



**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**  
Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura

# **Arquitectura, Sustentabilidade e Coordenação Modular**

**“Desenvolvimento de sistema construtivo modular”**

**Vitor Hugo Barros de Sousa | 20792**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Arquitectura**

Orientador: Prof. Doutor Luiz António Pereira de Oliveira

**Covilhã, Outubro de 2011**



# AGRADECIMENTOS

Apesar de uma dissertação, devido à sua finalidade académica, ser um trabalho individual, há contributos que não podem deixar de ser destacados. A realização deste trabalho contou directa e indirectamente com a colaboração de diversas pessoas, a quem o autor deseja, desta forma, expressar o seu agradecimento.

Em especial, um agradecimento ao Professor Doutor Luiz António Pereira de Oliveira. O autor expressa o seu agradecimento pela disponibilidade sempre demonstrada e apoio científico prestado.

# RESUMO

Tendo como tema geral a sustentabilidade, este estudo tem como objectivo, contribuir para uma melhor integração da arquitectura neste tema. É um tema que começa actualmente a ser bastante tido em conta por grande parte dos Arquitectos e Engenheiros, de modo a valorizar as suas obras, contentando ao público e consequentemente a eles próprios com “projectos meio sustentáveis”.

É tido como objectivo o desenvolvimento de um sistema construtivo, completamente reutilizável, capaz de originar inúmeras formas construtivas, proporcionando todo o conforto necessário aos seus utilizadores.

Pretende-se numa primeira fase estudar aquilo que foi já visto por diferentes autores sobre o assunto, passando depois para o estudo da melhor geometria para a sua composição, verificar qual a forma mais apropriada para a sua futura aplicação e perceber como devem conciliar-se todos os componentes de um objecto arquitectónico de maneira a garantir a sua viabilidade. Seguidamente é mostrada a aplicação do sistema desenvolvido em projectos de diferentes agregados familiares, adaptando a proposta à realidade dos nossos dias.

Espera-se que este estudo contribua para a forma como a sustentabilidade é vista e pensada, transmitindo as vantagens da utilização da coordenação modular na forma como se pensa um objecto arquitectónico e todos os seus elementos, contribuindo para a preservação de recursos ambientais e trazendo ainda variadas vantagens económicas.

**Palavras-chave:** Homem, coordenação modular, sustentabilidade, reciclagem, produtividade, ambiente.

# ABSTRACT

With the theme of sustainability, this study aims to contribute to a better integration of architecture in this area. It is a theme that begins now to be taken into account by most architects and engineers, in order to valorize their works.

It is intended the development of a constructive system, fully reusable, which can lead to many constructive ways, providing all the necessary comfort to users.

It is intended initially to study what has already been seen by different authors on the subject, going on to study the best geometry for its composition, which determine the most appropriate for its future application and understand how all components must interact to be one architectural object in order to ensure its viability. Then it is shown the application of the developed system, in different projects, adapting the proposal to the reality of our day.

It is hoped that this study will contribute to how sustainability is seen and thought, showing the advantages of using modular coordination in how they think an architectural object and all its elements, contributing to the preservation of environmental resources and bringing even various economic benefits.

**Keywords:** Man, modular coordination, sustainability, recycling, productivity, environment

# ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE GERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	x
SIGLAS	xii

---

## **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO**

---

<b>1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>	<b>1</b>
<b>1.2 OBJECTIVOS</b>	<b>4</b>

## **CAPÍTULO II – ASPECTOS HISTÓRICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR**

---

<b>2.1 O MÓDULO</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 OS GREGOS</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 OS ROMANOS</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 OS JAPONESES</b>	<b>7</b>
<b>2.2 DO MÓDULO À COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>7</b>
<b>2.3 SÉCULO XX</b>	<b>9</b>

## **CAPÍTULO III – TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR**

---

<b>3.1</b>	<b>OBJECTIVOS DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>O MÓDULO</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1</b>	<b>COMPONENTES MODULARES</b>	<b>16</b>
<b>3.2.1.1</b>	<b>SISTEMA DE REFERÊNCIA</b>	<b>16</b>
<b>3.2.1.1.1</b>	<b>RETICULADO MODULAR ESPACIAL DE REFERÊNCIA</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1.1.2</b>	<b>QUADRICULADO MODULAR DE REFERÊNCIA OU MALHA MODULAR</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1.2</b>	<b>SISTEMA MODULAR DE MEDIDAS</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1.2.1</b>	<b>MULTIMÓDULOS</b>	<b>19</b>
<b>3.2.1.2.2</b>	<b>SUBMÓDULOS</b>	<b>19</b>
<b>3.2.1.2.3</b>	<b>MEDIDA MODULAR</b>	<b>20</b>
<b>3.2.1.3</b>	<b>SISTEMA DE AJUSTES E TOLERÂNCIAS OU AJUSTE MODULAR</b>	<b>20</b>
<b>3.2.1.4</b>	<b>SISTEMA DE NÚMEROS PREFERENCIAIS</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2</b>	<b>DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE UM COMPONENTE MODULAR</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>	<b>23</b>

## **CAPÍTULO IV – SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

---

<b>4.1</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-FABRICADO EM BETÃO</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE FIBRA DE VIDRO</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE AÇO GALVANIZADO</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE PVC (POLICLORETO DE VINILA)</b>	<b>28</b>
<b>4.5</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA E ESTRUTURA METÁLICA</b>	<b>29</b>
<b>4.6</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO EM PERFIS DE AÇO ZINCADO (STEEL FRAMING)</b>	<b>30</b>

## **CAPÍTULO V – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO**

---

<b>5.1</b>	<b>OBJECTIVOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO</b>	<b>34</b>
<b>5.2.1</b>	<b>ESTUDO PRELIMINAR</b>	<b>35</b>
<b>5.2.1.1</b>	<b>ESTRUTURA</b>	<b>35</b>

5.2.1.2	COBERTURA	35
5.2.1.3	PAINÉIS / PAREDES	35
5.2.1.4	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	36
5.2.2	PROJECTO BÁSICO	36
5.2.2.1	ESTRUTURA	36
5.2.2.2	COBERTURA	37
5.2.2.3	PAINÉIS / PAREDES	37
5.2.3	PROJECTO EXECUTIVO	37
<b>5.3</b>	<b>1ª FASE – ESTUDO PRELIMINAR</b>	<b>38</b>
5.3.1	FUNCIONALIDADE DA HABITAÇÃO	39
5.3.1.1	1 PESSOA	41
5.3.1.2	2 PESSOAS	41
5.3.1.3	2 PESSOAS + 1 JOVEM	42
5.3.1.4	2 PESSOAS + 2 JOVENS	42
5.3.2	ESTRUTURA	43
5.3.2.1	FUNDAÇÕES	43
5.3.2.2	PILARES	47
5.3.2.3	VIGAS	55
5.3.2.4	PAREDES/LAJES	60
5.3.2.5	PORTAS / JANELAS	65
5.3.2.6	MOLDES DE ENCAIXE	66
<b>5.4</b>	<b>2ª FASE – PROJECTO BÁSICO</b>	<b>67</b>
5.4.1	PEÇAS DESENHADAS	67
<b>5.5</b>	<b>3ª FASE – PROJECTO EXECUTIVO</b>	<b>68</b>
5.5.1	PEÇAS DESENHADAS	68
5.5.2	MEMÓRIA DESCRITIVA	69
5.5.2.1	COMPOSIÇÃO DA CONSTRUÇÃO	69
5.5.2.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	71
5.5.2.2.1	MÓDULOS CONSTRUTIVOS	71
5.5.2.2.2	FUNDAÇÕES	72
5.5.2.2.3	VIGAS / PILARES	72
5.5.2.2.4	PAREDES / LAJES	73
5.5.2.2.5	MOLDES DE ENCAIXE	74
5.5.2.2.6	TETOS	74
5.5.2.2.7	PAVIMENTO	74
5.5.2.2.8	COBERTURAS	75
5.5.2.2.9	VÃOS	75
5.5.2.2.10	PINTURAS	75
5.5.2.2.11	LOIÇAS SANITÁRIAS	75
5.5.2.2.12	REDE DE ÁGUAS, ESGOTOS E ELECTRICIDADE	76

<b>5.6 APLICABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DESENVOLVIDO</b>	<b>76</b>
---	-----------

## **CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

<b>6.1 CONCLUSÃO</b>	<b>79</b>
----------------------	-----------

<b>6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>80</b>
---	-----------

---

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>81</b>
-----------------------------------	-----------

<b>REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS</b>	<b>82</b>
---------------------------------	-----------

<b>ANEXOS</b>	<b>83</b>
---------------	-----------

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Esquema da relação entre elementos construtivos típicos da arquitectura grega	5
<b>Figura 2.2</b>	Palácio de cristal	8
<b>Figura 2.3</b>	O Modulor (Le Modulor)	11
<b>Figura 3.1</b>	Sistema de referência	16
<b>Figura 3.2</b>	Reticulado modular espacial de referência	17
<b>Figura 3.3</b>	Quadriculados modulares de referência	18
<b>Figura 3.4</b>	Medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular	21
<b>Figura 4.1</b>	Sistema pré-fabricado em betão – fase de construção	25
<b>Figura 4.2</b>	Sistema de grandes painéis pré-fabricados em betão – fase de construção	25
<b>Figura 4.3</b>	Sistema em painéis de fibra de vidro – fase de construção e obra concluída	26
<b>Figura 4.4</b>	Sistema em painéis de aço galvanizado – fase de montagem em fábrica	27
<b>Figura 4.5</b>	Sistema em painéis de aço galvanizado – fase de montagem em fábrica	27
<b>Figura 4.6</b>	Sistema em painéis de PVC – fase de construção	28
<b>Figura 4.7</b>	Sistema em painéis de PVC – fase de montagem da cobertura e obra pronta	29
<b>Figura 4.8</b>	Sistema em alvenaria e estrutura metálica – fase de construção	29
<b>Figura 4.9</b>	Esquema de sistema em perfis de aço zincado (steel framing)	30
<b>Figura 5.1</b>	Malha modular proposta (exemplo)	38
<b>Figura 5.2</b>	Esquema representativo do módulo habitacional e da sua multiplicação	40
<b>Figura 5.3</b>	Esquema representativo das necessidades espaciais (1 pessoa)	41
<b>Figura 5.4</b>	Esquema representativo das necessidades espaciais (2 pessoas)	41
<b>Figura 5.5</b>	Esquema representativo das necessidades espaciais (2 pessoas + 1 jovem)	42
<b>Figura 5.6</b>	Esquema representativo das necessidades espaciais (2 pessoas + 2 jovens)	42
<b>Figura 5.7</b>	Fundações do tipo directa superficial (Bloco, sapata, viga, radier)	44
<b>Figura 5.8</b>	Fundações do tipo indirecta profunda	44
<b>Figura 5.9</b>	Esquema da inserção das sapatas na malha modular (exemplo)	46
<b>Figura 5.10</b>	Esquema representativo do estudo das fundações	47
<b>Figura 5.11</b>	Tipos de pilares (betão armado e perfil metálico)	48
<b>Figura 5.12</b>	Tipos de pilares quanto à sua implantação em obra	48
<b>Figura 5.13</b>	Esquema da inserção dos pilares na malha modular (exemplo)	49
<b>Figura 5.14</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P1)	50

<b>Figura 5.15</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P2)	50
<b>Figura 5.16</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P2_a)	51
<b>Figura 5.17</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P2_b)	51
<b>Figura 5.18</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P3)	52
<b>Figura 5.19</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P3_a)	52
<b>Figura 5.20</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P4)	53
<b>Figura 5.21</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P5)	53
<b>Figura 5.22</b>	Esquema representativo do estudo dos pilares (P6)	54
<b>Figura 5.23</b>	Esquema representativo dos diferentes tipos de pilares	54
<b>Figura 5.24</b>	Tipos de vigas (perfil metálico e betão armado)	55
<b>Figura 5.25</b>	Esquema da inserção das vigas na malha modular (exemplo)	56
<b>Figura 5.26</b>	Esquema representativo do estudo das vigas	56
<b>Figura 5.27</b>	Esquema representativo do estudo das vigas	57
<b>Figura 5.28</b>	Esquema representativo do estudo das vigas	58
<b>Figura 5.29</b>	Esquema representativo do estudo das vigas	59
<b>Figura 5.30</b>	Esquema representativo do estudo das vigas	59
<b>Figura 5.31</b>	Tipos de paredes (painéis e tijolo cerâmico)	60
<b>Figura 5.32</b>	Esquema da inserção das paredes na malha modular (exemplo)	61
<b>Figura 5.33</b>	Esquema representativo do estudo das paredes (W)	62
<b>Figura 5.34</b>	Esquema representativo do estudo das paredes (W_a, W_b, W_c)	63
<b>Figura 5.35</b>	Esquema representativo do estudo das lajes (L)	64
<b>Figura 5.36</b>	Esquema representativo do estudo da introdução de janelas nas paredes	65
<b>Figura 5.37</b>	Esquema representativo do estudo da introdução de portas nas paredes	66
<b>Figura 5.38</b>	Esquema representativo do estudo dos moldes de encaixe (M1, M2, M3, M4)	66
<b>Figura 5.39</b>	Esquema representativo das diferentes necessidades espaciais	70
<b>Figura 5.40</b>	Esquema representativo das diferentes camadas constituintes das paredes	73
<b>Figura 5.41</b>	Tipos de moldes de encaixe	74
<b>Figura 5.42</b>	Módulo espacial (1 pessoa)	76
<b>Figura 5.43</b>	Módulo espacial (2 pessoas)	77
<b>Figura 5.44</b>	Módulo espacial (2 pessoas + 1 jovem)	77
<b>Figura 5.45</b>	Módulo espacial (2 pessoas + 2 jovens)	77
<b>Figura 5.46</b>	Esquema da utilização de diferentes módulos para gerar projectos de grande escala	78

# ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> Medidas modulares romanas	6
<b>Tabela 2.2</b> Ano da publicação das primeiras normas de coordenação modular nos respectivos países	13
<b>Tabela 5.1</b> Características das fundações	45

# SIGLAS

AEP – Agência Europeia para a Produtividade

ajM – Ajuste modular

Cm – centímetros

M – Módulo

mm – Milímetros

m<sup>2</sup> – Metros quadrados

mM – Medida modular

mN – Medida nominal

M/n - Submódulo

n.M – Multimódulos

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior



# CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Não é de hoje, que se houve falar em alterações no meio ambiente causadas pelo Homem. Já Júlio Verne, em algumas das suas obras, descrevia este tipo de modificações que o Homem causaria na natureza. Com o contínuo crescimento da população as necessidades de consumo aumentaram, levando conseqüentemente ao acréscimo da produção. Começando a viver em grutas, dada altura vivíamos já em grandes cidades como Londres, Berlim, Paris, Rio de Janeiro, Nova-Iorque, Tóquio, etc...

Apesar de se associar os maiores impactos por nós causados no meio ambiente, aos poluentes emitidos pelas fábricas e pelos automóveis, são os edifícios, tanto de habitação como de todas as outras funções, os principais responsáveis pelos impactos causados à natureza, pois consomem mais de metade de toda a energia usada nos países desenvolvidos e produzem mais de metade de todos os gases que têm vindo a modificar o nosso clima. É o ser humano o principal responsável pelos impactos que se presenciaram actualmente, prevendo-se, que estes se venham a sentir ainda com maior intensidade do que é já observado nos dias actuais. É por isso importante a consciencialização de cada um para reverter esta situação, trabalhando para atingirmos realmente a sustentabilidade.

Tendo como tema geral a sustentabilidade, é então necessário contribuir para uma melhor integração deste tema na arquitectura.

Um projecto de arquitectura sustentável deve considerar o edifício como parte do habitat vivo, comprometendo-se a divulgar formas de construir com o menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais. A elaboração de um projecto de arquitectura na procura por uma maior sustentabilidade deve considerar todo o ciclo de vida de um edifício, a sua construção, o seu uso, manutenção e a sua reciclagem ou demolição. (Yeang, 1999)

“É extremamente importante que o profissional tenha em mente que todas as soluções encontradas não são perfeitas, sendo apenas uma tentativa de busca em direcção a uma arquitectura mais sustentável. Com o avanço tecnológico sempre surgirão novas soluções mais eficientes.” (YEANG,1999).



Passa assim, a ser um requisito da indústria da construção civil a habilidade de maximizar a construção e minimizar o tempo e o custo de execução, sem deixar de garantir o desempenho desejável do edifício. Os projectos virados para o tema “sustentabilidade”, mostram-se, nos dias que correm, cada vez mais prestigiados e valorizados, devido ao aumento da preocupação da população em geral com o nível de poluição e destruição já causado. Existem propostas extremamente interessantes, que mostram grande avanço no que toca a conciliar arquitectura com sustentabilidade, mas, por outro lado, vemos propostas de projectos autodenominados de eco sustentáveis, vistos como obras inovadoras, contentando a população em geral e por sua vez, os seus autores, que se apoderam do verde e dos métodos de utilização de energias sustentáveis como imagem de um projecto, que quando melhor avaliados, acabam no final, por ser um “projecto meio sustentável”, onde apesar de incluir materiais recicláveis, significativa parte da construção não tem aproveitamento futuro e a maioria dos materiais podem ser reciclados, mas apenas para utilizações exclusivas, não acautelando por vezes despesas e dificuldades que este tipo de reutilização possa trazer.

A necessidade de repensar a maneira como projectamos é evidente, é necessário trabalhar para melhorar as condições da produção mundial de bens e serviços, reduzir os padrões de consumo excessivos e diminuir o desperdício de recursos. Para que a indústria da construção civil seja capaz de responder às exigências da realidade moderna, é necessário que esta esteja capacitada a construir edifícios que, para além de respeitarem as condições indispensáveis, como habitabilidade, funcionalidade, durabilidade e segurança, devem também apresentar características relacionadas com a produtividade, optimização de custos e desempenho ambiental, requisitos de grande importância e que apresentam actualmente desafios para os profissionais da área.

O facto é que a indústria de construção civil apresenta-se actualmente como um sector de carácter heterogéneo em relação à sua produção. Consoante a região alteram-se as regras, normas e métodos de construção, que levam a uma baixa de produtividade e aumento do desperdício.

A coordenação modular é um método bastante utilizado em muitas indústrias, tendo marcado a indústria da construção civil num grande número de países por todo o mundo. A principal vantagem na utilização deste método passa por princípios económicos, relacionados com a redução de custos em várias etapas do processo construtivo. Esta redução ocorre tanto através da optimização do uso da matéria-prima, como pela criatividade na decisão do projecto, de modo a conseguir um aumento de produtividade e uma diminuição das perdas.

Em relação à sustentabilidade, a utilização da coordenação modular possibilita um melhor aproveitamento dos componentes construtivos e, conseqüentemente, uma otimização do consumo de matéria-prima, do consumo energético na sua produção e de custos em inúmeras etapas do processo de fabrico.

Segundo Yeang (1999), 40% das matérias-primas (por peso) extraídas em todo o mundo são usadas na indústria da construção civil, sendo ainda responsável por 20% a 26% dos resíduos que compõem os aterros. Os desperdícios são hoje em dia uma questão ambiental. Face a esta realidade, para que se possa levar à indústria da construção civil as mesmas vantagens presentes noutras indústrias, verifica-se ser necessário a adopção de um sistema de medidas que ordene a construção, desde o fabrico de cada componente, passando pelo projecto, chegando à execução da obra, e ainda mais tarde, à manutenção. O sistema capaz de atingir esse objectivo é a coordenação modular.

É importante a normalização de métodos, técnicas e modos de actuar na indústria da construção civil, de modo a que esta possa realmente responder às necessidades que actualmente se apresentam. Não é de hoje que o módulo aparece destacado na composição de obras arquitectónicas, fazendo parte integrante da construção, de modo a tornar obras de grande escala viáveis. Desde a construção das grandes pirâmides aos templos gregos e romanos presenciamos o uso do módulo, de modo a facilitar a sua elaboração e economizar tanto na matéria-prima como nas várias fases do processo de construção.

A utilização do módulo mostra-se como um forte aliado para preservar o nosso clima. É importante repensar o modo como reutilizamos os materiais à nossa disposição, sendo igualmente importante saber como e em que situações fazê-lo, tendo em conta as características de cada material e a zona da sua proveniência.

A reciclagem é praticamente um sinónimo de práticas ambientalistas, que passa pelo reaproveitamento da matéria-prima para a sua reutilização. São inúmeros os materiais que podem ser reutilizados. Temos como exemplos mais comuns o papel, o vidro, o metal e o plástico. A reciclagem acarreta como maior vantagem a diminuição da utilização de recursos naturais, muitas vezes não renováveis, e a diminuição de desperdícios, levando conseqüentemente à diminuição dos aterros e matéria a necessitar de ser incinerada. Mas o “verdadeiro” conceito de reciclagem aplica-se apenas a materiais que podem voltar ao seu estado original e ser transformado num produto igual em todas as suas características. Já a reutilização passa pela transformação de um determinado material em outro, apesar das suas semelhanças. Um exemplo claro disto é o papel e o vidro, que quando reciclados apresentam diferentes características, como a sua cor, textura e dureza. Isto acontece devido à impossibilidade de fazer o material utilizado ao seu estado original. Já o alumínio, por exemplo, pode ser “derretido”, voltando ao seu estado original, sem perder as suas características

iniciais, podendo assim ser reciclado continuamente. A própria palavra “reciclagem”, que deriva do inglês “recycle” (re = repetir, e cycle = ciclo), mostra precisamente esta ideia (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Reciclagem>).

Faz-se aqui a diferenciação entre reciclagem e reutilização. É importante ter presente a diferença entre estes dois conceitos quando se pretende compreender como diminuir o impacto da indústria da construção civil no meio ambiente.

Todos estes conceitos devem ser tidos em conta na forma como pensamos as nossas casas. Os estragos já causados pelo crescimento da indústria despreocupada são enormes, tornando-se urgente contrariar esses factos, é dever dos arquitectos repensar as suas opções e decisões, acautelando o impacto que estas irão ter, directa ou indirectamente, a curto ou longo prazo.

## 1.2 OBJECTIVOS

Tendo em conta aquilo que é feito hoje em termos de aliar a arquitectura à sustentabilidade, é tido como objectivo contribuir para o melhoramento do tema sustentabilidade no que diz respeito ao modo como todo o processo de construção de um edifício é idealizado.

Em síntese, os objectivos da presente dissertação são o desenvolvimento de um estudo sobre as vantagens da utilização da coordenação modular na fase de dimensionamento de todos os elementos do edifício, pensando a constituição desses mesmos elementos e o modo como estes devem interagir entre si. Importante também é pensar nas técnicas construtivas, nos materiais a utilizar e numa forma de reduzir não só o custo de todos os trabalhos, mas também otimizar ao máximo a matéria-prima utilizada, nunca esquecendo a importância de garantir todas as condições aos seus utilizadores.

# CAPÍTULO II – ASPECTOS HISTÓRICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

## 2.1 O MÓDULO

A palavra módulo tem origem no latim *modulu*, que significa medida adoptada para regular as proporções de diversas partes (ROSSO, 1976).

Fazendo uma breve retrospectiva na história da utilização do módulo na arquitectura, é preciso ter em conta o carácter estético dos gregos; o carácter-estético-funcional dos romanos; e o carácter funcional dos japoneses.

### 2.1.1 OS GREGOS

Na “ordem” grega, a proporção dos elementos estava ligada à beleza e à harmonia. O diâmetro da coluna era utilizado para unidade básica das dimensões, não só da própria coluna, mas também de todas as outras dimensões que compõem a obra arquitectónica. Também o espaço entre as colunas era baseado no diâmetro das mesmas, um excelente exemplo entre ritmo arquitectónico e exigências estruturais. Na arquitectura grega, o vão da esquina era menor em relação aos outros vãos, de modo a que os componentes “pré-fabricados” se mantivessem com a mesma dimensão dos restantes vãos. Baseados neste princípio, os frisos e as vigas mantinham a mesma dimensão ao longo de toda a fachada (CHING, 1998).

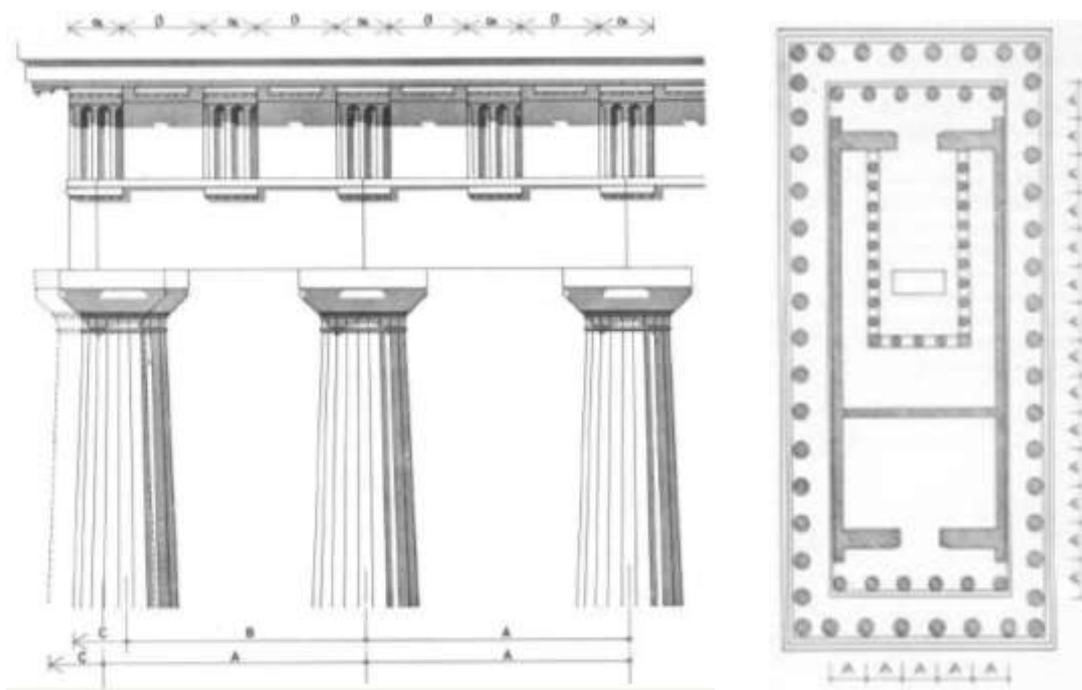


Figura 2.1: Esquema da relação entre elementos construtivos típicos da arquitectura grega – alçado e planta.

Fonte: Nissen, 1976

Na figura 2.1, podemos observar que o vão menor (B), apesar que apresentar dimensão diferente dos restantes (A), encontra-se estruturalmente em harmonia com os mesmos, mantendo dessa forma as dimensões dos frisos e das vigas iguais. A linha tracejada mostra onde estaria posicionada a coluna se os vãos “A” e “B” fossem iguais.

Também através da planta podemos observar como toda a construção é dimensionada a partir de um módulo. Mesmo sendo o diâmetro da coluna a dimensão moduladora da arquitectura grega, o tamanho desta variava (ordem toscana, dórica, jónica, coríntia), adaptando-se depois o edifício à sua dimensão.

## 2.1.2 OS ROMANOS

Na civilização romana, o planeamento das cidades e dos edifícios obedeciam também a um reticulado modular. Os romanos serviram-se também do módulo para estabelecer medidas tanto de componentes construtivos, como de tubos, telhas, tijolos, colunas e ladrilhos, indo ainda ao pormenor de modular dimensões de copos e pratos, levando já em conta a espessura das juntas ou a sobreposição de peças (ROSSO, 1976).

Vitruvio, arquitecto romano, chamava de *ratio symetriorum* aos tamanhos modulares dos elementos construtivos dos romanos, que eram pequenos múltiplos de várias unidades padrão. No quadro seguinte podemos observar como as medidas modulares romanas eram idênticas a pequenos múltiplos inteiros de uma unidade padrão. Todas as unidades romanas podiam ser usadas como módulos, de acordo com as circunstâncias (Centro de Construção BOUWCENTRUM, 1972).

Tabela 2.1: Medidas modulares romanas. Fonte: Centro de construção Bouwcentrum, 1972

Componentes	Dimensões
Tubo cerâmico para água	Comprimento modular: 1 <i>gradu</i> (passo)
<i>Tegula</i> (telha)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>cubitu</i> (osso longo situado na face interna do antebraço) = 6 <i>palmi</i> (palma: porção da mão entre o punho e os dedos)
<i>Imbrex</i>	Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Laje de tijolos para <i>hypocaustu</i> (sistema de calefação)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>bipedalis</i> (2 pés) = 8 <i>palmi</i>
Pequena coluna de pedra para <i>hypocaustu</i>	Largura modular: 1 <i>semis</i> = 2 <i>palmi</i> Altura modular: 2 <i>pedes</i> = 8 <i>palmi</i>
Tijolo <i>lydica</i>	Largura modular: 1 <i>pes</i> = 4 <i>palmi</i> Altura modular: 1 <i>palmus</i> Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Vários ladrilhos quadrados para pisos	Áreas modulares = 1 <i>cubitu</i> quadrado ou 1 <i>pes</i> quadrado ou 1 <i>bes</i> quadrado
Vários ladrilhos hexagonais	Largura modular: 1 <i>bes</i> ou 1 <i>triens</i> ou 2 <i>unciae</i> (polegadas)
Pequenas pedras e tijolos para mosaicos de pisos	Espaço modular: 1 <i>uncia</i> cúbica ou 1 <i>semiuncia</i> cúbica ou 1 <i>silicus</i> (rocha) cúbico

### 2.1.3 OS JAPONESSES

No Japão implantou-se uma unidade de medida, o *ken*, que apesar de no início ser apenas usado para dimensionar a separação entre colunas e não apresentasse uma dimensão fixa, logo foi normalizado para ser aplicado na arquitectura residencial. Passou a ser uma medida absoluta, passando a reger toda a estrutura, os materiais e os espaços da arquitectura japonesa (ROSSO, 1976).

O tatame, por ser usado em todos os espaços internos, levou à necessidade de os espaços terem que ser dimensionados de forma a receber no piso, um número inteiro de tatames. As medidas de uma habitação eram expressas pelo número de tatames utilizados.

Numa casa típica japonesa, a trama *ken*, regia os espaços. Na figura seguinte vemos uma residência típica japonesa, onde as medidas do módulo possibilitam a disposição de espaços rectangulares totalmente, de forma totalmente livre, segundo modelos lineares, agrupados ou arbitrários (CHING, 1998).

## 2.2 DO MÓDULO, À COORDENAÇÃO MODULAR

Segundo Rosso (1976), a primeira aplicação moderna da coordenação modular foi o Palácio de Cristal, projectado por Joseph Paxton, construído entre 1850 e 1851, para a exposição universal de Londres.

“...a partir de então arquitectos e engenheiros de várias escolas e nacionalidades, sensíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em massa, começaram a submeter o processo arquitectónico a um profundo trabalho de revisão para colocar os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos (ROSSO, 1976).

No ano de 1851 realizou-se a primeira exposição industrial internacional, realizada no Hyden Park, em Londres. A comissão organizadora patrocinou um concurso internacional, cujo primeiro prémio ganhou pelo arquitecto francês Hector Horeau. Posteriormente o projecto foi recusado pela comissão, pois este pretendia uma edificação que fosse desmontável e na qual fossem empregues componentes reutilizáveis. Devido a isso a comissão decidiu iniciar o seu próprio projecto, uma obra da autoria do arquitecto Donaldson e do engenheiro Brunel. O projecto resultante mostrou-se impraticável, uma vez que este teria de ser construído em ferro num prazo muito curto.

Joseph Paxton, já com novas propostas a serem desenvolvidas, apresenta um estudo baseado nas suas experiências adquiridas com outros projectos, sendo este escolhido pela

comissão. A obra foi concluída dentro do orçamento e prazos esperados (9 meses). Isto foi possível apenas devido ao rigoroso estudo e detalhe feito de todos os elementos da construção, do método de produção, do sistema de montagem, do tempo de construção e do rigoroso controlo de custos. Os elementos que foram utilizados na construção foram desenhados para serem produzidos em massa, com as técnicas existentes na época, permitindo a sua montagem e desmontagem (NISSEN, 1976).

O pavilhão, constituído por 71.500m<sup>2</sup>, foi totalmente construído com componentes pré-fabricados. O elemento condicionador do módulo foi o vidro, que na altura não podia ter dimensões maiores que 240 cm.



Figura 2.2: Palácio de cristal. Fonte: Gossel, 1991

Construtivamente, o palácio de cristal, figura 2.2, passa por uma série de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular. O espaço resultante da somatória dos elementos padronizados e industrializados derivou da tecnologia empregue e do estudo racional da interacção entre elementos, dos condicionantes técnicos da época e dos limites económicos e de tempo. Esta obra antecipou cerca de cem anos a problemática que os arquitectos e engenheiros do pós-guerra na Europa deveriam enfrentar com a industrialização, tal como a substituição da dimensão métrica pela dimensão modular, a produção padronizada dos componentes e também considerações como necessidades económicas, funcionais e técnicas.

O palácio de cristal mostrou-se realmente representativo como construção. Em poucos anos inúmeras estruturas semelhantes foram erguidas por todo o mundo, começando-se posteriormente a usar este método para a construção de casas para emigrantes, instalações hospitalares e outros edifícios de variadas funções. No início do ano de 1867 nada existia sobre o território que seria a cidade de Cheyenne. Em menos de três meses foram edificadas mais de três mil casas pré-fabricadas, que mesmo depois de habitadas podiam ser transportadas de um lugar para o outro sobre veículos pesados. Simultaneamente às noções de industrialização, mostram-se também presentes as noções de flexibilidade e mobilidade que a arquitectura actual persegue. Mostra-se um pouco difícil compreender o porquê de a pré-fabricação, que parecia uma conquista aceite, foi abandonada (GOSSEL, 1991).

## 2.3 SÉCULO XX

No século XX a industrialização alastrou-se a vários sectores, a arquitectura não pôde deixar de passar por uma profunda revisão, levando profissionais da área a iniciarem vários estudos a respeito da construção pré-fabricada e conseqüentemente da coordenação modular. Era necessária a padronização dos componentes construtivos, não era possível continuar a suportar altos custos e longos períodos de obra, reduzindo ainda os desperdícios (CHEMILLIER, 1980).

Em 1921, o arquitecto Le Corbusier afirmou que era necessário que as casas fossem produzidas em série, em fábricas com linhas de montagem como Ford montava os seus automóveis (CHEMILLIER, 1980).

O arquitecto alemão Walter Gropius antecipou os tempos e as fases da coordenação modular, projectando o bairro operário *Weissenhof* em 1927 e a *Casa Ampliável* em 1932. Ambas as obras foram montadas em estrutura metálica e vedação de painéis de cortiça revestidos no exterior por cimento de amianto. Na casa de *Weissenhof*, a planta era modular e na *Casa Ampliável* a edificação podia crescer por adição de corpos volumétricos, segundo as necessidades. Estas obras podiam ser consideradas, até então, os melhores exemplos tecnológicos sobre o estudo da modulação. Gropius teve em conta as dimensões das juntas, o estudo das esquadrias e dos equipamentos fixos, dimensionalmente coordenados com a malha de referência e o tempo e custo da montagem. Isto demonstra a o quão profundo havia chegado o estudo de Gropius, tanto a nível teórico como tecnológico dos materiais e processos de fabrico (NISSEN, 1976).

Mas já anteriormente a Gropius, Alfred Farwell Bemis havia desenvolvido a possibilidade da utilização do módulo. Originou os primeiros estudos de uma nova técnica de construção, a qual denominou “método modular cúbico”. Este estudo expõe os fundamentos da teoria da coordenação modular, resumida na ideia de que “todos os objectos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar um todo”. Apesar de terem existido críticas ao método sugerido por Bemis, este pode ser considerado a primeira formulação correcta de uma teoria da aplicação do módulo. 4 Polegadas foi a dimensão indicada por Bemis como dimensão do módulo, pois acreditava ser esta a mais racional. Esta mesma dimensão foi recomendada pelo engenheiro Fred Head em 1925, justificando que daria a flexibilidade adequada e estaria relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas de madeira americanas. As ideias de Bemis tiveram repercussão nos primeiros estudos realizados sobre coordenação modular na Europa e nos Estados Unidos (ROSSO, 1976)

Ainda durante a segunda guerra mundial, Ernst Neufert realiza um estudo relativamente complexo sobre o assunto. Na Alemanha, antecipando os problemas futuros de reconstrução devido a problemas bélicos, Neufert conceberam um sistema de coordenação octamétrico (100/8cm), baseado no módulo de 12,5 cm. Apesar do sistema octométrico ter sofrido algumas críticas, principalmente devido ao sistema decimétrico que era opção em vários países, os resultados obtidos com o seu uso comprovam a viabilidade e a eficiência da utilização da coordenação modular (Centro de construção BOUWCENTRUM,1972).

Já em França, Le Corbusier, em 1942 inicia um estudo sobre um sistema de proporcionalidade que adequasse as medidas antropomórficas àquelas necessárias à produção industrial. Para atingir esse objectivo, Le Corbusier, numa das suas publicações, *Le Modulor*, fundamentou-se na matemática, utilizando as dimensões estéticas da secção áurea e da série de Fibonacci e nas proporções do corpo humano. Para Corbusier o módulo passava por um factor de multiplicação de 1,618... (numero de ouro). O *Modulor*, figura 2.3, é composto por uma trama de três medidas: 113cm, 70cm e 43cm. Estas medidas são proporcionais à secção áurea:  $43 + 70 = 113$ ;  $113 + 70 = 183$ ;  $113 + 70 + 43 = 226$ . As medidas 113, 193 e 226 definem os espaços que a figura humana ocupa, respectivamente à altura do plexo solar (figura de um homem de braços levantados). A partir das medidas 113 e 226, Le Corbusier desenvolveu as séries Vermelha e Azul, escalas descendentes das dimensões relacionadas com a estatura humana. Baseou-se na medida de 1,83m por considerar que esta seria o melhor padrão a ser usado por qualquer raça, em qualquer parte do mundo (LE CORBUSIER, 1953).

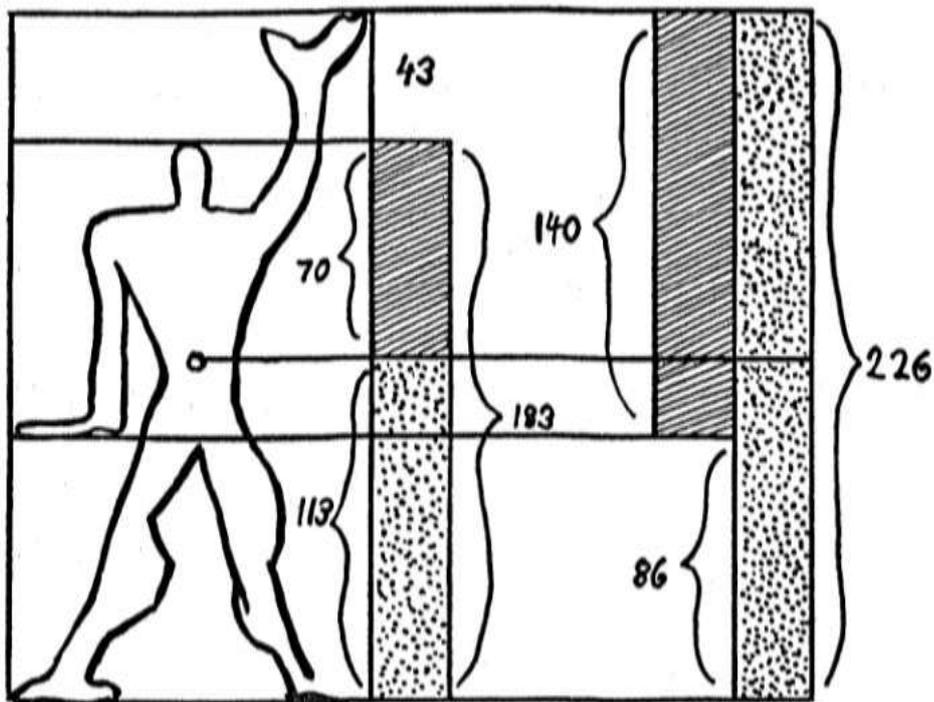


Figura 2.3: O Modulor (*Le Modulor*). Fonte: Le Corbusier, 1953

Apesar de todo o conteúdo dimensional do *Modulor* dar um sentido harmónico às suas dimensões-chave, as suas aplicações eram restritas. Isto dá-se pelo facto de ter pensado mais em termos de instrumento de controlo da arquitectura, do que como elemento de coordenação entre concepção de projecto e produção industrializada da construção. Talvez Corbusier não tenha abordado a questão de forma correcta, os padrões dimensionais devem ser usados com muita precaução, pois as dimensões reais das pessoas variam segundo a idade, o sexo e a raça. No entanto isto não retira o seu mérito na contribuição por uma abordagem mais ampla do tema (ROSSO, 1976).

“O *Modulo* é um sistema de medidas que pode reger-se sobre as longitudes, as superfícies e os volumes, mantendo a escala humana em todas as partes. Pode prestar-se a uma infinidade de combinações, garantir a unidade na diversidade... o milagre dos números” (LE CORBUSIER, 1953).

Ainda durante a guerra, na Suécia, estudou-se a coordenação modular, tomando o módulo de 10 cm como base, enquanto na América do Norte era o de 4 polegadas (10,06 cm). Em Inglaterra, no ano de 1947, devido aos resultados obtidos pelos estudos realizados sobre a coordenação modular durante a Segunda Guerra, o *Building Divisional Council* da *British Standard Institution* criou uma comissão especial encarregada de estudar a proposta da *International Organization Standardization* (ISO) e suas possíveis aplicações. Posteriormente, um comité da ISO para a edificação, verificou que quase todos os países europeus e outros não europeus se dedicavam ao problema, mas ao mesmo tempo, poucas nações optavam pelo estudo das aplicações práticas sob a forma de normalizações nacionais (NISSEN, 1976).

Face a todas as experiências que iam sendo realizadas por diversos países, foi criada, em 1953, a Agência Europeia para a Produtividade (AEP). Faziam parte desta a agência a Alemanha, a Áustria, a Bélgica, a Dinamarca, a Espanha, a Grécia, a Holanda, a Irlanda, a Islândia, a Itália, Luxemburgo, a Noruega, Portugal, o Reino Unido, a Suécia, a Suíça e a Turquia. A AEP verificou que as maiores vantagens da utilização da coordenação modular somente seriam alcançadas com a realização de um estudo metódico a nível internacional. Dada esta necessidade de cooperação internacional, a AEP decidiu organizar um plano especial para o estudo da coordenação modular. Através da partilha de opiniões e experiências dos diferentes países foram realizados estudos com o objectivo de estabelecer requisitos na adopção da medida correspondente ao módulo-base. Estes estudos demonstram que os requisitos seriam satisfeitos pelo módulo 10 cm ou 4 polegadas, como sendo os que melhor se adaptavam a estas exigências. Em 1956 foi publicado o primeiro relatório sobre o Projecto AEP 174, recomendando aos participantes a utilização do módulo de 10 cm para os países que utilizavam o sistema métrico ou o de 4 polegadas para aqueles que utilizavam o sistema pé-polegada. Para cumprir as normas fixadas, em cada país, foi determinado um número de edifícios que caracterizavam e comprovavam a aplicação prática dos princípios propostos. Desta forma a teoria da coordenação modular foi complementada com investigações práticas, baseadas nos experimentos desenvolvidos em cada um dos países que aderiram ao projecto, com a intenção de definir ainda melhor o sistema modular. Países por todo o mundo observavam e adoptavam também normas modulares (NISSEN, 1976).

Na tabela 2.2 é apresentada, em ordem cronológica, uma lista de países e o ano em que publicaram a sua primeira norma sobre coordenação modular e o módulo que haviam adoptado. A França foi o primeiro país a ter uma norma de coordenação modular, em 1942, seguindo-se os Estados Unidos e Bélgica. Portugal viu a sua primeira norma associada à coordenação modular ser publicada em 1953, tendo os 10 cm sido adoptados como módulo.

Tabela 2.2: Ano da publicação das primeiras normas de coordenação modular nos respectivos países.

Fonte: Nissen, 1976

País	Módulo	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polónia	10 cm	1949
Brasil	10 cm	1950
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Roménia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Jugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielorrússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Na Austrália, com a necessidade de solucionar os problemas que se davam na mudança do sistema nacional de medidas pé-polegada para o sistema métrico é publicado o *Modular Metric Handbook 1970*, com o objectivo de facilitar a aplicação do sistema de coordenação decimétrico. O manual incentivava, através da coordenação modular, a implantação de um sistema, em que todos os componentes provenientes de fabricantes diferentes pudessem ser usados simultaneamente no mesmo edifício, excluindo o sistema utilizado, um sistema fechado, que utilizava componentes especialmente desenhados e fabricados para cada projecto. Em 1972, a Inglaterra adopta o sistema de medida métrico.

Os trabalhos sobre normalização surgiram a nível internacional, principalmente na indústria do ferro e do aço, pois era este o sector em que o comércio internacional tinha maior necessidade de acordos comuns, mas, a partir da Segunda Guerra Mundial, com a necessidade de troca de mercadorias entre os países, a necessidade de uma coordenação internacional de dimensões para a edificação tornou-se urgente (NISSEN, 1976).

# CAPÍTULO III – TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR

Para uma melhor compreensão do tema estudo, a coordenação modular, o presente capítulo resume, com base em alguns autores, um pouco da teoria que está por detrás deste tópico.

## 3.1 OBJECTIVOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

Pode dizer-se, de forma genérica, que a coordenação modular tem como objectivo a racionalização da construção. Todas as etapas do ciclo produtivo, desde o projecto de arquitectura, componentes a ser utilizados, matérias-primas empregues, fase de construção, até à manutenção, todos os intervenientes são responsáveis pelo “sucesso” do produto final.

Com normas técnicas bem elaboradas, seguidas por um eficiente sistema de certificação, os componentes passam por uma padronização dimensional, que leva a uma redução da variedade de componentes diferentes a ser utilizados, através da utilização de medidas “preferidas”. A produção passa a ser em série e deixa de ser individualizada, mesmo sendo produzida por indústrias diferentes, passando a ser compatíveis entre si, pois as dimensões utilizadas são múltiplas do módulo (ROSSO, 1976).

*“A padronização dos componentes viabiliza as exportações, abrindo a possibilidade de os produtos circularem internacionalmente. Países como Dinamarca, Espanha, França e Itália utilizaram esta estratégia, para desenvolver as exportações e equilibrar a balança comercial.” (ROSSO, 1976).*

Para além disso, há ainda uma simplificação do projecto, tanto devido ao facto de os pormenores construtivos mais comuns estarem já solucionados, devido à padronização, quanto pelo estabelecimento de uma linguagem gráfica comum a fabricantes, projectistas e construtores, facilitando o entendimento entre os intervenientes no processo construtivo, acabando também por disponibilizar mais tempo ao arquitecto para abordar com mais intensidade a criatividade arquitectónica. Tudo isto traz um aumento da produtividade e uma consequente redução dos custos (LUCINI, 2001).

## 3.2 O MÓDULO

O módulo é universalmente representado por “M”. A maioria dos países adoptou o módulo de 10 cm (decímetro) como módulo base. Podemos dizer que o módulo desempenha três funções essenciais (CAPORIONI, 1971):

- É o denominador comum de todas as medidas;
- É o incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares seja também modular;
- É um factor numérico, expresso em unidades do sistema de medida adoptado ou a razão de uma progressão.

Em 1955, foram estabelecidos cinco requisitos na adopção da medida correspondente ao módulo (CAPORIONI, 1971):

- A dimensão do módulo deve ser “suficientemente” grande para que seja possível estabelecer uma correlação satisfatória entre as dimensões modulares dos componentes e os espaços modulares do projecto;
- O módulo deve ser “suficientemente” pequeno para que os seus múltiplos correspondam, com todas as dimensões de que necessitem, aos diferentes elementos construtivos, de modo a que se reduzam ao mínimo as variações a serem introduzidas nos elementos.
- Será eleito como módulo a maior medida possível, a fim de proporcionar a máxima redução da variedade actual de componentes;
- A dimensão do módulo deve ser expressa por um número inteiro a ser caracterizada por uma relação numérica simples com o sistema de medidas ao qual se refere;
- A dimensão do módulo deve ser escolhida por unanimidade dos países que pretendem adoptar a coordenação modular e será, portanto, dentro dos limites possíveis, igual para todos os países.

### 3.2.1 COMPONENTES MODULARES

Para ser modelarmente coordenado, é preciso ter em conta a selecção e a correlação de um componente. A selecção deve simplificar as linhas de produção, evitando os desperdícios e reduzindo os custos. Tanto a disposição dos componentes e suas relações, como as condições de montagem devem ser asseguradas pela sua correlação.

Para que estes critérios sejam exequíveis, a coordenação modular dispõe de 4 instrumentos fundamentais para nortear a sua estruturação (LUCINI, 2001):

- Sistema de referência;
- Sistema modular de medidas;
- Sistema de ajustes e tolerâncias;
- Sistema de números preferenciais.

#### 3.2.1.1 SISTEMA DE REFERÊNCIA

O sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos, que determinam a posição e a medida de cada componente da construção, permitindo assim a sua conjugação racional, no todo ou em parte (LUCINI, 2001).

“No sistema de referência pode-se estabelecer um plano horizontal de referência, definido por dois eixos cartesianos ortogonais X e Y e dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais X, Y e Z” (LUCINI, 2001).

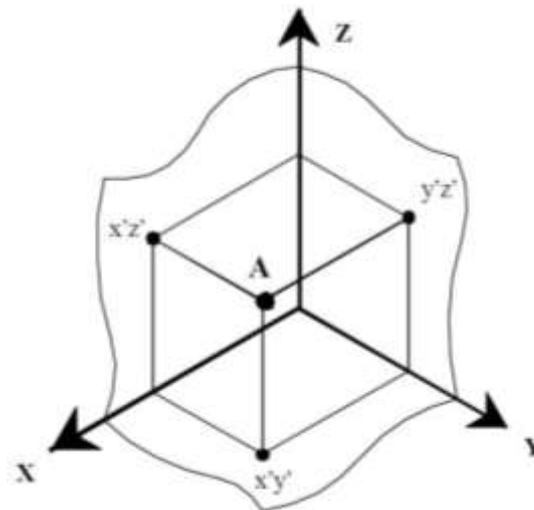


Figura 3.1: Sistema de referência. Fonte: Lucini, 2001

A figura 3.1 mostra o ponto “A” determinado no espaço através das suas projecções nos planos XY, ZX e YZ.

“O sistema de referência é utilizado tanto no momento de projectar componentes ou edificações como quando da execução da obra, resolvendo-se em seu traçado as relações entre os componentes adjacentes, dando a exacta correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou componentes. O módulo gerador do sistema, deve ser então, um número inteiro em relação numérica simples com o sistema de medidas a que se refere. A sua função é a de servir como primeira medida das grandezas da série modular, assim como também a do intervalo dimensional base do sistema de referência”. (MASCARÓ, 1976).

### 3.2.1.1.1 Reticulado modular espacial de referência

O reticulado modular de referência, figura 3.2, é constituído por uma malha espacial, que serve de referência para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos (LUCINI, 2001).

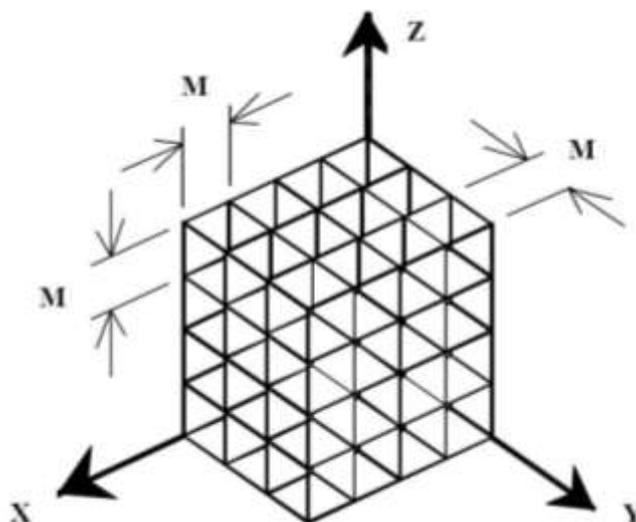


Figura 3.2: Reticulado modular espacial de referência. Fonte: Lucini, 2001

### 3.2.1.1.2 Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência, figura 3.3, é a projecção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo. Tem-se, portanto, um reticulado espacial e quadriculados planos. Estes podem ser, tanto no plano horizontal quanto no vertical, dependendo da representação a ser feita, plantas baixas ou elevações (ROSSO, 1976).

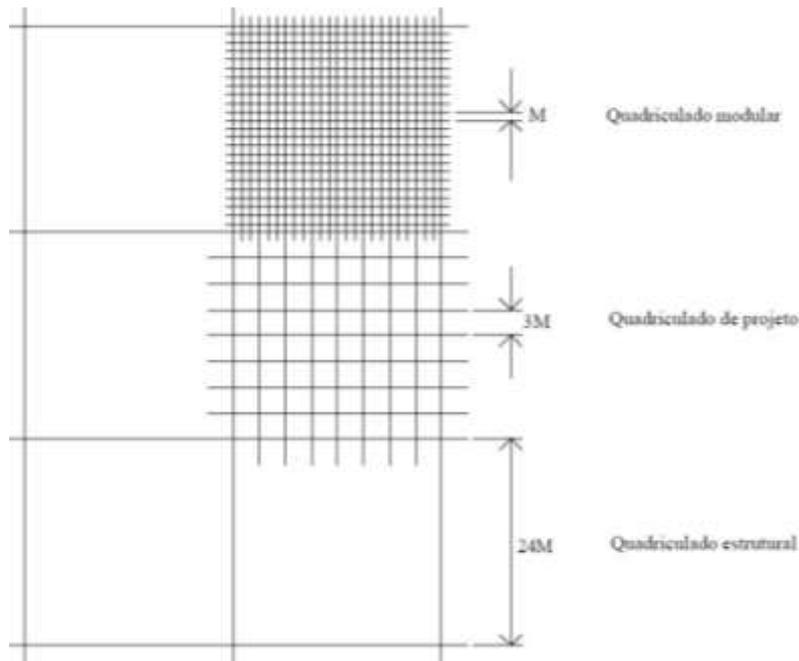


Figura 3.3: Quadriculados modulares de referência (M, 3M e 24M). Fonte: Rosso, 1976

### 3.2.1.2 SISTEMA MODULAR DE MEDIDAS

Este sistema é baseado na unidade de medida da coordenação modular, o módulo, e em alguns múltiplos ou fracionários do mesmo. O módulo constitui o espaço entre planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação modular. Os diferentes componentes deverão ocupar espaços determinados por estes planos.

As características do sistema modular de medidas são (ROSSO, 1976):

- Conter medidas funcionais e de elementos construtivos típicos;
- Ser aditiva em si mesma (por ser a construção um processo aditivo);
- Assegurar a interação das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

Vemos aqui, que para além do módulo-base são necessários *multimódulos* e *submódulos*.

### 3.2.1.2.1 Multimódulos

Como multimódulos ( $n.M$ , em que  $n$  é um número positivo inteiro qualquer) são recomendados segundo alguns autores: 3M, 6M, 12M, 30M, 60M pelo IMG; 12M, 15M, 30M e 60M pela ISO; e 3M, 6M e 12M pela DIN.

Para uma melhor articulação dos elementos e componentes construtivos, é importante a adoção de multimódulos, convenientes à solução construtiva. O uso de multimódulos com um maior número de “divisores” também modular, aumenta as possibilidades de compatibilização de elementos e componentes construtivos de diferentes tipos e funções (ROSSO, 1976).

Exemplo: no módulo 6M, todos os valores são múltiplos de 2M e 3M.

### 3.2.1.2.2 Submódulos

Nem todos os componentes da construção podem ser fabricados segundo dimensões múltiplas do módulo, nomeadamente, aqueles que pelas suas características, são obrigatoriamente inferiores ao módulo-base, como por exemplo, as espessuras de painéis e paredes, tubos, perfis, entre outros. Para se resolver esta situação é admitida a utilização de submódulos ( $M/n$ ) (ROSSO, 1976).

Existindo o perigo de o submódulo ser utilizado com frequência desnecessária, o que conduziria a um aumento da variedade dimensional da gama modular de produtos industriais contrária à economia própria do sistema modular, por isso deve-se observar (MASCARÓ, 1976):

- O submódulo nunca deve ser empregue como o módulo-base;
- A frequência de aplicação do submódulo resultará sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia;
- Quando exigências de ordem estritamente funcional determinem um dimensionamento mínimo múltiplo de um submódulo, deve-se avaliar para cada caso, se a correcção por excesso para a obtenção do multimódulo mais próximo será um encargo compatível com as vantagens económicas da coordenação modular.

### 3.2.1.2.3 Medida modular

Podemos ver a medida modular como a medida igual a um módulo ou a um múltiplo do módulo, de um componente, vão ou distância entre partes da construção.

“A medida modular inclui o componente e a folga, necessária para absorver tanto as tolerâncias no fabrico quanto a montagem em obra, de acordo com as técnicas de construção correspondentes”. (Lucini, 2001).

Ela garante que cada componente disponha de espaço suficiente para a sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente. É expressa pela fórmula (ROSSO, 1976):

$$mM = n.M$$

mM – medida modular

n – qualquer numero positivo inteiro

M - módulo

### 3.2.1.3 SISTEMA DE AJUSTES E TOLERÂNCIAS OU AJUSTE MODULAR

Este sistema estabelece a relação dos componentes da construção com o sistema de referência. Permite definir com segurança os limites dimensionais dos elementos em função das exigências de correlação ou montagem (ROSSO, 1976).

“Ao se considerar a operação de colocação, associação e montagem de um componente em uma posição previamente estabelecida no projecto univocamente relacionada com o sistema de referência, deve-se supor que essas operações se realizem sem a necessidade de adaptações e cortes do material. Para que isso aconteça, é necessário que os componentes, provenientes de fábricas diferentes, possuam medidas idênticas às do projecto, salvo as exigências de união com os outros componentes com os quais irão associar-se”. (Lucini, 2001).

Deve-se ter em conta que um componente está sempre sujeito a variações dimensionais em relação às medidas modulares, devido a possíveis erros de fabrico e de posição, ou de dilatações, contracções e deformações originadas por fenómenos físico-químicos, posteriores à montagem e que exigem um dispositivo que permita absorver estas variações. Isto pode obrigar-nos a respeitar espessuras mínimas para as juntas.

Para Lucini (2001), o ajuste modular compreende a folga perimetral, necessária ao componente para absorver as tolerâncias de fabrico e a sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.

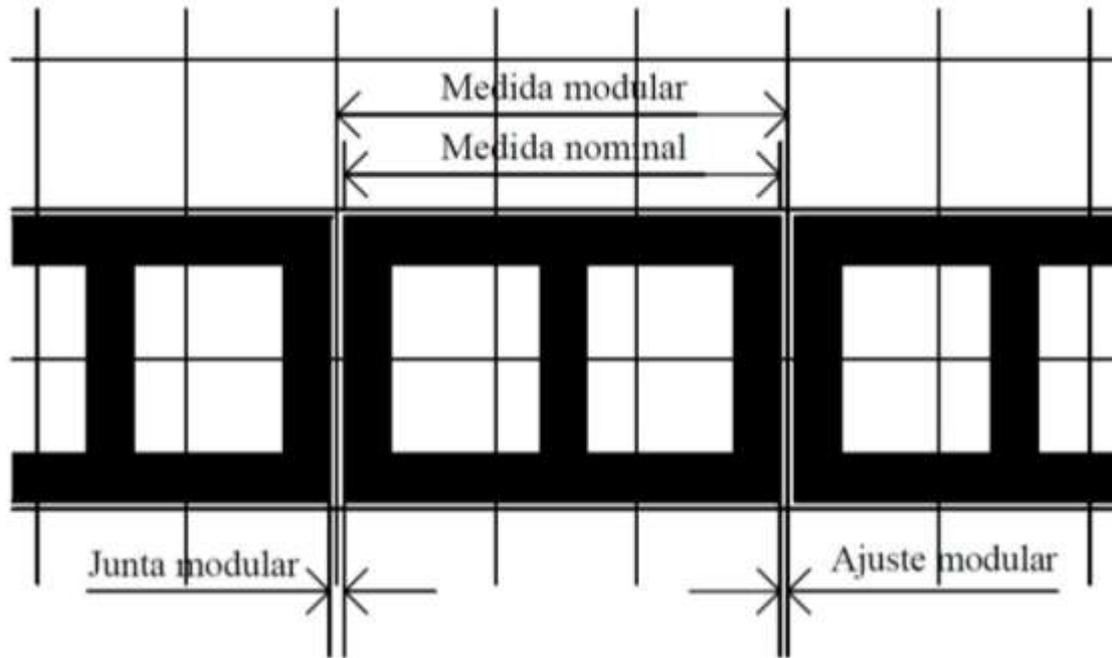


Figura 3.4: Medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular. Fonte: Lucini, 2001

O espaço a ser considerado ocupado por um componente deve incluir o próprio componente e o ajuste modular, devido a possíveis deformações, tanto no fabrico como na instalação em obra. Dessa forma podemos considerar que:

$$mM = mN + ajM$$

$mM$  – medida modular  
 $mN$  – medida nominal  
 $ajM$  – ajuste modular

### 3.2.1.4 SISTEMA DE NÚMEROS PREFERENCIAIS

O uso de um sistema modular de medidas, utiliza, como é óbvio, uma selecção de medidas, mas são também necessários outros instrumentos de selecção para otimizar o tipo e o número de formatos de cada componente, de maneira a reduzir as séries de produção ao mínimo indispensável para atender às exigências do mercado, sem perder flexibilidade e atendendo aos requisitos económicos. Assim, os números preferenciais devem ser escolhidos de forma adequada, tendo em conta as características do sistema modular, de maneira a obedecer a regras numéricas selectivas, que permitem uma selecção organizada das dimensões (MASCARÓ, 1976).

O sistema de números preferenciais caracteriza-se por (MASCARÓ, 1976):

- Ter fixos os seus limites pelas características técnicas dos componentes e razões económicas no seu fabrico;
- Função que desempenha;
- Forma de união (junta entre os componentes construtivos);
- Possibilidade de dividir-se sem desperdício.

“No sistema de números preferenciais, haverá as medidas preferíveis e as medidas preferidas”. (Greven, 2000).

As medidas preferíveis são aquelas que melhor se adequam aos princípios da coordenação modular (considerando o módulo planimétrico 3M – 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm, etc.). As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos a ser utilizados.

### **3.2.2 DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE UM COMPONENTE MODULAR**

Para definir as medidas nominais de fabrico de um componente modular devem ser observados os seguintes passos (GREVEN, 2000):

- Determinam-se as medidas modulares do componente;
- Determinam-se os ajustes modulares, considerando: tolerâncias de fabrico, marcação e instalação, deformações térmicas e estruturais, componentes de união ou adjacentes;
- Subtrai-se de cada medida modular o ajuste modular correspondente, obtendo a respectiva medida nominal;

### 3.3 OBSERVAÇÕES

Em edifícios modulares poderão ser admitidas, no interior, variadas composições geométricas desde que sejam indicadas as medidas modulares que sejam inferiores ao módulo e componentes para a utilização nos espaços correspondentes. Um componente modular pode também ter dimensões não modulares, respectivamente a sua espessura, se isto não interferir na coordenação com outros elementos. Para isso deve-se considerar medidas que resultem da divisão da medida modular.

O projecto modular baseia-se no sistema de referência, através do quadriculado modular de referência. Dessa forma, as plantas, fachadas e cortes que compõem o projecto, desenvolvem-se sobre o quadriculado, permitindo coordenar a posição e dimensões dos componentes da construção. Isso facilita, não apenas a realização do projecto, mas também a própria montagem dos componentes em obra, reduzindo os desperdícios. Por isso, no projecto modular, deve-se procurar a melhor solução, tendo em conta os inúmeros componentes a ser utilizados, de maneira a atender da melhor forma a todas as exigências.

Neste capítulo foi possível esclarecer os conceitos elementares da coordenação modular, a partir dos quais é possível passar a ter um conhecimento básico da sua teoria. É importante que estes conceitos estejam presentes quando pretendemos estudar a coordenação modular, de modo a podermos aplicá-la na prática, aproveitando os seus benefícios ao máximo. Como vantagens práticas salientam-se a simplificação e a compatibilização de projectos, com maior precisão dimensional, baseadas no reticulado modular, a padronização dos materiais e componentes, facilitando a produção em série, a redução nos problemas de conjugação entre os componentes e o possível intercâmbio nacional e internacional das tecnologias de construção.

Estes conceitos são expostos através da consulta de algumas bibliográficas aqui referenciada.

# CAPÍTULO IV – SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O sistema construtivo pode ser definido como o conjunto das regras práticas, ou o resultado da sua aplicação, de uso adequado e coordenado de materiais e mão-de-obra se associam e se coordenam para a concretização de espaços previamente programados. Do grego *systema* significa reunião, grupo, associação. Implica um conjunto de coisas, ideias ou partes. Consequentemente, o sistema construtivo é o conjunto de elementos da construção que associados e coordenados formam um todo lógico. Considerando que alguns destes elementos constituem em si um sistema, podemos entender por partes do sistema construtivo os vários subsistemas que o compõem. Estes vários subsistemas são interdependentes, formados por componentes materiais da construção do edifício, organizados e compatibilizados no projecto de modo a cumprir os requisitos e critérios funcionais e construtivos da edificação (ZAKE, 1984).

Neste capítulo são apresentados alguns sistemas construtivos existente, com o objectivo de observar técnicas e formas de aplicação destes sistemas juntamente com a coordenação modular e avaliar as suas vantagens e desvantagens, perceber o modo como se enquadra no dia-a-dia das pessoas e a sua adaptação a esta realidade.

A informação técnica do presente capítulo baseia-se em apontamentos do docente da Universidade de São Paulo, César Melo.

## 4.1 SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-FABRICADO EM BETÃO

Este sistema construtivo baseia-se na produção de casas pré-fabricadas de betão. O seu processo construtivo passa pela montagem dos pilares, lajes, paredes, vigas, escadas e coberturas em fábrica, sendo depois transportadas para a obra.

Neste sistema são utilizados três tipos de dimensões para as placas que constituem as paredes: 55cm x 51cm; 88cm x 51cm; e 120cm x 51cm, com espessura de 3,1cm. Estas placas não possuem nenhum tipo de encaixe entre elas, sendo necessário a aplicação de argamassa para a união das mesmas. Os pilares possuem uma secção do tipo "H", com dimensões padrão de 10cm x 10cm e 3m de altura. Alguns deles são à partida equipados com a pré-instalação da parte eléctrica, tomadas e interruptores, de acordo com o projecto de electricidade. As vigas, vergas e contravergas apresentam também dimensões padrão de 10cm x 10cm. Estas são moldadas com fendas de encaixe para uma melhor fixação das placas e pilares. Já a cobertura é construída em estrutura de madeira, montada também em fábrica por um carpinteiro. Depois de instalada em obra será só aplicar a telha.

O sistema construtivo em questão mostra-se eficiente no que diz respeito ao tempo de produção dos componentes em fábrica.

Enquanto os componentes são fabricados em fábrica, o local da obra é preparado, com a limpeza e nivelção do terreno e marcação da obra. A estrutura da edificação é constituída por pilares de betão armado, com dimensões de 10cm x 10cm, em perfil tipo “H”. As placas de betão pré-fabricado são encaixadas nos pilares, gerando as paredes. São também executadas as vergas e contra-vergas das janelas e portas. Posteriormente pode-se aplicar um acabamento em tinta.



Figura 4.1: Sistema pré-fabricado em betão – fase de construção. Fonte: César Melo, 2004

Parecido com este sistema existe também o sistema construtivo de grandes painéis pré-moldados em betão armado, figura 4.2. Basicamente, as fachadas são uma peça só, pré-moldada em fábrica, de acordo com o projecto, contendo já as aberturas das portas e janelas. Estas peças contêm também pré-instalação para água e electricidade



Figura 4.2: Sistema de grandes painéis pré-fabricados em betão – fase de construção. Fonte: César Melo, 2004

## 4.2 SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE FIBRA DE VIDRO

Este sistema construtivo caracteriza-se pela produção de edifícios em painéis de chapas de fibra de vidro, estruturadas em madeira. Dele resultam edificações térreas unifamiliares, com um projecto básico. Os painéis respeitam a medida modular de 90cm. Estes painéis são laminados e em fibra de vidro, com espessura variável entre 2,5cm e 3cm e apoiados em estrutura de madeira. Os montantes dos painéis são inseridos a cada 90cm com uma altura de 2,60m. A cobertura é suportada também ela por uma estrutura em madeira, sendo posteriormente aplicada telha de fibrocimento ou telha cerâmica.

Os componentes do edifício são construídos em fábrica e depois transportados para a obra. Aqui deverão ser efectuados trabalhos no terreno, como limpá-lo e nivelá-lo, devendo ser posteriormente executadas as fundações de modo a receber todos os componentes constituintes do edifício.



Figura 4.3: Sistema em painéis de fibra de vidro – fase de construção e obra concluída. Fonte: César Melo, 2004

## 4.3 SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE AÇO GALVANIZADO

Este sistema construtivo baseia-se na produção de residências unifamiliares, lojas de conveniência e de fast-food, utilizando-se chapa de aço galvanizado, suportada por estrutura metálica. Os edifícios resultantes deste sistema construtivo são maioritariamente de piso térreo. Quando o pedido de projecto para um edifício é feito, é solicitado à empresa fornecedora das chapas de aço os componentes já cortados e dobrados.

O edifício pode ser montado no local ou ser transportado para o mesmo já pronto, consoante as dimensões do edifício em questão. Este sistema pode não seguir as regras da coordenação modular, sendo as peças fabricadas à partida conforme projecto.



Figura 4.4: Sistema em painéis de aço galvanizado – fase de montagem em fábrica.  
Fonte: <http://www.todayhome.fr>

Em obra deverão ser efectuados os trabalhos no terreno necessários para receber a estrutura, como limpeza, nivelção e construção das fundações. A estrutura é composta por perfis metálicos, onde são depois fixados os painéis, formando as paredes autoportantes. Estes painéis possuem uma espessura de 15cm, preenchida com mantas de lã de vidro por razões acústicas e térmicas. A cobertura é depois executada com perfis metálicos, semelhantes aos utilizados na concepção das paredes, recebendo depois as telhas, de fibrocimento ou cerâmicas.



Figura 4.5: Sistema em painéis de aço galvanizado – fase de montagem em fábrica.  
Fonte: <http://www.todayhome.fr>

#### 4.4 SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE PVC (POLICLORETO DE VINILA)

Este sistema construtivo pode ser utilizado na construção tanto de edifícios térreos como na construção de condomínios e moradias unifamiliares com mais de um piso. O sistema construtivo em PVC caracteriza-se pela racionalização dos componentes, necessitando apenas de oito perfis básicos: Um principal, um de canto, um interno, uma tampa, um perfil de base, um perfil de marco de porta, um perfil de marco de janela e um adaptador de janela, sendo que o perfil principal e a tampa representam 95% dos perfis utilizados no edifício, apresentando uma grande racionalização no processo construtivo, reduzindo assim os desperdícios. Isto é viável devido ao facto de em obra serem recebidos todos os componentes em quantias e medidas exactas.



Figura 4.6: Sistema em painéis de PVC – fase de construção. Fonte: César Melo, 2004

A estrutura do edifício é formada por paredes portantes que receberão toda a carga incidente na edificação. Os perfis utilizados podem ter 75mm ou 100mm de espessura. No seu interior são colocadas armaduras de conexão entre paredes e fundação, e armaduras de reforço no contorno dos vãos para suportar concentrações de esforços. Neste sistema construtivo, após a montagem dos perfis que compõem a parede, é efectuado o revestimento das mesmas com uma camada de argamassa. Esta deve ter grande plasticidade e razoável resistência à compressão, para que todos os vazios dos perfis sejam preenchidos. Para isso são utilizados aditivos plastificantes.

A cobertura do edifício é suportada por uma estrutura em perfis leves de aço galvanizado. Posteriormente pode ser aplicado qualquer tipo de telha, embora a telha de fibrocimento seja a mais utilizada por motivos de redução de custos. Em fase de acabamentos as paredes podem receber tinta ou revestimento cerâmico, podendo também, caso seja preferência, utilizar os perfis de PVC sem qualquer tipo de acabamento ou revestimento.



Figura 4.7: Sistema em painéis de PVC – fase de montagem da cobertura e obra pronta.  
Fonte: César Melo, 2004

Parecido com o sistema construtivo aqui referido, existe também um método que consiste na construção de edifícios através de paredes autoportantes executadas em perfis de PVC preenchidos com betão estrutural leve e reforçadas com barras de aço de 12,5 mm. A coordenação modular varia de acordo com o perfil a ser usado, podendo ser de 64, 100, 150 ou 200mm.

#### 4.5 SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA E ESTRUTURA METÁLICA

Este sistema construtivo caracteriza-se pela produção de habitações em estrutura metálica, com fechamento em alvenaria convencional. Neste sistema, em fábrica é produzida a estrutura metálica, como pilares, vigas e estrutura da cobertura, sendo os outros componentes adquiridos no comércio local.

A estrutura é transportada até ao local da obra, sendo depois executada conforme projecto estrutural em perfis de aço de chapas dobradas. As paredes são depois construídas em alvenaria convencional de tijolos cerâmicos de seis furos. A espessura das paredes irá corresponder à largura do tijolo mais o revestimento, este em argamassa. A estrutura da cobertura é montada juntamente com a estrutura de todo o edifício, antes da execução das paredes, recebendo depois as telhas que podem ser cerâmicas ou de fibrocimento.



Figura 4.8: Sistema alvenaria e estrutura metálica – fase de construção. Fonte: César Melo, 2004

## 4.6 SISTEMA CONSTRUTIVO EM PERFIS DE AÇO ZINCADO (STEEL FRAMING)

O sistema construtivo em *Steel Framing* utiliza como base uma estrutura de perfis leves de aço zincado por imersão a quente. A estrutura é fixa principalmente por parafusos. Na formação das paredes são utilizadas placas de gesso acartonado, substituindo as paredes tradicionais em alvenaria. A instalação das redes hidráulicas e eléctricas são incorporadas nas paredes. Já as condições termo-acústicas são garantidas pela câmara-de-ar interna existente nas paredes, por mantas térmicas, impermeabilizantes e grelhas de ventilação da cobertura, promovendo o conforto ambiental adequado.

Os componentes da edificação são transportados para obra, já em quantidades anteriormente previstas em projecto, sendo depois montada no local por profissionais. Toda a estrutura, desde o piso térreo até à cobertura, é interligada entre si, formando um conjunto monolítico leve e resistente.

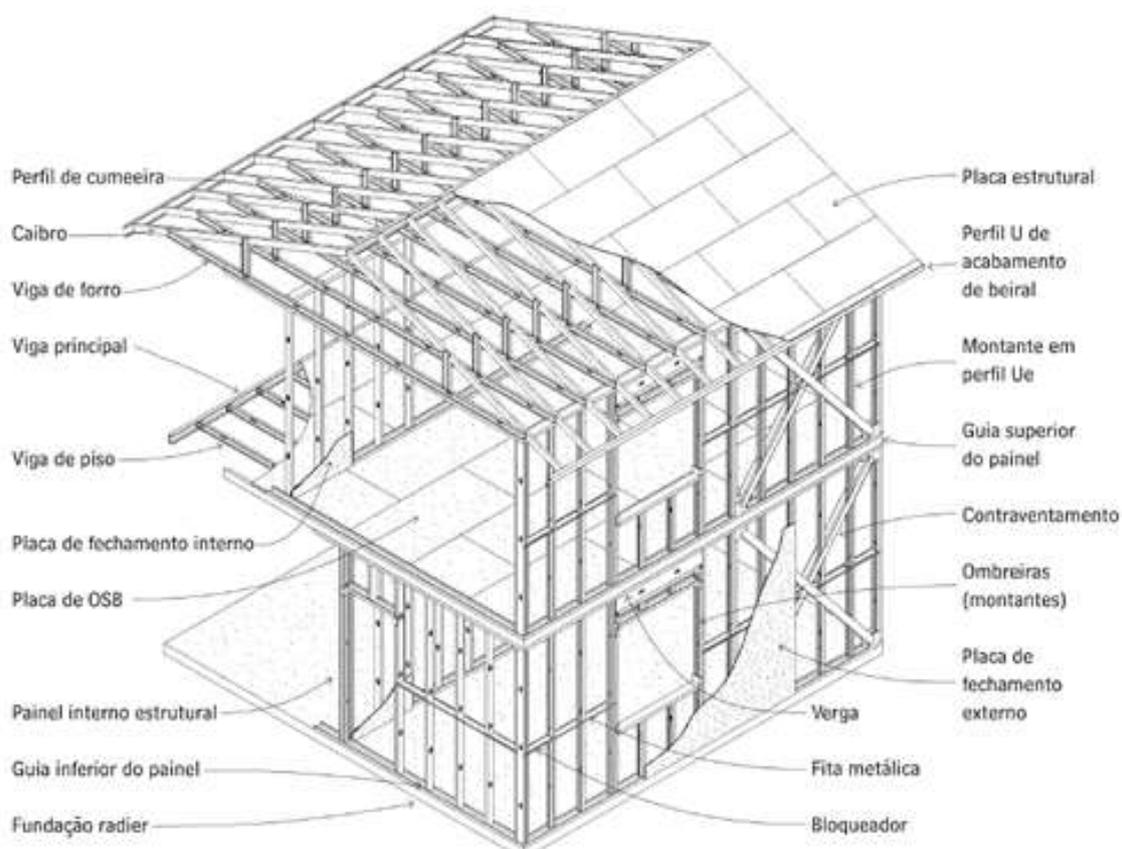


Figura 4.9: Esquema de sistema em perfis de aço zincado (steel framing) – esquema estrutural.  
Fonte: César Melo, 2004

## CAPÍTULO V – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO

Avaliando a coordenação modular e o uso de sistemas construtivos na construção de edifícios, é possível obter uma ideia das vantagens da utilização deste tipo de raciocínio quando se projectam os nossos edifícios. As vantagens, em relação a métodos construtivos tradicionais, são óbvias, tanto em termos ambientais como económicos, evitando desperdícios, tanto na fase de produção como em fase de montagem, economizando tempo e dinheiro, garantindo também a qualidade, eficiência e originalidade da obra arquitectónica.

Pretende-se então, com a informação até aqui recolhida, iniciar um projecto onde os conceitos anteriormente referidos serão aplicados. É tido como objectivo a elaboração do projecto de uma moradia unifamiliar, criando um sistema construtivo que se mostre inovador, através da escolha dos materiais constituintes dos componentes construtivos, do modo como estes se conjugam, e do próprio sistema construtivo em si.

É primeiramente necessário a escolha da medida modular a ser adoptada, avaliando qual a medida que melhor se adaptará às diferentes necessidades dimensionais de um edifício, neste caso uma moradia unifamiliar. Seguidamente o tipo de estrutura a ser utilizada deverá ser estudada, prevendo-se como deverá ser a interligação dos diferentes elementos estruturais (pilares, lajes, vigas) e os painéis que constituem as paredes, levando a que seja também necessário o estudo da composição desses painéis e materiais a serem empregues nos mesmos. Aqui é necessário ter em conta as características acústicas e térmicas de cada material, incluindo também uma avaliação do seu ciclo de vida, de modo a prever e diminuir impactos no meio ambiente.

O próximo passo será avançar com a elaboração do projecto de uma moradia unifamiliar, com o objectivo de aplicar a matéria anteriormente referida, de modo a comprovar a aplicabilidade do sistema construtivo utilizado e garantir que este responde a todas as necessidades existentes num edifício de habitação. Depois de concluídas estas fases deverá ser feita uma avaliação dos resultados finais, comprovando as vantagens ou desvantagens encontradas.

## 5.1 OBJECTIVOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

De modo a que este estudo tenha viabilidade, O sistema construtivo deve ser pensado, de modo a que sejam tomadas as melhores decisões para que os seus objectivos sejam cumpridos, objectivos esses que passam por:

- **Redução ao mínimo de desperdícios dos elementos construtivos** *(tanto na fase de produção como na fase de construção dos elementos constituintes do objecto arquitectónico, ao serem utilizados os conceitos empregues na coordenação modular, é possível uma redução significativa dos desperdícios, controlando os gastos de matéria prima, e o volume de aterros, diminuição dos gastos e uma valorização do projecto devido a preocupações ambientais).*
- **Reutilização e reciclagem da construção** *(tendo em conta todos os danos por nós já causados no meio ambiente, e tendo esse conhecimento, é importante, que como arquitectos, tenhamos em conta que a construção de edifícios consome mais de metade da energia utilizada em países desenvolvidos, sendo os principais causadores dos impactos ambientais que presenciamos nos dias que correm. É possível, através da utilização dos conhecimentos adquiridos, a preocupação com a reutilização ou reciclagem da matéria prima a ser utilizada, através da escolha dos materiais mais adequados, que quando avaliados sejam a melhor hipótese em termos de impactos ambientais, tendo em conta todo o seu ciclo de vida, desde a sua extracção, passando pelo tratamento a que devem ser sujeitos para cumprir a sua função, a sua durabilidade em obra e a sua possível reutilização ou necessidade de reciclagem. O ideal seria que todos os elementos construtivos pudessem ser reutilizados para funções parecidas às que lhe foram concedidas inicialmente).*
- **Redução do tempo de execução da obra** *(ao optarmos por um sistema construtivo estamos a optar por seguir determinadas regras e métodos de trabalho, poupando tempo no seu planeamento e na sua execução, uma vez que é um sistema já pensado desde a fase de projecto é possível racionalizar os trabalhos construtivos de modo a que este decorram da forma mais eficaz possível, reduzindo o tempo despendido na construção).*

- **Durabilidade da construção** *(a durabilidade do objecto arquitectónico é um factor importantíssimo na qualidade do mesmo. A escolha dos materiais é um acto que deve ser cuidadoso e ter em conta todo o ciclo de vida de cada material. Para tomar a decisão mais eficaz possível deve ser tido em conta os aspectos positivos e negativos de todos os materiais empregues para que seja possível prever uma longa durabilidade da obra).*
- **Funcionalidade, flexibilidade e racionalidade da construção** *(Um sistema construtivo caracteriza-se também pela sua flexibilidade e racionalidade. Um edifício construído hoje não tens as mesmas necessidades que amanhã, com o tempo as suas carências são alteradas e com a necessidade de alterações e modificações no espaço físico, existe a necessidade da destruição de alguns componentes arquitectónicos e a construção de outros, gerando novamente consumo de matéria prima e criação de entulhos, contribuindo cada vez mais para a degradação do nosso ambiente. É necessário repensar o nosso modo de actuar neste aspecto. Através da utilização de um sistema construtivo baseado na coordenação modular é possível a eliminação, criação e remodelação de espaços e até mesmo de edifícios inteiros, com o mínimo de desperdícios, uma vez que a construção é baseada numa medida modular os elementos construtivos podem ser movidos de local, criando ou alterando edifícios, proporcionando a máxima eficiência espacial e construtiva, mantendo o nível de desempenho da construção).*
- **Qualidade, segurança e conforto da construção** *(de modo a garantir a viabilidade da construção é importante que a mesma consiga garantir estes requisitos, através da selecção criteriosa dos materiais e elementos a utilizar no edifício. A facto de a economia de gastos ser um dos objectivos da proposta apresentada, deverá ser sempre alcançada a qualidade da construção e o conforto e segurança do utilizador).*

## 5.2 MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A tomada de decisões sobre um sistema construtivo deve obedecer a normas e legislação. Essa legislação pode variar de país para país, apesar de que nos dias que correm o conteúdo das mesmas está interligado entre si, respeitando as legislações já existentes e existindo, se necessário, alterações nas existentes para que se adaptem às legislações recentes, sempre de modo a melhorar cada vez mais a qualidade e segurança destes métodos construtivos.

Qualquer edifício necessita de um projecto que obedeça à legislação vigente. Em Portugal recorre-se aos Eurocódigos, que passam por um conjunto de normas europeias que pretendem unificar critérios e normas referentes ao cálculo das estruturas referentes a um projecto. Actualmente existem 10 Eurocódigos publicados (FUTURENG.COM):

- Eurocódigo 0 – Bases para o projecto de estruturas;
- Eurocódigo 1 – Acções em estruturas;
- Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão;
- Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço;
- Eurocódigo 4 – Projecto de estruturas mistas aço-betão;
- Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira;
- Eurocódigo 6 – Projecto de estruturas de alvenaria;
- Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico;
- Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos;
- Eurocódigo 9 – Projecto de estruturas de alumínio.

No que diz respeito à certificação térmica é necessário ter em conta o R.C.C.T.E. (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) e o S.C.E. (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior).

Este capítulo pretende identificar as decisões a serem tomadas ao longo do projecto, definindo o método de trabalho e as várias etapas que devem ser seguidas (WEIDLE, 1995):

- ESTUDO PRELIMINAR;
- PROJECTO BÁSICO;
- PROJECTO EXECUTIVO.

## **5.2.1 ESTUDO PRELIMINAR**

Na fase de estudo preliminar deverão ser efectuados estudos técnicos para determinar a viabilidade das soluções apresentadas para responder às necessidades existentes, explicando o sistema construtivo e os materiais que serão empregues.

Os subsistemas obrigatoriamente definidos nesta fase são: a estrutura, a cobertura, os painéis e as instalações e equipamentos.

### **3.2.1.1 ESTRUTURA**

- Concepção dos esquemas estruturais;
- Elaboração de várias alternativas estruturais;
- Definição dos materiais estruturais;
- Distribuição dos principais elementos e apoios;
- Verificação de compatibilidade com o subsistema de instalações;
- Proposta preliminar da modulação do esquema estrutural.

### **5.2.1.2 COBERTURA**

- Escolha e definição dos tipos de cobertura;
- Avaliação do desempenho térmico e acústico requerido;
- Análise das condições de estanqueidade, esgotamento pluvial e manutenção;
- Definição dos materiais e características básicas de aplicação.

### **5.2.1.3 PAINÉIS/PAREDES**

- Escolha e definição do tipo de painéis constituintes das paredes, tanto externa como interna;
- Avaliação de compatibilidade com os requisitos de obra e os demais subsistemas de estrutura e instalações;
- Alternativas de materiais e sua aplicação.

#### **5.2.1.4 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS**

- Como aspecto específico do sistema construtivo deve ser considerada a colocação de todos os principais equipamentos e instalações, podendo este ser referenciados por catálogos. A acomodação os espaços e dispositivos para a implantação dos mesmos deve ser tratada nesta fase, de modo a prevenir futuras inviabilizações no projecto executivo.

#### **5.2.2 PROJECTO BÁSICO**

Na fase de projecto básico ocorre a definição técnica e dimensional do projecto. As suas principais características são:

- Adopção de soluções técnicas do conjunto e das partes;
- Identificação e especificação dos tipos de trabalhos a executar, os materiais e equipamentos a incorporar na obra;
- Consideração de métodos construtivos compatíveis e adequados ao tipo de obra.

Nesta fase deverão ser definidos todos os subsistemas da construção num nível de pormenorização dos elementos construtivos do projecto arquitectónico. Todos os itens elaborados na fase de estudo preliminar são reavaliados e incorporados nesta fase, com maior desenvolvimento, sobretudo no aspecto dimensional. Os principais subsistemas construtivos deverão atender, no mínimo, aos seguintes aspectos:

##### **5.2.2.1 ESTRUTURA**

- Dimensionamento e colocação das principais peças do esquema estrutural;
- Justificação técnica dos dimensionamentos;
- Definição da sequência de execução.

### **5.2.2.2 COBERTURA**

- Definição e especificação das coberturas, fechamentos, impermeabilizações e isolamentos;
- Dimensionamento e localização dos principais elementos;
- Compatibilização entre a cobertura e os subsistemas de estrutura e paredes;
- Condições de protecção e desempenho termo-acústico.

### **5.2.2.3 PAINÉIS/PAREDES**

- Definição e especificação dos tipos de paredes internas e externas;
- Localização definitiva e dimensões dos diversos elementos constituintes das paredes;
- Compatibilização entre o esquema estrutural e as paredes (modulação e padronização);
- Garantir condições de conforto ambiental e termo-acústico;
- Garantir condições de flexibilidade de modo a atender os requisitos de higiene e conservação.

## **5.2.3 PROJECTO EXECUTIVO**

Nesta fase deve ocorrer o detalhe construtivo de todo o edifício, de modo a precaver a execução da obra com o objectivo de poder haver uma gerência dos impactos do projecto. O projecto executivo será a base para a compatibilização final dos projectos complementares.

As especificações técnicas caracterizarão todos os materiais, equipamentos e serviços a serem utilizados nos componentes do edifício, referindo-se às necessidades e requisitos de desempenho fixados no projecto básico.

### 5.3 1ª FASE – ESTUDO PRELIMINAR

É agora necessário efectuar um estudo da estrutura a ser utilizada, o modo como os elementos construtivos interagem e dos materiais que os deverão constituir. É necessário seguir normas construtivas, tanto estruturais como de conforto térmico e acústico, avaliar métodos de encaixe e suportes dos diferentes elementos construtivos, a sua constituição e definição das diferentes camadas e materiais que as irão compor.

É na fase de projecto que todos os passos e decisões devem ser tomados, de modo a conciliar da melhor maneira as acções e fases do processo construtivo. Como base de todo o projecto é proposto o emprego da coordenação modular, aproveitando as suas vantagens. Um projecto baseado na teoria da coordenação modular desenvolve-se à volta de uma malha modular, malha essa que regerá todo o dimensionamento e posicionamento dos elementos componentes do projecto.

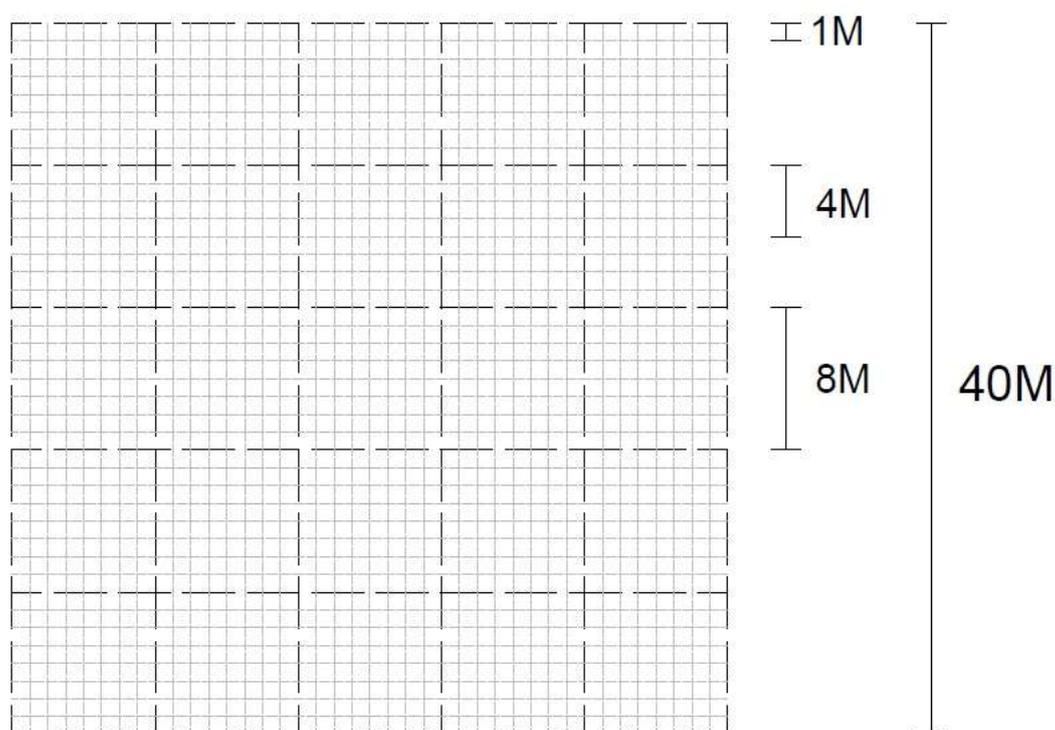


Figura 5.1: Malha modular proposta (exemplo). Fonte: Autor

A malha modular, figura 5.1, deve ter como base uma medida modular, medida essa, que será a geradora de toda a distribuição espacial dos elementos construtivos. Segundo a matéria exposta anteriormente, onde foram referidos os aspectos históricos da coordenação modular, as medidas modulares mais utilizadas na Europa e no resto do planeta são os 10cm, 12,5cm e 4polegadas.

Na criação de um sistema construtivo baseado na coordenação modular o arquitecto poder optar pela utilização da medida que achar melhor se adequar às necessidades projectuais, de modo a integrar o estudo aqui apresentado na realidade actual. Excluindo à partida a medida de 4 polegadas, pouco utilizada em Portugal e na maioria dos países Europeus, existem ainda as opções de 10cm ou 12,5cm.

No projecto em questão será adoptada a medida de 12,5cm como módulo, passando a ser esta a dimensão do nosso “M”, indo contra a medida de 10cm reconhecida como módulo básico em Portugal e na maioria dos países europeus. Esta opção justifica-se pelo facto de termos como espessura de paredes os 25cm (2M), por questões térmicas, acústicas, de segurança e ainda outros pormenores técnicos, permitindo que as paredes se integrem perfeitamente na malha modular. Para além disso a medida de 12,5cm, quando multiplicada (neste caso por quatro) completa a medida inteira de 1m (1 metro).

A medida de 12,5cm será adoptada como dimensão modular. Esta será também a dimensão mínima usada em projecto, exceptuando em detalhes técnicos e construtivos com nível de pormenor mais elevado. A dimensão de 12,5cm será também a geradora da dimensão modular da grelha principal, que é obtida através da multiplicação da mesma.

Fazendo a conversão da medida modular para centímetros temos:

$$1M = 12,5cm$$

$$4M = 50cm$$

$$8M = 1m$$

$$12M = 1,5m$$

$$16M = 2m$$

$$24M = 3m$$

$$40M = 5m$$

Etc...

### **5.3.1. FUNCIONALIDADE DA HABITAÇÃO**

A habitação é feita e pensada para o Homem, de modo a responder às suas necessidades. Deste modo, o resultado final do projecto deve responder a todas as necessidades diárias dos seus habitantes.

Uma vez que a vida individual ou de grupo se tornou mais diversificada e complexa, a estrutura familiar apresenta-se multiforme e exige mais atenção da parte do arquitecto. Torna-se necessário analisar os comportamentos diários da família, quando sozinha ou acompanhada por outros elementos e as zonas e situações de fenómenos como por exemplo, privado/público, trabalho/lazer ou jovens/adultos.

O programa habitacional é definido através do levantamento das funções de uso da habitação, de modo a permitir a flexibilidade na composição dos compartimentos, sendo possível organizá-las conforme o modo de vida dos habitantes. Podemos resumir o mesmo através dos seguintes pontos:

- Preparação de refeições / comer. (Preparação de refeições correntes / formais, arrumação / despensa, lavar e arrumar louça)
- Estar / reunir. (Lazer familiar, ver televisão, receber convidados, trabalhar, estudar, utilizar o computador)
- Dormir / descanso pessoal. (Dormir descanso, arrumação de roupa pessoal, vestir)
- Higiene pessoal. (Tomar banho, lavar as mãos, higiene pessoal)
- Circulação. (Entrada / saída de espaços, comunicação, separação de espaços)
- Permanência no exterior privado. (Permanência no exterior privado térreo / varanda)

Todas as funções básicas diárias de uma habitação referidas anteriormente devem ser constituídas espacialmente por dimensões que assegurem o mínimo de conforto e condições de habitabilidade. A constituição destes espaços, aproveitando as vantagens da coordenação modular, terá como gerador um módulo habitacional, módulo esse que será o mínimo utilizado em projecto, que poderá por sua vez ser multiplicado, dando dinâmica e liberdade ao arquitecto na fase de projectar dimensionalmente os diferentes espaços.

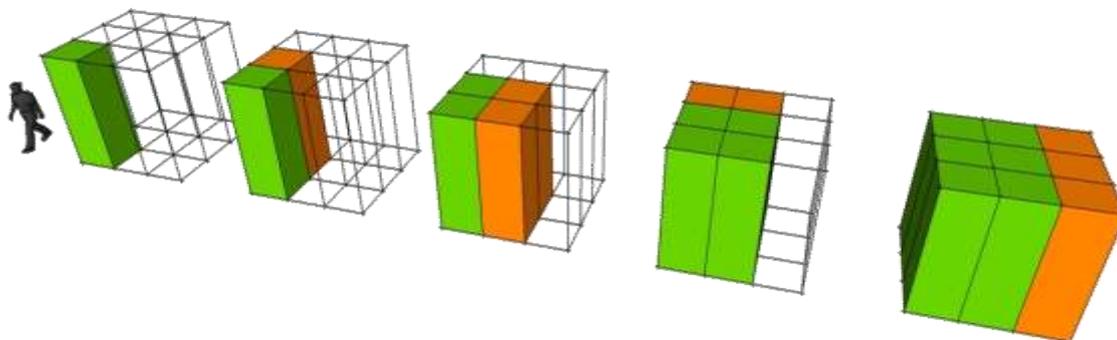


Figura 5.2: Esquema representativo do módulo habitacional e da sua multiplicação para a geração de diferentes espaços dimensionalmente. Fonte: Autor

A constituição de um agregado familiar pode variar bastante, alterando consigo as necessidades a que uma habitação deve responder. As necessidades de uma família constituída por um casal e 1 ou 2 filhos são diferentes das necessidades de um casal que não pense em ter filhos ou mesmo de quem viva sozinho, existindo a necessidade de adaptar a habitação às necessidades dos seus utilizadores. Dependendo disso mesmo, é necessário adaptar diferentes tipologias para diferentes necessidades.

Nas figuras seguintes, figura 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6, podemos observar esquemas representativos daquilo que será necessário para responder dimensionalmente às diferentes necessidades dos diferentes agregados familiares.



### 5.3.1.1 - 1 PESSOA

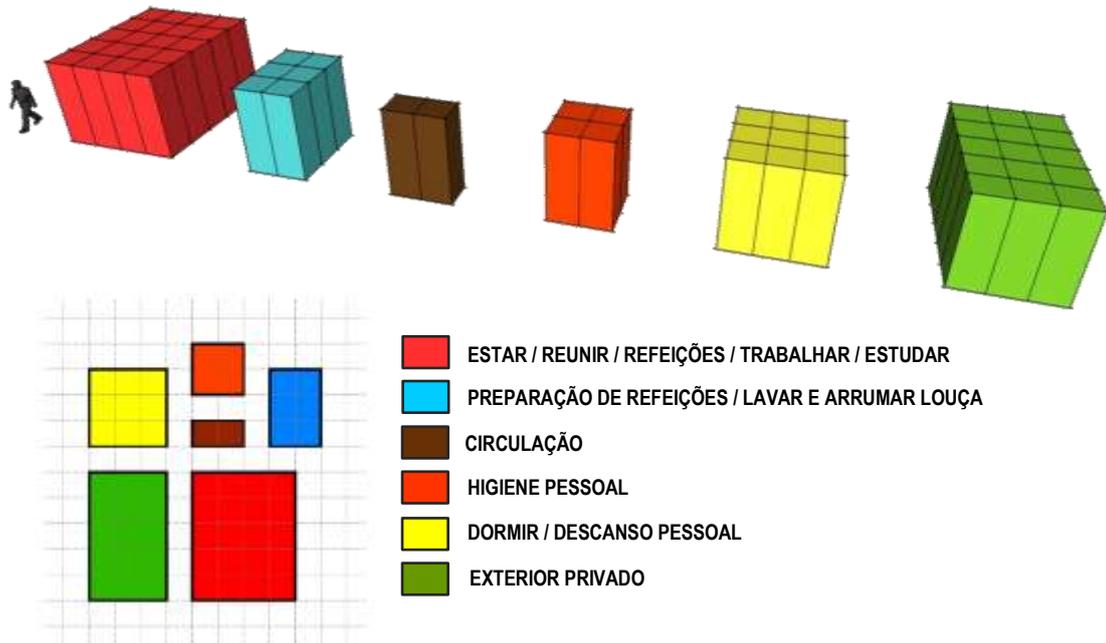


Figura 5.3: Esquema representativo das necessidades espaciais (1 pessoa). Fonte: Autor



### 5.3.1.2 - 2 PESSOAS

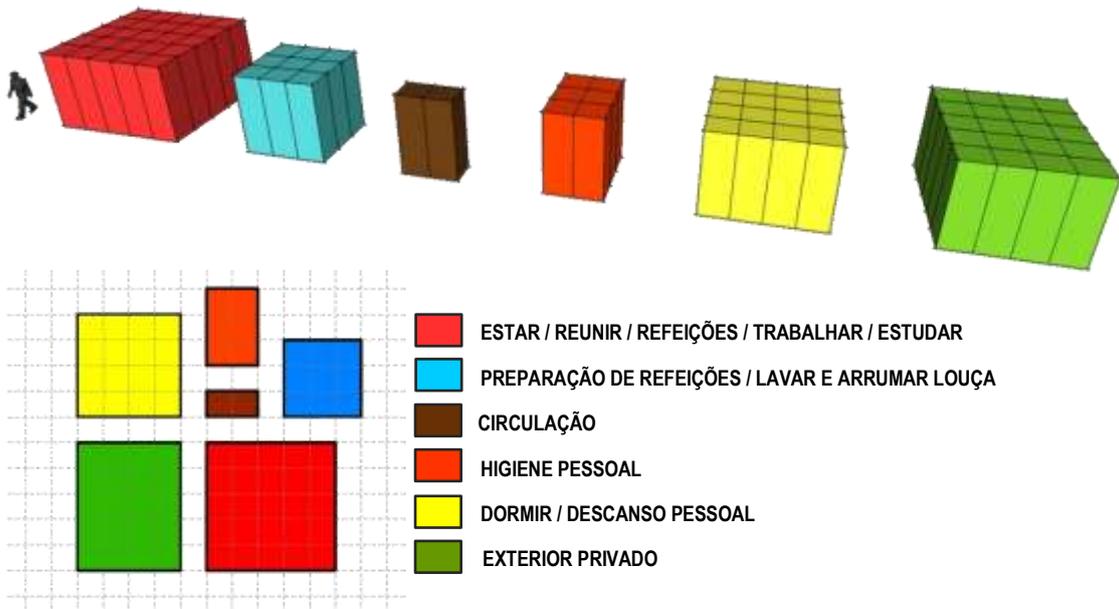


Figura 5.4: Esquema representativo das necessidades espaciais (2 pessoas). Fonte: Autor



### 5.3.1.3 - 2 PESSOAS + 1 JOVEM

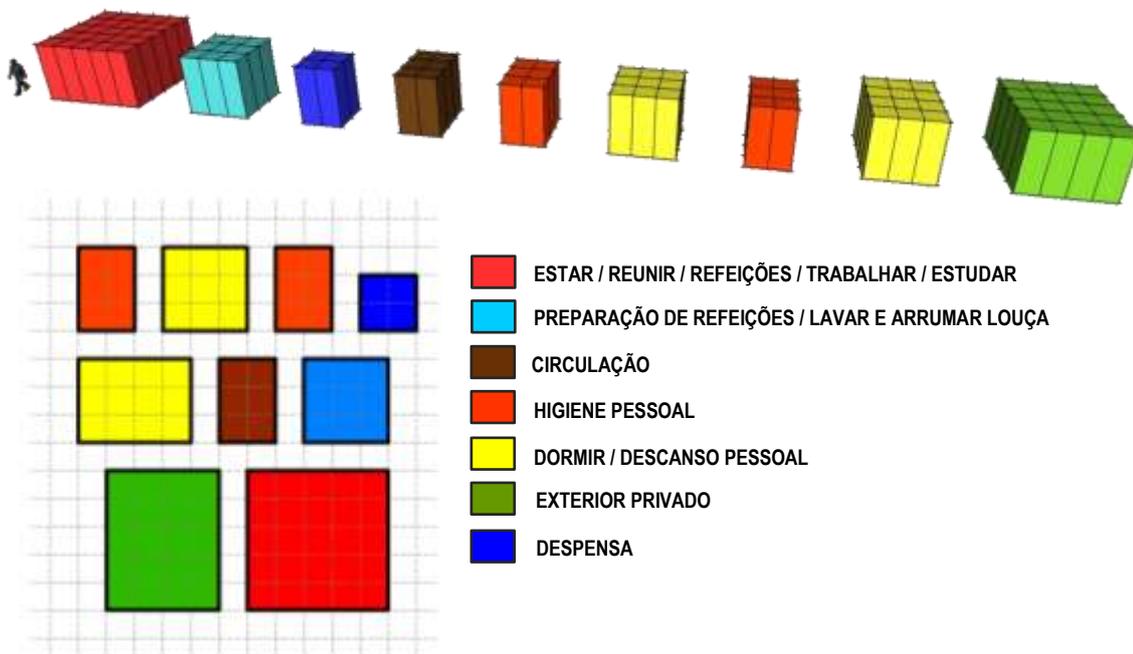


Figura 5.5: Esquemas representativos das necessidades espaciais (2 pessoas + 1 jovem). Fonte: Autor



### 5.3.1.4 - 2 PESSOAS + 2 JOVENS

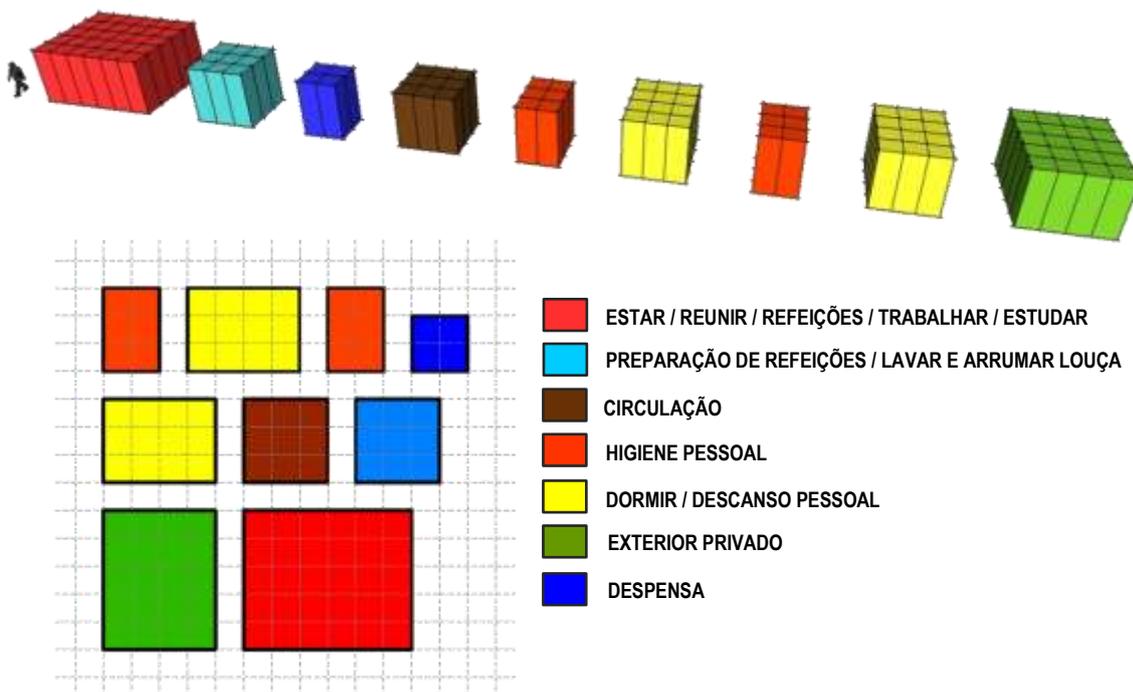


Figura 5.6: Esquemas representativos das necessidades espaciais (2 pessoas + 2 jovens). Fonte: Autor

Dependendo do número de pessoas a constituir o agregado familiar, a habitação deve adaptar-se às suas necessidades espaciais, de modo a oferecer o espaço necessário para todas as actividades diárias desenvolvidas na habitação mas também de modo a não existir um excesso de espaço desperdiçado quando este não é necessário em agregados reduzidos. As figuras anteriores representam o estudo das necessidades espaciais de 4 tipos de agregados, aqueles que são mais comuns na sociedade actual (1 pessoa, 2 pessoas, 2 pessoas + 1 jovem, 2 pessoas + 2 jovens). Uma vez que estes espaços resultaram todos eles da multiplicação de um módulo espacial referido anteriormente, existe a possibilidade de adaptação do espaço para o caso de agregados diferentes daqueles aqui referidos.

### **5.3.2 ESTRUTURA**

A estrutura de um edifício pode ser dividida em 4 elementos básicos, fundações, pilares, vigas e painéis. Estes elementos devem estar interligados entre si, de modo a constituírem um elemento monolítico. O modo como estes elementos estão interligados e fixados deve ser estudado, na procura da melhor solução para atender às necessidades existentes. Esta estrutura deve também seguir as ideologias da coordenação modular anteriormente revistas, integrando-se perfeitamente na malha modular proposta. Uma das preocupações a ter na concepção do desenho dos elementos construtivos é a possibilidade da introdução de subsistemas (canalização, esgotos, ar-condicionado, aquecimento, etc...) na estrutura principal. Isto, de modo a existir facilidade na instalação de todos esses subsistemas, a possibilidade de alguns deles serem instalados posteriormente à conclusão da obra, tendo ainda em conta a manutenção e futuras reparações que devem ser facilitadas e realizadas com o mínimo de desperdício.

#### **5.3.2.1 FUNDAÇÕES**

As fundações de um edifício passam pela estrutura responsável por transmitir as cargas da construção ao solo. Existem diferentes tipos de fundações, que são utilizadas consoante a carga que recebem, o tipo de solo onde vão ser implantadas e o sistema construtivo a que se deverão adaptar. Estas podem ser divididas em duas categorias distintas (CÉSAR MELO, Universidade de São Paulo, 2002):

- Fundação directa superficial
  - Bloco
  - Sapata
  - Viga
  - Radier

- Fundação indirecta profunda
  - Estacas de madeira
  - Estacas de aço
  - Estacas de betão
  - Estacas de betão pré-fabricadas

As fundações do tipo directas, figura 5.7, são aquelas cuja camada de suporte se encontra relativamente próximo da superfície, aproximadamente 2,5m, ou quando a cota de apoio no solo é inferior à largura do elemento da fundação em planta. As fundações indirectas transmitem as cargas para o solo por efeito de ponta e apresentam também como característica o facto de serem profundas, devido às dimensões das peças estruturais (BRITO, 1987).

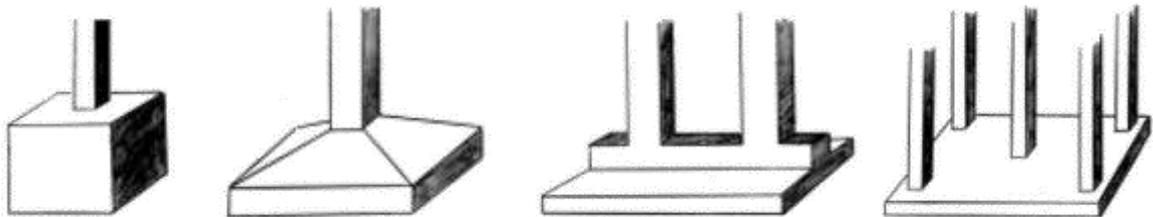


Figura 5.7: Fundações do tipo directa superficial (Bloco, sapata, viga e radier).  
 Fonte: César Melo, Universidade de São Paulo, 2002

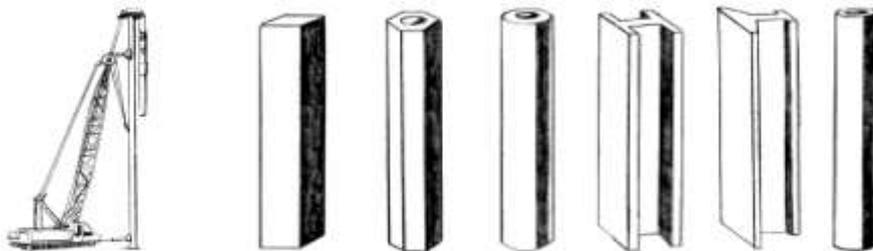


Figura 5.8: Fundações do tipo indirecta profunda. Fonte: César Melo, Universidade de São Paulo, 2002

Tabela 5.1: Características das fundações. Fonte: César Melo, Universidade de São Paulo, 2002

### Fundações superficiais

<b>Tipos</b>	<b>Quando utilizar</b>	<b>Custo</b>	<b>Características Executivas</b>
<b>Bloco</b>	Utilizados quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao emprego em cargas elevadas	Baixo	Simple execução
<b>Sapata</b>		Baixo, porém maior que o bloco para cargas reduzidas	Simple execução  Pode assumir diversas formas geométricas, para facilitar o apoio de pilares com formatos excêntricos.
<b>Radier</b>	Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem  Quando se deseja uniformizar os recalques	Custo alto	Prazo alto, devido a necessidade de deixar toda a área a ser executada desimpedida antes de iniciar o serviço.

### Fundações profundas

	<b>Produtividade</b>	<b>Capacidade de carga</b>	<b>Profundidade máxima</b>	<b>Vibrações causadas</b>
<b>Estacas pré-fabricadas</b>				
<b>Metálica</b>	50 m diários, ocorrendo variações em função das características do solo, profundidade da fundação, condições do terreno e distância entre estacas	20 a 200 tf	Não possui limitação de profundidade. A estaca possui aproximadamente 12 m, podendo ser emendadas.	Apresenta problemas de barulho durante a cravação. Podem ser cravadas sem causar grandes vibrações
<b>Concreto</b>	50 m diários, ocorrendo variações em função das características do solo, profundidade da fundação, condições do terreno e distância entre estacas	25 a 170 tf	Depende do tipo de estaca, variando de 8 a 12 m. Podem ser emendadas.	Apresenta problemas de barulho e vibrações durante a cravação

Para o projecto em questão, através de uma breve leitura sobre o tema das fundações, verifica-se que a melhor opção passa pela adopção de fundações do tipo directas superficiais, por motivos económicos, de poupança de tempo, mão-de-obra e matéria-prima. Dentro das fundações directas superficiais existem também diferentes soluções. Voltando aos sistemas construtivos analisados anteriormente, vimos que ao serem empregues sistemas construtivos na execução de uma obra, principalmente destas características (Unifamiliar, 1 / 2 pisos), a fundação do tipo radier é a mais utilizada.

Através da análise da tabela 5.1, conseguida através de apontamentos publicados pela Universidade de São Paulo, realizada por docentes da mesma, conclui-se que a fundação do tipo radier, para além de ter um custo mais elevado, apresenta ainda a necessidade de um maior espaço de tempo para a sua construção quando comparada com a fundação do tipo bloco ou sapata, indo contra a opção referida anteriormente. Dentro das duas opções finais, fundação tipo bloco ou sapata, a utilização de sapatas possibilita uma maior flexibilidade na colocação dos pilares, mas para edifícios com cargas reduzidas e estrutura geométrica simples apresenta maiores custos que o bloco, o que é o caso do projecto que se pretende desenvolver, sendo a sapata do tipo bloco aquela que será utilizada no projecto em questão.

Ao longo dos anos anteriores frequentados no curso de arquitectura, foi possível adquirir alguns conhecimentos relacionados com o curso de engenharia civil, como a implantação de elementos estruturais em obra e os requisitos que estes devem seguir.

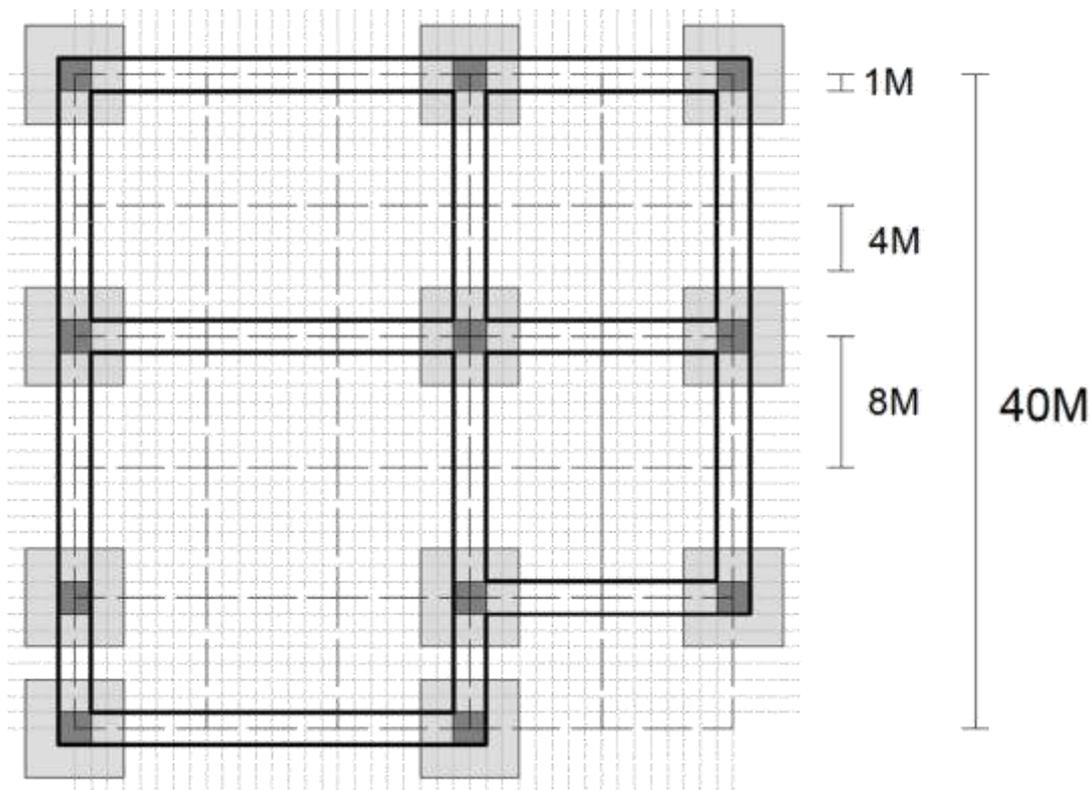


Figura 5.9: Esquema da inserção das sapatas na malha modular (exemplo). Fonte: Autor

As fundações, neste caso do tipo bloco, são os elementos responsáveis por transmitir os esforços já recebidos pelos pilares para o solo, devendo existir uma fundação como suporte para cada pilar pertencente à estrutura principal. As dimensões das mesmas deverão ser calculadas conforme o edifício em questão, de maneira a manter a integridade estrutural do mesmo. Os acabamentos das mesmas deverão ser feitos de modo a receber a estrutura do edifício, tendo em conta o modo como devem receber as vigas e pilares. Nas figuras seguintes é apresentado um esquema que representa o estudo de como deverão funcionar as fundações, o modo como devem receber os restantes elementos estruturais (vigas e pilares), e o tipo de encaixe necessário para responder às diferentes necessidades geométricas.

## FUNDAÇÃO

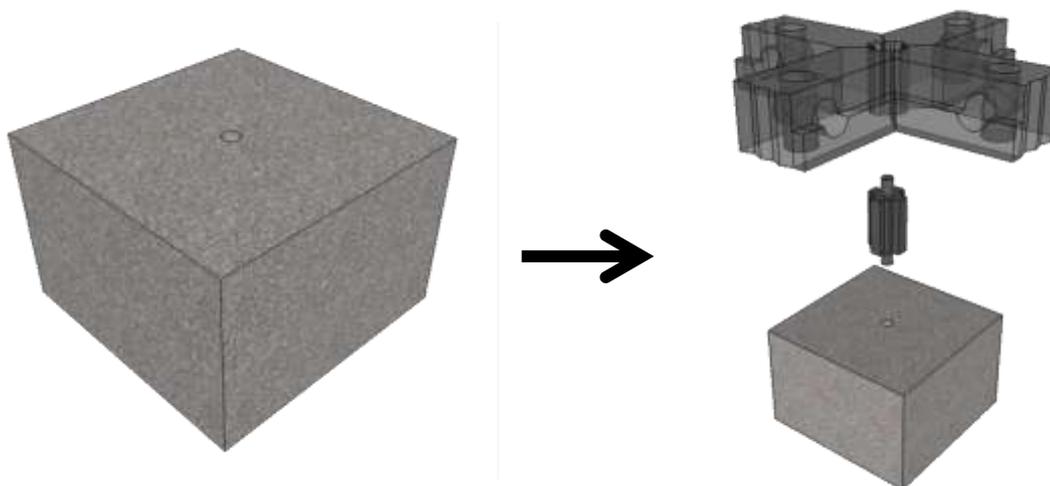


Figura 5.10: Esquema representativo do estudo das fundações. Fonte: Autor

### 5.3.2.2 PILARES

Pilares são elementos estruturais de eixo recto, dispostos na vertical, responsáveis por receber as forças recebidas pelos outros elementos da construção e transmiti-las às fundações. Juntamente com as vigas, os pilares devem formar um pórtico, responsável por resistir às acções verticais e horizontais, garantindo a estabilidade da estrutura (CÉSAR MELO, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002). No método construtivo tradicional estes são construídos em betão armado. Isto leva a um maior gasto em tempo de construção devido ao seu método construtivo exigindo também maior emprego de mão-de-obra, de equipamento, causando ainda entulhos e desperdícios, tanto na sua construção como no caso de alterações ou ampliações, características que devem ser evitadas. Já quando avaliamos os principais sistemas construtivos utilizados actualmente, vemos que no lugar de pilares de betão armado opta-se pela utilização de perfis, principalmente metálicos. Estes apresentam um método construtivo mais apurado tecnicamente, onde são evitados os desperdícios, pois o perfil vem já

construído de fábrica com dimensões conforme projecto, é fácil de montar em obra, funcionando a sua fixação à base de porcas e parafusos, necessitando de um baixo numero de operários, sendo o seu tempo de montagem bastante reduzido em relação ao método tradicional. Para além disso, estes elementos fazem parte de um todo, mas são ao mesmo tempo um elemento individual, podendo, dependendo das suas características, ser reutilizado para a mesma função, em obras no próprio edifício ou em obras alheias.



Figura 5.11: Tipos de pilares (betão armado e perfil metálico). Fonte: revistatechne.com

Quanto ao tipo de pilares, figura 5.12, estes apresentam normalmente secção quadrada, sendo também frequente o uso de outras formas geométricas (redonda, hexagonal, triangular, etc.) conforme projecto. Neste caso, tendo em conta os objectivos do projecto e as suas bases, a forma quadrada mostra-se a mais indicada, de modo a fazer com que estes elementos sejam perfeitamente introduzidos na malha modular. Quanto à sua implantação em obra, os pilares podem ser de canto, de borda ou internos (CÉSAR MELO, Universidade de São Paulo, 2002).

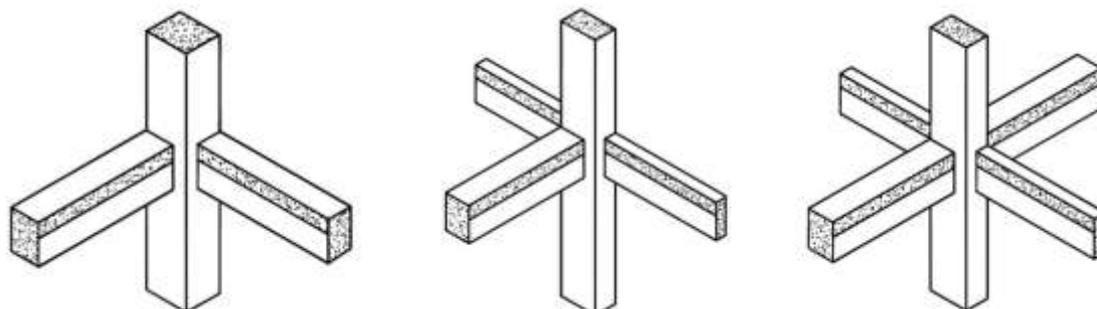


Figura 5.12: Tipos de pilares quanto à sua implantação em obra (pilar de canto, de borda e interno).

Fonte: César Melo, Universidade de São Paulo, 2002

São estes os tipos de pilares que terão de existir para completar toda a malha modular, de modo a que a estrutura de todo o edifício se torne uma só. Na concepção de um sistema construtivo deve-se ter em conta a localização e características de todos os tipos de pilar, sempre de modo a garantir. Resta dizer que devem também ser respeitadas medidas mínimas quanto ao dimensionamento destes elementos e ter também em conta a sua composição quanto aos materiais a utilizar e modo como interage com os outros elementos estruturais, de modo a garantir a segurança, salubridade e conforto térmico e acústico do edifício.

No desenvolvimento de um projecto de arquitectura é importante a capacidade do arquitecto ter em conta onde será necessário a colocação de pilares, para que o projecto de arquitectura esteja elaborado em compatibilidade com o projecto de engenharia. Através dos conhecimentos adquiridos nos anos anteriores em disciplinas como projecto, construções e estruturas, os conhecimentos sobre o tema aqui referido pode considerar-se satisfatório, mantendo sempre presente o facto da necessidade de contacto e discussão com um engenheiro civil.

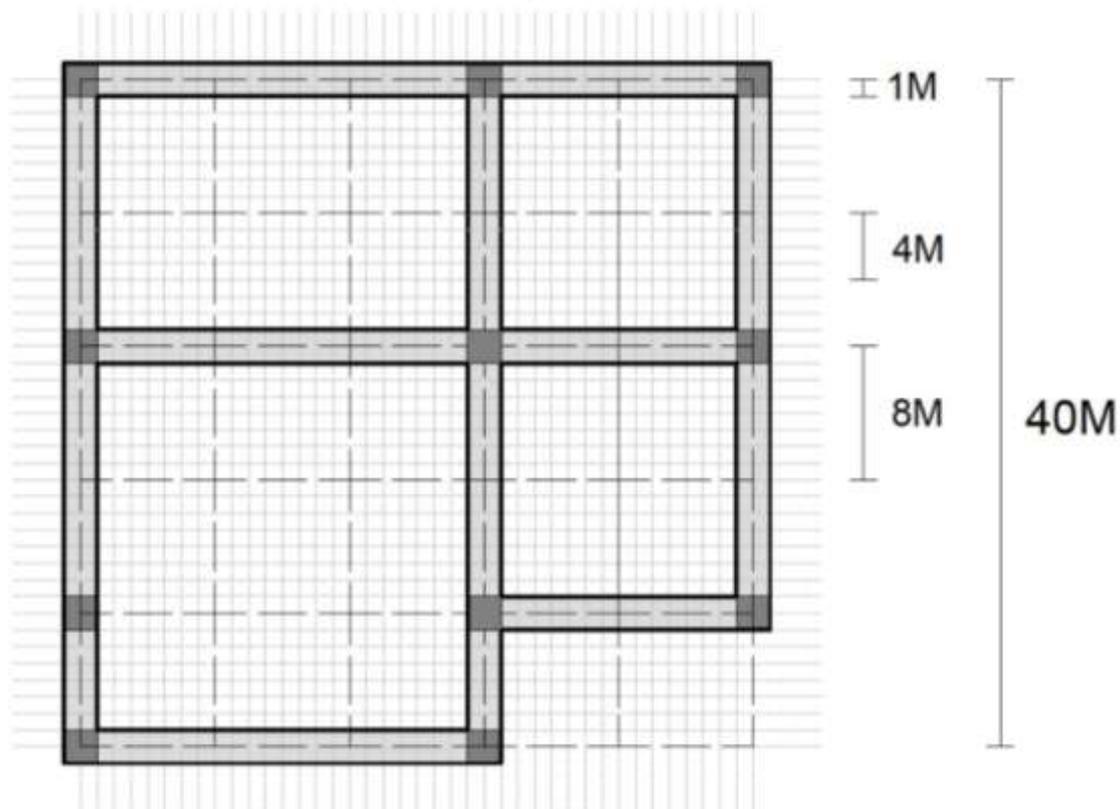
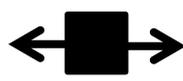


Figura 5.13: Esquema da inserção dos pilares na malha modular (exemplo). Fonte: Autor

Em obra, geralmente os pilares localizam-se integrados com as vigas e paredes, servindo de reforço ao sustento das mesmas e de modo a existir uma organização projectual, podendo também aparecer localizado em espaço aberto, conforme as necessidades projectuais.

Conforme o projecto em desenvolvimento a sua localização deve ser estudada de modo a existir uma coerência organizacional, simplificando sempre a estrutura do edifício. Estes interagem principalmente com dois tipos de elementos construtivos, paredes e vigas. O seu desenho pode variar conforme o número de lados que recebe paredes ou vigas, podendo este número variar conforme projecto. Na procura da melhor solução para o modo como os elementos construtivos se devem comportar, é na figura seguinte é apresentado um esquema do estudo dos pilares necessários para responder às diferentes necessidades geométricas do projecto.

 PILAR – P1

---

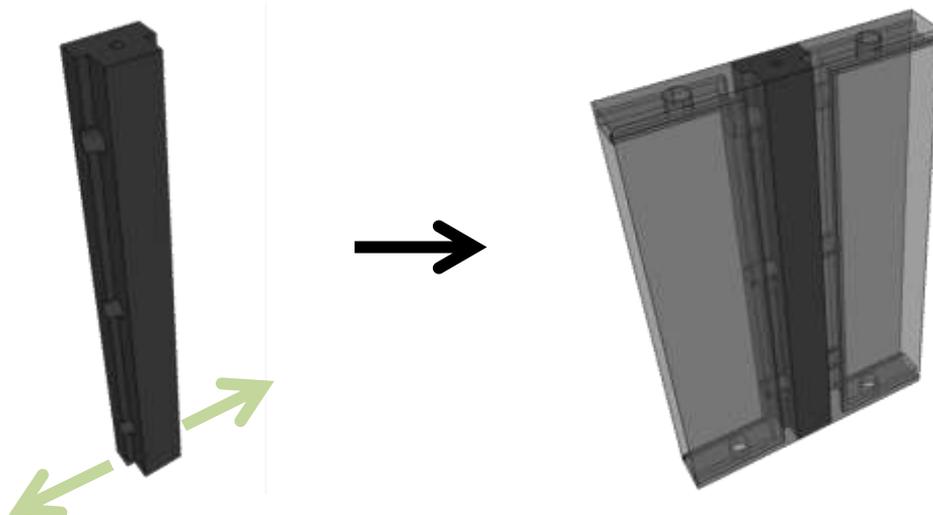
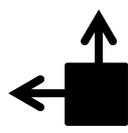


Figura 5.14: Esquema representativo do estudo dos pilares (P1). Fonte: Autor

 PILAR – P2

---

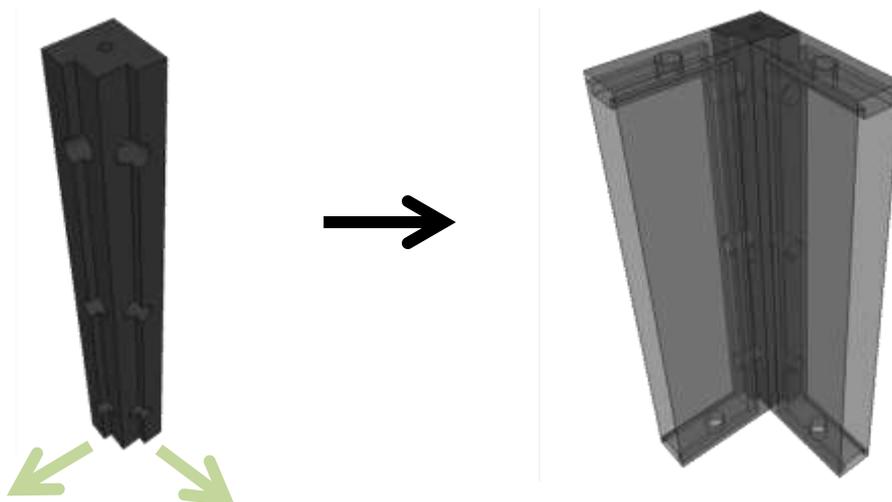
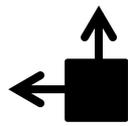


Figura 5.15: Esquema representativo do estudo dos pilares (P2). Fonte: Autor

 **PILAR – P2\_a**

---

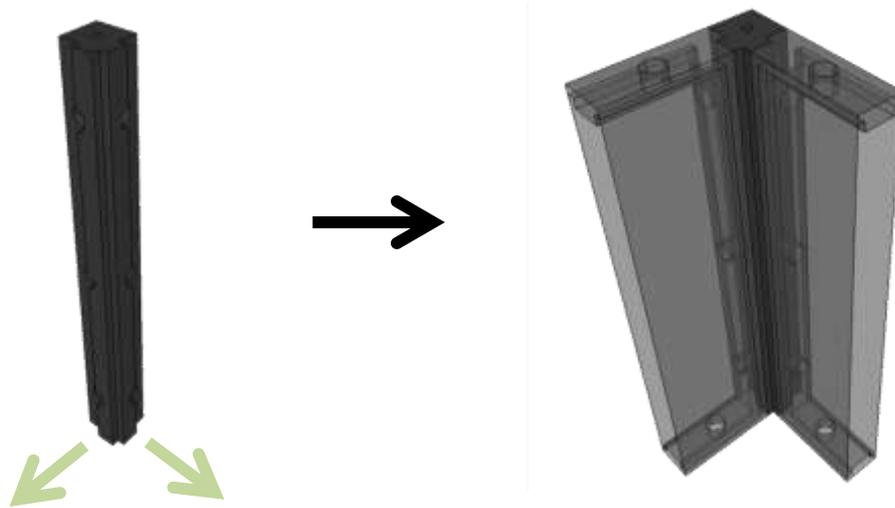
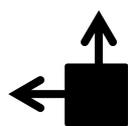


Figura 5.16: Esquema representativo do estudo dos pilares (P2\_a). Fonte: Autor

 **PILAR – P2\_b**

---

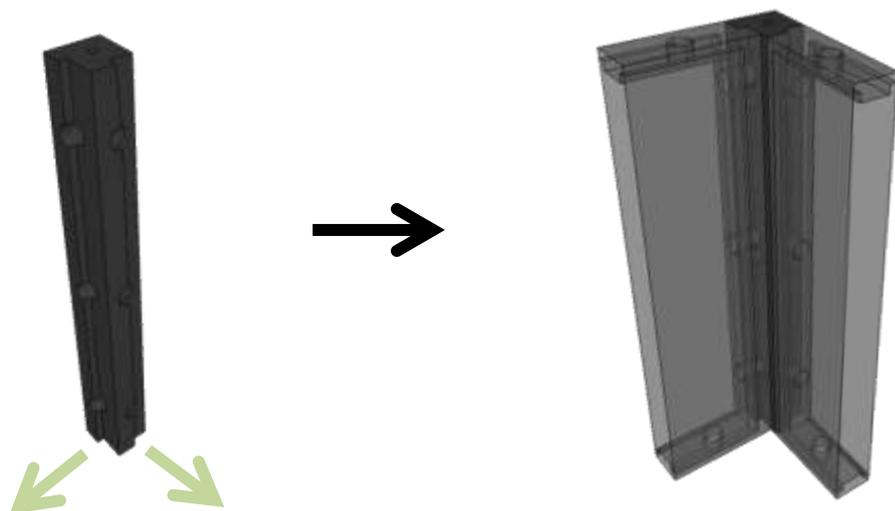


Figura 5.17: Esquema representativo do estudo dos pilares (P2\_b). Fonte: Autor

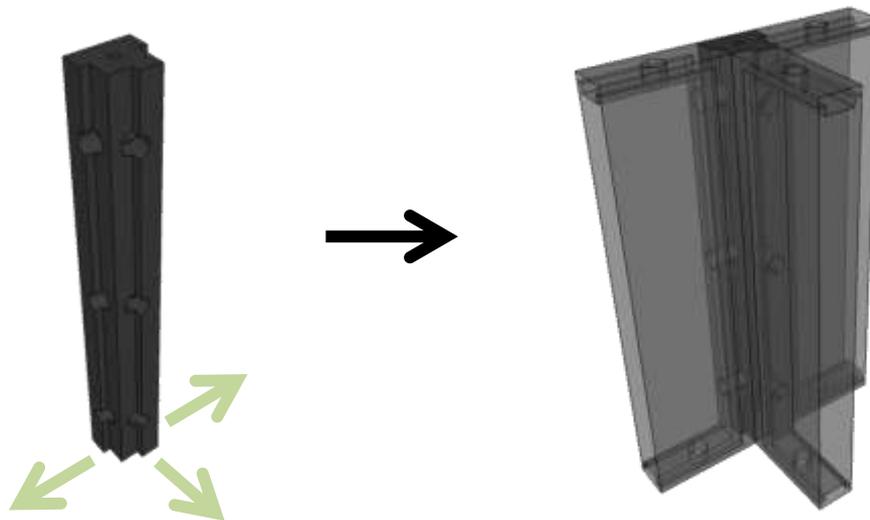


Figura 5.18: Esquema representativo do estudo dos pilares (P3). Fonte: Autor

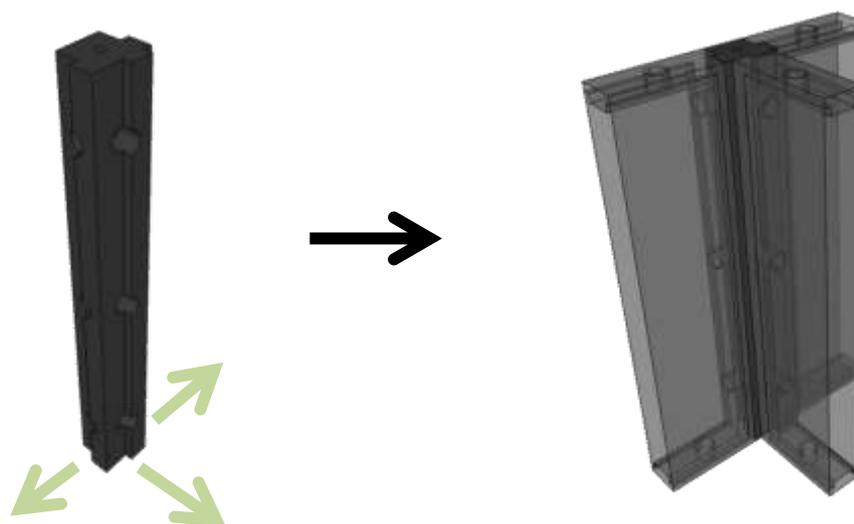


Figura 5.19: Esquema representativo do estudo dos pilares (P3\_a). Fonte: Autor

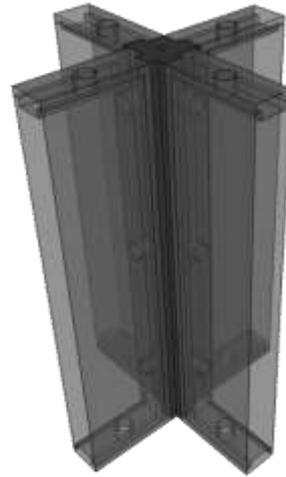


Figura 5.20: Esquema representativo do estudo dos pilares (P4). Fonte: Autor



**PILAR - P5**

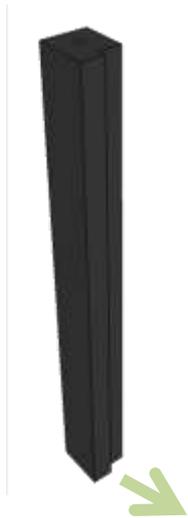
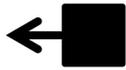


Figura 5.21: Esquema representativo do estudo dos pilares (P5). Fonte: Autor



## PILAR – P6

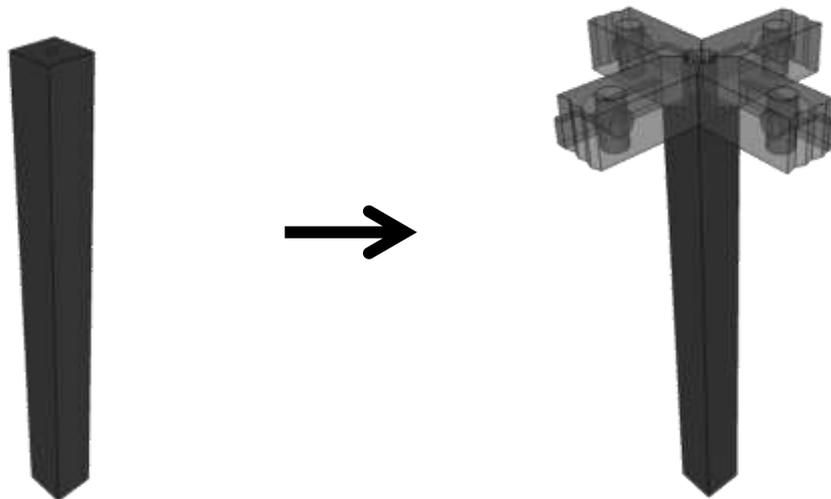


Figura 5.22: Esquema representativo do estudo dos pilares (P5). Fonte: Autor

Existem nos pilares diferentes necessidades geométricas, dependendo do número de lados que o mesmo receberá paredes e ainda da orientação exterior/interior das mesmas. Para que as diferentes necessidades geométricas sejam resolvidas, é necessário a existência de 9 tipos de pilares diferentes. Estes terão de ter em conta os restantes elementos estruturais com que interagem, como as fundações, vigas, paredes e ainda outros pilares. Para que isso aconteça o desenho dos pilares foi pensado de modo a receber esses restantes elementos.

Na figura 5.23 estão representados os diferentes tipos de pilares necessários.

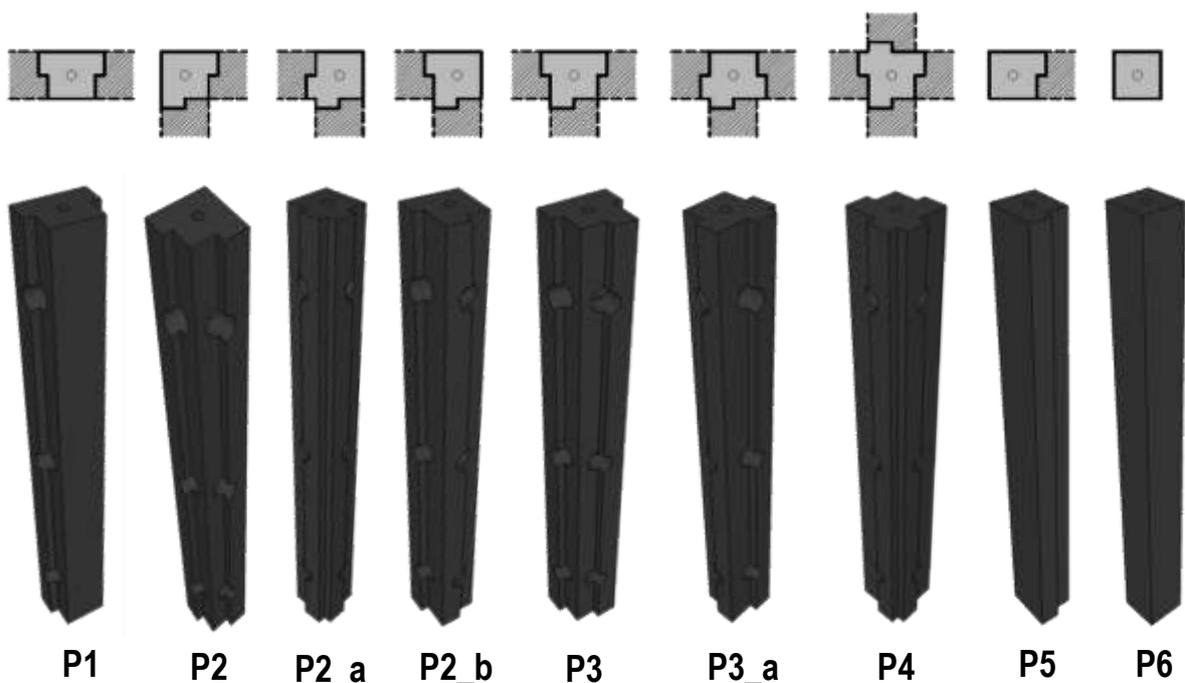


Figura 5.23: Esquema representativo dos diferentes tipos de pilares (P1, P2, P2\_a, P2\_b, P3, P3\_a, P4, P5, P6).

Fonte: Autor

O tipo de pilar dependerá da sua localização em relação aos restantes elementos estruturais, ou seja, do número de lados que irá receber paredes.

O pilar do tipo “P1” recebe paredes de dois dos seus quatro lados, sendo esses dois lados opostos. Os pilares dos tipos “P2, P2\_a e P2\_b” recebem também paredes de dois dos seus lados, mas neste caso os lados em questão formam um canto, tratando-se de um pilar de canto. Já o pilar do tipo “P3 e P3\_a” recebem paredes de três dos seus lados, formando uma união em “T”. Estes dois tipos de pilares são semelhantes, havendo apenas uma pequena diferença quanto à posição dos encaixes, devido à possibilidade de alteração na orientação exterior / interior das paredes, tal como acontece nos pilares do tipo P2. O pilar do tipo “P4” recebe paredes dos seus quatro lados, tratando-se de um pilar de cruzamento. O pilar do tipo P5 recebe paredes apenas de uma das suas laterais, enquanto o pilar do tipo “P5”, trata-se de um pilar apenas de suporte, não recebendo paredes de nenhum dos seus lados, interagindo apenas com a sua fundação e as vigas que irá suportar.

Quanto às suas dimensões, os pilares terão como base uma secção quadrada de 25cm x 25cm, perfeitamente integrada na malha modular, existindo depois dimensões de encaixes e pormenores que deverão ser consultados na fase de projecto executivo, onde são apresentados os pormenores construtivos.

### 5.3.2.3 VIGAS

As vigas são elementos estruturais com características parecidas com os pilares, mas com algumas diferenças. Estas estão posicionadas horizontalmente, funcionam também através de um eixo, que apesar de ser maioritariamente recto, pode também adquirir formas curvas, conforme projecto. A secção destes elementos estruturais caracteriza-se por a dimensão vertical ser maioritariamente maior que a dimensão horizontal, isto deve-se devido a necessidades estruturais, principalmente no método construtivo tradicional, onde estes elementos são maioritariamente construídos em betão armado. São responsáveis por receber as cargas de paredes e lajes e transmiti-las aos pilares, que irão posteriormente transmiti-las às fundações. (CÉSAR MELO, Universidade de São Paulo, 2002).

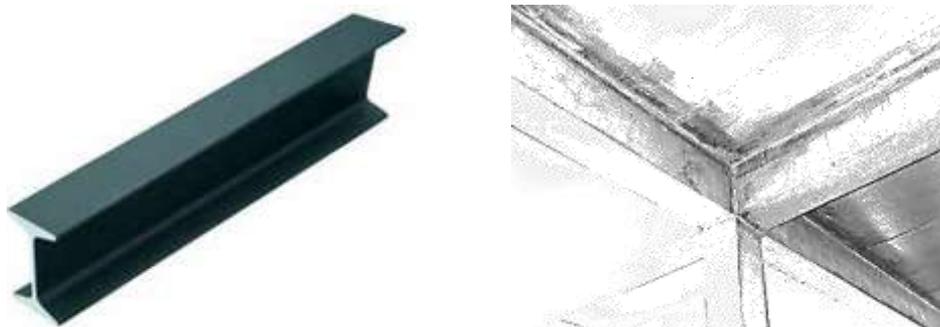


Figura 5.24: Tipos de vigas (perfil metálico e betão armado). Fonte: revistatechne.com

Pondo de lado estas diferenças, estes elementos estruturais têm características bastante parecidas. A constituição das vigas deve ter em conta a sua função e implantação em obra, os restantes elementos com que vão interagir, o modo como estes se conectam, devendo ainda ter em conta as cargas e esforços que terão que suportar, de modo a garantir a integridade estrutural de todo o edifício.

Tal como os pilares, também no que toca a vigas, é importante para o arquitecto a posse de conhecimentos nesta área. Geralmente as vigas localizam-se sobre a mesma orientação das paredes suportadas nas suas extremidades por pilares. Devido à diferença de dimensões dos diferentes compartimentos e devido a necessidades estruturais, pode também existir a necessidade da existência de vigas onde não existam paredes. Também a dimensão da sua secção deve ser suficiente para manter a integridade e segurança de todo o edifício.

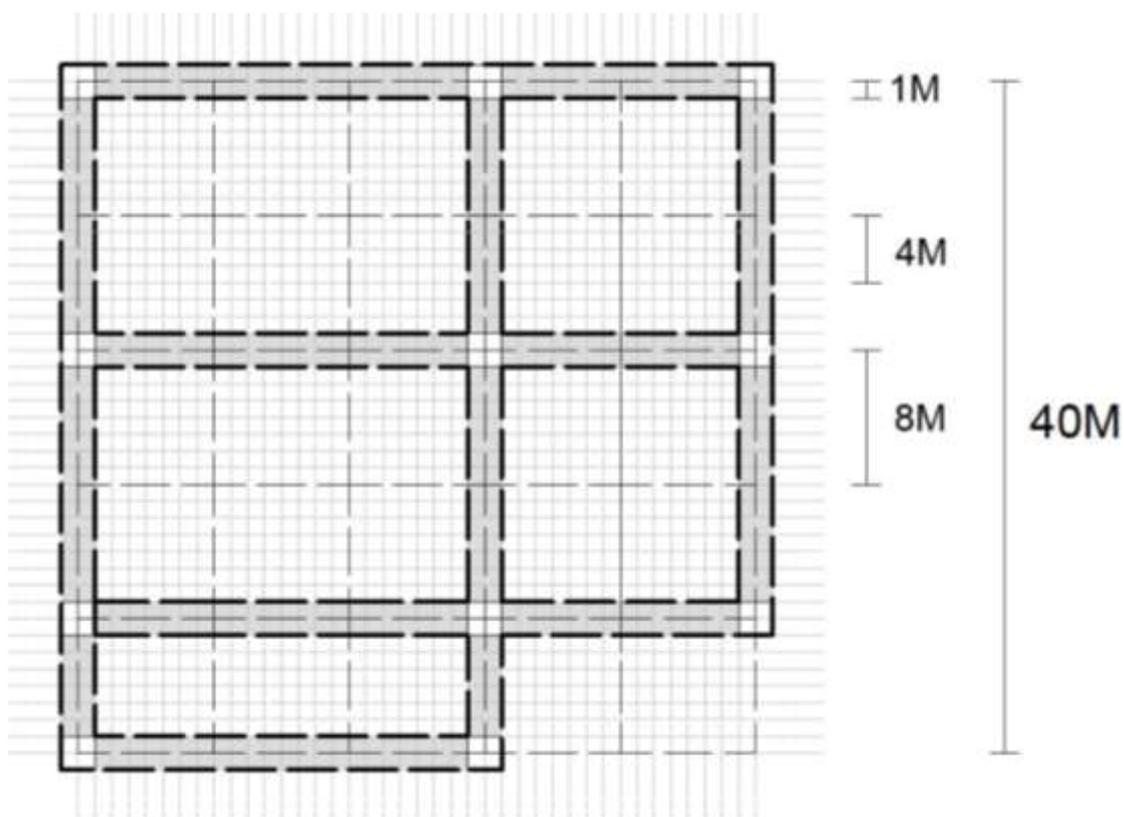


Figura 5.25: Esquema da inserção das vigas na malha modular (exemplo). Fonte: Autor

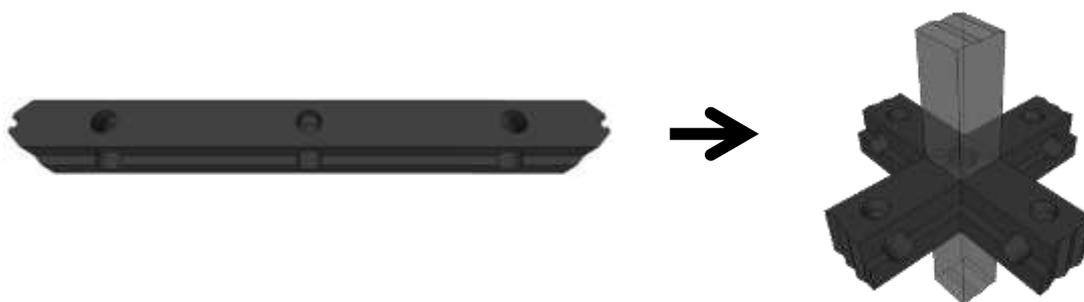


Figura 5.26: Esquema representativo do estudo das vigas (viga tipo). Fonte: Autor

São necessários apenas 4 tipos de vigas para responder às diferentes necessidades geométricas de todo o projecto, sendo apenas necessário existir variação no seu comprimento, mantendo sempre a medida de 0.25cm x 0.25cm como sua secção. Uma das diferenças entre os tipos de vigas é a existência de encaixe para receber a respectiva laje e de entradas laterais destinadas aos subsistemas, de um ou de dois dos seus lados. Para além da existência de encaixes em uma ou duas das suas laterias, as vigas podem ou não conter essas mesmas entradas no seu topo ou na sua base.

Para cobrir todas as necessidades projectuais é então necessário a existência de quatro tipos de vigas com diferentes comprimentos.

**VIGA – V1\_a – 0.75cm**

---



**VIGA – V1\_b – 1.75cm**

---



**VIGA – V1\_c – 2.75cm**

---



**VIGA – V1\_d – 3.75cm**

---



**VIGA – V1\_e – 4.75cm**

---



Figura 5.27: Esquema representativo do estudo das vigas (viga V1\_a, V1\_b, V1\_c, V1\_d, V1\_e). Fonte: Autor

**VIGA – V2\_a – 0.75cm**

---



**VIGA – V2\_b – 1.75cm**

---



**VIGA – V2\_c – 2.75cm**

---



**VIGA – V2\_d – 3.75cm**

---



**VIGA – V2\_e – 4.75cm**

---



Figura 5.28: Esquema representativo do estudo das vigas (viga V2\_a, V2\_b, V2\_c, V2\_d, V2\_e). Fonte: Autor

**VIGA – V3\_a – 0.75cm**

---



**VIGA – V3\_b – 1.75cm**

---



**VIGA – V3\_c – 2.75cm**

---



**VIGA – V3\_d – 3.75cm**

---



**VIGA – V3\_e – 4.75cm**

---



Figura 5.29: Esquema representativo do estudo das vigas (viga V3\_a, V3\_b, V3\_c, V3\_d, V3\_e). Fonte: Autor

**VIGA – V4\_a – 0.75cm**

---



**VIGA – V4\_b – 1.75cm**

---



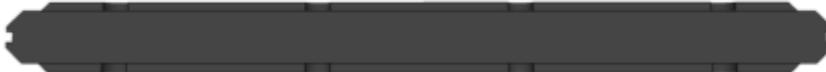
**VIGA – V4\_c – 2.75cm**

---



**VIGA – V4\_d – 3.75cm**

---



**VIGA – V2\_e – 4.75cm**

---



Figura 5.30: Esquema representativo do estudo das vigas (viga V4\_a, V4\_b, V4\_c, V4\_d, V4\_e). Fonte: Autor

### 5.3.2.4 PAREDES / LAJES

No método construtivo tradicional, as paredes, elementos construtivos responsáveis pela divisão de espaços verticalmente, são construídas em tijolo cerâmico, assentes sobre argamassa, recebendo depois reboco ou estuque para posteriormente receber o acabamento, que pode variar entre pintura ou mosaico cerâmico. As lajes desempenham funções parecidas com as paredes, mas são o elemento construtivo responsável pela divisão de espaços horizontalmente. Na fase de obra, os desperdícios, em termos de material, são elevados, juntamente com os desperdícios causados no seu transporte e colocação no estaleiro de obra (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002).

Este é um ponto que deve ser tido em conta, sendo este um dos principais factores a contribuir para a lotação dos aterros e para o aumento de despejos ilegais de entulhos. Para além disso existe ainda elevado desperdício de matéria-prima, levando a consumos de energia e mão-de-obra desnecessários durante o processo de fabrico. Este método construtivo apresenta ainda elevado consumo de tempo na sua execução, factor que tem por vezes de ser compensado com o aumento da mão-de-obra, aumentando também os custos finais.

Já nos sistemas construtivos analisados anteriormente, observa-se que este método construtivo é posto de parte, sendo substituído pela utilização de painéis, que suportados por uma estrutura secundária formam as paredes.

A utilização deste método construtivo torna-se muito mais cómodo e produtivo, devido à rapidez e facilidade de aplicação, reduzindo o tempo e consumo de energia na execução dos trabalhos, eliminando ainda os desperdícios causados, tanto em fase de obra como em fase de produção e transporte (RENATA RODRIGUES, 2009).

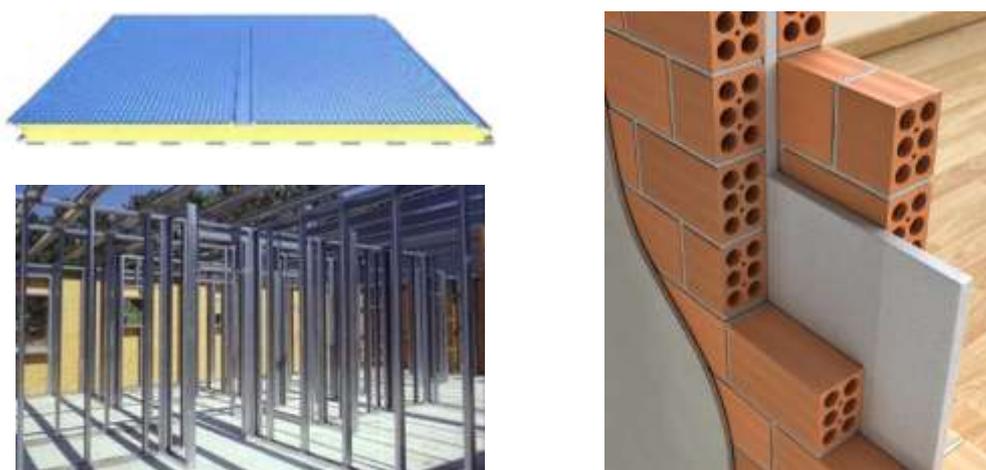


Figura 5.31: Tipos de paredes (painéis e tijolo cerâmico). Fonte: arcoweb.com.br e lusoceram.pt

A opção pela utilização de painéis na execução das paredes mostra-se bastante vantajosa comparativamente com o método tradicional. A redução de desperdícios e de matéria-prima é bastante elevada mostrando-se um método construtivo muito mais preocupado ambientalmente, sendo também capaz de reduzir o tempo de obra e a mão-de-obra utilizada. Para além disso, é um sistema que utiliza a vantagem da coordenação modular.

A composição do painel deve ser estudada e projectada de modo a que este obtenha um bom desempenho em obra. É necessário satisfazer necessidades térmicas e acústicas, de durabilidade e salubridade. Isto terá de ser conseguido através do estudo das camadas que o irão compor, considerando os materiais, as suas resistências e características e o modo como estes deverão interagir. No que diz respeito à conservação e alteração ou remodelação de edifícios a utilização de painéis mostra-se bastante vantajoso, podendo existir obras onde estes sejam alterados sem haver desperdícios, reutilizando os mesmos.

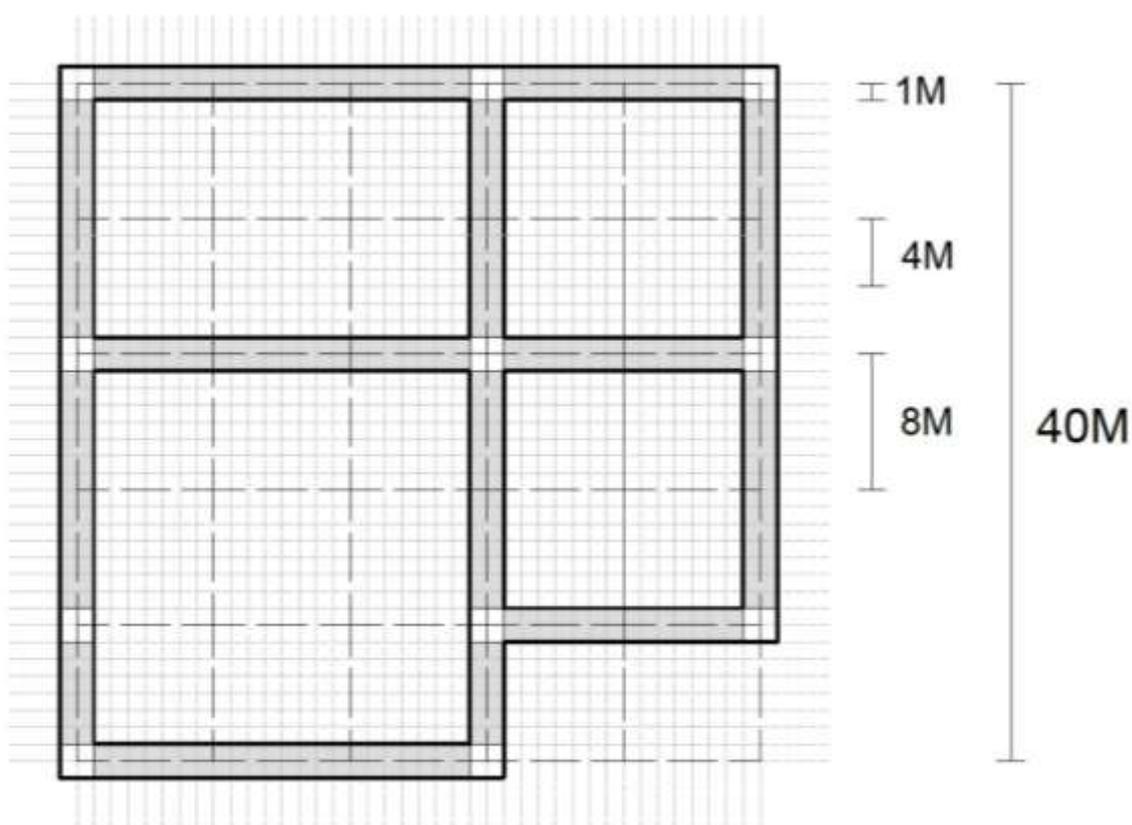


Figura 5.32: Esquema de inserção das paredes na malha modular (exemplo). Fonte: Autor

As paredes, o elemento estrutural que divide fisicamente os espaços, apresentam um papel importantíssimo na organização estrutural da obra. De modo a ser introduzida na malha modular respondendo da melhor maneira às necessidades projectuais, independentemente da espessura, o eixo das mesmas deverá estar implantado sobre o eixo da malha modular que lhe corresponde, proporcionando assim uma maior possibilidade de integração dimensional entre todos os elementos construtivos.

A sua espessura dependerá das camadas e materiais a ser utilizados na sua constituição, devendo estes atender a critérios térmicos e acústicos que devem ser cumpridos, de modo a garantir o conforto da habitação. As mesmas são constituídas por um involucro metálico que servirá de suporte para depois receber as placas de fechamento que completam as paredes.

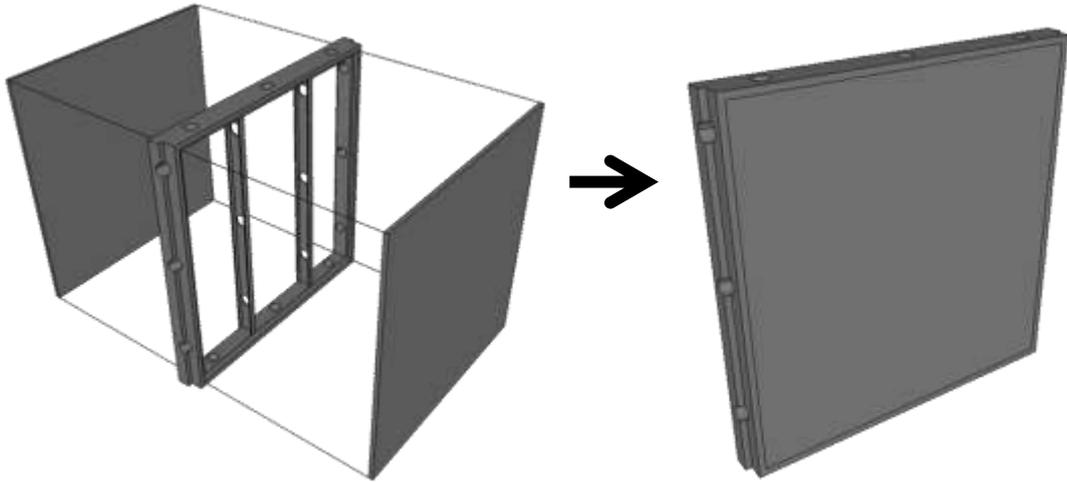
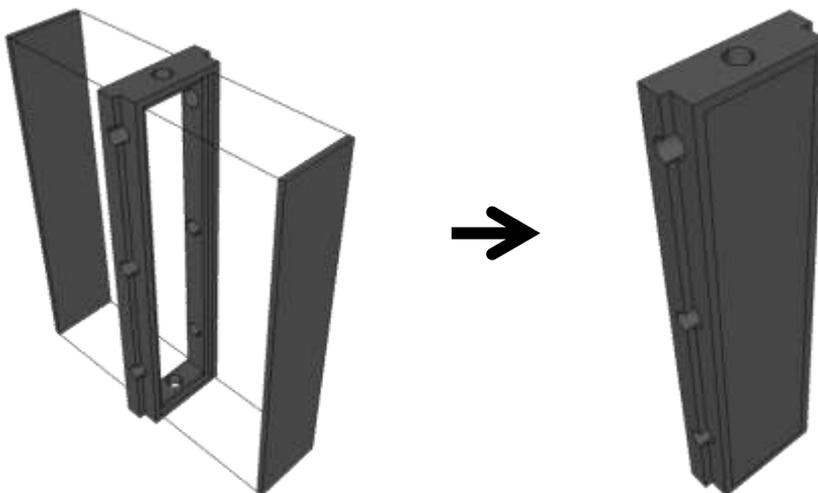


Figura 5.33: Esquema representativo do estudo das paredes (W). Fonte: Autor

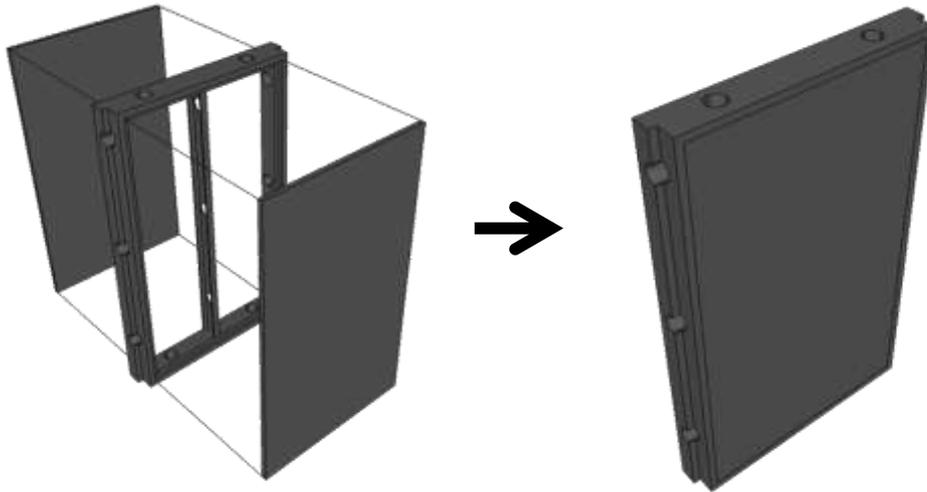
As paredes podem todas elas ser de 1 tipo apenas, sendo apenas necessário existir paredes com diferentes comprimentos para responder às diferentes necessidades geométricas. Apenas 3 comprimentos diferentes são o suficiente para cobrir as várias hipóteses projectuais (0.75, 1.75, 2.75)

### PAREDE – W\_a – 0.75cm



**PAREDE – W\_b – 1.75cm**

---



**PAREDE – W\_c – 2.75cm**

---

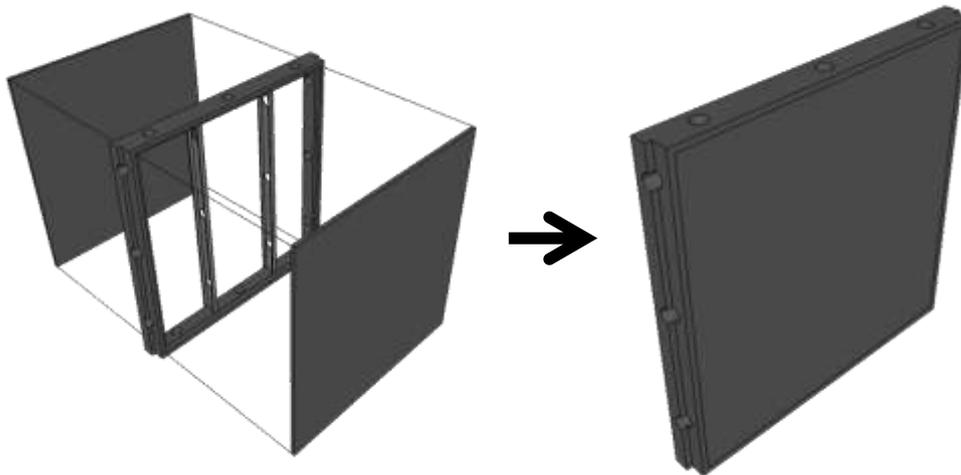


Figura 5.34: Esquema representativo do estudo das paredes (W\_a, W\_b, W\_c). Fonte: Autor

Quanto às lajes, estas apresentam características parecidas com as paredes, mas mesmo assim existem pormenores que devem ser tidos em conta. As paredes dividem os espaços verticalmente, enquanto as lajes são o elemento construtivo responsável pela divisão de espaços horizontalmente. Isto implica receber cargas, como o peso de móveis, electrodomésticos, outros equipamentos e ainda o peso das pessoas que frequentem os diferentes tipos de espaços. Tal como acontece nas paredes, é tida em conta a necessidade de reservar espaço para os subsistemas, fazendo com que seja possível posteriores instalações e facilitando futuras reparações.

## LAJE – L

---

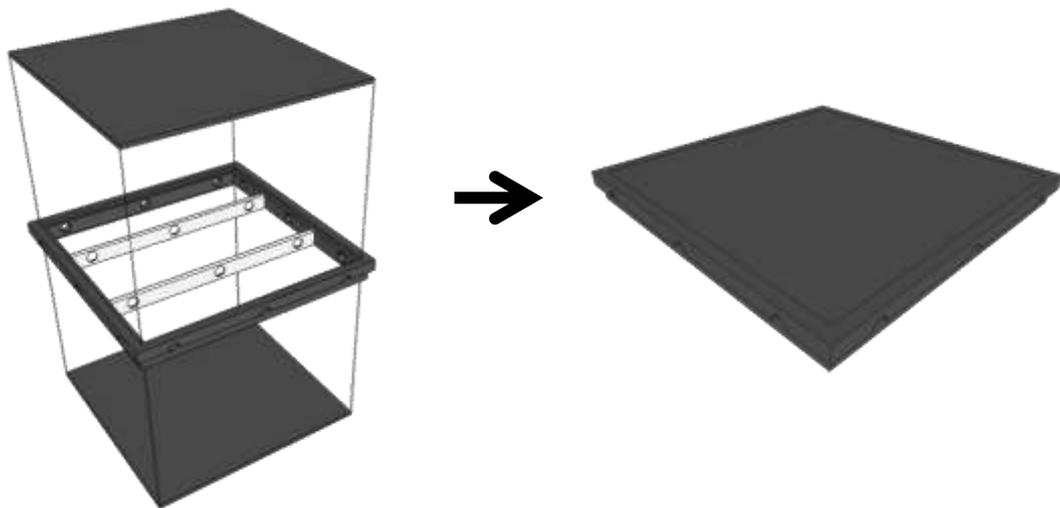


Figura 5.35: Esquema representativo do estudo das lajes (L). Fonte: Autor

No que diz respeito à integração das lajes com os restantes elementos construtivos, as suas características são parecidas às das paredes, como a diferença de estas necessitarem de encaixe em quatro dos seus lados. As dimensões destas podem variar, de maneira a responder às diferentes necessidades geométricas, tanto em comprimento como em largura, tendo sempre em conta as dimensões modulares e os restantes elementos construtivos.

### 5.3.2.5 PORTAS / JANELAS

Uma das grandes vantagens do método construtivo aqui utilizado é a possibilidade de integração com outros elementos construtivos já existentes no mercado. As portas e janelas são elementos construtivos inseridos nas paredes, criando aberturas de diferentes dimensões, que variam conforme os objectivos para o espaço em questão. Podemos ter desde envidraçados que ocupem paredes inteiras, de maneira a favorecer a iluminação natural e a relação exterior / interior, até pequenas aberturas como janelas de casa de banho, onde se pretende privacidade e o facto de ser um espaço frequentado por curtos períodos de tempo faz com que a iluminação natural não seja tão necessária. Devido a esta variação de situações e consequentemente das dimensões das aberturas pretendidas, as possibilidades são inúmeras.

As paredes são compostas por um perfil metálico principal em todo o seu perímetro que recebe depois as placas que irão preencher o espaço da parede. No seu interior, de modo a reforçar estes elementos construtivos e consequentemente toda a estrutura do edifício, existem perfis metálicos secundários de suporte. Consoante as dimensões e localização nas paredes das portas ou janelas em questão, estes perfis secundários são colocados de modo a servir de suporte às mesmas, figura 5.36 e 5.37.

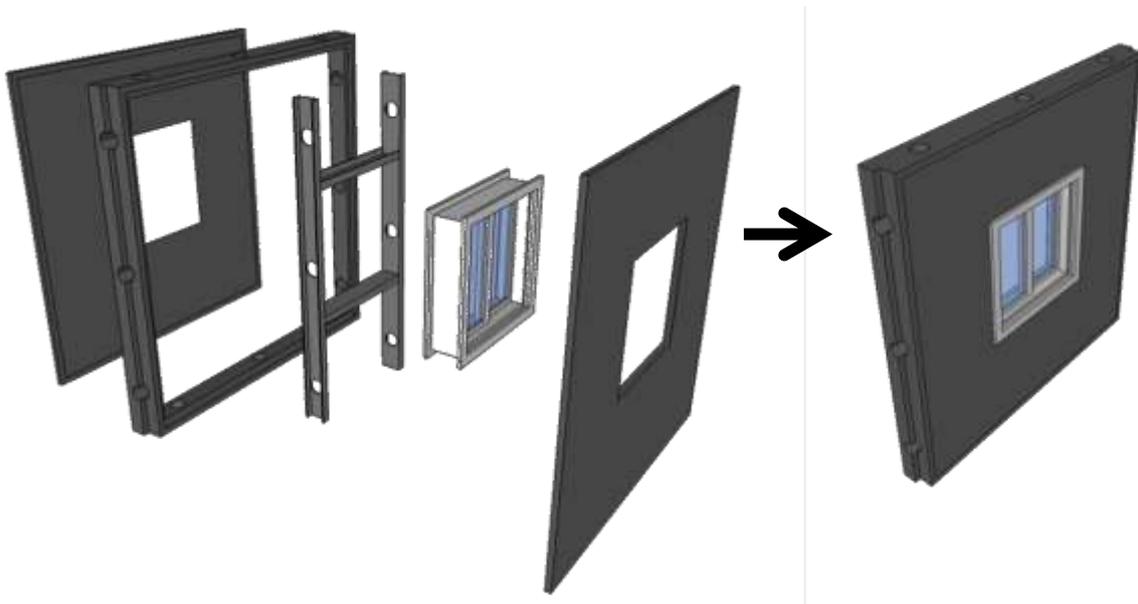


Figura 5.36: Esquema representativo do estudo da introdução de janelas nas paredes Fonte: Autor

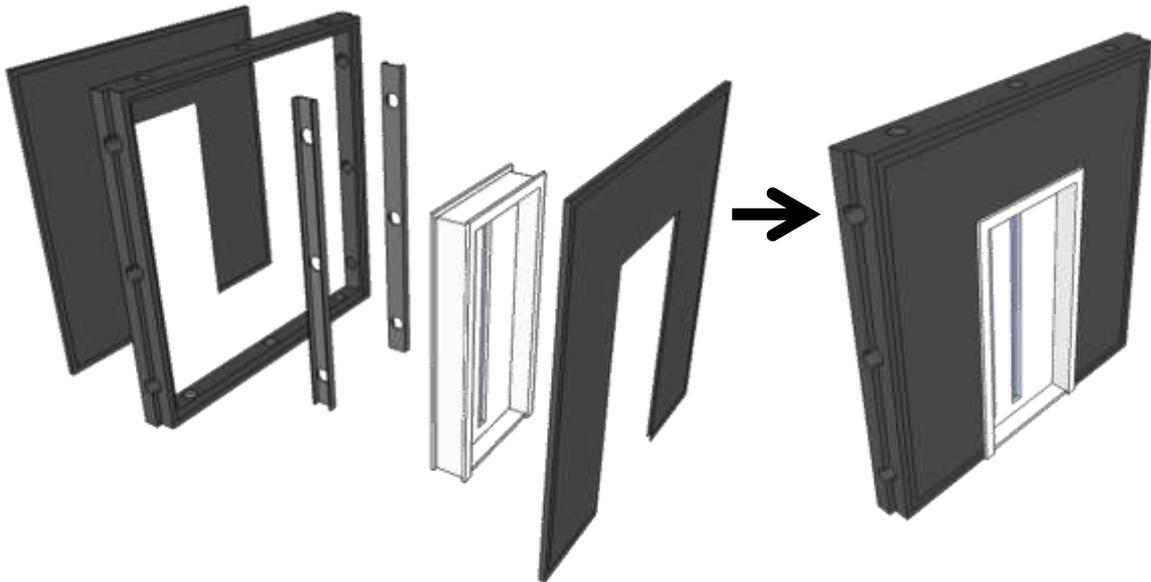


Figura 5.37: Esquema representativo do estudo da introdução de portas nas paredes Fonte: Autor

### 5.3.2.6 MOLDES DE ENCAIXE

De modo a existir uma perfeita interacção entre todos os elementos construtivos do edifício, é ainda necessário a existência de moldes de encaixe, que funcionam como elos de ligação entre os principais elementos estruturais (fundações, pilares e vigas). Também nestes casos as possibilidades variam, devido às diferentes necessidades geométricas de cada projecto.

Através do estudo das necessidades a que estes elementos construtivos devem responder, verifica-se a necessidade da existência de quatro tipos diferentes de moldes. Este valor corresponde à variação do número de lados que irão receber vigas, conforme a sua localização em projecto. Na figura 5.38 estão representados os moldes de encaixe necessário para que todas as necessidades projectuais sejam respondidas.

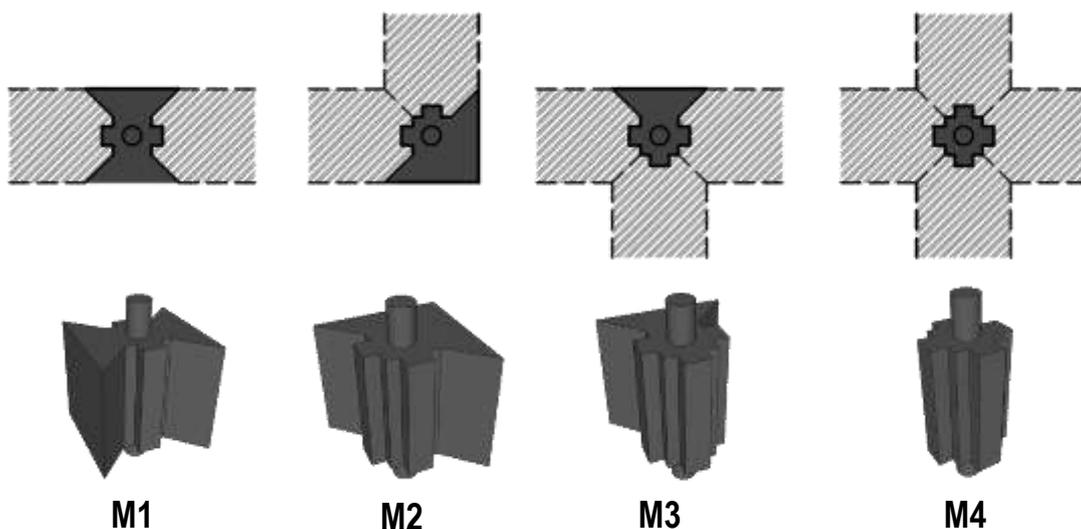


Figura 5.38: Esquema representativo do estudo dos moldes de encaixe (M1, M2, M3, M4) Fonte: Autor

O molde do tipo “M1” recebe vigas em dois dos seus lados, sendo esses lados opostos, enquanto o molde do tipo “M2” recebe também vigas de dois dos seus lados, mas estes formam canto. O molde do tipo “M3” recebe vigas em três dos seus lados e por fim o molde do tipo “M4” recebe vigas nos quatro dos seus lados.

## 5.4 2ª FASE – PROJECTO BÁSICO

É nesta fase do projecto que ocorre a definição técnica e dimensional do projecto, apresentando as soluções técnicas, do conjunto e das partes. Este ponto é conseguido através de desenhos técnicos que representam a geometria e dimensões dos elementos construtivos e o modo como estes interagem entre si.

### 5.4.1 PEÇAS DESENHADAS

Depois de efectuado um estudo sobre os elementos construtivos, os seus desenhos e as suas dimensões, segue-se a elaboração do projecto de Arquitectura. Através das peças desenhadas é possível perceber a forma como todos os elementos devem interagir para formar um elemento único.

Esta informação é mostrada através dos desenhos técnicos que acompanham a presente dissertação:

- Planta (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Planta (2 pessoas) - Esc. 1:50
- Planta (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Planta (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50
  
- Alçados (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Alçados (2 pessoas) - Esc. 1:50
- Alçados (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Alçados (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50
  
- Cortes (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Cortes (2 pessoas) - Esc. 1:50
- Cortes (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Cortes (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50

## 5.5 3ª FASE – PROJECTO EXECUTIVO

De maneira a que seja possível uma perfeita compreensão do sistema construtivo proposto, é importante perceber como é que os diferentes elementos construtivos estão dispostos as suas dimensões e métodos de encaixe a uma escala de pormenor.

É no projecto executivo que deve ocorrer a pormenorização de todos os elementos construtivos, de modo a precaver a execução de toda a obra, com o objectivo de gerir o impacto e gastos de todo o edifício.

As especificações técnicas caracterizarão todos os materiais e equipamentos a serem utilizados nos componentes do edifício, referindo-se às necessidades e requisitos de desempenho fixados no projecto básico.

### 5.5.1 PEÇAS DESENHADAS

Nas peças desenhadas é mostrada, através dos desenhos técnicos que acompanham a presente dissertação, a forma como os diferentes elementos construtivos se devem relacionar a uma escala de pormenor, sendo referidos dimensionamentos, materiais e técnicas de construção a adoptar na execução da obra:

- Planta estrutural do pavimento (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Planta estrutural do pavimento (2 pessoas) - Esc. 1:50
- Planta estrutural do pavimento (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Planta estrutural do pavimento (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50
  
- Planta estrutural (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Planta estrutural (2 pessoa) - Esc. 1:50
- Planta estrutural (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Planta estrutural (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50
  
- Planta estrutural da cobertura (1 pessoa) - Esc. 1:50
- Planta estrutural da cobertura (2 pessoas) - Esc. 1:50
- Planta estrutural da cobertura (2 pessoas + 1 jovem) - Esc. 1:50
- Planta estrutural da cobertura (2 pessoas + 2 jovens) - Esc. 1:50
  
- Pormenor  
(Pormenor de ligação de pavimento em contacto com o solo e parede exterior) - Esc. 1:10

- **Pormenores**  
(Pormenor de ligação da cobertura com parede interior) - Esc. 1:10  
(Pormenor de ligação da cobertura com parede exterior) - Esc. 1:10
  
- **Pormenores**  
(Pormenor de ligação da janela / porta de correr com parede [fixada no perfil metálico de reforço]) - Esc. 1:10  
(Pormenor de ligação da janela / porta de correr com parede [fixada no perfil metálico envolvente da parede]) - Esc. 1:10
  
- **Pormenor**  
(Pormenor de ligação da porta exterior de correr com a parede [fixada ao perfil metálico de reforço]) - Esc. 1:10
  
- **Pormenor**  
(Pormenor de ligação da janela exterior de correr com a parede [fixada ao perfil metálico de reforço]) - Esc. 1:10
  
- **Pormenores**  
(Pormenor de ligação da porta interior de abrir com a parede [fixada no perfil metálico de reforço]) - Esc. 1:10  
(Pormenor de ligação da porta interior de abrir com a parede [fixada no perfil metálico envolvente da parede]) - Esc. 1:10

## 5.5.2 MEMÓRIA DESCRITIVA

Pretende-se com a presente memória descritiva delinear as características do sistema construtivo em estudo, complementando a informação existente nos desenhos técnicos.

### 5.5.2.1 COMPOSIÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Com o objectivo de adaptar o sistema construtivo proposto à realidade dos nossos dias, são apresentadas nas peças desenhadas diferentes tipologias, figura 5.39. A versatilidade do mesmo foi uma das exigências tidas em conta no seu desenvolvimento. Apesar das necessidades espaciais diferirem conforme o agregado familiar, as necessidades básicas a que uma habitação deve responder são as mesmas (Estar; comer; dormir; higiene pessoal; circulação; exterior privado)

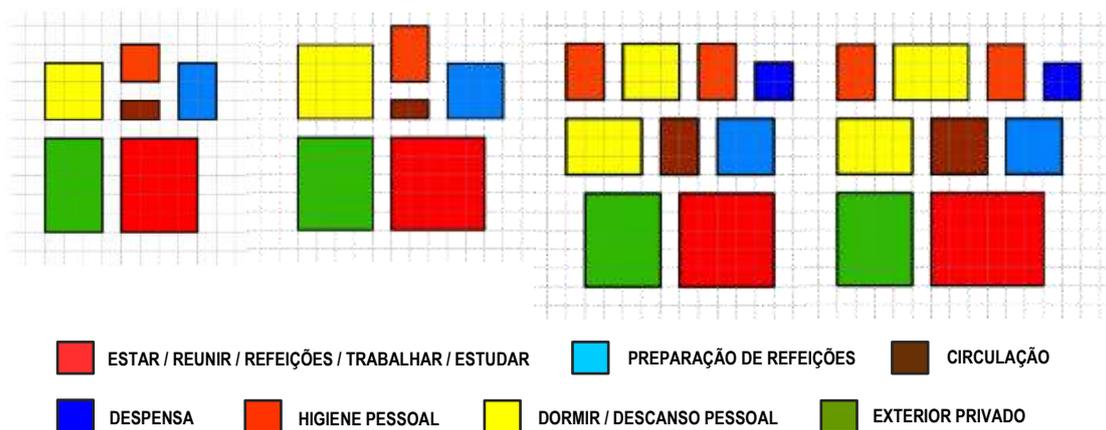


Figura 5.39: Esquema representativo das diferentes necessidades espaciais (1 pessoa, 2 pessoas, 2 pessoas + 1 jovem, 2 pessoas + 2 jovens). Fonte: Autor

Para as diferentes tipologias temos diferentes áreas, adaptando a habitação aos seus utilizadores:

- 1 pessoa

Sala	17.80 m <sup>2</sup>
Circulação	1.30 m <sup>2</sup>
Cozinha	4.80 m <sup>2</sup>
Instalação Sanitária	3.05 m <sup>2</sup>
Quarto	7.55 m <sup>2</sup>
Zona exterior privada	15.00 m <sup>2</sup>

- 2 pessoas

Sala	22.55 m <sup>2</sup>
Circulação	1.30 m <sup>2</sup>
Cozinha	7.55 m <sup>2</sup>
Instalação sanitária	4.80 m <sup>2</sup>
Quarto	14.05 m <sup>2</sup>
Zona exterior privada	20.00 m <sup>2</sup>

- 2 pessoas + 1 jovem

Sala	22.55 m <sup>2</sup>
Circulação	4.80 m <sup>2</sup>
Cozinha	7.55 m <sup>2</sup>
Instalação sanitária	4.80 m <sup>2</sup>
Quarto	10.30 m <sup>2</sup>
Quarto	7.55 m <sup>2</sup>
Instalação sanitária	4.80 m <sup>2</sup>
Despensa	3.05 m <sup>2</sup>
Zona exterior privada	20.00 m <sup>2</sup>

- 2 pessoas + 2 jovens

Sala	27.30 m <sup>2</sup>
Circulação	7.55 m <sup>2</sup>
Cozinha	7.55 m <sup>2</sup>
Instalação sanitária	4.80 m <sup>2</sup>
Quarto	10.30 m <sup>2</sup>
Quarto	10.30 m <sup>2</sup>
Instalação sanitária	4.80 m <sup>2</sup>
Despensa	3.05 m <sup>2</sup>
Zona exterior privada	20.00 m <sup>2</sup>

### 5.5.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

O presente sistema construtivo caracteriza-se pela forma como este se organiza. São identificados os principais elementos construtivos e estes organizam a principal estrutura de toda a habitação sendo depois complementados com elementos secundários. Esta utiliza maioritariamente como matéria-prima o aço galvanizado, um material 100% reciclável, leve, fácil de manusear, não expande ou retrai com a humidade e resistente ao fogo.

#### 5.5.2.2.1 Módulos construtivos

O sistema construtivo estudado na presente dissertação caracteriza-se pela forma como todo o processo construtivo é pensado.

Todo o edifício é composto por módulos construtivos que se correlacionam entre si, formando no final um objecto único. Estes são pré-fabricados em estaleiro conforme pré-

dimensionamento. A dimensão máxima das peças tem em conta o seu transporte da fábrica até ao local da obra, sem a necessidade de recorrer a transportes de extrema grandeza, e o seu manuseio em obra.

Depois de transportadas as peças necessárias para a conclusão do edifício até ao local da obra, informação que deverá ser previamente conseguida através da leitura dos desenhos técnicos, os elementos são montados conforme projecto. Estas são interligadas através de parafusos de fixação. Devido ao simples sistema de montagem, a mão-de-obra não necessita ser altamente especializada, devendo sempre existir um técnico responsável pelos trabalhos.

### **5.5.2.2 Fundações**

Após implantação da obra, deverão ser executados os caboucos, à profundidade aconselhada conforme o terreno e indicação do técnico responsável. As fundações deverão ser executadas conforme as peças desenhadas, em betão, de modo a receber os moldes de encaixe e as vigas de fundação.

### **5.5.2.3 Vigas / Pilares**

As vigas e os pilares são os principais responsáveis pela sustentação estrutural do edifício. Estes devem apresentar resistência aos esforços constantes e ocasionais que são exercidos no edifício. A composição geométrica destes elementos é pensada de maneira a que estes se correlacionem uns com os outros, fazendo do edifício um elemento único. Nas peças desenhadas que acompanham a presente dissertação, é possível consultar as características dimensionais dos diferentes elementos.

Estes elementos são distinguidos devido às suas diferentes características de encaixe e correlação com outros elementos construtivos, conforme a sua localização em projecto. Deverão ser fabricados em aço galvanizado conforme expresso nos desenhos técnicos. Estes apresentam na sua constituição aberturas para possível passagem dos subsistemas, relacionando-se com as paredes e lajes, fazendo com que seja possível a instalação de tubagens e fios no interior de todo o sistema construtivo, sem haver necessidade de partir e criar entulhos, tanto na fase de obra como posteriores reparações.

#### 5.5.2.2.4 Paredes / Lajes

As paredes e as lajes apresentam características parecidas. São ambos elementos de fechamento, não sendo as principais responsáveis pela integridade estrutural do edifício, tendo no entanto em conta esse aspecto na sua constituição, auxiliando os principais elementos estruturais nessa função.

Existem no entanto pequenas diferenças que distinguem estes elementos. As paredes são responsáveis pela divisão física dos espaços verticalmente, enquanto as lajes são as responsáveis pela divisão horizontal dos espaços. As paredes são fixadas nos pilares, apresentando encaixes apenas nas suas laterais. Já as lajes, que são suportadas pelas vigas apresentam encaixe em quatro dos seus lados.

As camadas que constituem estes elementos são as mesmas, figura 5.40, tendo sempre em conta as condições térmicas e acústicas. Estruturalmente, as paredes e lajes são constituídas por um perfil metálico envolvente em aço galvanizado. Esse perfil por sua vez recebe ecoplacas tipo “ORGANUM” de 4mm, responsáveis por preencher fisicamente o espaço destinado a cada elemento. Estes ecoplacas são painéis planos reciclados, fabricados a partir de resíduos plásticos de diversas origens. São impermeáveis, resistentes à humidade e à exposição solar, completamente recicláveis futuramente. Podem apresentar revestimento em plástico e em papel. O revestimento em plástico é indicado para não receber qualquer tipo de acabamento, resistente à chuva, vento e sol, podendo também receber tinta acrílica, látex, esmalte sintético entre outras. O revestimento em papel tem a mesma resistência do revestimento em plástico, mas recebe uma fina película de papel, possibilitando a aplicação de tinta, argamassas e outras texturas.

No interior das duas ecoplacas, mais propriamente encostada à ecoplaca exterior é aplicado painel de isolamento termo-acústico tipo “FIBER TEX PAN”. Trata-se de um painel isolante feito de tecidos reciclados a partir de ciclos produtivos de têxteis e poliéster.

Tal como as vigas e os pilares, as paredes e as lajes apresentam aberturas para a possível passagem dos subsistemas.

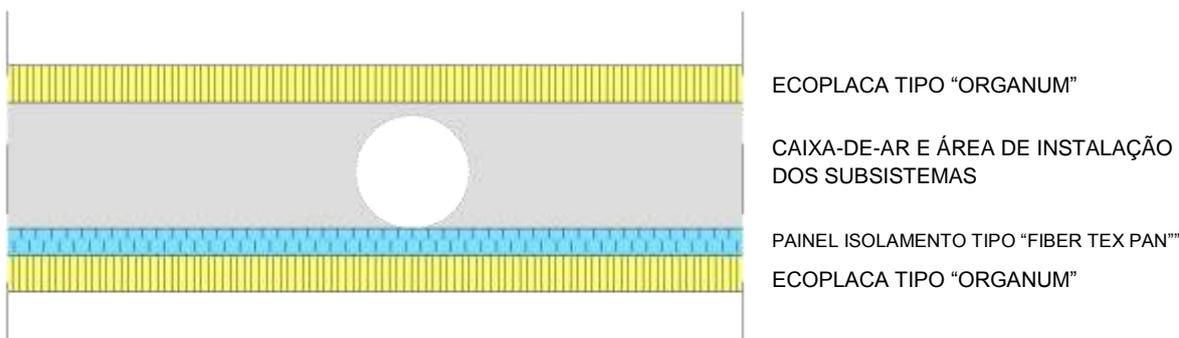


Figura 5.40: Esquema representativo das diferentes camadas constituintes das paredes / lajes. Fonte: Autor

#### 5.5.2.2.5 Moldes de encaixe

Os Moldes de encaixe são os elementos estruturais responsáveis pela união entre vigas, pilares e fundação.

Deverão existir quatro tipos de moldes de encaixe para responder às diferentes necessidades geométricas. Estes serão pré-fabricados, em aço galvanizado, conforme dimensões apresentadas nos desenhos técnicos, sendo depois transportados para a obra com os restantes elementos construtivos.

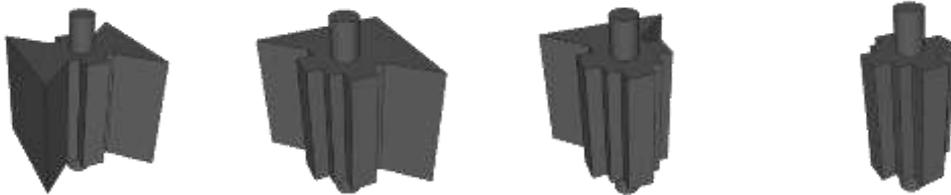


Figura 5.41: Tipos de molde de encaixe. Fonte: Autor

#### 5.5.2.2.6 Tetos

O acabamento conseguido pelas ecoplaças tipo “ORGANUM” podem servir de acabamento final, tanto para os tetos como para as paredes, mas uma vez que estas são capazes de suportar parafusos e outros tipos de elementos de fixação é possível a colocação de teto falso fixado nas referidas ecoplaças. Quanto à iluminação esta pode ser inserida na laje superior do compartimento, sendo os dispositivos de iluminação fixados nas ecoplaças.

#### 5.5.2.2.7 Pavimentos

Tal como nos acabamentos dos tetos, as ecoplaças do tipo “ORGANUM” podem servir de pavimento final, mas caso exista a preferência pela colocação de outro tipo de pavimento, é também possível. Este tipo de decisão deverá influenciar a escolha do tipo de acabamento pretendido para as ecoplaças.

#### **5.5.2.2.8 Coberturas**

As coberturas serão executadas conforme os desenhos técnicos. Existe a possibilidade de criação de coberturas transitáveis ou vegetais, com diferentes tipos de acabamentos. Na cobertura deverá ser aplicada no topo da laje painel termo-acústico em lã de PET, completamente reciclável e com grandes vantagens em termos de conforto. Estas demonstram uma elevada resistência ao calor e ao ruído, contribuindo para a redução de energia consumida por todo o edifício. Para além disso a matéria-prima para a sua produção provém de lixos plásticos depositados nas margens de rios e lagos, contribuindo indirectamente para a preservação do ambiente.

#### **5.5.2.2.9 Vãos**

Conforme a função e dimensões dos diferentes espaços, a área e tipo de vão pode variar. Uma das preocupações no desenvolvimento do referido sistema construtivo é a sua adaptação a outros elementos constituintes de todo o edifício. Os diferentes tipos de vão serão adaptados às paredes através da sua fixação, ou no próprio perfil envolvente da parede, ou no perfil metálico de reforço. Estes deverão ser de boa qualidade com vidro laminado duplo com caixa-de-ar, fixados e localizados conforme os desenhos técnicos

#### **5.5.2.2.10 Pinturas**

A aplicação de tinta como acabamento final tanto no exterior como no interior pode ser uma opção. Nesse caso deverá ser tido em conta o tipo de acabamento das ecoplacas utilizadas. Para uma aplicação com qualidade de tinta como acabamento final deverão ser utilizadas ecoplacas com acabamento em papel.

#### **5.5.2.2.11 Loijas sanitárias**

As sanitas, bidés, lavatórios, banheiras e outras loijas sanitárias poderão ser escolhidas por catálogo, podendo estes depois ser adaptados ao sistema construtivo.

### 5.5.2.2.12 Rede de águas e esgotos e electricidade

Toda a rede de águas, esgotos e electricidade estará localizada no interior das paredes. Isto é possível devido à existência de aberturas nos diferentes elementos estruturais para a possível passagem destes subsistemas. Toda a instalação pode ser feita sem causar entulhos ou outros desperdícios. Uma vez concluída a instalação destes subsistemas as paredes são fechadas com as ecoplacas, escondendo todos esses elementos. Caso seja necessário instalações ou reparações posteriores à conclusão da obra, estes trabalhos podem também ser realizados sem a criação de qualquer tipo de desperdícios

## 5.6 APLICABILIDADE DO SISTEMA DESENVOLVIDO

Uma das características do sistema construtivo desenvolvido na presente dissertação é a sua versatilidade. Desde projectos para habitações unifamiliares, habitações multifamiliares, armazéns e edifícios comerciais, podem ser desenvolvidos através deste método construtivo.

Devido à forma como todo ele foi pensado, a redução de desperdícios, mão-de-obra, tempo de trabalhos e consequentemente dos custos totais da obra, mostra-se um excelente aliado no desenvolvimento de projectos sociais ou empreendimentos de grande escala. Os limites físicos das diferentes tipologias são gerados através de módulos espaciais. Por sua vez cada tipologia pode funcionar como módulo, figura 5.42, 5.43, 5.44, 5.45, gerando condomínios ou aldeamentos inteiros, figura 5.46.

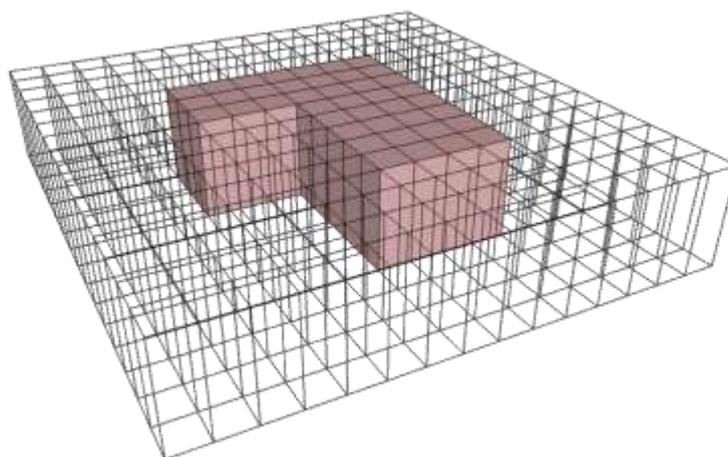


Figura 5.42: Módulo espacial (1 pessoa). Fonte: Autor

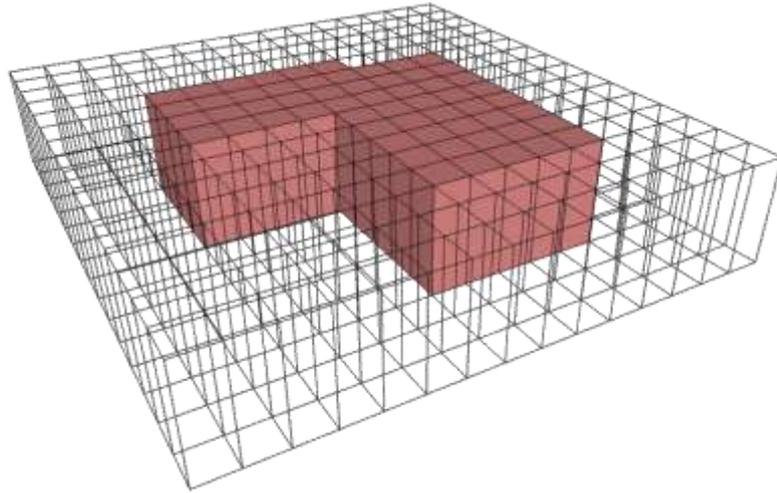


Figura 5.43: Módulo espacial (2 pessoas). Fonte: Autor

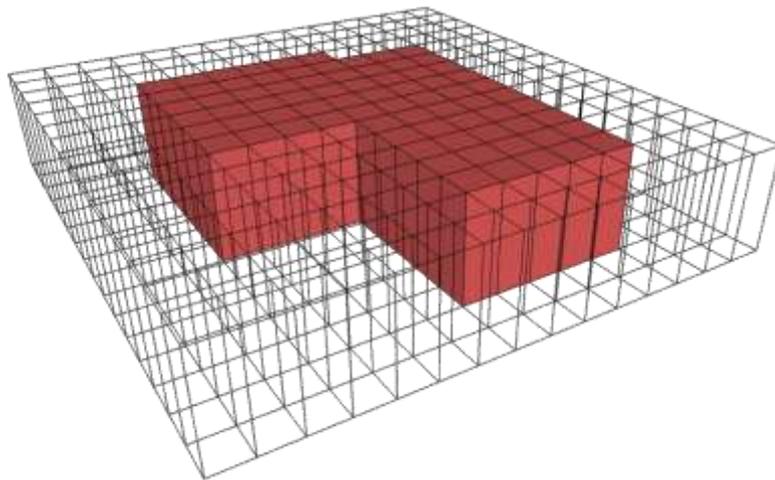


Figura 5.44: Módulo espacial (2 pessoas + 1 jovem). Fonte: Autor

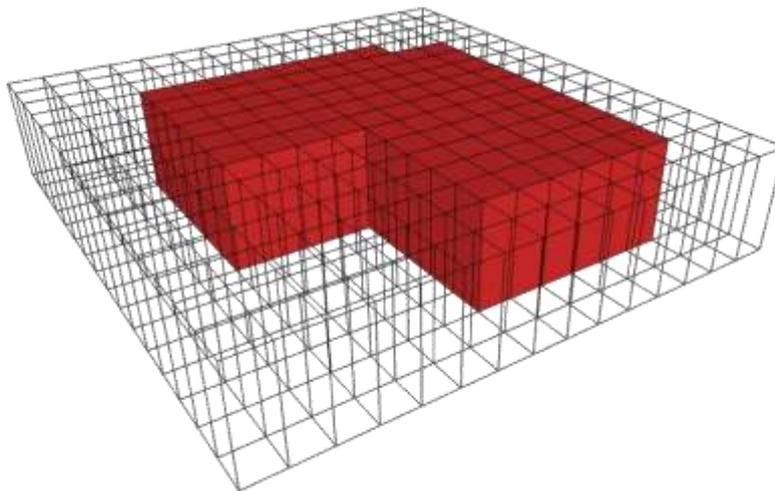


Figura 5.45: Módulo espacial (2 pessoas + 2 jovens). Fonte: Autor

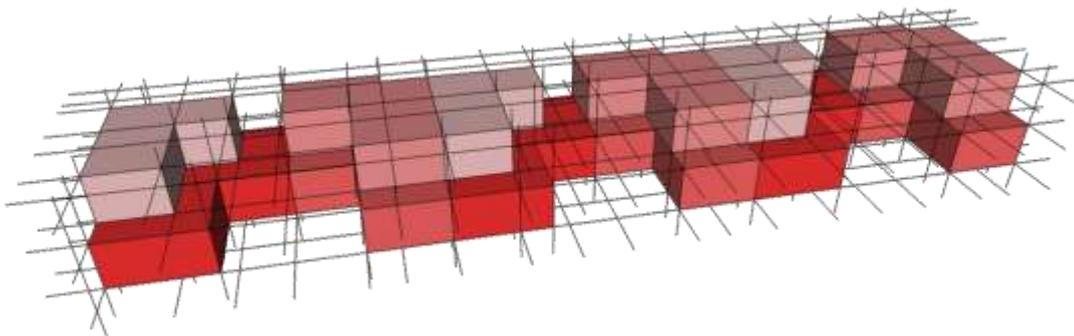


Figura 5.46: Esquema da utilização dos diferentes módulos espaciais de cada tipologia para gerar projectos de grande escala - exemplo. Fonte: Autor

As disposições e modulações disponíveis poderão ser infinitas, sendo inegável o seu carácter adaptativo às diferentes necessidades que venham a surgir. Também aqui a malha modular é utilizada como elemento organizador de todo o projecto, tanto a nível de modulação horizontal como vertical.

# CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 6.1 CONCLUSÃO

Em Portugal o método construtivo tradicional continua a dominar a maior parte da construção civil. Vários aspectos, que com a evolução que temos presenciado nos últimos tempos, deveriam ser mais tidos em conta, são ainda deixados de lado quando se projecta desde uma pequena habitação, a empreendimentos de grande escala. Desde a proveniência de toda a matéria-prima, o método como esta é transformada, o transporte da mesma até ao local de obra, a forma como os materiais são aplicados, o impacto directo ou indirecto causado no meio ambiente e todos os desperdícios causados desde o processo de extracção até à fase de aplicação em obra, são factores que não são tidos em conta quando se pensa numa intervenção arquitectónica.

Por outro lado começamos a ver que adopção de sistemas construtivos começa a ser uma área em ascensão no âmbito da construção. A redução do tempo de trabalhos é um dos seus maiores aliados.

Pensado em todo o processo construtivo, desde a extracção das matérias-primas necessárias, até à conclusão da obra e ainda posteriores trabalhos que venham a surgir, é possível avaliar todo o impacto que o edifício irá ter no meio ambiente. Este aspecto é o que distingue o sistema construtivo desenvolvido na presente dissertação da maior partes dos sistemas construtivos.

Juntando esta forma de abordar um projecto com as vantagens da coordenação modular o resultado pode ser surpreendente, podendo alterar completamente o rumo desenfreado que a área da construção tem levado.

São várias as vantagens que são conseguidas com a utilização do método construtivo proposto. É possível **reduzir ao mínimo o desperdício de matéria-prima**, pois todos os elementos constituintes do projecto são pré-fabricados, chegando à obra apenas o material necessário para a sua conclusão, sem ser necessário redimensionamento das peças; **reutilizar e reciclar toda a construção**, devido aos materiais escolhidos, que podem futuramente ser reciclados e maior partes deles reutilizados para desempenhar as mesmas funções; **reduzir o tempo de execução da obra**, devido ao método construtivo utilizado e a sua facilidade de construção; **apresentar grande durabilidade do objecto arquitectónico**, também devido aos materiais escolhidos para compor os diferentes elementos, que apresentam grande durabilidade e resistência a vários tipos de agressões; **apresentar funcionalidade, flexibilidade e racionalidade**, pois o sistema construtivo pode-se adaptar a diferentes

necessidades espaciais, tanto em fase de projecto como em fase posterior à conclusão da obra; **e qualidade, segurança e conforto**, condições indispensáveis a uma habitação.

Com tudo isto apresenta ainda a possibilidade de reduzir os gastos totais de todos os trabalhos, através de todo este planeamento e simplificação dos trabalhos.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sem dúvida, um dos grandes objectivos da presente dissertação é a contribuição para o aumento da utilização, tanto das vantagens da coordenação modular como da utilização de sistemas construtivos em projectos de variadas funções.

Apesar das variadas vantagens do sistema construtivo desenvolvido é ainda necessário continuar a desenvolver a investigação nesta área, seja através dos conceitos de Arquitectura ou de Engenharia, tanto práticos como teóricos. Sugerem-se então alguns temas para futuros trabalhos:

- Realização de uma pesquisa aprofundada sobre a possibilidade de integração do sistema construtivo desenvolvido no mercado;
- Revisão crítica das normas da coordenação modular;
- Realização de uma ampla pesquisa das dimensões dos componentes existentes no mercado Português e através de estudos de caso, elaboração de projectos e protótipos com o intuito de verificar as questões de desperdícios, custos e produtividade comparativamente com a Coordenação Modular;
- Pesquisa junto à indústria de componentes da construção para verificar a sua receptividade quanto à mudança na produção de equipamentos, seu conhecimento das normas técnicas, etc.
- Estudo da lógica de transporte dos componentes modulares construtivos em função das dimensões das paletes e contentores;

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**CAPORIONI; G.** (1971) *La coordinación modular*. Barcelona: GG.

**BOUWCENTRUM; CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO.** (1972) *Plano de implantação da Coordenação Modular*. BNH/CBC, volume 1, 2, 3 e 4.

**CHEMILLIER; P.** (1980) *Industrialización de la construcción*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

**CHING; F.** (1998) *Arquitectura: forma, espaço e ordem*. México.

**GOSSEL; P.** (1991) *Architecture in the twentieth century*. Koln: Taschen.

**GREVEN; H.** (2000) *Coordenação Modular, Técnicas não convencionais em edificação*. Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

**LE CORBUSIER;** (1953) *El Modulor*. Buenos Aires: Poseiden.

**LUCINI; H.** (2001) *Manual técnico de modulação de vãos e esquadrias*. São Paulo

**MASCARÓ; L.** (1976) *Coordinación Modular? Qué es?*. Buenos Aires.

**NISSEN; H.** (1976) *Construcción industrializada y diseño modular*. Madrid: H. Blume.

**ROSSO; T.** (1976) *Teoria e prática da coordenação modular*. São Paulo: FAUUSP.

**YEANG; K.** (1999) *Proyectar com la natureza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico*. Barcelona: GG.

**ZAKE; T.** (1984) *O livro da arte de construir*. Unipress.

# REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS

<[http://www.pcc.usp.br/tecnicos/fundacoes\\_comunidade\\_construção](http://www.pcc.usp.br/tecnicos/fundacoes_comunidade_construcao)>

<[http://www.pcc.usp.br/tecnicos/pilares\\_comunidade\\_construção](http://www.pcc.usp.br/tecnicos/pilares_comunidade_construcao)>

<[http://www.pcc.usp.br/tecnicos/vigas\\_comunidade\\_construção](http://www.pcc.usp.br/tecnicos/vigas_comunidade_construcao)>

<[http://www.largemind/paineis/fiber\\_tex\\_pan.html](http://www.largemind/paineis/fiber_tex_pan.html)>

<[http://www.trisoft.com.br/site/isosoft\\_termo\\_acustico](http://www.trisoft.com.br/site/isosoft_termo_acustico)>

<<http://www.futureng.pt/informacao-tecnica>>

<<http://www.construlink.com/HomePage/detalhes>>

<<http://www.perfisa.net/sistemas.php>>

<<http://www.engenium.net/biblioteca-de-engenharia.html>>

<<http://www.engenium.net/eurocodigos.html>>

<<http://www.vicaima.com/pt/portugal/sustentabilidade.html>>

<<http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/drywall>>

<<http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/isolamentos-termicos>>

<<http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/isolamentos-acusticos>>

<<http://www.isoline.com.br/gesso-acartonado-drywall-barreira-acustica-isolamento-termo-acustico-forro-acustico-isolamentos-termicos>>

<<http://www.mundiperfil.pt/v4/index.php?page=produtos>>

ANEXOS