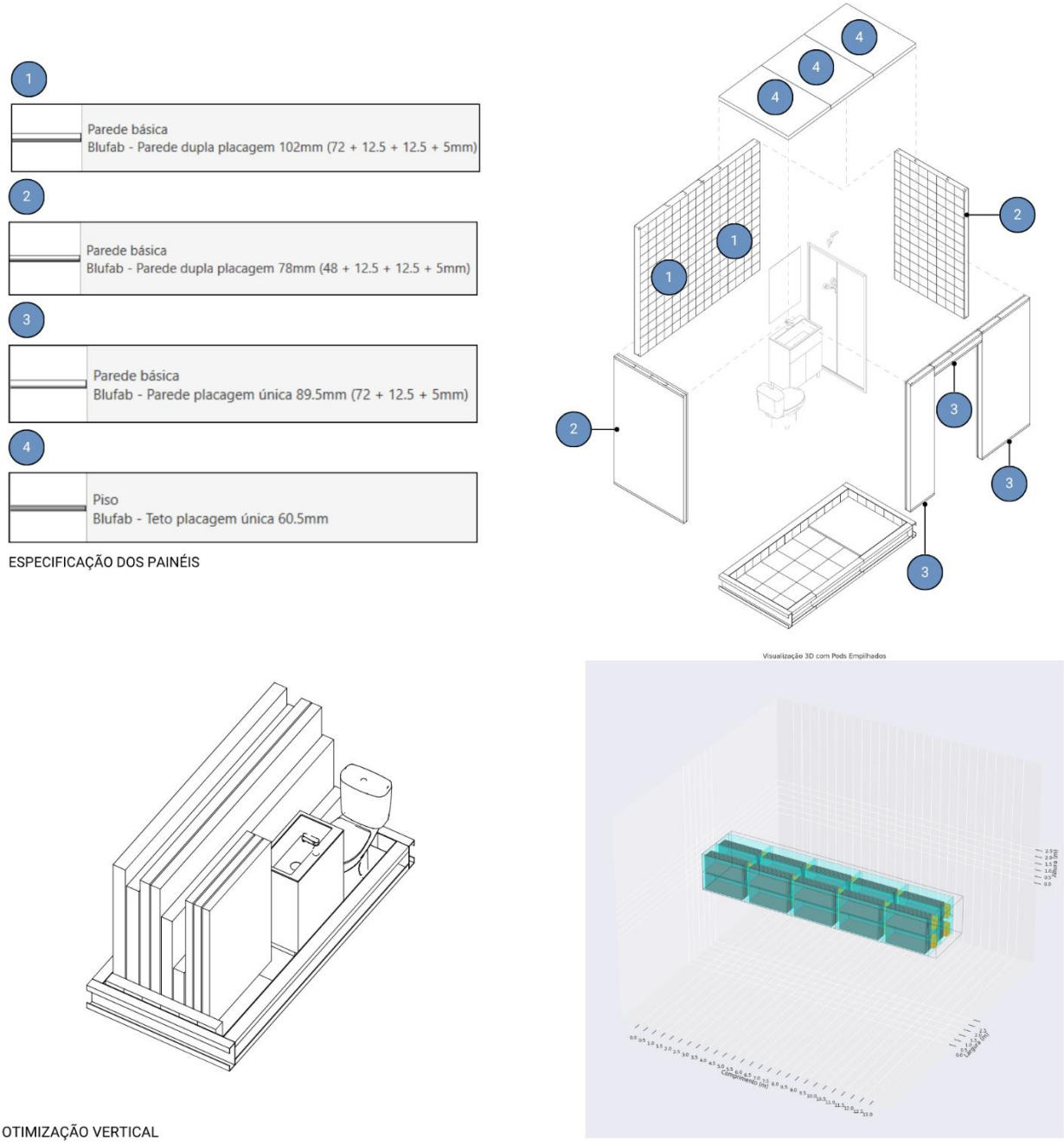
A planta baixa revela uma distribuição linear e sequencial dos equipamentos: a sanita em uma das extremidades, o lavatório na posição central e a zona de duche na extremidade oposta. As dimensões foram moduladas para evitar necessidade de cortes complexos, a partir de cerâmicas de 15x15 cm para as paredes e 30x30 cm para o piso, com juntas de 2 mm.

Figura 23 – Planta baixa e corte longitudinal de arquitetura do *Pod BaseLine*. Autor/Blufab (2026)



O grande fator de inovação do desenho geométrico do *Pod BaseLine* reside na logística de transporte, designada como otimização vertical. Como opção para percursos mais longos e com necessidade de elevada compactação, em vez de ser expedido na sua volumetria tridimensional final, o módulo foi dimensionado para que os seus painéis de vedação, estruturados em diferentes espessuras de montantes metálicos e placagens simples ou duplas, sejam desmembrados e empilhados verticalmente sobre a própria base estrutural do piso em betão armado. Assim, são acomodados até 20 *pods* em um único transporte.

Figura 24 - Decomposição em painéis do *Pod BaseLine.* Autor/Blufab (2026)



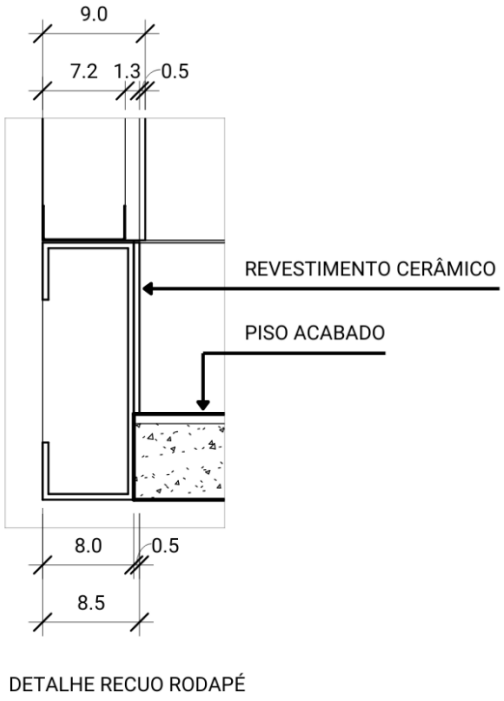
3.2.2 Sistemas Construtivo e Envolvente

Para uma compreensão dos materiais e do sistema construtivo híbrido do módulo em análise, procede-se à sua decomposição em componentes. A base estrutural é constituída por uma laje de betão armado, complementada por placas de impermeabilização em poliestireno extrudido (XPS) de alto desempenho e finalizada com revestimento cerâmico. Este conjunto é perimetralmente ancorado por perfis em "C" e chapas de canto em aço. Essa cumpre um duplo propósito: garantir que a base não sofra deformações durante içamento e permitir a correta fixação do módulo à laje estrutural do edifício.

Além disso, a configuração desta borda metálica cria um apoio que eleva a fixação dos painéis verticais. Esta elevação impede o contato direto das placas de gesso com o pavimento, reduzindo o risco de anomalias associadas à absorção de humidade. Simultaneamente, este detalhe viabiliza o ajuste da altura dos painéis para a logística de "otimização vertical" vista anteriormente.

Figura 25 - Base estrutural e detalhe de rodapé. Autor/Blufab (2026)





Os painéis verticais de parede e teto do módulo baseiam-se no sistema de construção a seco *Light Steel Framing* (LSF), recorrendo a montantes e raias de aço galvanizado com 0,9 mm de espessura. Os perfis variam entre 46 e 70 mm de largura para garantir compatibilização com os diferentes diâmetros das tubagens. Estes são conjugados com placagens simples ou duplas de placas de gesso de 12,5 mm, em razão das necessidades de resistência ao choque e isolamento acústico, o que origina as quatro tipologias de painéis apresentadas na Figura 24.

A especificação diferenciada das placas de gesso (*Gyptec)* reflete uma otimização técnica e financeira do projeto: enquanto o teto, exposto apenas à condensação e vapores, utiliza a placa hidrófuga padrão, as paredes recorrem à placa *Protect.* Esta última assegura a resistência mecânica necessária para suportar o peso da colagem dos revestimentos cerâmicos e inibe a proliferação de fungos devido à projeção direta de água.

Figura 26 - Modelação 3D da estrutura Light Steel Framing (LSF) e perspectiva final *Pod BaseLine*.
Autor/Blufab (2026)



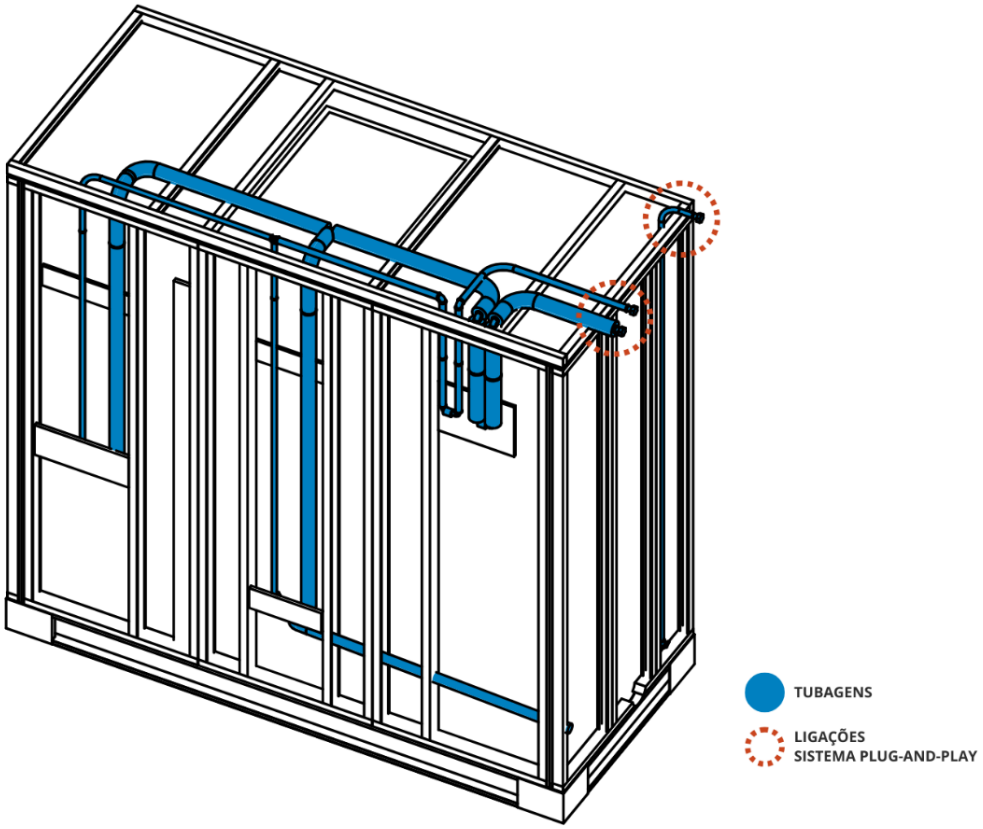


3.2.3 Integração de Redes MEP

A sobreposição das redes de infraestruturas representa o maior desafio de coordenação e a principal fonte de anomalias em instalações sanitárias. No *Pod BaseLine*, a passagem destas redes é mapeada e integrada às caixas de ar criadas pelos perfis de Light Steel Framing (LSF). O grande diferencial tecnológico deste módulo, com impacto direto na manutenibilidade, é a utilização de painéis infraestruturados, onde as tubagens de abastecimento de água e de drenagem de esgoto são fixadas antes do fecho da parede.

Esta padronização traz vantagens imediatas ao nível do *Design for Maintainability* (DfM), como a rastreabilidade absoluta do gestor do edifício e a garantia de estanqueidade, devido ao controle de qualidade das fixações e da selagem das juntas na fábrica. Todas as redes convergem internamente para pontos de ligação centralizados (sistema plug-and-play). Desta forma, a conexão final do módulo à prumada principal do edifício no estaleiro de obra resume-se a um encaixe rápido das infraestruturas.

Figura 27 - Modelo 3D das tubagens do *Pod BaseLine*. Autor/Blufab (2026)



3.2.4 Identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM)

A gestão eficiente do ciclo de vida do *Pod BaseLine* exige a decomposição do seu sistema construtivo híbrido em parcelas independentes, o que permite monitorizar o comportamento e a velocidade de degradação de cada componente. Recorrendo à categorização teórica estabelecida no Capítulo 2, procedeu-se ao mapeamento dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) específicos deste módulo. A Tabela 8 sintetiza a correspondência entre a matriz teórica e os sistemas efetivamente aplicados ao caso de estudo.

Tabela 8 - Identificação EFM: Pod BaseLine. Autor/Blufab (2026)

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	POD BASE LINE
1 - El. Edificados	**1.1 - Estrutura**	1.1.1 - El. Horizontais	Base em betão armado (60 mm)
			Chapas periféricas em aço galvanizado
	1.2 - Panos de parede	1.2.1 - Interiores	Montantes e raias em aço galvanizado
			Placas de gesso cartonado - Gyptec Protect (12,5mm)
	1.3 - Cobertura	1.3.1 - Acessível	Montantes e raias em aço galvanizado
			Placas de gesso cartonado - Gyptec Hidrófuga (12,5mm)

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	POD BASE LINE
2 - Acabamentos	**2.1 - Revestimentos**	2.1.1 - Tectos	Pintura em tinta acrílica branca - Dursilite Gypsos - Mapei
		2.1.2 - Pavimentos	Cerâmica Revigres (30x30cm)
			Placa Wedi XPS
		2.1.3 - Interiores	Cerâmica Revigres (15x15cm)

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	POD BASE LINE
3 - Instalações	**3.1 - Abastecimento de águas**	3.1.1 - Rede	Tubagens multicamada flexíveis
		3.1.2 - Louças e Comandos	Misturadora de lavatório cromada - Cetus Basic - Sanindusa Misturadora de duche cromada - Cetus Basic - Sanindusa
	3.2 - Esgotos	3.2.1 - Rede	Tubagens multicamada flexíveis
			Sifão de duche extraplano - Wirquin Slim+ Plateau
			Sifão de lavatório + Válvula clic clac - Wirquin (saída 32mm)
	3.3 - Eletricidade	3.3.1 - Rede	Cablagem pré-eletrificada em tubo corrugado
		3.3.2 - Aparelhos	Aparelhagem estanque (tomadas/interruptores IP44)
			Focos de iluminação LED embutidos no teto falso
			Extrator de ar

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	POD BASE LINE
4 - Outros	**4.1 - Outros**	4.1.1 - Equipamentos	Sanita compacta com sistema Riimflush - Pack Winner - Sanindusa
			Móvel lavatório suspenso - Ctesi (60x80cm)
			Base de duche - Stepin - Sanindusa
			Resguardo de vidro - KAZA 1200
		4.1.2 - Juntas	Selagem e impermeabilização tridimensional - Mapesil AC e Mapeflex

De modo a operacionalizar o Sistema Integrado de Manutenção (SIM), cada EFM identificado deve ser acompanhado de uma ficha de inspeção e intervenção que define os procedimentos, as ferramentas, as entidades responsáveis e as frequências de atuação. O anexo A.1 Fichas Cadastrais e de Manutenção *Pod BaseLine* reúne as fichas detalhadas para os EFM do *Pod BaseLine*. Embora a decomposição hierárquica tenha sido estruturada de acordo com a categorização e estrutura base apresentadas no Capítulo 2, os elementos foram aglomerados em matrizes de manutenção orientadas por sistemas funcionais. Esta reestruturação evita redundâncias nas ordens de trabalho e reflete as necessidades práticas de intervenção das equipas no local.

A elaboração das matrizes de manutenção baseou-se na articulação de normas europeias e boas práticas de *Facility Management* (FM). As ações de manutenção corretiva definidas pela norma NP EN 13306 (IPQ, 2021), como intervenções após reconhecimento de avaria, foram minimizadas através da implementação de rotinas proativas e inspeções fundamentadas nas diretrizes do Guide M da CISBE 2014[5]. Já as estimativas de custos associadas às intervenções foram balizadas com o recurso de orçamentação da construção civil, o Gerador de Preços (CYPE, s.d.).

A título demonstrativo, é apresentada na Tabela 9 a ficha cadastral de manutenção correspondente ao EFM juntas, selecionada devido à sua criticidade em razão do risco de anomalias. Conforme evidenciado por Chew (2005) na revisão bibliográfica, as falhas nas vedações e as consequentes infiltrações constituem cerca de 53% do total de anomalias registradas em áreas húmidas.

A Figura 28 ilustra o estado de degradação de uma junta de silicone localizada entre a base da duche e o revetimento da parede em uma casa de banho em operação. Na imagem é visível a proliferação de fungos associada a possível excesso de humidade e protocolos de higienização deficientes. Caso uma ação corretiva não seja aplicada, a degradação do silicone permite a infiltração da água para a face posterior do revestimento e, consequentemente, poderá comprometer a estrutura de suporte.

[5] A *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE) é uma das principais autoridades mundiais no setor da engenharia de serviços em edifícios. Sediada em Londres, é responsável por ditar as melhores práticas internacionais e padronizar procedimentos de *Facility Management* através da publicação de manuais técnicos rigorosos, como o *Guide M: Maintenance Engineering and Management*.

Figura 28 - Anomalia em zona húmida: proliferação de fungos em junta de silicone. Autor (2026)

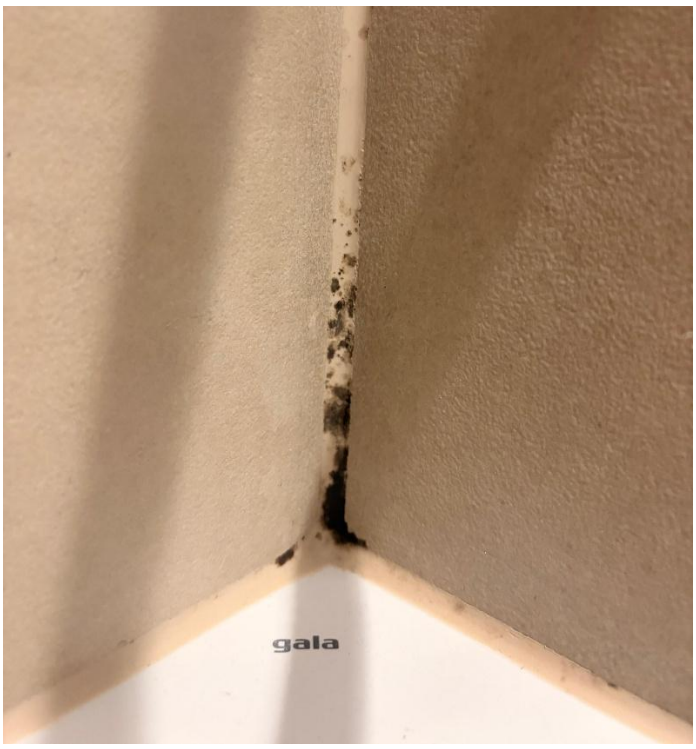


Tabela 9 - Ficha Cadastral e de Manutenção EFM: Juntas. Autor (2026)

JUNTAS							
AÇÕES	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO**	**OBS.**	**FONTE**
INSPEÇÃO	Verificação da integridade física e aparecimento de fungos (bolor) nas juntas de silicone e argamassa	Inspeção visual detalhada nos encontros parede-piso, piso-teto, entre revestimentos, contorno da base da duche e sanita	Eq. Limpeza / Eq. Manutenção e Utente	Mensalmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Sinais de descolamento ou fissuras requerem intervenção imediata para evitar infiltrações ocultas	(CIBSE JOURNAL, 2015)
LIMPEZA	Higienização e desinfeção das superfícies para eliminação de restos de sabão/gordura	Lavagem com detergente neutro ou solução antifúngica suave. Expressa proibição de esfregões abrasivos	Eq. Limpeza e Utente	Diariamente / Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Os restos de sabão e gordura alimentam os fungos que destroem o silicone aos poucos	(MAPEI, s.d.)
PRO-AÇÃO	Manutenção da eficiência do sistema de exaustão de ar para controlo da humidade relativa	Monitorização do caudal do extrator para evitar a condensação permanente sobre as juntas	Eq. Manutenção	Trimestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Sem humidade de condensação, os fungos não conseguem se desenvolver aumentando a vida útil do vedante	(CIBSE JOURNAL, 2015)
CORREÇÃO	Renovação localizada de cordões de silicone degradados ou com bolor entranhado	Remoção mecânica do silicone velho, desinfeção com álcool isopropílico e aplicação de novo cordão de silicone acético fungicida	Eq. Manutenção	~3 a 5 anos	Baixo (~15€-30€/intervenção inclui mão de obra + material)	O novo silicone deve curar totalmente (24h) antes da utilização do duche	(MAPEI, s.d.) e (CYPE, s.d.)
SUBSTITUIÇÃO	Raspagem e reaplicação integral das juntas de rejuntamento entre cerâmicas	Remoção da argamassa superficial danificada com raspador elétrico e aplicação de argamassa de alto desempenho	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria (>10 anos)	Médio a Elevado (~150€ a 350€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	A escolha inicial de argamassas aditivadas com tecnologia hidrófuga (DropEffect) e antimofo (BioBlock) ajuda a evitar esta operação	(IPQ, 2021) e (CYPE, s.d.)
CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO	Maximização do tempo de secagem das selagens	Secagem rápida dos empoçamentos e garantia de que o espaço está ventilado para secagem do silicone	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O tempo prolongado de contacto com a humidade inativa os aditivos fungicidas do silicone	(MAPEI, s.d.) e (CIBSE JOURNAL, 2015)

3.2.5 Análise das Soluções de Manutenibilidade Aplicadas (DfM)

A materialização do conceito de *Design for Maintainability* (DfM) no *Pod BaseLine* exigiu que a fase de projeto antecipasse as dificuldades operacionais da fase de uso. A análise das soluções implementadas revela estratégias para reduzir o tempo de intervenção, minimizar as demolições e promover melhorias no acesso para equipes técnicas e de limpeza. Assim, destacam-se as seguintes soluções construtivas e especificações de equipamentos que facilitam a manutenibilidade do módulo:

- **Acessibilidade aos Esgotos:** A adoção de válvulas e sifões de duche com sistemas de extração superior permite a desobstrução e remoção de resíduos capilares diretamente pelo ralo. Esta solução elimina a necessidade de ferramentas complexas ou do acesso à parte de baixo da base de duche, o que transforma uma potencial ação corretiva demorada em uma simples rotina de limpeza.
- **Facilidade de Higienização Diária:** A especificação de uma sanita com sistemas *Rimflush*, ou seja, sem rebordo oculto, anula os focos de acumulação de calcário e proliferação de bactérias ocultas. Esta solução reduz significativamente o tempo de esfrega por parte da equipe de limpeza e aumenta a eficácia dos detergentes neutros.
- **Isolamento de falhas por Seccionamento Local:** A especificação de válvulas de corte individuais para o lavatório e autociclimo garante o isolamento da tubagem ou do equipamento com avaria para acesso da equipe de manutenção, garantindo que o resto do piso mantenha sua operação normal durante a reparação.
- **Modularidade e Conectividade Elétrica (Plug & Play):** A infraestrutura da rede elétrica foi desenhada utilizando a tubagem corrugada flexível e conectores de mola/alavanca rápida (tipo Wago). Esta abordagem elimina rotinas preventivas para reaperto de quadros e caixas de derivação, reduz tempo de substituição de componentes de maior desgaste como drivers de iluminação LED, painéis ou motores de extrator. Além disso, os testes em fábrica asseguram a integridade do sistema e a segurança do operador.
- **Atraso do Ciclo de Degradação de Juntas:** A especificação de compostos com polímeros hidrófugos e bloqueadores biológicos, como tecnologias DropEffect e BioBlock, prolonga a janela de tempo entre substituições corretivas das juntas.

Entretanto, se por um lado o DfM introduziu melhorias operacionais, a análise crítica do *Pod BaseLine* permite identificar soluções que dificultam a manutenção e exigem coordenação de projeto mais rigorosa. O primeiro ponto que vale destacar é a ausência de caixa de pavimento, que na construção convencional atua como elemento de inspeção central e recolhe os esgotos do lavatório e do duche antes da ligação à prumada.

Em virtude da necessidade da otimização industrial, a supressão deste elemento decorre da exigência de aumento da espessura da base do pod para acoplá-lo, o que cria um degrau na soleira da porta ou obriga à criação de rebaixos na laje estrutural do edifício. Além disso, furar a base do pod para embutir uma tampa compromete a principal premissa de impermeabilização com a base totalmente estanque do sistema industrializado.

Embora haja a otimização do fabrico e proteção contra infiltrações, a retirada da caixa de pavimento atua como dificultador para a manutenção corretiva, já que em caso de entupimento severo do ramal de descarga horizontal o técnico perde o ponto de acesso central. Assim, a desobstrução terá de ser forçada através dos sifões individuais dos equipamentos, o que aumenta o trabalho e o tempo de manutenção.

Esta limitação justifica a necessidade das rotinas implementadas no Sistema Integrado de Manutenção (SIM), principalmente a aplicação de condições de utilização e pró-ações rigorosas. Como exemplo, a proibição de descartes sólidos indevidos e a proatividade química com a aplicação de enzimas biológicas. Assim, torna-se indispensável para o sistema industrializado em análise a adoção de medidas de manutenção preventiva como garantia da manutenibilidade e durabilidade do *pod*.

Figura 29 - Aplicação de tratamento biológico na rede de drenagem. PECOL (2022)



Outro desafio no âmbito da manutenibilidade é a ausência de acessibilidade interior às redes MEP. O acesso aos painéis infraestruturados do *Pod BaseLine* realiza-se exclusivamente pela face externa, o que transfere a responsabilidade da compatibilização e manutenção para o projeto de arquitetura do edifício.

Uma vez que a parte interior do *pod* é totalmente revestida em cerâmica sobre placagens de gesso, sem previsão de placas de visita removíveis que garantam o acesso direto às tubagens, qualquer intervenção corretiva severa exigirá operações destrutivas. Assim, o desempenho operacional deste módulo fica dependente das soluções de fecho exterior e, caso essas não tenham como preocupação a manutenibilidade das tubagens, os custos de demolição e execução de novos acabamentos penalizarão os custos de operação.

Esta constatação demonstra que existe margem para otimizar o design modular. O Caso de Estudo B | SuperPod Origami aborda uma alternativa técnica interessante para esse desafio, cuja inovação central está na integração de um rack técnico de instalações. Esta solução altera a dinâmica de manutenção do módulo, garantindo a autonomia operacional que será alvo da análise no subcapítulo seguinte.

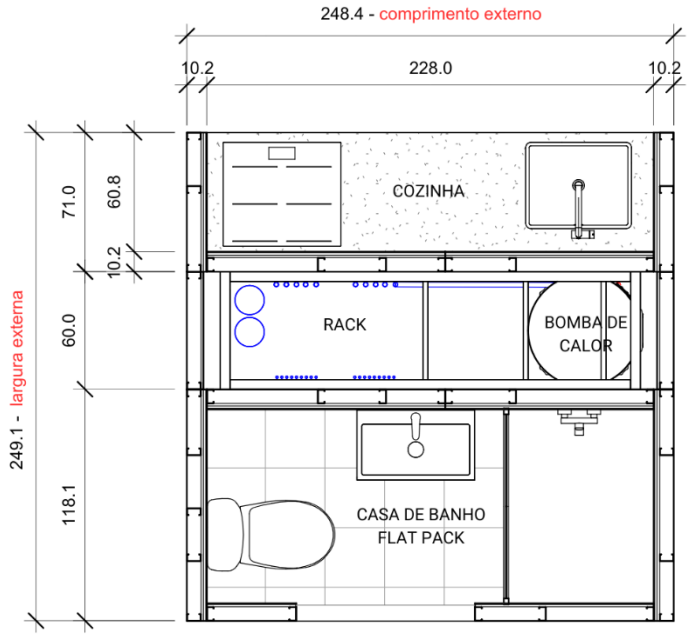
3.3 CASO DE ESTUDO B | SUPERPOD ORIGAMI

3.3.1 Descrição Geral e Arquitetónica

Em contraste com a solução do *PodBase Line* que é focada na otimização de espaço e redução do investimento inicial, o caso de estudo B, designado por SuperPod Origami, adota uma mudança funcional e modular. Em vez de operar como um módulo apenas sanitário e isolado, esta unidade assume a função de "coração técnico" da habitação, caracterizando-se como um *pod* multifuncional.

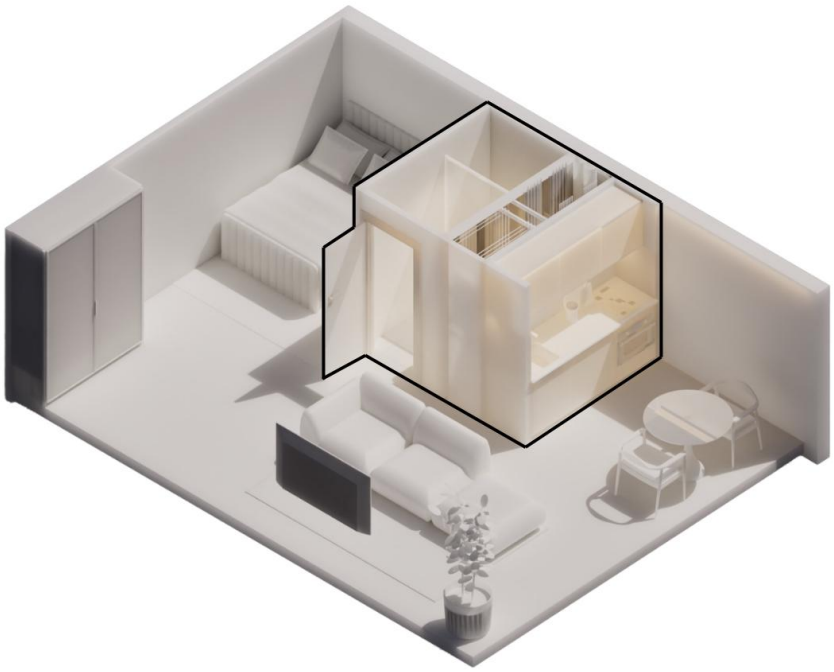
Arquitetonicamente, o módulo é composto por 3 partes distintas e complementares. O presente modelo agrupa uma casa de banho, similar ao estudo apresentado anteriormente, um rack central de instalações e uma frente de cozinha. O conjunto, após montagem, apresenta uma configuração quadrada com dimensões externas de 2,48 m de comprimento por 2,49 m de largura e 2,41 m de altura. A sua composição e articulação entre as três componentes são apresentadas na planta baixa da Figura 30.

Figura 30 - Planta baixa de arquitetura do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026)



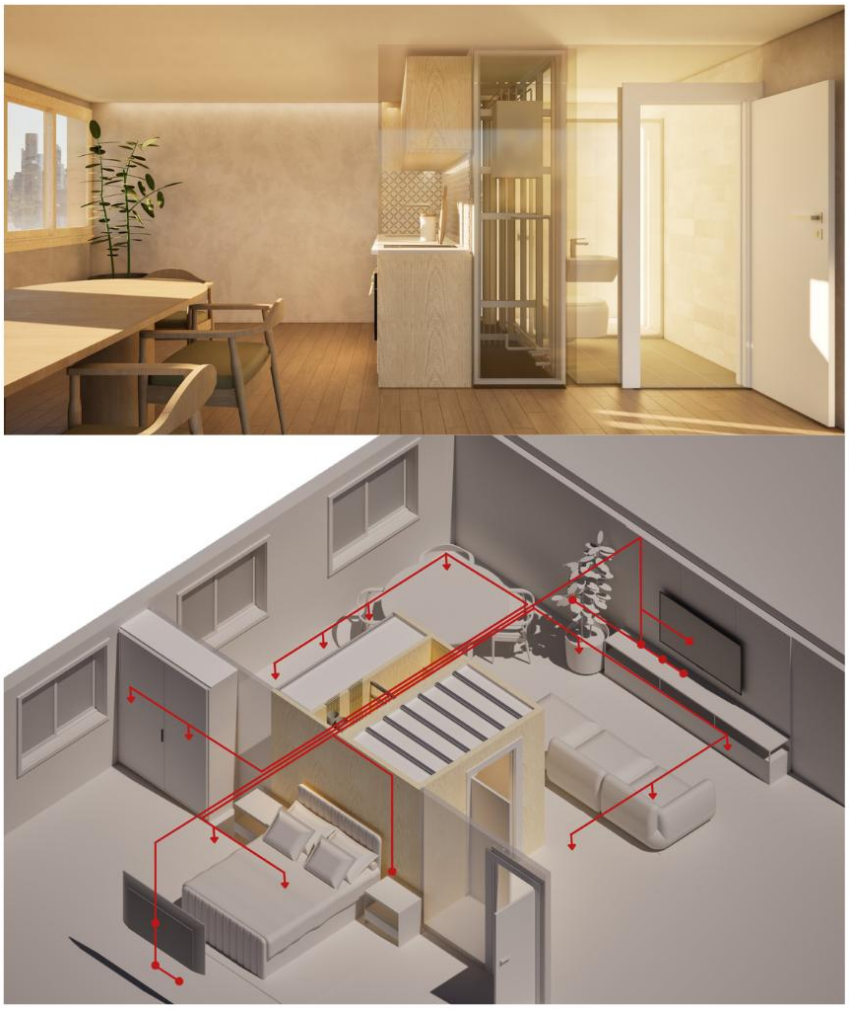
Do ponto de vista da arquitetura e da distribuição espacial, a configuração deste módulo dita a organização de toda a fração habitacional. Esse atua como um divisor físico e funcional do apartamento, separando a zona privativa da zona social, sem necessidade de paredes adicionais conforme perspectiva esquemática da Figura 31.

Figura 31 - Perspectiva isométrica da integração arquitetónica do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026)



O rack técnico central do SuperPod Origami é um espaço físico dotado de painéis de visitação acessíveis pelo interior da unidade. Este núcleo concentra a bomba de calor para águas quentes sanitárias (AQS) no interior do rack, centraliza o quadro elétrico principal da fração e os coletores de distribuição hidráulica. Além disso, possibilita a distribuição das redes de especialidade, destacadas em vermelho na Figura 32, aos demais compartimentos da habitação, por exemplo, às tomadas da sala e à iluminação dos quartos.

Figura 32 – Vista 3D esquemática de redes MEP do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026)

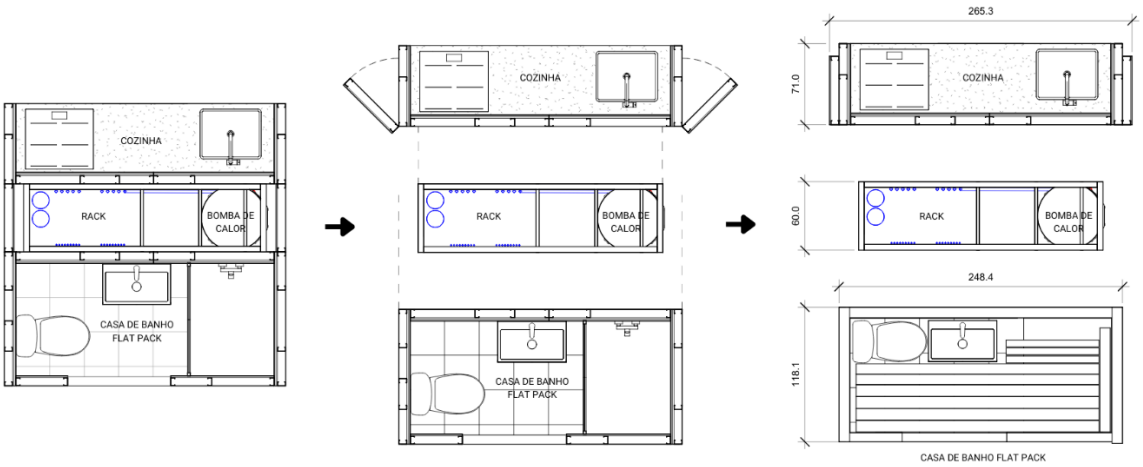


3.3.2 Sistemas Construtivo e Envolvente

Do ponto de vista dos materiais, o SuperPod Origami partilha a mesma matriz e padronização de componentes do Pod BaseLine detalhados anteriormente. Para a estrutura de suporte mantêm-se o sistema *Light Steel Framing* (LSF) e o uso de placas de gesso de elevado desempenho. Esta similaridade dos materiais resalta que o aumento da manutenibilidade não exige necessariamente a troca de materiais, mas sim a reconfiguração inteligente dos mesmos.

No entanto, a maior distinção construtiva deste caso de estudo reside na sua geometria e no método de montagem. Devido à sua dimensão expandida quando integrado à casa de banho, rack e cozinha, a produção e o transporte de um único bloco monolítico inviabilizam a operação logística e a elevação em estaleiro de obra. Como resposta a esse desafio, o sistema adota a solução de divisão em três módulos distintos conforme ilustrado no diagrama da Figura 33.

Figura 33 - Diagrama de decomposição dos 3 módulos do SuperPod Origami. Autor/Blufab (2026)



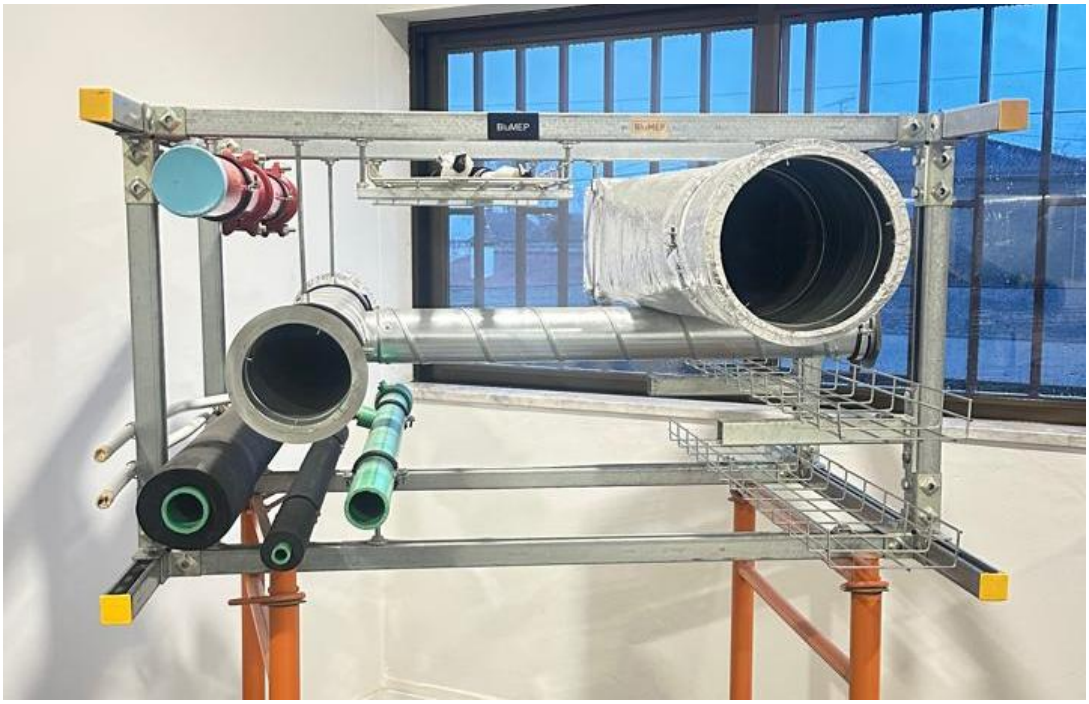
- **Módulo 1 – Casa de Banho FlatPack:** Contempla a volumetria e todos os componentes descritos da casa de banho do *Pod BaseLine*. É expedida com os revestimentos cerâmicos, louças e bases de duche totalmente acabados e selados em ambiente de fábrica e seus elementos compatibilizados visando a otimização vertical para transporte.
- **Módulo 2 – Rack Técnico (60 cm de largura)**: Elemento de consolidação das redes MEP, expedido de fábrica com todas as tubagens definitivas e ligações *plug-and-play*.
- **Módulo 3** – **Frente de Cozinha (71 x 265,3 cm):** Contempla quatro painéis de vedação da zona de cozinha, bancada, armários e equipamentos. Integra dois painéis articulados que se dobram sobre o próprio módulo para transporte e que, em operação, efetuam o fechamento do rack e possibilitam o fácil acesso às infraestruturas internas.

3.2.3 Integração de Redes MEP

O módulo central do SuperPod Origami atua como um núcleo compacto que agrupa todas as redes de especialidades e abastece simultaneamente a fração habitacional e o próprio módulo. A pré-montagem destas redes *off-site* garante a organização, suporte e teste das tubagens antes mesmo de serem integradas ao volume do *pod*.

A Figura 34 apresenta um protótipo do rack técnico que evidencia a elevada densidade e a segregação física das diferentes redes de especialidades. Percebem-se na imagem as tubagens de drenagem (PVC), abastecimento de água (PPR verde), condutas de ventilação isoladas e esteiras metálicas para cablagem.

Figura 34 - Protótipo rack técnico. Autor/Blufab (2026)



A organização interna do rack técnico no SuperPod Origami obedece a uma hierarquia que garante a separação entre redes de água e redes elétricas por motivos de segurança. Esse integra os seguintes subsistemas centrais:

- **Redes Hidráulicas e Produção de AQS:** A parte inferior e média do rack concentram os coletores de distribuição de água quente e fria e o equipamento de produção de água quente sanitária (AQS) que, no caso do protótipo, Figura 35, é uma bomba de calor compacta. As ligações hidráulicas ao módulo da casa de banho e à cozinha são executadas e testadas à pressão na linha de montagem.
- **Redes Elétricas e Telecomunicações:** No plano superior e segregado das ligações de água do rack é acomodado o quadro elétrico e feita a passagem da tubagem corrugada, visível em azul na Figura 35, para efetuar a distribuição aos demais compartimentos e ao próprio módulo.

Figura 35 - Vista interior do rack técnico no protótipo Origami. Autor/Blufab (2026)



- **Redes de Drenagem e Ventilação:** O rack atua como via de passagem para as prumadas verticais de esgoto e para as condutas de extração mecânica de ar. A sua posição central entre a cozinha e a casa de banho assegura que os ramais de descarga sejam curtos e com o mínimo de mudança de direção, otimizando o fluxo gravitacional.

Portanto, a integração MEP deste módulo opera sob um sistema de distribuição radial, e as ligações destinadas aos compartimentos exteriores ao módulo saem do topo deste rack e conectam-se, através do sistema plug-and-play, ao restante da fração. Na obra, as subempreitadas responsáveis não precisam intervir no interior do *pod*, apenas necessitam executar as conexões às redes do edifício. Visando diminuir o número de ligações, o rack técnico possui a altura equivalente a dois ou mais *pods* e é içado e movimentado através das estruturas metálicas adjacentes.

Figura 36 - Racks técnicos em fábrica. Autor/Blufab (2026)



3.3.4 Identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM)

Para a identificação dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) referentes aos três módulos do SuperPod Origami, é possível basear-se na Tabela 8, apresentada para o Pod BaseLine, uma vez que o módulo 1 (Casa de Banho FlatPak) partilha os mesmos materiais e o sistema construtivo do Caso de Estudo A.

Assim, o Caso de Estudo B partilha a totalidade dos EFM referentes aos elementos edificados e acabamentos. Por sua vez, os módulos 2 e 3 (Rack Técnico e Frente de Cozinha) introduzem componentes novos nos campos de instalações e outros equipamentos. A Tabela 10 identifica, de forma isolada, os novos EFM exclusivos do SuperPod Origami, recorrendo à mesma categorização teórica do Sistema Integrado de Manutenção (SIM). Além disso, as respectivas fichas cadastrais e de manutenção dos novos EFM identificados foram incluídas no anexo A.2.

Tabela 10 - Identificação de EFM adicionais: SuperPod Origami. Autor (2026)

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	POD BASE LINE
3 - Instalações	**3.1 - Abastecimento de águas**	3.1.1 - Rede	Tubagens multicamada flexíveis
		3.1.2 - Louças e Comandos	Misturadora de cozinha cromada - Ona - Roca Lava-louças de 1 cuba - Riga - Roca
	3.2 - Esgotos	3.2.1 - Rede	Tubagens multicamada flexíveis
			Sifão do lava-louças
	3.3 - Eletricidade	3.3.1 - Rede	Cablagem pré-eletrificada em tubo corrugado
		3.3.2 - Aparelhos	Quadro Elétrico (Q.E) principal
			Placa de indução - AEG
			Exaustor Telescópico - AEG
			Forno | Micro-ondas compacto - AEG
			Frigorífico encastrar - Teka
NÍVEL 1	**NÍVEL 2**	**NÍVEL 3**	**POD BASE LINE**
4 - Outros	**4.1 - Outros**	4.1.1 - Equipamentos	Bomba de Calor para AQS
			Móvel para cozinha com bancada laminada e armários revestidos a melamina
		4.1.2 - Outros	Ferragens mecânicas (dobradiças painéis articulados)

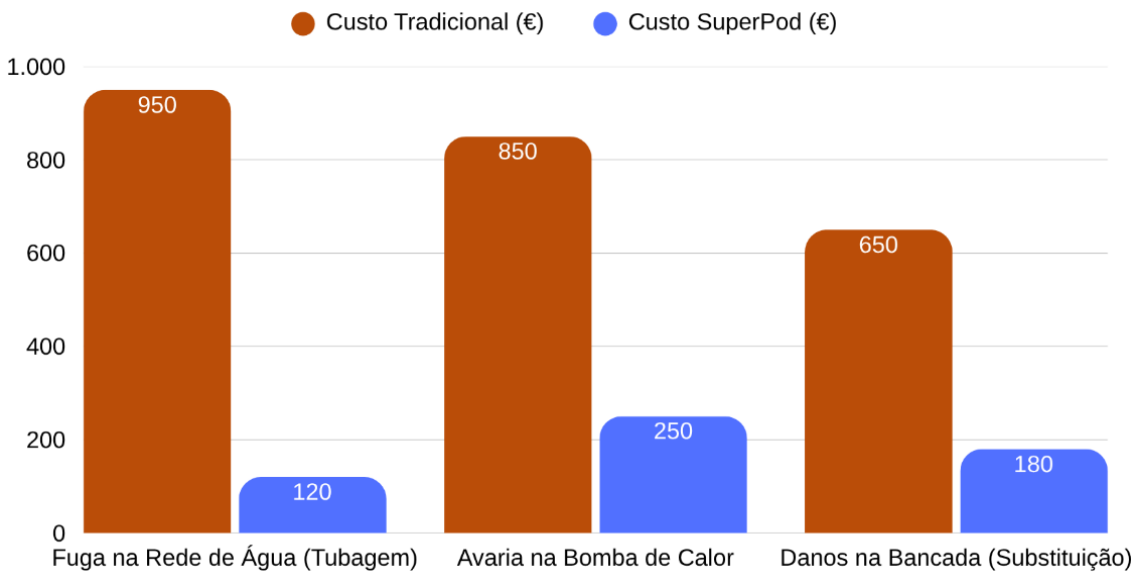
3.3.5 Análise das Soluções de Manutenibilidade Aplicadas (DfM)

O conceito de Design for Maintainability (DfM) aplicado ao SuperPod Origami representa uma evolução em relação às limitações de acessibilidade identificadas no *Pod BaseLine*. A análise das soluções implementadas revela que a introdução de um rack técnico central e de painéis articulados transforma as dinâmicas do Sistema Integrado de Manutenção (SIM). Conforme detalhado no anexo A.2, destacam-se as seguintes soluções construtivas que potencializam a manutenibilidade do módulo:

- **Centralização da Matriz Hidráulica no Rack:** Esta solução arquitetónica facilita a inspeção, pois permite o mapeamento visual imediato de microfugas nas uniões antes que danifiquem as placas de gesso; a limpeza pela remoção rápida de poeiras nas tubagens e isolamentos térmicos; a pro-ação ao garantir que a manobra semestral de todas as válvulas de corte seja feita num único local; a correção e a substituição por permitir trocas de tubagens, ligações, válvulas, entre outros equipamentos sem a necessidade de demolição de placas de gesso e revestimentos.
- **Acessibilidade a Equipamentos Críticos:** A integração da bomba de calor para AQS no interior do rack, com acesso facilitado por painéis articulados, auxilia as rotinas de inspeção, como a leitura de pressões e a medição da resistência do ânodo de magnésio.
- **Modularidade da Cozinha**: A aplicação de princípios do DfM na cozinha modular garante que os EFM hidráulicos estejam totalmente acessíveis. As ações de manutenção corretivas e proativas, como a desobstrução mecânica do sifão de esgoto e a limpeza dos filtros da misturadora, são viabilizadas pelo acesso livre sob a bancada. Além disso, a padronização de vãos para equipamentos, conforme a maioria encontrada no mercado, garante que a substituição de eletrodomésticos ou a troca de módulos de marcenaria degradados pela humidade ocorra de forma independente, sem comprometer a estrutura global da cozinha.
- **Painéis Articulados**: O fecho do rack técnico por painéis articulados, ao contrário dos painéis fixos do Pod BaseLine, transfere a complexidade da manutenção para as ferragens mecânicas. Embora as dobradiças exijam inspeções e proação frequentes para mitigar o desgaste, sua adoção garante o acesso facilitado tanto para as equipes de manutenção e limpeza quanto para o próprio utente.

Em virtude disso, a análise crítica do SuperPod Origami demonstra que a industrialização volumétrica se potencializa quando o projeto de arquitetura assume condicionantes da fase de operação. A concentração das redes MEP num rack centralizado e acessível na fração habitacional anula custos de demolição e reposição de revestimentos que, frequentemente, penalizam as manutenções corretivas em áreas húmidas. Para efeitos demonstrativos, foram elaborados dois gráficos com três cenários de avaria, que necessitam de manutenções corretivas, e foram comparados os custos (Figura 37) e os tempos de intervenção (Figura 38) no modelo de construção tradicional e no SuperPod Origami.

Figura 37 - Gráfico comparativo de custos de intervenção: Construção Tradicional x SuperPod Origami. (Autor, 2026) com base nos dados (CYPE, s.d.)



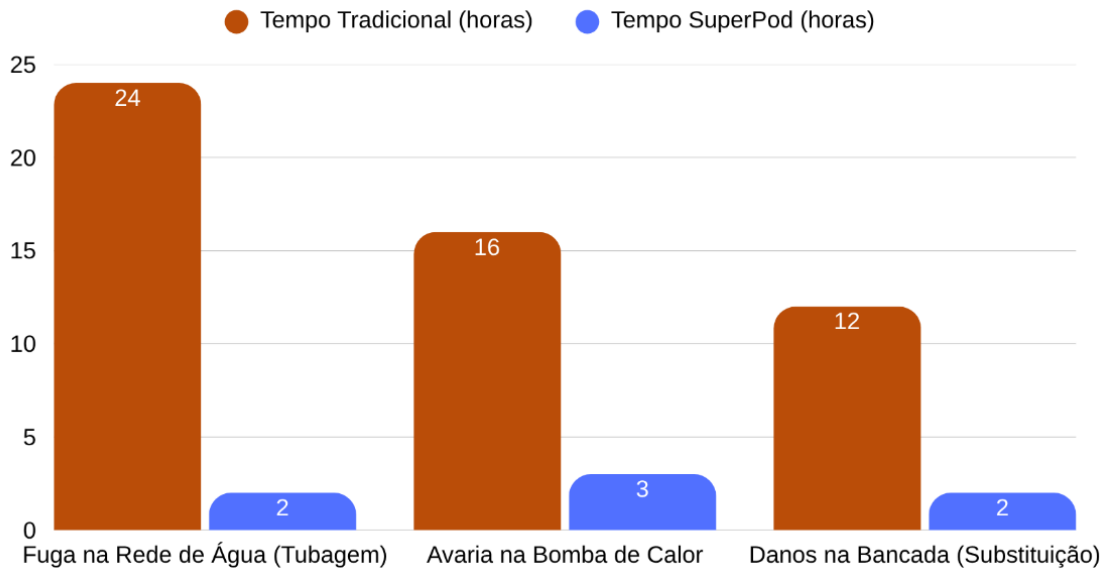
Notas:

[1] A pesquisa foi realizada em junho de 2026.

[2] Para a construção tradicional, os custos refletem uma área de 2 a 3 m² e incluem demolição de paramentos e revestimentos colados, ensacamento e transporte de entulhos, reparação da tubagem, reconstrução manual do reboco, reposição das barreiras de impermeabilização, fornecimento e assentamento de nova cerâmica, betume de juntas e pintura. Engloba custos logísticos de coordenação e deslocamento de três subempreitadas distintas (picheleiro, pedreiro e ladrilhador).

[3] Para o SuperPod Origami, o custo contempla o componente de substituição (válvulas, ligações flexíveis ou peças) e a taxa de desolamento acrescida de 1 a 2 horas de mão de obra direta de um único técnico geral de manutenção.

Figura 38 - Gráfico comparativo de tempos de reparação: Construção Tradicional x SuperPod Origami. (Autor, 2026) com base nos dados (CYPE, s.d.)



Notas:

[1] A pesquisa foi realizada em junho de 2026.

[2] Para a construção tradicional, o tempo médio de reparação considera a impossibilidade de executar tarefas sequenciais sem respeitar os tempos de cura e secagem dos materiais. Foram consideradas a secagem do reboco, a cura do cimento-cola da nova cerâmica, a estabilização da argamassa de rejuntamento e a evaporação dos solventes da pintura de acabamento.

[3] Para o SuperPod Origami, o tempo médio de reparação elimina tempos mortos ou de cura e considera apenas o tempo operacional.

4
MATRIZ DE RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

4.1 INTRODUÇÃO

A análise dos estudos de caso desenvolvida no capítulo anterior demonstrou que a industrialização da construção, através da adoção de módulos volumétricos (*pods*), introduz novos paradigmas na gestão do ciclo de vida das edificações. Constatou-se que a centralização de infraestruturas e a pré-montagem em ambiente controlado diminuem erros na execução, mas exigem uma abordagem estruturada para a fase de operação e manutenção.

Em resposta aos objetivos propostos por esta investigação, o presente capítulo consolida os dados obtidos numa matriz de resultados e recomendações técnicas. Essas foram estruturadas e direcionadas aos três agentes fundamentais do ciclo de vida do edifício: o gestor de manutenção responsável pela operação técnica, o utente responsável pela utilização diária e o arquiteto responsável pela conceção e redução de erros na origem.

4.2 O GESTOR DE MANUTENÇÃO: PLANO DE MANUTENÇÃO

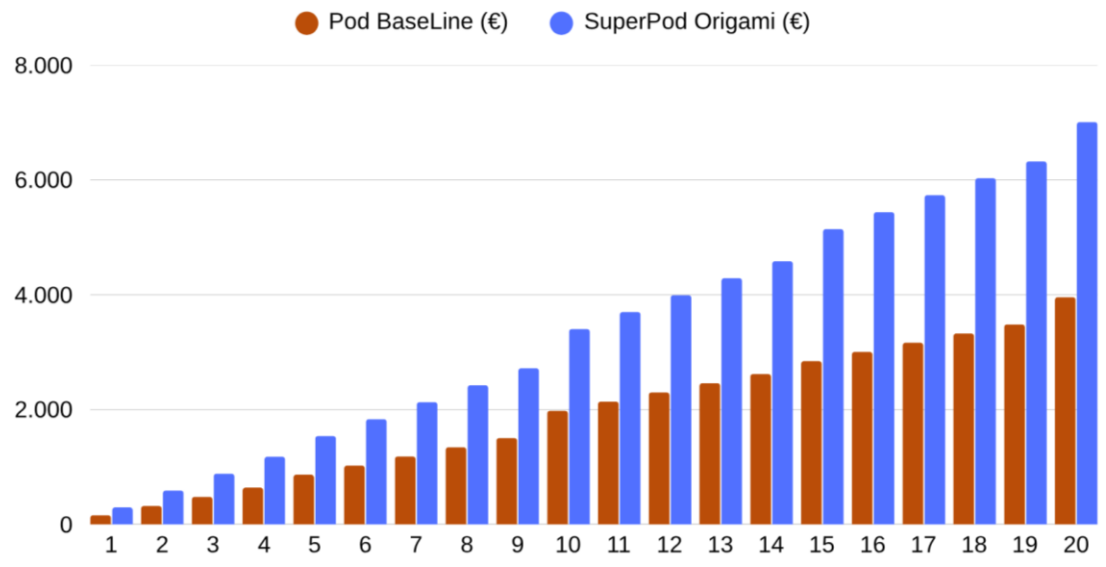
O gestor de manutenção atua na operacionalização do Sistema Integrado de Manutenção (SIM). A estruturação dos planos de manutenção para os dois estudos de caso foi fundamentada nas fichas dos Elementos Fonte de Manutenção (EFM) desenvolvidas no Capítulo 3. Os dados aqui apresentados contemplam exclusivamente as atividades com periodicidade definida, assim, as intervenções de caráter eventual, como ações corretivas ou substituições motivadas por avarias acidentais, não foram incorporadas a estes planos de manutenção programados.

De forma a comparar as estratégias operacionais para um ciclo de vida de 20 anos, foram elaborados dois planos distintos. Estes são apresentados no Anexo 3: o plano para o *Pod BaseLine*, que reflete uma matriz operacional focada na conservação de revestimentos arquitetônicos e na desobstrução preventiva de ramais, e o plano para o SuperPod Origami, que agrupa a conservação da envolvente às novas exigências de manutenção do rack técnico e da zona de cozinha.

A estimativa de custos foi parametrizada com base no custo unitário de 40€ por hora técnica, em conformidade com as referências do setor (CYPE, s.d.). Este valor foi aplicado através de um rateio proporcional ao tempo estimado para execução de cada rotina, assim, o custo apresentado em cada EFM reflete a fração de tempo técnico despendido na sua inspeção ou tratamento. Além disso, tarefas que podem ser executadas pela equipe de manutenção, limpeza ou utente também tiveram sua frequência rateada de forma equilibrada, já que será elaborado em conjunto um manual de utilização.

A Figura 39 ilustra a síntese da evolução dos custos acumulados de manutenção ao longo dos anos, resultantes da projeção de ambos os planos. A análise comparativa do gráfico evidencia que ambos os casos de estudo partilham um padrão de crescimento semelhante ao longo do seu ciclo de vida, com os picos de investimento mais expressivos em intervalos de 10 em 10 anos. É importante ressaltar que não estão incluídos os custos de ações de manutenção corretiva, dada a sua imprevisibilidade, e é nessas que reside a maior divergência técnica entre os dois casos.

Figura 39 – Gráfico síntese de custos de manutenção anuais acumulados. (Autor,2026)



4.3 O UTENTE: MANUAL DE UTILIZAÇÃO

A durabilidade, a segurança e o desempenho de qualquer sistema industrializado dependem do comportamento e das rotinas do utilizador diário. Além de uma mera obrigatoriedade, a conscientização para a conservação contínua promove a apropriação do bem, o que transforma o utente em um agente ativo na valorização e preservação desse.

Nesse sentido, o presente subcapítulo apresenta a tradução das exigências técnicas das matrizes de manutenção em instruções destinadas ao utente. Assim, o manual de utilização, presente no Anexo 3, compila as boas práticas aplicáveis aos dois casos de estudo, tais como os cuidados com as instalações sanitárias, a marcenaria, os eletrodomésticos, os painéis articulados e o rack técnico.

4.4 O ARQUITETO: DIRETRIZES DE *DESIGN FOR MAINTAINABILITY* (DFM)

A análise comparativa entre o *Pod BaseLine* e o SuperPod Origami permitiu extrair um conjunto de diretrizes operacionais, destinadas a guiar arquitetos e projetistas no desenvolvimento de projetos que integram conceitos do Design for Maintainability (DfM). Estas diretrizes visam mitigar a obsolescência precoce e reduzir a dependência de intervenções destrutivas durante o ciclo de vida dos módulos industrializados.

1. **Acessibilidade e Concentração de Infraestruturas:** Uma das principais barreiras à manutenção econômica é a falta de acessibilidade física aos sistemas. O arquiteto deve adotar o princípio do acesso facilitado como:
    - **Otimização de Racks Técnicos:** As infraestruturas hidráulicas, elétricas e mecânicas devem ser concentradas num único núcleo acessível, o que permite a inspeção visual, o reaperto de válvulas e a substituição de componentes sem a necessidade de demolição de fechamentos e revestimentos.
    - **Acessos à Manutenção Frontal:** Sifões de base de duche, ralos de bancada e mecanismos de autoclismo devem prever tampas de acesso frontal ou superior que não exijam o desmonte da estrutura adjacente.
2. **Desmontabilidade e Lógica Plug & Play:** A arquitetura modular deve assumir que todos os componentes possuem ciclos de vida finitos e distintos. A substituição de uma peça não pode implicar a destruição de outra, algumas opções possíveis são:

- **Conexões Reversíveis:** Priorizar uniões mecânicas, ligações flexíveis e conectores rápidos, como ligações elétricas Wago ou tubagens com acoplamento rápido, em detrimento de soldagens, colas estruturais ou betonilhas.
- **Sistemas de Fixação Ocultos, mas acessíveis:** Os painéis de revestimento devem utilizar sistemas de clique ou fixação mecânica reversível, o que elimina a dependência de corte, barramento e repintura do gesso cartonado, por exemplo, em cada intervenção profunda.

3. **Padronização e Modularidade de Componentes:** O desenho deve facilitar a logística de *Facility Management* e garantir que a substituição de peças seja rápida e preferencialmente não dependa de fabricação especial, por exemplo:
    - **Estandardização Europeia:** Especificar dobradiças, calhas, cartuchos cerâmicos de misturadores e perfis com medidas normalizadas no mercado. A criação de peças com dimensões singulares aumenta drasticamente o tempo de inatividade do módulo em caso de avaria.
    - **Compartimentação de Eletrodomésticos:** No desenho de cozinhas compactas, os nichos para equipamentos de encastre devem seguir as folgas e dimensões universais de mercado, o que garante que, após 10 anos, maior quantidade de aparelhos de substituição possa ser integrado sem refazer a marcenaria.
4. **Seleção de Material e Juntas:** Os materiais devem ser selecionados com base na capacidade de envelhecer bem e ser facilmente higienizados ao longo do ciclo de vida.
    - **Localização das Juntas:** Reduzir ao máximo as juntas de transição de material. Quando necessárias, devem ser projetadas de forma a receber selantes de alto desempenho, como silicones antifúngicos, e com geometria que não promova o empoçamento de água.
    - **Materiais adequados para zonas de alta humidade:** Em zonas de choque térmico e condensação, como tetos de duche, dar preferência a painéis compósitos, resinas ou metálicos que eliminem a necessidade corretiva e preventiva de repintura.
5. **Prevenção de Erros do Utilizador:** O arquiteto pode prever erros acidentais do utente e projetar detalhes que os impeçam, por exemplo:

- **Proteção de Infraestruturas:** O design do espaço deve garantir que o utente não consiga furar acidentalmente uma parede onde passam redes prediais. A distribuição espacial, como a colocação de toalheiros e prateleiras integradas de fábrica, deve desincentivar o uso de ferramentas pelo utente.

5
CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES GERAIS

A presente dissertação se propõe a investigar o impacto do projeto arquitetónico na manutenibilidade de edifícios, com o foco em sistemas construtivos industrializados e híbridos. Através da análise de módulos tridimensionais de casas de banho (*pods*), o estudo demonstrou que a industrialização não elimina a necessidade de manutenção ao longo do ciclo de vida desses módulos, mas reconfigura as preocupações, pois transfere o foco da imprevisibilidade para a manutenção preventiva e antecipação de erros ainda em fase de conceção arquitetónica.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu consolidar a ligação entre a fase de conceção e a fase de operação. A aplicação de referências teóricas de *Facility Management*, como a decomposição do edifício em Elementos Fonte de Manutenção (EFM) e a organização através do Sistema Integrado de Manutenção (SIM), valida a premissa de que a eficiência operacional é fruto de um planeamento precoce e compatibilizado, que vem a ser proporcionado pelo arquiteto desde o projeto inicial.

A investigação conduzida, suportada pela revisão da literatura e pela análise dos casos de estudo da empresa *Blufab*, permite dar respostas diretas às problemáticas levantadas na introdução deste trabalho:

1) **Quais são as preocupações de manutenção existentes em sistemas construtivos industrializados e híbridos?**

   A análise demonstrou que, apesar do alto rigor assegurado pelo fabrico *off-site*, as principais vulnerabilidades destes sistemas residem na alta densidade de infraestruturas, como as redes MEP, concentradas em espaços reduzidos. A estanqueidade das juntas e a potencial inacessibilidade a tubagens embutidas de forma definitiva constituem as maiores preocupações operacionais. Verificou-se que a impossibilidade de acesso físico para inspeção, limpeza e pro-ação aos componentes pode anular os ganhos logísticos da industrialização na fase de serviço.

2) **Quais são os princípios e estratégias de projeto arquitetônico que contribuem para a melhoria da manutenibilidade nesses sistemas construtivos?**

   A resposta a esse desafio encontra-se na aplicação dos princípios de *Design for Maintainability* (DfM). A análise do SuperPod Origami comprovou que a estratégia arquitetônica mais eficaz é a centralização de infraestruturas em um rack técnico inspecionável. Além disso, a padronização de componentes, a modularidade que permite a substituição fracionada, a especificação de materiais adequados para zonas húmidas e de condensação e o desenho de detalhes à prova de erros do utilizador são alguns princípios fundamentais para garantir a durabilidade do módulo.

3) **Como o projeto arquitetónico orientado para a manutenção influencia o ciclo de vida de edificações com soluções industrializadas e híbridas, em comparação com soluções tradicionais?**

   Conforme demonstrado no Capítulo 3, em cenários de avaria hidráulica e necessidades de substituição, a construção tradicional exige a demolição de fechamentos e revestimentos e a paralisação do espaço por longos períodos. Já os sistemas industrializados e híbridos corretamente projetados absorvem as avarias através de intervenções limpas, rápidas e não destrutivas. Assim, embora os sistemas industrializados e a manutenção preventiva exijam um rigor de planeamento superior, esses reduzem de forma expressiva o tempo de inatividade e os custos não planeados em manutenção corretiva.

5.2 LIMITAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O principal contributo desta dissertação para a comunidade académica e profissional do setor da construção é a elaboração de um referencial prático. Através da revisão da literatura e análise de estudos de caso existentes no mercado foram desenvolvidas três ferramentas operacionais concretas, são elas:

1. A elaboração de Fichas Cadastrais e Planos de Manutenção para 20 anos, adaptados à realidade dos módulos 3D.
2. A estruturação de um Manual de Utilização, que destaca o papel crítico do utente na preservação do bem.
3. A formulação de uma Matriz de Diretrizes Técnicas (DfM) para arquitetos, que destaca a responsabilidade do autor do projeto sobre a viabilidade econômica da operação do edifício.

Em virtude da análise de limitações e possíveis desenvolvimentos futuros relacionados à presente investigação, é possível pontuar alguns tópicos importantes. Dado que a industrialização volumétrica de alta densidade é um mercado relativamente recente no país, dados empíricos de edifícios portugueses com sistemas modulares, com mais de 20 anos, são escassos. Assim, percebe-se a importância da continuidade dos estudos para a validação, com precisão de taxas reais de obsolescência material e de custos estimados além das referências paramétricas da construção civil (CYPE).

Dessa forma, como linhas de investigação futuras, sugerem-se estudos longitudinais, como o acompanhamento de um edifício em serviço dotado de *pods* industrializados. Assim, possibilitará a conferência do impacto real das decisões tomadas com foco no *Design for Maintainability* (DfM) e do comportamento dos utentes em relação às diretrizes estabelecidas no Manual de Utilização.

Outro direcionamento importante é a integração BIM, que auxilia na transposição das matrizes de manutenção desenvolvidas neste estudo para modelos de informação do edifício compatibilizados com todos os projetos de especialidades. Assim, o gestor de *Facility Management* receberá alertas automatizados do *pod* em operação e terá facilidade para localizar os projetos.

Conclui-se que o avanço da industrialização no setor de construção deve ser acompanhado por uma mudança de paradigma, com a transição da eficiência focada exclusivamente na execução para a arquitetura integrada, na qual o projeto antecipa a manutenção. Só através desta visão proativa, que integra o comportamento do edifício em serviço na conceção dos sistemas industrializados, é possível elevar a manutenibilidade, permitir a apropriação do bem pelo utilizador e, consequentemente, preservá-los e aumentar a durabilidade desses sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEG. (s.d.). *Manuais de Instruções, Instalação e Manutenção de Eletrodomésticos*. Disponível em: https://www.aeg.com.pt. [Acedido em: 20 de junho de 2026].

AICCOPN. (2025). Informação de Conjuntura do Setor da Construção Civil e Obras Públicas. Associação de Industriais da Construção Civil e Obras Públicas. Disponível em: <https://www.aiccopn.pt/>. [Acedido em: 01 de junho de 2026].

BLUFAB (2026). Industrialização e off-site são apostas reais para uma construção sustentável! Disponível em: <https://blufab.pt/> [Acedido em: 31 de maio de 2026].

BLUM. (s.d.). *Catálogos Técnicos e Instruções de Montagem e Afinação de Ferragens*. Disponível em: https://www.blum.com/pt/pt/. [Acedido em: 26 de junho de 2026].

Boafo, F. E., Kim, J. H., & Kim, J. T. (2016). Performance of modular prefabricated architecture: Case study-based review and future pathways. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 8, Number 6). MDPI. https://doi.org/10.3390/su8060558

British Standards Institution. (1993). *Glossary of terms used in terotechnology* (BS Standard No. 3811:1993)

Chew, M. Y. L. (2005). Defect analysis in wet areas of buildings. *Construction and Building Materials*, *19*(3), 165–173. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.07.005

CIBSE JOURNAL. (2015). *Best practice for system maintenance*. Londres: Chartered Institution of Building Services Engineers. Disponível em: https://www.cibsejournal.com/technical/best-practice-for-system-maintenance/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

CYPE. (s.d.). *Gerador de Preços da Construção Portugal*. Disponível em: https://geradordeprecos.info/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

DGEG. (2006). *Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT)*. Direção-Geral de Energia e Geologia. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda.

Dzulkifli, N., Sarbini, N. N., Ibrahim, I. S., Abidin, N. I., Yahaya, F. M., & Nik Azizan, N. Z. (2021). Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 44). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102985

GRUPO CASAIS (2024). Montagem de estrutura da Residência Académica de Valença chegou ao fim. Disponível em: <https://casais.pt/montagem-da-estrutura-da-residencia-universitaria-de-valenca-chegou-ao-fim/>. [Acedido em: 31 de maio de 2026].

Gunawardena, T., & Mendis, P. (2022). Prefabricated Building Systems—Design and Construction. *Encyclopedia*, *2*(1), 70–95. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010006

GYPTEC. (s.d.). *Placa Gyptec Protect*. Disponível em: https://gyptec.eu/placas_protect.php. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

Hauashdh, A., Jailani, J., Rahman, I. A., & AL-fadhali, N. (2022). Strategic approaches towards achieving sustainable and effective building maintenance practices in maintenance-managed buildings: A combination of expert interviews and a literature review. *Journal of Building Engineering*, *45*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103490

Hu, Z. Z., Tian, P. L., Li, S. W., & Zhang, J. P. (2018). BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. *Advances in Engineering Software*, *115*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.08.007

IKEA. (s.d.). *Manuais de Cuidados e Manutenção de Cozinhas e Bancadas*. Disponível em: https://www.ikea.com/pt/pt. [Acedido em: 26 de junho de 2026].

International Organization for Standardization (2020). *Buildings and civil engineering works – Vocabulary- Part 1: General terms* (ISSO Standard No. 6707-1:2020).

IPQ. (2021). *NP EN 13306: Manutenção - Terminologia de manutenção*. Caparica: Instituto Português da Qualidade

MAPEI. (s.d.). *Dursilite*. Disponível em: https://www.mapei.com/pt/pt-pt/produtos-e-solucoes/lista-de-produtos/detalhes-do-produto/dursilite. [Acedido em: 09 de junho de 2026].

MIDEA. (s.d.). *Manuais Técnicos, de Instalação e Manutenção de Bombas de Calor para AQS*. Disponível em: https://www.midea.com/pt. [Acedido em: 26 de junho de 2026].

Othman, A. A. E., & Kamal, A. (2023). Enhancing building maintainability through early supplier involvement in the design process. *Organization, Technology and Management in Construction*, *15*(1), 34–49. https://doi.org/10.2478/otmcj-2023-0005

PECOL. (2022). *Desentupidor de Canos Biológico*. Disponível em: https://pecol.pt/desentupidor-canos-biologico/. [Acedido em: 16 de junho de 2026]

R. Alves, F. Sousa, A. Fontes, J. M. Branco, & D. Leitão. (2026). Combining Architectural Adaptability and Space Efficiency in the Design of Prefabricated Timber Wet Units. *Construction, Energy, Environment and Sustainability Proceedings of CEES 2025 (Volume 1: Construction Materials and Technologies)*.

RECUPERAR PORTUGAL. (2025). Plano de Recuperação e Resiliência: Metas de Habitação e Alojamento Estudantil. Disponível em: <https://recuperarportugal.gov.pt/>. [Acedido em: 01 de junho de 2026].

REVIGRÉS. (s.d.). *Manual de Limpeza e Manutenção*. Disponível em: https://www.revigres.pt/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

ROCA. (s.d.). *Manuais Técnicos e de Manutenção de Torneiras e Lava-loiças*. Disponível em: https://www.roca.pt. [Acedido em: 15 de junho de 2026].

Rodrigues, R. C. (2025). *Gestão de Edifícios em Serviço: Elementos Fonte de Manutenção [Slides de suporte pedagógico]. Aulas 01 a 05, Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal.*

Rodrigues, R. C., & Rocha, P. F. (2013). Maintenance in the process of building design: A decision supporting system model. *Congresso Internacional Da Habitação No Espaço Lusófono*.

Sabbatini, F. H. (1989). *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia*.

SANINDUSA. (s.d.). *Catálogo Geral e Fichas Técnicas*. Disponível em: https://www.sanindusa.pt/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

TEA (s.d.). Vigas pré-esforçadas. Disponível em: <https://www.tea.com.br/produtos/vigas> [Acedido em: 31 de maio de 2026].

TEKA. (s.d.). *Catálogos Técnicos e Manuais de Utilizador*. Disponível em: https://www.teka.com/pt-pt. [Acedido em: 20 de junho de 2026].

TOPBIM (2023). Sistemas Off-site. Disponível em: <https://www.topbim.pt/sistemas-off-site/>. [Acedido em: 31 de maio de 2026].

UPONOR. (s.d.). *Sistemas de Canalização Multicamada e PEX: Manual Técnico*. Disponível em: https://www.uponor.com/pt-pt. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

VERDASCA GROUP (s.d.). Escadas de betão pré-fabricadas. Disponível em: <https://verdascagroup.com/produto/escadas-de-betao-pre-fabricadas/> [Acedido em: 31 de maio de 2026].

WEDI. (s.d.). *Manual Técnico: Painéis de Construção e Sistemas*. Disponível em: https://www.wedi.net/pt/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

WIRQUIN. (s.d.). *Catálogo Técnico de Soluções Sanitárias e Escoamento*. Disponível em: https://www.wirquingroup.com/. [Acedido em: 10 de junho de 2026].

ANEXOS

A.1 FICHAS CADASTRAIS E DE MANUTENÇÃO *POD BASELINE*

Fichas Cadastrais e de Manutenção - *Pod BaseLine*								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
PAREDES INTERNAS E COBERTURAS ACESSÍVEIS PINTADAS	Inspeção	Verificar a presença de manchas de humidade, fissuras ou deformações	Inspeção visual direta e tátil nas superfícies pintadas	Eq. Manutenção e Utente	Anualmente	Baixo (incluído nos custos globais do *Facility Management)*	Especial atenção aos cantos do teto falso	(Rodrigues, 2025)
	Limpeza	Remoção de poeiras e fuligem na superfície pintada	Utilização de um pano macio ligeiramente húmido com detergente neutro. Evitar abrasão	Eq. Limpeza e Utente	Semestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A tinta é lavável mas não resiste a abrasivos	(MAPEI, s.d.)
	Pro-ação	Mitiga o tempo de exposição da placagem a condensações de vapor	Ativação obrigatória do sistema de extração mecânica centralizado	Utente	Diariamente	Nulo (ação comportamental)	É recomendado pela Gyptec a proteção da placa de gesso contra saturação superficial	(Rodrigues, 2025) e (GYPTEC, s.d.)
	Correção	Reparação de microfissuras nas juntas do teto resultantes de assentamentos	Aplicação localizada de mástique acrílico (Mapeflex AC4) seguido de pintura	Eq. Manutenção	Pós-deteção de avaria	Médio (~30€ a 50€/intervenção - Inclui mão de obra + material)	O Mapeflex AC4 permite pintura direta sem perda de elasticidade	(MAPEI, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição preventiva da pintura do teto ou substituição de panos de placa em caso de ruptura de tubagem interna severa ou impacto destrutivo	Realizar nova pintura antes do bolor aparecer ou da humidade atingir o gesso. Caso necessário, corte localizado na secção afetada, reparação da rede, fixação de nova peça e barramento.	Eq. Manutenção e Eq. Especializada	Repintura do teto a cada 5 anos. Demais substituições apenas em caso de sinistro.	Baixo (~65€ /intervenção - Inclui mão de obra + tinta). Médio (~45€ a 65€ / m^2 - Inclui demolição, fornecimento da nova placa Gyptec, barramento e mão de obra).	A vida útil do biocida da tinta é de 5 anos. Em caso de substituição das placas de gesso, requer-se a reposição integral das fitas de junta e do nível de isolamento acústico interior.	(GYPTEC, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Garantir a renovação do ar e evitar a saturação térmica/húmida da placa Gyptec	Manter a porta do pod entreaberta após o banho ou não interromper o tempo de pós ventilação do extrator mecânico	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	A renovação do ar previne a condensação superficial no teto falso e o aparecimento de fungos a longo prazo	(CIBSE JOURNAL, 2015)
REVESTIMENTOS CERÂMICOS E PLACAS XPS	Inspeção	Avaliar a integridade da cerâmica, destacamentos ou desgaste do betume.	Percussão ligeira com martelo de nylon para detetar sons ocos (vazios de colar)	Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do *Facility Management*)	O som oco indica perda de aderência sobre o núcleo da placa XPS	(WEDI, s.d.)
	Limpeza	Higienização da cerâmica e eliminação de sabão/gorduras nas juntas	Lavagem com água e detergentes comerciais de pH neutro	Eq. Limpeza e Utente	Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Proibido o uso de produtos com ácido fluorídrico (atacam o vidrado)	(REVIGRÉS, s.d.)
	Pro-ação	Evitar água parada por períodos prolongados nas partes secas do pavimento	Secagem rápida do piso com rodo ou mopa após utilizações intensivas	Utente	Diariamente	Nulo (ação comportamental)	Diminui o tempo de contacto da água com a selagem periférica, prevenindo infiltrações	(Chew, 2005)
	Correção	Substituição pontual de peças cerâmicas fraturadas ou renovação do betume em juntas degradadas	Remoção cuidadosa da peça (sem perfurar a placa XPS subjacente), colagem da nova cerâmica e selagem das juntas	Eq. Manutenção	Pós-deteção de avaria	Médio (~40€ a 70€/intervenção - Mão de obra técnica + peças de reserva)	É importante manter em stock algumas caixas da cerâmica original ou especificar cerâmicas nacionais de fácil acesso	(WEDI, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Renovação estética ou remodelação do revestimento cerâmico do pod	Retirada do revestimento antigo, regularização do cimento-cola e novo assentamento	Eq. Especializada	20 a 25 anos	Elevado (~75€ a 120€ / m^2 - Inclui demolição, fornecimento de nova cerâmica, cola, betume e mão de obra especializada)	Frequência ditada maioritariamente por obsolescência estética/funcional	(Rodrigues, 2025) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenir o choque mecânico pontual sobre a cerâmica e a placa XPS	Evitar a queda de objetos pesados (ex: secadores de cabelo) sobre o pavimento e base da duche	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	A placa XPS absorve impactos, mas o choque mecânico excessivo pode estalar o vidrado cerâmico	(WEDI, s.d.) e (REVIGRÉS, s.d.)

Fichas Cadastrais e de Manutenção - *Pod BaseLine*								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
INSTALAÇÕES E INTERFACES | ABASTECIMENTO DE ÁGUA	Inspeção	Verificação visual de fugas nas ligações flexíveis das louças e teste de pressão/caudal	Observação das ligações sob o lavatório e teste tátil de humidade	Eq. Limpeza e Eq. Manutenção	Trimestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do *Facility Management*)	Detetar microfugas cedo evita danos nas placas de gesso cartonado	(Rodrigues, 2025)
	Limpeza	Remoção de incrustações calcárias nos aeradores dos misturadores	Remoção manual da ponta da torneira e limpeza com solução anticalcário	Eq. Limpeza	Semestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Crucial em zonas de água dura para manter o caudal de projeto	(SANINDUSA, s.d.)
	Pro-ação	Reaperto preventivo de ligações flexíveis e calibração de ligações da duche	Utilização de chave de bocas para garantir o torque adequado nas uniões roscadas	Eq. Manutenção	Anualmente	Baixo (~15€/intervenção - hora técnica)	Evita o desaperto gradual causado pelos golpes de aríete (pressão da água)	(SANINDUSA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Correção	Troca de cartuchos cerâmicos das misturadoras ou flexíveis degradados	Corte de água, desmontagem do manípulo, troca do cartucho e teste	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria	Médio (~30€-60€/intervenção Inclui mão de obra + material)	Modelos mais comuns e de fácil acesso reduzem os custos e tempo de correção	(SANINDUSA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição de troços da tubagem por fadiga/rotura	Demolição do revestimento, corte e prensagem de nova tubagem	Eq. Especializada	Apenas em caso de sinistro	Elevado (~500€ a 1200€ / intervenção global - O valor reflete o custo conjugado da canalização, demolição de paramentos e reconstrução com novos revestimentos e impermeabilizações)	Tubagem multicamada tem vida útil longa; evento extremamente raro	(UPONOR, s.d.) (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenção do esmagamento dos cartuchos cerâmicos das misturadoras	Fechar os manípulos das torneiras com suavidade, sem aplicar força execissa para travar a água	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O aperto excessivo destrói prematuramente os vedantes interiores, causando gotejamento	(SANINDUSA, s.d.)
INSTALAÇÕES E INTERFACES | ESGOTO	Inspeção	Avaliação da velocidade de escoamento e deteção de odores (falta de selo hídrico)	Deixar correr a água 1 minuto e observar se acumula na base de duche ou lavatório	Eq. Limpeza e Utente	Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A lentidão indica princípio de entupimento	(WIRQUIN, s.d.)
	Limpeza	Remoção de cabelos e resíduos orgânicos do sifão e da válvula. Higienização da sanita	Remoção da tampa superior por extração manual e lavagem do copo interno. Limpeza da sanita Rimflush sem abrasivos.	Eq. Limpeza e Utente	Mensalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	O modelo do sifão Wirquin Slim+ garante a limpeza pelo topo, não requerendo ferramentas. O Rimflush da sanita especificada elimina rebordo oculto	(WIRQUIN, s.d.) e (SANINDUSA, s.d.)
	Pro-ação	Prevenção de obstruções por sólidos no ramal de descarga da sanita e preservação do selo hídrico do sifão	Aplicação de enzimas biológicas e realização de descargas pesadas em *pods* com pouca ocupação	Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Preserva a borracha do emboque e substitui o uso preventivo de químicos altamente corrosivos	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Desobstrução mecânica da sanita ou prumada, e troca de anel de borracha do sifão	Uso de desentupidor, de ventosa ou cabo flexível de desentupimento (sem químicos)	Eq Especializada	Pós-deteção de avaria	Médio (~40€-60€)	Proibido o uso de soda cáustica ou ácidos industriais, que derretem as borrachas de vedação	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Substituição	Substituição de mecanismos do autoclismo, tubagem rígida de queda ou caixa do sifão	Troca rápida das válvulas móveis (autoclismo) ou acesso à parte inferior do *pod* para troca de PVC	Eq Especializada	Pós-deteção de avaria	Baixo válvulas (~35€ a 60€ / intervenção - Deslocação + Peça) e Elevado PVC (~300€ a 800€ / intervenção global - Inclui mão de obra especializada com a reposição de tetos falsos/lajes)	O mecanismo de descarga da sanita é o único componente sujeito a desgaste mecânico contínuo	(SANINDUSA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenção da obstrução do selo hídrico e do ramal de descarga	Proibição absoluta de descarte de toalhas húmidas, pensos, algodão ou detritos não solúveis na sanita e no duche	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	A principal causa de manutenção corretiva pesada em esgotos de edifícios provém do descarte indevido	(CIBSE JOURNAL, 2015)

Fichas Cadastrais e de Manutenção - *Pod BaseLine*								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
INSTALAÇÕES E INTERFACES | ELÉTRICA	Inspeção	Teste do disjuntor diferencial (RCD) e verificação de ruído anormal no extrator	Acionamento manual do botão "T" (Teste) no quadro elétrico do *pod* e teste funcional das luminárias	Eq, Manutenção	Trimestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	O teste do diferencial é obrigatório por lei para garantir o corte de energia em caso de contacto com água	(DGEG, 2006)
	Limpeza	Desobstrução da grelha do extrator de ar e luminárias LED	Aspiração a seco (sem recurso a água/panos húmidos)	Eq. Limpeza	Mensalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A acumulação de pó no extrator bloqueia a saída de ar, aumentando a humidade e acelerando o aparecimento de fungos	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Pro-ação	Reaperto dos terminais de ligação no quadro elétrico e verificação de conectores	Utilização de chave de fendas isolada para aplicar o torque correto nos parafusos dos disjuntores e tomadas	Eq Especializada	Anualmente	Baixo (~25€/intervenção - hora técnica)	As vibrações do edifício e o aquecimento/arrefecimento dos fios fazem os parafusos desapertar com o tempo, criando risco de incêndio	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Correção	Substituição de drivers (transformadores) LED, lâmpadas, tomadas ou motor do extrator	Consignação (corte de tensão), remoção da peça danificada e ligação do novo componente Plug & Play	Eq Especializada	Pós-deteção de avaria	Médio (~35€-50€/intervenção inclui mão de obra + material)	A utilização de conetores elétricos rápidos (ex: fichas tipo Wago) acelera drasticamente a substituição do componente	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição integral da cablagem elétrica ou do quadro elétrico do pod	Remoção dos fios antigos e passagem de novos cabos condutores de cobre pelos tubos embutidos	Eq Especializada	Pós-deteção de avaria severa	Elevado (~100€-250€/ intervenção inclui mão de obra + material)	A cablagem está isolada dentro de tubo corrugado flexível, o que permite trocar os fios sem ter de partir o pladur ou a cerâmica	(DGEG, 2006) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenção do arrancamento de tomadas e proteção do motor de extração	Desconectar aparelhos puxando pela cabeça da ficha (nunca pelo cabo). Não tapar ou direcionar aerossóis diretamente para a grelha do extrator	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	Puxar pelo cabo arranca as garras da tomada da placa de gesso. Os aerossóis colam as pás do extrator e queimam o motor	(CIBSE JOURNAL, 2015)

Fichas Cadastrais e de Manutenção - *Pod BaseLine*								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
JUNTAS	Inspeção	Verificação da integridade física e aparecimento de fungos (bolor) nas juntas de silicone e argamassa	Inspeção visual detalhada nos encontros parede-piso, piso-teto, entre revestimentos, contorno da base da duche e sanita	Eq. Limpeza / Eq. Manutenção e Utente	Mensalmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Sinais de descolamento ou fissuras requerem intervenção imediata para evitar infiltrações ocultas	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Limpeza	Higienização e desinfeção das superfícies para eliminação de restos de sabão/gordura	Lavagem com detergente neutro ou solução antifúngica suave. Expressa proibição de esfregões abrasivos	Eq. Limpeza e Utente	Diariamente / Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Os restos de sabão e gordura alimentam os fungos que destroem o silicone aos poucos	(MAPEI, s.d.)
	Pro-ação	Manutenção da eficiência do sistema de exaustão de ar para controlo da humidade relativa	Monitorização do caudal do extrator para evitar a condensação permanente sobre as juntas	Eq. Manutenção	Trimestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Sem humidade de condensação, os fungos não conseguem se desenvolver aumentando a vida útil do vedante	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Renovação localizada de cordões de silicone degradados ou com bolor entranhado	Remoção mecânica do silicone velho, desinfeção com álcool isopropílico e aplicação de novo cordão de silicone acético fungicida	Eq. Manutenção	~3 a 5 anos	Baixo (~15€-30€/intervenção inclui mão de obra + material)	O novo silicone deve curar totalmente (24h) antes da utilização do duche	(MAPEI, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Raspagem e reaplicação integral das juntas de rejuntamento entre cerâmicas	Remoção da argamassa superficial danificada com raspador elétrico e aplicação de argamassa de alto desempenho	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria (>10 anos)	Médio a Elevado (~150€ a 350€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	A escolha inicial de argamassas aditivadas com tecnologia hidrófuga (DropEffect) e antimofo (BioBlock) ajuda a evitar esta operação	(IPQ, 2021) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Maximização do tempo de secagem das selagens	Secagem rápida dos empoçamentos e garantia de que o espaço está ventilado para secagem do silicone	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O tempo prolongado de contacto com a humidade inativa os aditivos fungicidas do silicone	(MAPEI, s.d.) e (CIBSE JOURNAL, 2015)

Fichas Cadastrais e de Manutenção - *Pod BaseLine*								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
ACESSÓRIOS	Inspeção	Verificação da firmeza das fixações mecânicas (toalheiros, porta-rolos), estabilidade do resguardo de vidro e dobradiças da porta	Teste tátil e visual para detetar folgas nos parafusos de fixação à parede ou desalinhamento da folha da porta	Eq. Limpeza / Eq. Manutenção e Utente	Mensalmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	A deteção precoce de folgas evita que o acessório arranque a placa de gesso ou parta a cerâmica	(IPQ, 2021)
	Limpeza	Higienização do espelho, painéis de vidro do resguardo e puxadores	Uso de panos de microfibras e limpa-vidros. Proibição de ácidos ou lixívias que oxidam o cromado das ferragens	Eq. Limpeza e Utente	Diariamente / Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A limpeza dos puxadores reduz a transmissão de anomalias cruzadas	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Pro-ação	Lubrificação de ferragens móveis (dobradiças da porta, fechadura e rodízios do resguardo de duche)	Aplicação pontual de spray de silicone seco (evita a acumulação de poeiras) nos eixos de rotação e calhas	Eq. Limpeza/ Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Garante o deslize suave do vidro e da porta, poupando esforço mecânico às fixações e evitando ruídos	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Reaperto de parafusos ocultos nos espelhos/toalheiros, afinação da porta ou substituição da fechadura/puxador	Uso de chaves adequadas para repor o torque nas fixações	Eq. Manutenção	Pós-deteção de avaria	Baixo (~20€ a 45€ /intervenção - hora técnica)	Os puxadores e fechaduras são os elementos arquitetónicos com maior taxa de avaria mecânica por ação do utilizador	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição integral do tampo da sanita, do espelho quebrado ou do resguardo de vidro do duche	Desconexão mecânica completa do elemento danificado e montagem de componente idêntico	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria (fim de vida ou vandalismo)	Médio a Elevado (~60€ a 300€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	O tampo da sanita (plástico/resina) é o componente de maior desgaste físico. O resguardo exige cuidado no manuseamento de vidro temperado	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Mitigação da fadiga mecânica nas fixações e dobradiças	Não pendurar toalhas molhadas, roupas ou aplicar peso corporal sobre os puxadores das portas e toalheiros	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O peso estático contínuo cede as buchas na placa de gesso e desnivela a folha da porta	(CIBSE JOURNAL, 2015)

A.2 FICHAS CADASTRAIS E DE MANUTENÇÃO ADICIONAIS *SUPERPOD ORIGAMI*

Fichas Cadastrais e de Manutenção Adicionais - SuperPod Origami								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
INSTALAÇÕES | MATRIZ HIDRÁULICA (RACK)	Inspeção	Verificação de fugas nas uniões dos coletores e válvulas	Inspeção visual com lanterna no interior do rack e verificação tátil	Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Detetar microfugas cedo evita danos nos painéis de gesso	(UPONOR, s.d.)
	Limpeza	Limpeza de poeiras nos tubos e isolamentos térmicos	Pano seco ou aspiração ligeira	Eq. Limpeza	Semestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Evita acumulação de detritos no fundo do rack	(UPONOR, s.d.)
	Pro-ação	Manobrar o mecanismo de válvulas de corte (seccionamento)	Fechar e abrir totalmente todas as válvulas de corte dos coletores	Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Válvulas não manobradas bloqueiam por acumulação de calcário	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Substituição de O-rings ou válvulas de corte	Isolamento do ramal e substituição da peça danificada	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria	Médio (~45€ a 75€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	As uniões de aperto rápido dentro do rack dispensam demolições	(UPONOR, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição integral do coletor por fadiga	Corte da alimentação principal, drenagem e instalação de nova tubagem	Eq. Especializada	15 a 20 anos ou pós-deteção de avaria severa	Elevado (~150€ a 250€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	A porta do rack deve garantir espaço de manobra para a ferramenta	(UPONOR, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prervenção de danos mecânicos	Não utilizar o espaço remanescente do rack como zona de arrumos (ex.: baldes e vassouras), prevenindo o choque contra as tubagens	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O isolamento térmico das tubagens é frágil e rasga-se facilmente com o atrito	(UPONOR, s.d.)
INSTALAÇÕES | COMPONENTES HIDRÁULICOS COZINHA	Inspeção	Inspeção das selagens do lava-louças (cuba) e caudal da misturadora	Verificação do silicone	Eq. Limpeza, Eq. Manutenção e Utente	Mensalmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Perda de silicone causa infiltração e inchaço da bancada	(ROCA, s.d.)
	Limpeza	Higienização do sifão e ramal de descarga	Escoamento de água a ferver ou solução enzimática	Eq. Limpeza e Utente	Trimestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A gordura solidificada é a principal causa de entupimento	(PECOL, 2022)
	Pro-ação	Limpeza do filtro da torneira	Desaperto manual, imersão em vinagre e recolocação	Eq. Limpeza e Utente	Semestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Mantém o caudal ideal	(ROCA, s.d.)
	Correção	Desobstrução mecânica do sifão e ramal	Abertura do copo do sifão ou uso de desentupidor	Eq. Manutenção	Pós-deteção de avaria	Médio (~40€ a 75€ /intervenção - Inclui mão de obra)	A acessibilidade imediata pelo móvel é garantida pelo DfM	(ROCA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Troca integral da misturadora, sifão ou lava-louças (cuba)	Fecho das válvulas no rack, desconexão das ligações flexíveis por baixo do móvel e instalação de novos componentes	Eq. Manutenção	10 a 15 anos ou pós-deteção de avaria severa	Médio a Elevado (~80€ a 250€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	O DfM garante que todas as ligações de água estão acessíveis dentro do armário e rack, não exigindo qualquer quebra de parede	(ROCA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Proteção da drenagem	É estritamente proibido despejar óleos alimentares, borras de café ou químicos cáusticos (ex.: soda cáustica) diretamente no ralo do lava-louças (cuba)	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	A soda cáustica derrete os vedantes de borracha (O-rings) do sifão, causando vazamentos no interior do módulo	(ROCA, s.d.)

Fichas Cadastrais e de Manutenção Adicionais - SuperPod Origami								
SUBSISTEMA / EFM	**AÇÕES**	**O QUÊ**	**COMO**	**QUEM**	**QUANDO**	**CUSTO (Estimativa/Escala)**	**OBS.**	**FONTE**
INSTALAÇÕES | ELETRODOMÉSTICOS INTEGRADOS	Inspeção	Inspeção do estado dos vedantes do frigorífico e fixação do forno	Inspeção visual e teste de estabilidade mecânica	Eq. Limpeza e Utente	Trimestralmente	Nulo (ação comportamental)	Borrachas rasgadas aumentam o consumo de energia	(AEG, s.d.) e (TEKA, s.d.)
	Limpeza	Desengorduramento de exaustor e forno	Lavagens dos filtros metálicos e limpeza interior do forno	Eq. Limpeza e Utente	Mensalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Acumulação de gordura no exaustor apresenta risco de incêndio	(AEG, s.d.)
	Pro-ação	Substituição de filtro do exaustor	Remoção e encaixe de novas pastilhas	Eq. Manutenção e Utente	Semestralmente	Médio (~20€ a 40€ - custo apenas do filtro)	Essencial em cozinhas sem extração direta para o exterior	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Correção	Reparação de placas de indução	Intervenção técnica da marca	Assistencia técnica oficial	Pós-deteção de avaria	Médio a Elevado (~80€ a 200€ - Inclui deslocamento + reparação)	Danos no vidro da placa implicam frequentemente em perda total	(AEG, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Troca integral de aparelhos	Remoção dos encastres e instalação de novos aparelhos	Eq. Manutenção	7 a 12 anos ou pós-deteção de avaria severa	Elevado (~300€ a 800€ / por aparelho)	Padronização de vãos para equipamentos, conforme maioria encontrada no mercado, facilita a substituição	(AEG, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenção de choques térmicos e mecânicos	Utilizar apenas panelas compatíveis com indução. Evitar derramar líquidos frios sobre a placa quente. Efetuar descongelação regular do frigorífico (se não for No-Frost)	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	Grande parte das quebras de placas vitrocerâmicas advém de mau uso do utente (impacto)	(AEG, s.d.)
BOMBA DE CALOR PARA AQS	Inspeção	Verificar pressões de trabalho e estado do ânodo de magnésio	Leitura do manómetro e medição da resistência do ânodo	Eq. Manutenção e Eq.Especializada	Anualmente	Baixo (incluído nos custos de manutenção preventiva (AVAC/AQS)	O desgaste do ânodo de magnésio sem substituição fura o depósito por corrosão	(MIDEA, s.d.)
	Limpeza	Limpeza dos filtros de ar e exterior do aparelho	Aspiração de poeiras e lavagem de malha do filtro com água e detergente neutro	Eq. Limpeza e Utente	Trimestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	Filtros obstruídos aumentam o consumo de energia	(MIDEA, s.d.) e (CIBSE JOURNAL, 2015)
	Pro-ação	Teste da válvula de segurança de pressão	Abertura manual rápida para libertar calcário da mola	Eq. Manutenção	Anualmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Evita bloqueio da válvula e sobrepressão	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Troca de resistência de apoio ou sondas	Isolamento dentro do rack e aplicação de peças originais	Eq. Especializada	Pós-deteção de avaria	Elevado (~120€ a 250€ - Inclui deslocamento + mão de obra + peça)	O rack técnico permite extrair as peças sem necessidade da remoção da bomba de calor	(MIDEA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição integral em fim de ciclo de vida	Desconexão das uniões e extração	Eq. Especializada	10 a 15 anos ou pós-deteção de avaria severa	Elevado (~1.200€ a 2.500€ - Inclui equipamento novo + instalação)		(MIDEA, s.d.) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Controle do termóstato e fluxo de ar	Manter a regulação entre 55 °C e 60 °C. Nunca obstruir as grelhas de admissão/extração de ar do rack	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	Temperaturas extremas aceleram a precipitação de calcário. A falta de ar queima o compressor	(CIBSE JOURNAL, 2015)

Fichas Cadastrais e de Manutenção Adicionais - SuperPod Origami								
SUBSISTEMA / EFM	AÇÕES	O QUÊ	COMO	QUEM	QUANDO	CUSTO (Estimativa/Escala)	OBS.	FONTE
MÓVEIS | MARCENARIAS	Inspeção	Verificação das selagens de silicone da bancada	Inspeção visual dos cordões de silicone entre bancada/parede e parede/lava-louças (cuba)	Eq. Limpeza e Utente	Mensalmente	Nulo (ação comportamental)	A infiltração de água sob o laminado causa danos irreversíveis ao material	(IKEA, s.d.)
	Limpeza	Limpeza da superfície da bancada e frente dos armários	Utilização de pano macio humedecido com detergente neutro, seguido de secagem imediata com pano seco	Eq. Limpeza e Utente	Diariamente / Semanalmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	É estritamente proibido o uso de excesso de água, máquinas a vapor ou esfregões abrasivos	(IKEA, s.d.)
	Pro-ação	Alinhamento preventivo de portas e gavetas	Verificação de folgas para garantir que as portas não roçam no rebordo da bancada ao fechar	Eq. Manutenção	Anualmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	A fricção contínua destrói o acabamento expondo a madeira à humidade	(CIBSE JOURNAL, 2015)
	Correção	Refazer selagens de silicone degradadas	Remoção do cordão velho com estilete e aplicação de novo selante de silicone antifungo	Eq, Manutenção	Pós-deteção de avaria	Baixo (~30€ a 50€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	Os rasgos no silicone da bancada devem ser reparados urgentemente	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Substituição da bancada em laminado ou módulos de marcenaria da cozinha	Desmontagem dos tampos ou módulos afetados, mantendo o restante da estrutura intacta	Eq. Manutenção e Eq.Especializada	10 a 15 anos ou pós-deteção de avaria severa	Elevado (~150€ a 300€ - novo módulo de cozinha)	A padronização modular permite substituir apenas a secção danificada	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevenção de danos a superfície laminada	Nunca colocar panelas ou tabuleiros quentes diretamente sobre a bancada (usar bases de proteção). Nunca cortar alimentos diretamente sobre o laminado (usar tábuas de corte). Limpar derrames de líquidos imediatamente	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	O choque térmico derrete a cola do laminado, criando bolhas. Os cortes profundos quebram a impermeabilização da bancada	(IKEA, s.d.)
FERRAGENS DOS PAINÉIS ARTICULADOS	Inspeção	Verificação da abertura e fecho dos painéis	Teste de abertura e fecho total para detectar atritos e ruídos	Eq. Limpeza e Utente	Trismestralmente	Nulo (ação comportamental)	O desalinhamento agrava o esforço sobre os parafusos de fixação	(BLUM, s.d.)
	Limpeza	Limpeza de calhas e dobradiças ocultas	Aspiração a seco de poeiras nas calhas e passagem de pano seco nas ferragens	Eq.Limpeza e Utente	Trimestralmente	Baixo (Custos operacionais correntes)	A acumulação de pó húmido misturado com o lubrificante cria uma pasta abrasiva	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (BLUM, s.d.)
	Pro-ação	Afinação e lubrificação	Aperto dos parafusos de regulação das dobradiças e aplicação de spray de Teflon	Eq. Manutenção	Semestralmente	Baixo (incluído nos custos globais do Facility Management)	Garante o movimento suave do painel e previne o desgaste prematuro do metal	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (BLUM, s.d.)
	Correção	Reparação de pontos de fixação desgastados	Preenchimento de furos alargados com buchas de resina e refixação da dobradiça	Eq. Manutenção e Eq.Especializada	Pós-deteção de avaria	Médio (~40€ a 60€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	Ocorre frequentemente devido a puxões bruscos por parte do utente	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Substituição	Troca integral de dobradiças, compassos ou calhas	Desaperto do sistema antigo e instalação de novas ferragens	Eq. Manutenção e Eq.Especializada	7 a 10 anos ou pós-deteção de avaria severa	Médio (~50€ a 100€ /intervenção - Inclui mão de obra + material)	A utilização de ferragens estandardizadas europeias garante a facilidade de encontrar peças de substituição	(CIBSE JOURNAL, 2015) e (CYPE, s.d.)
	Condições de Utilização	Prevensão de desgaste mecânico	Não pendurar objetos, toalhas ou aplicar peso corporal sobre os painéis articulados quando estes estão abertos. Efetuar os movimentos de abertura e fecho de forma suave	Utente	Uso contínuo	Nulo (ação comportamental)	As dobradiças têm um limite de carga. O peso extra causa o arrancamento dos parafusos do painel.	(BLUM, s.d.)

A.3 MANUAIS DE SERVIÇO: PLANOS DE MANUTENÇÃO E MANUAL DE UTILIZAÇÃO

Plano Manutenção 20 anos - *Pod BaseLine*

EFM	AÇÃO	ATIVIDADE	Q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Paredes e Tetos Pintados	In	Global (humidade)	A	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	Lm	Custos correntes	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Ação comportamental	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	St	Repintura programada de tetos	5A	-	-	-	-	€ 65	-	-	-	-	€ 65	-	-	-	-	€ 65	-	-	-	-	€ 65
Revestimentos Cerâmicos	In	Percussão	S	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20
	Lm	Custos correntes	Sm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Ação comportamental	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	St	Após 20/25 anos	20A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juntas de Silicone	In	Fissuras/Fungos	S	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	Lm	Custos Correntes	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Verificação caudal de extração de ar	T	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15
	St	Renovação cordões	10A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 250
Instalações | Água	In	Fugas e Caudal	T	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15
	Lm	Custos correntes	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Aperto de flexíveis	A	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	St	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instalações | Esgoto	In	Escoamento e Selo Hídrico	S	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	Lm	Custos correntes	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Aplicação Enzimática	S	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	St	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instalações | Elétrica	In	Teste disjuntor	T	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15	€ 15
	Lm	Custos correntes	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Reaperto	A	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25	€ 25
	St	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acessórios	In	Fixações	S	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	Lm	Custos correntes	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pr	Lubrificação	S	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
	St	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Custo anual estimado				€ 160	€ 160	€ 160	€ 160	€ 225	€ 160	€ 160	€ 160	€ 160	€ 475	€ 160	€ 160	€ 160	€ 160	€ 225	€ 160	€ 160	€ 160	€ 160	€ 475
Custo acumulado				€ 160	€ 320	€ 480	€ 640	€ 865	€ 1.025	€ 1.185	€ 1.345	€ 1.505	€ 1.980	€ 2.140	€ 2.300	€ 2.460	€ 2.620	€ 2.845	€ 3.005	€ 3.165	€ 3.325	€ 3.485	€ 3.960

Legenda:

In – Inspeção; Lm – Limpeza; Pr – Pro-ação; St – Substituição

20A– 20 anos; 10A– 10 anos; 5A– 5 anos; A – anualmente; S – semestralmente; T – trimestralmente; M – mensalmente;

Sm – semanalmente; D – diariamente

Plano Manutenção 20 anos - SuperPod Origami																															
EFM	**AÇÃO**	**ATIVIDADE**	**Q**	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**		**7**		**8**		**9**		**10**		**11**		**12**		**13**		**14**		**15**		**16**		**17**		**18**		**19**		**20**	
Paredes e Tetos Pintados	In	Global (humidade)	A	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos correntes	S	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Ação comportamental	D	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	St	Repintura programada de tetos	5A	-		-		-		-		€	65	-		-		-		-		€	65	-		-		-		€	65	-		-		-		-		€	65
Revestimentos Cerâmicos	In	Percussão	S	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20
	Lm	Custos correntes	Sm	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Ação comportamental	D	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	St	Após 20/25 anos	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Juntas de Silicone	In	Fissuras/Fungos	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos Correntes	D	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Verificação caudal de extração de ar	T	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15
	St	Renovação cordões	10A	-		-		-		-		-		-		-		-		-		€	250	-		-		-		-		-		-		-		-		€	250
Instalações | Esgoto	In	Escoamento e Selo Hídrico	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos correntes	M	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Aplicação Enzimática	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Instalações | Elétrica	In	Teste disjuntor	T	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15	€	15
	Lm	Custos correntes	M	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Reaperto	A	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25	€	25
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Acessórios	In	Fixações	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos correntes	D	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Lubrificação	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Matriz Hidráulica Rack	In	Fugas nos coletores	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos correntes	S	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Manobra de válvulas	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	St	Troca válvulas	15A	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		€	200	-		-		-		-		-	
Instalações | Hidráulica Cozinha	In	Selagens	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	Lm	Custos correntes	T	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Custos correntes	S	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Instalações | Eletrodomésticos	In	Ação comportamental	T	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Lm	Custos correntes	M	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Substituir filtro exaustor	S	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70	€	70
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Bomba de Calor AQS	In	Pressão e Filtros	A	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20
	Lm	Custos correntes	T	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Teste válvula segurança	A	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Movéis | Marcenaria	In	Ação comportamental	M	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Lm	Custos correntes	D	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Alinhamento portas	A	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20	€	20
	St	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Ferragens Painéis Articulados	In	Ação comportamental	T	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Lm	Custos correntes	T	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pr	Lubrificação	S	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10	€	10
	St	Troca ferragens	10A	-		-		-		-		-		-		-		-		-		€	75	-		-		-		-		-		-		-		-		€	75
Custo anual estimado				€	295	€	295	€	295	€	295	€	360	€	295	€	295	€	295	€	295	€	685	€	295	€	295	€	295	€	295	€	560	€	295	€	295	€	295	€	295	€	685
Custo acumulado				€	295	€	590	€	885	€	1.180	€	1.540	€	1.835	€	2.130	€	2.425	€	2.720	€	3.405	€	3.700	€	3.995	€	4.290	€	4.585	€	5.145	€	5.440	€	5.735	€	6.030	€	6.325	€	7.010

MANUAL DE UTILIZAÇÃO
PARA O UTENTE

1.REGRAS GERAIS (O QUE NUNCA FAZER)

A integridade dos sistemas do seu módulo depende da prevenção de danos acidentais. Por favor, respeite rigorosamente as seguintes proibições:

Produtos Químicos: É estritamente proibido o uso de soda cáustica ou ácidos industriais nos ralos. Estes químicos derretem as borrachas de vedação e causam fugas graves. Produtos com ácido fluorídrico são igualmente proibidos, pois atacam o vidrado das cerâmicas.

Obstrução de Esgotos: É estritamente proibido o descarte de toalhas húmidas, pensos, algodão ou detritos não solúveis na sanita e no duche. No lava-louças (cuba) da cozinha, é proibido despejar óleos alimentares ou borras de café.

Sobrecargas e Pesos: Não se deve pendurar toalhas molhadas, roupas ou aplicar peso corporal sobre os puxadores das portas, toalheiros ou resguardos. O peso estático contínuo cede as fixações e desnivela as portas. De igual modo, não pendure objetos nem aplique peso sobre os painéis articulados quando estes estão abertos.

Instalações Elétricas e Equipamentos: Para desligar aparelhos, puxe sempre pela cabeça da ficha e nunca pelo cabo, evitando arrancar as garras da tomada. Não tape nem direcione aerossóis diretamente para a grelha do extrator de ar, pois isso cola as pás e queima o motor.

Acessos Técnicos: Não utilize o espaço remanescente do rack técnico como zona de arrumos para baldes ou vassouras, prevenindo choques que possam rasgar o isolamento térmico e danificar as tubagens.

IMPORTANTE:
O incumprimento dessas regras pode provocar danos não cobertos pela garantia e reduzir a vida útil dos materiais e equipamentos.

2.LIMPEZA E HIGIENE DIÁRIA

A conservação dos acabamentos requer rotinas suaves e produtos adequados:

Paredes, Tetos e Bancadas: A limpeza deve ser feita com um pano macio ligeiramente húmido e detergente neutro. A tinta do teto é lavável, mas não resiste a abrasivos. Para as bancadas de marcenaria, utilize um pano húmido seguido de secagem imediata com pano seco. É expressamente proibido o uso de excesso de água, máquinas a vapor ou esfregões abrasivos em qualquer destas superfícies.

Cerâmicas e Juntas de Silicone: Lave com água e detergentes comerciais de pH neutro ou soluções antifúngicas suaves. É fundamental garantir a secagem rápida do piso com um rodo ou mopa após utilizações intensivas (como o banho). Evite deixar água empoçada nas partes secas do pavimento, pois isso inativa os aditivos fungicidas do silicone e diminui o tempo de vida das selagens.

Vidros e Espelhos: Utilize panos de microfibras e limpa-vidros comuns, evitando ácidos ou lixívias que oxidam o cromado das ferragens e puxadores.

3.CUIDADOS COM A CASA DE BANHO

Uso das Torneiras: Feche os manípulos das torneiras com suavidade, sem aplicar força excessiva para travar a água. O aperto excessivo destrói prematuramente os vedantes interiores e causa gotejamento.

Prevenção de Choques: Evite a queda de objetos pesados (como secadores de cabelo) sobre o pavimento e a base de duche. Embora a base tenha absorção de impacto, um choque excessivo pode estalar o vidrado cerâmico.

Controlo de Humidade (Ventilação): Para prevenir a condensação e o aparecimento de bolor no teto falso, mantenha a porta do módulo entreaberta após o banho ou garanta que o tempo de pós-ventilação do extrator mecânico não é interrompido.

4.CUIDADOS COM A COZINHA E ELETRODOMÉSTICOS

1.Proteção da Bancada em Laminado: Nunca coloque panelas ou tabuleiros quentes diretamente sobre a bancada; utilize sempre bases de proteção para evitar choques térmicos que derretem a cola e criam bolhas. Nunca corte alimentos diretamente sobre o laminado, utilizando sempre tábuas de corte para não quebrar a impermeabilização. Limpe qualquer derrame de líquidos imediatamente.
2.Placa de Indução e Frigorífico: Utilize apenas panelas compatíveis com indução e evite derramar líquidos frios sobre a placa quente. Se o seu frigorífico não possuir a tecnologia No-Frost, efetue a descongelação de forma regular.
3.Painéis Articulados: Efetue os movimentos de abertura e fecho de todas as portas e painéis de forma suave.
4.Bomba de Calor (AQS): A regulação do termóstato deve ser mantida entre os 55°C e os 60°C. Temperaturas mais elevadas aceleram a acumulação de calcário. Nunca obstrua as grelhas de admissão ou extração de ar do rack térmico, pois a falta de ar queima o compressor.