

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DA *PERFORMANCE* AMBIENTAL DE UMA PAREDE DE ÁGUA

Jorge T. Ribeiro (1); Jorge G. Costa (2)

(1) PhD, Professor da FA | UTL – Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa e Investigador do CERENA – Centro de Recursos Naturais e Ambiente do IST | UTL, jribeiro@fa.utl.pt
R. Sá Nogueira – Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1349-055 Lisboa, Portugal Tel.: +351 21 361 5049

(2) Arquitecto, Mestre em Arquitectura Bioclimática, costajg01@gmail.com
R. Sá Nogueira – Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1349-055 Lisboa, Portugal Tel.: +351 21 361 5049

RESUMO

Apresenta-se um trabalho de investigação científica que consiste na concepção de um sistema construtivo inovador que explora algumas das múltiplas propriedades da água em termos da regulação térmica do interior dos espaços construídos, não negligenciando os aspectos relativos ao conforto interior. Assim, tendo por base a parede de Trombe-Michel desenvolveu-se um sistema construtivo constituído por três vidros (e, conseqüentemente por duas caixas) – parede de água, sendo a caixa exterior preenchida por ar e a caixa interior preenchida por água. Foram produzidos vários modelos computacionais, com recurso aos *softwares* VisualDOE 3 e Window 4.1, que permitiram simular e avaliar a *performance* ambiental deste sistema ao longo das estações do ano, proporcionando-se ainda a comparação com sistemas construtivos correntes. Os resultados obtidos demonstram as potencialidades e limitações do sistema proposto no hemisfério Norte, sendo sugeridas alternativas para ultrapassar as dificuldades numa perspectiva de aproveitamento racional do escasso recurso natural que é a água.

Palavras-chave: parede de Trombe-Michel, parede de água, desempenho ambiental.

ABSTRACT

It is presented a scientific research work that involves the design of a new constructive system that explores some of the many properties of water in terms of thermal regulation of the interior of the spaces constructed, not neglecting the aspects of interior comfort. Thus, based on the Trombe-Michel wall was developed a constructive system that consists of three glasses (and consequently two boxes) – water wall, being the outer box filled with air and the inner box filled with water. We produced several computer models, using the software VisualDOE 3 and Window 4.1, which allowed simulate and evaluate the environmental performance of this system over the seasons, as also providing a comparison with current building systems. The results demonstrate the potential and limitations of the proposed system in the northern hemisphere, and suggested alternatives to overcome some difficulties under a perspective of rational use of the natural resource that is water.

Keywords: Trombe-Michel wall, water wall, environmental performance.

1. INTRODUÇÃO

Um pouco por todo mundo, e em particular na Europa e em Portugal, tem sido crescente a discussão sobre a racionalização da energia, mas simultaneamente tem-se assistido a um aumento do consumo de energia com implicações graves, que apontam no sentido do esgotamento de alguns recursos naturais de elevado valor estratégico e, na maioria das vezes, escassos.

Os edifícios representam uma parte significativa¹ destes elevados consumos energéticos e têm constituído preocupações crescentes dos governos europeus. No caso de Portugal, tem-se procurado responder a estas preocupações sobretudo a dois níveis. Por um lado, ao nível da transposição, adaptação e aplicação de directivas europeias para a legislação portuguesa (MEI-SCE, 2006; MOPTC-RSECE, 2006; MOPTC-RCCTE, 2006) e, por outro lado ao nível da investigação científica em sistemas construtivos que apelam a estratégias passivas no sentido de reduzir as necessidades energéticas do edificado, sem comprometer o conforto interior, destacando-se os trabalhos de GOETZBERGER *et al.* (1984), PEUPORTIER *et al.* (1995), CHANDEL *et al.* (2008) e TOFTUM *et al.* (2009), entre outros.

Neste artigo apresenta-se um trabalho de investigação científica realizado na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (FAUTL) e traduzido na dissertação de mestrado (COSTA, 2006) apresentada e discutida publicamente pelo segundo autor, sob orientação científica do primeiro autor, no âmbito do curso de mestrado em Arquitectura Bioclimática da FAUTL.

O trabalho de investigação consiste em propor e desenvolver um sistema construtivo inovador que explora algumas das múltiplas propriedades da água em termos da regulação térmica do interior dos espaços construídos, não negligenciando os aspectos relativos ao conforto interior. Assim, tendo por base a parede de Trombe-Michel (MICHEL, 1971) desenvolveu-se um sistema construtivo – parede de água – constituído por três vidros (e, conseqüentemente por duas caixas), sendo a caixa exterior preenchida por ar e a caixa interior preenchida por água (*vd.* COSTA, 2006). O sistema foi submetido a testes de simulação de modo a avaliar o respectivo desempenho energético e ambiental. Os resultados obtidos suscitaram o desenvolvimento de um sistema misto com benefícios inequívocos para o meio ambiente.

2. OBJECTIVO

O objectivo deste artigo é apresentar um sistema construtivo – parede de água – e avaliar o respectivo desempenho térmico-energético (garantindo condições de conforto interior), através de um modelo de simulação computacional, partindo de diversas características da envolvente: geográficas, climáticas e construtivas.

3. PAREDE DE ÁGUA

Na esteira de USHER (1954), que chamou a atenção para o papel da criatividade individual, mas continuou convencido de que as invenções principais são o produto de uma síntese cumulativa de uma série de invenções secundárias (BASALLA, 2001), e tal como se referiu anteriormente, o sistema construtivo proposto tem por base a parede de Trombe-Michel e consiste em substituir a parede de betão (concreto) ou de alvenaria por dois vidros que formam uma caixa a preencher por água, mantendo-se o vidro exterior e a respectiva caixa preenchida por ar (*vd.* Figura 1).

A ideia surgiu na sequência do estudo aprofundado sobre a parede de Trombe-Michel, procurando incrementar e articular as suas potencialidades com as características físico-químicas e ambientais da água.

O preenchimento da caixa interior por água justifica-se por se tratar de uma substância de elevado calor específico, permitindo acumular mais calor em menor massa. Ao contrário da parede de Trombe-Michel, a parede de água não tem aberturas para o interior, devendo contudo ser também orientada a Sul para se obter o melhor desempenho.

Assim, durante o Inverno os raios solares incidem na parede, atravessam o pano de vidro exterior, aquecendo o ar e a massa de água contida na caixa interior. Nesta época do ano, a parede de água funciona como um colector solar e atrasa o processo de passagem do calor acumulado para o interior do edifício, irradiando esse calor para o interior da habitação no período nocturno. No Verão, a parede de água encontra-se protegida da radiação solar directa por intermédio de uma pala (*vd.* Figura 1) e de estores exteriores

¹ O organismo oficial que superintende a energia em Portugal refere que o consumo de energia final nos sectores doméstico e de serviços representa 29.5% do total (DGEG, 2005) e que o consumo de energia eléctrica nesses dois sectores corresponde a 62% do total (DGEG, 2005).

orientáveis, pelo que a massa de água, no final do dia, encontrar-se-á a uma temperatura mais baixa que o interior, atenuando a temperatura do ar do interior da habitação.

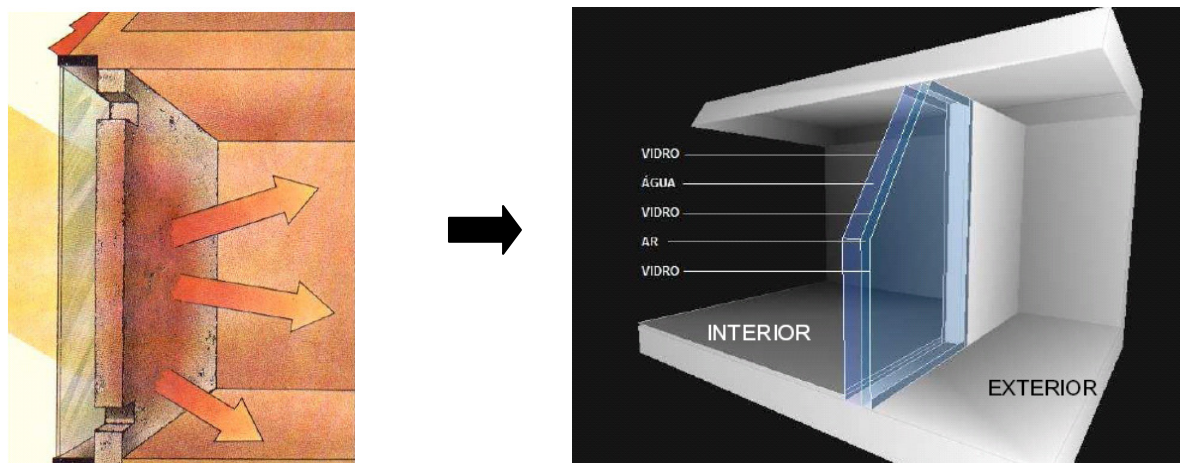


Figura 1 – Parede de Trombe-Michel (REGUILLO, 2004) e parede de água (COSTA, 2006).

É de salientar que a massa de água deste sistema permite a permeabilidade visual, o que se torna vantajoso, em termos de luz natural, relativamente ao betão (concreto) ou à alvenaria de pedra da parede de Trombe-Michel. A parede de água pode ser integrada nas áreas envidraçadas, em qualquer fachada orientada a Sul, como parte de um edifício, aumentando potencialmente o conforto térmico no interior das edificações. Estabelece-se pois um contacto visual com o exterior ao contrário dos sistemas correntes, usufruindo-se de uma relação quase permanente com o exterior

4. METODOLOGIA

Uma vez concebida a ideia, a hipótese de partida que foi colocada prendia-se com a avaliação da *performance* térmico-energética da parede de água como sistema construtivo promissor e capaz de contribuir, em sentido lato, para a melhoria do ambiente.

A metodologia adoptada para testar este sistema construtivo consistiu na integração da parede de água num projecto de arquitectura destinado a habitação. Concebeu-se e desenvolveu-se o projecto. Em seguida foram criados vários modelos computacionais (PEDRINI *et al.*, 2002), com recurso aos *softwares* VisualDOE 3 (DOE, 2005) e Window 4.1 (LBL, 2005) que permitiram simular e avaliar a *performance* térmico-energética deste sistema (bem como efectuar uma análise de sensibilidade à espessura da caixa de água interior) ao longo das estações do ano, proporcionando-se ainda a comparação com sistemas construtivos correntes (*vd.* COSTA, 2006).

5. BREVE DESCRIÇÃO DO PROJECTO

O projecto em que se integrou a parede de água localiza-se nas proximidades de Lisboa, mais especificamente no topo de uma colina sobranceira à praia de S^{to}. Amaro de Oeiras, distrito de Lisboa, Portugal (hemisfério Norte), como se observa na Figura 2. As vistas desafogadas permitem contemplar a Sul, num ponto longínquo do horizonte que marca o limite do olhar, o rio Tejo, o céu e o oceano Atlântico (COSTA, 2006).

Trata-se de um projecto simples que teve como objectivo primordial servir para a concepção dos modelos computacionais e possibilitar a realização das simulações pretendidas.

O edifício concebido destina-se a habitação de ocupação temporária com cerca de 200 m² de área de construção, inserido em contexto urbano consolidado, num bairro residencial onde predominam moradias unifamiliares.

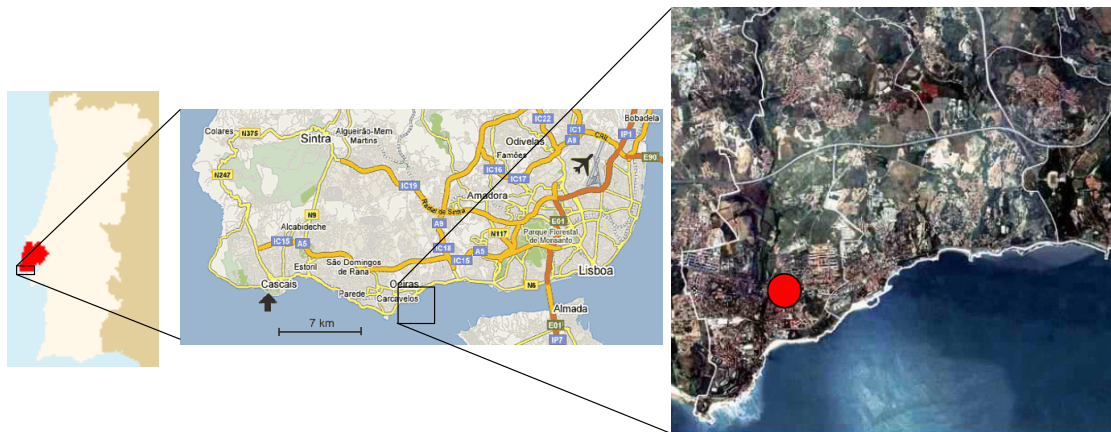


Figura 2 – Localização geográfica do projecto.

Na Figura 3 apresenta-se uma planta para ilustrar a breve descrição seguinte. O edifício foi concebido de modo a criar uma zona tampão a Norte (zonas de circulação e de apoio) – *vd.* Figura 3. As zonas habitáveis, a Sul – *vd.* Figura 3, são expostas à radiação directa no Inverno, prevendo-se uma pala exterior sobre a zona de permanência que protege aquelas zonas no Verão. Está também contemplada a utilização de estores exteriores orientáveis para um controlo eficaz da radiação solar, sobretudo, nas estações do ano intermédias. A Sul do edifício foi projectada uma piscina, utilizando-se a sua água, em conjunto com as brisas marítimas, para promover o arrefecimento evaporativo no Verão.

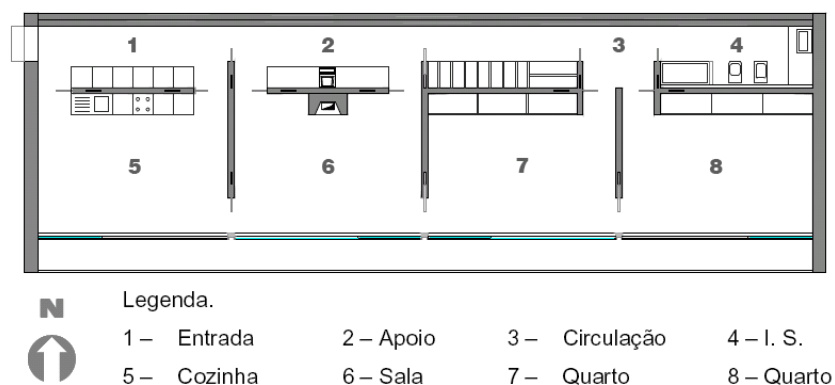


Figura 3 – Planta do edifício (COSTA, 2006).

Na Figura 4 representam-se os alçados Norte e Sul do edifício com indicação da localização das paredes de água, as quais foram testadas para diferentes espessuras de caixa de água.

No alçado Sul, foram considerados vãos de vidro duplo com caixa de ar (*vd.* 1 da Figura 4) intercalados por paredes de água (*vd.* 2 da Figura 4). No alçado Norte os vãos existentes são constituídos por vidro duplo com caixa de ar (*vd.* 3 da Figura 4).

A selecção dos restantes materiais obedeceu a critérios sustentáveis, tendo em consideração a energia incorporada², e encontram-se descritos em COSTA (2006).

² Entende-se energia incorporada como a energia necessária para a extracção, fabricação e transporte de materiais de construção, incluindo a energia gasta no processo de construção do edifício.

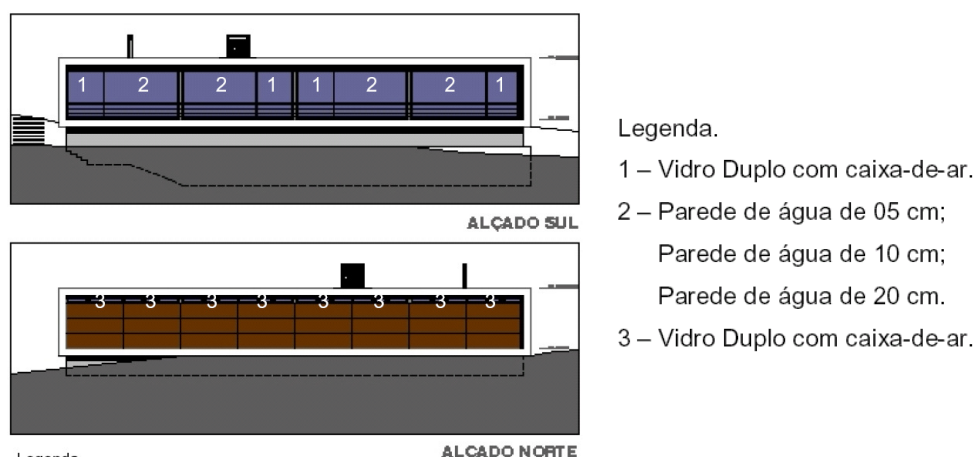


Figura 4 – Alçados do edifício (COSTA, 2006).

6. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para efectuar a simulação de desempenho térmico-energético da parede de água, recorreu-se ao *software* VisualDOE 3 (DOE, 2005), o qual proporciona a simulação horária dos consumos energéticos e respectivos custos, de edifícios caracterizados pelos aspectos climáticos, arquitectónicos, materiais, ocupação e equipamento *HVAC* (MAJALI *et al.*, 2005). Trata-se de um *software* que não inclui uma metodologia baseada em balanços de massa e energia e, conseqüentemente, não contempla a determinação das condições de conforto. Efectivamente, as temperaturas interior e exterior funcionam como variáveis de *input* do modelo e, como *output* obtém-se o consumo energético que garante os padrões de conforto térmico previamente definidos, satisfazendo os propósitos da investigação. Este *software*, no que diz respeito à componente construtiva, permite apenas a modelação de elementos construtivos opacos e de vãos de janelas, tendo-se optado por simular a parede de água como se fosse um vão de janela. Por outro lado, este *software* não contempla a possibilidade de calcular os parâmetros térmicos da parede de água, tendo sido necessário recorrer ao *software* Window 4.1 (LBL, 2005) para efectuar esta parametrização, e cujos resultados servem de *input* para o VisualDOE 3 (DOE, 2005) no elemento construtivo correspondente (*vd.* COSTA, 2006). O *software* Window 4.1 (LBL, 2005) está vocacionado para o cálculo das propriedades de janelas com um ou mais vidros, e permite simular a introdução de fluidos³ na caixa de ar, tendo-se procedido à simulação da água como fluido que preenche a caixa interior.

Apesar das limitações referidas, optou-se pela utilização do *software* VisualDOE 3 devido ao facto de cumprir os requisitos necessários para as simulações pretendidas e por estar largamente difundido, entre os arquitectos e engenheiros, como ferramenta auxiliar do projecto de edifícios.

Para além das características mencionadas, os dados referentes à radiação solar, temperatura do ar, humidade relativa, precipitação, direcção e velocidade do vento, foram obtidos no *software* MeteoNorm 4.0 (REMUND *et al.*, 1999).

Numa primeira fase procedeu-se à simulação de três paredes com diferentes espessuras de água (parede de água de 5 cm, 10 cm e 20 cm)⁴, cuja constituição se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Constituição das paredes de água simuladas.

Sistema Construtivo	Composição				
	Exterior		Interior		
	Vidro incolor (mm)	Esp. do fluído (mm)	Vidro incolor (mm)	Esp. do fluído (mm)	Vidro incolor (mm)
Parede de água 5 cm	6.0	12.7 – Ar	6.0	10.0 – Água	6.0
Parede de água 10 cm	6.0	12.7 – Ar	6.0	60.0 – Água	6.0
Parede de água 20 cm	6.0	12.7 – Ar	6.0	160.0 – Água	6.0

³ Por exemplo: ar, árgon, dióxido de carbono, xénon, *etc.*

⁴ As denominações das paredes de água correspondem às espessuras totais aproximadas incluindo o caixilho.

Como se pode observar na Tabela 1 o único parâmetro variável é a espessura da caixa interior da parede a preencher por água. Pretendia-se desta forma compreender em que medida é que a espessura de água tinha influência no desempenho energético da parede.

Numa segunda fase procedeu-se à simulação de 4 sistemas construtivos convencionais, cuja constituição se pode observar na Tabela 2.

Como se pode observar na Tabela 2, foram considerados dois sistemas de vidro duplo (uma única caixa) preenchida por ar ou por argon. Os outros dois sistemas considerados são idênticos ao da parede de água, substituindo-se apenas este fluido por ar e por argon. Nestes dois sistemas utilizou-se apenas as espessuras de 20 cm para comparação com a parede de água que demonstrou melhor desempenho energético.

Tabela 2 – Constituição das paredes convencionais.

Sistema Construtivo	Composição				
	Exterior		Interior		
	Vidro incolor (mm)	Esp. do fluido (mm)	Vidro incolor (mm)	Esp. do fluido (mm)	Vidro incolor (mm)
Vidro Duplo Ar	6.0	12.7 – Ar	6.0		
Vidro Duplo Argon	6.0	12.7 – Argon	6.0		
Vidro Triplo Ar 20 cm	6.0	12.7 – Ar	6.0	160.0 – Ar	6.0
Vidro Triplo Argon 20 cm	6.0	12.7 – Ar	6.0	160.0 – Argon	6.0

6.1. Síntese de resultados

O *software* VisualDOE 3 produz diversos tipos de resultados⁵, de entre os quais se destaca o consumo anual de energia. Na Figura 5 encontra-se uma síntese desses resultados para os 7 sistemas construtivos testados.

No que diz respeito às paredes de água, verifica-se que o melhor desempenho energético é o da parede de água de 20 cm, ficando demonstrado que a espessura de água da parede é inequivocamente um factor que tem de ser tomado em consideração no dimensionamento deste tipo de paredes.

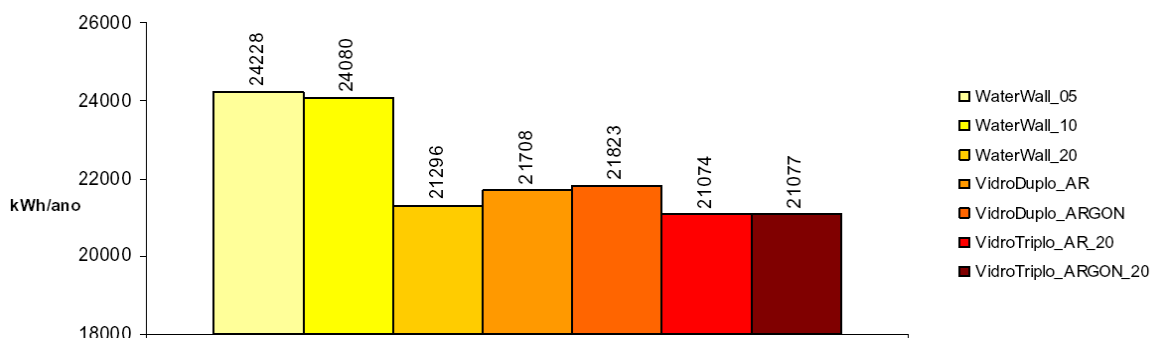


Figura 5 – Consumo total anual de energia de cada sistema construtivo.

Por outro lado, comparando o desempenho energético das paredes de água com outros sistemas construtivos convencionais, observa-se que os sistemas que consomem menos energia são o vidro triplo de ar com 20 cm e o vidro triplo de argon com 20 cm. Deve-se também sublinhar que o desempenho energético da parede de água de 20 cm é semelhante ao destes dois últimos sistemas mencionados.

Aparentemente estes resultados não confirmam a hipótese que foi levantada inicialmente relativa ao elevado potencial de desempenho da parede de água.

Porém, observando a distribuição dos consumos energéticos ao longo do ano do sistema construtivo com menor consumo – vidro triplo de ar com 20 cm – e da parede de água de 20 cm, pode-se constatar que a

⁵ Em Costa (2006) estão disponíveis os resultados detalhados que foram obtidos nas diferentes simulações realizadas.

hipótese de partida se confirma nos meses mais frios – necessidades de aquecimento – (vd. Figura 6), não se confirmando apenas nos meses mais quentes – necessidades de arrefecimento – (vd. Figura 7).

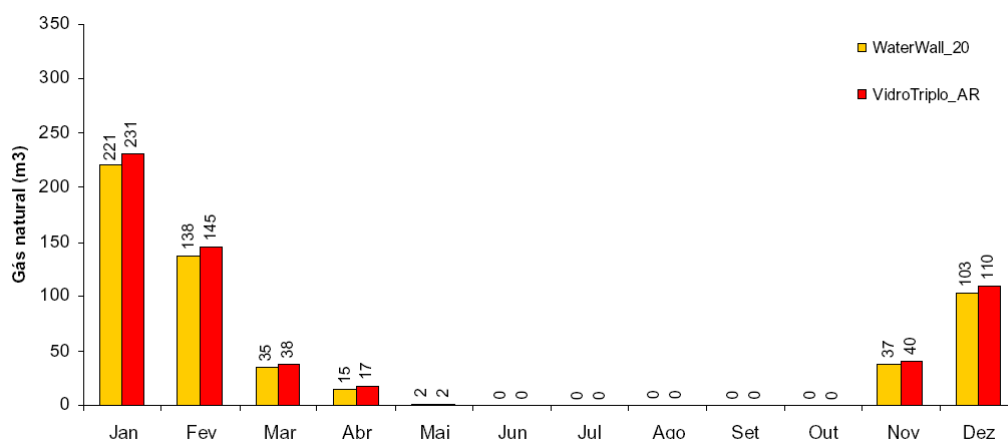


Figura 6 – Consumo mensal de combustível para aquecimento.

Com efeito, comparando os consumos de combustível para aquecimento da habitação que garantem os requisitos de conforto térmico interior definidos pela regulamentação em vigor em Portugal, verifica-se através da Figura 6 que a parede de água de 20 cm consome menos combustível do que o vidro triplo de ar com 20 cm, nos meses em que se registam necessidades de aquecimento no hemisfério Norte.

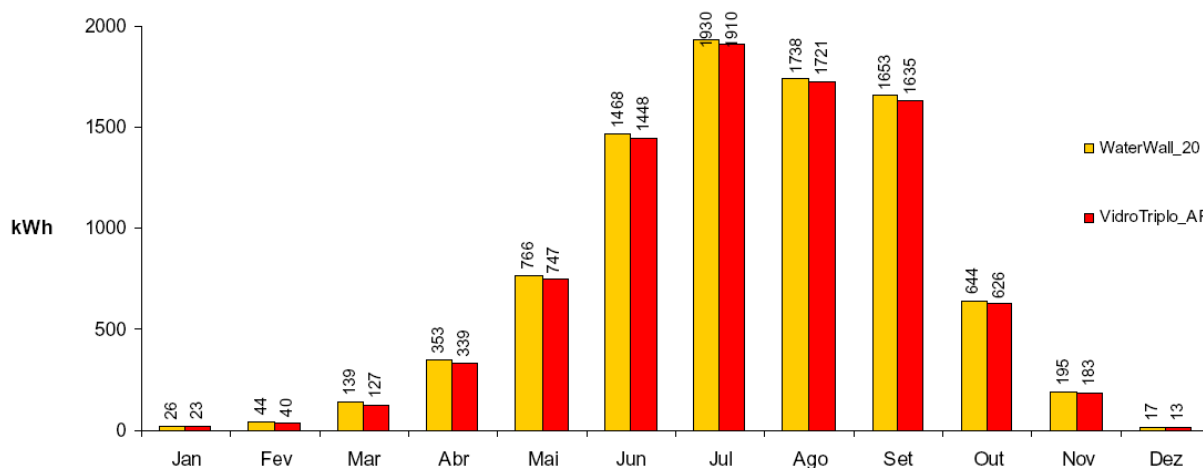


Figura 7 – Consumo mensal de energia eléctrica para arrefecimento.

Observando na Figura 7, a comparação entre os dois sistemas nos meses do hemisfério Norte em que se registam necessidades de arrefecimento da habitação que garantem os requisitos de conforto térmico interior definidos pela regulamentação em vigor em Portugal, verifica-se que o vidro triplo de ar com 20 cm consome menos energia eléctrica do que a parede de água de 20 cm.

Em síntese, verificou-se, como seria de esperar, que o desempenho destes sistemas construtivos varia sazonalmente. Essas diferenças sazonais demonstram que a parede de água de 20 cm tem o melhor desempenho no Inverno, enquanto o vidro triplo de ar com 20 cm apresenta melhor desempenho no Verão.

6.2. Concepção de sistema construtivo

Estes resultados aguçaram o engenho para conceber um sistema que tirasse partido das *performances* da parede de água de 20 cm no Inverno, e do sistema de vidro triplo de ar com 20 cm no Verão. Ou seja, pretende-se que a caixa interior da parede seja preenchida por água no Inverno e que seja preenchida por ar no Verão.

Assim, concebeu-se um sistema construtivo misto (COSTA *et al.*, 2006) que inclui um reservatório de recolha de águas pluviais e, durante o Inverno, procede-se ao enchimento da caixa interior com água (Figura 8). Esta caixa recebe radiação solar que aquece a água (Figura 9), libertando o calor acumulado para o interior da habitação durante a noite (Figura 10).

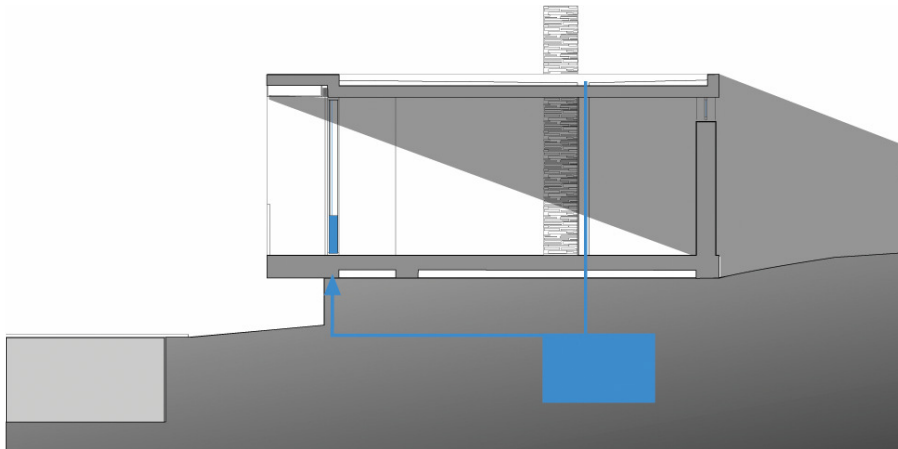


Figura 8 – Enchimento da caixa interior com água pluvial (COSTA *et al.*, 2006).

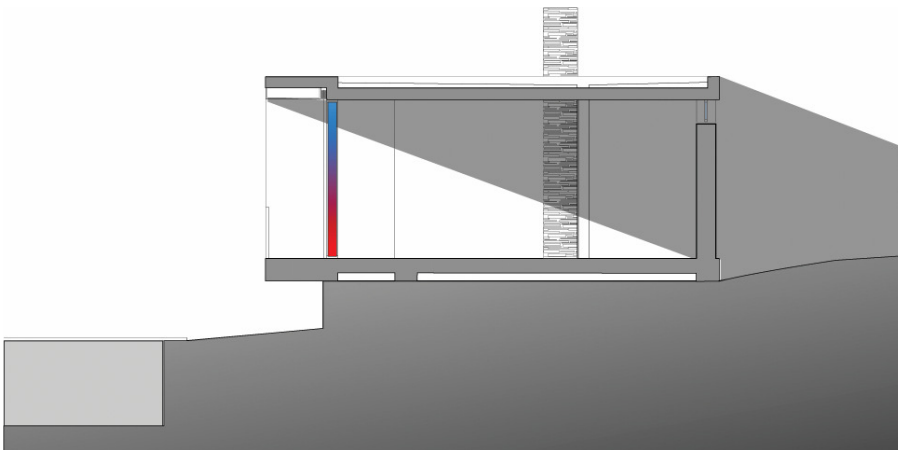


Figura 9 – Radiação solar aquece a água (COSTA *et al.*, 2006).

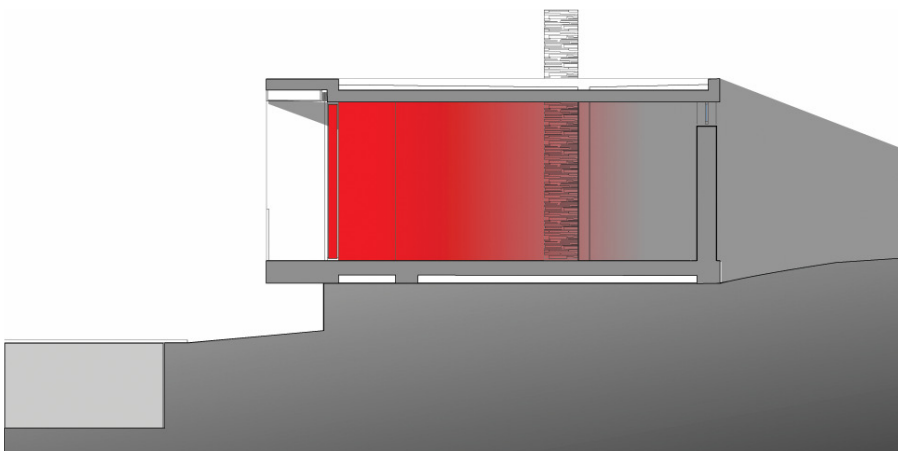


Figura 10 – Libertação de calor para a habitação durante a noite (COSTA *et al.*, 2006).

Durante o Verão procede-se ao esvaziamento da água da caixa interior para a piscina ou para utilização na rega (Figura 11), ficando a caixa preenchida por ar. A protecção solar reduz a radiação directa incidente na parede (Figura 12) e é promovido o arrefecimento evaporativo durante a noite (Figura 13).

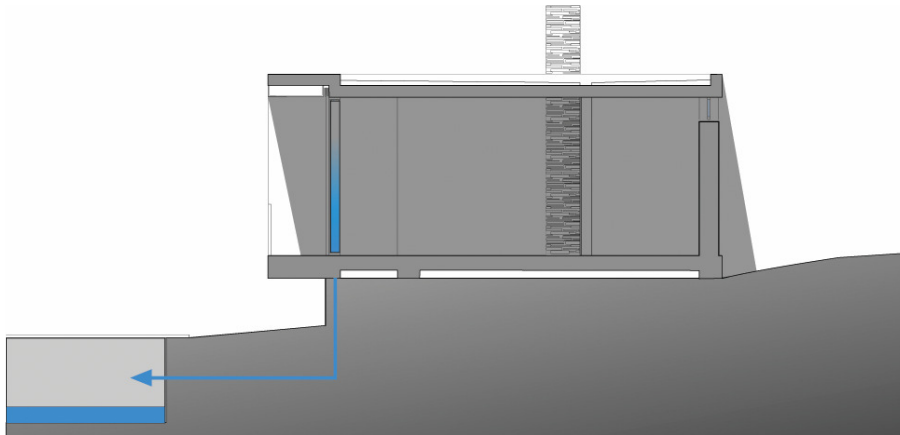


Fig. 11 – Esvaziamento da água da caixa interior (COSTA *et al.*, 2006).

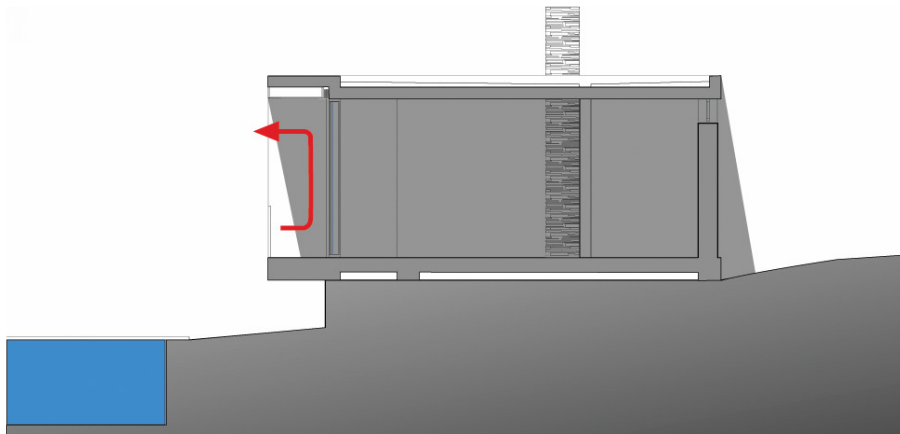


Figura 12 – Protecção solar reduz a radiação incidente (COSTA *et al.*, 2006).

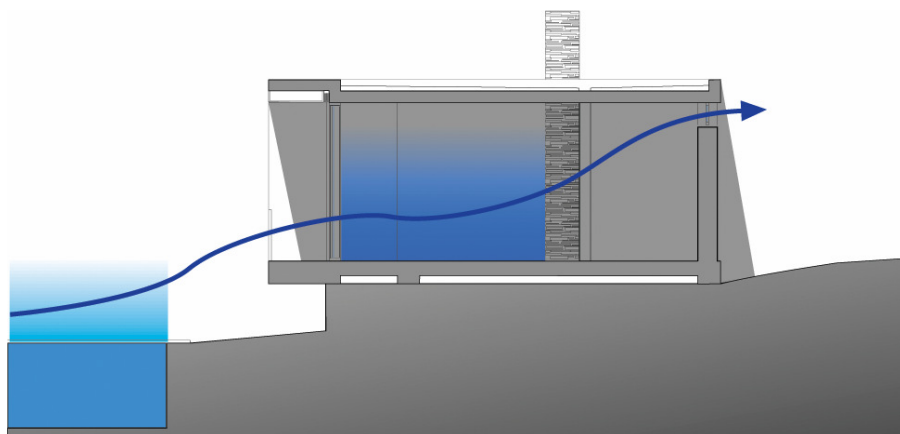


Figura 13 – Arrefecimento evaporativo durante a noite (COSTA *et al.*, 2006).

Deste modo, o sistema concebido congrega diversas vantagens a vários níveis, nomeadamente porque beneficia sazonalmente das melhores *performances* energéticas da parede de água de 20 cm e da

parede de ar de 20 cm, além de permitir o aproveitamento das águas pluviais e consequente reutilização dessa água.

A avaliação preliminar apresentada cria as expectativas necessárias para a prossecução dos trabalhos de investigação neste domínio, não esquecendo que o sistema misto proposto carece ainda de ser submetido a mais testes e do desenvolvimento de um protótipo construtivo que consubstancie e confirme os promissores resultados que foram obtidos. Por outro lado, deverá também ser efectuada a avaliação económica do sistema que demonstre a sua viabilidade.

7. CONCLUSÕES

O trabalho de investigação desenvolvido procurou tirar partido de um recurso natural – a água – que apesar de ser cada vez mais escasso, tem potencialidades e características ímpares que podem ser exploradas no âmbito de uma estratégia mais alargada de gestão dos recursos naturais.

Foram estudadas algumas alternativas a sistemas construtivos tradicionais, tendo-se avaliado através das ferramentas informáticas disponíveis, e em termos relativos, o desempenho ambiental dos vários sistemas.

Verificou-se que a parede de água de 20 cm apresenta uma redução significativa de consumos energéticos em cerca de metade do ano (Inverno) e, por sua vez o vidro triplo de ar com 20 cm apresenta melhor desempenho na outra metade do ano (Verão).

Deste modo, é defensável a utilização de sistemas mistos que, cumulativamente permitem o aproveitamento das águas pluviais no Inverno com benefícios térmico-energéticos para o espaço habitado e a sua posterior reutilização no Verão para outros usos.

Este trabalho demonstra ainda a possibilidade de integração de um sistema construtivo inovador na arquitectura, no qual a água assume um papel preponderante na eficiência energética dos edifícios.

8. REFERÊNCIAS

- BASALLA, G. (2001) – **A evolução da tecnologia**. Col. História e Filosofia da Ciência. Porto Editora, Porto. 249 p.
- CHANDEL, S.S.; AGGARWAL, R.K. (2008) – Performance evaluation of a passive solar building in Western Himalayas. **Renewable Energy**, v. 33, n. 10, p 2166-2173.
- COSTA, J.G. (2006) – **A água como elemento termo-regulador na arquitectura**. Dissertação de mestrado em Arquitectura Bioclimática. FAUTL, Lisboa. 196 p.
- COSTA, J.; RIBEIRO, J. (2006) – **See-through wall, rainwater system for saving energy**. Trabalho concorrente ao International Velux Award 2006.
- DOE – U. S. DEPARTMENT OF ENERGY (2005) – http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory (consultado em 2005). Office of building technology, state and community programs.
- DGEG (2005) – <http://www.dgeg.pt> (consultado em 2008). Direcção Geral de Energia e Geologia. Política energética. Caracterização energética nacional.
- GOETZBERGER, A.; SCHMID, J., WITTEW, V. (1984) – Transparent insulation system for passive solar utilization in buildings. First EC Conference on Solar Heating. Amsterdam.
- LBL (2005) – <http://windows.lbl.gov/software/window> (consultado em 2005). Lawrence Berkeley Laboratory.
- MAJALI, V.; PRASAD, B.N.; BHAT, A.K. (2005) – Computer aided building energy simulation. **IE(I) Journal - AR**, v. 86, p 28-31
- MEI-SCE (2006) – Ministério da Economia e Inovação – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Decreto-Lei nº 78/2006. **Diário da República** nº 67, 1ª Série-A de 4 de Abril. 2411-2415.
- MICHEL, J. (1971) – Patent Anvar Trombe Michel BF 7123778 (France 29/06/1971) and addition: Patent "Stockage thermique" Michel Diamant Durafour 75-106-13, Paris.
- MOPTC-RCCTE (2006) – Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-Lei nº 80/2006. **Diário da República** nº 67, 1ª Série-A de 4 de Abril. p. 2468-2513.
- MOPTC-RSECE (2006) – Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Decreto-Lei nº 79/2006. **Diário da República** nº 67, 1ª Série-A de 4 de Abril. p. 2416-2468.
- PEDRINI A.; WESTPHAL, F.S.; LAMBERTS, R. (2002) – A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. **Building and Environment**, v. 37, n. 8-9, p 903-912.
- PEUPORTIER, B.; MICHEL, J. (1995) – Comparative analysis of active and passive solar heating systems with transparent insulation. **Solar Energy**, v. 54, n. 1, p 13-18.
- REGUILLO, M. (2004) – <http://www.geocities.com/mleandror/>. Arquitectura bioclimática. Consultado em 2004.
- REMUND, J.; LANG, R.; KUNZ, S. (1999) – **software MeteoNorm 4.0**. Meteotest, Bern.
- TOFTUM, J.; ANDERSEN, R.V.; JENSEN, K.L. (2009) – Occupant performance and building energy consumption with different philosophies of determining acceptable thermal conditions. **Building and Environment**, v. 44, n. 10, p 2009-2016. Consultado em www.sciencedirect.com em 2009.
- USHER, A.P. (1954) – **A history of mechanical inventions**. Cambridge, Mass.