



JPEE 2006

4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de  
Engenharia de Estruturas

1

## ALVENARIA ESTRUTURAL: APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

**João P. Gouveia**

Aluno de Doutoramento  
Universidade do Minho  
Guimarães  
jopamago@isec.pt

**Fontes de Melo**

Director Industrial da  
Maxit – Prefabricação em  
Betão leve, SA  
fontes.melo@maxit.pt

**Paulo B. Lourenço**

Professor Associado  
Universidade do Minho  
Guimarães  
pbl@civil.uminho.pt

### SUMÁRIO

A concepção estrutural e a modulação construtiva em alvenaria estrutural são fases prévias do dimensionamento de um sistema que se pretende concorrente com os tradicionais sistemas utilizados em Portugal. O dimensionamento depende de uma correcta definição do tipo de paredes estruturais e não estruturais e da sua concepção para desempenho de funções resistentes. Assim neste artigo, apresentam-se identificam-se os diferentes tipos de paredes e suas funções, procedimentos e requisitos de modulação, sendo por fim referido um caso pratico de aplicação num conjunto habitacional.

**Palavras-chave:** Paredes de Alvenaria; Concepção Estrutural; Modulação; Solução Construtiva.

### 1. INTRODUÇÃO

A geração nacional actual de projectistas, consultores e profissionais no campo da Construção de Edifícios têm ignorado outras tipologias de concepção estrutural e de construção, bem como outros materiais para além do betão armado e, muito raramente, do aço. A partir dos meados dos século passado a utilização da alvenaria estrutural perdeu atractividade e foram esquecidas as vantagens económicas e de impacto ambiental. Uma construção pensada, planificada e economicamente avaliada permite reduzir tempos de execução na fase de construção, aplicar novos materiais de funções mais apropriadas e aproveitar de forma mais eficaz os diversos elementos de construção para o desempenho estrutural. Para edifícios de pequeno porte, existem estudos que referem que a construção em alvenaria estrutural é

competitiva face à solução tradicional em estrutura reticulada de betão armado [1], sendo referidas reduções de custos entre 10% a 25% por alguns estudos [2]. Por outro lado é igualmente possível reduzir a percentagem de problemas associados ao comportamento das paredes de alvenaria que actualmente se verifica. Neste contexto, o desenvolvimento de alvenaria estrutural pode representar um avanço tecnológico significativo para a indústria de construção e consequentemente resultados económicos que vão de encontro às necessidades do país.

Em vários países a utilização de paredes resistentes em alvenaria tem um peso considerável, e denota-se um maior equilíbrio entre diferentes soluções (por exemplo na Alemanha cerca de 45% das construções de edifícios são em alvenaria estrutural, tratando-se de aplicações a dois ou três pisos). Com o surgimento da regulamentação europeia, com a incorporação de novas disciplinas nos planos de estudo das escolas de engenharia e com a divulgação de metodologias adequadas, é certo que é possível implementar processos de construção de edifícios em alvenaria estrutural em Portugal e fomentar a ligação *saber-fazer*, ou seja a ligação *ensino-indústria*, de forma mais eficaz na obtenção dos resultados pretendidos.

## 2. CLASSIFICAÇÃO DE PAREDE E CONCEITOS DE MODULAÇÃO

### 2.1 Classificação da Função estrutural de paredes

Lourenço [3] define uma **parede resistente de alvenaria** como um componente estrutural contínuo vertical, rectilíneo ou curvilíneo, constituído pela solidarização, por meio de um ligante (*argamassa*), de um conjunto de elementos resistentes (*unidades de alvenaria*) e que podem integrar elementos de reforço de outra natureza (*varões metálicos, ligadores ou outros*). De acordo com a função estrutural que desempenham, as paredes podem ser classificadas como paredes *armadas, não armadas, confinadas*, ou de contenção.

As paredes armadas, são normalmente definidas como paredes principais (ou *parede mestra*) destinadas a resistir a esforços verticais e horizontais. Na sua constituição, podem dispor-se de *armaduras verticais* (através de furação vertical nos blocos preenchidos posteriormente com argamassa ou microbetão ou em alinhamentos verticais de células para colocação de armaduras específicas envolvidas em argamassa) e/ou de *armaduras horizontais* (embutidas na argamassa de assentamento de fiadas de blocos e destinadas para o efeito), ou soluções *mistas*. Neste tipo de paredes a colocação de armaduras é feita através de uma distribuição uniforme.

As paredes não armadas, têm normalmente uma definição de *contraventamento* das paredes principais, podendo ser dimensionadas para resistir a acções horizontais no seu próprio plano. É frequente a execução de cintas armadas no topo de cada painel de parede com o objectivo de garantir a ligação entre as paredes e as lajes que nelas se apoiam.

As paredes confinadas, são normalmente concebidas com funções de resistência conjunta do pano de alvenaria e de elementos armados de confinamento, horizontais e verticais. Estes elementos de confinamento são executados em simultâneo com a alvenaria podendo ser embutidos no interior da alvenaria ou executados com recurso a cofragem ficando com faces de acabamento à vista. Nestas paredes a colocação de armaduras de confinamento é feita através de alinhamentos espaçados, não tendo por isso uma distribuição homogénea conforme se verifica nas paredes armadas. É viável a solução mista de paredes confinadas reforçadas

com armaduras específicas colocadas nas juntas horizontais e/ou nas juntas verticais de assentamento.

As paredes de contenção, devem garantir a resistência à flexão bem como suportar acções verticais provenientes do peso de paredes ou de lajes superiores.

As **paredes não resistentes** completam a classificação definida no EC6 [4]. Até ao presente momento, têm sido vulgarmente utilizadas paredes simples como elemento de definição de divisórias interiores e de enchimento de estruturas reticuladas de betão armado ou mesmo de estruturas metálicas. Para estruturas de alvenaria, estas paredes devem desempenhar uma função similar devendo no entanto assegurar-se limites geométricos para caracterização da sua esbelteza e garantia de suporte do seu próprio peso.

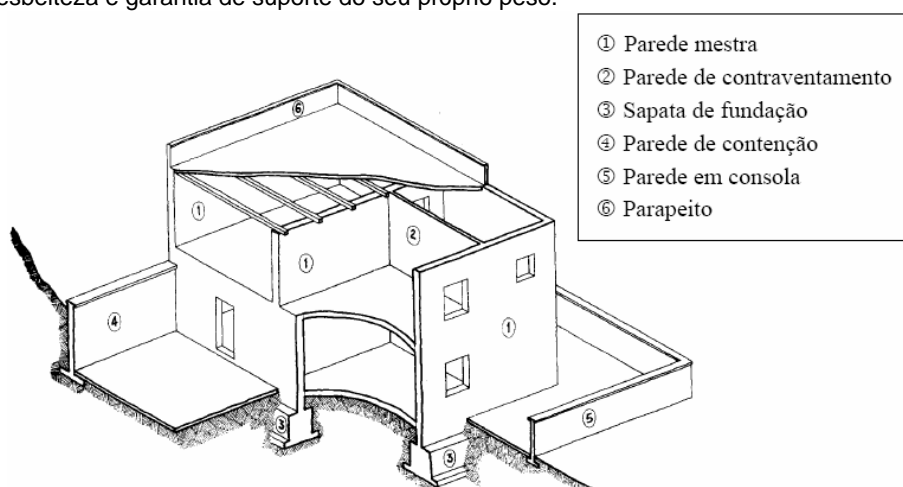


Figura 1 – Tipos de parede em função dos fins a que se destinam, [3].

## 2.2 Classificação do tipo de paredes

De acordo com o EC6, as paredes podem ser classificadas pela sua forma de constituição.

As paredes simples, são constituídas por um único pano de alvenaria, podendo ser com junta horizontal contínua ou descontínua na espessura da parede, e com ou sem junta longitudinal (existência de junta vertical preenchida no comprimento do bloco e localizada a meia espessura).

As paredes duplas, actualmente muito utilizadas na construção, são constituídas por dois panos de alvenaria separados por caixa-de-ar e podendo ter ligadores metálicos de fixação de distância entre panos.

As paredes de face à vista são constituídas por um ou dois tipos de unidades de alvenaria, em que o acabamento final de uma ou de ambas as faces é assegurado pelo próprio bloco.

As paredes compostas ou dois panos, são constituídas, no sentido da sua espessura, por mais do que um material unidos entre si por argamassa podendo essa ligação ser reforçada por meio de ligador metálico.

A parede-cortina é um tipo de parede constituído por dois panos, sendo um em alvenaria e outro em betão armado ou similar. Neste tipo de parede, é usual a fixação do pano de alvenaria ao pano de betão através de fixadores adequados.

Na Figura 2 são apresentados esquemas genéricos de secções transversais e do tipo de reforço em paredes.

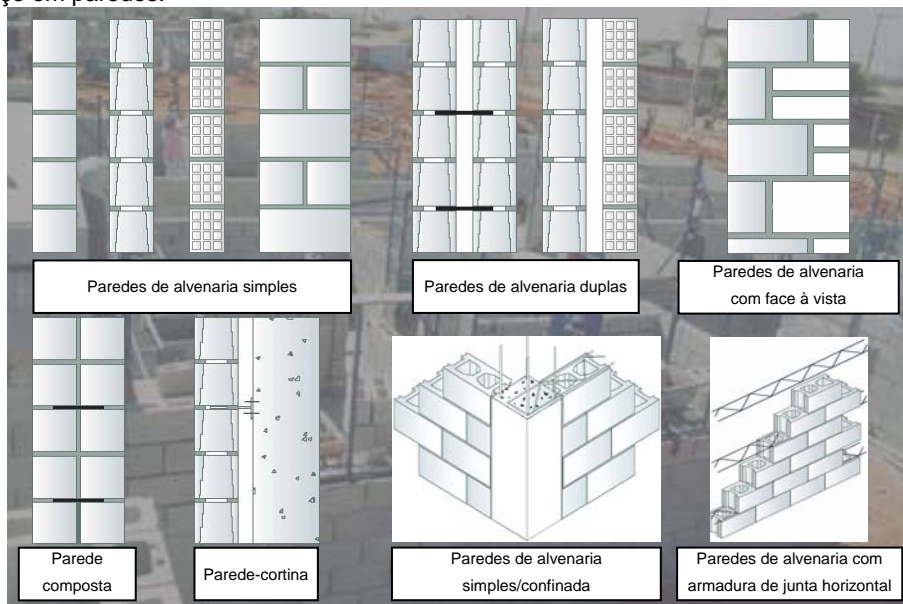


Figura 2 – Esquemas representativos de secções transversais e tipos de paredes, [5].

### 2.3 Sistema construtivo em alvenaria e conceitos de Modulação.

Interessa referir, que uma solução global deve ser vista não como o desenvolvimento de um produto (unidade de alvenaria) de excelentes características, mas sim como um sistema de produção, de construção e de qualidade capaz de garantir requisitos de conforto habitacional, de verificação de exigências construtivas e estruturais regulamentares e que, de forma eficaz, permita a execução de uma edificação de pequeno ou médio porte em prazos mais reduzidos e com métodos simplificados, e conseqüentemente competitivas em termos económicos. Um sistema construtivo em alvenaria é constituído por um conjunto de elementos (blocos de betão corrente, de betão leve, ou de tijolos cerâmicos), que procuram fornecer uma solução geral de edificação recorrendo pontualmente à execução de elementos resistentes em betão armado, podendo estes mesmos ser inseridos no interior das paredes e desta forma dispensar todo o dispêndio de mão-de-obra e de recursos em sistemas de cofragem.

Assim, uma solução integrada em alvenaria pode ser definida através de um pleno conhecimento das condicionantes de obra, dos processos de execução e da forma de executar cada elemento estrutural, devendo ser definidas as melhores condições de conjugação de materiais e das suas formas garantindo sempre requisitos de qualidade elevada na construção. Verificam-se assim diversos motivos para aposta num sistema construtivo em alvenaria [6]. Para conceber um sistema construtivo é essencial seguir algumas regras de garantia de funcionalidade e de boa aplicação:

- a) Preferencialmente, a arquitectura deve ser definida por um conjunto de corpos modulares,
- b) Deve existir um trabalho constante de cooperação garantida entre a concepção arquitectónica (arquitectos), os requisitos de resistência e de habitabilidade definidos nos

vários projectos de especialidades (engenheiros), e os aspectos de construtibilidade (empregueiros)

- c) Devem optar-se por soluções definidas por uma estrutura regular, devendo ser pouco assimétrica quer em planta quer em altura,
- d) Conceber uma definição prévia da malha de paredes estruturais e não estruturais,
- e) Realizar estudos de optimização do comportamento estrutural e redefinição das paredes estruturais, se necessário,
- f) A concepção deve ser baseada para um sistema modular de unidades de alvenaria disponível no mercado.

Na Figura 3 é apresentado um sistema modular em desenvolvimento de produção nacional.

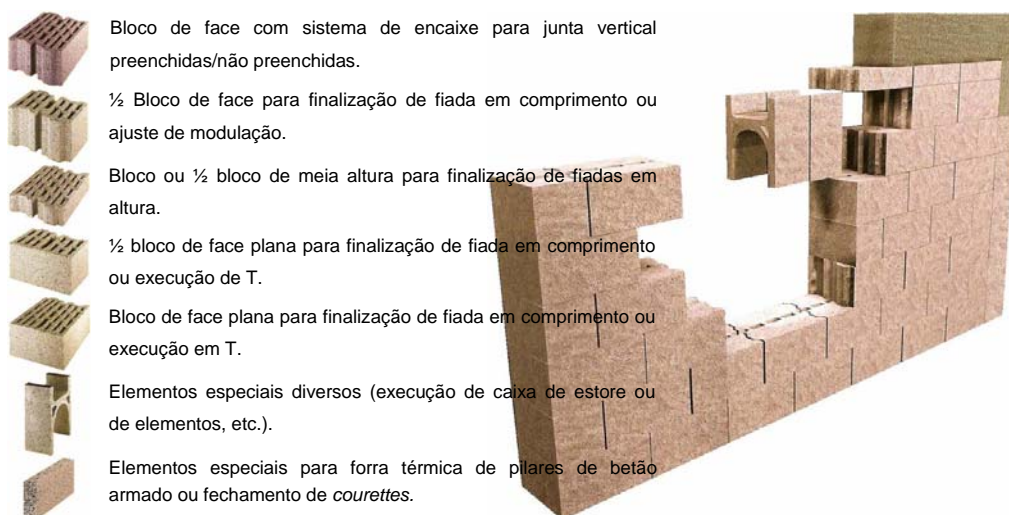


Figura 3 – Uma solução construtiva em alvenaria: Sistema "Isolbloco".

A definição da arquitectura deve ter em conta a existência de alinhamentos para execução de elementos armados, bem como de uma correcta definição dos pontos de passagem de instalações hidráulicas, eléctricas ou outras. Assim, nos respectivos projectos de especialidade, deve ser apresentado um conjunto de desenhos e de pormenores construtivos indispensáveis para a execução, tais como:

- a) Plantas com a definição de fiadas de assentamento de blocos e de marcação de pontos de colocação de elementos verticais de confinamento;
  - Regra 1: Utilizar blocos específicos para execução de montantes e cintas para que os elementos de confinamento dispensem a utilização de sistemas próprios de cofragem;
  - Regra 2: Procurar homogeneizar armaduras dos elementos verticais;
- b) Desenhos de detalhes de blocos especiais e da forma de colocação e assentamento;
- c) Desenhos de detalhes de armaduras, de vergas e de execução de aberturas;
  - Regra 1: homogeneizar os sistemas de armaduras e uniformizar as dimensões de aberturas, para garantir um menor número de detalhes típicos;

- d) Plantas com definição clara de alinhamentos verticais (*courettes*) e horizontais (*reentrâncias*) para passagem de instalações;
- Regra 1: Utilizar blocos específicos para colocação de instalações, evitando assim realizar rasgos nos blocos;
  - Regra 2: Sempre que possível utilizar a distribuição horizontal de instalações pelo tecto ou embutidas na laje;
  - Regra 3: Preferencialmente, utilizar paredes não resistentes para colocação de instalações;

### 3. SISTEMA CONSTRUTIVO INTEGRAL: CASO DE APLICAÇÃO

Uma aplicação de um sistema modular em alvenaria surge no Algarve como um desafio para a construção de edifícios sólidos, fiáveis, simples e económicos, inclusive a execução de acabamentos e com bons padrões de conforto, utilizando para tal métodos, baseados na racionalização e standardização do projecto, da utilização de um sistema de alvenaria confinada de blocos de betão e com um controlo de construção cuidado e de mão-de-obra orientada [7].

A origem deste desafio foi lançada por uma empresa de origem nórdica, onde a construção modular é uma realidade, após encontrarem alguns problemas na construção de um primeiro edifício pelo processo frequentemente mais usado em Portugal: (a) atrasos de execução, (d) incumprimentos por parte das empresas envolvidas, (b) deficiências na construção e (c) alguns problemas relacionados pelo profissionalismo e a mão de obra dos trabalhadores.

Assim, e para a uma construção planeada diversificada foi elaborado um projecto-tipo para habitações (moradias e edifícios) tendo em conta princípios de optimização dos materiais (rapidez, facilidade de execução e redução de desperdícios).

#### 3.1 Definição do modelo tipo

Na concepção, foram estudados espaços modulares que se mantivesse inalteráveis para cada tipo de habitações T 1, T2 ou T3. Assim, foram definidos: (a) módulo de espaços de serviços destinado a cozinha, quarto de banho principal e um segundo quarto de banho para apartamentos T3, com a respectiva definição de colunas para *courettes*, (b) módulo de entrada, para espaços definidos para o hall de entrada e patamar de acesso (c) módulo das lareiras e grelhadores exteriores e (d) módulo de espaços restantes para salas, varandas e quartos de casal, sendo consideradas variações para o segundo e terceiro quartos em habitações T2 e T3.

Na Figura 4 apresentam-se dois esquemas da distribuição de espaços modulares e respectivos alinhamentos de paredes para dimensionamento.

Nesta concepção procurou-se reduzir os espaços de circulação e corredores de modo a diminuir o número de portas e de paredes, permitindo um aproveitamento rentável dos espaços, quer em termos de liberdade de movimentação pelo interior da habitação quer para ter em conta aspectos de maior economia.



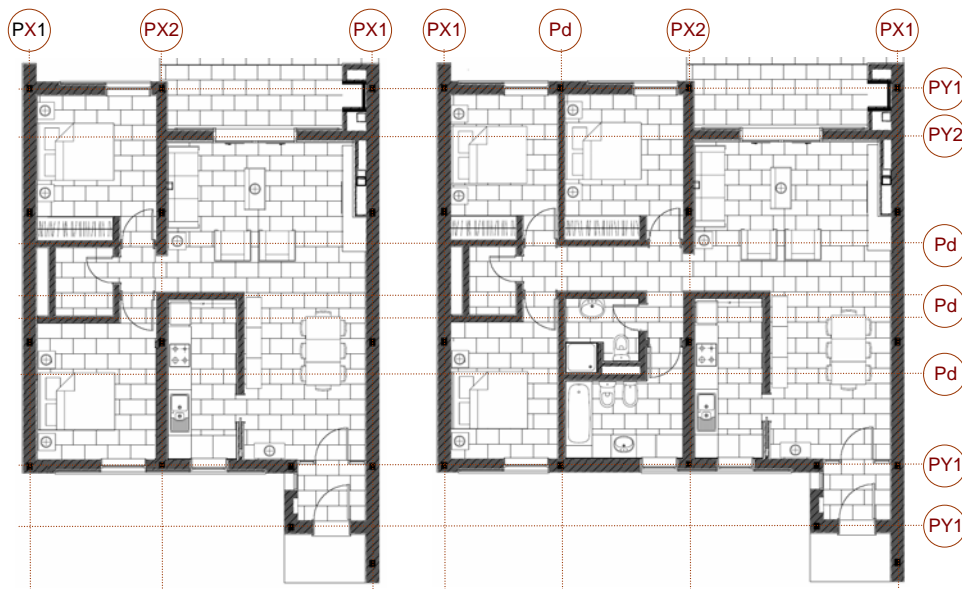


Figura 4 – Modelo tipo para habitações T2 e T3

Para a definição de aberturas foram tomadas as dimensões necessárias para garantirem a iluminação de cada compartimento e cumprir requisitos regulamentares, sendo executadas caixilharias com portadas de correr pelo exterior procurando transmitir um efeito arquitectónico de aberturas de grande vão e assim demarcarem uma vista desejada para as fachadas.

Na definição de ligação de edifícios foi optado um critério de simplicidade e de economia baseado na execução de coberturas com duas águas ficando o sótão em telha vã, dado não ser destinado a nenhum uso específico.



Figura 5 – Aspecto dos alçados das construções

As fachadas são marcadas por volumes verticais dos fogos (lado das salas) e das entradas (lado oposto) associados às lâminas horizontais das varandas e da pala que faz o entablamento superior das fachadas. Esta cornija marca o limite do volume da casa, o paralelepípedo que constitui a sua forma básica. O telhado eleva-se ligeiramente, destacando-se deste volume por um pequeno intervalo de ventilação deixado entre a telha e o rufo de zinco.

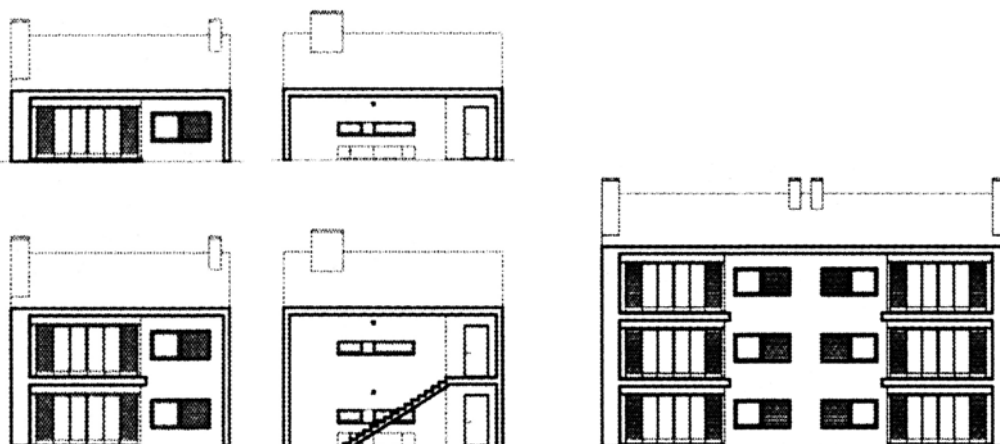


Figura 6 – Fachadas dos modelos-tipo para as habitações.

### 3.2 Definição do sistema construtivo

Na concepção estrutural é usado o sistema em alvenaria confinada utilizando blocos de betão leve, sendo os elementos de betão armado, pilares e cintas, executados pelo interior da própria alvenaria, garantindo assim um comportamento de conjunto. Desta forma, é dispensada a utilização de sistemas de cofragem, de madeira ou metálicas, apenas se recorrendo ao uso de escoras e apoios para os pré-fabricados durante a cura dos betões e argamassas.

Para uma solidarização de conjunto, foram utilizadas nas paredes resistentes e nas paredes de contraventamento armaduras prefabricadas tipo Murfor<sup>®</sup> produzidas pela Bekaert, com 5mm de diâmetro por varão e colocadas de duas em duas fiadas. No Quadro 1 são apresentados os materiais utilizados, bem como uma definição das funções de cada parede relativamente ao seu posicionamento na habitação, Figura 7.

Quadro 1 – Função das paredes, materiais utilizados e sua aplicação

Função	Resistente a acções verticais e horizontais		Sem função resistente		
	PX1, PY1	PX2, PY2	Divisórias	Ab. verticais	Forra térmica
Alinhamento					
Isolbloco 40×20×32	Paredes resistente	-	-	-	-
Isolsónico 40×20×25	Zona de vãos	Paredes resistente		-	-
Térmico 50×20×15	-	-	Divisórias internas	-	-
Térmico 50×20×10	-	-	-	Courettes ou equivalente	-
Forra térmica 40×20×5	-	-	-	-	Forras de topos de laje
Bloco U de cofragem 40×32×20	Pilares e cintas	Pilares e cintas	-	-	-
Armadura de junta horizontal	∅5mm por varão, assente de duas em duas fiadas		-	-	-
Argamassa de Junta horizontal	✓	✓	✓	✓	✓
Argamassa de Junta vertical	-	-	-	✓	✓



### 3.3 O processo de construção.

Na preparação do piso térreo foram tidos cuidados de tratamento do terreno com a respectiva limpeza e a colocação de drenos para escoamento de águas pluviais. Paralelamente foi executada a instalação hidráulica quer de abastecimento quer de drenagem de águas residuais. O pavimento foi executado com betão autonivelante de 60mm de espessura, armado como malha-sol, sobre base de regularização composta por grânulos de Leca<sup>®</sup>. Após o assentamento da primeira fiada, foi feito o enchimento sendo deixada uma junta preenchida com poliestireno no encontro com as paredes.

Previsto no projecto modular e de concepção estrutural foram executadas paredes tendo em conta a colocação dos pontos de luz definidos, quer em paredes quer nas lajes e a redução da espessura das paredes para assentamento de caixilharias exteriores. Assim, nas paredes os blocos foram colocados por forma serem garantidas reentrâncias e nas lajes foram deixados negativos aquando a sua colocação, para passagem das instalações eléctricas, o mesmo acontecendo para as prumadas para as instalações hidráulicas,

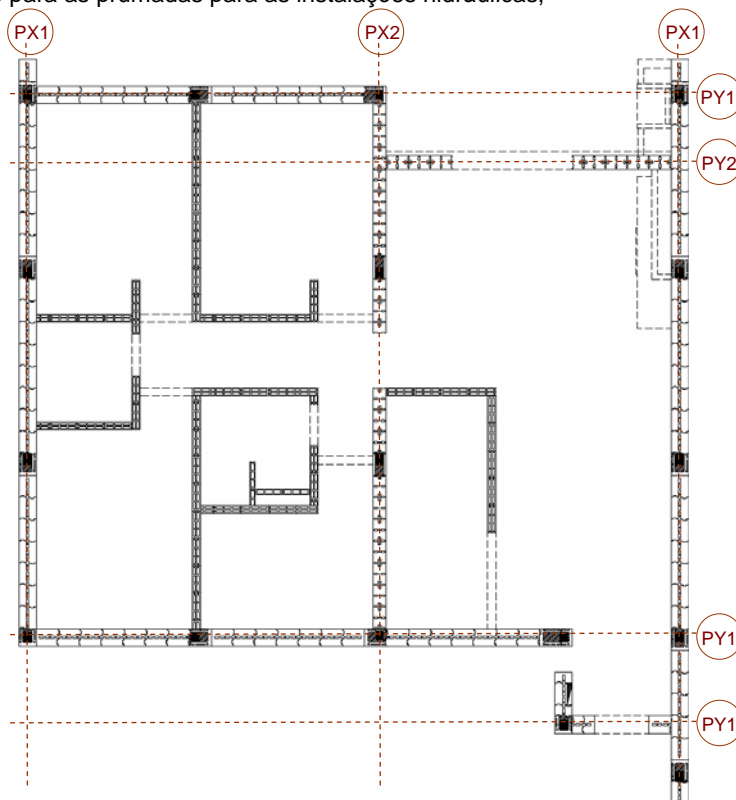


Figura 7 – Sistema de modulação: representação da 1<sup>a</sup> fiada

Para execução dos pavimentos foi utilizado um sistema de lajes pré-fabricadas tipo Leca<sup>®</sup> com camada de compressão de betão armado com malha-sol.

Na Figura 8 é apresentado um conjunto de pormenores de execução baseado na prévia definição por fiada.

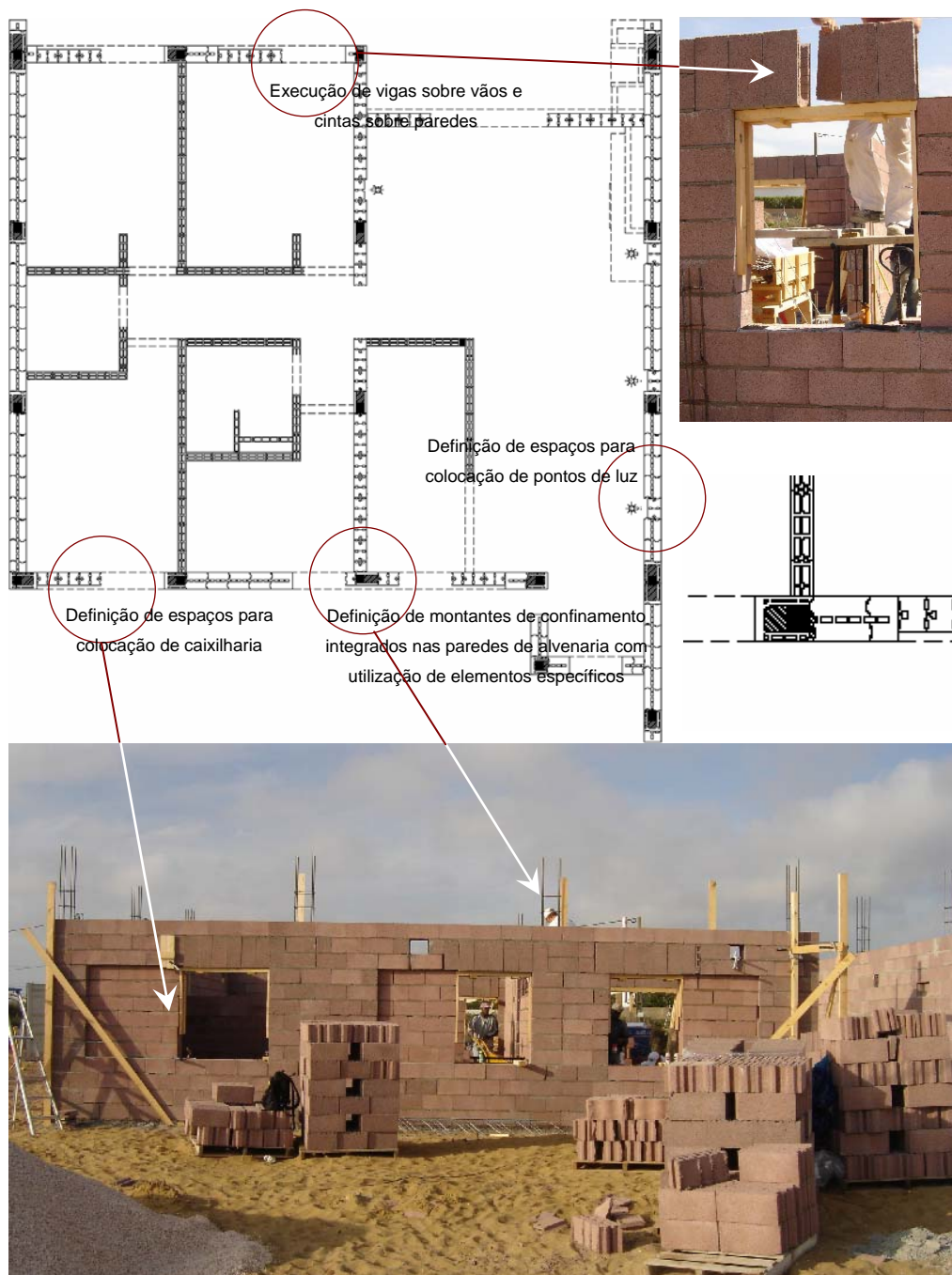


Figura 8 – Sistema de modulação: representação de pormenores de execução por fiada

Os acabamentos foram feitos de forma directa devido à regularidade das superfícies das paredes e do sistema de lajes utilizado, evitado os trabalhos de rebocos. Assim, nas paredes foi feita a colocação de uma monomassa de textura fina (interior) e rugosa (exterior) posteriormente pintada para acabamento final e nos tectos foi feita a pintura de forma directa uma vez que estes apresentavam uma superfície polida própria do betão vibrado.

A obra encontra-se em fase final acabamentos e de arranjos exteriores tendo sido cumpridos os prazos inicialmente definidos e sido verificado um controlo de qualidade de grau bastante satisfatório.

#### 4. CONCLUSÕES

Apesar de se verificar que em Portugal este tipo de filosofia de construção ainda não tem qualquer peso significativo, julga-se que é com espírito de inovação e de ambição que as empresas de construção e de fabrico de materiais devem entender este processo construtivo. Naturalmente, esta inovação requer projectos alargados de estudo de desenhos de blocos e de restantes elementos para definição de um sistema, e de posteriores avaliações laboratoriais de comportamentos físicos e mecânicos. Para isso é indispensável desenvolver-se uma ligação entre as entidades profissionais da construção e de produção e as entidades de avaliação técnica e científica. Idealmente, esta ligação deve funcionar em ambas as direcções de interesses, mas julga-se que o benefício directo é imputado às empresas. O sistema de ensino deve igualmente reflectir nestes temas e iniciar uma nova era formação de projectistas não apenas limitados ao conhecimento e dimensionamento de soluções e técnicas tradicionais.

O projecto que se refere neste documento é embrionário deste esforço e desta vontade de desenvolvimento de uma solução com pouca expressão em Portugal. E como exemplo que é, acredita-se que outros projectos similares possam resultar. Os resultados positivos desse esforço são visíveis, e comprovam que a técnica utilizada por países do continente americano (Brasil, México, Canada, etc.), e mais recentemente por alguns europeus (Espanha, Itália, Noruega, etc.) é possível ser aplicada também em Portugal.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Lourenço, P.B., Sousa, H. (Editores) – *Paredes de alvenaria*. ISBN 972-8692-05-6, Universidade do Minho, Guimarães, pp. 206 (2002).
- [2] Gouveia, J.P. – *Comportamento de estruturas de alvenaria por aplicação de acções de compressão*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na especialidade de Estruturas. DEC/FCTUC, 2000.
- [3] Lourenço, P.B. – *Dimensionamento de Alvenarias estruturais*. Relatório 99-DEC/E-7, Universidade do Minho, Guimarães, 1999.
- [4] CEN – EN1996-1-1 – *Eurocode 6: Design of Masonry Structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures*. CEN/TC 250, 2005.
- [5] Gouveia, J.P., Lourenço, P.B. – “O Eurocódigo 6 e o dimensionamento de estruturas de alvenaria”. *17CM – Dossier Eurocódigos, Construção Magazine*, p34-40, 2006.
- [6] Gouveia, J. P. – “Sistema construtivo em Alvenaria: motivos para a concepção”. *Jornal das Alvenarias - edição n.º 2*, Maxit – Prefabricação em Betão Leve, S.A., Maio, 2006.
- [7] Melo, F. – “O conceito integrado Leca®Lar”. *Jornal das Alvenarias - edição n.º 1*, Maxit – Prefabricação em Betão Leve, S.A., Janeiro, 2006.