

Sandrina Moredo Magalhães

Tecnotijolo – Inovação nas Alvenarias



Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2009

Sandrina Moredo Magalhães

Tecnotijolo – Inovação nas Alvenarias



Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2009

Sandrina Moredo Magalhães

Tecnotijolo – Inovação nas Alvenarias

Orientador: Mestre Ricardo Barros

“Monografia apresentada à
Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para
obtenção do grau de licenciado
em Engenharia Civil.”

Sumário

Os materiais aplicados na construção civil são alvo de mudanças, de novas técnicas, de inovações, de investigação, mas na verdade não se tratam de materiais novos, estes têm sido usados desde a antiguidade, contudo nessa época, os materiais eram fabricados utilizando os recursos naturais, o que condicionava o desenvolvimento dos sistemas construtivos. Assim, a evolução dos tempos ditou outras preocupações, surgindo novos conceitos para as tecnologias construtivas, novas utilizações, novas aplicações, pondo de parte a aplicação do método tradicional.

O presente trabalho pretende analisar e avaliar o tecnotijolo como novo material construtivo na elaboração de alvenarias. Desta forma, é relacionada a aplicação do método tradicional construtivo da alvenaria de tijolo cerâmico com esta nova metodologia construtiva. Para possibilitar uma perfeita compreensão deste novo material, foi necessário efectuar uma breve análise histórica da evolução das alvenarias de tijolo cerâmico até ao aparecimento do tecnotijolo, assim como, uma reflexão metódica dos objectivos e técnicas das alvenarias com ambos os materiais. Com intuito de avaliar a qualidade do tecnotijolo como material de construção foram estudadas as suas principais características e analisada a nova metodologia construtiva que este material proporciona.

No desenvolvimento deste estudo são abordadas as diversas vantagens das alvenarias de tecnotijolo comparativamente com as alvenarias de tijolo cerâmico tradicionais, em diferentes áreas, tais como, a qualidade dos materiais, o carácter inovativo, o processo construtivo, os factores ecológicos e ambientais, os factores económicos e energéticos, entre outras. Na última parte do trabalho é apresentado um caso de estudo no qual é demonstrada a aplicação do tecnotijolo.

Resumindo, esta monografia apresenta o tecnotijolo como um material inovativo na elaboração das alvenarias de tijolo cerâmico, apresentando as características mais relevantes e as principais vantagens relativamente às alvenarias de tijolo cerâmico tradicional.

Agradecimentos

A finalização de uma monografia é um momento de glória e orgulho. Ao fazer uma retrospectiva, conclui que este trabalho não é só fruto da minha pessoa, mas sim de várias. Todas elas, de forma distinta, contribuíram para o enriquecimento deste projecto.

Quero deixar os meus agradecimentos a todos aqueles que me apoiaram com toda a sua disponibilidade, tolerância e encorajamento. Aqueles que ao meu lado foram incansáveis e sempre me apoiaram:

Aos meus pais que contribuíram incondicionalmente para o meu bem-estar, sempre acreditando em mim, tornando me naquilo que sou hoje e a minha grande e única mami.

Ao meu orientador Mestre Ricardo Barros, por quem tenho grande respeito e admiração, agradecendo a sua forma exigente critica e criativa de agrupar as ideias apresentadas, dando assim um norte a este trabalho, a sua compreensão, disponibilidade e simpatia que sempre me dedicou.

Em termos profissionais não posso deixar de agradecer ao engenheiro António Teixeira por ter acreditado em mim e me ter dado o meu primeiro emprego.

Por último agradeço a Deus que sempre tem iluminado o meu caminho na terra.

Aos meus amigos.

A todos vós agradeço, obrigada por tudo!

Sandrina Moredo Magalhães
Licenciatura em Engenharia Civil
Ano 2008/2009

Dedicatória

*Era ele que erguia casas
Onde só havia chão.
Como um pássaro sem asas
Ele subia com as casas
Que lhe brotavam da mão (...)
De facto, como podia
Um operário em construção
Compreender porque um tijolo
Valia mais do que um pão (...).*

Vinicius de Moraes in “operários em construção”

Índice Geral

Sumário	I
Agradecimentos	II
Dedicatória	III
Introdução.....	1
I – Evolução dos materiais em alvenarias	3
I.1. – História da construção em alvenarias.....	3
I.2. – Os materiais na antiguidade	5
I.3. – Construções primitivas de alvenaria em Portugal.....	5
I.4. – Evolução da construção em Portugal	6
I.5. – Perspectivas futuras para a construção civil	8
II – Alvenarias de Tijolo	9
II.1. – Definição de Alvenaria	9
II.2. – Evolução da alvenaria de tijolo.....	9
II.3. – Caracterização e classificação de tijolo cerâmico	11
II.3.1. – Tijolo cerâmico.....	11

II.3.2. – Tipos de tijolos cerâmicos	12
II.3.3. – Legislação aplicada ao tijolo cerâmico.....	13
II.4. – Exigências funcionais das paredes executadas com tijolo cerâmico	13
II.5. – Vantagens competitivas da alvenaria de tijolo	15
III – Tecnotijolo	16
III.1. – Desenvolvimento do material.....	16
III.2. – Características técnicas do Tecnotijolo.	18
III.3. – Legislação aplicada ao Tecnotijolo	21
III.4. – Alvenaria de Tecnotijolo	22
IV – Comparação entre Tijolo tradicional e Tecnotijolo.....	23
IV.1. – Demonstração da poupança obtida na utilização do Tecnotijolo.....	23
IV.2. – Estudo do comportamento e otimização do Tecnotijolo.....	24
IV.2.1. – Estudo comparativo do coeficiente global de transmissão térmica e do índice de atenuação acústica para diversas soluções	25
IV.2. 2. – Resultados da simulação de transmissão térmica e acústica.....	27
IV.2.3. – Condensações internas – Fenómeno e condições facilitadoras.....	29

IV.2.4. – Avaliação da resistência dos panos de alvenaria à flexão no plano perpendicular	32
IV.3. – Vantagens na aplicação do Tecnotijolo.....	34
IV. 3. 1. – Caixa-de-ar e isolamento.....	34
IV. 3. 2. – Secagem das argamassas de assentamento e de rebocos	35
IV. 3. 3. – Execução da alvenaria.....	35
IV. 3. 4. – Abertura de roços	36
V – Caso de estudo.....	37
V. 1. – Apresentação do caso	37
V. 2. – Paredes exteriores	38
V. 3. – Paredes Interiores	39
V. 4. – Abertura de roços	41
Conclusão	43
Bibliografia.....	46

Índice de figuras

Figura 1 – Pirâmide do Antigo Egito (Fonte: http://www.fascinioegito.sh06.com , Janeiro, 2009).....	3
Figura 2- Construções contemporâneas de alvenaria: (a) Agencia caixa geral dos depósitos em Avis, (b) Casa de Queijas (Fonte: Lourenço <i>et al</i> , 2002).....	4
Figura 3- Pequenas casas de pedra (Fonte: Oliveira <i>et al</i> , 2000).....	6
Figura 4 – Muralha da China (Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Muralha_da_China , Janeiro, 2009).	10
Figura 5 – Evolução das alvenarias (Fonte: Lourenço <i>et al</i> , 2002).....	11
Figura 6 – Tijolos cerâmicos (Fonte: http://www.engenhariacivil.com . Março, 2009).....	12
Figura 7 – Obras realizadas com Tecnotijolo: (a) Maia Trade Center; (b) Lousadapark (Fonte própria. Fevereiro, 2009).....	17
Figura 8 – Tecnotijolo 30x20x11 e 45x20x11 (Fonte: http://www.construcer.com , Março, 2009).....	18
Figura 9 – Tecnotijolo (Construcer (a), 2005).	20
Figura 10 – Tecnotijolo 30x20x11 (Fonte própria. Fevereiro, 2009).	20
Figura 11 – Configuração geométrica do tecnotijolo. (Fonte própria. Fevereiro, 2009)	21
Figura 12 – Tecnotijolo (Fonte: http://www.engenhariacivil.com , Março, 2009).....	22

Figura 13 - Ensaio do comportamento acústico; (a) Câmara climática; (b) Parede de ensaio (Fonte: Construcer (a), 2005).....	27
Figura 14 – Tijolo tradicional (30x20x15) (Fonte Construcer (a), 2005).	27
Figura 15 – Tecnotijolo (30x20x15) (Fonte: Construcer (a), 2005).....	28
Figura 16 – Formato da junta horizontal (Fonte: Ferreira <i>et al</i> , 2008).	29
Figura 17 – Tecnotijolo sem junta vertical (Fonte: http://www.construcer.com , Março, 2009).	29
Figura 18 – Curvas de Temperaturas e Pressões de saturação (Fonte: Construcer (a), 2005). 31	
Figura 19 – Curvas de pressões de saturação e pressões instaladas (Fonte:Construcer (a), 2005).....	32
Figura 20 – Ibertest PEV400 (Fonte: Construcer (a), 2005).	32
Figura 21 – Esquema de montagem (Fonte: Construcer (a), 2005).	33
Figura 22 – Ensaio ao Tecnotijolo (Fonte: http://www.construcer.com/ , Março, 2009).	34
Figura 23 – Parede dupla com caixa-de-ar (Fonte: http://www.construcer.com , Março, 2009).	35
Figura 24 – Tecnotijolo sem junta vertical (Fonte: http://www.construcer.com , Março, 2009).	36
Figura 25 – Passagem de tubagem (Fonte: http://www.construcer.com . Março, 2009).	36
Figura 26 – Empreendimento Lousadapark (Fonte Propria. Maio, 2009).	37

Figura 27 – Planta (Fonte Própria, Fevereiro, 2009).....	38
Figura 28 – Paredes Exteriores (Fonte Própria. Fevereiro, 2009).....	39
Figura 29 – Implantação de paredes interiores (Fonte Própria. Março, 2009).....	40
Figura 30 – Paredes interiores (Fonte Própria. Março, 2009).....	40
Figura 31 – Abertura de roços (Fonte Própria. Março, 2009).....	41

Índice de quadros

Quadro 1 – Características gerais mais importantes dos tijolos cerâmicos em Portugal (Fonte: Pereira, 2005).....	12
Quadro 2 – Principais exigências funcionais das paredes de alvenaria e desempenho esperado (Fonte: Pereira, 2005).	14
Quadro 3 – Peso médio e consumos correntes de paredes de tijolo furado (Fonte: Pereira, 2005).....	15
Quadro 4 – Percentagem de vendas Tecnotijolo (Fonte: Construcer (a), 2005).....	17
Quadro 5 – Características dimensionais do tecnotijolo (Fonte: http://www.construcer.com, Março, 2009).....	18
Quadro 6 – Características técnicas do tecnotijolo (Fonte: http://www.construcer.com, Março, 2009).	19
Quadro 7 – Resultados obtidos em 1m² parede (Fonte: Construcer (a), 2005).....	24
Quadro 8 – Resultados obtidos em parede de 15 (Fonte: Construcer (a), 2005).....	24
Quadro 9 – Resultados dos ensaios (Fonte: Construcer (a), 2005).	28
Quadro 10 – Classificação da higrometria dos locais interiores (Fonte: http://www.estt.ipt.pt, Março, 2009).....	30
Quadro 11 – Carga de rotura em 1m² de alvenaria (Fonte: Construcer (a), 2005).....	33

Introdução

Nos últimos séculos tem-se vindo a assistir a um grande número de inovações e evoluções nos mais diversos sectores, tanto a nível social como económico e tecnológico. Com a meteórica evolução de materiais e as novas exigências funcionais que se pretendem de um edifício, a arte de bem construir tornou-se mais rigorosa, procurando a melhor performance e uma superior eficácia na aplicação dos materiais. É de extrema importância a permanente procura de novas técnicas e tecnologias para a construção de forma a obter uma construção; mais económica, mais confortável, mais rápida, com menos desperdícios de matérias-primas e eco-eficiente.

A primeira parte deste trabalho monográfico pretende levar à reflexão sobre as mudanças ocorridas nos últimos três séculos na história da concepção das alvenarias de tijolo, o que constitui um pré-requisito essencial para a compreensão de novos conceitos. Compreender e intervir no mundo actual exige conhecimento da história do país relativamente às alvenarias, às descobertas a nível científico e tecnológico, às novas formas de organização do processo produtivo e de relação com o trabalho e aos novos desafios e possibilidades oferecidas ao Homem.

Actualmente o sector da construção civil tem sofrido grandes desenvolvimentos através de novos materiais, tecnologia e processos construtivos. Porém as alvenarias não tiveram uma evolução significativa, não deixando, no entanto, de ser um dos principais materiais de construção aplicados ao longo de 4000 anos de civilização.

A experiência adquirida durante o estágio na obra “LousadaPark”, situada em Lousada no distrito do Porto, na execução e construção de uma habitação colectiva e comércio, foi primordial para a compreensão e distinção de conceitos, tais como, a aplicação de novos materiais, métodos e novas tecnologias, que somente a parte prática poderia ajudar a compreender. Assim no ponto III da presente monografia apresenta-se um conceito inovador na metodologia construtiva de alvenarias de tijolo, trata-se de um novo formato de tijolo cerâmico para aplicação em construções em alvenarias.

De forma a comprovar as vantagens e desvantagens do tecnotijolo relativamente às alvenarias tradicionais de tijolo são analisados diversos dados obtidos por ensaios in-situ. Para uma análise técnica e funcional rigorosa do tecnotijolo são utilizados diversos documentos fornecidos pela empresa pioneira do material tais como: certificados do tecnotijolo, registo de modelo industrial e certificação do produto. Na tentativa de contribuir para o melhoramento das técnicas construtivas e para a promoção de soluções inovadoras em materiais cerâmicos, na análise do tecnotijolo como solução construtiva, são avaliados e discutidos ensaios normalizados, e o cumprimento da legislação.

O último capítulo da monografia pretende introduzir o tecnotijolo como alternativa a alvenaria do tijolo furado tradicionalmente aplicada em Portugal dando desta forma um contributo para uma correcta aplicação desta solução construtiva tendo em conta que a documentação nacional sobre este tema é escassa.

I – Evolução dos materiais em alvenarias

I.1. – História da construção em alvenarias

Dos materiais empregues actualmente na construção civil, existem três já conhecidos pelos povos da pré-história, que continuam a ser usados no sector da construção são eles: a pedra, a madeira e o tijolo. (Gulbenkian, 1980). Desde a antiguidade, que a alvenaria tem vindo a ser largamente utilizada como forma de construção em habitações, monumentos e templos religiosos. Exemplos deste tipo de técnica construtiva são as Pirâmides do Antigo Egipto (Figura 1), a muralha da China ou as construções Maias.



Figura 1 – Pirâmide do Antigo Egipto (Fonte: <http://www.fascinioegito.sh06.com>, Janeiro, 2009).

A alvenaria é um material de construção tradicional, já usado há milhares de anos, segundo Bassala (1991), as edificações em alvenaria encontram-se entre as construções com maior aceitação, não só hoje em dia, como também na antiguidade. Do século XII ao século XVII, foi grande a utilização das alvenarias na construção, encontrando-se vários exemplos que ainda permanecem em excelente estado.

Contudo a revolução industrial encaminhou o Homem para a procura de novos materiais de construção e conseqüentemente para a alteração dos processos construtivos existentes, (Vizeu, 1993). De acordo com Rodrigues (2000), o aumento de produção deu lugar ao aparecimento de livros e tratados sobre a arte de construir. Com o aparecimento de novos materiais, as soluções em alvenaria resistente tornaram-se menos usadas restringindo-se, exclusivamente às construções de pequeno porte.

Só em meados do século XX é que as estruturas de alvenaria voltam a despertar interesse nos países mais desenvolvidos. Estas estruturas, encaradas numa perspectiva mais moderna, e associadas a novas formas de dimensionamento, conduziram ao despertar do interesse económico nesta solução (Rodrigues *et al*, 2006).

Em Portugal são exemplos contemporâneos de construções em alvenaria a Agencia da caixa geral dos depósitos em Avis, (Figura 2, (a)) e a Casa de Queijas. (Figura 2, (b)).



(a)



(b)

Figura 2- Construções contemporâneas de alvenaria: (a) Agencia caixa geral dos depósitos em Avis, (b) Casa de Queijas (Fonte: Lourenço *et al*, 2002).

Até aos anos 50, a construção e os materiais mantiveram a velha atmosfera tradicional e pouco tinham evoluído, a partir do momento em que se inicia o crescente movimento de emigração para os países mais industrializados ou para outros onde a mão-de-obra é escassa, a perspectiva mudou, os materiais tradicionais deram lugar a outros de carácter industrial ou semi-industrial, e muitas vezes pré-fabricados, atingindo novas formas, plantas e princípios arquitectónicos, determinados e ajustados a novas concepções e modos de viver (Oliveira *et al.*, 2000).

As transformações do século XX decorreram principalmente da influência dos progressos técnicos quer sobre o universo dos materiais de construção, quer sobre o desenvolvimento e melhoramento dos sistemas (Vizeu, 1993), permitindo o desenvolvimento de novas formas de edificação que por sua vez vieram responder às novas necessidades de um mundo em modernização.

I.2. – Os materiais na antiguidade

As construções primitivas aproveitavam fundamentalmente os materiais locais, do modo como se encontravam caracterizados na natureza. Por sua vez, segundo processos ou sistemas interligados foram elaborados conceitos propriamente tecnicistas (Guerra, 1999), tais como a influência que o clima ou as condições gerais do meio exercem sobre as habitações.

Este tipo de construção de um modo geral é associada à palavra abrigo, e de facto nos tempos remotos, todas as construções ou formas habitacionais tinham como função desempenhar o papel de abrigo. Os abrigos representados nas suas diversas formas elementares caracterizam as formas primárias, mais remotas e mais simples da vivenda humana (Oliveira *et al.*, 2000).

Antes de se sentirem as consequências directas ou indirectas do desenvolvimento industrial, as habitações resultavam da acção de múltiplos factores relacionados com as paisagens e com os materiais locais em que respectivamente se integravam. É evidente que a casa não é um elemento estático, ela é sujeita à evolução e transformação, no fundo ela constitui o produto de uma evolução lenta a partir de certas formas primordiais às quais se mantiveram muitos elementos.

A diversidade de tipologias de construções populares e a variação dos aspectos mais significativos das mesmas são derivadas de condicionalismos geográficos, económicos, sociais, históricos e culturais, que no fundo são um produto imediato das relações do Homem com o meio (Oliveira *et al.*, 2000).

I.3. – Construções primitivas de alvenaria em Portugal

Em algumas zonas de Portugal existem pequenas construções em pedra, geralmente dispersas e isoladas umas das outras, constituídas por uma simples sobreposição arbitrária de pedras, sem obedecer a qualquer regra. Esse tipo de abrigos são numerosos um pouco por todo o país como por exemplo em Terras de Miranda, (Figura3), (Oliveira *et al.*, 2000).



Figura 3- Pequenas casas de pedra (Fonte: Oliveira *et al*, 2000).

Segundo Oliveira (2000), existe uma relação estreita entre as formas das casas e os materiais de construção. As populações rurais portuguesas usaram materiais locais até ao princípio do século XX. Em Portugal, os edifícios antigos eram predominantemente construídos com recurso a paredes resistentes de alvenaria simples, por vezes englobando materiais diversos. A escolha do sistema construtivo para uma dada parede dependia de vários factores tais como: custo, prazo de execução, natureza dos recursos, materiais de ligação entre outros (Oliveira *et al.*, 2000).

I.4. – Evolução da construção em Portugal

Segundo Pinheiro (2006), a construção é uma actividade que tem acompanhado o Homem e as suas civilizações. Edifícios, estradas, pontes, aquedutos e barragens, evidenciam uma forma de organização e de procura de melhores condições de vida. Uma reflexão sobre a evolução da construção ao longo dos séculos pode ser importante para o entendimento da evolução das tecnologias construtivas.

De acordo com Mascarenhas (2007), Portugal foi um país onde se construiu muito e em geral com pouca qualidade. Nos anos 70 a construção surgiu como investimento, o “25 de Abril” de 1974 gerou uma grande instabilidade social, financeira e laboral, levando à subida de taxas de juro, à falência de muitas empresas de construção, especialmente as que tinham implementado grandes investimentos na tecnologia. Com o regresso de muitos portugueses do ultramar, surgiu uma grande oferta de mão-de-obra sem habilitação e, desta forma uma necessidade crescente de habitação, o que veio a impulsionar uma construção em grande quantidade e sem qualidade.

Nos anos 80 as obras publicas surgem como motor da economia, a entrada de fundos comunitários originou obras feitas à pressa, e incentivadas mesmo quando desnecessárias. Nos anos 90, a construção de obras públicas entrou num ritmo alucinante, desde da construção de hospitais sobredimensionados à construção de pontes com grandes dimensões (Tavares *et al*, 2000).

A evolução tecnológica atingiu nos últimos anos mudanças relevantes, no campo das técnicas, nos materiais de construção civil e do próprio ciclo das obras públicas. Actualmente o sector da construção civil realiza avultados investimentos para a modernização do país, surgindo novos materiais e implementando-se novas normas de segurança e qualidade (Mascarenhas, 2004). A construção actual, além dos objectivos clássicos de funcionalidade, segurança, economia e durabilidade, tem um novo objectivo correspondente à redução dos seus impactos com o ambiente, procurando-se reduzir o consumo de materiais naturais e de energia. Em Portugal o conceito tem vindo a desenvolver-se cada vez mais, exemplo disso é a publicação recente dos novos regulamentos sobre eficiência energéticas nos edifícios (Rodrigues, 2006).

Num mundo cada vez mais competitivo é necessário que as empresas adquiram consciência dessa realidade e implementem metodologias mais competitivas. De acordo com Busto (2004), as progressivas actualizações regulamentares das construções correntes deverão ser submetidas a novas soluções construtivas mais adequadas aos novos requisitos.

É de realçar que nas últimas décadas, o desenvolvimento económico mundial tem conduzido a uma utilização intensa de energia produzida através de origem fóssil tal como o carvão, o gás natural, ou o petróleo. Nessa perspectiva, surgiu, no final do século XX o conceito de desenvolvimento sustentável, em que o desenvolvimento económico tem que ter em conta o equilíbrio ecológico e a preservação da qualidade da vida das populações (Tirone, 2007).

O sector da construção em Portugal tem sofrido ao longo destes últimos anos grandes alterações, desde a publicação do novo regime da Urbanização e Edificação e toda a legislação complementar, ao novo regime jurídico das empreitadas das obras públicas assim como a alteração das regras dos concursos públicos. Surgiu todo um conjunto de diplomas legais que vieram introduzir novas regras e procedimentos no qual obrigaram os operadores económicos do sector a uma profunda adaptação às novas exigências (Busto, 2004).

I.5. – Perspectivas futuras para a construção civil

Definir as principais perspectivas futuras para construção civil é o resultado dos conflitos e dos choques das forças que se encontram no presente. Como todos sabemos, o futuro não se encontra escrito em nenhum livro, muito menos armazenado numa base de dados. As transformações que uma sociedade sofre são cada vez mais rápidas, daí ser essencial definir um rumo que permita caracterizar as ameaças das oportunidades e reforçar a diversidade de estratégias, por esse motivo, a inovação é crucial para o nosso país (Tavares, *et al* 2000). O passado, só ganha forma com o acréscimo do impulso prospectivo do futuro.

O número de investigadores que se dedicam, não só em Portugal, como noutros países, à procura de materiais sucedâneos para a construção tem vindo a aumentar (Tavares, *et al* 2000). A construção em Portugal continua a assumir um papel muito importante na economia nacional (Pinheiro, 2006), procurando encontrar soluções de maior eficiência e desempenho superior, obtendo em simultâneo maior economia e sustentabilidade. O desenvolvimento da tecnologia tem proporcionado maior aperfeiçoamento na execução e melhorias nas metodologias de cálculo para o emprego de certos materiais.

A retracção no mercado interno leva a dinamização da internacionalização, obrigando a uma permanente actualização de técnicas de produção, quer sejam de construção, quer sejam relativas ao projecto. A qualidade e inovação apresentada por uma empresa serão factores determinantes no seu sucesso face aos seus concorrentes (Freitas, 2001).

II – Alvenarias de Tijolo

II.1. – Definição de Alvenaria

Alvenaria é um elemento construtivo utilizado para paredes, fundações etc., compostos por tijolos ou blocos sólidos, sobrepostos, unidos com argamassa ou não, destinados a suportar, principalmente, esforços de compressão, no qual resulta um conjunto rígido e homogéneo. A alvenaria pode ser executada para elementos de vedação, divisão, protecção e estrutural (Rodrigues, 2000).

De acordo com o jornal das alvenarias nº2 de Maio de 2006, a história da alvenaria remonta ao tempo dos povos primitivos, sendo ao longo dos tempos erigidos edifícios, palácios, catedrais, pontes e viadutos, encontrando-se, alguns dos quais ainda no nosso meio. A evolução da alvenaria não foi muito significativa desde do seu surgimento, da pré-história até ao século XVIII o formato do tijolo manteve-se, paralelepípedo e maciço. O aparecimento do tijolo furado surgiu mais tarde nos princípios do século XIX.

II.2. – Evolução da alvenaria de tijolo

De acordo com Molitero (2005), os materiais artificiais produzidos com barro vermelho são os mais antigos, sendo que, a sua produção remonta ao período neolítico, quando o Homem começou a repartir a argila que utilizava para ligar as suas paredes em pequenos pedaços de dimensões semelhantes, deixando os mesmos secar ao sol até obter o produto final. Segundo Lourenço (2002), o tijolo passou a ser produzido em serie, surgindo assim a alvenaria de tijolo como técnica de construção. A história da humanidade é repleta de exemplos deste tipo de construções, tais como, a grande muralha da China (Figura 4), um dos grandes símbolos da longevidade do tijolo cerâmico.



Figura 4 – Muralha da China (Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Muralha_da_China, Janeiro, 2009).

Foi a partir da revolução industrial que se registou a maior progressão no fabrico de tijolo cerâmico, sendo que, em 1850 deu-se uma das inovações mais significativas nos tijolos cerâmicos, a criação de tijolos furados, que permitiram o aumento do rendimento de trabalho (Hendry, 1998). As alvenarias de tijolo são, a solução mais aplicada na execução de paredes tendo como principais funções, a separação entre o interior e o exterior da construção e a divisão dos espaços interiores (Lourenço *et al*, 2007).

As alvenarias de tijolo cerâmico, apesar de serem as mais utilizadas em Portugal, têm sofrido uma evolução lenta. A mudança mais significativa resulta da evolução de elementos de tijolo maciços para elementos de furação horizontal e sucessivamente mais aligeirados.

Nos tempos que decorrem, existem no mercado português, elementos de alvenaria tradicionais que continuam a ser aplicados na construção, no entanto, outros mais recentes que deram entrada no mercado já com algumas actualizações possuem uma aplicação muito reduzida, sendo que, algumas dessas aplicações não chegam a ser implementadas (Lourenço *et al*, 2002). Os elementos com maior realce na construção de paredes de alvenaria de tijolo são os tijolos de furação horizontal.

As paredes de alvenaria de tijolos e blocos de betão sucederam, em Portugal, às paredes de alvenaria de pedra, com a seguinte sequencia, durante o século XX (Figura 5):

- Paredes simples de tijolo maciço espessas, (Anos 40);
- Paredes de pedra com pano interior de tijolo furado e eventual caixa-de-ar, (anos 50);

- Paredes duplas de tijolo com um pano espesso, (Anos 60);
- Paredes duplas de tijolo furado com panos de espessura média ou reduzida, (Anos 70);
- Paredes duplas de tijolo furado com isolamento térmico, preenchendo total ou parcialmente a caixa-de-ar, (Anos 80).

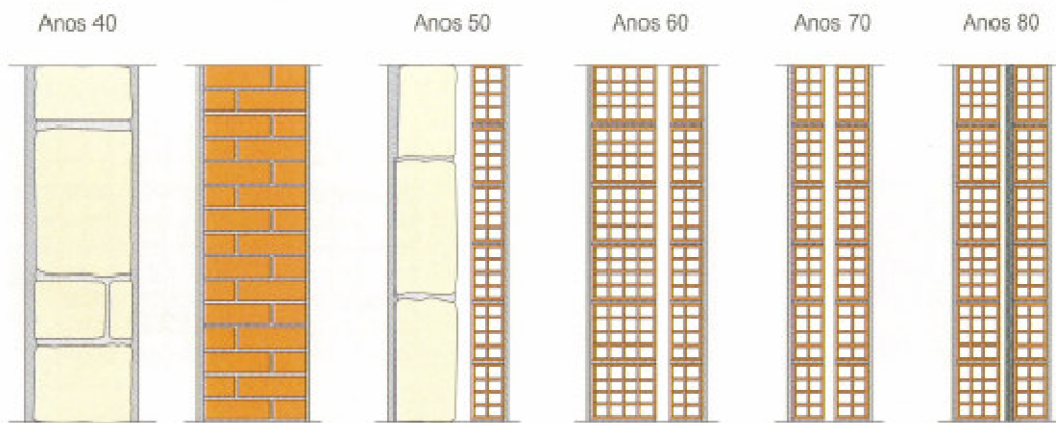


Figura 5 – Evolução das alvenarias (Fonte: Lourenço *et al*, 2002).

II.3. – Caracterização e classificação de tijolo cerâmico

II.3.1. – Tijolo cerâmico

As propriedades da cerâmica, como material de excepção para a conformação de geometrias e posterior resistência mecânica após cozedura, possibilitaram a evolução e a diversificação de modelos que acompanharam as exigências da edificação e das técnicas de construção. O facto da matéria-prima, utilizada na confecção do tijolo, ser de fácil acesso em qualquer parte do mundo, torna este elemento ainda mais atractivo para o mercado da construção.

O tijolo cerâmico (Figura 6), é um produto técnico ao qual são exigidas determinadas características e comportamento em obra, encontrando-se por isso mesmo, sujeito a disposições regulamentares e especificações próprias.

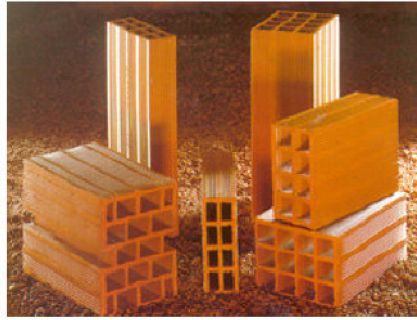









Figura 6 – Tijolos cerâmicos (Fonte: <http://www.engenhariacivil.com>. Março, 2009).

II.3.2. – Tipos de tijolos cerâmicos

O tijolo ou bloco de barro vermelho é um material feito a base de argila cozida podendo ser maciço, furado ou perfurado. É utilizado essencialmente na construção como material resistente de enchimento ou como revestimento.

No quadro 1, sintetizam-se as características mais relevantes dos tijolos correntes no mercado português, nomeadamente dimensões, peso aproximado, percentagem de furação e resistência a compressão.

Quadro 1 – Características gerais mais importantes dos tijolos cerâmicos em Portugal (Fonte: Pereira, 2005).

Formas	Dimensões (cm)	Peso aproximado (kg)	Furação (%)	Resistência à compressão ⁽²⁾ (MPa)
	30*20*22 ⁽¹⁾	7,0-11,0	55-70	1,9-3,9
	30*20*15 ⁽¹⁾	5,0-7,0	50-65	2,5-4,9
	30*20*11 ⁽¹⁾	4,0-6,0	50-65	2,8-5,2
	30*20*9	3,5-5,5	40-60	3,0-5,7
	30*20*7 ⁽¹⁾	3,0-5,0	40-60	3,7-7,0
	30*20*4	2,0-3,0	40-50	6,0-7,0
	22*11*7 ⁽¹⁾	1,5-2,5	25-40	8,0-9,5
	22*11*5	1,2-1,7	25-40	8,0-9,5
	22*11*7 ⁽¹⁾	2,5-3,5	0	17,0-48,0

II.3.3. – Legislação aplicada ao tijolo cerâmico

Segundo a Apicer (2000), os tijolos cerâmicos são classificados de acordo com as suas características e a sua aplicação. Mascarenhas (2007) define que o tijolo está sujeito à aplicação de documentos normativos, assim sendo, a norma NP 834:1971 foi substituída em 02 de Julho de 2007 pela EN 771-1:2003 na qual se apresentam os formatos dos tijolos de barro vermelho, enquanto que, a norma NP 80 classifica as características e ensaios de tijolos de barro vermelho. Antes do aparecimento dos Eurocodigos, as estruturas de alvenaria eram dimensionadas através de métodos empíricos intuitivos (Lourenço *et al*, 2002). Actualmente, para realizar um projecto de estruturas de alvenaria, para além do Eurocodigo 6, é necessário ter em consideração o Eurocodigo 8 para determinação da acção sísmica que actua nos edifícios e os requisitos dos mesmos face a acção.

II.4. – Exigências funcionais das paredes executadas com tijolo cerâmico

O tijolo cerâmico é um material com possibilidades ilimitadas de aplicação no sector da construção civil. Os processos para a produção destes materiais estão a melhorar dia após dia, por meio de avanços tecnológicos adoptados no sistema de produção. Assim, procuram-se desenvolver novas tecnologias a fim de garantir qualidade, economia e rapidez na execução. A sua utilização em grande escala deve-se a vários factores, o facto de se tratar de um produto cerâmico cozido, que à partida apresenta uma maior absorção de água, à facilidade de manuseamento e à possibilidade de construção de panos delgados (Mascarenhas, 2007).

É do conhecimento que a eficiência estrutural da alvenaria tem vindo a ser estudada com interesse acrescido, particularmente a partir das últimas décadas, em que a resistência da argamassa e dos tijolos são fundamentais para o bom desempenho do sistema. De acordo com Alves (2001), o tijolo cerâmico de furação horizontal é o elemento com aplicação mais destacada no mercado, representando pelo menos 90% dos materiais empregues na realização de paredes em Portugal. O mesmo autor refere que com aplicação destes elementos a obra ganha rapidez e economia.

As paredes de alvenaria devem ser concebidas e executadas de modo a satisfazer as exigências gerais de desempenho. Apesar de existirem diferenças importantes entre as exigências

funcionais aplicáveis às paredes exteriores e interiores, apresentam-se no quadro 2, as mais importantes, assim como, o desempenho esperado sob o ponto de visto qualitativo.

Quadro 2 – Principais exigências funcionais das paredes de alvenaria e desempenho esperado (Fonte: Pereira, 2005).

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS	DESEMPENHO ESPERADO
Estabilidade	Bom a excelente
Segurança ao fogo	Excelente
Estanquidade à água (quando revestida)	Boa
Conforto térmico	Regular a bom
Conforto acústico	Regular a bom (isolamento a sons aéreos)
Durabilidade	Boa a excelente
Manutenção	Baixos custos
Higiene	Deficiente (Deve ser recoberta por película impermeável à água)
Estética	Regular a excelente

É significativamente reduzido o número de variantes das paredes de tijolo actualmente construídas em Portugal. No que diz respeito ao tijolo furado, as paredes simples abrangem a maioria das paredes interiores, com espessuras, em geral, inferiores a 15 cm no tosco enquanto que, as paredes duplas dominam as soluções de fachada com variantes que vão desde paredes executadas com tijolo 15+11cm até 22+15cm.

No quadro 3, apresentam-se, algumas das características de alvenarias correntes não rebocadas de tijolo furado com dimensões normalizadas, tais como; o peso médio e os consumos de tijolo e argamassa. A estes valores deve-se introduzir as correcções relativas aos desperdícios de materiais.

Quadro 3 – Peso médio e consumos correntes de paredes de tijolo furado (Fonte: Pereira, 2005).

Tipo de tijolo	Espessura da parede (tosco) (cm)	Peso da parede (kg/m ²)	Consumo de tijolo (unid./m ²)	Consumo de argamassa (litros/m ²)
30x20x7	7	63,3	16,9	3,5
30x20x7	20	189,7	42,4	23,8
30x20x11	11	96,3	16,9	5,5
30x20x11	20	174,5	28,2	15,8
30x20x15	15	122,5	16,9	7,5
30x20x15	20	158,4	21,2	11,9
30x22x20	20	145,6	14,7	8,3
30x22x20	22	170,6	16,9	11,0

II.5. – Vantagens competitivas da alvenaria de tijolo

De acordo com Lourenço (2002), a maior parte dos edifícios construídos no nosso país foram executados com alvenarias de tijolo, sendo o tijolo de furação horizontal o tijolo mais usado, uma vez que estes são mais leves e mais económicos, e como apresentam um peso reduzido, adaptam-se bem aos edifícios de estrutura reticulada de betão armado.

Segundo Gouveia (2000), a produção do tijolo está distribuída por todo o país, num total de 5 a 5,5 milhões de toneladas/ano. O fabrico do tijolo cerâmico é fácil e de baixo custo, e em termos ecológicos a sua produção é não poluente, de baixo custo e 100% reutilizável.

As paredes de alvenaria apresentam normalmente bom desempenho funcional, nomeadamente em termos de isolamento térmico e acústico, estanquidade à água, resistência ao fogo e resistência mecânica. A durabilidade é outra das características na qual os tijolos têm um desempenho notável, superando os 1000 anos de vida útil.

III – Tecnotijolo

III.1. – Desenvolvimento do material

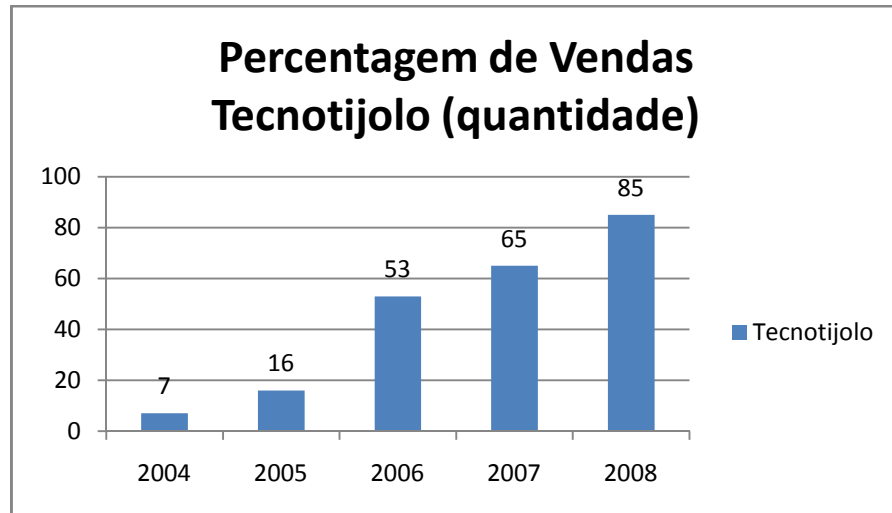
A Construcer - cerâmica de construção, SA, fundada em 1986, é uma empresa do subsector da cerâmica estrutural integrando um dos mercados mais tradicionais: o do tijolo. Nos últimos anos a empresa tem desenvolvido vários projectos com o objectivo de “romper com o tradicional”, assim, desenvolveu recentemente um novo modelo de tijolo cerâmico para alvenarias, nomeado “Tecnotijolo”, como solução mais económica e ecológica para a execução de alvenarias, registado no INPI (instituto nacional da propriedade industrial) e certificado pela CERTIF (associação para a certificação de produtos).

O engenheiro António Corte Real, administrador da Construcer em Avelas de Caminho, decidiu investir no desenvolvimento de um produto que nos últimos 60 anos não sofreu qualquer evolução em Portugal. O Tecnotijolo, a invenção por parte do administrador seguiu um raciocínio bastante simples, para o cliente o fundamental é o preço por m² (metro quadrado) de parede construída. Desta forma, surgiu o Tecnotijolo, um tijolo que reduz os custos, permite a diminuição do recurso a materiais (gasta menos argamassa e menos água) e de mão-de-obra (mais rápida execução). Tem vantagens ecológicas como a poupança de cimento, considerando que a produção de uma grama de cimento corresponde a libertação de uma grama de CO₂. A geometria das unidades de alvenaria que funcionam como módulos de encaixe, permitem realizar construções com reduzido equipamento e desperdícios de material.

Numa entrevista ao engenheiro Corte Real para a revista técnica Pirâmides & Obeliscos o próprio explica como surgiu a ideia e como foi passar da teoria à prática. Numa primeira abordagem surgiram algumas ideias inovativas, uma delas foi o Ecotijolo, um tijolo com encaixe na junta horizontal que não teve sucesso no mercado. Numa segunda fase a Construcer desenvolveu um raciocínio em que teve em consideração os três factores que contribuem para o custo do m² de uma parede: o tijolo, as argamassas de assentamento e a mão-de-obra. Um dos grandes desafios na fase da concepção foi desenvolver um produto que não alterasse significativamente o modo de aplicação, no entanto, a maior dificuldade na obtenção deste novo material foi o processo de cortes sendo necessário o recurso a equipamentos exclusivos adequados ao fabrico do formato particular do tecnotijolo.

O tecnotijolo foi desenvolvido em meados de 2003 e começou a ser comercializado em meados de 2004. As vendas começaram a crescer de forma lenta, inicialmente de cerca de 7%, obtendo-se entre 2005 e 2006 um grande impulso na percentagem de vendas que vieram a aumentar até aos dias de hoje onde se regista cerca de 85% de vendas do tecnotijolo (Quadro 4).

Quadro 4 – Percentagem de vendas Tecnotijolo (Fonte: Construcer (a), 2005).



O tecnotijolo tem vindo a registar uma forte implementação sobretudo a norte do país e em Espanha, país que importa grande parte da produção da Construcer. As figuras seguintes ilustram alguns tipos de obras realizadas com Tecnotijolo, respectivamente na Maia (Figura 7, (a)) e em Lousada (Figura 7, (b)).

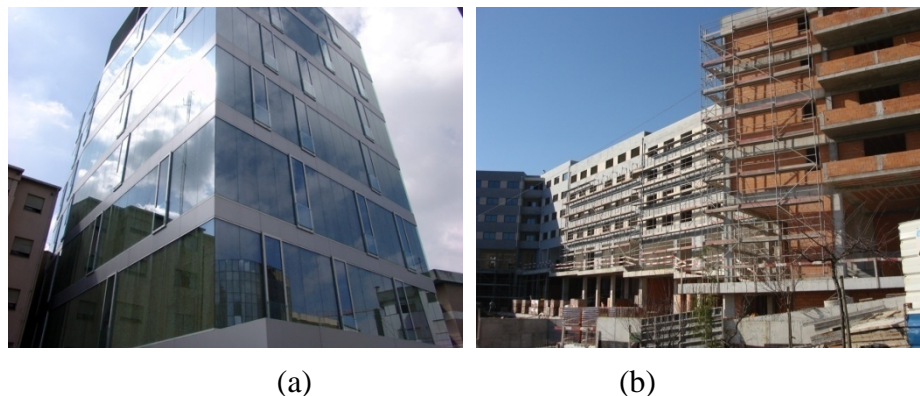


Figura 7 – Obras realizadas com Tecnotijolo: (a) Maia Trade Center; (b) Lousadapark (Fonte própria. Fevereiro, 2009).

III.2. – Características técnicas do Tecnotijolo.




Este tipo de unidades de alvenaria tem o mesmo formato dos tijolos do tipo tradicional de furação horizontal, apresentando as mesmas dimensões e peso dos tijolos tradicionais. De acordo com Mascarenhas (2007), a distinção entre o tecnotijolo e o tijolo tradicional encontra-se nos topos verticais dos tijolos, nos quais o tecnotijolo apresenta uma geometria que possibilita o perfeito encaixe entre elementos e, desta forma, quando aplicado na construção de panos de tijolos dispensa argamassa na junta vertical.

Nos quadros 5 e 6 são apresentadas características dimensionais e técnicas do tecnotijolo existente no mercado, sendo estes produtos nomeados pela largura. Deste modo, as designações aplicadas ao tecnotijolo são semelhantes às aplicadas ao tijolo tradicional, tais como, “tijolo de 11”, “tijolo de 15” ou “tijolo de 22” (Figura 8).






Figura 8 – Tecnotijolo 30x20x11 e 45x20x11 (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

Quadro 5 – Características dimensionais do tecnotijolo (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

Características Dimensionais			
TECNOTIJOLO®	 30x20x11	 30x20x15	 30x20x22
Comprimento (mm)	293	298	299
Largura (mm)	109	150	219
Altura (mm)	185	189	190
Peso (kg)	3,9	5,5	8,3

As tendências de melhoria do desempenho térmico e acústico das habitações têm sido factores preponderantes para o aparecimento de novos produtos. De acordo com Mascarenhas (2006), o tijolo com encaixe nos topos apresenta maior isolamento térmico, sendo que, o desempenho térmico deste material cerâmico e a facilidade e rapidez de execução dos panos de alvenaria são argumentos de competitividade que tem permitido a sua implantação nos mercados onde são lançados, ganhando destaque em relação ao tijolo tradicional.

Quadro 6 – Características técnicas do tecnotijolo (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

Características Técnicas			
TECNOTIJOLO®	 30x20x11	 30x20x15	 30x20x22
Resistência à compressão (kgf/cm ²)	23 (Classe C)	20 (Classe C)	17 (Classe C)
Isolamento acústico (dB)	~ 40	~ 43	~ 46
Melhoria do Isolamento Térmica (%)*	~ 20	~ 20	~ 20

Segundo Mascarenhas (2007), o desempenho favorável relativamente ao conforto térmico resulta de diversos aspectos, tais como:

- Sistema de encaixe nos topos que permite a ausência de argamassa nas juntas verticais;
- A junta vertical curva apresenta uma junta horizontal de duplo “Rabo de Andorinha”;
- Os bordos laterais da junta são mais delgados, o que leva a que as pontes térmicas fiquem reduzidas;
- Junta horizontal mais sólida pela “ancoragem” da argamassa na forma de “Rabo de Andorinha”;
- Redução de grande parte da extensão da argamassa na junta (Figura 9).



Figura 9 – Tecnotijolo (Construcer (a), 2005).

No tecnotijolo, as extremidades dos tijolos, que em vez de serem planas, são do tipo macho/fêmea, permitem o perfeito encaixe das juntas verticais dos vários elementos (figura 10). Esse facto possibilita a execução de alvenarias sem a colocação de argamassa nestas juntas.



Figura 10 – Tecnotijolo 30x20x11 (Fonte própria. Fevereiro, 2009).

A figura 11 representa esquematicamente a forma geométrica do tecnotijolo.

- 1 - Junta vertical “curva”
- 2- Ranhura “ em rabo de andorinha”
- 3- Furação horizontal de maiores dimensões.

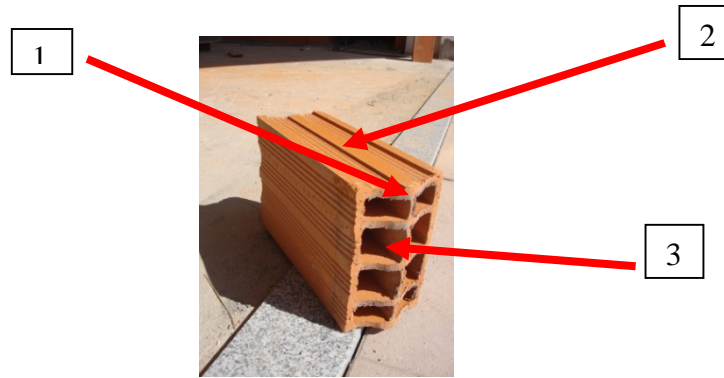


Figura 11 – Configuração geométrica do tecnotijolo. (Fonte própria. Fevereiro, 2009)

O tecnotijolo apresenta um formato diferente na junta horizontal, tipo “rabo de andorinha”, que traz vantagens na sua aplicação em alvenarias, através de uma maior poupança de argamassa, e maior aderência mecânica entre os tijolos. Outro factor vantajoso provocado pela diminuição da secção transversal da junta horizontal, é a redução das pontes térmicas.

III.3. – Legislação aplicada ao Tecnotijolo

De acordo com o relatório apresentado pela empresa Construcer, o qual foi realizado no centro tecnológico da cerâmica e do vidro, como relatório de trabalho nº3.2.1.3201-1ª/04, de forma a assegurar a protecção da propriedade industrial, o tecnotijolo foi alvo de um processo de registo de modelo industrial.

Assim, e de acordo com o relatório do centro tecnológico da cerâmica e do vidro o estudo realizado ao comportamento de Optimização de Novos Tijolos, avaliação comparada, foi submetido à norma EN 771-1:2003 (Especificação para elementos de Alvenaria – Parte 1: Elementos cerâmicos, Abril 2003); à norma – ENV 1996-1-3:1998 – Part 1-3; à norma NP ENV 1998-1-3:2002 (Eurocodigo 8: disposições para projecto de estruturas sismos – resistentes - parte 1-3: Regras Gerais – Regras específicas para vários materiais e elementos), à norma NP EN 1745:2003 (alvenarias e produtos de alvenaria - métodos para determinação de valores térmicos de calculo), ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos edifícios – RCCTE (DL nº. 80/2006, de 4 de Abril) e ao Regulamento Geral sobre o Ruído – RGSR (DL nº.292/2000, de 14 de Novembro).

III.4. – Alvenaria de Tecnotijolo

As paredes de alvenarias têm merecido, nos últimos anos, uma atenção crescente, ainda que insuficiente e com resultados pouco visíveis ao nível do seu desempenho final. São crescentes os esforços ao nível da legislação, da certificação de produtos, da investigação e da criação de ferramentas técnicas. No campo dos materiais há sinais evidentes do interesse por novos produtos.

A principal característica que uma parede de alvenaria de tecnotijolo apresenta é a construção com a junta vertical “seca”, ou seja, sem a necessidade de aplicação de argamassa. Devido à sua configuração geométrica, e através do encaixe nos topos, é possível o **um** encastramento das suas juntas verticais dispensando totalmente a colocação de argamassa nessas juntas (Figura 12). O consumo de tijolo por m² de alvenaria, bem como, o consumo de argamassa para assentamento, depende do tipo de tijolo, das suas dimensões e da forma de assentamento



Figura 12 – Tecnotijolo (Fonte: [http:// www.engenhariacivil.com](http://www.engenhariacivil.com), Março, 2009).

IV – Comparação entre Tijolo tradicional e Tecnotijolo

IV.1. – Demonstração da poupança obtida na utilização do Tecnotijolo

No presente subcapítulo procura-se demonstrar as vantagens da diferente configuração geométrica do tecnotijolo relativamente ao tijolo tradicional, comprovando a maior velocidade de execução de alvenarias e redução de consumo de argamassa e cimento. Assim sendo, apresentam-se os seguintes dados:


Pressupostos:

Custo por dia de um pedreiro (Valor estimado)	€60,00
Custo por dia de um servente (Valor estimado)	€52,00
Custo de 1m ³ de argamassa (Valor estimado)	€54,50
7 Litros de argamassa preenchem 6 juntas verticais em tijolo 30X20X11	€0,28
10 Litros de argamassa preenchem 6 juntas verticais em tijolo 30X20X15	€0,40
Preço de venda ao consumidor final do tijolo tradicional 30X20X11	€0,1045unid
Preço de venda ao consumidor final do tijolo tradicional 30X20X15	€0,1411unid
Preço de venda ao consumidor final do Tecnotijolo 30X20X11	€0,1395unid
Preço de venda ao consumidor final do Tecnotijolo 30X20X15	€0,1860unid.


No quadro 7, apresentam-se os resultados obtidos na demonstração com base nos pressupostos mencionados anteriormente. Assim, verifica-se que, com a junta vertical “seca” do tecnotijolo reduz-se em 50% os custos da argamassa (areia e cimento) em 1m² de parede de 11, enquanto

que, no quadro 8 os resultados indicam uma redução de custos em 46%. A não existência de necessidade de aplicação de argamassa nas juntas verticais permite a redução do tempo de execução das alvenarias, com a consequente redução de mão-de-obra e diminuição de consumo de argamassa.

Quadro 7 – Resultados obtidos em 1m² parede (Fonte: Construcer (a), 2005).

Em parede de 11	Tijolo tradicional	TECNOTIJOLO®	Poupança parcial por m2	Poupança por m2 de parede
Mão de obra por m2 (€)**	3,7500	0,9375	2,8125	 50%
Argamassa por m2 para as juntas verticais (€)**	1,0755	0,0000	1,0755	
Custo em tijolos por m2 [1 m2 = 17 tijolos] (€)	1,7765	2,3715	-0,5950	
Custo total por m2 de parede (€)	6,6020	3,3090		
Poupança total por m2 de parede (€)			3,2930	

Quadro 8 – Resultados obtidos em parede de 15 (Fonte: Construcer (a), 2005).

Em parede de 15	Tijolo tradicional	TECNOTIJOLO®	Poupança parcial por m2	Poupança por m2 de parede
Mão de obra por m2 (€)**	3,7500	0,9375	2,8125	 46%
Argamassa por m2 para as juntas verticais (€)**	1,4667	0,0000	1,4667	
Custo em tijolos por m2 [1 m2 = 17 tijolos] (€)	2,3987	3,1620	-0,7633	
Custo total por m2 de parede (€)	7,6154	4,0995		
Poupança total por m2 de parede (€)			3,5159	

IV.2. – Estudo do comportamento e optimização do Tecnotijolo

De acordo com o relatório efectuado ao tecnotijolo, como alvo de um processo de registo de modelo industrial, os ensaios foram realizados no centro tecnológico da cerâmica e do vidro, como relatório de trabalho nº3.2.1.3201-1ª/04 e de maneira a assegurar a protecção da propriedade industrial.

O relatório obtido através da empresa Construcer e acompanhado pelo Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, sendo esta uma instituição pública, para apoio técnico e a promoção tecnológica das indústrias nacionais da cerâmica, vidro e sectores afins e complementares, serve de avaliação técnica e funcional comparada do novo formato de tijolo, o tecnotijolo, nomeadamente nas vertentes de desempenho térmico e acústico. No presente sub-capítulo são

apresentados e analisados os resultados e a metodologia do estudo do comportamento e otimização do tecnotijolo.

A empresa Construcer desenvolveu um novo modelo de tijolo cerâmico para alvenarias como foi exposto no capítulo anterior, que tem como principal característica a solução construtiva que proporciona. Este novo modelo de tijolo de furação horizontal deriva da adaptação das técnicas construtivas aplicadas aos novos produtos de alvenaria de furação vertical.

No entanto, subsistem algumas questões sobre a sua aplicação e desempenho em serviço, nomeadamente relativas à resistência da parede a cargas laterais, em particular na situação de não rejuntamento vertical.

De notar ainda que as características inovadoras deste produto se limitam ao desenho exterior e à solução construtiva (aplicação), existindo ainda um importante potencial de melhoria que pode funcionar como reforço das suas características e propriedades, nomeadamente pela optimização da geometria interior, de forma, a permitir melhorar o desempenho térmico das paredes onde é aplicado.

Admite-se que seja possível uma melhoria significativa das características técnicas do produto (características térmicas e acústicas, resistência mecânica e estabilidade) e da qualidade da construção onde seja aplicado, evitando a utilização da camada de isolamento térmico aplicada na caixa-de-ar, dando resposta as exigências funcionais e regulamentares de isolamento térmico do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e de resistência.

IV.2.1. – Estudo comparativo do coeficiente global de transmissão térmica e do índice de atenuação acústica para diversas soluções

O presente estudo pretende demonstrar a simulação do comportamento térmico e acústico de uma parede de alvenaria executada com tijolo tradicional e tecnotijolo. Os ensaios foram realizados em laboratório para avaliação comparada de desempenho térmico e acústico, com responsabilidade da Construcer e acompanhamento da CTCV, (Centro Tecnológico da

Cerâmico e do Vidro), na execução das alvenarias assegurando a equivalência das soluções construtivas para comparabilidade dos resultados.

Desta forma foram utilizados dois tipos de provetes de alvenaria. Um provete de alvenaria executado à semelhança de uma parede de 95X96 cm, com pano duplo de tijolo tradicional (30X20X15) e com caixa-de-ar de 5 cm com aplicação de material de isolamento térmico (placas de poliestireno extrudido de 3cm) e uma camada de reboco de 1,5 cm no interior e exterior (Parede 1). Foi aplicada uma técnica construtiva: tradicional, com desencontro vertical de juntas, aplicação de argamassa de assentamento nas juntas verticais e horizontais (Figura 14).

No caso do segundo provete, foi executada uma parede de 95X96cm, pano duplo com o tecnotijolo (30X20X15), com caixa-de-ar de 5cm com aplicação de material de isolamento térmico (placas de poliestireno extrudido de 3cm) e uma camada de reboco de 1,5 cm no interior e exterior. (Parede 2). Da mesma forma que para o primeiro provete foi aplicada uma técnica construtiva: tradicional, com desencontro vertical de juntas, aplicação de argamassa de assentamento somente nas juntas horizontais (Figura 15).

Relativamente ao estudo do comportamento térmico, para a execução da simulação de transmissão térmica em alvenarias de pano duplo e de acordo com o relatório de trabalho nº: 3.2.1.3201-1ª/04 da Construcer, consideraram-se os seguintes valores para o estudo do coeficiente global de transmissão térmica:

- do material cerâmico = 0,65 W/mK.
- da argamassa = 1,15 W/mK.
- da argamassa = 0,035 W/mK.
- Resistência térmica do ar = 0,16 m² K/W.

Para caracterização do comportamento acústico foram usados os seguintes métodos na determinação do índice de isolamento sonoro (Construcer (a), 2005):

- Utilização da câmara climática Aerolab Fitoclima 1500 EDTU com a colocação de uma emissora e receptora (Figura 13, a));

- Avaliação comparada do isolamento sonoro de alvenarias montadas (conforme o referido nos ensaios térmicos) com estimação da grandeza do índice de isolamento sonoro para os sons de condução aérea (Ia);
- Sonómetros – Brüel Kjaer – Modelo 2260;
- Fonte sonora – Brüel Kjaer – OmniPower 4296;
- Parede de ensaio (Figura 13, (b)).



Figura 13 - Ensaio do comportamento acústico; (a) Câmara climática; (b) Parede de ensaio
(Fonte: Construcer (a), 2005).

IV.2. 2. – Resultados da simulação de transmissão térmica e acústica

Parede 1 - Parede de pano duplo com tijolo tradicional

Tijolo tradicional (30x20x15) com caixa-de-ar de 5 cm e aplicação de material de isolamento térmico com 3 cm.

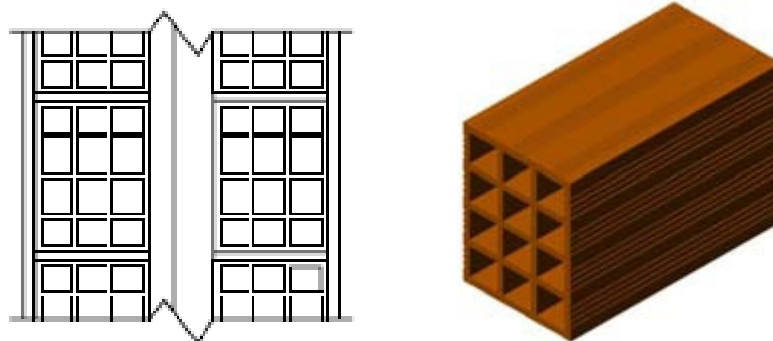


Figura 14 – Tijolo tradicional (30x20x15) (Fonte Construcer (a), 2005).

Parede 2 - Parede de pano duplo com tecnotijolo

Tecnotijolo (30x20x15) com caixa-de-ar de 5 cm e aplicação de material de isolamento térmico com 3 cm.

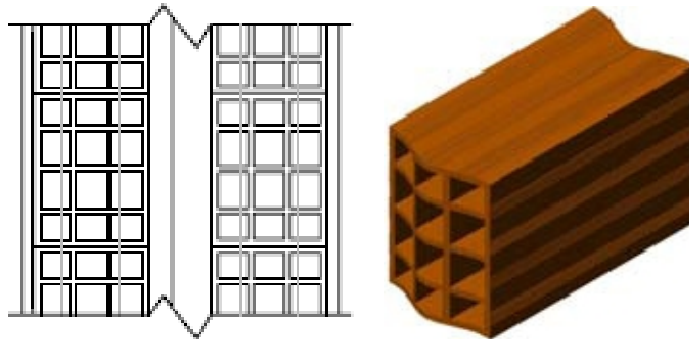


Figura 15 – Tecnotijolo (30x20x15) (Fonte: Construcer (a), 2005).

O quadro 9 apresenta os valores dos ensaios realizados a ambos os materiais, sendo que, as paredes com melhor isolamento térmico apresentam um coeficiente global de transmissão de calor mais baixo, enquanto que, relativamente ao isolamento acústico, este é melhorado pelo maior índice de isolamento sonoro.

Quadro 9 – Resultados dos ensaios (Fonte: Construcer (a), 2005).

Designação	Dimensões	Cof.global de transmissão (W/m ² °C)	Índice de isolamento sonoro (I _a) (db)
Parede 1:Tijolo Tradicional	30x20x15	0,78	55
Parede 2:Tecnotijolo	30x20x15	0,74	51

O ganho térmico é conseguido pela menor utilização de argamassa na parede. Existe uma diminuição nas dimensões da secção transversal da junta horizontal, facto que se traduz numa redução de pontes térmicas, (Figura 16). A ascensão de humidade por capilaridade é dificultada, pelo facto de não existir argamassa nas juntas verticais.

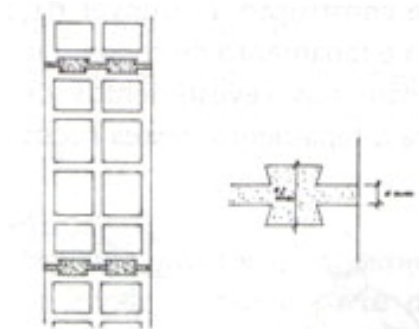


Figura 16 – Formato da junta horizontal (Fonte: Ferreira *et al*, 2008).

O tecnotijolo integrado em alvenarias tem excelentes capacidades de amortecimento das oscilações térmicas. De acordo com Mascarenhas (2006), entre vários factores, comparativamente com o tijolo tradicional, o tecnotijolo apresenta melhor isolamento térmico, uma boa resistência ao fogo considerando que estes tijolos não se dilatam perante um ponto de fusão elevado, e apresentam boa resistência mecânica (Figura 17).



Figura 17 – Tecnotijolo sem junta vertical (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

IV.2.3. – Condensações internas – Fenómeno e condições facilitadoras

As condensações verificam-se inicialmente em zonas onde o isolamento térmico é menor, ou seja, nas pontes térmicas, correspondentes, no caso de paredes heterogéneas, aos locais onde a ventilação é fraca ou mesmo inexistente. Em alvenaria a ocorrência do fenómeno de condensações de humidade depende das características higrométricas do ar “interior” e “exterior” e da constituição de elementos, tendo relevância apenas na estação fria. A ocorrência deste tipo de condensações depende de factores tais como, condições de ocupação de espaço, ventilação de locais, isolamento térmico das paredes e da temperatura ambiente interior (Serra *et al*, 2000).

De acordo com o quadro 10, os critérios de concepção das paredes de edifícios face a difusão de vapor de água, são os seguintes:

- Para edifícios de fraca higrometria, (escritórios, escolas), não é necessário tomar grandes precauções relativamente ao problema da difusão de vapor, pois a probabilidade de ocorrência de condensações internas é pouco significativa;
- Para edifícios de média e forte higrometria, (habitações, indústrias) existem regras de concepção em função da resistência térmica e da resistência a difusão de vapor de água das diferentes camadas que as compõem.

A produção de humidade (W) e o caudal de ventilação (n.V) nos edifícios são variáveis de acordo com a utilização. Daí que os edifícios possam ser classificados de acordo com a sua higrometria ($\frac{W}{n.V}$).

W – Produção de vapor no interior – [kg/h]

n – Taxa horária de renovação de ar - [h⁻¹]

V – Volume interior - [m³]

Quadro 10 – Classificação da higrometria dos locais interiores (Fonte: <http://www.estt.ipt.pt>, Março, 2009).

Higrometria	Tipo de locais
Fraca $\frac{W}{n.V} < 2,5 \text{ g/m}^3$	Escritórios Escolas
Média $2,5 \leq \frac{W}{n.V} < 5,0 \text{ g/m}^3$	Habitações (não sobreocupada e correctamente ventilada)
Forte $5,0 \leq \frac{W}{n.V} < 7,5 \text{ g/m}^3$	Habitações (com ventilação reduzida) Indústrias
Muito Forte $\frac{W}{n.V} \geq 7,5 \text{ g/m}^3$	Piscinas Certos locais industriais

Em função da utilização dos edifícios, as condições climatéricas interiores são diferentes, o que gera diferentes fluxos de humidade a atravessarem os elementos da envolvente. Será, portanto, necessário atender à higrometria dos locais no dimensionamento dos diferentes elementos de construção (Henriques, 2003).

Quando a uma determinada temperatura, o ar armazenou a quantidade máxima de vapor que é possível, diz-se que o ar está saturado e quanto maior for a temperatura, maior será a sua capacidade de armazenamento. Os diagramas psicrométricos (Figura 18 e Figura 19), exprimem as relações entre temperaturas, pressões de saturação e pressões instaladas. O conceito de humidade relativa (Hr), de utilização frequente, apenas traduz a relação percentual entre a quantidade de vapor de água que existe por unidade de ar e o respectivo limite de saturação.

Foram utilizadas as seguintes condições para o ensaio, temperatura da face fria 10°C, da face quente 20°C e a humidade relativa do ar a 80%.

No caso de uma parede dupla com caixa-de-ar efectuada com tecnotijolo 15 (15+4+15) apresenta-se um diagrama (figura 18) no qual são representadas as variações das temperaturas instaladas no elemento construtivo e das pressões de saturação correspondente. Observa-se que à medida que a temperatura instalada no elemento construtivo aumenta, aumenta a pressão de saturação correspondente, ou seja, quanto maior a temperatura, maior a pressão de saturação nas faces do elemento.

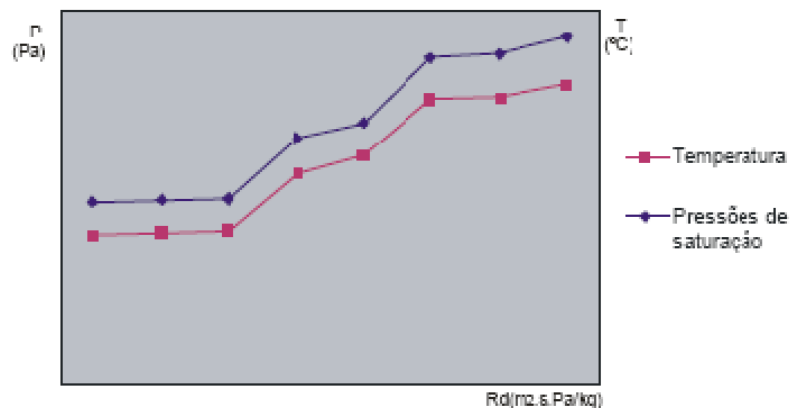


Figura 18 – Curvas de Temperaturas e Pressões de saturação (Fonte: Construcer (a), 2005).

Através do diagrama apresentados na figura 19, comparando a curva das pressões de saturação com a curva das pressões instaladas, gerada pelas condições nas faces da parede e uma vez que as curvas não se interceptam, a partir do momento em que a pressão de saturação inicia a aumentar, pode-se concluir que não se existem condensações.

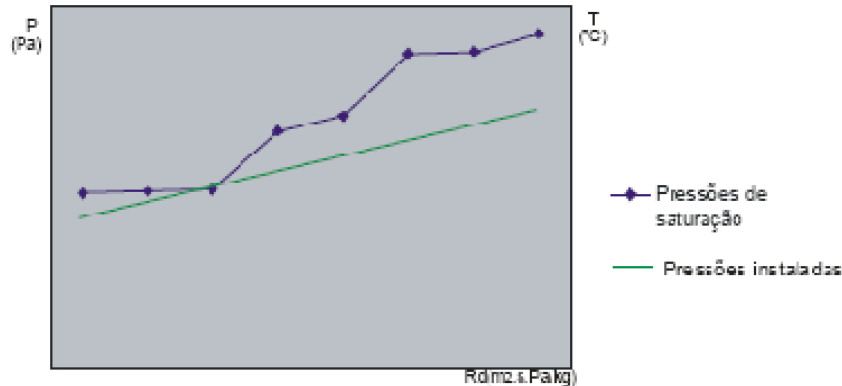


Figura 19 – Curvas de pressões de saturação e pressões instaladas (Fonte: Construcer (a), 2005).

IV.2.4. – Avaliação da resistência dos panos de alvenaria à flexão no plano perpendicular

Para analisar a capacidade resistente dos panos de alvenaria de tecnotijolo e efectuar a comparação com a alvenaria tradicional de tijolo cerâmico foram preparados panos de parede de aproximadamente 1 m² e colocados numa prensa de compressão Ibertest PEV 400 (figura 20), na qual foi aplicada uma carga até à rotura dos provetes.



Figura 20 – Ibertest PEV400 (Fonte: Construcer (a), 2005).

Na elaboração do ensaio de flexão foram aplicadas as seguintes condições:

- Distância entre apoios 80cm;
- Distância entre apoios superiores 26cm (flexão em 4 pontos);
- Velocidade de carga 5kN/s;
- A carga foi aplicada perpendicularmente as juntas horizontais (Figura 21).

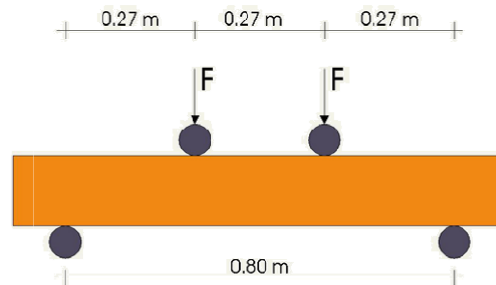


Figura 21 – Esquema de montagem (Fonte: Construcer (a), 2005).

No quadro 11 são apresentados os valores obtidos do ensaio à flexão realizado aos dois provetes de 1m^2 de alvenaria, de tijolo tradicional 30x20x11 e de tecnotijolo 30x20x11.

Quadro 11 – Carga de rotura em 1m^2 de alvenaria (Fonte: Construcer (a), 2005).

Designação	Dimensões	Carga de rotura (kN)
Tijolo Tradicional	30x20x11	14,422
Tecnotijolo	30x20x11	19,046

Desta forma, através dos resultados obtidos, verifica-se que a parede com o novo formato de tijolo tem uma maior resistência mecânica, de 19,046 kN, comparativamente com a parede ensaiada de tijolo tradicional que atingiu a rotura a 14,422 kN.

A junta vertical do Tecnotijolo pela sua geometria, quando submetida a esforços perpendiculares à mesma, cria uma compressão longitudinal em toda a fiada de tijolo, que estando esta bloqueada entre pilares, aumenta significativamente a resistência do pano de parede a eventuais esforços laterais (Figura 22).



Figura 22 – Ensaio ao Tecnotijolo (Fonte: <http://www.construcor.com/>, Março, 2009).

IV.3. – Vantagens na aplicação do Tecnotijolo

IV.3.1. – Caixa-de-ar e isolamento

A caixa-de-ar com pano duplo, na construção civil, tem várias funções, entre elas a recolha das humidades que existem no interior das habitações e transferência das mesmas para o exterior, por dissipação e ou condensação e drenagem, evitando-se assim as indesejáveis condensações nos pontos frios (pilares e vigas, lajes, etc.) das habitações, com conseqüente aparecimento de bolores.

A caixa-de-ar, quando bem executada, é uma solução eficaz para proporcionar o devido conforto nas habitações, com reduzido investimento e baixos custos energéticos. Na execução de um bom isolamento, a caixa-de-ar deve receber no seu interior, o isolamento (térmico / acústico), sempre colocado no lado exterior do pano interior da caixa-de-ar, permitindo que as condensações se formem pelo lado exterior do isolamento (lado frio) e conseqüente dissipação e ou drenagem para o exterior (Figura 23). O tecnotijolo permite uma maior facilidade na migração das humidades para o exterior, facto este, relacionado com a junta vertical “seca” que proporciona a transferência das humidades e vapores do interior da caixa-de-ar para o exterior.



Figura 23 – Parede dupla com caixa-de-ar (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

IV. 3. 2. – Secagem das argamassas de assentamento e de rebocos

O tecnotijolo, apesar de ter peso e dimensões de um tijolo cerâmico tradicional, tem maior absorção que o tijolo tradicional, contribuindo assim para um aumento de velocidade de secagem das argamassas.

O consumo de argamassa (água, cimento e areia) diminui, não só pelo facto de não se preencherem as juntas verticais, mas também devido ao formato da junta horizontal, que não é contínua. Por outro lado, o consumo de argamassa para tapamento de roços limita-se apenas aos roços verticais.

Este aspecto traz vantagens ecológicas, pois a quantidade de recursos aplicados, nomeadamente água, cimento e areia, é reduzido em relação às alvenarias produzidas com recurso a tijolos convencionais. Na execução de alvenarias com tijolos correntes verifica-se um grande desperdício de argamassa, no momento do acerto das juntas horizontais e pelo excesso de argamassa colocado nas juntas verticais dos tijolos (muita argamassa entra pela furação nos tijolos convencionais). Com o tecnotijolo, há uma diminuição significativa dos desperdícios de argamassa por queda, durante o acerto das juntas horizontais e pelo facto de não existir junta vertical.

IV. 3. 3. – Execução da alvenaria

Da aplicação do tecnotijolo resulta a economia de tempo, ou seja, maior rapidez na execução de alvenarias e maior poupança de argamassa e água. Este fenómeno traduz-se em menor

desperdícios de argamassa devido a não existir necessidade de acerto da quantidade de argamassa na junta vertical (Figura 24). Com aplicação deste tipo de tijolo obtêm-se uma secagem mais rápida dos rebocos tendo em conta que, as humidades migram para o exterior com maior facilidade e ascensão destas por capilaridade é mais difícil.



Figura 24 – Tecnotijolo sem junta vertical (Fonte: <http://www.construcer.com>, Março, 2009).

Pelo facto de dispensar a colocação de argamassa nas juntas verticais, verifica-se um aumento considerável na velocidade de execução de panos de alvenaria, que em termos médios pode atingir os 30 %, conduzindo a uma redução de mão-de-obra.

IV. 3. 4. – Abertura de roços

A furação interior desobstruída e de maior dimensão permite a passagem de canalização de água, aquecimento, bem como tubagens eléctricas pelo interior da parede, sem que para tal seja necessária a abertura de roços. Deste modo diminui-se a quantidade de resíduos de construção a remover da obra, bem como o tempo de mão-de-obra para a abertura e tapamento de roços. Também se minimizam as fissuras de retracção que se verificam nos revestimentos de acabamento, resultantes da aplicação de argamassas para o tapamento destes roços (figura 25).



Figura 25 – Passagem de tubagem (Fonte: <http://www.construcer.com>. Março, 2009).

V – Caso de estudo

V. 1. – Apresentação do caso

O presente caso é referente à construção de uma habitação colectiva e comércio, situada em Lousada, concelho do Porto. O edifício é constituído por 73 fracções, das quais 36 fracções com tipologia T3, 4 fracções com tipologia T4, e 23 comércios. Trata-se de um edifício com dois pisos abaixo da cota de soleira (garagem e comércio), cinco pisos acima do solo (comércio e habitação), (Figura 26).



Figura 26 – Empreendimento Lousadapark (Fonte Propria. Maio, 2009).

De acordo com as exigências de produção de um projecto, um dos principais factores a ter em consideração é o processo construtivo, assim, na execução da empreitada acima mencionada, considerando o tijolo cerâmico um dos principais materiais de construção deste projecto, foi realizada uma pesquisa no mercado com intuito de identificar os materiais mais adequados para este projecto em particular, tendo como principal objectivo a redução de custos em obra.

Após uma análise ao mercado, o tecnotijolo surge como opção, sendo um material inovador e vantajoso como se comprova nos capítulos III e IV, indo ao encontro do objectivo apontado inicialmente, ou seja, redução de custos. A figura 27 representa a planta de arquitectura de um apartamento de tipologia T3, onde se encontram esquematizadas as paredes a ser executadas com tecnotijolo.

Outro factor preponderante na escolha da alvenaria de tecnotijolo foi o melhoramento no funcionamento das caixas-de-ar, considerando que, uma caixa-de-ar bem executada é uma

solução eficaz para proporcionar o devido conforto nas habitações, com reduzido investimento e baixos custos energéticos.

O principal objectivo do caso de estudo é provar que existe uma redução de custo de mão-de-obra quando aplicado o tecnotijolo, assim sendo, foram realizadas in situ algumas experiencias na execução de alvenarias para analisar as vantagens apresentadas pelo tecnotijolo.

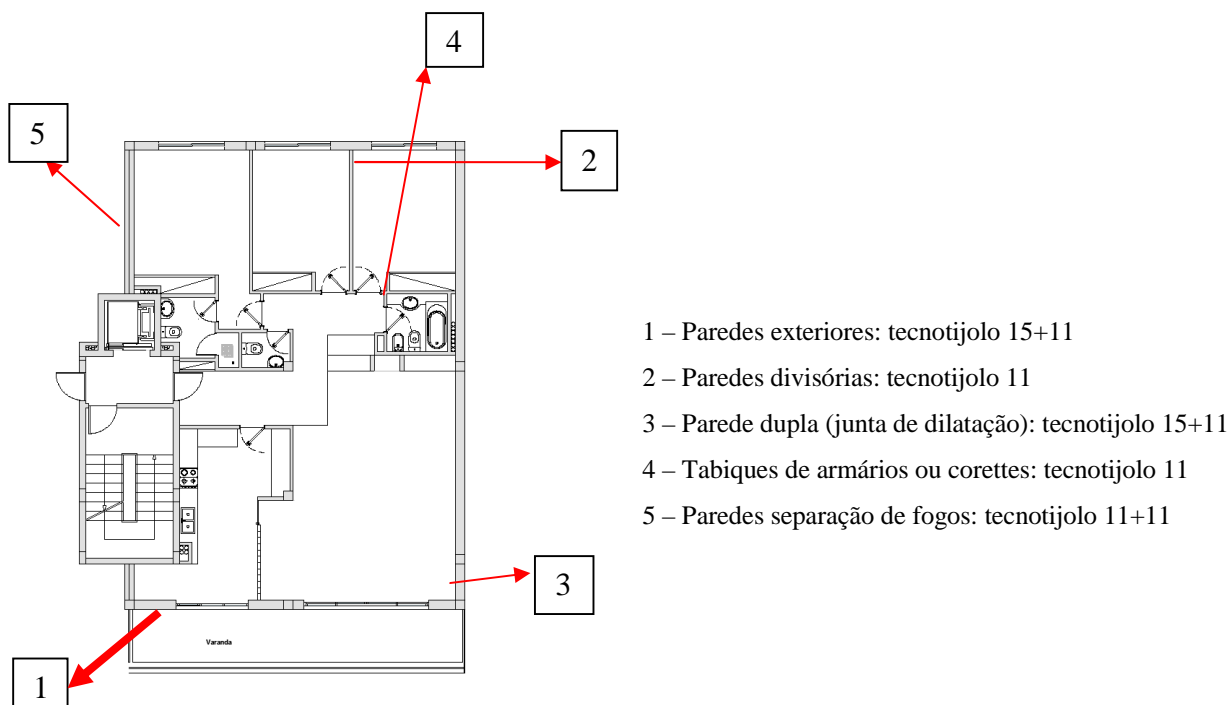


Figura 27 – Planta (Fonte Própria, Fevereiro, 2009).

V. 2. – Paredes exteriores

As paredes exteriores são paredes duplas constituídas por um pano exterior executado com tecnotijolo de 15, uma caixa-de-ar, poliuretano projectado e um pano interior executado com tecnotijolo de 11 (figura 28). De acordo com a correcta execução de paredes exteriores e, tendo em conta a metodologia construtiva aplicada a paredes de alvenaria de tecnotijolo, deve ser aplicado o tecnotijolo mais espesso no paramento externo, sendo afixado o isolamento ao paramento interno. Assim sendo, no caso de estudo, na elaboração das paredes exteriores de tecnotijolo, foi aplicada a seguinte metodologia construtiva:

- Primeiro: o pano interior do tijolo,
- Segundo: a forra da viga;
- Terceiro: a colocação do isolamento;
- Quarto: o pano exterior de tijolo alinhado na vertical com a forra.



Figura 28 – Paredes Exteriores (Fonte Própria. Fevereiro, 2009).

Após aplicação do tecnotijolo verificou-se que os rebocos secavam mais depressa, as humidades migram para o exterior com maior facilidade e a ascensão das humidades por capilaridade é mais difícil.

V. 3. – Paredes Interiores

Ao proceder-se à construção de paredes divisórias, procura-se que a sua execução seja efectuada de forma rápida, situação favorecida com a aplicação do tecnotijolo, visto este permitir um aumento na ordem dos 30% da velocidade de execução, e sucessivamente do rendimento em obra. De acordo com a planta de arquitectura da figura 27, existem paredes

divisórias simples e divisórias de separação entre fogos, sendo ambas executadas com tecnotijolo de 11, sendo, no entanto, as paredes divisórias de separação de fogos constituídas por dois panos com caixa-de-ar e isolamento (Figura 29).



Figura 29 – Implantação de paredes interiores (Fonte Própria. Março, 2009).

O tecnotijolo além de ter junta vertical seca, possui a junta horizontal com um formato do tipo ninho de andorinha que permite uma maior poupança de argamassa e maior aderência mecânica entre os tijolos. Durante a execução verifica-se que há uma diminuição dos desperdícios de argamassa por queda, durante o acerto das juntas horizontais.



Figura 30 – Paredes interiores (Fonte Própria. Março, 2009).

No assentamento em obra, verificou-se um aumento na velocidade de execução dos panos de alvenaria. Para verificar a velocidade de aplicação do tecnotijolo numa parede de alvenaria simples, efectuou-se um ensaio in situ onde um operário efectuou o assentamento de 6,95m² de parede de tecnotijolo em 30 minutos comparativamente ao tijolo tradicional é executada uma parede de pano simples de 9,03 m² em 30 minutos, o que significa que existe aproximadamente um rendimento de 30 % no aumento da velocidade.

Da mesma forma que se comprovou as vantagens do tecnotijolo no rendimento dos trabalhos, comprovou-se a diminuição das fissuras de retracção nos revestimentos de acabamento resultantes de aplicação de argamassas para o tapamento de roços, assim como, se observou que a secagem das argamassas era mais rápida devido à maior absorção do tecnotijolo relativamente ao tijolo cerâmico tradicional (Figura 30).

V. 4. – Abertura de roços

A diminuição do número de roços para a colocação de tubagens das várias especialidades (figura 31) é outra vantagem denotada na aplicação do tecnotijolo, uma vez que não existe junta vertical e, tendo em conta que, o tecnotijolo possui uma furação maior que o tradicional tijolo cerâmico, o que possibilita a passagem de tubagem, diminuindo assim a abertura de roços e reduzindo os resíduos de materiais.



Figura 31 – Abertura de roços (Fonte Própria. Março, 2009).

Esta característica facilita também a execução dos trabalhos por parte das diversas especialidades na passagem da cablagem, mostrando-se um processo vantajoso em vários aspectos, tais como, na passagem da cablagem horizontalmente e na abertura e tapamento de

roços, para a qual é necessário apenas para os roços verticais. Assim, com a diminuição da abertura de roços, reduz-se o consumo de argamassa e respectivamente aumenta-se rendimento e diminui-se a mão-de-obra.

Conclusão

Esta monografia enquadra-se na área específica de paredes de alvenarias, um tema relevante nos dias de hoje, tendo em conta os requisitos exigidos na construção destes elementos. As alvenarias foram e continuam a ser a solução construtiva mais utilizada para a realização do elemento parede e demonstram ter potencialidades para satisfazer as exigências funcionais que lhes são impostas.

O sector da construção civil foi durante décadas, fruto de conhecimento e sabedoria de mestres, profissionais que podemos hoje chamar de artistas. Com o passar dos tempos, com o evoluir das tecnologias e com o aparecimento de novas tecnologias e novos materiais, surgiu um conceito inovador que veio despertar alguma curiosidade, visto tratar-se de um novo formato de tijolo cerâmico para alvenarias, que tem como principal característica a sua forma geométrica.

Sublinhe-se que, na elaboração da presente monografia houve a preocupação de abarcar os aspectos positivos de alguma experiência, entretanto recolhida profissionalmente, não deixando de referir, a importância da análise e leitura de instrumentos normativos e manuais, mencionados na bibliografia, que serviram de suporte à sua elaboração.

A obtenção dos dados para a compreensão do tecnotijolo apresentou alguma complexidade devido às referências bibliográficas serem escassas, pois, trata-se de um material inovador que foi lançado no mercado no ano 2005. A recolha de ferramentas para apoio ao tecnotijolo foi realizada através de entrevistas, revistas técnicas de construção e documentos disponibilizados pela empresa Construcer.

As paredes de alvenaria de tijolo cerâmico são um dos elementos na construção com maior relevo e importância, o que leva a grandes exigências em termos de desempenho e características funcionais, procurando-se garantir o conforto higro-termico, o isolamento sonoro, a estanquidade, a resistência ao fogo e a durabilidade destes elementos. A escolha do material a usar na construção das paredes é um factor preponderante para a execução destes elementos, assim como, para o seu desempenho durante a vida útil. Desta forma, na escolha do material é importante a análise das várias características do mesmo, tal como, a

permeabilidade, a porosidade, a capilaridade, a forma geométrica e as técnicas construtivas que o próprio proporciona.

Na presente monografia foram estudadas as características dimensionais, técnicas e aplicação do tecnotijolo em comparação com o tijolo cerâmico convencional. A principal característica do tecnotijolo é a sua forma geométrica particular, que permite o encaixe entre elementos facilitando a execução dos paramentos. A junta vertical seca e a junta horizontal com duplo rabo de andorinha apresenta algumas vantagens comparativamente às alvenarias de tijolo cerâmico tradicional, entre elas; uma junta mais sólida pela “ancoragem” da argamassa na forma do “rabo de andorinha”, facilidade de execução, poupança de argamassa, redução das pontes térmicas e diminuição da ascensão de humidade por capilaridade.

A existência de furação horizontal de maior dimensão do que a existente em tijolos cerâmicos tradicionais permite abdicar da abertura de roços horizontais para a passagem da cablagem das diversas especialidades, aumentando, desta forma, o rendimento dos trabalhos e reduzindo as quantidades de argamassas.

A resistência mecânica das estruturas de alvenarias de tecnotijolo comparativamente às estruturas de alvenaria tradicional é superior quando submetida a esforços perpendiculares, aumentando significativamente a resistência do pano de parede a eventuais esforços laterais. As vantagens térmicas destes elementos são notórias e estão directamente relacionadas com a menor utilização de argamassa e com a diminuição das dimensões da secção transversal da junta horizontal. Deve-se ainda, realçar a boa resistência ao fogo considerando que estes tijolos não se dilatam perante um ponto de fusão elevado.

A experiência em obra relativamente à aplicação do tecnotijolo permitiu observar os resultados práticos do material inovador e confirmar que o tecnotijolo vai de encontro às necessidades dos construtores, demonstrando possuir vantagens económicas, ao permitir a diminuição de recursos de materiais e de mão-de-obra, e vantagens construtivas, com o aumento a velocidade de execução.

Em conclusão, este trabalho permitiu a aquisição de conhecimentos sobre um novo material de construção que nos últimos anos tem dado provas de ser o material do futuro na construção de

alvenarias de tijolo cerâmico. Ao mesmo tempo possibilitou a sedimentação dos conhecimentos teórico-práticos adquiridos no trabalho desenvolvido durante a execução do empreendimento.

Bibliografia

Alves, S., (2001). *Paredes exteriores de edifícios em Plano Simples. Fundamentos Desempenho e Metodologia de Análise*. Tese de Mestrado. Porto, FEUP.

Apicer, (2000). *Manual de alvenaria de tijolo*. Associação portuguesa da indústria da cerâmica, Coimbra.

Bassala, G., (1991). *La évolution de la Technologie*. Editorial Critica, Barcelona.

Busto, M., (2004). *Manual Jurídico da Construção*. Livraria Almedina, Lisboa.

Construcer (a), (2005). *Relatório de trabalho n.º:3.2.1.3201-1ª/04*, Avelãs de Caminho.

Construcer (b). [em linha]. Disponível em <http://www.construcer.com>. [Consultado em 10/05/2009].

Decreto-Lei n.º. 80/2006, 4 de Abril. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*.

Decreto-Lei n.º. 292/2000, 14 de Novembro. *Regulamento Geral Sobre o Ruído*

Engenharia civil. [em linha]. Disponível em <http://www.engenhariacivil.com>, [Consultado em 01/03/2009].

ESTT – IPT. [em linha]. Disponível em http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1142__MetodoGlaser.pdf, [Consultado em 10/03/2009].

Eurocodigo 6, (1998). *Design of Masonry Structures .Part 1.1.General Rules for Buildings*. CEN, prENV 1996-1-3.

Fascínio no Egipto. [em linha]. Disponível em <http://www.fascinioegito.sh06.com>, [Consultado em 10/01/2009].

Ferreira, V., Bragança, L., Dias, B., Silva, A., Brito, J., (2008). *Inovação na construção sustentável*. Congresso de inovação na construção sustentável. Cincos'08, Curia.

Freitas, A.C.R, (2001). *Viabilidade técnico-económica de construções novas em alvenaria de pedra*. Dissertação de Mestrado, IST, Lisboa.

Fundação Calouste Gulbenkian, (1980). *Arquitectura De Engenheiros-Seculos XIX e XX*, Lisboa.

Gouveia, J.P, (2000). *Comportamento de estruturas de alvenaria por aplicação de acções de compressão*. Dissertação nas especialidades de estruturas. DEC/FCTUC, Coimbra.

Guerra, F., (1999). *História da engenharia em Portugal*. Editora Lopes Da Silva, Porto

Hendry, A.W (1998). *Structurd Masonry*. Macmillan Press Ltd.

Henriques, F.M.A, (2003). *Noção de qualidade de edifícios. Comunicação ao congresso Nacional de construção*. IST, Lisboa.

Jornal de Alvenaria, (2006). *Jornal de Alvenaria, Maio*, Albergaria - a – Velha.

Lourenço, P.B., Sousa H., (2002). *Paredes de Alvenaria*. Universidade do Minho, Guimarães.

Lourenço P.B, (2007). *Possibilidades actuais na utilização da alvenaria estrutural, em: seminário Paredes de alvenaria – Inovação e Possibilidades Actuais*. Universidade do Minho Edições, Guimarães.

Mascarenhas, J., (2007). *Sistemas de construção, II – Parede: paredes exteriores (1ª parte)*. Livros Horizonte, Lda, Lisboa.

Mascarenhas, J., (2006). *Sistemas de construção, III – Materiais básicos (1ª parte) e Paredes (2ª parte)*. Livros Horizonte, Lda, Lisboa.

Mascarenhas, J., (2004). *Sistemas de construção, IX*. Livros Horizonte, Lda, Lisboa.

Moliterno, A., (2001). *Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples*. Editora Edgard Blucher Ltda, Brasil.

NP EN 1745:2003. *Alvenarias e produtos de alvenarias – Métodos para determinação de valores técnicos de cálculo*.

NP ENV 1998-1-3: 2002. *Eurocodigo 8: Disposições para projecto de estruturas – sismos – Resistentes: parte 1-3: Regras Gerais – Regras específicas para vários materiais e elementos*.

NP EN 771-1: 2003. *Especificações para elementos de alvenarias – Parte 1: elementos cerâmicos*.

Oliveira, V., Galhano F., (2000). *Arquitetura tradicional Portuguesa*. 4ª edição, publicações D.Quixote, Lisboa.

Pereira, M.F.P, (2005). *Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.

Pinheiro, M., (2006). *Ambiente e construção sustentável*. Instituto do ambiente, Lisboa.

Rodrigues, A., (2000). *Paredes de tijolo de barro vermelho*. Processos gerais de construções, IST, Lisboa.

Rodrigues, A., (2006). *Historia breve da engenharia civil*. Ordem dos engenheiros região norte, Porto.

Tavares, F., Esteves J., (2000). *100 Obras de engenharia civil no século XX: Portugal*. Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Tirone L., (2007). *Construção sustentável*. Tirones Nunes, Lisboa.

Vizeu J., (1993). *História do betão armado em Portugal*. ATIC, Lisboa.

Wikipedia. [em linha]. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Muralha_da_China, [Consultado em 10/01/2009].